

De praktijk van de theorie

Hybride ventilatie

Het ventileren van gebouwen heeft sinds de energiecrisis van de zeventiger en tachtiger jaren onder een voortdurende, zij het soms dubieuze, belangstelling gestaan. Met de voortschrijding van het inzicht in de zin (en onzin) van ventilatie is doordacht ventileren een onderwerp waarmee een adviseur zich kan profileren. Door een gereduceerde installatie (minder = meer) kan een lager energiegebruik bij een gelijk comfort worden gerealiseerd. Hybride ventilatie is een ventilatieconcept dat op deze wijze het ventileren van gebouwen beschouwt. In theorie van een verbluffende eenvoud. Hoe staat het met de praktijk.

-door ing. E.C. Vonk en ing. A. van der Aa***

Het onderzoeksprogramma IEA Annex 35 Hybrid ventilation, waarin 14 landen participeren, is in 1998 van start gegaan en loopt tot medio 2002. In dit programma wordt onderzoek gedaan naar de ontwikkeling en toepassing van hybride ventilatiesystemen voor kantoorgebouwen en schoolgebouwen. Vanuit Nederland werken TNO Bouw en Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs gezamenlijk aan een aantal onderzoekstaken. TNO Bouw neemt het onderzoek naar de ontwikkeling van regel- en controlesystemen en de analysemethoden voor zijn rekening. Cauberg-Huygen is verantwoordelijk

voor de toepassing van het systeem in de vorm van pilot- en demonstratieprojecten. Het onderzoek wordt gefinancierd door Novem. In dit kader wordt momenteel gewerkt aan de ontwikkeling van een pilotproject Schoolgebouw Waterland te Leidschenvveen. Voor de installatietechnische uitwerking en begeleiding van het project is Huygen Installatie Adviseurs verantwoordelijk.

HYBRIDE VENTILATIE: DEFINITIE

De definitie van hybride ventilatie volgens het onderzoeksprogramma van de IEA Annex35 luidt als volgt:

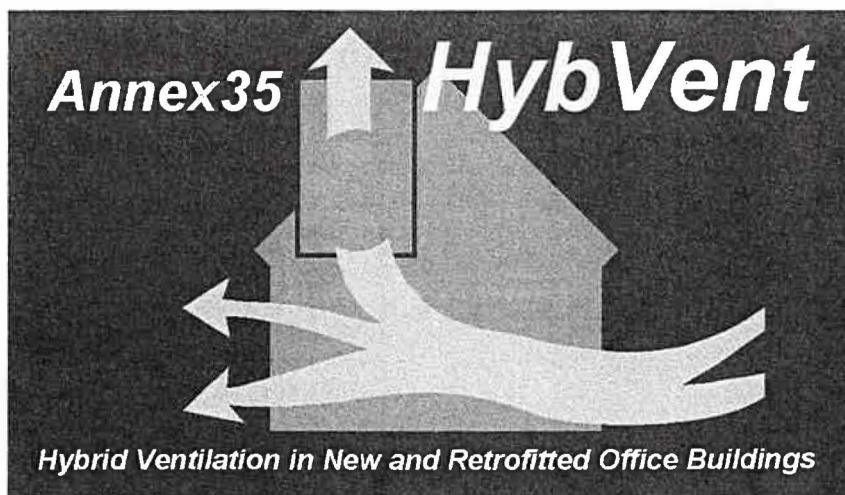
"Hybride ventilatiesystemen kunnen worden beschreven als ventilatiesystemen die een prestatie ten aanzien van binnenluchtkwaliteit en comfort realiseren door gebruik te maken van zowel natuurlijke als mechanische ventilatie. De aansturing van het systeem gebeurt met behulp van een geavanceerd controlemechanisme. Doel van het systeem is het noodzakelijke ventilatie-debiet en ventilatiepatroon te verzorgen, bij het laagst mogelijke energiegebruik."

