



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu

*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Kwaliteit van mechanische ventilatie- systemen in nieuwbouw eengezins- woningen en bewonersklachten**

Rapport 630789006/2011

W.P. Jongeneel | R.P. Bogers | I. van Kamp



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## Kwaliteit van mechanische ventilatiesystemen in nieuwbouw eengezinswoningen en bewonersklachten

RIVM Rapport 630789006/2011

## Colofon

© RIVM 2011

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

W.P. Jongeneel  
R.P. Bogers  
I. van Kamp

Contact:  
R.P. Bogers  
Centrum Milieu, Gezondheid & Omgevingskwaliteit (MGO)  
Rik.Bogers@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M), in het kader van het Kennis- en InformatiePunt Milieu en Gezondheid (M/630789).

## Rapport in het kort

### **Kwaliteit van mechanische ventilatiesystemen in nieuwbouw eengezinswoningen en bewonersklachten**

Het RIVM heeft vergeleken hoe bewoners van eengezinswoningen met twee soorten mechanische ventilatiesystemen hun gezondheid ervaren, evenals de kwaliteit van het binnenmilieu. Hieruit bleek dat bewoners van huizen met balansventilatiesystemen de kwaliteit van het binnenmilieu minder goed vinden dan bewoners van huizen met natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging van lucht. Mensen met een balansventilatiesysteem zijn minder positief over luchtkwaliteit, droge lucht, geluidhinder door het ventilatiesysteem, en de mate waarin ze zelf het ventilatiesysteem kunnen regelen. Toch rapporteren beide groepen een even goede gezondheid.

Deze verkennende analyse is in opdracht van het ministerie van VROM onder bijna 300 bewoners uitgevoerd, omdat er zorgen bestaan over mogelijke gezondheidseffecten van mechanische ventilatiesystemen. Voor het onderzoek is nagevraagd hoe bewoners het binnenklimaat ervaren, evenals hun gezondheid. Daarnaast zijn de systemen technisch doorgelicht en is gekeken of er een verband was tussen de techniek en het ervaren binnenmilieu of de zelfgerapporteerde gezondheid.

Drie van de 26 onderzochte technische kwaliteitskenmerken (waarvan twee te maken hebben met de hoeveelheid geventileerde lucht per minuut en één met ongewenste vermenging van in- en uitgaande lucht) vertoonden een verband met zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu, maar dat verband was zwak. Het is daarom met dit onderzoek niet mogelijk om aan te geven of verbeteringen van deze specifieke kenmerken van mechanische ventilatiesystemen zullen leiden tot een betere zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu.

#### Trefwoorden:

mechanische ventilatie, balansventilatie, binnenmilieu, ervaren gezondheid, specifieke gezondheidsklachten

## Abstract

### **Health and wellbeing in relation to the quality of ventilation systems in newly built dwellings**

The National Institute for Public Health and the Environment has compared subjective health and quality of the indoor environment as perceived by occupants of single-family dwellings in which two types of mechanical ventilation systems are in place. In general, the perception of the indoor environment by occupants of dwellings with balanced mechanical ventilation systems was less favourable than that of occupants of dwellings with systems based on natural air supply and mechanical exhaust. Specifically, residents of dwellings with a balanced mechanical ventilation system were less positive about the indoor air quality, the dryness of the air, level of noise emitted by the ventilation system and degree of personal control to regulate the system. Nevertheless, both groups of occupants reported a similar level of subjective health.

This explorative analysis was commissioned by the Ministry of Infrastructure and the Environment due to concerns on the potential health effects of mechanical ventilation systems. Almost 300 occupants of single-family dwellings were asked to self-assess their indoor environment and health. The technical functioning of the ventilation systems was also inspected, and the relationship between each system's technical performance/quality and resident's perception of the indoor environment and subjective health was evaluated.

Of the 26 technical features that were studied, three (two related to the capacity of ventilated air and one related to undesirable mixing of supplied and exhausted air) were associated with the occupant's self-assessment of health or perceived indoor environment, but the associations were weak. Consequently, based on the results of this analysis, no conclusions can be drawn on whether improvements to these specific features will improve occupants' self-reported health and perceived indoor environment.

