

Klimaatkamer- onderzoek aan hybride ventilatiesystemen

Bij een hybride ventilatiesysteem wordt bijvoorbeeld gebruik gemaakt van mechanische afzuiging en een min of meer natuurlijke wijze van luchttoevoer via gevelroosters. De wijze van luchttoevoer, de eventuele aanwezigheid van ondersteunende verwarming in de gevelzone en de omvang van de interne warmtebelasting zijn mede van invloed op het te realiseren comfortniveau. In dit artikel wordt aan de hand van proefkameronderzoek in een zogenaamde klimaatkamer ingegaan op de invloed van deze factoren en het kwaliteitsniveau van het thermisch binnenklimaat dat kan worden gerealiseerd. Hierbij komt het volgende aan de orde:

- waarom en wanneer is het zinvol een klimaatkamerproef uit te voeren en wat zijn de mogelijkheden en beperkingen van proefkameronderzoek;
- een voorbeeld van een klimaatkameronderzoek, waarbij na de formulering van de probleemstelling, een beschrijving van de installatieopzet, de opbouw van de proefkamer en de onderzoeksresultaten wordt gegeven;
- het artikel besluit met een aantal conclusies en aanbevelingen voor het ontwerp en gebruik van hybride ventilatiesystemen, gebaseerd op diverse klimaatkameronderzoeken die reeds zijn uitgevoerd.

*-door ing. H.M. Bruggema**

Bij de toepassing van natuurlijke ventilatie of hybride ventilatieconcepten met natuurlijke toevoer is een belangrijke vraag: "Welk comfortniveau kan onder welke omstandigheden worden gerealiseerd of gegarandeerd?" Zeker wanneer nieuwe installatiecomponenten of nieuwe combinaties van componenten worden toegepast, kan onderzoek in een klimaatkamer helpen een antwoord op deze vraag te geven.

Bij klimaatkameronderzoek wordt de werkelijkheid gesimuleerd, waarbij natuurlijk ook een aantal beperkingen gelden.

MOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN

Technische faciliteiten en meetmethoden

In de bij Peutz aanwezige testruimten zijn de volgende mogelijkheden voor het onderzoeken van hybride ventilatiesystemen beschikbaar:

- *stationaire luchttoevoer en afvoer;*

De ventilatielucht wordt op een gecontroleerde manier via een buitenklimaatvoorziening aan de ventilatieroosters toegevoerd. Ook kan ventilatie met te openen ramen worden gesimuleerd, voorzover dit het thermische aspect betreft: uitwisseling van lucht via een raam onder invloed van temperatuur-

verschillen. Daarnaast kan ook mechanische luchttoevoer in de ruimte plaatsvinden. De lucht wordt mechanisch afgezogen, waarbij de praktijksituatie goed kan worden benaderd.

- *geveltransmissie, koudeval en luchtinfiltratie;*

Door het gebruik van een buitenklimaatruimte waarin de ontwerpcondities voor windsnelheid en buitentemperatuur worden gerealiseerd (bijvoorbeeld -10 °C, 8 m/s) ontstaat bij het gebruik van de juiste kozijnprofielen, beglazing en isolatiewaarde van de gevel een goede simulatie van de transmissie en wordt een realistische oppervlaktetemperatuur aan de binnenzijde verkregen. Hierdoor kan de invloed van koudeval op het thermisch comfort worden onderzocht. Door in de kozijnprofielen een gecontroleerde hoeveelheid koude buitenlucht te injecteren kan de invloed van luchtinfiltratie op de behaaglijkheid worden onderzocht. De omvang van de hoeveelheid infiltratielucht, uitgaande van gangbare kwaliteitseisen voor gevels (gegarandeerde kwaliteit) en de invloed hiervan op de thermische behaaglijkheid in de gevelzone, dient bij de aanwezigheid van te openen ramen, niet te worden onderschat.

- *bouwmassa;*

Door de aanwezigheid van bouwmassa in de proefkamer die kan worden geconditioneerd en het opbouwen van een gevelconstructie met massa, is onderzoek aan bijvoorbeeld opwarmgedrag mogelijk.

- *verwarming en koeling;*

Voor de verwarming van de ruimte via radiatoren, convectoren of klimaatplafondelementen is een warmwatersysteem beschikbaar waarbij ook bij kleine wa-

* Adviesbureau Peutz te Mook

terhoeveelheden de flow nauwkeurig kan worden bepaald. Door het nauwkeurig meten van de wateraanvoer- en retourtemperatuur kan het afgegeven vermogen worden bepaald. Het systeem is geschikt voor zowel hoge als lage temperatuurtrajecten. Hybride ventilatiesystemen zijn goed te combineren met passieve koelsystemen als koelplafonds of koelconvectoren, mits aandacht wordt besteed aan het condensatieaspect. Koelvermogen en condensrisico's kunnen worden onderzocht.

- *simulatie interne warmtebelasting en zonstraling.*

In veel gevallen verdient het aanbeveling om de geplande verlichtingsvoorzieningen in de proefkamer te monteren. De warmtebelasting door personen en apparatuur wordt nagebootst met warmtebronnen volgens DIN 4715. Deze warmtebronnen bestaan uit verticale metalen cilinders waarmee de warmte deels door straling en deels door convectie aan de ruimte wordt afgegaan.

De zonstraling wordt gesimuleerd door verwarmingselementen op de vloer in de nabijheid van de gevel. Zowel de interne warmtebelasting als de zonstraling kunnen traploos worden geregeld en worden continu geregistreerd.

