

Verzoening van de binnenluchtkwaliteit en energiebesparingen

Vraaggestuurde ventilatie

In het 17^e rapport "indoor Air Quality and the use of Energy in Buildings" uit 1996 stelde de European collaborative action als een eerste conclusie: "Zowel het verstandige gebruik van energie als het voorzien in een goede IAQ (Indoor Air Quality - binnenluchtkwaliteit) zijn belangrijke aspecten bij een gebouwontwerp en een renovatie. Er zijn mogelijke conflicten tussen deze vereisten. De invloed van mogelijke energiebesparingen op de IAQ dient altijd ter discussie te worden gesteld voordat deze wordt aanvaard, en als deze invloed onacceptabel is dienen de maatregelen te worden vermeden".

Tien jaar later is deze conclusie nog steeds geldig en in het bijzonder interessant in een tijd, zoals deze, waarin hoge energiekosten leiden tot energiebesparende maatregelen. Nieuwe bouwvoorwaarden en richtlijnen dragen in het algemeen zorg voor dit tweeledige aspect. Maar renovatie van bestaande gebouwen zou een belangrijke bedreiging kunnen vormen voor de IAQ. Een gebrek in het voorzien van voldoende ventilatie is heel gewoon bij het verbeteren van de isolatie en/of de ramen. Tegenwoordig wordt renovatie het meest toegepast voor energiebesparing.

Aan de Kyoto-verplichtingen kan niet worden voldaan zonder sterke maatregelen te nemen op dit gebied. Het is dus essentieel om de oplossingen die beschikbaar zijn voor zowel nieuwbouw als renovatie ter discussie te stellen.

Er bestaat een behoorlijk misverstand onder de mensen over wat een vraaggestuurd ventilatiesysteem is, en hoe het werkt. Een dubbele benadering is noodzakelijk, om te begrijpen hoe de binnenluchtkwaliteit kan worden gehandhaafd of zelfs verbeterd.

- Dit laatste betekent hogere ventilatiedebieten en tegelijkertijd hoe energiebesparingen kunnen worden gerealiseerd (dat weer lagere ventilatiedebieten betekent).

- door M. Jardinier*

Vertaling van "Demand controlled ventilation: Conciliating indoor air quality and energy savings", door L. Schellen BSc, afstudeerster bij de unit Building Physics & Systems van de TU Eindhoven.

* Chairman of Aereco S.A. - Member of CENBT173 - Convenor of TC156WG2

Er is gesproken over het handhaven of het verbeteren van de binnenluchtkwaliteit en het besparen van energie. Dit betekent dat er eerst een standaard referentiesysteem dient te worden gedefinieerd. Aan de hand hiervan kunnen de niveaus van de IAQ en de mate van energiegebruik worden vergeleken. Vraaggestuurde ventilatie bespaart geen energie (een warmteterugwinsysteem doet dit evenmin), maar het gebruikt minder energie dan het referentiesysteem. De bereikte IAQ-niveaus zijn vergelijkbaar.

Als standaard referentiesysteem wordt meestal het gedeelte van een bouwvoorschrift gebruikt waarin de richtlijnen voor de ventilatiedebieten voorgeschreven zijn voorgeschreven. Meestal heerst er een constant ventilatiedebiet, hoewel het niet altijd duidelijk is of dit een dimensiedebiet is of een echt constant debiet. Het verschil is enorm: de invloed van een gebruiker kan tamelijk belangrijk zijn op het werkelijke niveau als het systeem uitgaat van de bekwaamheid van de gebruiker om de ventilatiedebieten te regelen. De berekening van de resulterende kosten en het niveau van de IAQ kunnen erg afhankelijk zijn van het gebruik. Dit verklaart waarom het eenvoudiger en sneller was om een vraaggestuurd ventilatiesysteem toe te passen in situaties waarbij werd aangenomen dat het ventilatiedebiet constant was, en er geen invloed (of bekende gebruikelijke invloed) was van de gebruikers. De constante ventilatiedebieten zijn ingesteld voor een referentiebezetting van de woningen. Dit betekent dat sommige meer, en andere minder bezet zijn. Dit zijn de energiebesparingen. Zelfs in een normaal bezet of in een overbezet gebouw zijn er perioden van onderbezetting. In deze perioden zijn

