



Hybride ventilatie, natuurlijk zodra het kan, mechanisch als het moet.

Een impressie van het symposium over hybride ventilatie

Auteur: ing. A. van der Aa, Cauberg-Huygen Raadgevende ingenieurs B.V., Rotterdam

Inleiding

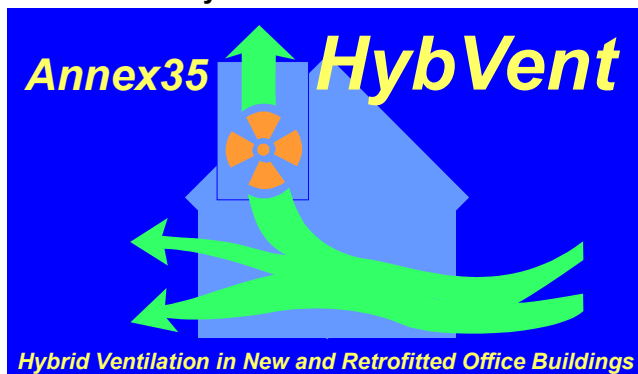
Onder invloed van verdergaande energiebesparing, verbetering van het binnenklimaat en thermisch comfort zijn er op het gebied van ventilatie een divers aantal ontwikkelingen gaande. Deze ontwikkelingen zijn globaal onder te verdelen naar:

- Mogelijkheden tot reductie van volumestromen (gebaseerd op een betere controle);
- Ontwikkelingen op het gebied van warmteterugwinning;
- Ontwikkelingen op het gebied van voorverwarming van ventilatietoeverlucht door natuurlijke warmtebronnen;
- Reductie van hulpenergie.

De grenzen van wat op de diverse terreinen nog kan worden bereikt lijken echter in zicht. Zo zijn er vergaande prestaties bereikt bij gebalanceerde ventilatiesystemen door warmteterugwinning met een rendement van 90%. Op het gebied van natuurlijke ventilatie is door de ontwikkeling van zelfregelende roosters en controlesystemen een duidelijke vooruitgang geboekt in de controle van volumestromen. Toch kennen de diverse systemen ook hun beperkingen en zou op een aantal terreinen een verdergaande energiebesparing wenselijk zijn. Zo blijkt uit onderzoek namens het ministerie van VROM dat met een toenemende ontwikkeling van ventilatiesystemen het aan ventilatie gerelateerde gezondheidsklachten niet afneemt. Een duidelijke verbetering kan worden bereikt door de traditionele scheidslijnen tussen natuurlijke ventilatie en mechanische ventilatie te overbruggen door een systeem waarmee, afhankelijk van de situatie en omstandigheden gebruik wordt gemaakt van de best passende ventilatiemode. Natuurlijke ventilatie zodra het kan, mechanische ventilatie zodra het moet. Momenteel wordt onder de auspiciën van de International Energy Agency (IEA) in taak Annex 35 "Hybrid ventilation" onderzoek gedaan naar hybride ventilatie voor scholen en kantoorgebouwen. Vanuit Nederland nemen TNO bouw en Cauberg-Huygen Raadgevende Ingenieurs deel aan dit onderzoeksprogramma.

Op 14 mei jl. is in het kader van dit onderzoeksprogramma een symposium gehouden op de Technische Universiteit te Delft. Tijdens dit symposium is de laatste stand van zaken gepresenteerd op het gebied van hybride ventilatie.

IEA Annex 35 Hybrid ventilation



IEA Annex 35 is een onderzoeksprogramma dat op 1 augustus 1998 is gestart voor de duur van 4 jaar, waarin een 15-tal landen wereldwijd participeren. Momenteel is de state-of-the-art review afgerond. In deze state-of-the-art review is een inventarisatie uitgevoerd naar de huidige stand der techniek, de barrières voor hybride ventilatie en zijn bestaande gebouwen met hybride ventilatie geïnventarieerd. De kritische punten op het gebied van bestaande systemen en componenten zijn

vastgelegd. In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de verwachtingen van hybride ventilatie in de deelnemende landen.

