

Mechanische ventilatie en ventilatie-efficiëntie

Kennisbank Bouwfysica
Ir Ruud van Herpen

1 Inleiding

Natuurlijke ventilatie heeft eeuwenlang de basis gevormd voor de ventilatie van onze gebouwen. Nog in 1951 stond in de toenmalige ontwerpnorm V1068 "Thermische eigenschappen en ventilatie van woningen" dat de spleten en kieren van ramen niet te luchtdicht mochten zijn, omdat anders de ventilatie van de woning niet gewaarborgd was. In de jaren zestig wordt langzaam maar zeker de totaal onbewuste ventilatie vervangen door bewuste ventilatie, weliswaar op een natuurlijke basis. Er ontstaan eisen aan de luchtdichtheid van spleten en kieren, waardoor bewust ventilatieramen (klepramen) en ventilatieroosters verschijnen. Vervolgens wordt de natuurlijke afvoer van de ventilatielucht via verticale schachten/shuntkanalen vervangen door mechanische afzuiging. Zodoende wordt ook de ventilatie in de zomer - als de thermische trek niet werkt - gewaarborgd. De energiecrisis van 1974 leidt via vele tussenwegen naar mechanische, gebalanceerde ventilatie-installaties met warmteterugwinning. Dit is mechanische toevoer van verse lucht en mechanische afvoer van binnenlucht, met een warmtewisselaar tussen afvoerlucht en toevoerlucht t.b.v. beperking van het energieverlies.

Gebalanceerde ventilatie heeft vooral in de jaren 80 van de vorige eeuw te maken gehad met een slecht imago. In de woningbouw ontstonden als gevolg van de 'nationale kierenjacht' vochtige woningen met allerlei vocht- en schimmelschades. In de utiliteitsbouw stak het 'sick-building-syndroom' de kop op. Dit sick-building-syndroom uitte zich in diverse specifieke gezondheidsklachten van gebruikers, die vrijwel altijd terug te voeren waren op het ventilatiesysteem en de luchtbehandeling van het gebouw.

2 Strategie en aandachtspunten

Het doel van ventilatie is het verzorgen van een gezond en aangenaam binnenmilieu. In het Bouwbesluit, hoofdstuk 3 (gezondheid), zijn daarom voor alle gebruiksfuncties eisen aan de ventilatiecapaciteit gesteld. De eisen zijn gesteld op verblijfsgebiedniveau, met een 'vangnet-eis' op verblijfsruimteniveau, en afhankelijk van de bezettingsgraadklasse.

Dat laatste is niet zo vreemd, de mens zelf is immers de verontreinigingsbron. Hoe meer mensen in een gebouw of een ruimte aanwezig zijn, hoe groter de ventilatiecapaciteit moet zijn. Ook in de richtlijn van de Rijksgebouwendienst is een dergelijke gedachte aanwezig. Daar worden ventilatiecapaciteiten per persoon aangegeven. Deze ventilatiecapaciteit varieert van 25 m³/h per niet-rokende persoon tot 50 m³/h per rokende persoon. In het verleden was roken binnen een gebouw normaal, de norm is tegenwoordig niet roken.

In mechanische ventilatie zijn diverse concepten mogelijk:

1. mechanische luchtafvoer met natuurlijke luchttoevoer
2. mechanische luchttoevoer met natuurlijke luchtafvoer
3. mechanische luchttoevoer en luchtafvoer (gebalanceerde ventilatie)

Het tweede concept komt vrijwel niet voor. De reden daarvan is dat bij mechanische toevoer zonder mechanische afvoer de verspreiding van verontreinigingen in het binnenmilieu doorgaans groot en ongecontroleerd is. Met mechanische afvoer kan dit worden voorkomen.

In het algemeen kan worden gesteld dat luchttoevoer plaatsvindt in:

- verblijfsruimten

Luchtafvoer vindt plaats uit:

- toiletten
- badruimten
- andere 'natte' ruimten
- keukens
- verkeersruimten

In het traject tussenluchttoevoer en luchtafvoer bevinden zich overstroomvoorzieningen. Dit zijn luchtstroomweerstand als gevolg van bijvoorbeeld spleten onder binnendeuren, maar ook roosters, kleppen of openingen in het plafondplenum, etc.