Nader beschouwd komt het erop neer dat bij hybride ventilatie zowel op natuurlijke als op mechanische wijze kan worden geventileerd, waarbij de keuze van de ventilatiemodus wordt bepaald door het energiegebruik, de binnenluchtkwaliteit en het thermisch comfort. In de praktijk betekent dit voor de Nederlandse situatie dat zoveel als mogelijk via natuurlijke weg wordt geventileerd. Bij onvoldoende natuurlijke drijvende krachten als wind en thermische trek wordt de ventilatie ondersteund door een mechanische ventilatie.

Voor de volledig mechanische systemen is reeds ervaring opgedaan met het ventileren naar behoefte. Bij deze zogenaamde 'Demand controlled ventilation', wordt de luchtkwaliteit gemeten, waarop de ventilatiehoeveelheid wordt afgestemd. Hybride ventilatie gaat in dit geval een stap verder door, naast het ventileren naar behoefte, tevens de keuze te maken uit de best passende ventilatiemodus.

Het grote verschil tussen conventionele systemen en hybride systemen is dat de laatste intelligente systemen zijn die automatisch tussen natuurlijke en mechanische ventilatiestand kunnen wisselen. Een en ander stelt uiteraard eisen aan een geavanceerd controle- en regelsysteem. En juist hier ligt dan ook het hart van het systeem.

Tot zover de theorie.