Onderzoekaspecten

In de proefkamer kan onderzoek worden verricht naar:

- *thermische behaaglijkheid;*

Met een meetstatief voorzien van drie meetmasten worden op vier hoogten (0,1, 0,6, 1,1 en 1,7 meter) zowel luchtsnelheden als luchttemperaturen gemeten. Op 0,8 meter hoogte wordt de zwartboltemperatuur bepaald en desgewenst op 0,6 m hoogte de stralings-temperatuur-asymmetrie. Het statief wordt met stappen van bijvoorbeeld 0,6 meter door de ruimte verplaatst. Gelijktijdig worden oppervlaktetemperaturen, water- en luchttemperaturen, warmtelasten e.d. geregistreerd.

Per meetpositie wordt gedurende een periode van 200 seconden, per seconde de luchtsnelheid en -temperatuur gemeten, tevens worden de overige temperaturen geregistreerd. De gegevens worden statistisch verwerkt waarbij gemiddelde, minima, maxima, turbulentie-intensiteit, PMV-, PPD- en Draught Ratingwaarden worden bepaald (zie NEN-EN-ISO 7730:1996).

- *ventilatie-effectiviteit;*

De ventilatie-effectiviteit ϵ_v is gedefi-

nieerd als de mate waarin de ventilatie lucht effectief wordt benut voor het afvoeren van afvalstoffen uit de leefzone. (Zie NPR CR 1752: 1999)

$$\epsilon_v = (c_e - c_s) / (c_i - c_s) \quad [-]$$

met:

c_e = concentratie in afzuiglucht [ppm]

c_s = concentratie in toevoerlucht [ppm]

c_i = concentratie in de leefzone [ppm]

Voor het bepalen van de ventilatie-effectiviteit wordt aan het constante luchttoevoervolume een constante hoeveelheid tracergas (Isobutyleen) toegevoerd. Op een aantal meetpunten in de leefzone van de ruimte en in zowel de aanvoerlucht als de afzuiglucht wordt gedurende een bepaalde periode de (oplopende) concentratie van het tracergas gemeten. Op basis van de resultaten wordt per meetpunt de ventilatie-effectiviteit ϵ_v bepaald.

- *vermogens koelen en verwarmen.*

Door gekalibreerde thermokoppels in de waterleidingen worden zowel de aanvoer- als de retourtemperatuur dubbel gemeten. Op basis van het door een gekalibreerde flowmeter geregistreerde waterdebiet wordt het koel- of verwarmingsvermogen bepaald volgens:

$$Q = \rho \cdot C \cdot V \cdot \Delta t$$

met:

Q = vermogen [W]

ρ = soortelijke massa van water [kg/m³]

C = soortelijke warmte van water [J/kg.K]

V = waterhoeveelheid [l/s]

Δt = temperatuurverschil tussen aanvoer en retour [K]

Opwarmgedrag

De ruimte wordt uitgekoeld naar de te verwachten temperatuur na een week-end in een koude periode en wordt vervolgens bij extreme buitencondities opgewarmd. Hierbij wordt informatie verkregen over de opwarmsnelheid en het eventueel ontstaan van een verticale temperatuurgradiënt.

Beperkingen bij klimaatkameronderzoek

Bij proefkameronderzoek wordt de werkelijkheid zo goed als praktisch mogelijk gemodelleerd. Daarbij zijn er de volgende aandachtspunten:

- *dynamische effecten temperatuur en warmtebelastingen;*

Een wezenlijke factor waarmee rekening moet worden gehouden is het vertalen

van de dynamische werkelijkheid naar de stationaire proefkamersituatie. Immers, indien in een proefkamer op verschillende posities in de ruimte onder gelijkblijvende randvoorwaarden het thermisch comfort wordt onderzocht, dienen de randvoorwaarden stationair te zijn. Dit betekent dat zowel interne als externe warmtelasten moeten worden afgevlakt om met de gegeven ventilatie- of koelinstallatie representatieve ruimtecondities te realiseren.

- *dynamische effecten winddruk;*

Bij onderzoek aan hybride ventilatiesystemen geldt de beperking ook voor de dynamische aspecten van winddruk en de ventilatie. In de testruimte kan het effect van (snelle) variaties van de winddruk en de invloed hiervan op de ventilatiestromen en het thermisch comfort niet worden onderzocht. Wel kan worden nagegaan tot welke ventilatiehoeveelheid nog sprake is van een acceptabel comfortniveau.

- *verschillende ontwerpcondities voor transmissie (bijv. -7 °C) en ventilatie (bijv. -10 °C).*

Het is niet ongebruikelijk dat voor het ontwerpen van technische installaties verschil wordt gemaakt in de ontwerpcondities voor transmissie (bijv. -7 °C) en ventilatie (bijv. -10 °C). Men dient zich echter af te vragen of een dergelijk verschil voor hybride systemen nog zinvol is. In de beproeving wordt de ventilatielucht uit de buitenklimaatruimte betrokken zodat sprake is van een identieke temperatuur.

