

## Deel 1

# Hybride ventilatie, definitie en uitgangspunten

De huidige ontwikkeling richting bijna energieneutrale gebouwen zorgt voor nieuwe gebouwen met een zeer geringe warmtebehoefte. Met het verkorten van het stookseizoen neemt echter de behoefte aan koeling toe. Vanwege de grote gevoeligheid van deze gebouwen voor de interne warmtebelasting is het niet ongebruikelijk dat ook in het stookseizoen nog behoefte is aan koeling. De gelijktijdigheid van de koelbehoefte in een gebouw en een lagere buitentemperatuur dan de gewenste binnentemperatuur zorgen voor een groot potentieel voor vrije koeling. Omdat het energiegebruik van nieuwe gebouwen sterk afneemt neemt het aandeel van elektriciteitsverbruik door ventilatoren in het totale energiegebruik toe. Hybride ventilatie voorziet in de verseluchtbehoefte terwijl het potentieel aan vrije koeling optimaal benut wordt en daarbij ventilatorenergie bespaard wordt door het gebruik van natuurlijke ventilatie.

M. (Michiel) van Bruggen, De Energiemanager, TVVL  
expertgroep KT

Met een hybride ventilatiesysteem wordt een gezond, comfortabel binnenklimaat nagestreefd waarbij ten opzichte van niet-hybride ventilatiesystemen energie bespaard wordt

doordat er minder koelenergie en minder ventilatorenergie nodig is. Hybride ventilatie is ventilatie ten behoeve van verse lucht en vrije koeling door een combinatie van natuurlijke

ventilatie en mechanische ventilatie. Daarbij zijn de functies luchtverversing en vrije koeling niet los van elkaar te zien. Nachtventilatie is specifiek gericht op het (doorgaans buiten bedrijfsuren) afkoelen van de gebouwmassa en kan los gezien worden van vrije koeling en luchtverversing. Alhoewel niet noodzakelijk, is het aan te bevelen in gebouwen met hybride ventilatie ook nachtventilatie mee te nemen. De keuze van de ventilatiemodus wordt bepaald door het energiegebruik, de binnenluchtkwaliteit en het thermisch comfort. Kortweg is het motto van hybride ventilatie 'Natuurlijk als het kan, mechanisch als het moet'. Het mechanische deel kan dan op verschillende wijzen ingevuld worden (doorgaans enkel afvoer of gebalanceerd). In het mechani-

Dit artikel is deel één uit een serie van vier artikelen over hybride ventilatie. De artikelen zijn gebaseerd op de rapportage KT-26 Hybride ventilatie van TVVL. Deze rapportage is mede mogelijk gemaakt door inhoudelijke en/of financiële bijdragen van TVVL, Duco ventilation and suncontrol, Zehnder Group Nederland b.v., Velux en ISSO. De rapportage zal ook gebruikt worden voor het actualiseren van ISSO publicaties waar dit onderwerp aan de orde komt. De rapportage is voor leden gratis te downloaden via de website van TVVL.

Artikel 1: Definitie en uitgangspunten

Artikel 2: Varianten van hybride ventilatie

Artikel 3: Ontwerpen met natuurlijke krachten: Thermische trek en wind

Artikel 4: Drukevenwicht, Voorbeeldberekening, Nachtventilatie

Kijk voor enkele handige hybride ventilatie rekentools [www.mijnenergiemanager.nl](http://www.mijnenergiemanager.nl).

sche deel kunnen diverse functies opgenomen zijn zoals filtering, verwarming, warmteterugwinning, koeling of bevochtiging.

Er zijn vele hybride ventilatieconcepten mogelijk. Deze concepten worden meestal gekenmerkt door onder andere de volgende eigenschappen:

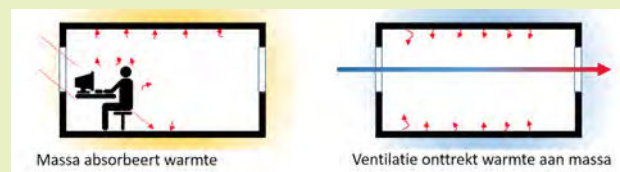
- bij het ontwerp is natuurlijke ventilatie leidend. In het ontwerp zien we dan ook vaak elementen als te openen ramen (eventueel geautomatiseerd), speciale ventilatie-openingen en voorzieningen om thermische trek te bewerkstelligen;
- er is in het ontwerp aandacht besteed aan passieve en/of vrije koeling. Dit uit zich in het gebruik van nachtventilatie en het beperken van de interne warmteproductie en voorzieningen als zonwering, actieve gebouwmassa;
- er is een min of meer complex regelsysteem. Daarbij wordt meestal gebruik gemaakt van meerdere typen sensoren zoals aanwezigheidsensoren, CO<sub>2</sub>-sensoren, vochtsensoren en temperatuursensoren;
- de binnenklimaatcondities kunnen minder constant zijn dan bij ventilatieconcepten op basis van mechanische ventilatie. Met name doordat bij natuurlijke ventilatie de luchtverversing sterk kan variëren.

