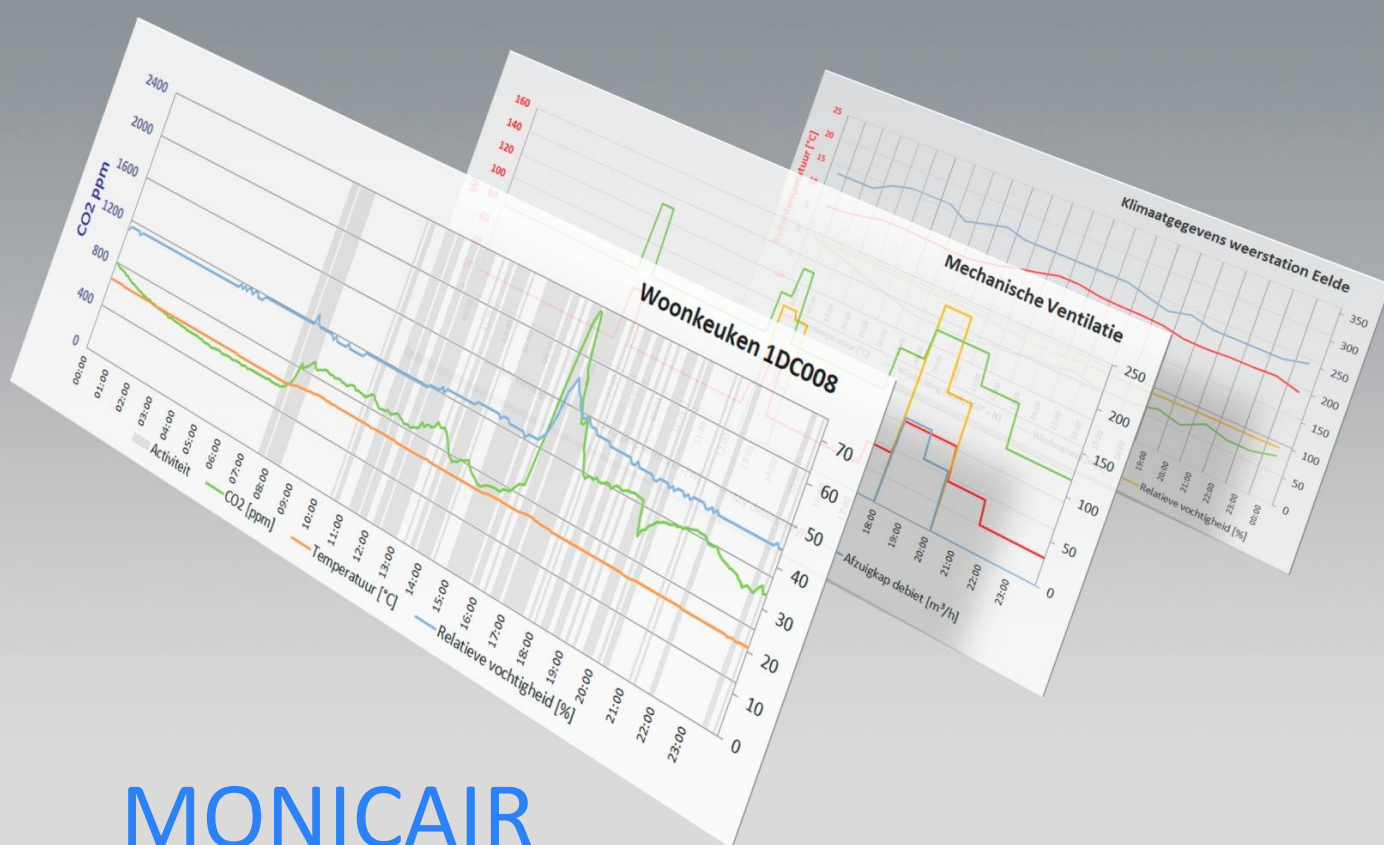




MONICAIR

MONItoring & Control of Air quality in Individual Rooms

Eindrapportage

MONICAIR Deel A

Monitoringonderzoek naar en verbetering van de IAQ- en energieprestatie van ventilatiesystemen.

Januari 2016

Projectleider MONICAIR deel A
Ir. R.C.A. van Holsteijn

PROJECTGEGEVENS

Projectnummer	: TKIGBO1003
Projecttitel	: MONICAIR: MONItoring & Control of Air quality in Individual Rooms
	Het project kent twee delen:
	Deel A : Monitoringonderzoek naar en verbetering van de IAQ- en energieprestatie van Ventilatiesystemen Projectleider: Rob van Holsteijn
	Deel B : Monitoringonderzoek naar het energieverbruik van woningen en ontwikkeling van verbeterde berekeningsmodellen voor de bepaling van het energieverbruik Projectleider: Laure Itard
Penvoerder	: ir. R.C.A. van Holsteijn, VHK BV
Medeaanvragers	: Brink Climate Systems BV HCCP (Honeywell Customized Comfort Products) ClimaRad BV Itho Daalderop Nederland BV Nieman Raadgevende Ingenieurs BV TNO TUDelft-OTB Zehnder Group Nederland BV
Projectperiode	: 7 juni 2013 t/m 31 december 2015

Onderhavig rapport betreft de eindrapportage van deel A

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Subsidieregeling energie en innovatie (SEI), Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Dank is verschuldigd aan de consortiumleden en hun contactpersonen die dit onderzoek mede mogelijk hebben gemaakt en nauw betrokken zijn geweest bij dit deel A van het MONICAIR onderzoek: Leon van Bohemen, Rick Bruins, Bart Cremers, Rolf-Jan Hans, Rob van Holsteijn, Hans van Klooster, Bas Knoll, Wim Kornaat, Jelmer de Jong, William Li, Jan Rijnbeek, Peter Schabos, Harm Valk, Rutger Vasters, Roelof Ziengs. Verder is dank verschuldigd aan enkele externe personen die een belangrijke bijdrage hebben geleverd aan dit project, waaronder Peter Cool, Robèrt de Haas, Wilbert van den Eijnde, Barry Top, Gerben Heering en Winfried Emmerik.

INHOUDSOPGAVE

INHOUDELIJKE EINDRAPPORTAGE

1. Samenvatting	7
2. Inleiding	9
3. Doelstelling	10
4. Werkwijze	11
5. Resultaten	14
5.1 Monitoring onderzoek	14
5.2 Modelvorming	22
5.3 Ontwerprichtlijnen	24
5.4 Ontwikkeling & test verbeterde ventilatiesystemen	28
5.5 Spin-off project MONICAIR	31
6. Discussie	32
7. Conclusies en aanbevelingen	35

EINDRAPPORTAGE PROJECTVERLOOP

8. Problemen en oplossingen	40
9. Wijzigingen t.o.v. projectplan	41
10. Verschillen begroting en werkelijke kosten	42
11. Kennisverspreiding, publicaties en PR	43

1. SAMENVATTING

Het grootschalige en langdurige monitoringonderzoek dat is uitgevoerd in werkpakket WP1a van het MONICAIR project, toont aan dat ventilatiesystemen die volledig aan bouwbesluiteisen voldoen, onderling grote verschillen vertonen in hun prestaties op het gebied van gerealiseerde binnenluchtkwaliteit in verblijfsruimtes. Meerdere systemen lukt het niet om – tenminste gedurende 95% van de tijd die men in de verschillende verblijfsruimtes doorbrengt - de gewenste luchtverversing van ca. 7 l/s per persoon te realiseren en daarmee de CO₂-concentraties beneden de 1200 ppm te houden. Systeemgemiddelden voor CO₂-overschrijding variëren van 68 tot 349 kppmh per persoon, hetgeen globaal overeenkomt met situaties waarbij ca. 7% tot ca. 35% van de aanwezige tijd de ventilatie onvoldoende is. Individuele woningen laten overschrijdingen zien tot wel 800 kppmh per persoon, hetgeen grofweg betekent dat gedurende meer dan de helft van de aanwezige tijd de ventilatie per persoon fors beneden de 7 l/s ligt. Deze verschillen treden op ondanks het feit dat - op woning niveau bekeken - de gemiddelde ventilatiedebieten ruimt boven de 10 l/s per persoon liggen. Met andere woorden, de onderzochte ventilatiesystemen verschillen onderling in de mate waarin ze in staat zijn de gewenste luchtuitwisseling in de verschillende verblijfsruimtes tot stand te brengen. Systemen die een mechanische lucht toe- en/of afvoercomponent toepassen in de verblijfsruimtes scoren hier significant beter ten opzichte van systemen die uitsluitend natuurlijke toe en afvoer voorzieningen in de verblijfsruimtes gebruiken. Het al dan niet toepassen van mechanische ventilatiecomponent in verblijfsruimtes blijkt een belangrijke systeemeigenschap voor de realisatie van goede binnenluchtkwaliteit in verblijfsruimtes. Voor alle onderzochte ventilatiesystemen geldt verder dat de relatieve luchtvochtigheid (RV) gedurende het stookseizoen in alle verblijfsruimtes beneden de 70% blijft. Alleen in de badkamers kan de RV tot boven de 70% stijgen, maar deze periodes blijven beperkt tot maximaal 2 uur per dag. Periodes met RV waarden beneden de 30% komen voor in alle ruimtes en duren gemiddeld 4 tot 6 uur per dag. Het monitoringonderzoek toont ook aan dat de energieprestatie van sommige ventilatiesystemen in de praktijk sterk afwijkt van de bepalingsmethodes uit NEN7120 en NEN8088. Belangrijkste oorzaak ligt in het feit dat de aannames omtrent de optredende luchtstromen niet overeenkomen met de praktijk.

Voldoen aan bouwbesluiteisen biedt dus geen garantie op een goede binnenluchtkwaliteit. De huidige aanname dat ventilatiesystemen vergelijkbaar presteren op binnenluchtkwaliteit en dat dientengevolge een vergelijking op basis van hun energieprestatie volstaat, gaat niet langer op. Omdat de prestaties op binnenluchtkwaliteit sterk verschillen dient deze werkwijze te worden aangepast. Separate vaststelling van de prestatie op binnenluchtkwaliteit is vereist alvorens de energieprestatie van het ventilatiesysteem kan worden bepaald. Alleen op deze manier kunnen ventilatiesystemen op een correcte manier onderling worden vergeleken.

Een tweede systeemeigenschap die van invloed is op de binnenluchtkwaliteit-prestatie betreft de manier waarop het ventilatiesysteem moet worden bediend dan wel wordt geregeld. Tot op heden is de veronderstelling dat mensen in staat zijn hun ventilatiesysteem correct te bedienen. Alle modelsimulaties (o.a. VLA-gelijkwaardigheidsmethode) zijn hierop gebaseerd. De praktijk toont aan dat bewoners dit niet kunnen. Dit geldt met name voor systemen met uitsluitend natuurlijke toe- en afvoervoorzieningen in verblijfsruimtes, welke in de praktijk zeer moeilijk op correcte wijze zijn te bedienen vanwege hun afhankelijkheid van winddruk op de gevel, thermische trek in de woning, stand van tussendeuren, ramen

en ventilatieroosters. De resultaten uit werkpakket WP2a tonen aan dat de gemeten CO₂-concentraties voor deze systemen met de modelleringssoftware uit de VLA-gelijkwaardigheids-methode vrij nauwkeurig kunnen worden gereproduceerd wanneer een ander dan het ideale gebruikersgedrag wordt aangenomen. Het gaat dan niet zozeer om de bediening van de ventilatieroosters (welke in de regel wel open staan), maar om de ventilatiestand van de centrale afzuig-unit, de stand van tussendeuren en de stand van eventuele klepramen.

Systemen die de regeling van het ventilatiedebiet in verblijfsruimtes automatisch aanpassen op basis van CO₂-sensoren, scoren beter op binnenluchtkwaliteit. Voorwaarde is dan wel dat de meting op representatieve wijze op vertrek niveau wordt uitgevoerd, dat het ventilatiesysteem voldoende autoriteit heeft om de vereiste luchtdebieten in de verschillende vertrekken ook daadwerkelijk te realiseren en dat de ventilatievoorzieningen geen hinderlijk geluid veroorzaken. Is dat laatste wel het geval dan zal de bewoner actie ondernemen en de ventilatie omlaag of uitschakelen.

Op basis van de resultaten uit de vorige twee werkpakketten, worden in werkpakket WP3a aanbevelingen geformuleerd voor de ontwikkeling van verbeterde ventilatiesystemen en voor een verbetering van het huidige juridische kader. Aanbevolen wordt het juridische kader uit te breiden met eisen of richtlijnen t.a.v. de minimale *te realiseren* luchtuitwisseling per verblijfsruimte. Nu worden er uitsluitend eisen gesteld aan de *te installeren* ventilatiecapaciteit (te bepalen volgens NEN1087). Maar of deze geïnstalleerde capaciteit ook daadwerkelijk tijdens aanwezigheid tot de gewenste luchtverversing leidt, wordt in het midden gelaten dan wel automatisch verondersteld. In het verlengde daarvan wordt aanbevolen een testmethode te ontwikkelen waarmee de praktijkprestatie van een ventilatiesysteem op objectieve wijze kan worden vastgesteld. Tot op heden zijn er immers alleen testmethodes voor individuele componenten (ventilatierooster, ventilator, filter, warmtewisselaar) in gebruik. Een testmethode voor een compleet ventilatiesysteem ontbreekt. En omdat bewoners zelf niet in staat zijn de prestatie op binnenluchtkwaliteit in voldoende mate waar te nemen en dienovereenkomstig te handelen, is het essentieel dat middels een objectieve testmethode deze prestatie op de primaire functie kan worden vastgesteld. In een nieuwe tender van RVO is deze aanbeveling inmiddels overgenomen en zal de haalbaarheid van deze aanbeveling verder worden onderzocht. Ten slotte wordt aanbevolen om een classificatie te gebruiken voor het aanduiden van verschillende binnenluchtkwaliteit-prestaties van ventilatiesystemen. Zonder zo'n IAQ-klasse aanduiding blijft de primaire functievervulling van ventilatiesystemen onbenoemd en ondergeschikt en is het geen thema bij het selectieproces. Bovendien kunnen ventilatiesystemen pas onderling worden vergeleken op hun energieprestatie als de prestatie op binnenluchtkwaliteit bekend is. Werkpakket WP3a geeft tevens een overzicht van de eigenschappen waarover ventilatiesystemen bij voorkeur beschikken en waarmee de IAQ- en de energieprestatie kunnen worden geoptimaliseerd.

In werkpakket WP4a hebben de in het MONICAIR-consortium deelnemende fabrikanten individueel ontwikkelingsactiviteiten uitgevoerd om de IAQ- en de energieprestatie van hun ventilatiesystemen verder te verbeteren. In hoofdstuk 5 wordt een summier overzicht gegeven van de voorlopige resultaten van deze ontwikkelingsactiviteiten.

2. INLEIDING

De luchtkwaliteit in kierdichte, goed geïsoleerde woningen fluctueert sterk in de tijd tussen individuele ruimtes: Typisch is zij bovenmaats en energieverspillend in ruimtes waar geen mensen verblijven en ondermaats waar de bewoners zich langer ophouden; zelden is de luchtkwaliteit correct gedurende de gehele verblijfstijd. Van een groot aantal externe- en installatietechnische invloedfactoren is bekend dat zij de luchtkwaliteit mede bepalen. Gebruikersgedrag en de interactie met de regeling en voorzieningen speelt een hoofdrol. Maar de interactie tussen gedragsinvloeden, regeling en voorzieningen alsmede de binnenluchtkwaliteit is nog grotendeels onontgonnen terrein.

Maar als gevolg van bovenstaande zaken, ontbreekt essentiële kennis om te verklaren waarom zelfs geavanceerde ventilatiesystemen en combinaties van ventilatie en verwarmingssystemen er niet of slechts beperkt in slagen de luchtkwaliteit op een constant en correct niveau te houden in de individuele vertrekken van een woning. Vanwege de relatie tussen ventilatie en ruimteverwarmingsvraag zal het antwoord op die vraag ook voor een deel kunnen verklaren waarom theoretische besparingen volgens wettelijke energieprestatie-eisen in de praktijk niet worden gerealiseerd.

Hoewel men bij ventilatie voor grotere gebouwen Duitsland en Scandinavië voor moeten laten gaan, ligt Nederland op het gebied van geavanceerde systemen voor woonhuisventilatie voorop. Om een kennisdoorbraak te bereiken die cruciaal is niet alleen voor energiebesparing en gezondheid maar ook voor onze concurrentiepositie, is op oktober 2012 bij het loket van TKI-EnerGo een voorstel ingediend voor de uitvoering van een monitoringonderzoek waarbij meting van een ongebruikelijk groot aantal technische en gedragsparameters wordt voorgesteld, met een breed scala van verschillende ventilatie-oplossingen en met data-analyse en modellering door de meest vooraanstaande specialisten op de gebieden van ventilatie, meet- en regeltechniek en energieprestatie van gebouwen.