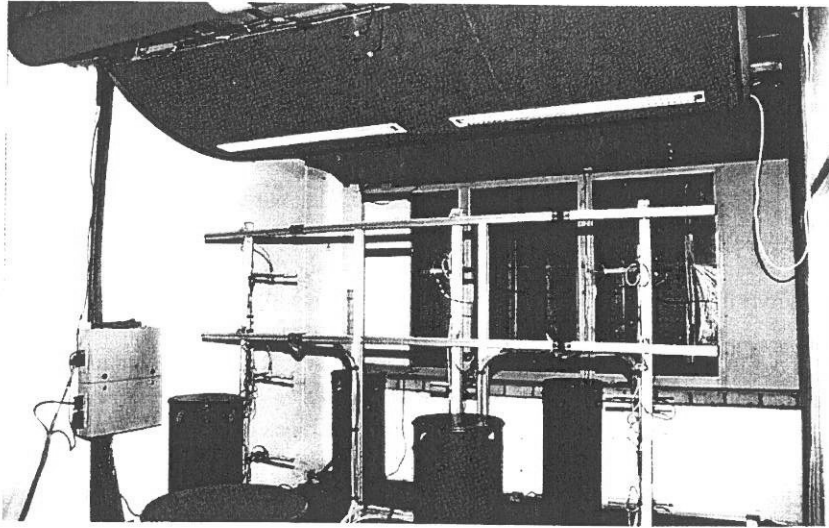
OPZET EN UITGANGSPUNTEN PROJECTVOORBEELD

Inleiding

Hybride ventilatiesystemen krijgen momenteel meer aandacht, maar worden al gedurende een groot aantal jaren toegepast. In de proefkamer zijn vanaf ca. 1992 een tiental projecten onderzocht. Het nu beschreven projectvoorbeeld betreft een onderzoek dat in 1997 is uitgevoerd in samenwerking met Ketel Raadgevende Ingenieurs. Voor informatie over het ontwerp en de uitwerking daarvan wordt verwezen naar de publicatie in dit nummer van TVVL Magazine "Ontwerp gerealiseerde projecten met hybride ventilatie." van ing. J. Veerman van Ketel RI.

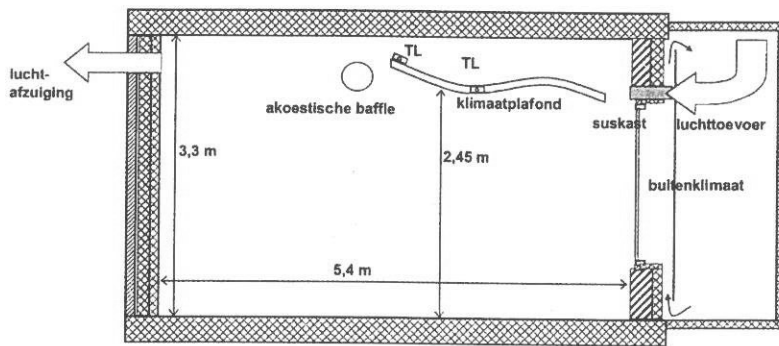
Vraag- en doelstelling

Het installatieconcept bestaat uit een



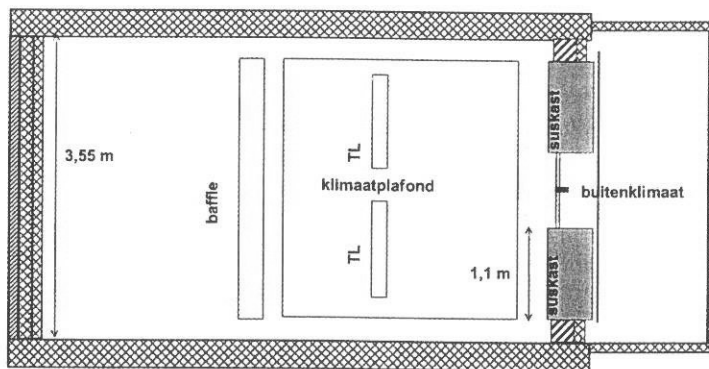
Overzicht proefkamer

-FIGUUR 1-



Doorsnede proefkamer

-FIGUUR 2-



Plattegrond proefkamer

-FIGUUR 3-

hybride ventilatiesysteem, bestaande uit zelfregelende gevelroosters en mechanische afzuiging, gecombineerd met een klimaatplafondeiland voor koelen en verwarmen.

Gegeven de onzekerheid over het functioneren van de installatiecomponenten en de vereiste zekerheid over het thermisch comfort en de ventilatiekwaliteit,

is besloten een klimaatkameronderzoek uit te voeren.

Hierbij dienden de volgende aspecten te worden onderzocht:

- het koel- en verwarmingsvermogen van het klimaatplafondeiland;
- het gedrag van het ventilatiesysteem en de te verwachten luchtkwaliteit;
- het thermisch comfort in de ruimte;

- de opwarming van de ruimte na een koude nacht of weekend.

Bouwkundige opzet van de proefkamer

Figuur 1 geeft een impressie van de proefkamer. In de figuren 2 en 3 zijn een plattegrond en een doorsnede van de proefkamer weergegeven. De kamer is als volgt opgebouwd:

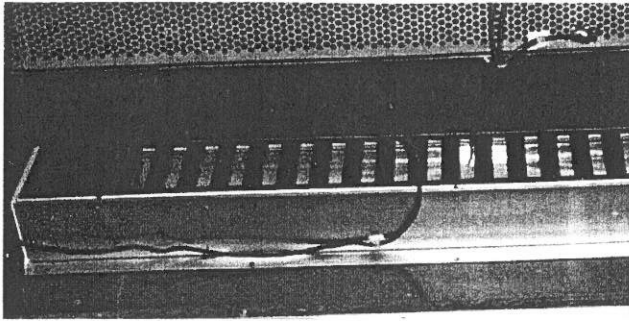
- ruimteafmetingen: $l \times b \times h = 5,4 \times 3,6 \times 3,3$ m;
- gevelconstructie: gemetselde gevel met isolatie en een houten kozijn voorzien van HR⁺ glas ($U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$);
- gebouwmassa: betonconstructie verdiepingsvloer thermisch zeer toegankelijk, gemetselde gangwand en gevel;
- plafondeiland: gebogen metalen wervroerend plafondelement $l \times b = 2,5 \times 3$ m, ca 0,3 m vrij van de gevel;
- ruimte-akoestiek: geperforeerd metalen plafondeiland met geluid-absorptie en losse baffle.