**Keywords:**

mechanical ventilation, balanced mechanical ventilation, indoor environment, subjective health, nonspecific health symptoms

## Lijst van afkortingen

4-DKL	Vierdimensionale Klachtenlijst
BBA	Boerstra Binnenmilieu Advies
BSI	Building Symptom Index
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Diseases (chronische obstructieve longaandoeningen, d.w.z. chronische bronchitis en longemfyseem)
FDR	False Discovery Rate
GIW/ISSO	Garantie Instituut Woningbouw / Instituut voor Studie en Stimulering van Onderzoek op het gebied van gebouwinstallaties
GSK	Groningse SlaapKwaliteitschaal
MM-040	Miljömedicin (Zweeds voor medische milieukunde)
RIGO	Research Instituut voor de Gebouwde Omgeving
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SD	Standaarddeviatie
VOEG-13	Vragenlijst voor Onderzoek naar de Ervaren Gezondheidstoestand
I&M	Ministerie van Infrastructuur en Milieu (voormalig Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening & Milieu en Ministerie van Verkeer & Waterstaat)

## Inhoud

Lijst van afkortingen—5

Samenvatting—8

### **1 Inleiding—10**

- 1.1 Aanleiding van het onderzoek—10
- 1.2 Doelstelling en vraagstellingen—11
- 1.3 Werkwijze—11
- 1.4 Leeswijzer—11

### **2 Onderzoeksmethoden—12**

- 2.1 Onderzoekopzet—12
- 2.2 Selectie van woningen en werving—12
- 2.3 Dataverzameling—13
  - 2.3.1 Vragenlijst—13
  - 2.3.2 Technisch onderzoek—15
- 2.4 Data-analyse—17

### **3 Resultaten—19**

- 3.1 Respons—19
- 3.2 Beschrijving studiepopulatie—19
  - 3.2.1 Achtergrondkenmerken—19
  - 3.2.2 Representativiteit ten opzichte van steekproef RIGO—20
- 3.3 Instructie, regelbaarheid en gebruik ventilatiesystemen—21
- 3.4 Verschillen in gezondheid en ervaren binnenmilieu tussen typen ventilatiesystemen—22
  - 3.4.1 Zelfgerapporteerde gezondheid—22
  - 3.4.2 Ervaren binnenmilieu—24
- 3.5 Associatie tussen kenmerken ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid—27
- 3.6 Associatie tussen kenmerken ventilatiesystemen en ervaren binnenmilieu—30
- 3.7 Fout-positieve associaties—35

### **4 Discussie—37**

- 4.1 Belangrijkste resultaten—37
- 4.2 Bespreking van het onderzoek—38
- 4.3 Kanttekeningen bij het onderzoek—39

### **5 Conclusies—41**

Literatuur—42

Dankwoord—44

Bijlage 1 Uitnodigingsbrief—45

Bijlage 2 Vragenlijst RIVM—47

Bijlage 3 Overzicht van getoetste associaties—55

Bijlage 4 Overige associaties met  $p < 0,05$  of  $p < 0,10$  en gestratificeerde analyses—58

Bijlage 5 Samenvatting rapportage BBA Binnenmilieu—67



## Samenvatting

Veel nieuwbouwwoningen in Nederland worden de laatste jaren voorzien van mechanische ventilatiesystemen (balansventilatiesystemen en systemen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging). Los van de hieraan verbonden voordelen zoals energiebesparing door warmteterugwinning (in het geval van balansventilatie), rapporteren bewoners van woningen met mechanische ventilatiesystemen geregeld klachten over het ventilatiesysteem, het binnenmilieu en hun gezondheid. Het gaat daarbij om onder andere onvoldoende ventilatiecapaciteit, tocht, geluidhinder, hoofdpijn en vermoeidheid.