De verworven inzichten kunnen ingezet worden voor de realisatie van toekomstige innovaties op het gebied van monitoring en control door de betrokken bedrijven. Daarnaast kunnen de modelmatige resultaten van dit internationaal vernieuwend onderzoek leiden tot aanpassing van rekenregels voor de wettelijke kaders niet alleen in nationaal maar ook in EU-verband. Het project heeft een breed draagvlak van deelnemers uit de ventilatie- en meet & regel industrie in de woningmarkt –zowel grotere als kleiner bedrijven–, kennisinstellingen, specialistische ingenieursbureaus en woningbouwcorporaties.

Op 7 juni 2013 is het projectvoorstel officieel goedgekeurd. Het totale projectbudget bedraagt ca. 1,57 miljoen euro, waarvan ca. 55% wordt gesubsidieerd door het Ministerie van EZ in het kader van TKI-EnerGo. De in het consortium deelnemende partijen dragen 40% van de kosten en betrokken woningcorporaties dragen 5% bij in de projectkosten. Op 31 december 2015 is het project afgerond. Onderhavig rapport betreft de eindrapportage volgens het “Format Eindrapport Topsector Energie”.

3. DOELSTELLING

De doelstellingen van deel A van het MONICAIR project zijn de volgende :

1.

Middels fundamenteel monitoringonderzoek inzicht verschaffen in het functioneren van de huidige ventilatiesystemen in termen van:

- Daadwerkelijk gerealiseerde IAQ in de individuele verblijfsvertrekken en natte ruimtes (tijdens aanwezigheid en afwezigheid van bewoners)
- Gerealiseerde energieprestaties (aangewend ventilatiedebiet, stroomverbruik incl. hulpenergie, warmteterugwinning)
- Gevoeligheid van de verschillende systemen voor gebruikersinvloed, weersomstandigheden, verloop prestaties tijdens gebruik, onderhoud, etc.

2.

Opstellen van richtlijnen ten behoeve van de ontwikkeling van betere modelvorming voor het prognosticeren van de IAQ- en energieprestatie van ventilatiesystemen.

3.

Opstellen van richtlijnen ten behoeve van de ontwikkeling van betere ventilatiesystemen en ten behoeve van het aanscherpen van de bouwregelgeving rondom ventilatiesystemen.

4.

De feitelijk ontwikkeling van nieuwe, verbeterde ventilatie systemen die beter in staat zijn de gewenste IAQ-prestaties en energie-prestaties te handhaven onder alle voorkomende omstandigheden en die zich in die zin positief onderscheiden van de concurrerende producten van andere Europese fabrikanten (ofwel versterking van de concurrentiepositie).

4. WERKWIJZE

De gevolgde werkwijze laat zich het best omschrijven aan de hand van de vier werkpakketten en de bijbehorende activiteiten.

WP1a. Dataverzameling

Monitoringonderzoek naar IAQ- en energieprestaties van verschillende marktdominante ventilatiesystemen.

- Definieren data behoefte, data acquisitiemethode en eisenpakket proefwoningen en bewoners
- Zoeken en vinden van woningcorporaties, woningen (>60) en bewoners die willen participeren
- Meten qv10-waarde en inregelen ventilatiesysteem volgens Bouwbesluiteisen
- Installeren sensoren in alle verblijfsruimtes en testen data acquisitie apparatuur
- Controle op werking en uitvoering van onderhoud gedurende looptijd van het project
- Intake interviews bewoners en start dataverzameling
- Bouw toepassing specifieke database met geautomatiseerde data input
- Ontwikkeling query's t.b.v. specifieke data uitvoer
- Data analyse
- Rapportage

De volgende ventilatiesystemen zijn geselecteerd voor het ventilatieonderzoek:

Systeem type		Deel v.d. woning dat wordt bediend	Ventilatievoorzieningen			Controls	
			Afvoer	Toevoer	WTW	Afvoer	Toevoer
Type A	A	Hele woning	Natuurlijke afvoer vanuit natte ruimtes	Natuurlijke toevoer-roosters verblijfsruimtes	Nee	Geen	Handbediend
Type C	C.1	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit natte ruimtes	Natuurlijke toevoer-roosters verblijfsruimtes	Nee	3-standen schakelaar	Handbediend
	C.2c	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit natte ruimtes	Drukgeregelde natuurlijke toevoer verblijfsruimtes	Nee	3-standen schakelaar	Handbediend
	C.4a	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit natte ruimtes	Drukgeregelde natuurlijke toevoer verblijfsruimtes	Nee	CO ₂ -sensor woonkamer	Handbediend
	C.4c	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit alle ruimtes	Drukgeregelde natuurlijke toevoer verblijfsruimtes	Nee	CO ₂ & RV regeling alle ruimtes	Handbediend
Type D	D.2	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit natte ruimtes	Mechanische toevoer verblijfsruimtes	Ja	3-standen schakelaar	
	D.5a	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit natte ruimtes	Mechanische toevoer verblijfsruimtes	Ja	3-standen schakelaar icm met CO ₂ -sturing (2 zone meting)	
	D.5b	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit alle ruimtes	Mechanische toevoer verblijfsruimtes	Ja	CO ₂ en RV –gestuurde regeling ventilatiedebiet	
	D.x	Hele woning	Mechanische afvoer vanuit alle ruimtes	Mechanische toevoer verblijfsruimtes	Ja	CO ₂ en RV gestuurde regeling ventilatiedebiet	

Hybride	X1/C	Woongedeelte: D	Mechanische afvoer vanuit woonkamer	Mechanische toevoer verblijfsruimtes	Ja	CO ₂ en RV –gestuurde regeling ventilatiedebiet	
		Slaapgedeelte: C.2c	Mechanische afvoer vanuit natte ruimtes	Drukgergelde natuurlijke toevoer slaapkamers	Nee	3-standen schakelaar	Handbediend
	X1/A	Woongedeelte: D	Mechanische afvoer vanuit woonkamer	Mechanische toevoer verblijfsruimtes	Ja	CO ₂ en RV –gestuurde regeling ventilatiedebiet	
		Slaapgedeelte: A	Natuurlijke afvoer vanuit natte ruimtes	Drukgergelde natuurlijke toevoer slaapkamers	Nee	Geen	Handbediend

In alle woningen zijn de volgende parameters gedurende tenminste een jaar gemonitord:

In alle verblijfsruimten (woonkamers, slaapkamers, etc.):

- CO₂ –sensor (NDIR +/- 50 ppm), meetfrequentie 5 minuten, centraal in de ruimte geplaatst.
- Luchttemperatuursensor, meetfrequentie 5 minuten.
- Relatieve luchtvochtigheid, meetfrequentie 5 minuten.
- Bewegingssensor (PIR-type), maximale meetfrequentie 1x per 7 minuten.

In alle ‘natte’ ruimten (badkamer en separate keuken):

- Relatieve luchtvochtigheid, meetfrequentie 5 minuten.
- Stroomgebruik eventuele separate afzuigkap.

Ventilatie-units

- Van alle mechanische ventilatie-units is het actuele stroomgebruik gemeten, meetfrequentie 5 minuten.
- Van een aantal type systemen was het ook mogelijk via RF met een hogere frequentie data te loggen; deze is aanvullend verzameld.

Combiketel

- Actueel gasverbruik, gescheiden naar verwarming en tapwater, meetfrequentie 6 minuten.

Buitenklimaat

- Dichtstbij zijnde KNMI weerstation, Luchttemperatuur, RV, Windsnelheid, windrichting en luchtdruk, logfrequentie 1 uur.

De gegevens zijn via RF-communicatie verzameld op lokaal opgestelde pc's en via internet verzonden naar een centrale database. Op deze manier zijn in totaal gedurende een jaar meer dan 100 miljoen datapunten verzameld.

WP2a. Modelvorming

Opstellen van richtlijnen t.b.v. de ontwikkeling van betere modelvorming voor het prognosticeren van de IAQ- en energieprestaties van ventilatiesystemen.

- Simulaties in het TRNSYS/COMIS-model met als input de praktijkresultaten uit WP1a
- Gevoeligheidsanalyse verschillen simulatieresultaten en praktijkresultaten m.b.t. IAQ- en energieprestatie
- Rapportage

WP3a. Ontwerprichtlijnen

Opstellen van richtlijnen t.b.v. het ontwerpen en ontwikkelen van ventilatiesystemen met een verbeterde IAQ- en energieprestatie.

- Identificeren en prioriteren systeem- en productparameters die van invloed zijn op de IAQ- en energieprestatie van ventilatiesystemen
- Opstellen van ontwerprichtlijnen
- Rapportage

WP4a. Ontwikkeling en test verbeterde ventilatiesystemen

Ontwikkeling en validatie van ventilatiesystemen met een verbeterde IAQ_ en energieprestatie.

- Opstellen programma van eisen
- Conceptontwikkeling
- Bouwen en testen concepten in proefopstelling
- Evaluatie en conceptkeuze
- Technische detaillering en test
- Aanmaak proefserie
- Validatie definitief ontwerp

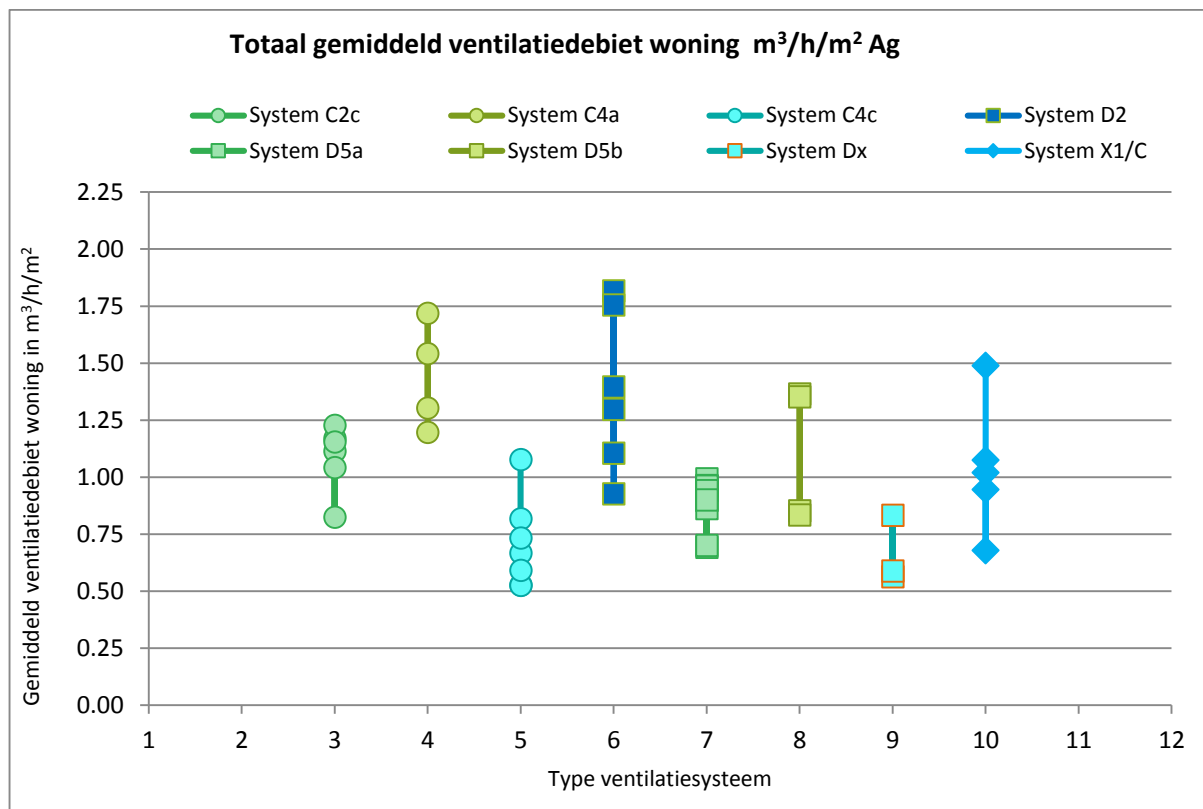
5. RESULTATEN

5.1. RESULTATEN MONITORINGONDERZOEK

Het monitoringonderzoek heeft veel nieuwe informatie en inzichten opgeleverd. Niet eerder is er namelijk op zo'n gedetailleerde schaal, in zoveel woningen en gedurende zo'n lange periode, de binnenluchtkwaliteit, de debieten en het bijbehorende energieverbruik gemonitord van ventilatiesystemen die aan alle eisen van het bouwbesluit voldoen. De belangrijkste resultaten zullen hier de revue passeren. Een gedetailleerde beschrijving van het onderzoek en de resultaten wordt gegeven in de eindrapportage van WP1a "Resultaten monitoringonderzoek naar binnenluchtkwaliteit en energieprestaties van ventilatiesystemen in de woningbouw", R.C.A. van Holsteijn en W. Li, december 2014 (zie www.monicaair.nl).

5.1.1 Ventilatie-debiet

De gemiddeld gerealiseerde ventilatie-debieten op woning niveau, gerelateerd aan het verwarmde vloeroppervlak A_g , zijn weergegeven in figuur 5.1. Het overall gemiddelde debiet over alle woningen bedraagt ca. $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 A_g$, met een maximum van $1,82 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 A_g$ voor een woning met ventilatiesysteem D2 en een minimum van $0,53 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 A_g$ voor een woning met systeem C4c.



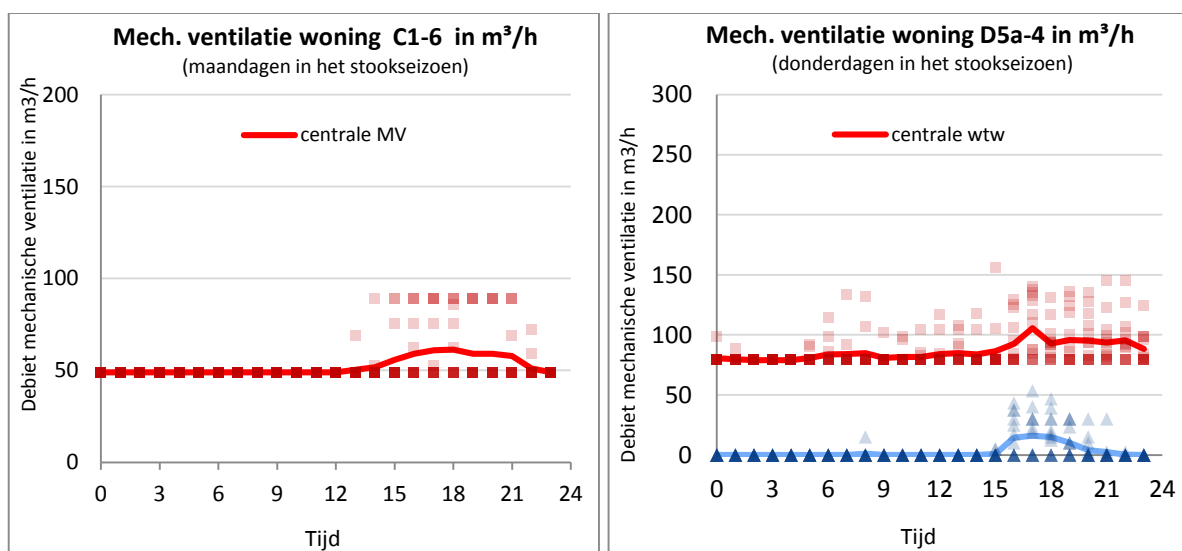
Figuur 5.1. Gemiddeld optredend mechanisch ventilatie-debiet per woning in m^3/h per $\text{m}^2 A_g$

Wanneer het mechanische ventilatiedebiet wordt gerelateerd aan m^2 verblijfsruimte (VR) en wordt omgezet naar l/s, dan bedraagt het gemiddeld gerealiseerde debiet ca. $0,4 \text{ l/s/m}^2 \text{ VR}$. Dit komt overeen met ca. 45% van de capaciteitseis van $0,9 \text{ l/s/m}^2 \text{ VR}$ uit het bouwbesluit.

Gerelateerd aan het aantal bewoners per woning, komen de gemeten mechanische ventilatiedebieten overeen met waarden van gemiddeld ca. 11 tot 14 l/s/pp en dat is ruim meer dan de 7 l/s/pp die de gezondheidsraad als grenswaarde stelt en welke als uitgangspunt diende voor de capaciteitseisen uit het bouwbesluit. Kortom, op woningniveau beschouwd presteren alle ventilatiesystemen ruim voldoende t.a.v. het gemiddeld gerealiseerde ventilatiedebiet.

5.1.2 Bediening en regeling van het ventilatiedebiet

Bewoners maken minimaal tot geen gebruik van de drie-standenschakelaar van het ventilatiesysteem. Afgezien van de periode tijdens koken en soms ook douchen (waarbij de ventilatie unit gedurende korte periode vaak naar stand 2 of 3 wordt geschakeld) staat de drie-standenschakelaar hoofdzakelijk in de laagste stand, namelijk stand 1. De gemiddeld gemeten debieten liggen daarom ook zeer dicht bij de debieten behorende bij stand 1 van de ventilatie-units. Het aantal schakelingen bij dit type handbediende systemen is dus beperkt. Natuurlijke toevoerroosters, worden over het algemeen wel vrij actief en in een min of meer vast patroon gebruikt. Ook de modelsimulaties die TNO in WP2a uitvoerde tonen aan dat de gemeten CO_2 -concentraties bij deze systemen alleen kunnen worden gereproduceerd als de ventilatieroosters open staan en de 3-standenschakelaar in stand 1 staat.