“Het eerste en belangrijkste doel van een goed ventilatiesysteem is om te voorzien in een goede binnenluchtkwaliteit”

energiebesparingen mogelijk. Met vraaggestuurde ventilatie is het noodzakelijk om de IAQ te begrijpen op ruimte- en op woningniveau. Energie dient te worden beschouwd op jaarlijkse basis, op een statistisch niveau. Annex 18 van de IEA [1] concentreert zich op vraaggestuurde ventilatie en brengt enkele vragen naar voren betreffende het detectietype, de nauwkeurigheid, het lange duur gedrag, etc. Vijftien jaar later kunnen er enkele antwoorden op deze vragen worden gegeven.

Als conclusie van een Annex 18 workshop over DCV voor woningen, werd er overeengekomen dat vochtproblemen (vocht, schimmelgroei, afbraak van wanden, etc.) van groot belang zijn. Veel groter dan de andere aspecten die van invloed zijn op de IAQ. De algemene trend was dat als door middel van ventilatie de vochtproblemen konden worden beheerst, dat met de andere aspecten dan ook correct moest worden omgegaan.

De metingen in figuur 1 kunnen deze aannamen bevestigen.

De meetresultaten die zijn weergegeven in figuur 1, zijn verkregen uit metingen die voor een Europees project zijn verricht in 1989. Elk punt repre-

senteert een gemiddelde waarde van 20 gebouwen. De waarden zijn weergegeven boven de buitenniveaus, de toename komt voort uit menselijke vochtproductie in de woningen (zowel metabolische waarden als specifieke activiteiten). Omdat toiletten geen specifieke emissie van waterdamp hebben, geven deze punten voornamelijk de menselijk emissies weer. Er kan

worden gezien dat de curve, tot 5 g/m^3 water, een rechte lijn benadert. Boven deze limiet kan er worden aangenomen dat het algemene niveau van de hele woning is afgenomen gedurende specifieke activiteiten in andere ruimten, en dat de waterproductie is verschoven in de richting van de toiletten. In andere ruimten kwamen specifieke emissies voor (wassen, koken, douchen, etc.). Voor lage, verhoogde, niveaus van de luchtvochtigheid kan er worden opgemerkt dat de curve gelijk is aan de

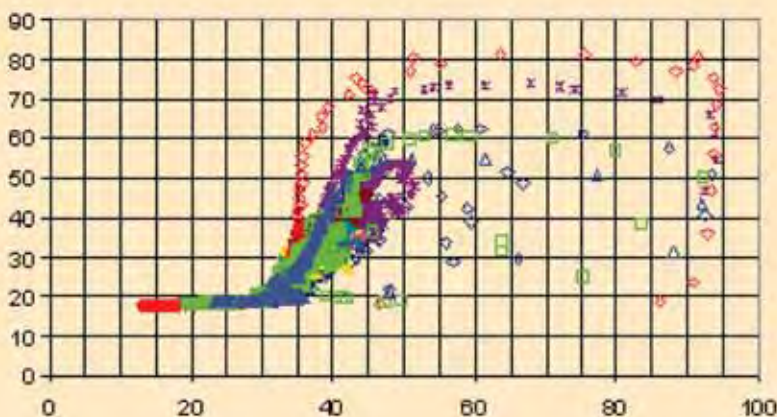
curve die hoort bij de toiletten. Dit verwijst naar de perioden wanneer er geen specifieke activiteiten plaatsvonden in deze ruimten. Voor hogere niveaus is er een grotere toename in luchtvochtigheid dan in CO_2 . Dit betekent dat de behoefte aan ventilatie die werd veroorzaakt door het luchtvochtigheidsniveau groter was, dan de behoefte die werd veroorzaakt door het CO_2 -gehalte. In de keuken kan er een redelijk hoog CO_2 -gehalte worden waargenomen (veroorzaakt door het gasfornuis), maar de algemene trend blijft gelijk. Als conclusie kan er als basis worden genomen dat, in de natte ruimten (keuken, badkamer en toiletten), er een duidelijke relatie is tussen de toename in CO_2 en de toename