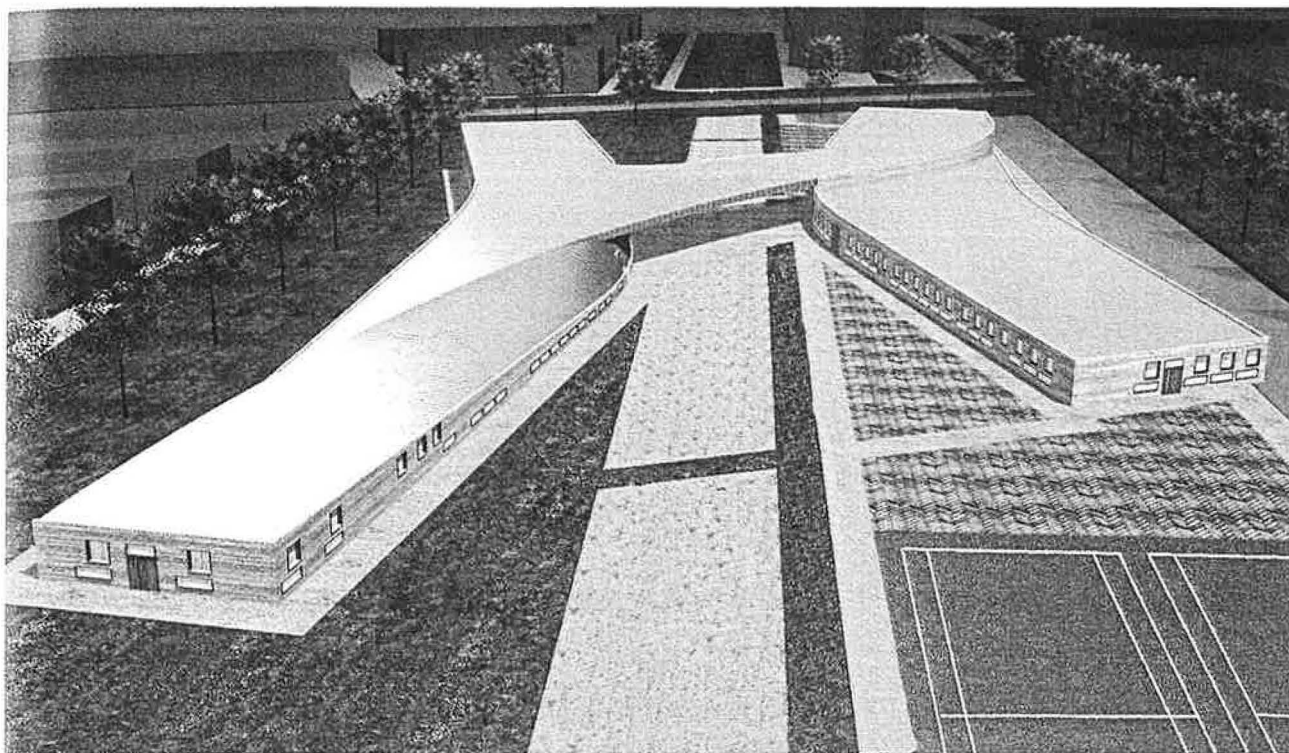


IEA Annex 35 Hybrid ventilation

-FIGUUR 1-

* Huygen Installatie Adviseurs BV

**Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs BV



Pilotproject Schoolgebouw Waterland te Leidschenveen

-FIGUUR 2-

PILOTPROJECT SCHOOLGEBOUW WATERLAND TE LEIDSCHENVEEN

Op de Vinex bouwlocatie Leidschenveen in de gemeente Leidschendam is een scholencomplex geprojecteerd. Architect Erik Slotboom van ir. Kees Christiaanse architects & planners heeft voor dit plan een multifunctioneel gebouw ontworpen, bestaande uit twee basisscholen, een kindercentrum (opvang en crèche), een bijeenkomst-ruimte, een gymzaal en een tijdelijke school (zie figuur 2).

Twee scholen en een tijdelijke school worden voorzien van hybride ventilatie. Door de opdrachtgever, de Gemeente Leidschendam, was in het programma van eisen neergelegd dat een energiezuinig gebouw ontworpen diende te worden, waarbij gebruik wordt gemaakt van natuurlijke ventilatie, ondersteund door mechanische ventilatie. Het nu ontworpen hybride ventilatiesysteem, gaat in dat opzicht nog een stap verder.

De oorspronkelijke doelstelling vanuit het oogpunt van energiezuinigheid was een beoogde reductie van het energiegebruik van 15% ten opzichte van de Bouwbesluiten. Uit simulatieberekeningen is gebleken dat met het hybride systeem een besparing tot 20% haalbaar moet zijn. In verband met de fi-

nanciële haalbaarheid van het plan is ondersteuning bij Novem gevraagd. Hierop is welwillend gereageerd, onder de voorwaarde dat een totale energiebesparing wordt bereikt van tenminste 30% ten opzicht van de nieuwbouweis. De extra energiebesparing wordt bereikt door toepassing van een energiezuinig verlichtingssysteem in combinatie met een energiezuinige regeling (veeg- en daglichtschakeling) van de verlichting.

PRAKTISCHE INVULLING

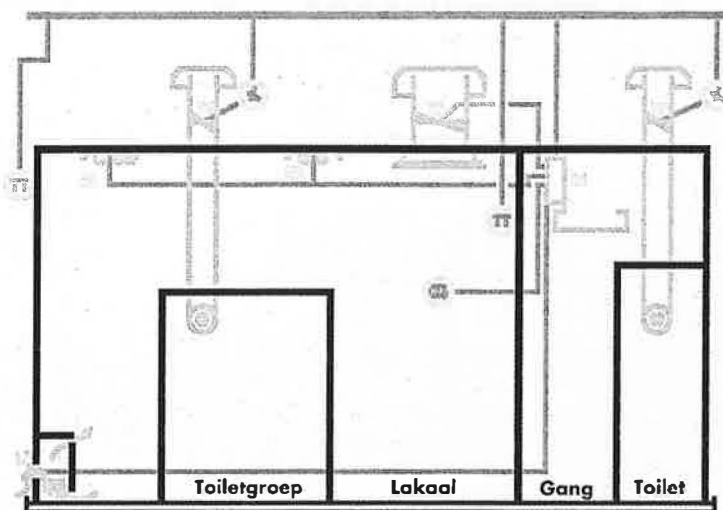
Teneinde dwarsventilatie te voorkomen, door de geringe hoogte van het gebouw, is gekozen voor een afzonderlijk ventilatiesysteem per lokaal.