Figuur 5.2. Illustratie van het verschil in aantal schakelingen tussen woning met handbediende 3-standenschakelaar en een woning met een CO_2 -sensor in de woonkamer met een hieraan gekoppelde regeling van het ventilatiedebiet.

Een aantal ventilatiesystemen heeft naast de drie-standenschakelaar ook een vorm van CO_2 -sturing. Dit zorgt over het algemeen tot het veel vaker inschakelen van hogere ventilatorstanden en de bijbehorende

verhoogde debieten. Helaas komen deze verhoogde debieten niet altijd en soms slechts ten dele terecht in de vertrekken waar dat nodig is. De analyse leert dat, onder voorwaarde dat

- er een representatieve CO₂-meting in een verblijfsruimte wordt gedaan,
- de ventilatiestroom naar dit specifieke vertrek navenant wordt aangepast en
- bovendien correct in deze verblijfsruimte wordt geïnduceerd,

er inderdaad sprake zal zijn van permanent betere binnenluchtkwaliteit en minder CO₂-overschrijding dan gebruikelijk bij systemen zonder een dergelijke regeling. Helaas voldoen niet alle onderzochte ventilatiesystemen met CO₂-sturing aan deze drie voorwaarden.

5.1.3 Luchtkwaliteit in verblijfsruimtes

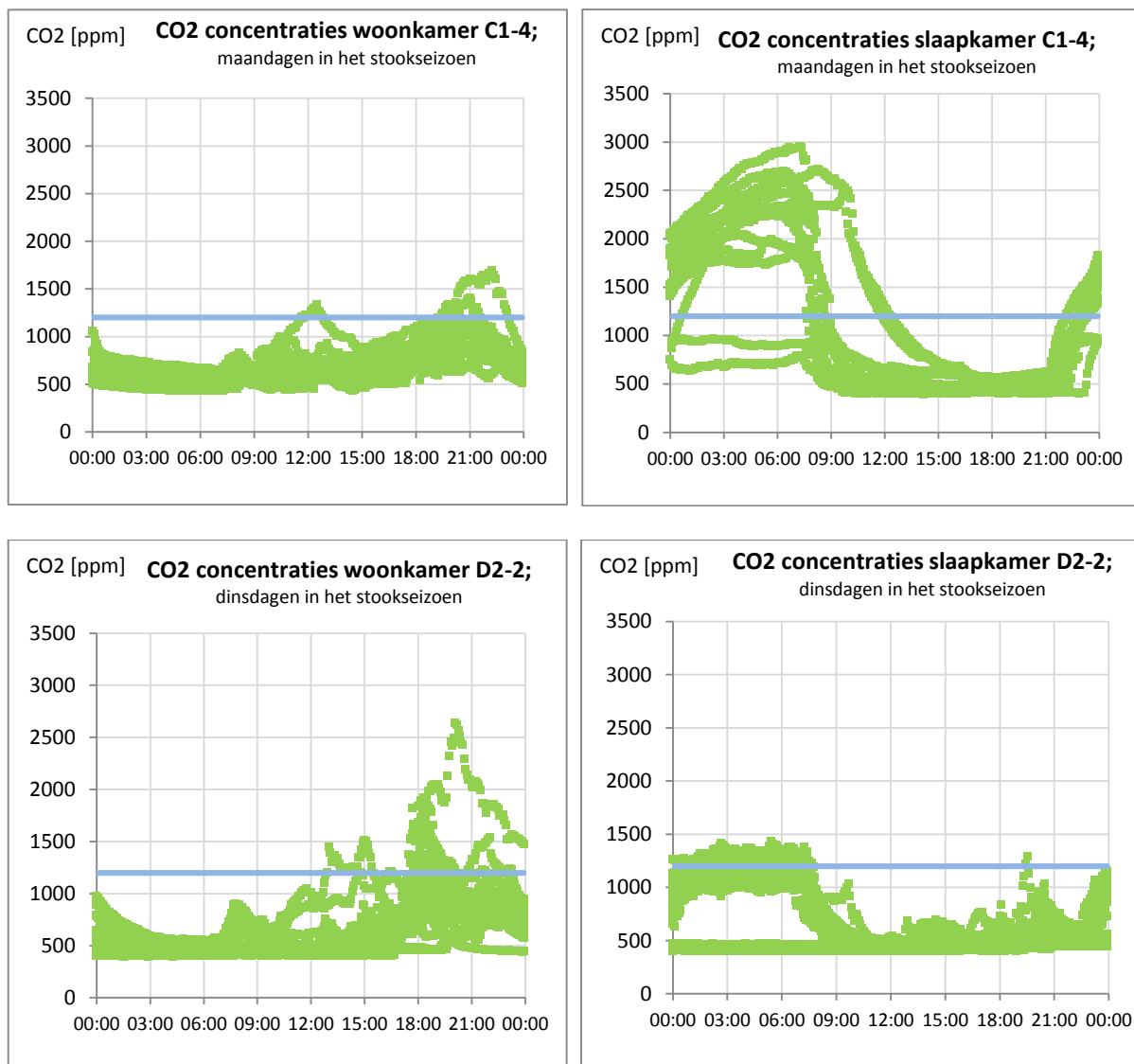
In de Nederlandse bouwregelgeving worden eisen gesteld aan de ventilatiecapaciteit. Deze eisen zijn afgeleid van een advies van de Gezondheidsraad die uitgaat van een minimale ventilatie van 7 l/s per volwassen persoon waarmee de CO₂-concentratie beneden de hygiënische grenswaarde van 1200 ppm kan worden gehouden. De aanname is dat wanneer de CO₂-concentratie beneden de 1200 ppm blijft, ook de concentraties van andere vervuilende stoffen (chemische stoffen (o.a. VOC's), straling (Radon) en biologische agentia) beneden de toelaatbare grenswaarden blijven.

De grenswaarde van 1200 ppm CO₂ is dus, behalve een hygiënische grenswaarde, ook een indicator voor de luchtuitwisseling die in een verblijfsruimte momentaan daadwerkelijk wordt gerealiseerd. Stijgt de CO₂-concentratie boven de 1200 ppm, dan wordt er op dat moment in die verblijfsruimte minder dan 7 l/s/pp geventileerd.

In de literatuur worden geen grenzen gegeven voor welke overschrijding van het CO₂-gehalte aanvaardbaar is. Duidelijk is dat er een verband gelegd moet worden met de tijd waarin mensen met een hogere CO₂-concentratie in aanraking komen en hoe hoog die overschrijding dan is. Hiervoor wordt de LKI gebruikt (luchtkwaliteitsindex). De LKI is de gesommeerde waarde van de overschrijding van de grenswaarde van 1200 ppm vermenigvuldigd met de tijd waarin die overschrijding plaatsvindt. Daarbij wordt alleen gekeken naar de tijd dat er een persoon in de betreffende ruimte aanwezig is. De LKI wordt uitgedrukt in kppmh: kilo-ppm-uren per persoon. Er bestaat nog volop discussie over een acceptabele waarde voor deze LKI. Bij de beoordeling van ventilatiesystemen voor de energieprestatie met behulp van simulatiemodellen wordt voorlopig een grenswaarde van 30 kppmh gehanteerd¹. In hoeverre deze theoretische waarde representatief is voor de praktijk zal uit de resultaten van het MONICAIR-onderzoek blijken.

Hoewel meetgegevens over een heel jaar zijn verzameld, is duidelijk dat de meest relevante informatie afkomstig is uit het stookseizoen. Dan is er immers sprake van een grotere energievraag voor ventilatie, omdat de verse buitenlucht altijd opgewarmd wordt. Bovendien is er de grootste kans dat bewoners uit vermeende energiezuinigheid minder ventileren, minder spuien of roosters sluiten uit comfortoverwegingen. De analyse van de onderzoeksresultaten heeft zich daarom primair op het stookseizoen geconcentreerd.

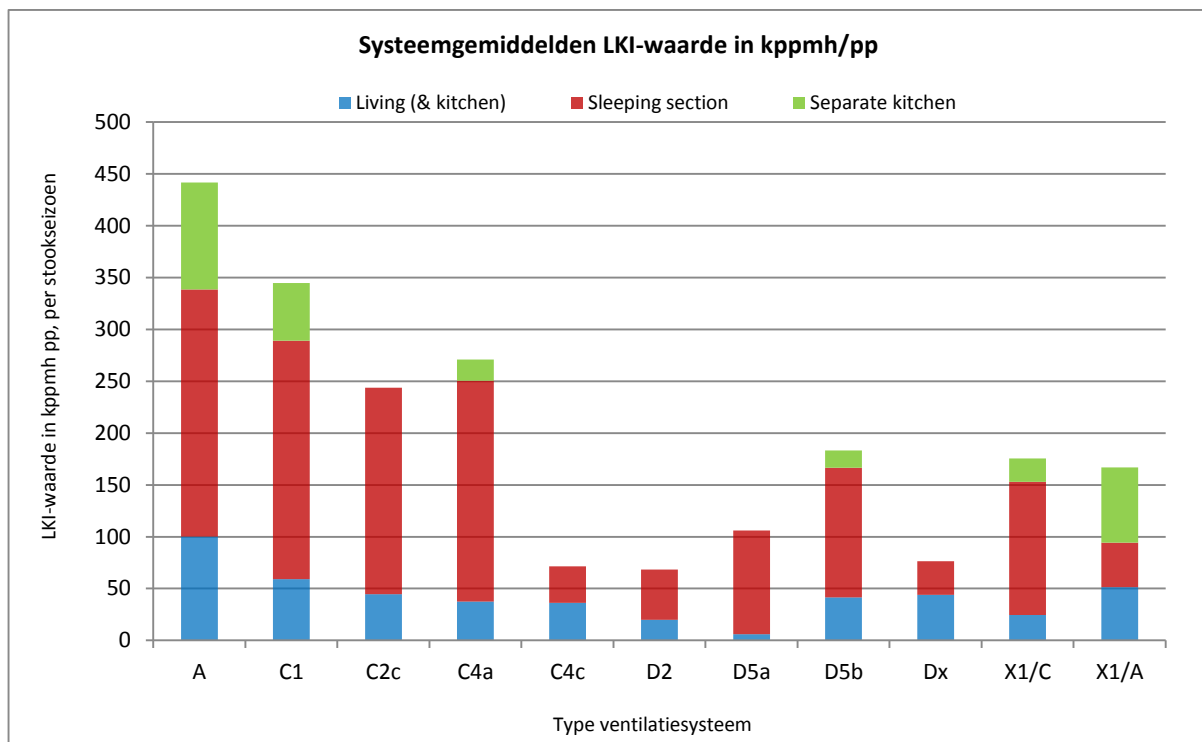
¹ VLA-methodiek, Gelijkwaardigheid voor energiebesparende ventilatieoplossingen in woningen, v.1.1, Zoetermeer, 24 mei 2013



Figuur 5.3 Voorbeelden van de gemeten CO₂-concentraties

Van alle woningen is de LKI-waarde (in kppmh/pp) over een geheel stookseizoen berekend. Vervolgens zijn de systeem gemiddelden bepaald (gemiddelde van alle woningen met eenzelfde ventilatiesysteem). Wat opvalt is dat de LKI-waarden (totaal gewogen CO₂-overschrijding per persoon) van de woningen met systemen A, C1, C2c en C4a significant hoger zijn dan van de overige systemen (zie figuur 5.4). Dit zijn allen systemen met in de verblijfsruimtes uitsluitend natuurlijke toe- en afvoercomponenten (met uitzondering van de woonkamers met open keukens). Natuurlijke toevoer vindt hier plaats via ventilatieroosters en de natuurlijke afvoer via overstroomcomponenten.

Woningen met ventilatiesystemen die een mechanische component toepassen in de verblijfsruimtes (systemen C4c, D2, D5a, D5b, Dx, X1/C en X1/A) hebben alle een lagere LKI-waarde. De relatief slechte scores van de systemen D5b en X1/C in deze groep worden veroorzaakt door ongewenst gebruik (tijdelijk uitschakelen van ventilatie-unit vanwege geluid of tocht) of door het feit dat er sprake is van een combinatie van systemen, waarbij de slaapvertrekken zijn uitgevoerd met uitsluitend natuurlijke toe- en afvoercomponenten.



Figuur 5.4 Systeemgemiddelden voor de LKI-waarde (in kppmh/pp gedurende het stookseizoen)

Bovenstaande figuur laat tevens zien dat de slaapkamers verantwoordelijk zijn voor het grootste gedeelte van de gemeten CO₂-overschrijding.

Geen van de systeemgemiddelden komt in de buurt van de theoretisch bepaalde grenswaarde van 30 kppmh per persoon. Verschillende systemengroepen hebben wel individuele woningen met een LKI-score van 30 of lager, maar dat zijn alle woningen met slechts 1 inwoner en derhalve ook een lage CO₂-belasting. De drie beste systemen (C4c, D2 en Dx) hebben een LKI van gemiddeld ca. 70 kppmh/pp. De systemen met uitsluitend natuurlijke toe- en afvoervoorzieningen in de verblijfsruimtes scoren met LKI's van 244 (systeem C2c) tot 349 kppmh/pp voor systeem C1 scoren aanzienlijk slechter. Systeem A met ook natuurlijke afvoer uit de natte ruimtes scoort verreweg het slechts met een gemiddelde LKI van 442 kppmh/pp. De overige systemen zitten daar tussen in. Verder is het opvallend dat twee systemen met een CO₂-sensor slechter scoren op LKI dan hun tegenhanger zonder CO₂-sensor (C4a versus C2c en D5a versus D2). Belangrijkste redenen hiervoor zijn a) de CO₂-meting is niet gekoppeld aan een mechanisch debiet in de ruimte waarin de meeting plaats vindt, en/of b) de CO₂-meting is niet representatief voor de luchtkwaliteit in een verblijfsruimte.

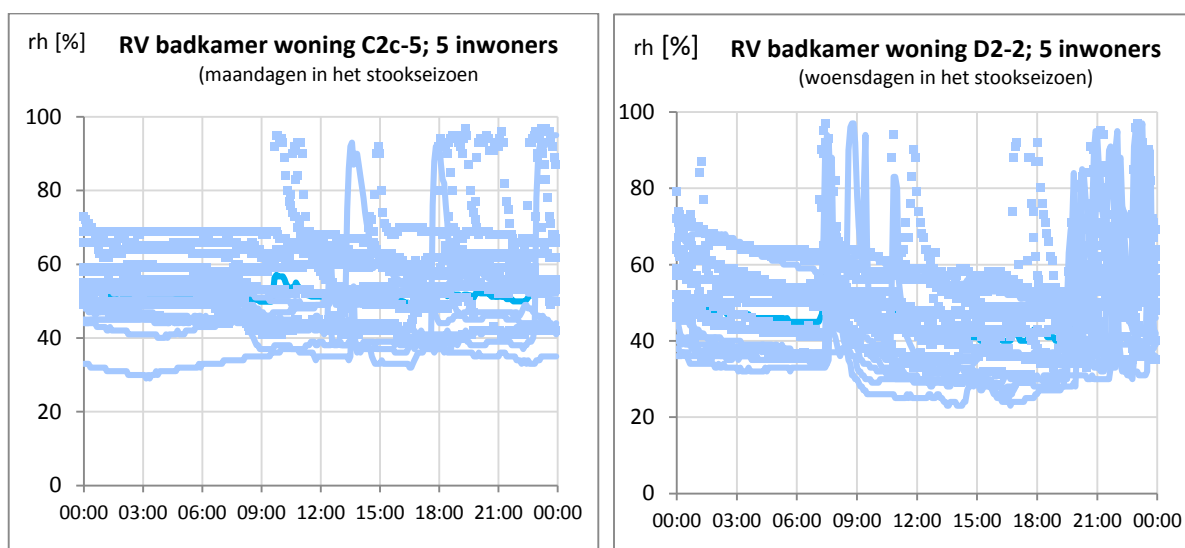
5.1.4 Luchtkwaliteit in natte ruimtes

In natte ruimten is de relatieve vochtigheid het maatgevende criterium voor luchtkwaliteit. Tot de natte ruimten worden badkamer, toilet en keuken gerekend. Omdat bewoners hier relatief kort aanwezig zijn, zou het CO₂-gehalte geen goed maatstaf zijn. De keuken ligt altijd ook in een verblijfsruimte. In dit onderzoek is een separate (gesloten) keuken tot de natte ruimten gerekend omdat bij het koken de hogere concentraties van andere vervuilende stoffen optreden, wat zichtbaar gemaakt wordt door de stijgende relatieve vochtigheid.