Country/Issue	Australi	Belgiu	Canada	Denmar	Finland	France	German	Greece	Holland	Italy	Japan	Norway	Sweden	UK	US
need less maintenance					x						x	x			
offer longer system lifetime												x			
reduce CO ₂ -emissions	x					x				x	x				
allow more individual control, operable windows, etc.	x	x			x						x	x			
be simpler to maintain					x						x	x			
be simpler to use					x						x	x			

Tabel 1: Verwachtingen van hybride ventilatie (Van hybride ventilatie wordt verwacht dat ...).

In grote lijnen wordt van hybride systemen het volgende verwacht:

- Een vergroting van de ontwerpmogelijkheden;
- Reductie van ventilatorgeluid
- Reductie van het elektriciteitsverbruik
- Reductie van het energieverbruik voor ruimteverwarming
- Reductie van CO₂ uitstoot
- Verbetering van de mogelijkheden tot individuele controle, te openen ramen enz.
- Leveren van een verbeterd binnenklimaat

Architectonische ontwerpoverwegingen

Uit het onderzoek naar bestaande gebouwen blijkt dat een succesvolle ontwerp van een hybride ventilatie systeem afhangt van een integrale ontwerpbenadering, waarin optimaal gebruik gemaakt is van duurzame energiestromen als passieve zonne-energie, wind en thermische trek. In het bijzonder dient er sprake te zijn van een goed thermisch ontwerp, met benutting van thermische massa en nachtventilatie om een goed thermisch comfort gedurende de dagperiode te realiseren.

Dit wordt bevestigd door de gedachten die bij architecten leven die betrokken zijn geweest bij het ontwerp van een gebouw met hybride ventilatie. Nadrukkelijk wordt er vanuit deze hoek op gewezen dat gebouw en installatie niet als twee afzonderlijke onderdelen moeten worden beschouwd. Het gebouw is in dit verband niet een ruimte waarin een machine wordt geplaatst, maar veel meer dient het geïntegreerde samenspel van een gebouw met zijn installatie te leiden tot een goed werkend concept.

Classificatie van hybride ventilatie systemen

Hybride ventilatiesystemen worden volgens de tekst van Annex 35 als volgt gedefinieerd "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 ventilatiedebiet en ventilatiepatroon te verzorgen, bij het laagst mogelijke energieverbruik."

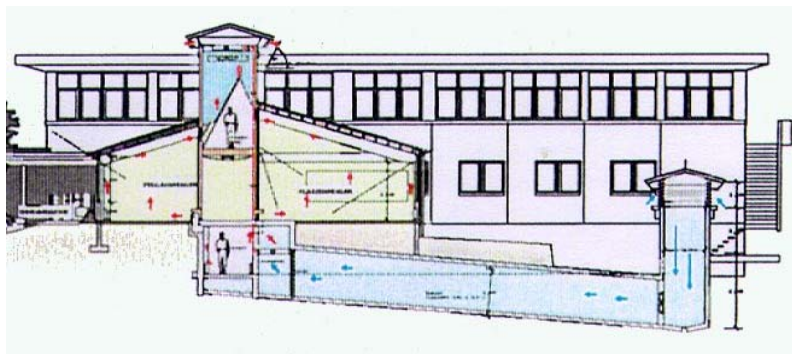
Nader beschouwd komt het erop neer dat bij hybride ventilatie zowel op natuurlijke als op mechanische wijze kan worden geventileerd, waarbij de keuze van de ventilatiemodus wordt bepaald door het energieverbruik, de binnenluchtkwaliteit en het thermisch comfort. In de praktijk betekent dit voor de Nederlandse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

Voor de volledig mechanische systemen is reeds ervaring opgedaan met het ventileren naar behoefte. Bij deze zgn. 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.

In het kader van Annex 35 is een classificatie opgesteld van de diverse systemen:

- Wisselend gebruik van natuurlijke en mechanische ventilatie;
- Ventilator ondersteunde natuurlijke ventilatie
- Mechanische ventilatie, ondersteund door wind en thermische trek.