Om in de praktijk te voldoen aan de definitie van hybride ventilatie in de meest optimale en geavanceerde vorm, is een complexe opgave. Enerzijds ontbreken hiertoe de noodzakelijke, zeer geavanceerde simulatiepakketten, waarin naast het ventilatiegedrag, tevens het dynamisch warmtegedrag en het regelen en controlesysteem, is meegenomen. Anderzijds ontbreekt op dit moment de noodzakelijke ervaring met dergelijke geavanceerde systemen in de praktijk.

Wel kan met de momenteel ter beschikking staande hulpmiddelen worden gekomen tot een dimensionering

van de diverse componenten. Hierin kan onderscheid worden gemaakt tussen de dimensionering van de componenten voor de natuurlijke ventilatie, de mechanische ventilatie en het meet- en regelsysteem.

Om in de praktijk het systeem zoveel mogelijk in de natuurlijke ventilatiemodus te kunnen laten functioneren is voor de dimensionering van de natuurlijke componenten uitgegaan van fysische capaciteiten van de luchttoevoer- en de luchtafvoer, gebaseerd op de rekenregels volgens de NEN 1087. Kenmerkend is hierbij het lage drukverlies over het systeem. Als toetsingsdruk is hierbij een Δp van 2 Pa gehanteerd. Onderzocht is met behulp van simulatieberekeningen dat hiermee gedurende circa 80% van de tijd op natuurlijke wijze kan worden geventileerd. Het mechanische ventilatiedeel is eveneens uitgevoerd als een lagedruk systeem. In het systeem is een axiaalventilator opgenomen met een hoge opbrengst bij een laag drukverlies. De ventilator heeft een geringe luchtweerstand op het moment dat deze stilstaat en er dus op natuurlijke wijze wordt geventileerd. Belangrijk is de juiste dimensionering van de componenten. Dit geldt juist in de installatietechniek waarbij de tendens van de laatste decennia veel meer gegaan is naar de ontwikkeling



Principeschema van de installatie

-FIGUUR 3-

en toepassing van hoge druk systemen. Aandacht is geschonken aan de selectie van de juiste kanaaldiameters, een geschikte dakkap, inlaat e.d. Teneinde klachten over het thermisch comfort te voorkomen, zijn de luchttoevoerroosters laag in de gevels onder de ramen geplaatst en voorzien van een convactor. De in de winterperiode inkomende lucht wordt op deze wijze tot een comfortabele temperatuur voorverwarmd. De luchttoevoerroosters zijn voorzien van een servomotor, waarmee deze automatisch kunnen worden aangestuurd. In figuur 3 wordt het principeschema van de installatie weergegeven.

REGELSYSTEEM

Het hart van het hybride ventilatiesysteem wordt gevormd door het regelsysteem. Om te ventileren naar behoefte is het noodzakelijk om de luchtkwaliteit en het thermisch comfort invloed te geven op het besturingssysteem. Dit dient per klaslokaal mogelijk te zijn. Met een centraal systeem zou een per ruimte afgestemde ventilatie niet worden gerealiseerd.

Per lokaal bestaat het systeem uit een groot aantal componenten:

- CO₂ sensor;
- temperatuursensor;
- controller;
- voeding
- bekabeling;
- motorbediening van de toevoorziening;
- buitentempertuursensor;
- ventilator.

Dat een en ander leidt tot relatief hoge kosten mag duidelijk zijn. Ondermeer de luchtkwaliteitssensoren vormen hierin een belangrijk onderdeel. Weliswaar kleven aan de toepassing van de nu geselecteerde CO₂-sensoren nadelen, zoals de aansluiting op 230 V voeding en de noodzaak tot regelmatige calibratie, vooralsnog lijkt het toepassen van CO₂-sensoren de enige betrouwbare oplossing. Goedkopere luchtkwaliteitssensoren bezitten momenteel nog niet de vereiste betrouwbaarheid en duurzaamheid. Daarnaast is onvol-

doende bekend over de juiste grenswaarden waarop bij deze sensors dient te worden gestuurd.