2.1 Mechanische luchtafvoer met natuurlijke luchttoevoer

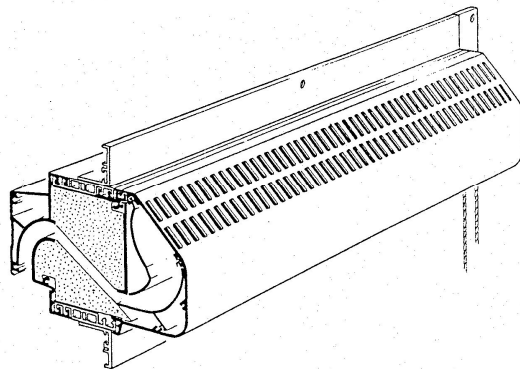
Indien mechanische luchtafvoer wordt gecombineerd met natuurlijke luchttoevoer dienen de verblijfsruimten aan de buitengevel gesitueerd te zijn. Immers, alleen dan kunnen natuurlijke luchttoevoervoorzieningen, rechtstreeks van buiten, worden toegepast.

De mechanische luchtafvoer geschiedt uit die ruimten waarin de meeste verontreinigingen worden geproduceerd. Zo kunnen de verontreinigingen zich niet door het hele gebouw verspreiden voor ze worden afgevoerd.

Door de aanwezigheid van mechanische afzuiging zal de lucht via de toevoervoorzieningen (en eventueel via onbedoelde naden, kieren en spleten) automatisch worden aangezogen. De mechanische luchtafvoer is de drijvende kracht, ook voor de natuurlijke toevoer. In principe is men hiervoor niet afhankelijk van de wind of thermische trek.

Toch wordt (net als bij geheel natuurlijke ventilatie) de capaciteit van een natuurlijke toevoervoorziening bepaald bij 1 Pa drukverschil over de voorziening. De reden hiervoor is dat bij een dergelijk laag drukverschil over de toevoervoorziening er zekerheid is dat de toevoerlucht afkomstig is vanuit de daarvoor bedoelde voorziening en niet ongecontroleerd tot stand komt. Daarnaast zal bij een dergelijk laag drukverschil de luchtsnelheid in de toevoervoorziening ook relatief laag zijn en niet tot discomfort leiden.

Wanneer de toevoervoorziening relatief hoog (boven 1,8 m meter) ten opzichte van de vloer van de verblijfsruimte geplaatst wordt is het risico van discomfort doorgaans klein genoeg. Er kunnen ook toevoervoorzieningen worden geleverd waarbij de toegevoerde lucht ten gevolge van opwarming door een radiator wordt meegevoerd langs het plafond en als het ware aan het plafond blijft kleven voordat het met de ruimtelucht wordt gemengd. Dit staat bekend als het coanda-effect.



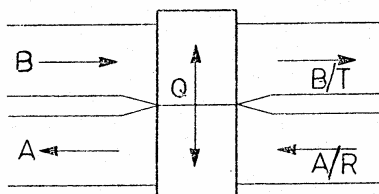
Figuur 1. Een geluidgedempt ventilatierooster als natuurlijke luchttoevoervoorziening. Deze heeft doorgaans een een geringere capaciteit dan een ongedempt ventilatierooster

2.2 Gebalanceerde ventilatie

Indien mechanische luchtafvoer wordt gecombineerd met mechanische luchttoevoer geldt in principe dezelfde strategie. De mechanische luchtafvoer geschiedt uit die ruimten waarin de meeste verontreinigingen worden geproduceerd. Zo kunnen de verontreinigingen zich niet door het hele gebouw verspreiden voor ze worden afgevoerd. De mechanische luchttoevoer vindt plaats in de verblijfsruimten, zodat deze rechtstreeks van verse lucht worden voorzien.

Bij gebalanceerde ventilatie is men net als bij mechanische afzuiging niet afhankelijk van wind of thermische trek als drijvende kracht. Bij mechanische afzuiging kunnen dergelijke externe invloeden nog wel voor (lokaal) discomfort zorgen ter plaatse van de natuurlijke luchttoevoervoorzieningen. Dit discomfort is bij gebalanceerde ventilatie onmogelijk.