In eerder onderzoek naar klachten van bewoners van woningen met mechanische ventilatiesystemen was geen informatie beschikbaar over het technisch functioneren van deze systemen. Het onderzoek dat in dit rapport gepresenteerd wordt, had als doel meer helderheid te geven over een mogelijke relatie tussen het technisch functioneren van mechanische ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu bij bewoners van nieuwbouw (2006-2008) eengezinswoningen. De belangrijkste onderzoeksvragen hierbij waren:

1. Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid?
2. Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners ervaren kwaliteit van het binnenmilieu?
3. Is er een verschil in door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid en de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu tussen woningen met balansventilatie en woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging?

Het onderzoeks- en adviesbureau BBA Binnenmilieu heeft in woningen van 300 zelfgeselecteerde respondenten van een eerder door onderzoeksbureau RIGO uitgevoerd onderzoek bij ruim 2300 bewoners verspreid over Nederland het technisch functioneren van de ventilatiesystemen onderzocht. Gekoppeld hieraan heeft het RIVM bij dezelfde selectie van 300 deelnemers aan het RIGO- en BBA-onderzoek aanvullend vragenlijstonderzoek verricht. De uiteindelijke dataset bestond uit 150 bewoners van eengezinswoningen met balansventilatie en 148 bewoners van eengezinswoningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging, verspreid over Nederland en opgeleverd tussen juni 2006 en januari 2008.

De vragenlijst van het RIVM bevatte zoveel mogelijk gestandaardiseerde vragen over ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13), specifieke gezondheidsklachten (4-DKL), specifieke aan binnenmilieu gerelateerde klachten (MM-040), slaapverstoring (GSK), ervaren binnenmilieu (thermisch comfort, luchtkwaliteit, tocht, muffe lucht, droge lucht, geluidhinder door het ventilatiesysteem) en ervaren regelbaarheid van het ventilatiesysteem. In de statistische analyse van het onderzoek zijn 95 mogelijke relaties van kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen met zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu getoetst. Er is een analysemethode toegepast die de kans op toevalsbevindingen door het grote aantal uitgevoerde toetsen verkleint.

De belangrijkste conclusie is dat er geen verschil is in zelfgerapporteerde gezondheid en slaapverstoring tussen bewoners van woningen met balansventilatie en bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Wel ervaren bewoners van woningen met balansventilatie het binnenmilieu als minder goed dan bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Dit was het geval voor ervaren luchtkwaliteit, ervaren

droge lucht, ervaren geluidhinder van het ventilatiesysteem en ervaren regelbaarheid.

Met uitzondering van drie kwaliteitskenmerken vertoonden geen van de onderzochte kenmerken een verband met zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu. Deze drie kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen hingen als volgt samen met zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu:

- indien er (in het geval van balansventilatie) 's nachts in de slaapkamer meer geventileerd werd, rapporteerden bewoners minder specifieke gezondheidsklachten;
- indien er bij balansventilatiesystemen sprake was van 'kortsluiting' tussen toe- en afgevoerde lucht (waardoor deze luchtstromen zich met elkaar vermengen) beoordeelden bewoners de luchtkwaliteit als minder goed dan wanneer er geen kortsluiting was;
- bewoners rapporteerden meer geluidhinder door het ventilatiesysteem (zowel bij balansventilatie als bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging) als er in de gehele woning in de meest gebruikte ventilatiestand 's nachts meer lucht werd afgevoerd.

De bovenstaande associaties met kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen waren zwak maar wel in overeenstemming met de verwachtingen dat meer ventilatie samenhangt met een betere zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren kwaliteit van het binnenmilieu maar ook met meer geluidhinder. Door de zwakke associaties is het moeilijk om aan te geven of verbeteringen van deze specifieke kenmerken van mechanische ventilatiesystemen zullen leiden tot een betere zelfgerapporteerde gezondheid en binnenmilieu. Door enkele beperkingen in de studieopzet, waaronder een relatief klein aantal deelnemers en het ontbreken van gegevens over veranderingen in zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu over de tijd, kunnen bestaande relaties tussen het functioneren van het ventilatiesysteem en zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu onopgemerkt zijn gebleven.