Figuur 1: Gronge school Norwegen voorbeeld van een hybride ventilatiesysteem op basis van ventilator ondersteunde natuurlijke ventilatie.

De diverse bestaande voorbeelden van hybride ventilatiesystemen tonen aan dat momenteel bij geen ervan sprake is van de optimale oplossing voor binnenluchtkwaliteit, thermisch comfort en energiezuinigheid. Belangrijk aspect hierbij is de beperktheid van de momenteel beschikbare regelsystemen.

Regel- en controlestrategieën

Controle strategieën in bestaande gebouwen met hybride ventilatie zijn voornamelijk gebaseerd op temperatuur controle, met in sommige gevallen (voornamelijk schoolgebouwen) met bewaking op CO₂. Een overzicht van de kritische aspecten en wijzen waarop daarmee in de in bestaande gebouwen met hybride ventilatie mee omgegaan is worden aangegeven in tabel 2.

Aspect	Component
IAQ control	The most common components used were local CO ₂ sensors and manual and/or automatically operated windows, skylights or special openings. In the Belgian buildings, an infrared presence detection system was used to control the mechanical ventilation system.
Temperature control	Local temperature sensors were commonly used. A number of buildings used solar shading and high-efficiency lighting to control heat gains, and in the Belgian buildings lighting was controlled by luminance sensors. Seven buildings used underground ducts, culverts or plenums to precondition the supply air.
Energy conservation	In most of the buildings considerable care was taken to ensure that the building was thermally efficient. The most common measures taken were good insulation levels and use of high-performance glazing. High-efficiency heating systems, and skylights, rooflights, and reflectors to provide daylight were also used.
Ensuring low pressure drops	Low pressure drops were ensured by avoiding the use of ducts, by using large ducts or other components to transport air (e.g. corridors), by using low pressure drop dampers in extract cowls, or by terminating fitout screens below the ceiling height.
Control of air flow rate	Inlet and/or extract fans were often used to ensure a sufficient flow rate. In Denmark frequency-controlled axial fans are controlled by air velocity sensors situated in the extracts. The Netherlands building used electronic self-regulating trickle ventilators with direction-sensitive flow sensors. Many buildings used wind towers, solar chimneys or atria for exhaust, and manual and/or automatically controlled windows or other openings for air intake.
Outdoor air pollution	In Norway the intake duct was used to settle large particles. Filters were also used.
Security	In three buildings openings were designed to provide security by being either small, high-set, or designed to be burglar-proof.
Draught	In Australia screens were used to deflect air. In Norway low-velocity low level diffusers were used. In UK perimeter fans are used for winter ventilation without draughts.
Acoustic privacy	In three UK buildings the ceiling and/or light fitting design was used to control noise. Acoustically insulated or specially designed inlets were used in The Netherlands building and in Norway and Denmark sound-absorbent baffles were used to reduce fan noise.
Fire regulations	In a few buildings, under fire alarm conditions dampers, windows or doors are automatically closed or opened as required. In Norway care was taken to minimize combustible material in the intake air duct.

Tabel 2: Kritische aspecten en bestaande oplossingen voor hybride ventilatie.

Een duidelijke uitdaging in het ontwerp van controle systemen voor hybride ventilatie is het vinden van de juiste balans tussen investeringskosten, bedrijfskosten, energieverbruik, thermisch comfort,

gebruikerstevredenheid, betrouwbaarheid en duurzaamheid, zo blijkt uit onderzoek naar de diverse controle systemen voor hybride ventilatie. Naast technische uitgangspunten, welke veelal de boventoon voeren, spelen aspecten als verwachtingen bij de gebruikers en attitude van gebruikers een grote rol. Een van de grote voordelen van natuurlijke ventilatie is de hogere mate van gebruikerstevredenheid bij de mogelijkheid tot controle van het eigen binnenklimaat door het openen van ramen. Zo ver als mogelijk zou dit aspect moeten worden verdisconteerd in de controle van hybride systemen. Dit kan echter in bepaalde gevallen conflicteren met de mogelijkheden het thermisch comfort en de minimale luchtkwaliteit te garanderen, in het bijzonder bij eenvoudige controle systemen. De relatie tussen binnenklimaat en gebruikersacceptatie in door gebruikers gecontroleerde ruimten is echter niet geheel duidelijk. Recent onderzoek lijkt er op te wijzen dat gebruikers een grotere afwijking van de geaccepteerde normen aanvaardden indien de mogelijkheid bestaat individueel dit binnenklimaat te beïnvloeden door bijvoorbeeld natuurlijke ventilatie.