“Ventilatiegebieten zijn kostbaar: er is energie benodigd om de lucht te verwarmen, en energie kan benodigd zijn om de lucht te distribueren”

van de absolute vochtigheid (boven het buitenniveau). Ook is er een duidelijke trend aanwezig dat in deze ruimten een regeling op basis van het vochtgehalte beter toepasbaar is, dan een regeling op basis van het CO_2 -gehalte. Deze conclusie bevestigt de conclusie van de Annex 18 workshop. De vraag voor de andere ruimten blijft. Het is bekend dat het absorptie/desorptie-fenomeen actiever is in bewoonde ruimten, omdat de materialen die hier worden gebruikt, meestal meer vochtdoorlatend zijn (wat resulteert in een vochtbufferfactor). Is de variatie in luchtvochtigheid gerelateerd aan de variatie in CO_2 -gehalten, of is deze variatie vooral gerelateerd aan het hygroscopisch gedrag van het meubilair?

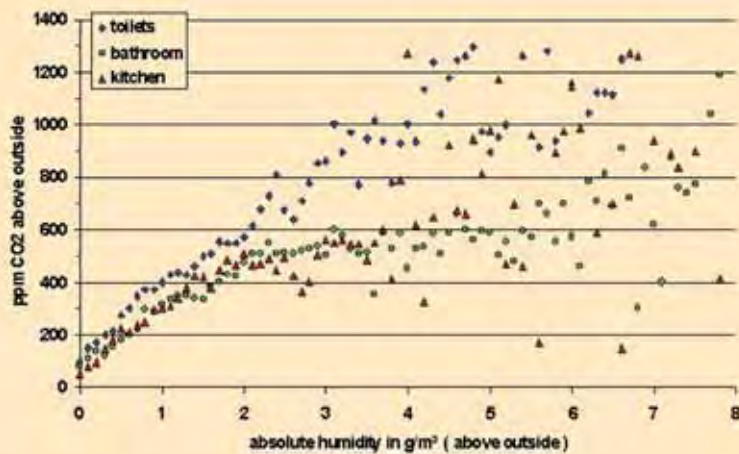
De metingen in figuur 2 kunnen een aanwijzing vormen voor het beantwoorden van deze vraag.

In een eerste oogopslag lijkt de ontwikkeling van CO_2 in deze slaapkamer hoger te zijn dan de ontwikkeling van de relatieve luchtvochtigheid (RV). Er kan ook worden opgemerkt dat de RV vloeiend toeneemt, en niet alleen als er mensen in de ruimte aanwezig zijn.



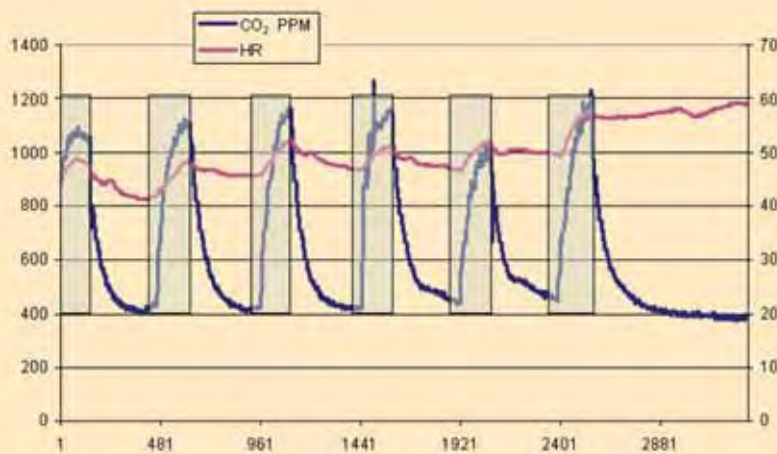
De gemeten ontwikkeling van het CO_2 - en H_2O gehalte in een passieve luchtafvoer van een natuurlijk geventileerd gebouw.