Voor het thermisch comfort wordt tevens de ruimtetemperatuur gemeten. Hiermee wordt ook de verwarmingsbron (convactor) aangestuurd. Tevens wordt met deze sensor in combinatie met een buitensensor de sturing van de voorwaardelijke ventilatie (zomernacht en weekeinde ventilatie) gerealiseerd. De ventilatie zal worden uitgeschakeld buiten de tijden dat de ruimte in gebruik is.

Een centrale regelaar per gebouwdeel stuurt de lokale regelunits. Op deze lokale regelunits zijn zowel de verlichting als de diverse sensoren en de ventilatoren aangesloten. Ook de motorbediende buitenluchtroosters (twee per lokaal) zijn hierop aangesloten. In eerste instantie was gedacht aan een separate regelinstallatie voor de hybride ventilatie en de verlichting. In nauw overleg met de installateurs (GTI-west voor de werktuigbouwkundige installaties en Glasbergen elektrotechniek voor de elektrotechnische installaties) is onderzocht in hoeverre het mogelijk zou zijn de verlichtingsregeling (veegschakeling) en de hybride ventilatie te combineren. Technisch bleek dit zeer goed realiseerbaar. Door voor de veeg-

REGELSTRATEGIE

De regelstrategie voor het hybride systeem werkt als volgt:

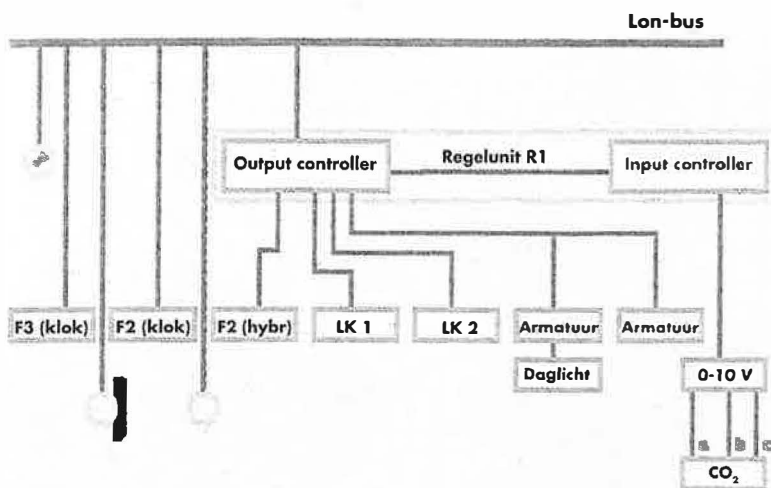
In de nachtsituatie zijn de ventilatievoorzieningen gesloten en de ventilator uit, omdat de CO₂-concentratie onder de grenswaarde van 650 PPM ligt. Tijdens de zomerperiode kan dit overruled worden door de zomernachtventilatie. Hierbij worden de kleppen opengestuurd en gaat de ventilator aan. De gebruikelijke voorwaardelijke ventilatieschakelingen zijn hierop van toepassing.

- $\theta_{\text{binnen}} (\theta_{\text{buiten}} + 2^{\circ}\text{C})$
- $\theta_{\text{buiten}} > 15^{\circ}\text{C}$
- $\theta_{\text{binnen}} > 20^{\circ}\text{C}$

Zodra het lokaal wordt gebruikt zal de CO₂-sensor een stijging van de concentratie registreren. Uit onderzoek is gebleken dat in vol bezette klaslokalen de CO₂-concentratie zonder ventilatievoorzieningen binnen 30 minuten tot ruim boven de 1500-PPM stijgt.

Zodra de CO₂-concentratie boven de eerste grenswaarde komt (ca. 700 PPM) zal het preferente buitenluchtrooster worden geopend. Er is een preferent buitenluchtrooster omdat twee convectoren door middel van één thermostatische radiatorafsluiter worden geregeld. Deze heeft een afstandsvoeler. Het buitenluchtrooster bij de afstandsvoeler is daarmee preferent (vanwege vorstgevaar).