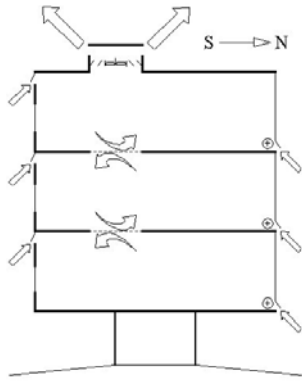
De beste manier om de binnenluchtkwaliteit te controleren in ruimten waarin mensen de grootste vervuilsbron vormen, is door meting van de CO₂-concentratie. Momenteel zijn CO₂-sensors echter nog relatief kostbaar. Uit recent onderzoek blijkt dat naar verwachting in een periode van circa 10 jaar de kostprijs door schaalvergroting op een acceptabel niveau terecht zal komen. Belangrijk is hierbij dat ook de sensorfabrikanten overtuigd raken van de marktpotentie van vraaggestuurde ventilatie.

Metingen aan hybride ventilatie

Een van de gebouwen met hybride ventilatie is het hoofdkantoor van B&O in Denemarken. Aan dit gebouw zijn in het kader van het onderzoeksprogramma van Annex 35 uitgebreide metingen naar de prestatie van het hybride ventilatiesysteem verricht. Het gebouw bestaat uit een kantoortuinachtig concept met een totaal oppervlakte van 1520 m², verdeelt over 3 verdiepingen. Het ventilatieprincipe is natuurlijke ventilatie op basis van thermische trek en wind, ondersteund door mechanische ventilatie. In figuur 2 wordt een beeld gegeven van de noordgevel. De luchttoetreding vindt plaats door via kleine aangestuurde ventilatiekleppen in de gevel. In de zuidgevel bevinden zich grotere aangestuurde ramen, welke worden gebruikt voor zomernachtventilatie. De lucht wordt afgezogen via de trappenhuisen, door middel van speciale dakkappen op het dak, die voorzien zijn van geïntegreerde ventilatoren, welke een lage luchtweerstand bezitten in de natuurlijke ventilatiemode. Het principe van het systeem wordt weergegeven in figuur 3.



Figuur 2: Noordgevel van het Bang & Olufsen gebouw.



Figuur 3: Principe van het hybride ventilatie systeem (Aggerholm, 1999).

In de beginperiode van ingebruikname van het gebouw bleken er toch een divers aantal onverwachte gebreken op te treden, variërend van onjuiste werking van het controlesysteem, te lage setpoints en geluidsoverlast van de ventilatoren. Nadat de gebreken hersteld waren is een uitgebreid monitoring programma gestart naar luchtkwaliteit, thermisch comfort en energieverbruik. Uit de metingen bleek dat lage CO₂ concentraties optreden, welke duiden op een goede luchtkwaliteit. Het energieverbruik voor ventilatoren was zeer laag, hetgeen onderstreept dat een goed ontworpen natuurlijk ventilatiesysteem, ondersteund door mechanische ventilatie, leidt tot een beperkte impact op het totale energieverbruik. Het totale energieverbruik voor het gebouw voldoet aan de Deense normen.