- FIGUUR 1 -



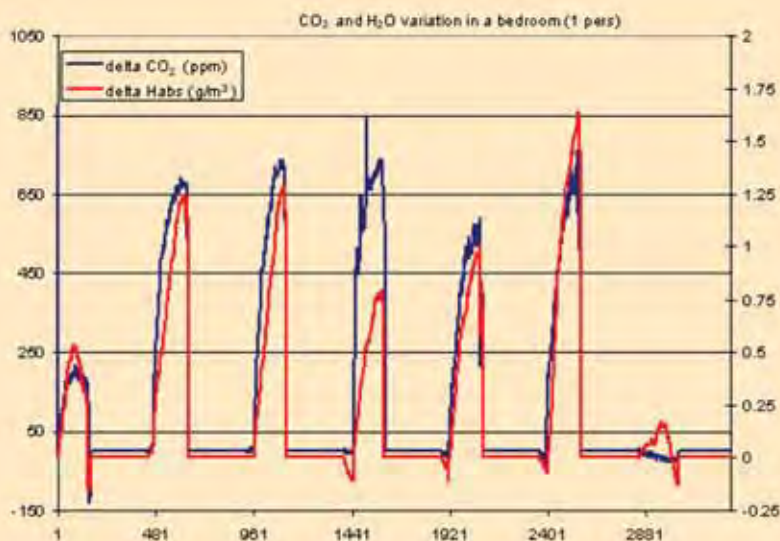
CO₂- en vochtigheidsniveaus in een aantal, door één persoon bezette, slaapkamers.

- FIGUUR 2 -



De variatie van CO₂ en RV in een, door één persoon bezette, slaapkamer.

- FIGUUR 3 -



Respons, op 24-uur basis, van een vochtgestuurd ventilatierooster in een badkamer.

- FIGUUR 4 -

De correlatie lijkt echter niet sterk te zijn. Als er wordt geconcentreerd op de perioden waarin een persoon in de ruimte aanwezig is (nacht: blauwe kaders), en de ontwikkeling van de absolute vochtigheid en de bijbehorende ontwikkeling van het CO₂-gehalte wordt berekend van het begin van de nacht tot en het einde van de nacht, dan wordt figuur 3 verkregen.

Opnieuw is er een duidelijke trend van een sterke correlatie tussen de toename in CO₂ en de toename in RV aanwezig (hoewel deze niet perfect is). De berekening (op basis van de CO₂-niveaus) resulteert in een vochtbufferfactor van rond de 50 %. Een deel van het water wordt geabsorbeerd in het materiaal (de informatie van de buitentemperaturen ontbreekt in deze meting, de lopende monitoring in Frankrijk en Latvia (Riga) zal meer informatie geven). Het is belangrijk om op te merken dat de constatering van een variatie in de RV in bewoonde ruimten mogelijk in verband staat met de bezetting. Maar dit kan niet alleen worden gebaseerd op de RV. Dit is de reden waarom de luchtinlaten, indien deze zijn gestuurd op basis van de vochtbehoefte, een temperatuurcoëfficiënt dienen te bevatten die zich aanpast aan de buitencondities (zie AIVC-presentatie: “thermisch gedrag van een vochtgerегelde luchtinlaat” voor een complete analyse van het onderwerp). In alle ruimten in een woning zal de RV variëren in overeenstemming met de seizoenen, de RV binnen zal de RV buiten grotendeels volgen. Omdat de absolute vochtigheid buiten in de winter altijd lager is, zal de basisstroming dus ook lager zijn (er kan worden opgemerkt dat de lucht in de winter efficiënter is dan in de andere seizoenen voor vochtigheidsproblemen zoals condensatie, schimmeligroei, etc.). Een neveneffect waar rekening mee dient te worden gehouden, vooral in koude klimaten, is dat de tijd dat de RV binnen te laag is, dient te worden beperkt. In deze perioden zijn er vaak bevochtigingsprocessen noodzakelijk om toch een voldoende hoog comfortniveau te realiseren. Deze processen vormen vaak een substantieel deel van de kosten van een warmteterugwinstsysteem met een constant ventilatiedebiet. Uitgaande van een lege woning is het duidelijk dat de luchtstroming in een