Bij het ontwerpen en realiseren hybride ventilatiesystemen is het van belang onderscheid te maken tussen verschillende functies van natuurlijk ventileren. Dit zijn:

- luchtverversing: Het zorg dragen voor verse lucht (afvoeren vervuilde binnenlucht, toevoeren verse buitenlucht). De benodigde luchtverplaatsingen voor luchtverversing zijn relatief klein 6 à 12 dm<sup>3</sup>/s per persoon. Dit komt overeen met een ventilatievoud van ongeveer 1,2 à 2 h<sup>-1</sup>;
- vrije koeling: Indien de buitenlucht een relevante koelcapaciteit heeft kan deze direct gebruikt worden. Dit is vrije koeling. Als deze vrije koeling op natuurlijke wijze gebeurt dan is dit natuurlijke vrije koeling. Het ventilatievoud ten behoeve van klimatisering is maximaal ongeveer 4 h<sup>-1</sup>;
- nachtventilatie: Bij nachtventilatie wordt, indien zinvol en mogelijk (meestal gedurende de nacht), ventilatielucht gebruikt om warmte te onttrekken aan de gebouwmassa. Een overschot aan warmte kan vervolgens (meestal gedurende dag) opgeslagen worden in de gebouwmassa. Dit proces van onttrekken en opslag van warmte kan vooral gebruikt worden in samenhang met de periodieke temperatuurvariatie tussen dag en nacht. Als de nachtventilatie met natuurlijke ventilatie plaats vindt is dit natuurlijke nachtventilatie. Het ventilatievoud ten behoeve van nachtventilatie is groot: 7 à



-Figuur 1- Gebalanceerde mechanische ventilatie, gecombineerd met natuurlijke ventilatie (afbeelding Zehnder)



-Figuur 2- Principe van nachtventilatie. De warmte die door de gebouwmassa geabsorbeerd wordt, wordt op een later moment onttrokken door de ventilatielucht.

10 h<sup>-1</sup> met een maximum van circa 15 h<sup>-1</sup>. In Figuur 2 is het principe van nachtventilatie schematisch weergegeven.

### TOEPASBAARHEID

Een hybride ventilatieconcept is niet geschikt voor elke gebouw in elke omgeving. De keuze voor een hybride ventilatieconcept kan een bepalende impact hebben op het ontwerp van het gebouw. Deze impact hangt sterk af van de gekozen oplossingen en de gebruikte voorzieningen. In een minimale invulling van een hybride ventilatiesysteem is er bijvoorbeeld alleen sprake van turbineventilatoren op het dak van een gebouw. De impact op het ontwerp kan dan gering zijn. Aan de andere kant kan er naar gestreefd worden om de bijdrage van natuurlijke ventilatie te maximaliseren door een optimale positionering en vorm van het gebouw en toepassing van diverse beeldbepalende voorzieningen zoals een windtoren, een serre, een klimaatgevel e.d. In zijn algemeenheid is een hybride ventilatiesysteem toepasbaar als:

- het klimaat geschikt is (niet te vochtig, relatief groot verschil tussen dag- en nachttemperatuur);
- de geluidsbelasting en de buitenluchtkwaliteit zodanig (gering) zijn dat te openen gevelopeningen mogelijk zijn;
- de windomstandigheden rond het gebouw gunstig genoeg zijn, bijvoorbeeld niet te veel belemmeringen;
- enige variatie in temperatuur, luchtsnelheid en luchtvochtigheid acceptabel is. Bij voorkeur is er geen 'dresscode' in het gebouw;
- de route van de ventilatielucht door het gebouw de relevante ruimten kan bereiken en niet te veel hinder ondervindt door gesloten deuren of andere obstakels. Het gebruik van thermische trek door middel van warmteaccumulatie in het gebouw vergt een zorgvuldig ontwerp van de routing van de ventilatielucht door het gebouw. Hierbij moet met name ook rekening gehouden

worden met de regelgeving ten aanzien van brandcompartimenten.

Als er in combinatie met hybride ventilatie geen actieve koeling is voorzien, is het noodzakelijk dat er maatregelen genomen worden om de koellast te beperken.