Mocht het openen van het eerste buitenluchtrooster onvoldoende blijken, dan zal bij het bereiken van de tweede grenswaarde (1000 PPM) het tweede buitenluchtrooster openen. Mocht dit nog steeds onvoldoende blijken dan zal bij het overschrijden van de derde grenswaarde (1300 PPM) de ventilator bijspringen. De capaciteiten van de ventilatievoorzieningen zijn daarbij gebaseerd op de waarden die volgen uit het Bouwbesluit.



Schema combinatie verlichtingsregeling en hybride ventilatie

-FIGUUR 4-

schakeling een LON-bussysteem toe te passen met individuele regelunits voorzien van voldoende i/o's, bleek het mogelijk, met een aanzienlijke kostenreductie, een vrijwel identieke hybride ventilatieschakeling te realiseren.

INSTALLATIEKOSTEN

Er lijken op het eerste oog geen hi-tech regelsystemen, bijzondere roosters of andere kostbare componenten noodzakelijk te zijn. Gezocht is zoveel mogelijk naar de toepassing van standaard componenten. De totale kosten van het systeem zijn echter een belangrijke bottleneck.

De budgetten voor installatietechniek in schoolgebouwen in Nederland zijn zeer mager. De voorheen geldende Londo-norm ging uit van een installatie op woningbouwniveau met een minimum aan voorzieningen. Ondanks dat door de gemeente Leidschendam extra budget voor o.a. energiezuinigheid was vrijgemaakt, bleken bij de aanbesteding de meerkosten van hybride ventilatie niet te passen binnen dit extra budget. In tweede instantie is door de gemeente besloten de uitgangspunten te laten prevaleren boven de financiën en is aanvullend budget vrijgemaakt. Dit, tezamen met een financiële ondersteuning vanuit Novem, maakte het totale systeem haalbaar. De uiteindelijke kosten voor het oorspronkelijke regelsysteem per lokaal bedroegen ongeveer f 6.500,-. Deze kosten zijn met ongeveer 30% afgenomen, vooral door het combineren van de regelingen. In totaal was voor deze school met ongeveer 5750 m² BVO

een additioneel budget van f 200.000,— noodzakelijk.

CONCLUSIE

Hybride ventilatiesystemen bieden nieuwe kansen tot verdergaande energiebesparing voor ventilatie. De geprognoseerde energiebesparing voor een pilotproject Schoolgebouw Waterland te Leidschendam bedraagt 30% ten opzicht van de nieuwbouweis. Hierbij wordt een besparing bereikt van 20% door toepassing van hybride ventilatie. De overige 10% wordt bereikt door toepassing van een energiezuinig verlichtingssysteem.

In de praktijk blijken de kosten een belangrijk struikelblok, zeker waar het projecten betreft met een traditioneel krap budget zoals scholen. In de utiliteitsbouw, waar de toepassing van gebalanceerde ventilatie meer gebruikelijk is, zijn er meer kansen voor hybride ventilatie. Momenteel worden de bestekken afgerond voor de universiteitsbibliotheek van de universiteit van Utrecht alwaar eveneens een vorm van hybride ventilatie wordt toegepast. Door op een creatieve wijze gebruik te maken van standaardcomponenten en te zoeken naar een combinatie van verschillende systemen kan een belangrijke kostenreductie worden bereikt. Door een combinatie van de regeling voor het ventilatiesysteem met de regeling van de verlichting is een kostenreductie bereikt van circa 30%.

De onbekendheid met het systeem speelt eveneens een belangrijke rol. Door het realiseren van een pilotpro-

ject kan kennis en ervaring worden opgedaan, waardoor een verdere kostenreductie kan worden bereikt. Daarnaast zal de nodige praktijkervaring worden opgedaan ten aanzien van praktische knelpunten. Na realisatie zullen de prestaties van het systeem door middel van monitoring worden getoetst.

Meer informatie over hybride ventilatie is te vinden op de website van IEA Annex 35: <http://hybvent.civil.auc.dk>.