ruimte het buitenniveau nauwkeurig volgt. Het menselijke metabolisme en de specifieke activiteiten zullen dit niveau laten toenemen, en dienen te worden gedetecteerd, zodat de stroming kan worden aangepast indien dit noodzakelijk is. Dit is meestal het belangrijkste punt van vraaggestuurde ventilatie, en van vochtgestuurde ventilatie in woningen in het bijzonder. De gemiddelde stromingen zullen lager zijn gedurende een koud seizoen, maar de individuele stromingen dienen de behoefte wel te volgen. Lange-duur metingen laten in figuur 4 deze tweeledige respons zien.

Als de RV stijgt, is de reactie van het rooster een snelle verandering van de opening. Dit resulteert dan in een hogere stroming.

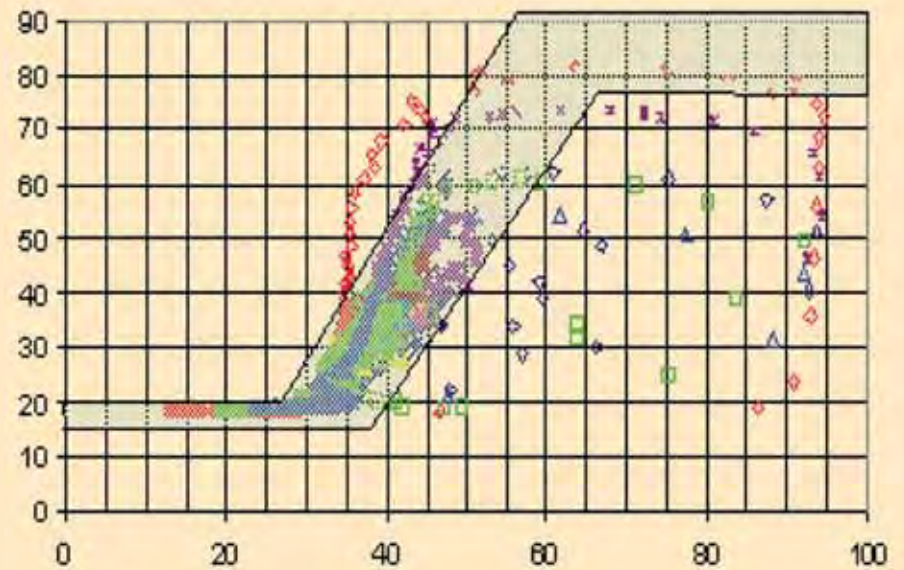
In deze grafiek is een duidelijke basislijn te zien voor de perioden wanneer de vraag laag is. Een hoge respons is te zien als de vraag toeneemt.