Het potentieel van natuurlijke ventilatie hangt nauw samen met het ruimtelijk ontwerp van een gebouw. Enkele belangrijke ontwerprijlijnen daarbij zijn:

- in verband met hogere windsnelheden op grotere hoogte en meer mogelijkheden voor het gebruik van thermische trek biedt een hoog gebouw betere mogelijkheden voor natuurlijke ventilatie dan een laag gebouw;
- oriënteer een gebouw bij voorkeur met de lange zijde gericht naar de overheersende windrichting in de zomer, lente en herfst. Gebruik hiervoor de meetgegevens van officiële meteostations;
- bij voorkeur wordt de wind niet belemmerd door andere bouwwerken of hoge bomen;
- om dwarsventilatie mogelijk te maken moet het gebouw niet te diep zijn. Als vuistregel kan een maximale gebouwdiepte van 5 maal de verdiepingshoogte aangehouden worden.

### COMFORT

De klimaatinstallatie van een gebouw moet zorgen voor een comfortabel binnenklimaat. Er zijn verschillende manieren om comfort te kwantificeren:

- gewogen temperatuuroverschrijding, ofwel de GTO-methode. Deze is gebaseerd op het comfortmodel van Fanger en is geschikt voor volledig geconditioneerde gebouwen;
- adaptieve grenswaarden methode (ATG-methode). Deze methode veronderstelt dat er gewinning optreedt bij aanhoudende hogere buitentemperaturen en dat in dat geval ook hogere binnentemperaturen gehanteerd mogen worden.

Met name de methode van de adaptieve grenswaarden is relevant voor het ontwerpen van hybride ventilatiesystemen omdat met

deze methode onder specifieke omstandigheden hogere binnentemperaturen geaccepteerd worden dan bij de GTO-methode. De adaptieve grenswaarde methode mag gebruikt worden voor gebouwen met te openen ramen, zonder (operationele) actieve koeling en zonder 'dresscode'.

Verder kan, bij een grotere luchtsnelheid, bijvoorbeeld door plafondventilatoren, maar ook indien er sprake is van een grotere luchtsnelheid bij geopende ramen, de bovengrens van de adaptieve grenswaarde iets verhoogd worden op basis van de daadwerkelijke luchtsnelheid.

Naast de gemiddelde comfortbeleving is ook lokaal discomfort een aandachtspunt. Lokaal discomfort wordt bepaald door de volgende factoren:

- tocht door te hoge luchtsnelheid
- verticaal temperatuurverschil: het temperatuurverschil tussen de lucht aan de enkels en de lucht bij het hoofd.
- warme en koude vloeren: koud of warm aan voeten
- stralingsasymmetrie: vooral warm plafond, koude muren (vensters)

Bij comfortbeleving speelt de beïnvloedbaarheid van de omgeving een belangrijke rol. Gebruikers moeten mogelijkheden hebben om hun omgevingstemperatuur en hun comforttemperatuur met elkaar in overeenstemming te brengen. Hiervoor is het belangrijk dat er te openen ramen, temperatuurstellingen, zonwering, lichtwering of ventilatoren beschikbaar zijn. Alleen de beschikbaarheid is niet voldoende, de voorzieningen moeten aan eisen voldoen betreffende de instelbaarheid, effectiviteit, gebruikersvriendelijkheid en ergonomie.

## ONTWERPAANPAK

Het ontwerpproces bestaat uit de volgende fasen:

- omgevingsanalyse;
- gebouwplaatsing en gebouwvorm;
- beperken koellast en warmtebehoefte;
- functioneel ontwerp klimaatinstallatie (inclusief hybride ventilatie);
- vaststellen regelstrategie;
- detailontwerp klimaatinstallatie.

### Omgevingsanalyse

Meer dan in andere gebouwen zijn bepaalde omgevingskenmerken van belang bij het toepassen van een hybride ventilatiesysteem. Bij het ontwerp van een ventilatiesysteem op basis van natuurlijke ventilatie moet bijvoorbeeld rekening gehouden worden met de overheersende windrichting. Klimatologische gegevens, waaronder temperatuur en windrichting zijn vrij beschikbaar ([www.knmi.nl](http://www.knmi.nl) of

[www.meteo.be](http://www.meteo.be))

Bij het gebruik van winddata moet er rekening mee gehouden worden dat de winddata van meteostations van toepassing zijn op een hoogte van 10 meter op open terrein. Op een locatie wordt de windsnelheid sterk beïnvloed door de lokale omstandigheden zoals de ruwheid van het terrein. Voor reële gegevens van de windsnelheid moeten de meetgegevens van een meteostation dan ook gecorrigeerd worden voor de werkelijke gebouwhoogte en de belemmeringen.