Opzet technische installaties

- Luchttoevoersysteem: twee zelfregelende suskasten die in open stand zijn getest. Inblaashoogte juist boven het plafondeiland. Luchthoeveelheid $2 \times 45 \text{ m}^3/\text{h}$. De suskasten waren door de leverancier zodanig gemodificeerd dat de inblaassnelheid bij aanvang van de metingen 1 m/s bedroeg (zie figuur 4).
- Luchtafvoersysteem: afzuigpunt in de gangwand onder het betonplafond.
- Verwarming en koeling: via plafondeiland dat is voorzien van wervroerende buizen en zowel aan de boven als de onderzijde koelt en verwarmt (zie figuur 5 en voor een thermografische opname van de onderzijde figuur 6).

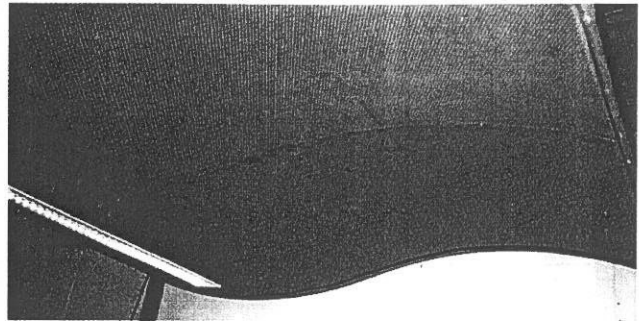
Randvoorwaarden

- Warmtelasten: personen: 10 W/m^2 , apparatuur 13 W/m^2 , verlichting 8 W/m^2
- Ontwerpcondities zomer: buitencondities: $28 \text{ }^\circ\text{C}$, ruimtetemperatuur: $25 \text{ }^\circ\text{C}$
- Ontwerpcondities winter: buitencondities conform NEN 1087 $20 \text{ }^\circ\text{C}$ onder de ruimteconditie, wat resulteert in een buitentemperatuur van $0 \text{ }^\circ\text{C}$ bij een ruimtetemperatuur van ca $20 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Gewenst comfort conform NEN EN ISO 7730:1996
 - Draught Rating maximaal 15 %.
 - Verticale temperatuurgradiënt $0,1 - 1,1 \text{ m}$ maximaal $3 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - $-0,5 < \text{PMV} < +0,5$.



Suskast in standaard uitvoering

-FIGUUR 4-



Aanzicht onderzijde gewelfd plafondeiland

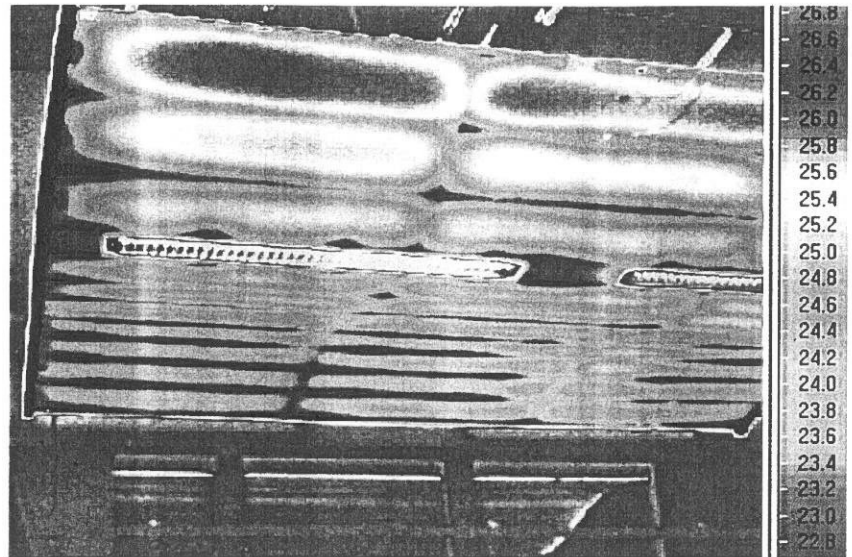
-FIGUUR 5-

RESULTATEN PROJECTVOORBEELD

Winter – thermisch comfort

Met behulp van rook is het stromingspatroon van de via de gevelroosters toegevoerde lucht geoptimaliseerd. Met de door de leverancier gemodificeerde gevelroosters bedroeg de inblaassnelheid 1 m/s. Deze snelheid bleek onvoldoende om de afstand tussen de suskasten en het plafondeiland te overbruggen waardoor koudeval ontstaat (zie figuur 7). Door de modificatie uit de suskasten te verwijderen en deze te voorzien van een uitblaastuit (zie figuur 8) is deze snelheid in stappen verhoogd tot 2 m/s. Met een luchtsnelheid van 1,5 m/s viel nog een deel van de koude buitenlucht direct van het plafond terug langs de gevel in de leefzone en versterkte daarmee de koudeval. Met een snelheid van 2 m/s stroomt alle lucht over het plafond (zie figuur 8). Deze snelheid en de daarbij behorende uitblaasmond zijn bij de verdere metingen gebruikt. Hierbij zijn de volgende resultaten gemeten bij een maximaal verwarmend plafondeiland (zie 4.2):