Voor dit onderzoek worden de algemeen geaccepteerde comfortgrenzen voor de relatieve vochtigheid gehanteerd: een bovenwaarde van 70% en een ondergrens van 30%. Gemeten is de tijd dat deze waarden worden overschreden c.q. onderschreden. De relatieve vochtigheid is zowel in de verblijfsruimten als de natte ruimten gemeten.

RV>70%

Hoge RV komt in de onderzochte woningen bijna uitsluitend voor in de badkamers en dan gedurende vrij korte tijd, minder dan 2 uur. Onderstaande figuren geven voorbeelden van het kenmerkende RH-verloop in badkamers.

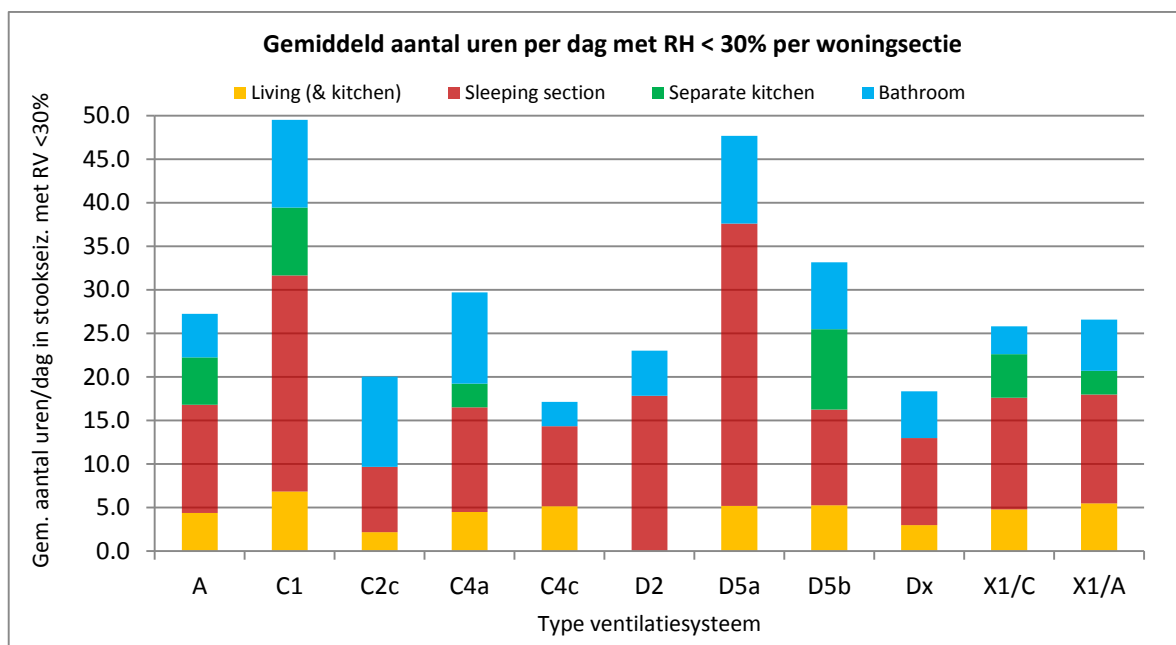


Figuur 5.5. Voorbeeld van verloop RH in badkamers in woningen met systeem C2c en D2

Er komt in het onderzoek echter één woning voor met een structureel hoge RV in de badkamer (gemiddeld 14 uur per dag boven de 70%). Het ventilatiesysteem dat hier is toegepast is X1/A (decentrale gebalanceerde ventilatie in de woonkamer en volledig natuurlijke ventilatie op de verdieping en dus ook in de badkamer). In deze woning is het optredende ventilatiedebiet in de badkamer ver onder de maat.

RV<30%

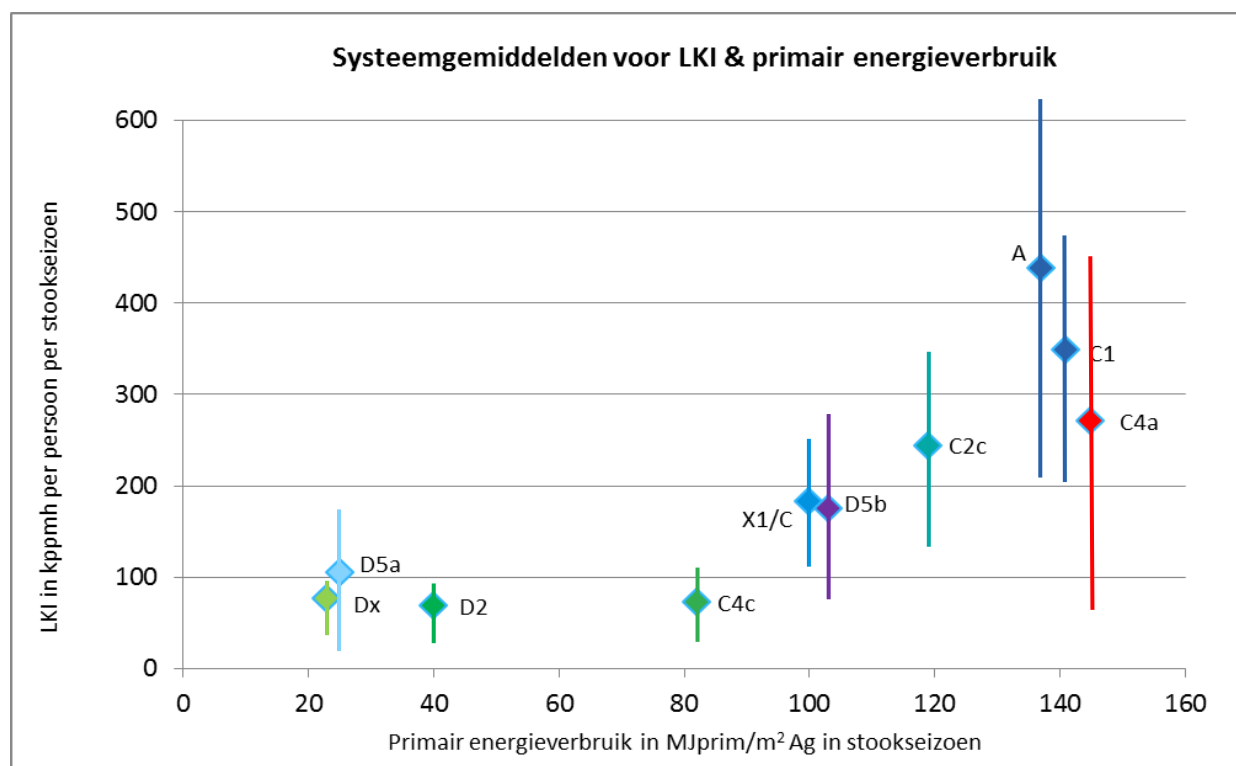
Periodes met een $RV < 30\%$ komt gedurende het stookseizoen in praktisch alle vertrekken voor (zie figuur 5.6). Ventileren leidt in de winter altijd tot lagere luchtvochtigheid binnen. Gedurende het stookseizoen is de absolute vochtigheid buiten relatief laag. Wanneer verse buitenlucht in de woning komt, wordt deze opgewarmd en daalt de relatieve vochtigheid. Dit natuurkundige principe is onafhankelijk van het ventilatiesysteem. Interne vochtproductie kan de RV weer iets verhogen. In onderstaande figuur is het gemiddelde aantal uren weergegeven dat de $RV < 30\%$ is en in welke ruimte zich dat voor doet. Vreemd genoeg lijkt er geen direct verband te zijn tussen de gemeten ventilatiehoeveelheden (meer ventileren levert meer uren met lage RV) en het aantal bewoners (meer bewoners impliceert meer vochtproductie).



Figuur 5.6. Gemiddeld aantal uren per dag met $RH < 30\%$ per woning gedurende het stookseizoen

5.1.5 Binnenluchtkwaliteit en energieverbruik

Onderstaande figuur 5.7 geeft de relatie tussen systeemgemiddelden voor binnenluchtkwaliteit en het primaire energieverbruik van de onderzochte ventilatiesystemen.



Figuur 5.7. Systeemgemiddelden voor LKI in relatie tot het primaire energieverbruik

De gekleurde ruiten vertegenwoordigen (gerelateerd aan de verticale as) de systeemgemiddelden voor de LKI (luchtkwaliteitsindex) en variëren van 68 tot 442 kppmh/pp per stookseizoen (de verticale lijnen geven de spreiding in de LKI van de groep woningen met hetzelfde ventilatiesysteem. Gerelateerd aan de horizontale as, vertegenwoordigen de gekleurde ruiten de systeemgemiddelden voor het primaire energieverbruik voor ventilatie. Deze variëren van 144 MJprim/m² Ag voor systeem C4a tot 23 MJprim/m² Ag voor systeem Dx, een verschil van bijna 85%.

Grote verschillen in primaire functieervulling

De huidige praktijk is dat impliciet wordt verondersteld dat ventilatiesystemen die aan bouwbesluiten voldoen vergelijkbaar scoren op binnenluchtkwaliteit en dat derhalve een vergelijking op uitsluitend de energieprestatie kan volstaan. Deze impliciete veronderstelling doet overduidelijk geen recht aan de werkelijkheid. De systeemgemiddelden voor de LKI-scores verschillen daarvoor onderling te sterk. Een heldere declaratie en classificatie van de prestatie op binnenluchtkwaliteit is nodig om de mate waarin deze primaire functie wordt vervuld expliciet kenbaar en bespreekbaar te maken. Alleen systemen die vergelijkbaar scoren op hun primaire functie (LKI-score) kunnen onderling vergeleken worden op hun energieprestatie. Een IAQ-classificatie zou hier uitkomst kunnen bieden.

Energieprestatie niet in lijn met EPBD-bepalingsmethode

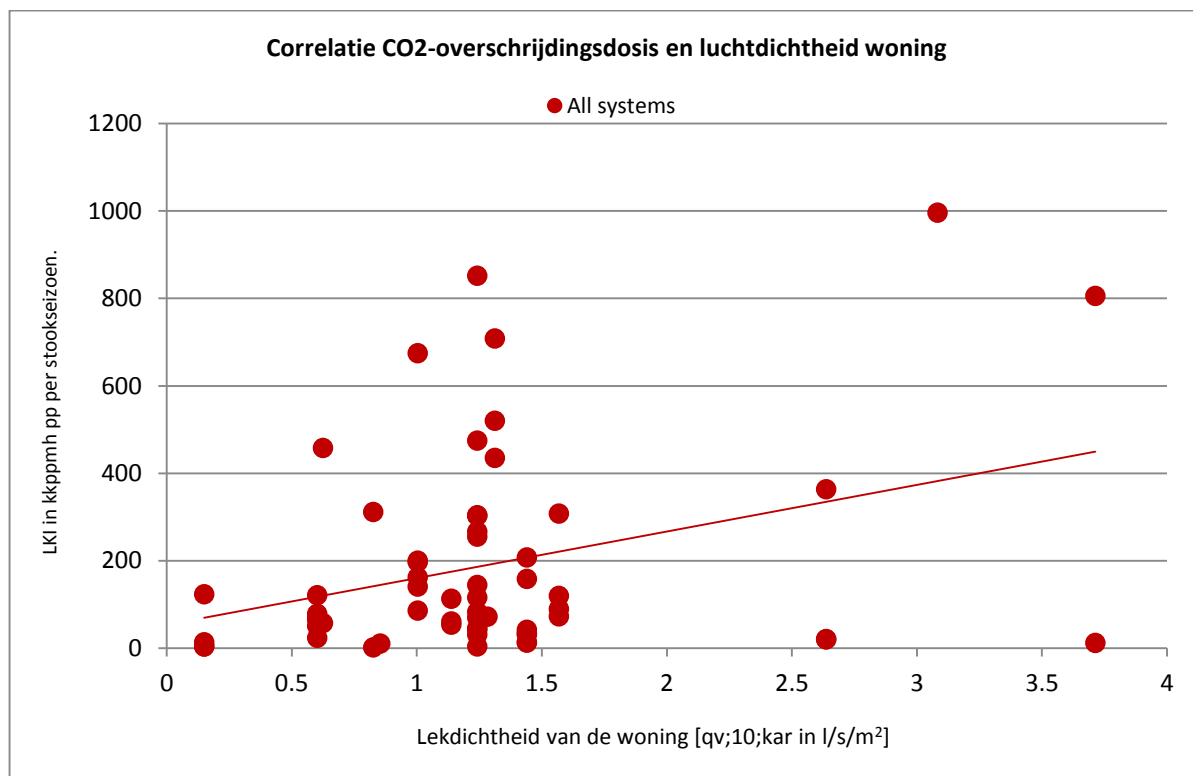
De in de praktijk gemeten energieprestaties verschillen van de energieprestaties die volgens de bepalingmethoden uit NEN7120 / NEN8088 zijn vastgesteld. Het meest opvallend zijn de uitkomsten van systeem C4a (systeem C met CO₂-sensor in de woonkamer). Volgens de bepalingmethoden scoort dit systeem op energieprestatie fors beter dan systemen C1 en C2c. Uit de praktijkmetingen blijkt dit een van de slechts scorende systemen. Belangrijke reden hiervoor is het feit dat de CO₂-sensor niet is gekoppeld aan een mechanisch debiet in dezelfde ruimte waar de meting plaats vindt. Een andere oorzaak voor de optredende verschillen tussen praktijkmetingen en de bepalingmethoden kan worden verklaard vanuit het feit dat de in werkelijkheid optredende ventilatiedebieten verschillen van de aannames in de bepalingmethoden. In de bepalingmethoden wordt uitgegaan van een zeer kundige en actievere gebruiker.

5.1.6 Relatie luchtdichtheid en binnenluchtkwaliteit

Binnen de bouwsector, bij opdrachtgevers, adviseurs en uitvoerende professionals bestaat de opvatting dat naden en kieren in de gebouwschil positief bij zouden dragen aan de luchtkwaliteit in een woning. Van daaruit is er ook een zeker wantrouwen in de praktijk ten opzichte van luchtdicht (kierdicht) bouwen. Aan de hand van de meetresultaten van Monicair is na te gaan of er bewijs is voor het veronderstelde verband: 'minder luchtdicht bouwen leidt tot betere binnenluchtkwaliteit'. Anders gezegd: de woningen met een slechte kierdichtheid (een $q_{v,10}$ waarde > 1,5 dm³/s/m²) zouden dan in de praktijk een betere luchtkwaliteit moeten hebben dan woningen met een goede kierdichtheid ($q_{v,10}$ waarde < 1,0 dm³/s/m²).

Dit verband is niet gevonden. In tegendeel zelfs: de woningen met de laagste waarde voor de luchtdoorlatendheid ($q_{v,10}$ waarde < 0,4 dm³/s/m²) behoren tot de groep met lage CO₂-overschrijdingen; hoge overschrijdingen komen meer voor naar mate de luchtdichtheid af neemt. Uit de Monicair resultaten

valt af te leiden dat een goede luchtdichtheid een positieve invloed heeft op de binnenluchtkwaliteit. Een verklaring hiervoor is dat de meeste naden en kieren aangetroffen worden in ruimten waar geen bewoners verblijven, zoals rond de kap.



Figuur 5.8. Correlatie LKI in kppmh/pp en de luchtdichtheid van de woning $qv;10;kar$ in $l/s/m^2$

5.2 RESULTATEN MODELVORMING

In werkpakket WP2a is onderzocht in hoeverre de modelsimulatie software die nu wordt gebruikt voor de bepaling van CO_2 -overschrijdingen en de bijbehorende de LKI-waarde van ventilatiesystemen, aansluiten op de praktijkmetingen uit WP1a. Volledig rapportage van dit werkpakket wordt gegeven in “TNO 2015 R10911, Monitoring & Control of Air quality in Individual Rooms, WP2a: Modelvorming”, Ing. W. Kornaat, Ir. R.F.D. Joosten, juli 2015 (zie [www. monicaair.nl](http://www.monicaair.nl))

Voor een tweetal ventilatiesystemen (systeem C2c en systeem D2) is onderzocht in hoeverre de uitkomsten van de simulatieberekeningen in overeenstemming konden worden gebracht met de meetresultaten uit de praktijk. Gebruikmakend van het TRNSYS gebouwmodel, zijn de woningen met bijbehorende ventilatiesystemen van deze twee systeemgroepen C2c en D2 volledig gemodelleerd in TRNSYS/TRNFlow. Op basis van de praktijkdata van de in ieder vertrek aanwezige PIR-sensoren (bewegingsdetectie) en CO_2 -sensoren, is een algoritme geschreven waarmee de aanwezigheid en de aanwezigheidsduur kan worden afgeleid.

Op basis van de gezinssamenstelling van de verschillende woningen is een inschatting gemaakt van het aantal aanwezige personen per verblijfsruimte. Deze data betreffende de CO₂-belasting in de verschillende verblijfsruimtes is vervolgens als input gebruikt bij de simulaties.