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding van het onderzoek

Veel nieuwbouwwoningen in Nederland worden de laatste jaren voorzien van mechanische ventilatiesystemen. Dit kan een balansventilatiesysteem zijn of een systeem met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. In theorie hebben mechanische ventilatiesystemen veel voordelen. Zo kan er bijvoorbeeld met balansventilatiesystemen 's winters relatief tochtvrij geventileerd worden (zeker in vergelijking met systemen die met toevoer via de gevel werken), is verse luchttoevoer minder afhankelijk van de weerssituatie buiten, en kan energie bespaard worden door warmteterugwinning.

Echter, deze systemen leiden geregeld tot klachten bij bewoners. Op basis van kleinschalige onderzoeken naar bewonersklachten in woningen met balansventilatie in onder andere Vathorst (gemeente Amersfoort) en Groningen weten we al het een en ander over problemen in deze woningen. De meest voorkomende problemen die gesignaleerd werden zijn o.a. tochtklachten, geluidhinder, warmteklachten, onvoldoende ventilatiecapaciteit en vervuiling van het ventilatiesysteem (Meijer & Duijm 2002; Duijm 2006; Duijm, Hady et al. 2007).

Naar aanleiding van de problematiek die in Vathorst is geconstateerd rond balansventilatie en gezondheidsklachten heeft toenmalig minister Vogelaar op 3 april 2008 aan de Tweede Kamer toegezegd hier nader onderzoek naar te laten verrichten. In 2008 is door RIGO een eerste onderzoek uitgevoerd. Dit onderzoek behelsde een enquête naar de gezondheidsklachten, gezondheidsbeleving, perceptie van comfort en ventilatiegedrag van bewoners van nieuwbouwwoningen (Leidemeijer, Menkveld et al. 2009). Uit dit onderzoek bleek dat in zowel woningen met balansventilatiesystemen als woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging door veel bewoners klachten gerapporteerd werden. Door bewoners van meergezinswoningen met balansventilatie werden meer gezondheidsklachten (COPD-gerelateerde klachten) gerapporteerd.

Het onderzoek van RIGO gaf geen antwoord op de vraag waar de gezondheidsklachten van bewoners vandaan kwamen. Daarom gaf het Ministerie van VROM opdracht tot vervolgonderzoek om na te gaan of er een verband gevonden kon worden tussen de gezondheidsklachten en technische aspecten van het ventilatiesysteem (zowel balansventilatiesystemen als systemen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging) in nieuwbouwwoningen. Dit vervolgonderzoek werd uitgevoerd door adviesbureau BBA Binnenmilieu en het RIVM. BBA Binnenmilieu heeft in een deel van de woningen van respondenten van het RIGO-onderzoek de technische kwaliteit van de ventilatiesystemen onderzocht. De uitkomsten hiervan zijn te vinden in een separate rapportage van BBA Binnenmilieu (van Dijken & Boerstra 2011).

In aansluiting hierop heeft het RIVM bij dezelfde selectie van deelnemers aan het RIGO en BBA Binnenmilieu onderzoek aanvullend vragenlijstonderzoek verricht. Op basis van de vragenlijstgegevens en het BBA-onderzoek is een analyse gemaakt van de relatie tussen bewonersklachten en kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem. Dit betreft een beschrijvende analyse die bedoeld is om met de beschikbare gegevens meer inzicht te krijgen in welke kwaliteitskenmerken van ventilatiesystemen mogelijk samenhangen met bewonersklachten. De vraag of bepaalde kwaliteitskenmerken bewonersklachten veroorzaken, kan met

dit type onderzoek (dwarsdoorsnedenonderzoek) echter niet beantwoord worden.

## **1.2 Doelstelling en vraagstellingen**

Het onderzoek van het RIVM heeft tot doel meer helderheid te geven over een mogelijke relatie tussen de kwaliteit van mechanische ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu bij bewoners van nieuwbouw eengezinswoningen uit de periode 2006-2008. De belangrijkste onderzoeksvragen hierbij zijn:

1. Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid?
2. Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners ervaren kwaliteit van het binnenmilieu?
3. Is er een verschil in door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid en de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu tussen woningen met balansventilatie en woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging?