### Gebouwplaatsing en gebouwvorm

Op basis van programma en de omgevingsanalyse wordt bepaald hoe het gebouw gesitueerd wordt. In deze fase kunnen massastudies (bezonning, winddruk) gedaan worden en kunnen globale berekeningen uitgevoerd worden ten aanzien van het functioneren van het ventilatiesysteem. Ten aanzien van de gebouwvorm bieden hoge gebouwen meer mogelijkheden voor natuurlijke ventilatie en wordt aanbevolen het gebouw met een lange gevel op de overheersende windrichting te oriënteren.

### Beperken koellast en warmtebehoefte

Met name als geen actieve koeling in het gebouw voorzien is, moeten in het ontwerp (met name bouwkundige) maatregelen getroffen worden om de warmte- en koudebehoefte te beperken:

- zeer goede isolatie en kierdichting;
- rekening houden met warmte- en koelbehoefte bij het ontwerpen van gevelopeningen;
- beperk de zontoetreding door het toepassen van (automatische) buitenzonwering, het beperken glasoppervlakten, het toepassen van zonwerende glassoorten en het toepassen overstekken;
- beperk de interne warmtelast door:
- het toepassen van zeer energie-efficiënte verlichtingssystemen (in kantoren met daglichtregeling en aanwezigheidsdetectie);
- het toepassen van energie-efficiënte (kantoor)apparatuur.

### Functioneel ontwerp klimaatinstallaties (en ventilatie)

Bij het functioneel ontwerp van de klimaatinstallatie wordt vastgesteld hoe de verschillende functies van de klimaatinstallatie (verwarmen en voorverwarmen, koelen en voorcoelen, bevochtigen, ventileren) worden ingevuld. Van elke functie wordt in ieder geval vastgesteld hoe de opwekking, distributie en afgifte gebeurt. De werking van de klimaatinstallatie wordt op hoofdlijnen beschreven, eventueel ondersteund met principeschetsen. Van het natuurlijke ventilatiesysteem wordt de route bij elke bedrijfstoestand in kaart gebracht:

- ventilatie-inlaat: waar, en met welke voorziening, komt ventilatielucht het gebouw binnen.
- ventilatietoevoer: hoe wordt de ventilatielucht de gebruiksruimte ingevoerd. Dit kan dezelfde voorziening zijn als de ventilatie-inlaat, bijvoorbeeld een te openen raam, maar dit kan ook gescheiden zijn, bijvoorbeeld als de ventilatielucht via een gevelopening het gebouw binnenkomt en via een plenum de gebruiksruimte ingevoerd wordt;
- ventilatieafvoer: de afvoer van de ventilatielucht uit de gebruiksruimte;
- de route van de ventilatielucht door het gebouw, met name ook hoe de ventilatielucht door de verschillende ruimtes geleid wordt via bijvoorbeeld (openstaande) deuren;
- ventilatie-afvoer: met welke voorziening, op welke plaats in het gebouw wordt de ventilatielucht afgevoerd;

Ventilatielucht zal de weg van de minste weerstand volgen. Bij het bepalen van de route van de natuurlijke ventilatielucht is het van belang dat er geen short-cuts (met lage weerstand) ontstaan waardoor (bijvoorbeeld inpandige) gebruiksruimten niet voorzien worden van verse lucht.

### Regelstrategie

Op basis van het functioneel ontwerp en op basis van de werkgebieden van de klimaatinstallatie wordt een regelstrategie opgesteld. In de regelstrategie wordt voor alle in het functioneel ontwerp beschreven onderdelen bepaald hoe deze geregeld worden in de verschillende werkgebieden.

### Detailontwerp klimaatinstallaties (en ventilatie)

In het detailontwerp worden de onderdelen van de klimaatinstallatie gedimensioneerd. Voor het ventilatiesysteem houdt dit in het vaststellen van de grootte van ventilatieopeningen, het ontwerpen van kanalen met geringe luchtweerstand en het bepalen van de door de actieve ventilatie te verplaatsen luchthoeveelheden.

In dit artikel zijn de uitgangspunten bij het ontwerpen van hybride ventilatiesystemen beschreven. In het volgende artikel zal worden ingegaan op verschillende concepten voor hybride ventilatie.



-Figuur 3- Natuurlijke ventilatievoorziening voor nachtventilatie (DucoGrille NightVent)