In deze grafiek representeert het schaduwgedeelte in de grafiek het normale bereik. De punten buiten dit gebied geven de responstijd weer. Als de toef of afname in vochtigheid heel snel plaatsvindt, dan is er een klein verval in de resulterende opening. Het totaal van deze punten buiten het beschaduwde gebied representeren minder dan 90 minuten in twaalf dagen, namelijk 0.5% (dit is verwaarloosbaar). Als er een heel jaar zou worden bekeken waarin het systeem functioneert, dan wordt er verwacht dat de gemiddelde stroming afhankelijk is van het seizoen. Dit is gemeten in Hokkaido (het noordelijkste en koudste gedeelte van Japan, de wintertemperatuur is vaak onder $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$). In figuur 8 zijn twaalf maanden weergegeven, van oktober t/m september. De opening van de twee roosters, die zijn aangebracht in de trappenhal in een bewoonde woning, is hierin weergegeven. De groene punten representeren de gemiddelde opening van een maand. De breedte van de curve geeft de breedte weer van de opening in dezelfde periode. De curve die wordt weergegeven door de groene punten laat duidelijk de ontwikkeling zien van de luchtstroming in de woning. Aan de hand van deze curve kan ook worden verklaard hoe de energie werd beheerd gedurende deze ontwikkeling.



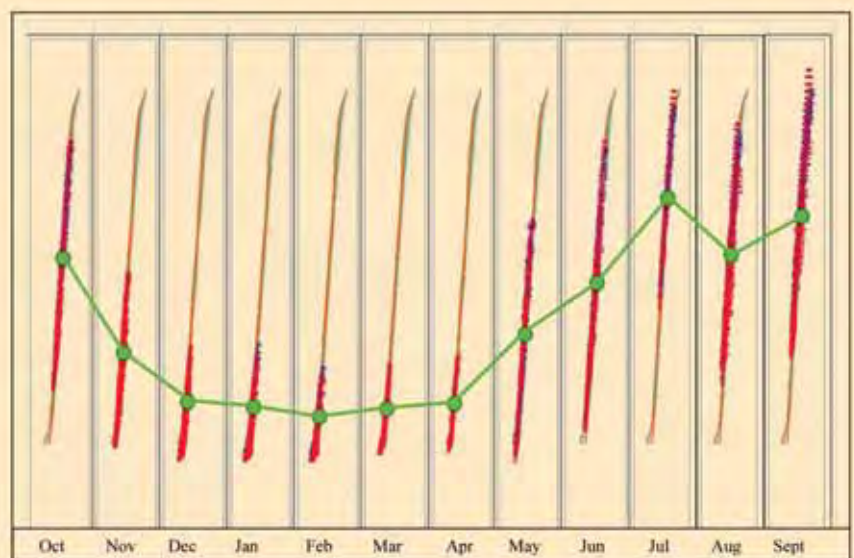
Respons, tijdens twaalf dagen in februari, van een vochtgestuurd ventilatierooster in een badkamer.

- FIGUUR 5 -



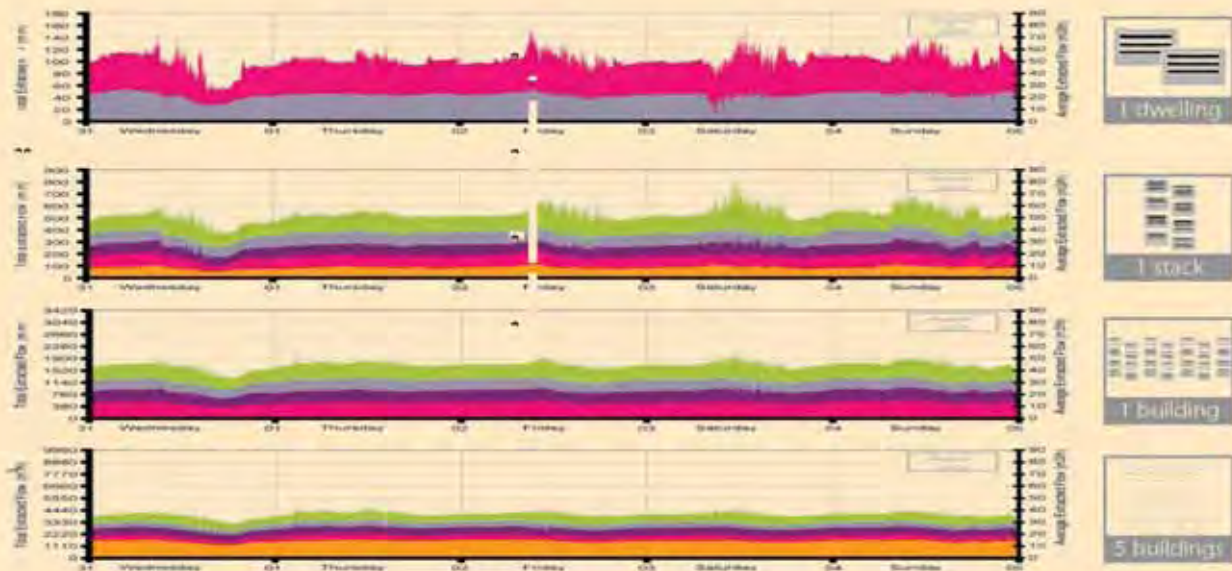
De respons, gedurende twaalf dagen, van een vochtgestuurd ventilatierooster in een badkamer weergegeven in een XY assenstelsel.