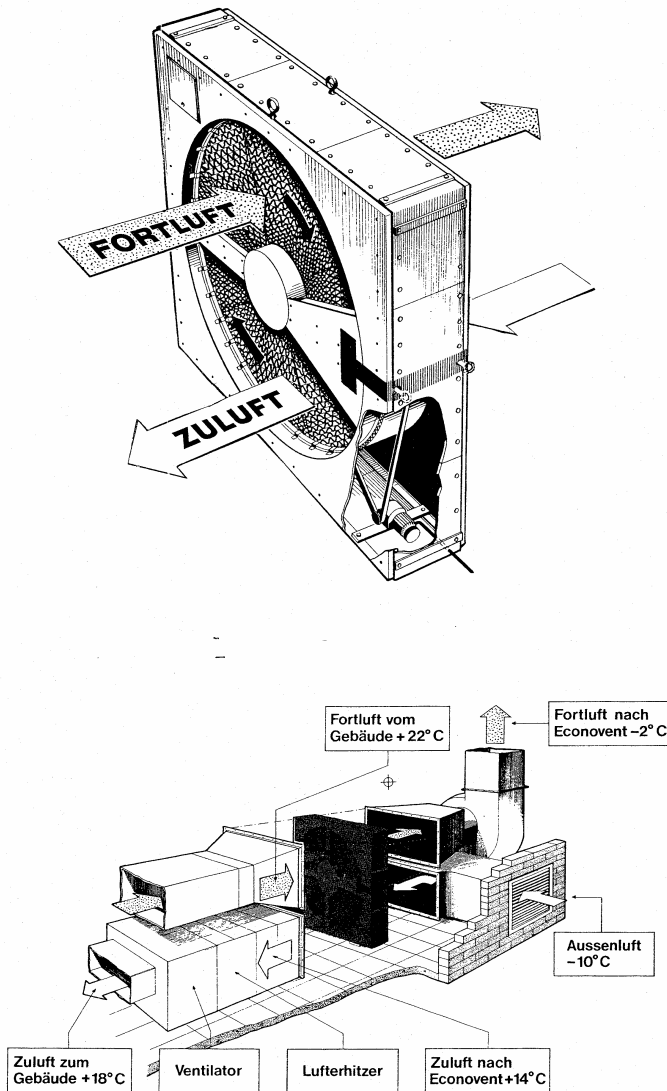
Gebalanceerde ventilatie leent zich uitstekend voor toepassing van een warmtewisselaar tussen toevoer- en afvoerlucht. Daarmee wordt zowel het energieverlies beperkt als het thermisch comfort vergroot. De warmtewisselaar heeft vooral voordeel in het stookseizoen. In de zomerperiode zal de ruimtelucht vaak warmer zijn dan de buitenlucht en leidt toepassing van een warmtewisselaar tot onnodig hoge binnenluchttemperaturen en thermisch discomfort. In de zomerperiode wordt dan ook meestal aan by-pass over de warmtewisselaar toegepast.



Figuur 2. Principe van een lucht / lucht warmtewisselaar

Met hoog-rendement warmtewisselaars zijn energetische terugwinrendementen van 90 % mogelijk. Deze warmtewisselaars zijn relatief klein en geschikt voor

woningventilatiesystemen. Grotere warmtewisselaars hebben lagere rendementen. Warmtewielen zijn in de utiliteitsbouw het meest efficiënt. Bij keramische warmtewielen is naast voelbare warmte-overdracht ook latente warmteoverdracht mogelijk. Latente warmte is de energie die in de luchtvochtigheid is opgeslagen. Bij warmtewielen zijn voelbare en latente rendementen tot 70% mogelijk.



Figuur 3. Warmtewiel, principe en toepassing.

Het voordeel van warmtewisselaars is dat de toevoerlucht al voorverwarmd is en daardoor minder aanleiding tot tochtklachten geeft dan toevoerlucht die rechtstreeks van buiten afkomstig is. Daardoor kan de lucht met een hogere snelheid worden ingeblazen en is ook de plaats van de luchttoevoer minder belangrijk. Die zal in dat geval vooral bepaald worden door de plaats van schachten en kanalen.

3 Ventilatie-efficiëntie

In de meeste gevallen blijft een beschouwing van de ventilatiehuishouding beperkt tot de ventilatiedebieten of ventilatievouden. Het ventilatievoud is het aantal malen per tijdseenheid dat het ruimtevolumen wordt verversd.

In formulevorm:

$$n = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

met:

n : ventilatievoud [s^{-1}]
Q : ventilatiedebiet [m^3/s]
V : ruimtevolumen [m^3]

De omgekeerde waarde hiervan bezit een normale tijdseenheid en wordt wel de nominale tijdconstante genoemd:

$$\tau_n = \frac{V}{Q} = \frac{1}{n} \quad (2)$$

met:

τ_n : nominale tijdconstante [s]

De nominale tijdconstante is nog geen maat voor de gemiddelde ouderdom (τ_v) of de gemiddelde verblijfstijd ($\tau_{r,v}$) van de lucht in het vertrek. Alleen bij een volledige verdringingsstroming is de gemiddelde verblijfstijd in het vertrek gelijk aan de nominale tijdconstante. De gemiddelde ouderdom bedraagt de helft van de gemiddelde verblijfstijd. Verdringingsstroming is te vergelijken met een laminaire buisstroming van de ene zijde naar de andere zijde.

Bij volledige menging is daarentegen juist de gemiddelde ouderdom van de lucht gelijk aan de nominale tijdconstante. De gemiddelde verblijfstijd van de lucht is tweemaal zo groot. Bij kortsluitstroming tussen toevoer- en afvoervoorziening bereikt de verse lucht het grootste deel van de ruimte niet. Verontreinigingen worden dan ook vrijwel niet meer afgevoerd, de gemiddelde ouderdom (en dus ook de gemiddelde verblijfstijd) van de lucht is dan veel groter dan de nominale tijdconstante.