De verwachtingen hierbij waren dat meer ventilatie samenhangt met een betere zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren kwaliteit van het binnenmilieu maar ook met meer geluidhinder en tocht. Tekortkomingen aan kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem - zoals de hygiëne van het ventilatiesysteem en de installatie van inblaas en afzuigventielen - hebben naar verwachting een nadelig effect op de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu en zelfgerapporteerde gezondheid.

## **1.3 Werkwijze**

In het onderzoek wordt gebruik gemaakt van de uitkomsten van het eerder genoemde RIGO-onderzoek naar mechanische ventilatie in nieuwbouwwoningen (Leidelmeijer, Menkveld et al. 2009), de technische inspecties van BBA Binnenmilieu (van Dijken & Boerstra 2011) en de door het RIVM uitgezette vragenlijst (zie Bijlage 2). Deze databestanden zijn gekoppeld en op deze gecombineerde dataset zijn de analyses uitgevoerd.

## **1.4 Leeswijzer**

Hoofdstuk 2 geeft informatie over de opzet van het onderzoek, de selectie van woningen, de gegevensverzameling en de statistische analysemethoden. In hoofdstuk 3 worden per vraagstelling de resultaten weergegeven. Er is voor gekozen dit te beperken tot de belangrijkste bevindingen. Resultaten van aanvullende analyses die weliswaar noodzakelijk waren maar het algemene beeld van de bevindingen niet doen veranderen, zijn te vinden in Bijlage 4. In hoofdstuk 4 worden de belangrijkste resultaten kort samengevat en toegelicht. Ook worden enkele kanttekeningen gemaakt die van belang zijn voor de interpretatie van de resultaten en het onderzoek in zijn algemeenheid. In hoofdstuk 5 worden de conclusies uit het onderzoek weergegeven.

## 2 Onderzoeksmethoden

### 2.1 Onderzoeksopzet

Het onderzoek is een dwarsdoorsnedenonderzoek onder bewoners van woningen met balansventilatie of met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Een dwarsdoorsnedenonderzoek wil zeggen dat technische kenmerken van de ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid op hetzelfde moment zijn gemeten. Hoewel een woning meerdere bewoners kan hebben is een vragenlijst afgenomen bij één bewoner, namelijk dezelfde persoon die al eerder een enquête van RIGO had ingevuld (zie verder paragraaf 2.2).

### 2.2 Selectie van woningen en werving

De selectie van de woningen is uitgevoerd door BBA Binnenmilieu met ondersteuning van het RIVM. Uitgangspunt was het onderzoek uit te voeren in 300 (+/- 5%) woningen, waarvan 150 woningen met een balansventilatiesysteem en 150 woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Voor de selectie van woningen vormde de dataset van het onderzoek van RIGO (Leidelmeijer, Menkveld et al. 2009) de basis. Het onderzoek van RIGO is uitgevoerd in 2332 woningen verspreid over Nederland, die tussen juni 2006 en januari 2008 zijn opgeleverd, en waarvoor na april 2006 vergunning is verleend.

Voor dit onderzoek werden de volgende selectiecriteria gehanteerd:

- RIGO-respondenten die aangaven mee te willen werken aan vervolgonderzoek ('Ja, ik wil meedoen') of meer informatie over vervolgonderzoek wilden ontvangen ('Weet niet, eerst meer informatie').
- Eengezinswoningen (vrijstaande woning, 2-onder-1-kapwoning, hoekwoning in rij, tussenwoning in rij). Dit omdat systemen in meergezinswoningen in technisch opzicht afwijken van systemen in eengezinswoningen, met name door collectieve ventilatievoorzieningen.
- Woningen in unieke straten. De reden hiervoor is om zo veel mogelijk verschillende woningen te onderzoeken. De aanname is dat de kans groter is dat in een straat meerdere woningen staan die zijn opgeleverd door dezelfde aannemer c.q. installateur. Wanneer in één straat meerdere potentiële deelnemers voorkomen is de woning met het laagste huisnummer het eerst benaderd voor deelname aan het onderzoek.