- FIGUUR 6 -



De respons, gedurende twaalf dagen, van een vochtgestuurd ventilatierooster in een badkamer weergegeven in een XY assenstelsel.

- FIGUUR 7 -



De respons van twee vochtgestuurde roosters gedurende twaalf maanden in Hokkaido (Japan).

- FIGUUR 8 -

Een andere meting is verricht in gerenoveerde flatgebouwen in Frankrijk (55 woningen, vijf gebouwen) met een vochtgerregelde hybride ventilatie. Deze meting is verricht gedurende twee jaar, waarbij er elke minuut een meting werd verricht (1 miljoen punten per dag). De analyse van de volgende grafieken laat duidelijk zien hoe vraaggestuurde ventilatie kan samengaan met de binnenlucht kwaliteit en energiebeheersing. Als één gebouw wordt bekeken, dan is ook hier de respons te zien op de verandering in behoefte van de individuele roosters gedurende alle seizoenen. De gemiddelde opening in de zomer is groter dan de gemiddelde opening in de winter. Het energiemangement is effectief op woningniveau, door het reduceren

van de gemiddelde stromingen in de koude perioden. Als er wordt gekeken naar een groter aantal appartementen, dan is de totale stroming kleiner en minder variërend als het aantal appartementen toeneemt (de behoeften zijn niet gelijk en komen ook niet tegelijkertijd voor in de verschillende woningen). Dit is het belangrijkste kenmerk voor energiemangement van vraaggestuurde ventilatie. Statistisch gezien zijn de behoeften verschillend en is het toegestaan om de gemiddelde stroming te verlagen. In een leeg gebouw kan de stroming maximaal worden gereduceerd, terwijl in een druk bezet gebouw de stroming veel minder kan worden gereduceerd in minder bezette perioden. Vraaggestuurde ventilatie wordt steeds meer gezien als alternatief voor warmte-

terugwinstsystemen. De voorschriften in Europa staan hier in navolging van de Franse ervaring nu meer voor open. In Frankrijk is het systeem getest vanaf begin jaren '80. Meer dan 1,5 miljoen woningen zijn nu uitgerust met dit systeem (wereldwijd 2 miljoen). Er is geen trend in bijzondere nadelen in deze woningen aanwezig, vergeleken met de klassieke constante stroming systemen. Het niveau van de energiereductie ligt rond de 35 tot 55 %, voor het gedeelte dat benodigd is voor de verwarming van de lucht (afhankelijk van de referentie en het systeem dat wordt gebruikt). De energie die benodigd is voor de distributie van de lucht kan ook worden verminderd, dit kan door gebruik te maken van een variabele ventilator of een hybride systeem. Vochtgestuurde systemen zijn standaard in Franse gebouwen, meer dan 50 % van de nieuwe gebouwen zijn hiermee uitgerust. De mogelijkheden van vraaggestuurde ventilatie zijn enorm, en zullen nog hoger worden omdat de globale trend zich heeft ingezet dat de dichtheid van de bezetting in alle landen minder wordt.