Hybride ventilatie in Noorwegen

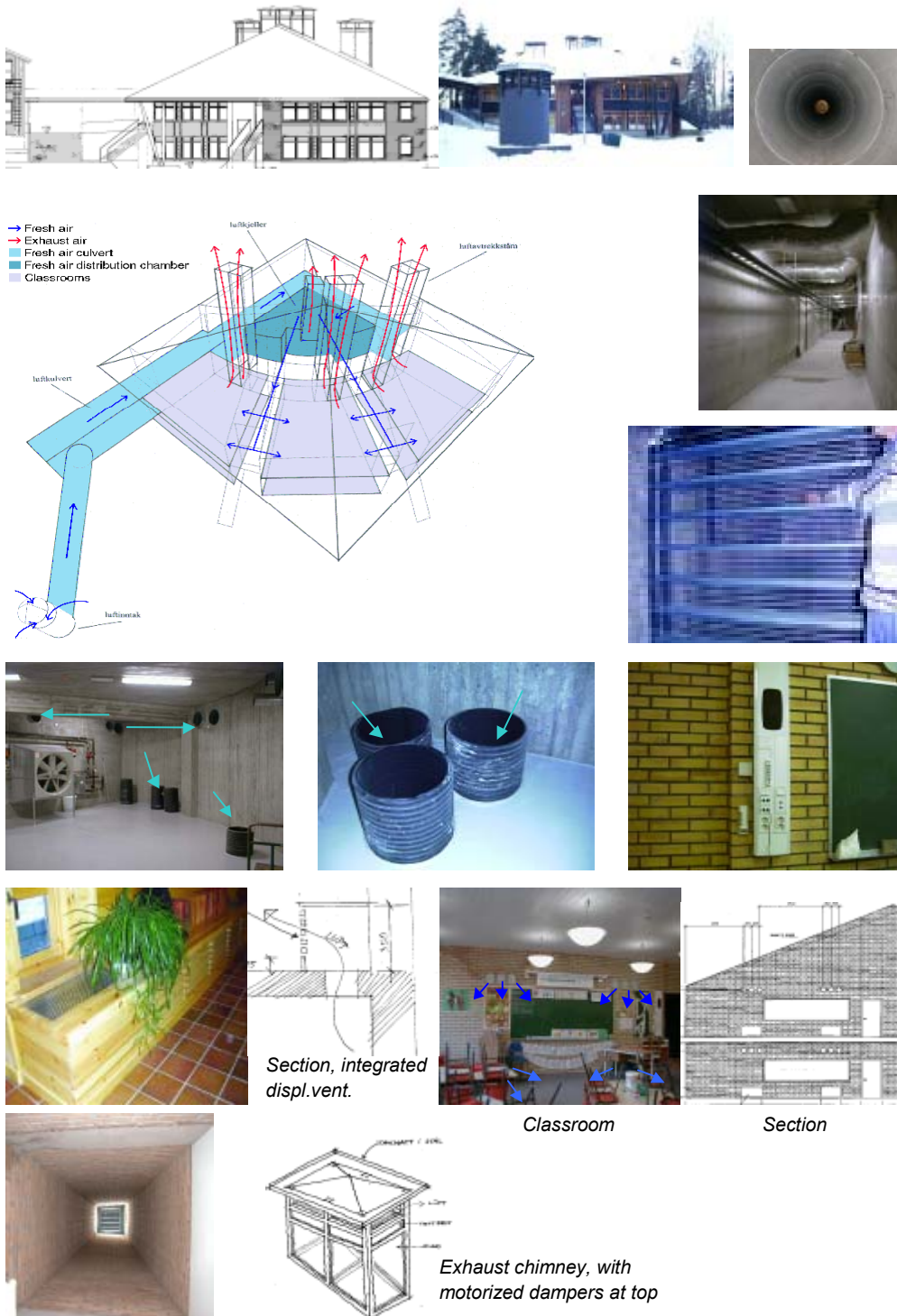
Het land waar tot op heden de meeste projecten met hybride ventilatie zijn toegepast is Noorwegen. Momenteel zijn reeds een 17-tal gebouwen, voornamelijk scholen, uitgerust met een hybride ventilatiesysteem. In tabel 3 wordt een overzicht gegeven van de diverse projecten met hun eigenschappen.