- de luchtsnelheden in de leefzone



Thermografische opname onderzijde plafondeiland

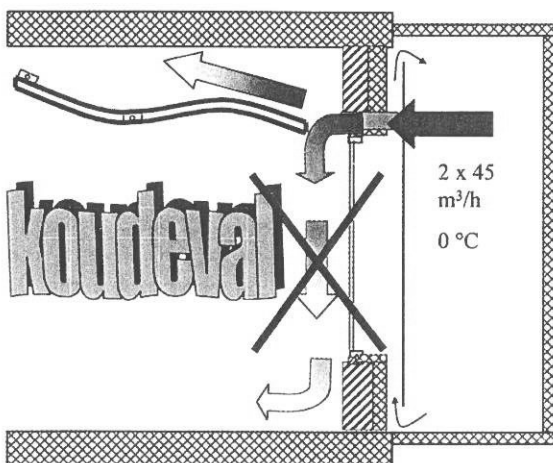
-FIGUUR 6-

- zijn kleiner dan 16 cm/s;
- de maximale Draught Rating is kleiner dan 12 %;
- $-0,3 < PMV < 0$;
- er wordt aan de gewenste comfort-uitgangspunten voldaan;
- er is sprake van een geringe ruimtedoorspoeling, zie ook 4.3;
- ook bij 30 % meer ventilatie wordt

aan de comforteisen voldaan. In figuur 9 is de luchtbeweging in de ruimte weergegeven.

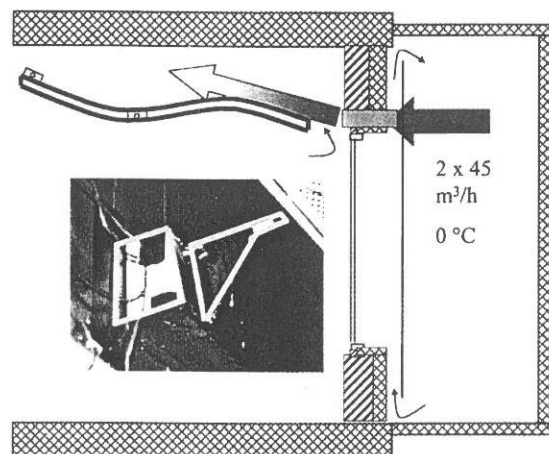
Winter – verwarmingsvermogen en opwarmgedrag

Bij de volgende condities is de warmteafgifte van het plafondeiland onderzocht:



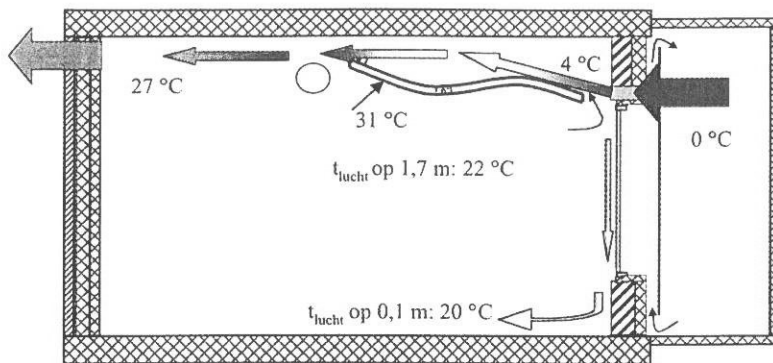
Koudeval door te lage inblaassnelheid

-FIGUUR 7-



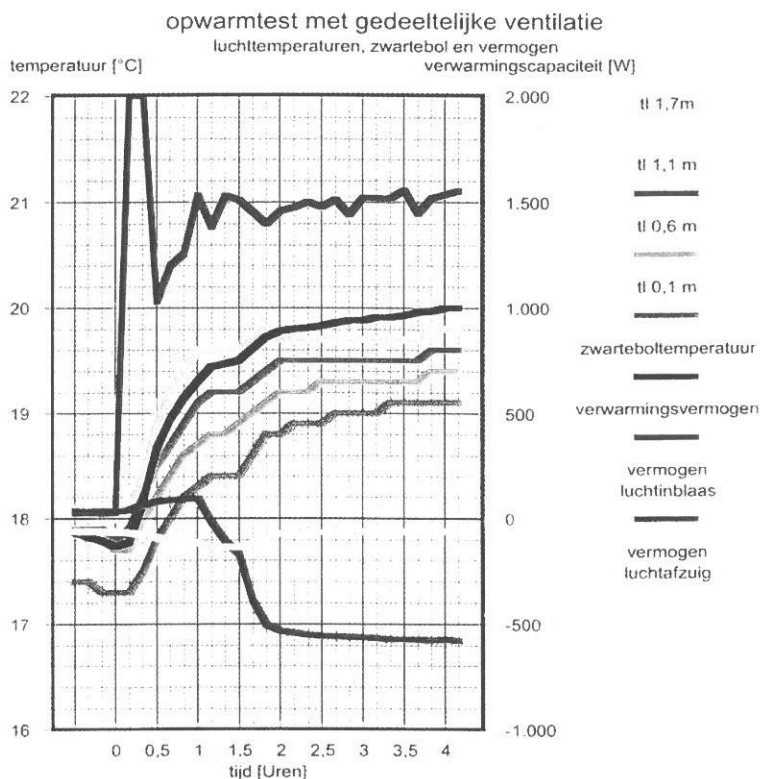
Correcte werp inblaassysteem met inblaastuit (zie inzet)