Belangrijkste conclusies van het modelonderzoek zijn:

De in de praktijk gemeten CO₂-overschrijdingen en daarvoor benodigde ventilatiedebieten kunnen in het simulatiemodel goed worden nagebootst. De mate van afstemming is echter afhankelijk van een groot aantal parameters en van het vinden van de juiste invoer parameters hiervoor. Het betreft hier met name het bewonersgedrag t.a.v. het gebruik van de ventilatievoorzieningen.

Met het modelonderzoek konden ook enkele ontbrekende parameters uit het monitoringonderzoek nader worden ingevuld. Dit is andere gedaan voor:

- het gebruik van de ventilatieroosters
- het gebruik van de ramen
- het gebruik van de binnendeuren

Zo kan onder andere worden vastgesteld dat de gemeten hoge CO₂-concentraties in de slaapkamers bij systeem C2c niet het gevolg zijn van het systematisch niet gebruiken van de ventilatieroosters. De ventilatieroosters in de slaapkamers staan dus open tijdens aanwezigheid. Verder worden de ramen in het stookseizoen maar zeer beperkt gebruikt. De binnendeuren tussen woonkamer en gang zijn in de regel gesloten, maar de binnendeuren in de slaapkamers staan in de helft van de woningen op een kier.

Samenvattend kan worden gesteld dat de simulatiemodellen goed bruikbaar zijn, op voorwaarde dat de juiste input parameters t.a.v. het bewonersgedrag worden gebruikt. Tot op heden is een ideale bewoner verondersteld die in staat het ventilatiesysteem adequaat te bedienen. Voor systemen die voor wat betreft de luchtuitwisseling in verblijfsruimtes afhankelijk is van winddruk op de gevel, interne thermische trek, stand van alle tussendeuren en (klep)ramen, is dat te veel gevraagd. Voor een juiste bepaling van de LKI-waarde van ventilatiesystemen middels modelsimulatie is het dus nodig dat invoer parameters voor gebruikersgedrag mede worden gebaseerd op praktijkmetingen.

Het modelonderzoek uit WP2a heeft vanwege beschikbaar budget verder niet kunnen kijken naar de systemen die ook een CO₂-sensor gebruiken voor de regeling van het ventilatiedebiet. Uit de analyse van monitoring data uit WP1a blijkt echter dat deze systemen alleen dan goed werken wanneer:

- de CO₂-meting representatief voor de CO₂-concentratie in een verblijfsruimte,
- het ventilatiesysteem voldoende autoriteit heeft de vereiste luchtdebieten in deze verblijfsruimte ook daadwerkelijk te realiseren, en
- de ventilatievoorzieningen geen hinderlijk geluid veroorzaken (in welk geval bewoners actie zullen ondernemen en de ventilatie omlaag of tijdelijk uitschakelen).

Niet alle ventilatiesystemen met een CO₂-sensor voldoen aan deze eisen. Deze aspecten zullen ook meegenomen moeten worden in toekomstige modelsimulaties om ervoor te zorgen dat de praktijkresultaten overeenstemmen met modeluitkomsten.

5.3 ONTWERPRICHTLIJNEN

Op basis van de resultaten uit werkpakket WP1a en WP2a zijn in WP3a aanbevelingen geformuleerd voor de ontwikkeling van verbeterde ventilatiesystemen. Omdat de Bouwbesluiten en de bijbehorende bepalingmethoden een uiterst belangrijke rol spelen (ze bepalen immers de minimale kaders voor alle te realiseren ventilatiesysteem en vormen in die zin de ontwerprichtlijn voor alle systeemontwerpers), is ook gekeken naar mogelijkheden voor een verdere verbetering van dit juridische kader. Zie ook de eindrapportage van WP3a “Richtlijnen t.b.v. prestatietests, ontwikkeling en ontwerp van ventilatiesystemen met een verbeterde IAQ- en energieprestatie”, Ir. R.C.A. van Holsteijn, augustus 2015.

5.3.1 Analyse Bouwbesluiten en huidige werkwijze

Belangrijke conclusie uit WP1a en WP2a is dat de huidige Bouwbesluiten en de bijbehorende bepalingmethoden voor ventilatiesystemen (NEN1087) geen garantie bieden voor een goede binnenluchtkwaliteit. Een nadere analyse van bouwbesluiten en de huidige werkwijze bij de realisatie van ventilatiesystemen brengt de volgende zaken aan het licht:

1.

Het Bouwbesluit stelt eisen aan de per ruimte te installeren ventilatie capaciteit, de regelbaarheid, het thermisch comfort, de richting van de luchtstromen en de verdunningsfactor. Met behulp van de bepalingmethoden uit NEN 1087 / 8087 kan worden vastgesteld op de ventilatievoorzieningen (natuurlijk dan wel mechanisch) aan de bouwbesluit eisen voldoen. Voordat bouwvergunningen worden afgegeven wordt getoetst of het systeemontwerp op papier voldoet aan de bouwbesluiten. In het ideale geval wordt ook na installatie gecontroleerd of het systeem voldoet en indien dat nodig blijkt verder ingeregeld.

2.

Of de geïnstalleerde ventilatievoorzieningen met hun volgens NEN1087 bepaalde capaciteit ook daadwerkelijk in de praktijk de bijbehorende luchtuitwisseldebieten realiseren, is daarna geen vraag meer. Impliciet wordt verondersteld dat alle ventilatiesystemen die aan bouwbesluit eisen voldoen de luchtuitwisseldebieten volgens geïnstalleerde capaciteit ook daadwerkelijk realiseren. Mechanische toe- of afvoercomponenten kunnen wel worden getest op dit punt (en uit ouder praktijk onderzoek blijkt dat dan vaak de bouwbesluit debieten niet worden gehaald), maar vertrekken met natuurlijke toe- en afvoercomponenten kunnen niet en worden niet getest op dit punt. Aangenomen wordt dat:

- de voor de benodigde luchtuitwisseling vereiste natuurlijke drijvende krachten (druk- en temperatuurverschillen in en om de woning) zijn ca. 95% van de tijd aanwezig in alle vertrekken
- de natuurlijke toe- en afvoervoorzieningen zijn/blijven onverminderd aanwezig met de oorspronkelijk beoogde capaciteit
- de gebruikers/bewoners in staat zijn de binnenluchtkwaliteit te beoordelen en dienovereenkomstig te handelen, zelfs wanneer deze handelingen complex zijn en inzicht vergt in de fysische aspecten rond de werking en het ontstaan van natuurlijke drijvende krachten.

3.

Het monitoring- en het modelonderzoek tonen aan dat hier te veel wordt gevraagd van de bewoners. Ten eerste kunnen ze in de meeste gevallen de binnenluchtkwaliteit niet beoordelen, laat staan dien overeenkomstig handelen. Adaptie aan heersende en geleidelijk veranderende binnenluchtkwaliteiten en het onvermogen meerdere vervuilende agentia (CO, Radon, meerdere VOC's, fijnstof etc.) te kunnen

signaleren, zijn de beperkende factoren. Daarbij komt dan nog dat de systemen met uitsluitend natuurlijke toe- en afvoercomponenten uitermate moeilijk op correcte wijze zijn te bedienen.

4.

Gevolgen hiervan zijn dat de prestatie van ventilatiesystemen op hun primaire functie er in de huidige situatie niet toe doet. De IAQ-prestaties van ventilatiesystemen zijn geen thema bij de keuze voor een systeem. De markt kiest ventilatiesystemen voornamelijk op basis van kosten en energieprestatie. Bij de ontwikkeling van verbeterde of nieuwe ventilatiesystemen leggen fabrikanten daarom primair de focus bij energiebesparing en kostprijsreductie en niet bij primaire functie *binnenluchtkwaliteit*. Dientengevolge is er ook geen sprake van een *level-playing-field*. Ventilatiesystemen die slechter scoren waar het de luchtuitwisseling in verblijfsruimtes betreft, worden ten onrechte bevoordeeld.

5.3.2 Mogelijkheden voor verbetering juridische kader

De volgende aanbevelingen worden gedaan voor een verbetering van het juridische kader rond ventilatiesystemen.

a.

Stel richtlijnen op voor de minimaal vereiste prestatie t.a.v. de te realiseren luchtuitwisseling per vertrek.

Toelichting:

Aanvullend aan de capaciteitseisen uit het Bouwbesluit kunnen richtlijnen worden geformuleerd voor de luchtuitwisseling die in de praktijk daadwerkelijk gemiddeld per vertrek gerealiseerd moet worden bij normaal c.q. standaard bewonersgedrag. Uit het onderzoek blijkt immers dat het stellen van alleen capaciteitseisen (welke overigens ruim voldoende zijn) nog niets zegt over de luchtuitwisseling die per vertrek wordt gerealiseerd. Het huidige stuurartikel 3.28 uit het Bouwbesluit en het advies van de Gezondheidsraad (waarop de huidige capaciteitseisen zijn gebaseerd) geven samen voldoende aanknopingspunten voor de inrichting van zo'n richtlijn: minimale luchtuitwisseling van 7 l/s per persoon is nodig om de CO₂-concentratie beneden de 1200 ppm te houden en daarmee voldoende luchtkwaliteit te realiseren. Er zullen dus eisen moeten worden gesteld aan de gemiddeld maximaal toelaatbare overschrijding van deze grenswaarde van 1200 ppm CO₂, ofwel eisen aan de LKI₁₂₀₀ (luchtkwaliteitsindex bij 1200 ppm) in kppmh/pp boven de grenswaarde van 1200 ppm CO₂.

b.

Ontwikkel een classificatiesysteem voor de declaratie van de IAQ-prestatie van ventilatiesystemen

Toelichting:

Ventilatiesystemen verschillen onderling in de mate waarin ze hun primaire functie kunnen vervullen. Uit het monitoring onderzoek blijkt al dat de LKI₁₂₀₀ -gemiddelden (LKI bij grenswaarde van 1200 ppm CO₂) van systemen die volledig aan bouwbesluiteisen voldoen, kunnen variëren van 349 kppmh/pp voor systeem C1 tot ca. 70 kppmh/pp voor systemen D2, C4c en Dx. Deze verschillen moeten zichtbaar gemaakt worden. Maar verdere verbetering van de IAQ-prestatie is zeker mogelijk en ook wenselijk omdat bepaalde groepen mensen hier veel baat bij kunnen hebben (w.o. ouderen, schoolgaande kinderen, mensen met luchtwegaandoeningen, mensen met een allergie, etc.). Zo zijn systemen denkbaar die in plaats van 1200 ppm CO₂, 800 ppm als grenswaarde aanhouden en een bijbehorende LKI₈₀₀ - waarde van bijvoorbeeld 50 kppmh/pp realiseren.

Om een verbetering van de primaire functievervulling van ventilatiesystemen (de IAQ-prestatie) te stimuleren en om de markt correct te kunnen informeren over de IAQ-prestatie van ventilatiesystemen is het nodig deze objectief te kunnen declareren en te communiceren. Een IAQ-classificatie is hiervoor de aangewezen weg.

c.

Ontwikkel een objectieve testmethode voor het in de praktijk meten en vaststellen van de mate waarin een ventilatiesysteem in staat is haar primaire functie te vervullen.

Toelichting:

Tot op heden bestaat er geen objectieve en algemeen aanvaarde testmethode waarmee de primaire functievervulling van ventilatiesystemen kan worden getest. En dat is op z'n minst vreemd, zeker gezien het feit dat mensen zelf niet in staat zijn (de benodigde sensoriek hiervoor ontbreekt) deze IAQ-prestatie te beoordelen. Alle bewoners blijken immers redelijk tot zeer tevreden met hun ventilatiesysteem, ongeacht de zeer grote verschillen in de gemeten LKI-index. Kortom, een objectieve testmethode voor het meten van de primaire functievervulling is een essentiële en noodzakelijke voorwaarde voor een correcte beoordeling en onderlinge vergelijking van ventilatiesystemen. Er bestaan weliswaar testprocedures voor individuele componenten van een ventilatiesysteem (ventilatie, wtw-unit, ventilatierooster, filter, etc.) maar een methode waarin het samenspel van alle individuele componenten wordt getest ontbreekt. Er is al geconstateerd dat de aanname dat Bouwbesluiten een bijbehorende bepalingmethode hier kunnen volstaan, niet valide is. En er is ook geconstateerd dat de modelsimulaties zoals tot op heden uitgevoerd, geen juiste weergave zijn van de praktijk. Met andere woorden, input vanuit praktijkmetingen is nodig om een waarheidsgetrouwe beoordeling van IAQ-prestatie van ventilatiesystemen te kunnen geven en om op basis daarvan waarheidsgetrouwe simulaties te kunnen uitvoeren.

De techniek om een dergelijke objectieve testmethode te ontwikkelen is voorhanden. Uitgangspunt voor deze testmethode kan de methode zijn die is gebruikt bij het MONICAIR-veldonderzoek. Deze komt er kortweg op neer dat in iedere verblijfsruimte en natte ruimte gedurende een representatief aantal dagen voor hetzij het stookseizoen hetzij het zomerseizoen, de CO₂-concentratie en/of de RV-waardes worden gemeten. Deze data wordt via wifi of via bluetooth/smartphone naar een centrale database gestuurd en geïnterpreteerd. Een nauwkeurig testprotocol zal hiervoor moeten worden opgesteld en gevolgd moeten worden om zeker te stellen dat correcte data wordt verzameld.

Verschillende marktpartijen worden hiermee in staat worden gesteld zo'n onafhankelijke praktijktest uit te (laten) voeren, waaronder fabrikanten van ventilatiesystemen, woningcorporaties, zorginstellingen, overheidsinstellingen, testinstituten, kennisinstituten, patiëntenverenigingen, bewonersverenigingen en instanties die zich bezig houden met markt surveillance. Een publiek toegankelijke database kan zorgdragen voor publicatie en verspreiding deze gegevens.

e.

Aanscherping bepalingmethode IAQ-prestatie ventilatiesystemen (revisie van NEN1087)

Toelichting:

De huidige NEN1087 voldoet in de zin dat ermee kan worden bepaald of aan de gestelde bouwbesluiten t.a.v. o.a. de capaciteitseisen wordt voldaan. Met de NEN1087 in z'n huidige vorm kan echter niet worden vastgesteld in hoeverre de verschillende ventilatiesystemen de ventilatiestromen in de diverse vertrekken daadwerkelijk tot stand brengen, en in welke IAQ-klasse de systemen moeten worden ingedeeld. Hiertoe zal de NEN1087 grondig moeten worden herzien. De inschatting is dat op basis van de verkregen inzichten uit o.a. onderhavig MONICAIR-onderzoek, op basis van aangepaste modelsimulatie software en wellicht op basis van aanvullend praktijkonderzoek een bepalingmethode kan worden ontwikkeld waarmee op basis van product en/of systeem eigenschappen van de diverse lucht toe- en afvoervoorzieningen een reële inschatting kan worden gemaakt van de mate waarin ventilatiestromen in de verschillende vertrekken worden gerealiseerd. De volgende product- en/of systeem eigenschappen dienen daarin - ten minste- te worden meegenomen en per vertrek te worden beoordeeld :

- geïnstalleerde capaciteit
- aard van de drijvende kracht
- type regeling en bediening (indien handbediend incl. opgave van de debieten bij verschillende ventilatiestanden)
- geluidproductie (bij verschillende ventilatiestanden)
- thermisch comfort
- verdunningsfactor
- filtermogelijkheden

d.

Ontwikkel aangepaste modelsimulatie software

Toelichting:

Om goede aansluiting te krijgen met de praktijksituatie zal, zoals reeds eerder besproken, de bestaande modelsimulatie methode moeten worden aangepast op basis van de verkregen inzichten uit onderhavig monitoringonderzoek en modelonderzoek. Het gaat hierbij met name om invoerparameters t.a.v. het bewonersgedrag inzake de bediening van ventilatiesystemen, en om invoer parameters betreffende de regeling van ventilatiesystemen. Daarnaast zal er ook in de toekomst regelmatig getoetst moeten worden of er naar aanleiding van nieuw praktijkonderzoek verdere aanpassingen nodig zijn om de resultaten uit modelsimulaties zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de praktijk.

e.

Heroriëntatie op energieprestatie ventilatiesystemen

Toelichting:

De huidige bepalingsmethode voor de energieprestatie van ventilatiesystemen gaat uit van een identieke prestatie op het gebied van luchtverversing. Dit blijkt niet het geval te zijn. Bovendien blijkt uit het MONICAIR-onderzoek dat de energieprestatie van enkele systemen beduidend anders uitpakt dan in de bepalingsmethode verondersteld. De bepalingsmethode en de tot op heden gecommuniceerde energieprestaties van ventilatiesystemen zullen gerevalueerd moeten worden en bovendien moeten worden gelinkt aan de bijbehorende IAQ-prestatie. Voor systemen waarmee het mogelijk is meerdere IAQ-klassen te realiseren kunnen meerdere energieprestatie getallen worden opgegeven. Uiteindelijk moet de energieprestatie van ventilatiesystemen onderling vergeleken kunnen worden bij de gelijke en minimaal vereiste IAQ-prestatie.