Daarnaast is na een pilotfase besloten woningen met een luchtverwarmingssysteem, waarbij een deel van de lucht wordt gerecirculeerd, niet mee te nemen in het onderzoek. Bij deze woningen was het niet mogelijk het aandeel verse ventilatielucht te bepalen. Het aantal woningen met dit type luchtverwarming was overigens beperkt. In totaal is één geselecteerde woning hierdoor niet opgenomen in de analyse.

De volgende strategie werd gehanteerd om de non-respons zo veel mogelijk te beperken:

- de uitnodigingen voor deelname aan het onderzoek niet tijdens vakantieperiodes te versturen;
- deelnemers aan het onderzoek enige vrijheid te geven in de onderzoeksplanning;
- in de uitnodigingsbrief het algemene belang van het onderzoek te benadrukken;
- het aanbieden van een kort meetrapport aan de deelnemers;

- het verloten van één reischeque van €500,- onder de deelnemers aan het onderzoek.

De uitnodigingsbrief voor de bewoners is te vinden in Bijlage 1.

## 2.3 Dataverzameling

De dataverzameling van het RIGO-onderzoek staat beschreven in het RIGO rapport 'Mechanische ventilatie in nieuwbouwwoningen' (Leidelmeijer, Menkveld et al. 2009). Voor de dataverzameling van de technische aspecten van het ventilatiesysteem door BBA Binnenmilieu wordt verwezen naar het BBA rapport (van Dijken & Boerstra 2011).

Tijdens de inspectie bij de bewoners thuis overhandigde BBA Binnenmilieu een bewonersvragenlijst die door het RIVM (met input van BBA Binnenmilieu) ontwikkeld was. Deze werd ingevuld door dezelfde bewoner die destijds de RIGO enquête invulde.

### 2.3.1 Vragenlijst

Het RIVM heeft een bewonersvragenlijst ontwikkeld (zie Bijlage 2) waarin zo veel mogelijk gestandaardiseerde vragen zijn opgenomen over ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13, (Van Sonsbeek 1990)), specifieke (stressgerelateerde) gezondheidsklachten (4-DKL somatisatieschaal (Terluin & Duijsens 2006)), specifieke aan binnenmilieu gerelateerde klachten (MM-040; (Andersson, Stridh et al. 1993; Andersson 2010)), waaronder enkele luchtwegklachten (geïrriteerde, verstopte of loopneus; schorre, droge keel), slaapverstoring (verkorte versie van de GSK, (Meijman, Vries-Griever et al. 1988; Van Kamp 1990)), ervaren binnenmilieu en geluidhinder door het ventilatiesysteem (Van Kamp 2010). Daarnaast zijn er algemene vragen opgenomen over ventilatiegedrag, regelbaarheid van het ventilatiesysteem en vragen over gevoeligheid voor milieufactoren (Job 1999) en coping-strategieën (Schreurs, Willige et al. 1993). Om bij de analyse rekening te kunnen houden met persoonlijke kenmerken werd deze laatste set van vragen toegevoegd. Alleen de vraag over de ervaren controle op de regelbaarheid van het ventilatiesysteem en de vragen over ventilatiegedrag zijn uiteindelijk meegenomen in de beschrijvende analyses van dit rapport. De vragen over milieugevoeligheid en coping-strategieën vielen buiten het bestek van dit rapport.

#### **Bepaling ervaren gezondheid**

Voor de effectmaten VOEG-13, 4-DKL en slaapverstoring zijn gestandaardiseerde scores en afkappunten gebruikt zoals beschreven in (Van Sonsbeek 1990; Van Kamp 1990; Terluin & Duijsens 2006). De MM-040 (Andersson, Stridh et al. 1993; Andersson 2010) binnenmilieu vragenlijst is vertaald naar het Nederlands; hiervoor zijn nog geen Nederlandse normgegevens beschikbaar. In overleg met BBA Binnenmilieu is gekozen om een somscore van vijf vragen te gebruiken die vergelijkbaar is met de Building Symptom Index (BSI) van Burge, Robertson et al. (1993). De verkregen score is hierbij de MM-040 BSI score genoemd en bestaat uit de items vermoeidheid; hoofdpijn; jeukende, brandende of geïrriteerde ogen; geïrriteerde, verstopte of loopneus; en schorre, droge keel.