-FIGUUR 8-



Luchtstromingspatroon en temperaturen wintersituatie

-FIGUUR 9-



Opwarmtest met vertraagd ingeschakelde ventilatie

-FIGUUR 10-

meetpositie	wintersituatie	zomersituatie
1,2 m van gevel	0,71	0,79
midden ruimte	0,73	0,81
1,2 meter van achterwand	0,72	0,93

-TABEL 1-

- buitenluchttemperatuur: 1 °C;
- inblaaslucht: 2 x 45 m³/h, 4 °C;
- ruimtetemperatuur: 21 °C;
- waterhoeveelheid: 340 l/h;
- wateraanvoertemperatuur: 50°C.
Bij de gegeven condities bedraagt de waterretourtemperatuur 47 °C, zodat

een waterzijdig vermogen van 1300 W wordt gerealiseerd. De plafondoppervlaktetemperatuur varieert hierbij tussen 29 en 33 °C. De afzuigtemperatuur bedraagt 27 °C, zodat een deel van de toegevoerde warmte niet direct ten goede komt aan

de leefzone, maar wordt afgezogen. Het opwarmgedrag is onderzocht bij de volgende condities:

- buitentemperatuur: - 7 °C;
- starttemperatuur: 17 - 18 °C;
- waterzijdig vermogen: 1500 W.

Er zijn situaties met en zonder ventilatie onderzocht. De resultaten met een vertraagd ingeschakelde ventilatie zijn weergegeven in figuur 10. De resultaten zonder ventilatie zijn beter dan met ventilatie.

Ventilatie-effectiviteit

In de situatie met de standaard hoeveelheid ventilatie (2 x 45 m³/h) is in zowel de zomer- als de wintersituatie de ventilatie effectiviteit gemeten gedurende drie luchtwisselingen (ca. 2 uur).

In figuur 11 is het concentratieverloop op de verschillende meetpunten in de wintersituatie weergegeven. Tevens is de theoretische curve weergegeven uitgaande van ideale menging van de ventilatielucht.

Uit de gemeten concentraties is de ventilatie-effectiviteit berekend volgens de in 2.2. gegeven formule. De resultaten voor de verschillende meetpunten op 1,1 m hoogte, voor zowel de winter- als de zomersituatie zijn in tabel 1 weergegeven. Geconcludeerd wordt dat er sprake is van voldoende ruimtedoorspoeling.

Zomer - koelvermogen

Bij de volgende condities is het koelvermogen van het plafondeiland onderzocht:

- buitenluchttemperatuur: 28 °C;
- inblaaslucht: 2 x 45 m³/h, 28 °C;
- ruimtetemperatuur: 26 °C;
- waterhoeveelheid: 340 l/h;
- watertemperatuur: 16 °C.

Bij de gegeven condities bedraagt de waterretourtemperatuur 17 °C, zodat een waterzijdig vermogen van 380 W wordt gerealiseerd. De plafondoppervlaktetemperatuur varieert hierbij tussen 21 en 24 °C.

De afzuigtemperatuur bedraagt ook nu ca 27 °C, zodat door de thermische gelaagdheid een deel van de warmte wordt afgezogen.

Zomer - comfort

Het luchtstromingspatroon dat in de zomer ontstaat is weergegeven in figuur 12 en wijkt vooral in de gevelzone af van de wintersituatie. Er is nabij de gevel sprake van een opwaartse stroming.

De volgende resultaten zijn gemeten:

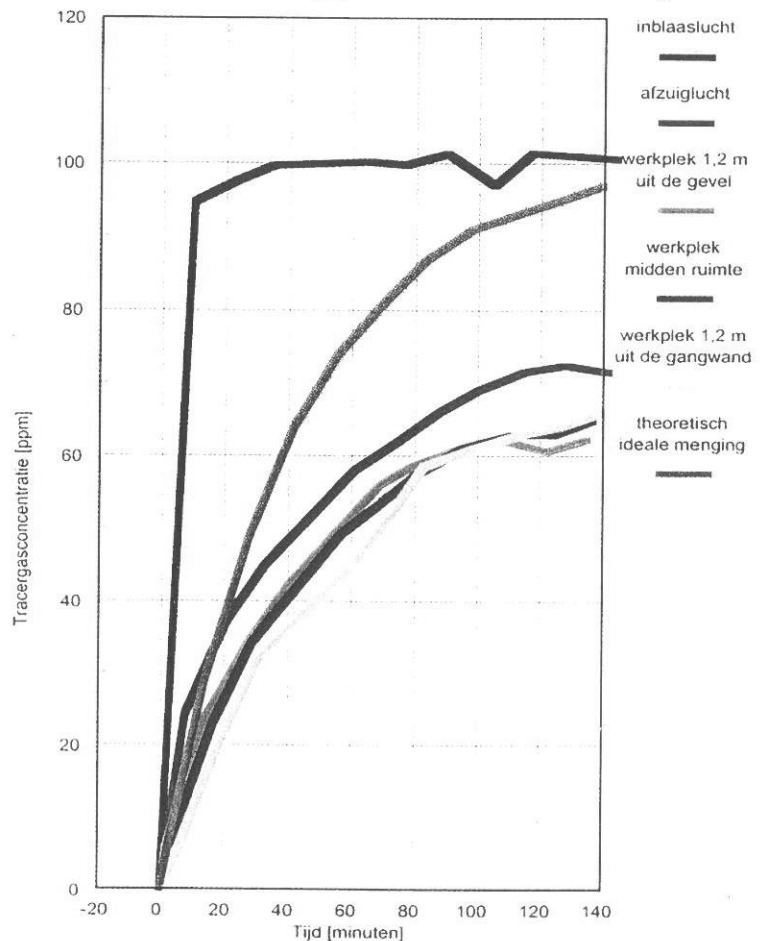
- de luchtsnelheden in de leefzone zijn kleiner dan 13 cm/s;
- de maximale Draught Rating is kleiner dan 8 %;
- $0,1 < PMV < 0,3$;
- er wordt aan de gewenste comfort-uitgangspunten voldaan;
- er is ook nu sprake van een geringe ruimtedoorspoeling in de gangzone;
- ook bij 30 % meer ventilatie wordt aan de comforteisen voldaan.