Dit verschijnsel treedt ook op bij grote luchtwervelingen in een ruimte. Luchtverversing treedt in het centrum van de luchtwervel ook niet op. Verontreinigingen hopen zich in het centrum van een wervel juist op.

Rekening houdend met een gemiddelde ouderdom van de lucht in het vertrek die gelijk is aan de helft van de gemiddelde verblijfstijd van de lucht in het vertrek, kunnen de volgende grenswaarden geformuleerd worden:

- verdringingsstroming : $\tau_{r,v} = \tau_n$ ($\tau_v = 0,5 \tau_n$)
- volledige menging : $\tau_{r,v} = 2\tau_n$ ($\tau_v = \tau_n$)
- kortsluitstroming : $\tau_{r,v} > 2\tau_n$ ($\tau_v > \tau_n$)

met:

τ_n : nominale tijdconstante [s]

$\tau_{r,v}$: gemiddelde verblijfstijd [s]

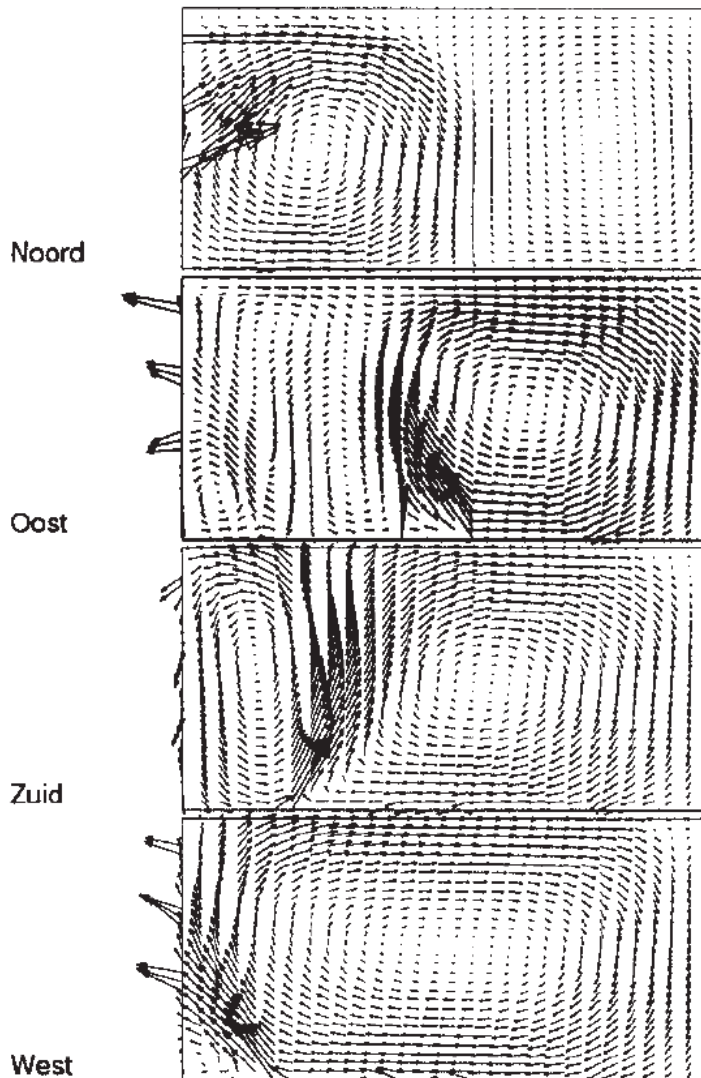
τ_v : gemiddelde ouderdom [s]

Deze stromingskarakteristieken zijn een maat voor de ventilatie-efficiëntie in de beschouwde ruimte. De ventilatie-efficiëntie wordt als volgt gedefinieerd:

$$\eta = \frac{\tau_n}{\tau_{r,v}} = \frac{\tau_n}{2\tau_v} \quad (3)$$

met:

η : ventilatie-efficiëntie $0 < \eta < 1$ [-].



Figuur 4. Stromingspatroon in een ruimte met grote openingen bij verschillende windrichtingen. In het midden van de optredende wervels staat de lucht stil en hopen verontreinigingen zich op. De ventilatie-efficiëntie is hier lokaal vrijwel 0 (lokale ventilatie-indicator).

De lokale verschillen in een ruimte ten opzichte van de ventilatie-efficiëntie worden wel uitgedrukt in de lokale ventilatie-indicator:

$$\varepsilon = \frac{\tau_v}{\tau_p} = \frac{\tau_{r,v}}{2\tau_p} \quad (4)$$

met:

τ_p : lokale ouderdom van de lucht in punt P