Gemiddelde stroming in een winterperiode (lager).

- FIGUUR 9 -

In 2005 zet deze trend door, en het aantal onderbezette woningen zal binnen een paar jaar stijgen tot 70 (dit is de belangrijkste bron van energiebeheer). Het idee achter vraaggestuurde ventilatie werd in 1983 toegepast in Frankrijk aan de hand van de figuren uit 1978 (55 % zijn onderbezette



Gemiddelde stroming in een zomerperiode (hoger).

- FIGUUR 10 -

woningen), toen werd ontdekt dat besparingen mogelijk waren. In de stedelijke gebieden van de Russische federatie is het aantal vierkante meter per persoon in twaalf jaar toegenomen met 26 %:

Van 15.7 m² in 1990 tot 17.2 m² in 1995, tot 19.2 m² in 2000 en 19.8 m² in 2002.

Ondanks dat de afmetingen nog steeds kleiner zijn dan in de Westelijke landen, is de trend duidelijk en zal deze nog steeds doorzetten. Dit geeft meer mogelijkheden om vraaggestuurde ventilatie toe te passen, en zodoende de energievraag te beheersen met behoud van het IAQ-niveau. Vochtgestuurde systemen, die voorkomen in mechanische, hybride of natuurlijke ventilatiesystemen (uitlaat type) kunnen eenvoudig worden gebruikt in nieuwe gebouwen of bij de renovatie van bestaande gebouwen (vaak met gebruikmaking van het hergebruik van bestaande kanalen). De kosten van een

vochtgestuurd systeem zijn meestal drie tot vier keer hoger dan de kosten van een klassiek ventilatiesysteem (de installatiekosten zijn wel hetzelfde). Deze kosten verdienen zich echter snel terug (de periode van terugverdienen is afhankelijk van de energiekosten en de wintertemperatuur).

REFERENTIES

1. IEA Annex 18 final report.
2. 17th report "indoor Air Quality and the use of Energy in Buildings" of European concerted action.
3. Savin J.L., Berthin S. and Jardinier M. (2005). "Assessment of improvements brought by humidity sensitive and hybrid ventilation/ HR-Vent project". 26th AIVC conference, Brussels.
4. Siret F., Savin J.L., Jardinier M. and Berthin S. (2004). "Monitoring on hybrid ventilation project - first results." 25th AIVC conference, Praha.
5. Savin J.L., Jardinier M. and Siret F.

(2004). "In-situ performances measurement of an innovative hybrid ventilation system in collective social housing retrofitting". 25th AIVC conference, Praha.

6. Siret F. and Jardinier M. (2004). "High accuracy manometer for very low pressure." 25th AIVC conference, Praha.
7. Jardinier L., Jardinier M. and Savin J.L. (2003). "Hygro-thermal behaviour of a humidity controlled air inlet". 23rd AIVC conference, Washington.
8. Jardinier M. and Fukushima A. (2002). "Monitoring of two natural ventilation exhaust grilles in Hokkaido (Japan)". EPIC 2002 Conference, Lyon.

	1973	1984	1992	2002
M ² / occupant	25	31	34	37
Over occupancy	4.7%	1.7%	1.3%	0.9%
Moderate over occupancy	17%	11.1%	9.6%	9.3%
Normal occupancy	29.4%	26%	22.8%	22.6%
Moderate under occupancy	25.6%	29.4%	26.7%	25.7%
Under occupancy	23.3%	31.8%	39.7%	41.6%

Statistische Franse aantallen [INSEE]: (m²/gebruiker: de figuren zijn gerelateerd aan het hele land en niet alleen aan de stedelijke gebieden, waar de grootte kleiner is).

- TABEL 1 -