5.3.3 Ontwerprichtlijnen fabrikanten en systeemontwerpers

Naast een evaluatie van de Bouwregelgeving voor ventilatiesystemen worden, op basis van de onderzoeksresultaten uit WP1a en WP2a, in WP3a ook de systeemeigenschappen benoemd die van invloed zijn op de IAQ- en energieprestatie van ventilatiesystemen. Bij het ontwikkelen en ontwerpen van ventilatiesystemen kunnen deze systeemeigenschappen als richtlijn c.q. kapstok worden gebruikt voor de verdere verbetering van de IAQ- en de energieprestatie. Zie verder de rapportage van WP3a voor de nadere beschrijving van deze systeemeigenschappen.

5.4 ONTWIKKELING EN TEST VERBETERDE VENTILATIESYSTEMEN

In werkpakket WP4a hebben de vier betrokken ventilatiefabrikanten los van elkaar ontwikkelingsprojecten geformuleerd op basis van de resultaten uit de vorige drie werkpakketten. Doel van deze concrete ontwikkelingsprojecten was in alle gevallen het verder verbeteren van de IAQ- en energieprestatie van de systemen. De volgende fases zijn daarbij doorlopen:

- programma van eisen
- conceptontwikkeling
- bouwen en testen concepten in proefopstelling
- evaluatie en conceptkeuze
- technische detaillering en test
- proefserie
- validatie definitief ontwerp

De fabrikanten hebben alle verslag gedaan van de per fase uitgevoerde ontwikkelingsactiviteiten. Hieronder wordt een summiere samenvatting gegeven van de verschillende ontwikkelingsprojecten die vanuit MONICAIR onderzoeksresultaten zijn geïnitieerd en van de bijbehorende resultaten.

Fabrikant 1.

Het monitoringonderzoek WP1a laat o.a. zien dat het gezoneerde CO₂-geregelde systeem waarbij de CO₂ sensor geen representatieve meting in een verblijfsruimte doet en er geen directe koppeling is tussen die CO₂-meting en de regeling van het ventilatiedebiet in dat vertrek, slechter scoort op de IAQ-prestatie. Fabrikant 1 heeft een ontwikkelingsproject opgezet en uitgevoerd om dit probleem voor systeem D5a op te lossen. Behalve de keuze voor toepassing van CO₂ – sensoren in alle slaapvertrekken, is de lucht verdeelklep in de centrale unit geoptimaliseerd en is er gebruiksvriendelijke bedieningssoftware ontwikkeld. Tests zijn uitgevoerd met alle mogelijke systeemconfiguraties van CO₂ –sensoren in zones en verblijfsruimtes. Uiteindelijk is er een praktijktest gedaan in een studentenhuysvesting. Het eindresultaat is een 2-zone vraag gestuurd systeem met representatieve CO₂-meting in alle verblijfsruimtes en een daaraan gekoppeld gezoneerd mechanisch ventilatiedebiet. De verwachting van fabrikant 1 is dat de vraag naar deze verbeterde 2-zone CO₂-geregelde systemen niet alleen in Nederland maar ook in de exportmarkten zal toenemen.

Fabrikant 2.

Fabrikant 2 heeft meerdere ontwikkelingsprojecten geformuleerd om de IAQ-prestaties van haar ventilatiesystemen verder te verbeteren. Ook deze fabrikant heeft het probleem van de “niet representatieve CO₂-meting” aangepakt. Maar daarnaast zijn ook ontwikkelingsprojecten opgestart n.a.v. de resultaten uit WP1a m.b.t. de geluidsproductie en de effectiviteit van luchtuitwisseling in een verblijfsruimte. Ten behoeve van een verbetering van de representativiteit van de CO₂-meting is het meetpunt voor de CO₂-sampling verplaatst naar een meer representatieve plek middels een by-pass tube. Ten behoeve van de verhoging van de effectiviteit van de luchtuitwisseling zijn de uitstroomroosters aangepast. En omdat geluidproductie voor bewoners een aanleiding is de ventilatie tijdelijk naar een lager toerental of helemaal uit te schakelen, zijn er verschillende ontwikkelingsprojecten uitgevoerd om de geluidproductie verder te reduceren, waaronder:

- herontwerp van een behuizing welke nu wordt voorzien van geluidsabsorberend pur schuim
- herontwerp van de muurdoorvoeren; door de weerstand van de muurdoorvoeren verder te verlagen kunnen de gewenste debieten bij lagere toerentallen worden gerealiseerd. Dit zorgt voor een merkbare verlaging in de geluidproductie
- aanpassen van het regelalgoritme waarmee op basis van gemeten CO₂-concentraties de ventilatoren worden aangestuurd. Uit MONICAIR resultaten bleek dat de ventilatie-units te vaak op en af toeren en dat dit geluidhinder veroorzaakt. Aanpassing van de software resulteerde in een rustiger en meer robuuste aanstuurgedrag van de fans.
- Onderzoek naar de mogelijkheid om de huidige ventilatoren te vervangen door een ander en stiller type ventilator waarbij met name het commutatiegeluid en het luchtgeruis verder kan worden gereduceerd. Dit onderzoek loopt nog.

Fabrikant 3

De conclusie dat “de IAQ prestatie optimaal is wanneer in alle ruimtes de luchtkwaliteit wordt gemeten en de op basis daarvan bepaalde luchtuitwisseling voor die ruimtes mechanisch tot stand wordt gebracht” was voor Fabrikant 3 aanleiding de ontwikkeling van een nieuwe centrale Heat Recovery Unit (HRU250) ter hand te nemen. Deze te ontwikkelen centrale unit moet geschikt zijn voor de meeste eengezinswoningen en bestaat bij voorkeur uit één motor die twee impellers aandrijft en een warmtewisselaar, die optimaal moet samenwerken met de plenums en de bijbehorende QF-regelaar, waarmee de luchtkwaliteit in ieder vertrek wordt gemeten en het daarbij behorende ventilatiedebiet wordt ingeregeld. De nieuwe HRU250 wtw-unit moet in staat zijn de sterk wisselende luchtdebieten bij bovendien zeer verschillende weerstanden tussen het luchttoevoer- en afvoercircuit kunnen handelen, waarbij de massabalans van beide luchtstromen binnen de 3% moet blijven. Om aan deze eisen te kunnen voldoen is het nodig dat er een nauwkeurige meting van de luchtdebieten in de HRU250 wordt uitgevoerd. Deze metingen dienen ook nauwkeurige resultaten te leveren bij het bedienen van de bypassklep en/of de vorstklep en bij grote variaties in het gevraagde luchtdebiet. Na analyse van de beschikbare flowmeters en hun specs, is er uiteindelijk voor gekozen zelf een flowmeter te ontwikkelen. Vele tests zijn uitgevoerd om de reproduceerbaarheid, de nauwkeurigheid en vooral ook de levensduur van nauwkeurige debietmetingen onder allerlei omstandigheden te kunnen vaststellen en optimaliseren. Prototypes van de HRU 250 zijn zowel in een ‘friendly-user’ gebruiksomgeving als in een laboratorium omgeving getest. De lab resultaten zijn naar tevredenheid en men is nog in afwachting van de resultaten van de gebruikerstest. Een vervolg ontwikkelingstraject betreft de integratie van de HRU250 met een verbeterde QF-plenum en regelaar, waarbij o.a. zal worden gekeken naar het automatisch inregelen van de installatie.

Fabrikant 4

De conclusie dat centrale ventilatie-units voor het merendeel met name in stand 1 (laagste debiet) staan en dat geluidproductie bij hogere debieten een van de redenen daarvoor is, was voor Fabrikant 4 aanleiding om alles in het werk te stellen de geluidproductie van de nieuw te ontwikkelen wtw-unit te minimaliseren. Daarnaast is naar oplossingen gezocht om naast de handbediende sturing, ook volautomatische regeling van het ventilatiedebiet met deze unit te kunnen leveren, hetzij via ingebouwde IAQ-sensoren, hetzij via externe IAQ-sensoren die in de verschillende vertrekken kunnen worden geplaatst,

en daarbij de massa-balans voor beide luchtstromen in tact te houden om daarmee de warmteterugwinning te optimaliseren. Uitgebreide modelsimulaties zijn uitgevoerd om te onderzoeken of de weerstanden en luchtturbulenties in de slakkenhuizen, de warmtewisselaar en de binnenzijde van de luchtkanalen verder konden worden gereduceerd. Van de betere CAD-modellen zijn prototypes gebouwd en getest. Ook zijn prototypes gebouwd en getest van een volautomatisch regelalgoritme op basis van ingebouwde en externe IAQ-sensoren en van de ontwikkelde luchtdebiet metingen en de bijbehorende flow-balance regeling. Met de finale prototypes zijn uiteindelijk alle vereiste tests uitgevoerd die bij CE-keur horen, waaronder rendementstest, geluidstest, EMC-tests. Verwacht wordt dat het nieuwe product medio 2016 op de markt zal worden geïntroduceerd.

Fabrikant 5

Fabrikant 5 heeft drie ontwikkelingsprojecten ter hand genomen n.a.v. de resultaten uit MONICAIR. Het eerste project betreft onderzoek naar en ontwikkeling van het optimale IAQ-sensor platform, voor meting van de binnenluchtkwaliteit in individuele ruimtes. Meerdere type sensoren (waaronder CO₂, VOC, T en RH sensoren) zijn gedurende langere tijd onder diverse omstandigheden getest en vergeleken met geijkte metingen. Sensoren met de beste prijs/prestatie-ratio zijn geselecteerd voor het nieuwe IAQ-sensor platform. Uit deze tests blijkt o.a. dat een VOC-sensor niet voldoet om de IAQ-niveaus in een ruimte te bepalen. Geselecteerde sensoren zijn vervolgens gebruikt om een generiek platform (printplaat, sensoren, behuizing, software) te ontwikkelen en te testen. De eerste producten volgens dit platform worden in 1^e helft 2016 in de markt geplaatst.

Het tweede ontwikkelingsproject betreft de ontwikkeling van een dedicated OEM control unit voor fabrikanten van decentrale wtw-units. Deze dedicated control unit moet er niet alleen voor zorgen dat de decentrale wtw-units de individuele verblijfsruimtes in voldoende mate ventileren, maar zorgen er door onderlinge communicatie en communicatie met afzuigunits in de natte ruimtes, ook voor dat de verbindingsruimtes in voldoende mate geventileerd worden. Na de ontwerpfasen zijn eerste prototypes gebouwd en in de markt getest. Inmiddels wordt gewerkt aan een verbeterde versie, welke eind 2016 gereed zal zijn voor verkoop in de markt.

Het derde R&D-project betreft de ontwikkeling van een klimaat thermostaat, een bedien-unit waarmee de gebruiker de status van zowel het verwarmings- als het ventilatiesysteem kan uitlezen en waarmee beide systemen bediend kunnen worden. Uit de MONICAIR resultaten blijkt dat bewoners zich niet bewust zijn van de binnenluchtkwaliteit en deze niet of nauwelijks kunnen beoordelen. De klimaat thermostaat kan de bewoner vertellen hoe het met de binnenluchtkwaliteit is gesteld en kan daarmee bedieningshandelingen initiëren. Door het combineren van beide systemen verwarming en ventilatie kunnen tevens synergetische effecten worden bereikt en kunnen beide systemen optimaal samenwerken. Met behulp van HI-simulatie-programma's zijn gebruikerstests uitgevoerd. Mede op basis van deze resultaten zijn prototypes gebouwd en getest. Het eerste eindproduct is sinds begin 2016 op de markt.

5.5 SPIN-OFF Project MONICAIR

De volgende activiteiten zijn opgestart naar aanleiding van de resultaten van het MONICAIR-project en kunnen derhalve als spin-off worden betiteld:

M.b.t. meting prestatie ventilatiesystemen

Namens de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland is een tender uitgeschreven die als doel heeft te onderzoeken of het mogelijk is “eenvoudige meetmethodieken / technologie te ontwikkelen waarmee de integrale prestatie van luchtinstallaties kan worden aangetoond, zowel bij oplevering als gedurende de gebruiksduur van de installatie.

Hiermee lijkt gehoor te worden gegeven aan de aanbeveling 5.3.2.c.:

Ontwikkel een objectieve testmethode voor het in de praktijk meten en vaststellen van de mate waarin een ventilatiesysteem in staat is haar primaire functie te vervullen.

De tender is inmiddels gegund en de planning is dat medio 2016 de resultaten van dit haalbaarheidsonderzoek bekend zullen zijn.

M.b.t. aanscherping bepalingsmethoden (NEN1087)

De resultaten van het MONICAIR-onderzoek deel A zijn op 25 oktober 2015 gepresenteerd aan de Normcommissie Ventilatie en aan BZK. Aan het slot van deze bijeenkomst is door BZK aan de NsC Ventilatie verzocht om een Plan van Aanpak op te stellen voor de herziening van de huidige bepalingsmethoden. Dit Plan van Aanpak ligt inmiddels in concept vorm ter tafel.

Aanvullend hieraan hebben de bij het MONICAIR Consortium betrokken fabrikanten twee vak deskundige consultants uitgenodigd om ook een inhoudelijk startdocument te schrijven voor de herziening van de NEN1087 op basis van de resultaten uit MONICAIR WP1a t/m WP3a. Dit inhoudelijke startdocument ligt sinds 10 december 2015 in concept vorm ter tafel.

Met deze acties lijkt gehoor te worden gegeven aan aanbeveling 5.3.2.e

6. DISCUSSIE

Eén onderzoek

Het MONICAIR-project deel A, is een van de eerste gedetailleerde en langdurige monitoringonderzoeken naar de werkelijke IAQ- en energieprestatie van ventilatiesystemen die volledig aan bouwbesluiteisen voldoen. Ofschoon dit onderzoek veel inzicht geeft in hoe ventilatiesystemen presteren en in hoeverre ze hun primaire functie (*realiseren van binnenluchtkwaliteit*) en hun secundaire functie (*bij zo weinig mogelijk energieverbruik*) vervullen, betreft het hier toch 'slechts' 62 woningen en slechts één onderzoek. Meer onderzoek is zeker gewenst en dan met name onderzoek waarbij op een vergelijkbare wijze als bij MONICAIR, ook de gerealiseerde luchtuitwisseldebieten in iedere verblijfsruimte wordt bepaald, door het monitoren van CO₂-concentraties. Marktpartijen in Nederland maar ook in de andere EU-lidstaten worden daarom van harte aangespoord meer monitoring onderzoeken uit te voeren, opdat de verkregen inzichten verder kunnen worden onderbouwd en aangescherpt.

Primaire functie ventilatiesysteem

Vreemd genoeg zijn er in de markt verschillende opvattingen over wat nu de primaire functie is van een ventilatiesysteem en hoe deze te correct te definiëren.

Een opvatting is dat het ventilatiesysteem er primair voor moet zorgen dat de concentraties van alle vervuilende agentia beneden grenswaarden blijft en dat er dientengevolge ook IAQ-sensoren moeten komen die een breder scala aan vervuilende agentia kunnen meten.

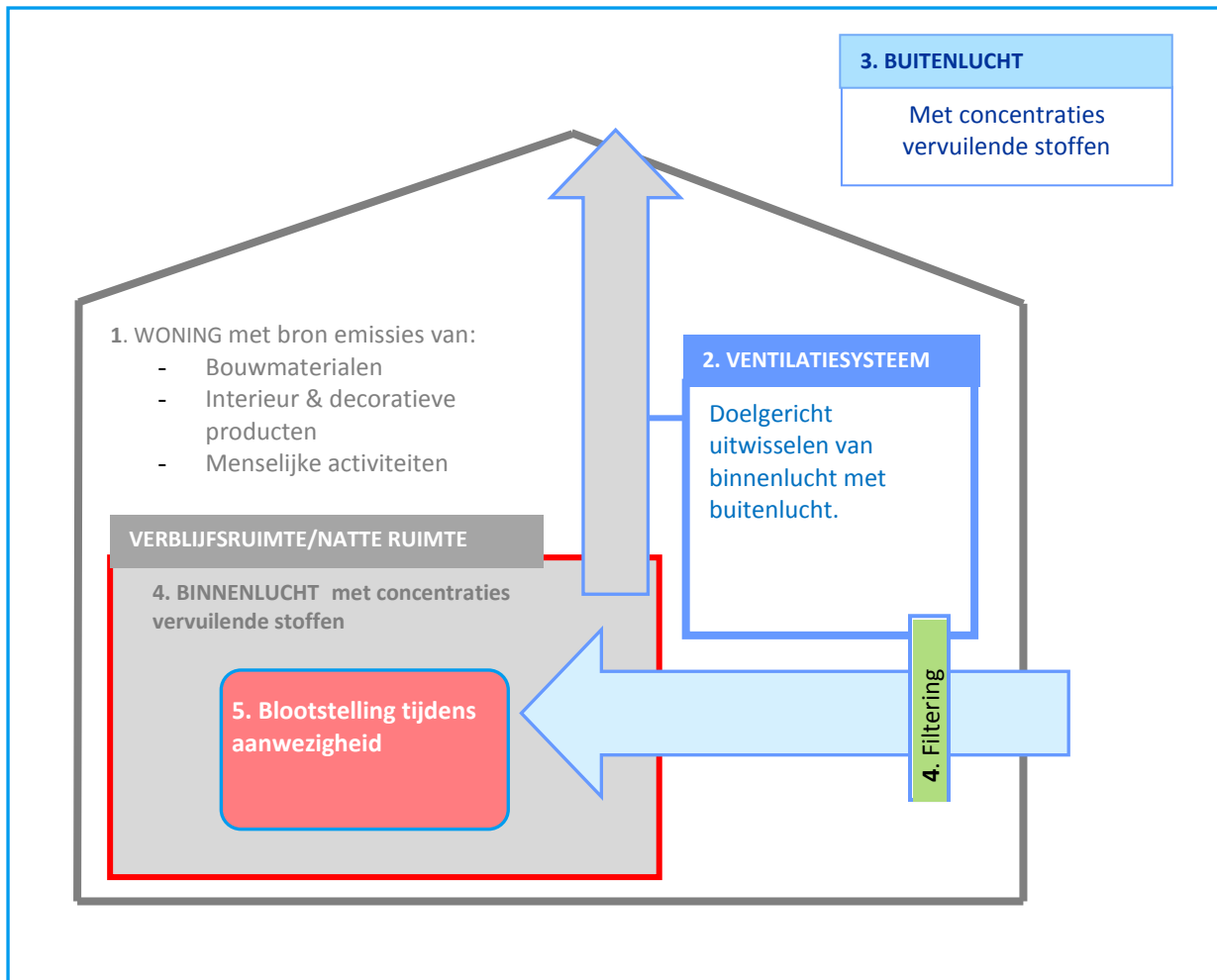
Een andere opvatting is dat het ventilatiesysteem er primair voor moet zorgen dat de lucht in alle vertrekken in voldoende mate wordt verversd, opdat daarmee de concentraties van iedere vervuilende stof wordt verlaagd.