	HybVent house Borhaug	Borhaug school Linderoth	Frei school	Gjerde school	Grong school	Jaer school Klokkerasen	Larvik Larvik skole	Lier school	Lista hospital	Norsk film Narvik kino	Presterau	Sahmanger care Sahmanger skole	Sem school	Tredal school	
Fans and hybrid mode															
Low-pressure fans	•					•									
Supply fan			•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•
Extract fan	•	•						•							•
Fans always on when occupied	•				•					•	•	•			
Fans predominantly on		•	•	•			•	•					•	•	
Fans predominantly off			•			•	•							•	
Fans contingency only (manual)									•						
Natural driving forces															
Cross-flow ventilation															
Stack-effect ventilation	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Wind-augmented inlet or outlet	•								•	•	•				
Wind/rain/snow protected inlet/outlet		•			•	•						•			
Air distribution															
Displacement ventilation	•				•	•		•							
Half displacement / mixing		•	•	•			•	•	•	•			•	•	•
Mixed ventilation											•				
Building integration															
Stacks / chimneys	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•
Atria									•						
Underground ducts / labyrinth		•	•	•	•	•	•		•	•			•	•	•
Heavyweight stacks for supply air				•	•	•		•					•	•	
Cooling															

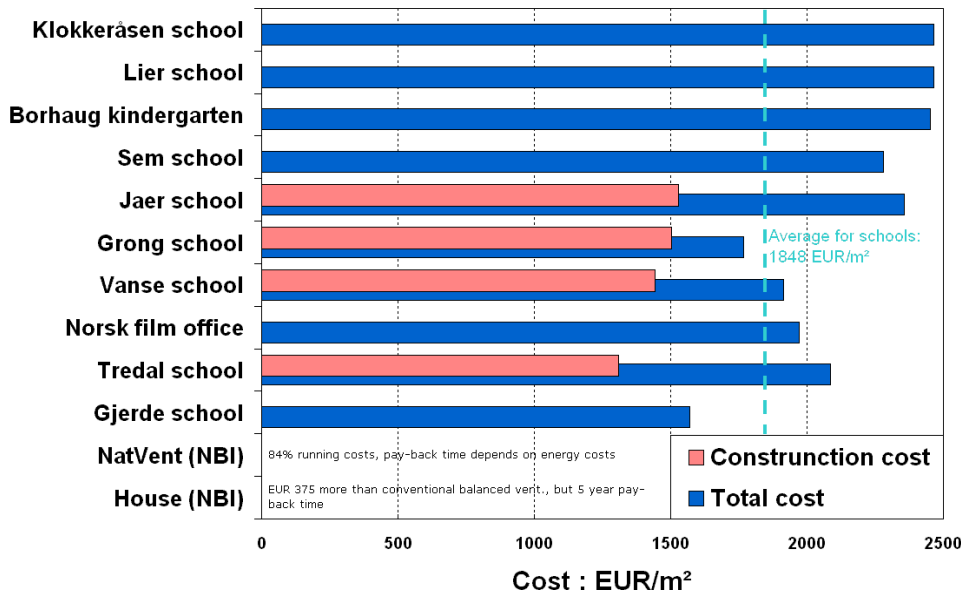
Figuur 5. Impressie van de Gjerde School te Noorwegen (Schild, 2001)



Figuur 6. Impressie van de Jaer School te Noorwegen (Schild, 2001)



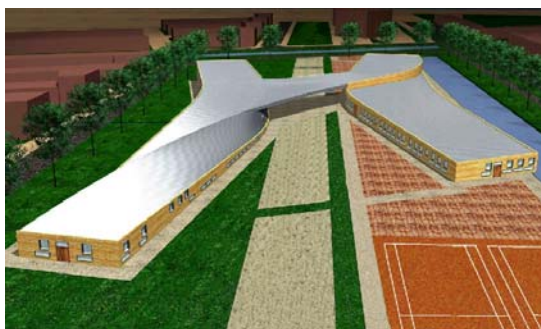
Uit een overzicht van beschikbare stichtingskosten voor schoolgebouwen blijkt wel dat de beschikbare budgetten duidelijk boven de Nederlandse normen liggen.



Figuur 7: Overzicht bouwkosten diverse schoolgebouwen met hybride ventilatie in Noorwegen.