Conclusies proefkameronderzoek

Op basis van het proefkameronderzoek wordt het volgende geconcludeerd:

- dimensionering ventilatievoorzieningen: in de standaard uitvoering "valt" de lucht uit de suskast en veroorzaakt koudeval. In de aangepaste uitvoering van de suskast, waarbij de uitblaassnelheid is verhoogd, overbrugt de luchtstraal de ruimte tussen gevel en plafond;
- er is sprake van een goed thermisch comfort ook bij verhoogde luchthoeveelheden;
- er is sprake van een niet optimale, maar voldoende ventilatie-effectiviteit;
- met het plafond kan op een adequate wijze worden gecoeld en verwarmd.

Ventilatie-effectiviteit wintersituatie
Concentratiemeting gedurende 3 luchtwisselingen



CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Met hybride ventilatiesystemen kan een comfortabel binnenklimaat worden gerealiseerd mits in het ontwerpproces tijdig de juiste keuzen worden gemaakt. Er dient een goede interactie te zijn tussen de toekomstige gebouwgebruiker, de architect, de bouwfysisch adviseur en de installatieontwerper, omdat de installatie deel uitmaakt van het bouwkundig concept. Ook dient de gebouwgebruiker goed te worden geïnformeerd over de werkwijze van het systeem, zeker indien niet wordt gekozen voor een automatische regeling.

Op basis van het behandelde projectvoorbeeld en andere thans niet besproken onderzoeken worden puntsgewijs aanbevelingen gegeven waarmee bij het projecteren van hybride ventilatiesystemen rekening kan worden gehouden.

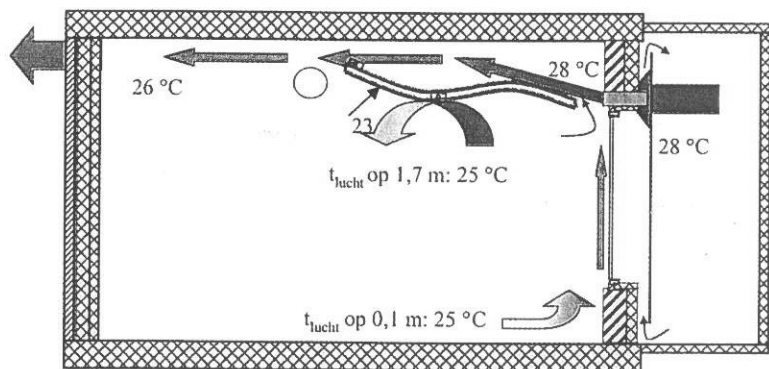
Ventilatie

- De ventilatiehoeveelheid dient, bij voorkeur automatisch, regelbaar te zijn om (grote) variaties in het ventilatiedebiet en het optreden van tocht

- te voorkomen.
- De ventilatievoorziening dient (centraal) afsluitbaar te zijn om ongewenste energieverliezen, afkoeling en vorstgevaar van in de nabijheid van de openingen aanwezige watervoerende installaties te voorkomen.
- De ventilatielucht mag niet via de

Ventilatie-effectiviteit wintersituatie

-FIGUUR 11-



Luchtstromingspatroon zomersituatie

-FIGUUR 12-

inblaasvoorziening direct dalen in de leefzone maar dient bijvoorbeeld op een plafond te worden geleid of dient door de eigen snelheid de afstand van gevel naar plafond te overbruggen. De lucht mag hierbij niet zijdelings van een plafondeiland afstromen.

- De ventilatielucht dient niet geconcentreerd via kleine openingen te worden ingebracht, maar zo gelijkmatig mogelijk over de breedte van de gevel.
- De ventilatie-effectiviteit dient te worden beoordeeld.
- De mechanische afvoer dient per ruimte of per moduul te zijn voorzien om een gelijkmatige doorspoeling te kunnen garanderen.
- Er moet aandacht worden geschonken aan de compartimentering van het gebouw, zowel voor winddrukken als voor thermische trek.

Verwarming

- Vertrouwen op het voorkomen van koudeval door de toepassing van radiatoren of convectoren is riskant, immers het verwarmingslichaam zal door de interne warmtebelasting alleen bij extreem lage buitencondities en/of aanwarmen maximaal functioneren.
- Bij plaatsing van toevoeropeningen achter verwarmingslichamen moet worden gelet op voldoende stromingsweerstand of menging van de lucht. De kans dat de koude ventilatielucht onvoldoende wordt meege-

nomen door de luchtbeweging van de warmtebron is groot, waardoor koudeklachten op enkelniveau kunnen ontstaan. Tevens moet aandacht worden geschonken aan vorstgevaar.