De verschillen in opvatting lijken op het eerste gezicht minimaal, maar zijn dat allerm minst. De eerste opvatting gaat er van uit dat het ventilatiesysteem volledig verantwoordelijk is voor concentraties vervuilende stoffen die optreden. Deze opvatting gaat voorbij aan het feit dat het ventilatiesysteem geen enkele invloed heeft op de sterkte van de bron emissies in de woning en bovendien slechts beperkt invloed heeft op de kwaliteit van de buitenlucht. Bovendien lijkt deze opvatting er van uit te gaan dat de luchtverversing per individueel vertrek dik in orde is, en het alleen gaat om het meten van de concentraties vervuilende stoffen en indien nodig op- of af toeren van de ventilatie/ventilator.

Ter toelichting wordt hieronder een nadere uiteenzetting over de factoren die van invloed zijn op de binnenluchtkwaliteit. Figuur 6.1. geeft schematisch weer welke factoren van invloed zijn op de binnenluchtkwaliteit en de blootstelling aan concentraties vervuilende stoffen in gebouwen/woningen.

1. Startpunt is het gebouw of de woning met bijbehorende bron emissies van bouwmaterialen, interieur en decoratieve producten en menselijke activiteiten. Deze bronemissies veroorzaken bepaalde concentraties van vervuilende stoffen.
2. Het ventilatiesysteem moet de gewenste luchtuitwisseling tot stand brengen in alle ruimtes c.q. vertrekken van het gebouw of de woning.

3. Daartoe wordt (al dan niet gefilterde) schone buitenlucht naar binnen gevoerd en vervuilde binnenlucht afgevoerd.
4. Het beoogde resultaat daarvan moet zijn dat concentraties vervuilende stoffen in de verschillende vertrekken van het gebouw c.q. de woning beneden grenswaardes wordt gehouden.
5. Omdat blootstelling aan vervuilende stoffen plaats vindt tijdens aanwezigheid in de betreffende ruimte, dient de luchtuitwisseling en de daaraan gerelateerde concentratie-verlaging met name op te treden tijdens aanwezigheid.



Figuur 6.1 Factoren die van invloed zijn op binnenluchtkwaliteit

Primaire functie van ventilatiesystemen is daarmee:
het effectief uitwisselen van binnenlucht met buitenlucht, met het beoogde doel de concentraties van vervuilende stoffen in alle vertrekken beneden grenswaardes te houden.

Omdat blootstelling optreedt tijdens aanwezigheid zal het vereiste luchtuitwisseldebiet in ieder geval gedurende die periodes gerealiseerd moeten worden.

De concentraties van vervuilende stoffen die zullen optreden zijn in sterke mate afhankelijk van de bronemissies en worden uiteindelijk bepaald door de verhouding tussen de sterkte van de bronemissies en het luchtuitwisseldebiet dat wordt gerealiseerd in een bepaalde ruimte. Het ventilatiesysteem kan de bronemissies zelf niet verlagen. Het kan alleen de concentratie verlagen door meer *luchtuitwisseling tot stand te brengen*. Voorwaarde is dan natuurlijk wel, dat deze luchtuitwisseling ook *daadwerkelijk* en op de juiste manier wordt gerealiseerd in het betreffende vertrek en dat de buitenlucht schoon genoeg is en geen andere vervuilende stoffen introduceert.

Met andere woorden, de enige juiste manier om de primaire functievervulling (en daarmee de IAQ-prestatie) van een ventilatiesysteem te beoordelen is vast te stellen of – naast de vereiste basisventilatie – de gewenste luchtuitwisseldebieten per vertrek en/of per persoon daadwerkelijk worden gerealiseerd. Een goede manier om dat te doen is via meting van de CO₂-concentratie, die een indicator is voor de per persoon optredende luchtuitwisseling.

Separaat dient er gekeken te worden naar de emissies van de in de woningen gebruikte bouwmaterialen en interieurproducten (een ander beleidsveld) en naar de kwaliteit van de buitenlucht (eveneens een ander beleidsveld). De Gezondheidsraad geeft aan dat bij een ventilatie van 7 l/s per persoon, de CO₂-concentraties beneden de 1200 ppm (ook de hygiënische grenswaarde) zullen blijven en dat in de regel daarmee ook de concentraties van andere vervuilende agentia (chemische en biologische agentia, straling) ruim beneden grenswaarden zullen blijven.

Het MONICAIR-project toont nu juist aan dat het veel ventilatiesystemen niet lukt om, tenminste gedurende 95% van de aanwezige tijd deze luchtuitwisseling van 7 l/s per persoon te realiseren (CO₂ < 1200 ppm), hetgeen ook van invloed is op de concentraties van andere vervuilende stoffen. Prioriteit bij toekomstige R&D activiteiten zal dus moeten komen te liggen op deze primaire functie van ventilatiesystemen: “het realiseren van de juiste hoeveelheid luchtuitwisseling per persoon en per vertrek”.

Eisen kwaliteit toegevoerde buitenlucht?

De stelling dat de kwaliteit van de buitenlucht van invloed is op de kwaliteit van de binnenlucht behoeft geen toelichting. Gelukkig is de buitenluchtkwaliteit in verreweg de meeste gevallen beter dan de binnenluchtkwaliteit. Mede op basis hiervan wordt getoetst of bouwvergunningen afgegeven mogen worden. Maar op sommige locaties (bijv. nabij autowegen, industriegebieden, landbouwgebieden etc.) is de buitenluchtkwaliteit helaas niet altijd gegarandeerd. Verontreinigen in de buitenlucht (fijnstof, zwaveldioxide, stikstofdioxide, ozon etc.) kunnen een grote invloed hebben op de gezondheid en het welbevinden van de bewoners. Ventilatiesystemen die beschikken over een voorziening om de buitenlucht te filteren leveren in die gevallen een betere IAQ-prestatie dan ventilatiesystemen die geen filtervoorziening hebben. Bij een beoordeling van de IAQ-prestatie van ventilatiesystemen zou eigenlijk meegewogen moet worden in hoeverre het systeem over een dergelijke functie beschikt. Helaas worden luchtfilters door veel marktpartijen niet gezien als een positieve systeem- of producteigenschap. Het regelmatig vervangen van vervuilde filters wordt voornamelijk als hinderlijk en kostenverhogend gezien. Bijkomend nadeel is dat de verbeterde binnenluchtkwaliteit niet altijd wordt waargenomen (benodigde sensoriek hiervoor ontbreekt). Filter mogelijkheden zouden derhalve meegewogen moeten worden bij de beoordeling van de IAQ-prestatie van een ventilatiesysteem.

7. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

De belangrijkste conclusies en aanbevelingen uit de werkpakketten WP1a t/m WP4a van het MONICAIR-project worden hier kort samengevat.

CONCLUSIES

1.

Voldoen aan bouwbesluiteisen impliceert niet dat ventilatiesystemen daarmee ook een goede binnenluchtkwaliteit realiseren.

2.

Ventilatiesystemen die aan bouwbesluit eisen voldoen vertonen onderling grote verschillen voor wat betreft prestaties op binnenluchtkwaliteit. Dit ondanks het feit dat alle systemen op woningniveau gezien ruim voldoende lucht uitwisselen. De verschillen hebben met name betrekking op de binnenluchtkwaliteit in verblijfsruimtes. Het blijkt dat ventilatiesystemen onderling sterk verschillen in de mate waarin ze in staat zijn in verblijfsruimtes de vereiste luchtuitwisseling tot stand te brengen.

3.

Ventilatiesystemen die een mechanisch gedreven kracht toepassen voor de toe- en/of afvoer-voorzieningen in verblijfsruimtes, scoren significant beter op binnenluchtkwaliteit in vergelijking met systemen die uitsluitend natuurlijke toe- en afvoervoorzieningen toepassen in verblijfsruimtes. Ook de spreiding in binnenluchtkwaliteit onder woningen met eenzelfde ventilatiesysteem is kleiner wanneer een mechanisch gedreven kracht wordt gebruikt voor de luchtuitwisseling in verblijfsruimtes.

4.

De heersende opvatting dat naden en kieren in de gebouwschil (m.a.w. een slechte luchtdichtheid) een positieve uitwerking hebben op de luchtkwaliteit in een woning, kan vanuit de studie niet worden bevestigd. De luchtdichtheid van een woning blijkt niet of nauwelijks van invloed op de binnenluchtkwaliteit, omdat de meeste kieren en naden worden aangetroffen in ruimtes waar geen bewoners verblijven. Als er al een verband kan worden gevonden dan is deze eerder tegenovergesteld: een goede luchtdichtheid verhoogt de binnenluchtkwaliteit omdat daarmee de autoriteit van het ventilatiesystemen toeneemt (luchtstromen verlopen meer zoals bedoeld).

5.

CO₂-meting kan effectief zijn voor zowel de binnenluchtkwaliteit- als de energieprestatie op voorwaarde dat de CO₂-meting op een goede wijze wordt uitgevoerd en dus representatief is voor de betreffende verblijfsruimte, en dat vervolgens de op basis hiervan berekende luchtuitwisseling op mechanisch ondersteunde en effectieve wijze de ruimte doorspoelt.

6.

De in de praktijk gemeten energieprestaties verschillen van de energieprestaties die volgens de bepalingmethoden uit NEN7120 en NEN8088 zijn vastgesteld. Met name de invloed van CO₂-sensoren op de energieprestatie (lagere f_{reg}) van systemen C4a en D5b wordt in de bepalingmethoden overschat. Bij deze twee systemen wordt niet voldaan aan de onder punt 5. beschreven voorwaarden voor een effectieve toepassing van CO₂-sensoren. Omdat bovendien de prestaties op de primaire functie (binnenluchtkwaliteit) tussen ventilatiesystemen sterk verschilt, heeft de vergelijking op energieprestatie sowieso beperkte waarde. Heroriëntatie op de energieprestatie is nodig en moet bij voorkeur worden bepaald bij vergelijkbare binnenmilieuprestaties.

7.

Het monitoring- en het modelonderzoek tonen aan dat bewoners/mensen niet het gedrag vertonen dat wordt verondersteld bij de bediening van ventilatiesystemen. Theorie en modelsimulaties veronderstellen een ideale bewoner die het gedrag vertoont dat nodig is om de CO₂-concentraties beneden de 1200 ppm te houden. De praktijk laat zien dat sommige bewoners alleen tijdens koken en douchen de ventilatie gedurende korte tijd opschakelen, maar dat de ventilatie in de meeste woningen met handbediende systemen gedurende 99% van de tijd op de laagste stand staat. CO₂-concentraties kunnen tot ver boven de 1200 en zelfs voorbij de 3000 ppm stijgen, zonder dat de bewoner enig gedrag vertoont het ventilatiedebiet aan te passen. Mogelijke verklaring hiervoor is het feit dat mensen adapteren aan geleidelijk veranderende binnenluchtkwaliteiten. Daarnaast geldt dat mensen meerdere vervuilende agentia (CO, Radon, meerdere VOC's, fijnstof, etc.) niet goed kunnen waarnemen. De ideale en actieve bewoner bestaat niet in deze context. Omdat de benodigde sensoriek blijkbaar ontbreekt is het überhaupt de vraag of bewoners verantwoordelijk kunnen worden gehouden voor de binnenluchtkwaliteit.

8.

Modelsimulaties kunnen een nuttige rol spelen bij het voorspellen van de IAQ-prestaties, op voorwaarde dat de input gegevens die nodig zijn voor de beschrijving van het bewonersgedrag niet zijn gebaseerd op "een ideale gebruiker" maar op praktijkonderzoek. Hetzelfde geldt voor inschattingen omtrent IAQ- en energieprestatie bij toepassing van CO₂-sensoren. Praktijkgegevens over de representativiteit van de CO₂-meting en de effectiviteit van de daarop gebaseerde luchtuitwisseling zijn nodig om hier de juiste inschattingen te kunnen maken.

9.

Bouwbesluiteisen en bijbehorende bepalingmethoden vormen nu de belangrijkste richtlijn voor ontwikkelaars en ontwerpers van ventilatiesystemen. In z'n huidige vorm biedt dit juridische kader onvoldoende houvast voor het realiseren van een goede binnenluchtkwaliteit.

AANBEVELINGEN

10.

Stel richtlijnen op voor de minimaal vereiste prestaties t.a.v. de te realiseren luchtuitwisseling per vertrek. Aanvullend aan de capaciteitseisen uit het Bouwbesluit kunnen richtlijnen worden geformuleerd voor de luchtuitwisseling die in de praktijk daadwerkelijk gemiddeld per vertrek gerealiseerd moet worden bij

normaal c.q. standaard bewonersgedrag. Het huidige stuurartikel 3.28 uit het Bouwbesluit en het advies van de Gezondheidsraad (waarop de huidige capaciteitseisen zijn gebaseerd) geven samen voldoende aanknopingspunten voor de inrichting van zo'n richtlijn: minimale luchtuitwisseling van 7 l/s per persoon is nodig om de CO₂-concentratie beneden de 1200 ppm te houden en daarmee voldoende luchtkwaliteit te realiseren. Er zullen dus eisen moeten worden gesteld aan de gemiddeld maximaal toelaatbare overschrijding van deze grenswaarde van 1200 ppm CO₂, ofwel eisen aan de LKI₁₂₀₀ (luchtkwaliteitsindex bij 1200 ppm) in kppmh/pp boven de grenswaarde van 1200 ppm CO₂.

11.

Ontwikkel een classificatiesysteem voor de declaratie van de IAQ-prestatie van ventilatiesystemen. Ventilatiesystemen verschillen onderling in de mate waarin ze hun primaire functie kunnen vervullen. Uit het monitoring onderzoek blijkt al dat de LKI₁₂₀₀-gemiddelden (LKI bij grenswaarde van 1200 ppm CO₂) van systemen die volledig aan bouwbesluiteisen voldoen, kunnen variëren van 349 kppmh/pp voor systeem C1 tot ca. 70 kppmh/pp voor systemen D2, C4c en Dx. Deze verschillen moeten zichtbaar gemaakt worden. Verdere verbetering van de IAQ-prestatie is mogelijk en ook wenselijk omdat bepaalde groepen mensen hier veel baat bij kunnen hebben. Om verbetering van de primaire functievervulling van ventilatiesystemen (de IAQ-prestatie) te stimuleren en om de markt correct te kunnen informeren over de IAQ-prestatie van ventilatiesystemen is het nodig deze objectief te kunnen declareren en te communiceren. Een IAQ-classificatie lijkt hiervoor de aangewezen weg.

12.

Ontwikkel een objectieve testmethode voor het in de praktijk meten en vaststellen van de mate waarin een ventilatiesysteem in staat is haar primaire functie te vervullen.

Tot op heden bestaat er geen objectieve en algemeen aanvaarde testmethode waarmee de primaire functievervulling van ventilatiesystemen kan worden getest. En dat is op z'n minst vreemd, zeker gezien het feit dat mensen zelf niet in staat zijn (de benodigde sensoriek hiervoor ontbreekt) deze IAQ-prestatie zelf te beoordelen. Er bestaan weliswaar testprocedures voor individuele componenten van een ventilatiesysteem (ventilatie, wtw-unit, ventilatierooster, filter, etc.) maar een methode waarin het samenspel van alle individuele componenten wordt getest ontbreekt. De techniek om een dergelijke objectieve testmethode te ontwikkelen is voorhanden.