Hybride ventilatie en energieprestatie

Een van de geïdentificeerde barrières voor innovatieve ventilatiesystemen, waaronder hybride ventilatie is de regelgeving. Enerzijds blijkt regelgeving een goede aanjager tot innovatie en implementatie van nieuwe technieken. Anderzijds kan de regelgeving ook belemmeringen opwerpen. Met het Bouwbesluit en de daaraan gerelateerde normering als voor energiezuinigheid in de vorm van een energieprestatiecoëfficiënt loopt Nederland redelijk voorop. Desalniettemin past de toepassing van hybride ventilatie niet in de huidige normen. Een goede mogelijkheid biedt het gelijkwaardigheidsbeginsel waarmee een gelijkwaardig niveau worden aangetoond en wat ook juist voor dit soort ontwikkelingen in het leven is geroepen. Op basis van vergelijkende berekeningen met een in de norm omschreven systeem kan de prestatie van een hybride ventilatiesysteem worden aangetoond. Knelpunt hierbij is echter wel de eenduidigheid in benadering.



Figuur 8: Nederlandse pilotproject met hybride ventilatie: Schoolgebouw Waterland te Leidschenveen

Zo blijkt uit rekenstudies voor het Nederlandse pilotproject Schoolgebouw Waterland te Leidschenveen dat, afhankelijk van de gekozen uitgangspunten een besparing op de energieprestatiecoëfficiënt kan worden berekend tussen de 14 en 27%. In beide uiterste berekeningssituaties is hierbij voor "redelijk" te verdedigen uitgangspunten. De noodzaak van het aangeven van een zeker kader waarbinnen uitgangspunten voor berekeningen dienen te worden gekozen is hiermee aangetoond. In een van de werkgroepen binnen Annex 35 wordt momenteel gewerkt aan het opstellen van een sourcebook waarin voor innovatieve ventilatiesystemen deze uitgangspunten worden gedefinieerd.

Kwaliteitsbewaking en commissioning

Het realisatieproces van een klimaatinstallatie blijkt in de praktijk toch altijd weer een complexe aangelegenheid. Het op juiste wijze definiëren van uitgangspunten op binnenklimaat, energieverbruik en kosten en het bewaken ervan gedurende het gehele proces vanaf initiatieffase tot oplevering en gebruik vraagt om een betere procesbeheersing. Zeker ook bij hybride ventilatie, waarbij op geïntegreerde wijze tegen een gebouw en de daarin aanwezige installatie aangekeken wordt is deze procesbewaking van belang. Het Nederlandse model Kwaliteitsbeheersing Klimaatinstallaties (MKK), waarin het totale voortbrengingsproces van de klimaatinstallatie wordt beschreven is hiervoor een geschikt instrument. In het artikel over ISSO 61 in dit zelfde blad wordt hierop uitgebreid ingegaan.

Conclusie

Hybride ventilatiesystemen bieden nadrukkelijk kansen op een verdergaande energiebesparing en een verbetering van het binnenklimaat in gebouwen. Natuurlijk ventileren zodra het kan en mechanisch zodra het moet. Wel vereist het ontwerp van een hybride systeem een integrale benadering van het gebouw met de daarin aanwezige installatie. Een belangrijk aandachtspunt, dat duidelijk nog niet is uitontwikkeld is het regel- en controlesysteem. Dit biedt nog een duidelijke uitdaging voor de installatiewereld. Metingen en ervaringen uit met name Scandinavische landen tonen aan dat met hybride systemen een duidelijke verbetering van luchtkwaliteit en energiezuinigheid wordt bereikt. In het kader van IEA Annex 35 wordt momenteel gewerkt aan de ontwikkelingen van richtlijnen voor het ontwerp van hybride systemen. In formatie is te vinden op de Website van Annex 35 onder: <http://hybvent.civil.auc.dk>. Daarnaast kan, naar verwachting na de zomervakantie, de integrale tekst van de het symposium op 14 mei over hybride ventilatie worden gedownload van de website van Cauberg-Huygen Raadgevende ingenieurs onder: www.cauberg-huygen.nl.