Koeling

- Bij de toepassing van natuurlijke of hybride ventilatiesystemen kan gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld statische koeling in de vorm van koelplafond(eilanden) of koelconvectoren.
- Aandacht moet worden geschonken aan condensatiegevaar, zodat de aanvoertemperatuur geregeld dient te worden op basis van bijvoorbeeld de buitencondities met een zekere marge voor de vochtproductie in het gebouw. De benodigde marge kan systeemafhankelijk zijn, zie ISSO-publicatie 48.
- Bij de dimensionering dient rekening te worden gehouden met het juist op kritische dagen verhogen van de wateraanvoertemperatuur. Dit dient in de TO-berekeningen te worden meeberekend.


Thermisch comfort

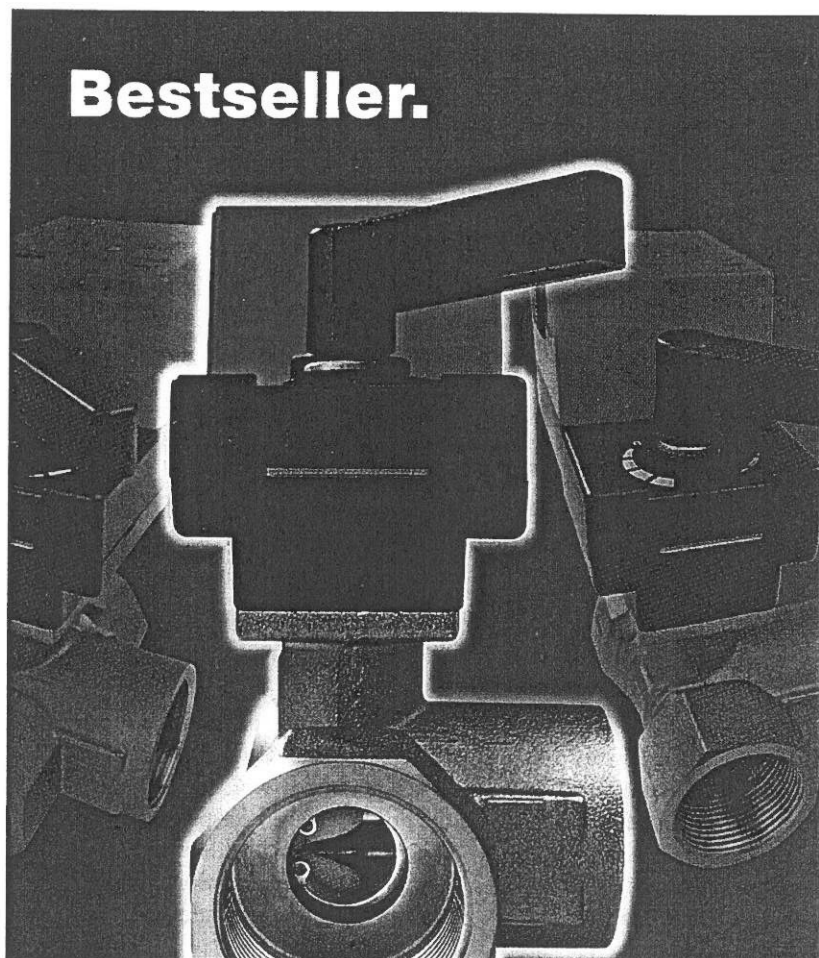
- Met hybride ventilatiesystemen kan

veelal een goed binnenklimaat worden gerealiseerd, waarbij als comfortniveau kan worden uitgegaan van klasse B volgens NPR CR 1752.

- De wijze van luchttoevoer en verwarming van de lucht voordat deze de leefzone intreedt is hierbij van wezenlijk belang.

Bouwkundige aspecten

- Hoog in de gevel geplaatste luchttoevoeropeningen dienen zich boven het plafondvlak te bevinden
- Plafond(eilanden) zijn noodzakelijk om de toevoerlucht zo goed mogelijk naar de leefzone te geleiden
- Actieve plafondeilanden (klimaatplafonds) bieden in combinatie met hybride ventilatie een goed comfort, waarbij aan gangbare comfortnormen wordt voldaan (zie 5.4).
- Hybride ventilatiesystemen vergen een zekere compartimentering in het gebouw om de ventilatiestromen zowel aan de loef- als de lijzijde te kunnen garanderen en tochtklachten te voorkomen. Dit kan beperkingen opleveren in de flexibiliteit voor gebouwindeling en gebouwgebruik. 



Overtuigende ontwikkelingen veroveren de markt. Belimo producten worden regelmatig bestsellers. Zo ook de nieuwe gemotoriseerde regelkogelkraan, welke zich in de kortste tijd wereldwijd tot verkoophit heeft ontwikkeld.

De unieke regelschijf zorgt voor een equi-percentuele karakteristiek en maakt het een volwaardig en prijsgunstig regelorgaan.

Belimo.. bestsellers door innovatie!

BELIMO®

Servomotoren voor
verwarming, ventilatie,
airconditioning

Belimo Servomotoren BV
Postbus 300, 8160 AH Epe
Telefoon (0578) 576836, Fax (0578) 576915
E-Mail: info@belimo.nl, internet: www.belimo.nl