13.

Herziening bepalingmethode (NEN1087)

De huidige NEN1087 voldoet in de zin dat ermee kan worden bepaald of aan de gestelde bouwbesluiteisen t.a.v. o.a. de capaciteitseisen wordt voldaan. Met de NEN1087 in z'n huidige vorm kan echter niet worden vastgesteld in hoeverre de verschillende ventilatiesystemen de ventilatiestromen in de diverse vertrekken daadwerkelijk tot stand brengen, en in welke IAQ-klasse de systemen moeten worden ingedeeld. Hiertoe zal de NEN1087 grondig moeten worden herzien. De inschatting is dat op basis van de verkregen inzichten uit o.a. onderhavig MONICAIR-onderzoek, op basis van aangepaste modelsimulatie software en wellicht op basis van aanvullend praktijkonderzoek een bepalingmethode kan worden ontwikkeld waarmee op basis van product en/of systeem eigenschappen van de diverse lucht toe- en afvoervoorzieningen een reële inschatting kan worden gemaakt van de mate waarin ventilatiestromen in de verschillende vertrekken worden gerealiseerd.

14.

Aanpassing modelsimulatiesoftware

Om goede aansluiting te krijgen met de praktijksituatie zal de bestaande modelsimulatie methode moeten worden aangepast op basis van de verkregen inzichten uit onderhavig monitoringonderzoek en modelonderzoek. Het gaat hierbij met name om invoerparameters t.a.v. het bewonersgedrag inzake de bediening van ventilatiesystemen, en om invoer parameters betreffende de regeling van ventilatiesystemen. Daarnaast zal er ook in de toekomst regelmatig getoetst moeten worden of er naar aanleiding van nieuw praktijkonderzoek verdere aanpassingen nodig zijn om de resultaten uit modelsimulaties zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de praktijk.

15.

Heroriëntatie energieprestatie ventilatiesystemen

De huidige bepalingsmethode voor de energieprestatie van ventilatiesystemen gaat uit van een identieke prestatie op het gebied van luchtverversing. Dit blijkt niet het geval te zijn. Bovendien blijkt uit het MONICAIR-onderzoek dat de energieprestatie van enkele systemen beduidend anders uitpakt dan in de bepalingsmethode verondersteld. De bepalingsmethode en de tot op heden gecommuniceerde energieprestaties van ventilatiesystemen zullen gerevalueerd moeten worden en bovendien moeten worden gelinkt aan de bijbehorende IAQ-prestatie. Uiteindelijk moet de energieprestatie van ventilatiesystemen tenminste onderling vergeleken kunnen worden bij de gelijke en minimaal vereiste IAQ-prestatie.

16.

Meer monitoring onderzoek

Hoewel dit onderzoek veel inzicht geeft in hoe bouwbesluit conforme ventilatiesystemen presteren op hun primaire (binnenluchtkwaliteit) en secundaire (energieverbruik) functie, betreft het hier toch slechts één onderzoek in 62 woningen. Meer onderzoek is zeker wenselijk en dan met name onderzoek waarbij op vergelijkbare wijze de binnenluchtkwaliteit en het bijbehorende ventilatiedebiet in ieder vertrek wordt gemonitord. Ook monitoring onderzoek waarbij de ventilatiesystemen worden meegenomen die n.a.v. onderhavige onderzoeksresultaten zijn ontwikkeld, is wenselijk

17.

Fabrikanten en systeemontwerpers wordt aangeraden de inzichten en resultaten van dit onderzoek te gebruiken bij het ontwerpen en ontwikkelen van nieuwe ventilatiesystemen.

18.

De middels dit onderzoek verkregen inzichten vertegenwoordigen nieuwe kennis over de prestaties van woonhuisventilatiesystemen. Aanbevolen wordt deze kennis verder te verspreiden onder EU-lidstaten. Dergelijke kennisverspreiding kan bijdragen aan verbeterde afzetmogelijkheden in Europa voor nieuw ontwikkelde Nederlandse ventilatiesystemen.

EINDRAPPORTAGE PROJECTVERLOOP

8. Problemen en oplossingen
9. Wijzigingen t.o.v. projectplan
10. Verschillen begroting en werkelijke kosten
11. Kennisverspreiding, publicaties en PR

8. PROJECTVERLOOP : PROBLEMEN EN OPLOSSINGEN

De belangrijkste problemen die zich voordeden tijdens het projectverloop worden hier kort toegelicht.

Late beschikking projectvoorstel

In oktober 2012 is het definitieve projectvoorstel MONICAIR ingediend bij het loket van TKI-EnerGo. Bijbehorende planning ging er vanuit dat in hetzelfde jaar (november wel te verstaan) goedkeur zou worden gegeven, overeenkomstig de mondelinge toezeggingen. De voorbereidende activiteiten waaronder het zoeken van geschikte woningen en bereidwillige bewoners is in 2012 al in gang gezet. Onzekerheid omtrent de (tijdige) goedkeuring van het projectvoorstel heeft deze activiteiten in belangrijke mate gehinderd. Het vinden van geschikte testwoningen met bewoners bleek op zich al een bijzonder lastige klus en de onzekerheid omtrent het beschikbaar komen van subsidie zorgde ervoor dat het maken van bindende afspraken en het aangaan van financiële verplichtingen met betrokken partijen niet mogelijk was. Onzekerheid bij diverse consortiumleden en twijfel over de uiteindelijke goedkeuring van het project zorgde voor een onaangename impasse en hebben het project bijna vroegtijdig doen beëindigen. Uiteindelijk is in juni 2013 de officiële beschikking afgegeven. De eerder opgestarte en in de wachtstand gezette activiteiten zijn weer opgepakt maar hebben uiteindelijk meer tijd een moeite gekost dan gepland. Uiteindelijk heeft dit ook geleid tot een drastische aanpassing van de overall planning

Draaiend houden van datalog apparatuur

Het “in de lucht” houden van de data acquisitieapparatuur bleek uitermate arbeidsintensief. Regelmatige controle van de data-uploads was nodig om vast te stellen welke apparatuur haperde en vele bezoeken waren vervolgens nodig om deze hardware problemen weer op te lossen. Snelle en ter zake kundige mensen moesten ingezet worden om deze essentiële datastroom zo goed mogelijk in stand te houden.

Tijdbesteding analyse SQL-database buitenproportioneel

Het schrijven, programmeren en testen van de query's die nodig waren voor een juiste analyse van het meer dan 100 miljoen datapunten tellende gegevensbestand bleek extreem arbeidsintensief en koste meer dan de dubbele hoeveelheid aan tijd. Belangrijkste redenen hiervoor zijn de uitgebreide controles op inconsistente data, alsmede het ontbreken van data a.g.v. haperingen in de data acquisitie apparatuur (zie ook punt hierboven), waardoor het nodig was per woning periodes te selecteren met consistente data en een datavulling van boven de 90%. De partij die verantwoordelijk was voor de data-analyses heeft deze extra benodigde tijd er ook daadwerkelijk aan besteed en het grootste deel van de bijbehorende kosten voor eigen rekening genomen. Mede om deze reden zijn de analyses beperkt tot stookseizoen data.

9. WIJZIGINGEN T.O.V. PROJECTPLAN

De wijzigingen ten opzichte van het oorspronkelijke projectplan voor deel A zijn beperkt en hebben niet zozeer betrekking op de aard van de activiteiten als wel op de doorlooptijd en planning van de omschreven activiteiten. De late beschikking op het projectvoorstel heeft gezorgd voor zowel een vertraging van 8 maanden op de einddatum, als wel voor een minder efficiënte uitvoering van alle voorbereidende activiteiten in Wp1a. Dataverzameling. De feitelijke dataverzameling is daardoor ook met meer dan een half jaar vertraagd.

Een tweede factor die een noemenswaardige vertraging heeft veroorzaakt betreft de opzet van bouw van een toepassing specifieke SQL-database met geautomatiseerde data input, de ontwikkeling van selectieve query's voor gewenste data uitvoer en de analyse van deze data met bijbehorende rapportages (WP1a7 t/m WP1a9). In plaats van de geplande ca. 150 dagen waren meer dan 297 mandagen nodig om deze werkpakketten goed uit te kunnen voeren en bijbehorende rapportages te verzorgen.

In totaal is Werkpakket Wp1a daarmee ca. 12 maanden vertraagd, en komen pas in de eerste helft van 2014 de eerste resultaten en inzichten beschikbaar over het functioneren van bouwbesluit conforme ventilatiesystemen in de praktijk. Vanaf die datum starten betrokken fabrikanten met de formulering van de hieraan gerelateerde productontwikkelingsactiviteiten.

Uiteindelijk is hiermee ook het totale project 12 maanden uitgelopen en is de einddatum van 31 december 2014 verschoven naar 31 december 2015.

10. VERSCHILLEN BEGROTING EN WERKELIJKE KOSTEN

Behalve penvoerder heeft VHK BV tevens de rol vervuld van beheerder van de subsidiegelden. In die hoedanigheid heeft VHK BV namens de RVO en overeenkomstig de MONICAIR projectbegroting de subsidiegelden aan projectleden uitgekeerd op basis van door projectleden zelf ingediende subsidiedeclaraties². Ter onderbouwing van de ingediende subsidiedeclaraties hebben projectleden zelf een uren- en kostenregistratie bijgehouden.

Omdat de uit te keren subsidiebedragen en bijbehorende tijdbesteding en kostenposten zijn vastgelegd in de MONICAIR projectbegroting en nooit hoger kunnen zijn dan begroot, zijn ook de ingediende subsidiedeclaraties navenant en geven deze niet altijd zicht op de werkelijk bestede uren en kosten.

De activiteiten waarvan tijdens het project wel van bekend is geworden dat de werkelijke kosten verschillen van de kosten uit de projectbegroting zijn de volgende:

WP4a

Eén fabrikant heeft voor het ontwikkelingsproject onder WP4a aanzienlijk meer kosten gemaakt (zowel qua uren als overige kosten) dan begroot in het projectplan. Twee fabrikanten hebben meer kosten gemaakt op een van de twee posten (hetzij uren, hetzij overige kosten) en een fabrikant heeft voor de ontwikkelingsactiviteiten beide kostenposten onder de begroting weten te houden.

WP1a7 t/m WP1a9

Voor de opzet, bouw en test van een toepassingsspecifieke SQL-database met geautomatiseerde data input, de ontwikkeling van selectieve query's voor gewenste data uitvoer en de analyse van deze data met bijbehorende rapportages zijn de werkelijke kosten ca. 100% hoger dan begroot. De partij die deze activiteiten heeft uitgevoerd heeft voor 80% deze extra kosten zelf gedragen. De bij het consortium betrokken fabrikanten hebben 20% van deze extra kosten voor hun rekening genomen.

² Betreffende het beheer van de MONICAIR subsidiegelden is een separate financiële administratie bijgehouden. Deze administratie met bijbehorende accountantsverklaring is beschikbaar voor de RVO

11. KENNISVERSPREIDING, PUBLICATIES EN PR

Rapporten

De volgende rapportages zijn opgesteld in deel A van het MONICAIR-project:

1.
Eindrapport WP1a, “Resultaten van een monitoring onderzoek naar de binnenluchtkwaliteit- en energieprestaties van ventilatiesystemen in de woningbouw”, ir. R.C.A. van Holsteijn en ir. W.L. Li, Delft, december 2014
2.
Final Report WP1a, “Results of a monitoring study into the indoor air quality and energy efficiency of residential ventilations systems”, ir. R.C.A. van Holsteijn en ir. W.L. Li, Delft, December 2014
3.
Eindrapport WP2a, “Monitoring & Control of Air quality in Individual Rooms: Modelvorming”, ing. W. Kornaat en ir. R.F.D. Joosten, TNO 2015R10911, Delft, juli 2015
4.
“Samenvatting MONICAIR veldonderzoek (White Paper)”, ir. H.J.J. Valk en ir. R.C.A. van Holsteijn, juli 2015.
5.
Eindrapport WP3a, “Richtlijnen tbv prestatietests, ontwikkeling en systeemontwerp van ventilatiesystemen met verbeterde IAQ- en energieprestaties, ir. R.C.A. van Holsteijn, Delft, augustus 2015
6.
Eindrapportage MONICAIR Deel A (WP1a t/m WP4a), “Monitoringonderzoek naar en verbetering van de IAQ- en energieprestatie van ventilatiesystemen”, ir. R.C.A. van Holsteijn, Delft, december 2015. Dit betreft het onderhavige rapport.

Website en bezoek

Sinds 2^e helft 2013 is de website www.monicaair.nl in de lucht.

Het aantal bezoeken per maand is gemiddeld ca. 1460, met uitschieters van 3500 bezoeken per maand en laagste aantallen van ca. 660 bezoeken per maand. Gemiddeld wordt per maand ca. 100 maal het eindrapport WP1a gedownload (waarbij het voor ca. 12% de Engelstalige versie betreft), ca. 40 maal per maand de White Paper en ca. 15x per maand de eindrapportage WP2a. Verreweg de meeste website bezoeken komen vanuit Nederland, maar daarnaast zijn er ook bezoekers uit de landen Duitsland, België, Zwitserland, Tsjechië, Frankrijk, Italië, Portugal, Spanje, Turkije, China en Japan.

Wetenschappelijke publicaties

- a.
Van Holsteijn, R.C.A., Li, W.L. (2014), Monitoring the energy and IAQ-performance of ventilation systems in Dutch residential dwellings, Proceedings of the 35th AIVC Conference, Poznan, Poland.

b.

Van Holsteijn, R.C.A., Li, W.L., Valk, H.J.J., Kornaat, W. (2015), Improving the Energy- & IAQ Performance of Ventilation Systems in Dutch Residential Dwellings, Conference Proceedings Healthy Buildings Europe May 2015, The Netherlands, Paper ID504

c.

Van Holsteijn, R.C.A., Knoll, B., Valk, H.J.J., Hofman, M.C. (2015), Reviewing legal framework and performance assessment tools for residential ventilation systems, Proceedings of the 36th AIVC Conference, Madrid, Spain.

d.

Van Holsteijn, R.C.A., Li, W.L. (October 2015), Monitoring the energy- & IAQ-performance of residential ventilation systems, The REHVA European HVAC Journal, Volume 52, Issue 5, p6-10.

e.

Peer review of this paper is completed; publication in 'The International Journal of Ventilation' is expected in March 2016: Van Holsteijn, R.C.A., Li, W.L., Valk, H.J.J., Kornaat, W. (2015), Improving the Energy- & IAQ Performance of Ventilation Systems in Dutch Residential Dwellings

Artikelen

In de volgende artikelen is aandacht besteed aan het MONICAIR onderzoek. De artikelen zijn van de hand van journalisten n.a.v. door MONICAIR uitgebrachte persberichten dan wel opgesteld door participanten van het MONICAIR-consortium (lijst is niet volledig).

Cobouw, februari 2015, "Ventilatiesystemen voldoen niet"

-

ENERGIE vastgoed, februari 2015, "Woningen nog steeds ongezond, ondanks verbeterde ventilatiesystemen"

-

Lente Akkoord, februari 2015, "MONICAIR: Ventilatie moet en kan beter"

-

Bouwwereld, maart 2015, "Regelgeving geen garantie voor goede luchtkwaliteit".

-

Eigen Huis Magazine, april 2015, "We ventileren veel slechter dan we denken".

-

VV+, april 2015, "MONICAIR levert belangrijke inzichten in werkelijke prestaties ventilatiesystemen"

-

Cobouw, augustus 2015, "Bouw laat het afweten bij ventilatienorm".

-

TVVL, oktober 2015, “Nieuwe blik op woningventilatie” Monicair onderzoek biedt inzicht in praktijkprestatie.

-

Neprom Nieuws, december 2015, “Tijd voor een trendbreuk in mechanische ventilatie”

Behalve deze artikelen is er ook het nodige getwitterd over de onderzoeksresultaten van MONICAIR (zie o.a. #Monicair)

Presentaties

Presentatie Bouwbeurs Utrecht, februari 2015 (Harm Valk)

Presentatie AIVC Conferentie Poznan, september 2014 (Rob van Holsteijn)

Presentatie Actieplan Ventilatie Den Haag, maart 2015 (Rob van Holsteijn)

Presentatie Natuvent Utrecht, maart 2015 (Harm Valk)

Presentatie REHVA Riga, mei 2015 (Rob van Holsteijn)

Presentatie Healthy Buildings Conferentie Eindhoven, mei 2015 (Rob van Holsteijn)

Presentatie EVIA Brussel, juni 2015 (Rob van Holsteijn)

Presentatie AIVC Conferentie Madrid, september 2015 (Rob van Holsteijn)

Presentatie GGD Amersfoort, september 2015 (Rob van Holsteijn)

Presentatie BZK Den Haag, oktober 2015 (Rob van Holsteijn)

Diverse regionale presentaties NL (HV & RvH)