In Tabel 2.1 is beschreven hoe uit de verschillende vragen scores voor zelfgerapporteerde gezondheid zijn berekend. Deze vragen zijn ontwikkeld om een overall beeld te geven en niet bedoeld om op klacht- of symptoomniveau te analyseren. Het totale aantal klachten (somscore) is een goede indicatie voor de zelfgerapporteerde gezondheid. Voor alle gezondheidsmaten geldt dat hoe hoger

iemands score is, des te slechter zijn of haar zelfgerapporteerde gezondheid of slaapkwaliteit is.

**Tabel 2.1 Gebruikte maten voor zelfgerapporteerde gezondheid**

<i>Gezondheidsmaat</i>	<i>Operatio- nalisatie</i>	<i>Score<sup>a</sup></i>	<i>Range van de sco- re</i>
Binnenmilieu – specifieke gezondheidsklachten (MM-040 BSI)	Aantal klachten	Optelsom van vraag 15 a, c, f, g en h. met ja, vaak (elke week)=1, ja, soms en nee, nooit=0	0-5
Ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13)	Aantal klachten	Optelsom van vraag 10 a t/m 10 m met ja=1 en nee=0	0-13 of percentage verhoogd (>5 klachten)
Aspecifieke gezondheidsklachten (4-DKL somatisatieschaal)	4-DKL somscore	Optelsom van vraag 11 met nee=0, soms=1 en regelmatig/vaak/heel vaak=2	0-32 of percentage laag (0-10), matig verhoogd (10-20) en sterk verhoogd (>20)
Slaapverstoring (GSK)	Slaapverstoring-score	Optelsom van vraag 12 a t/m g met helemaal niet/nauwelijks/evenzeer wel als niet van toepassing=0 en gedeeltelijk/helemaal van toepassing=1 + h t/m j helemaal niet/nauwelijks/evenzeer wel als niet van toepassing=1 en gedeeltelijk/helemaal van toepassing=0	0-10 of percentage verhoogd (>3)

<sup>a</sup> de vragenlijst is te vinden in Bijlage 2.

### **Bepaling ervaren binnenmilieu**

In Tabel 2.2 is weergegeven hoe de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu is bepaald. Voor (extreme) geluidhinder door het ventilatiesysteem is gebruik gemaakt van Van Kamp (2010), voor de ervaren temperatuur, luchtkwaliteit, tocht, muffe lucht en droge lucht zijn de vragen van de vertaalde MM-040 vragenlijst gebruikt. Voor de ervaren regelbaarheid van het ventilatiesysteem heeft het RIVM zelf een vraag opgesteld. In overleg met BBA Binnenmilieu is gekozen om in de analyse van de ervaren geluidhinder van het ventilatiesysteem uit te gaan van de geluidhinderscore op de stand van het ventilatiesysteem waarop bewoners deze 's nachts gewoonlijk hebben staan.

**Tabel 2.2 Gebruikte aspecten van de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu**

<i>Ervaren binnenmilieu</i>	<i>Operationalisatie</i>	<i>Score</i>
Temperatuur algemeen	Erg goed – slecht	Vraag 9a: 1-5
Luchtkwaliteit algemeen	Erg goed – slecht	Vraag 9b: 1-5
Tocht	Wel of geen tocht	Vraag 9c: ja, vaak (elke week)=1, ja, soms en nee, nooit=0
Muffe lucht	Wel of geen muffe lucht	Vraag 9g: ja, vaak (elke week)=1, ja, soms en nee, nooit=0
Droge lucht	Wel of geen droge lucht	Vraag 9h: ja, vaak (elke week)=1, ja, soms en nee, nooit=0
Hinder door geluid van het ventilatiesysteem	Wel of niet ernstig gehinderd (nagevraagd voor elke stand van het ventilatiesysteem)	Score vraag 16a 0 t/m 7=0, 8 t/m10=1
	Mate van hinder (nagevraagd voor elke stand van het ventilatiesysteem )	Score vraag 16a: 0-10
ervaren regelbaarheid	Kunt u het ventilatiesysteem voldoende naar eigen wens instellen	Vraag 7j: ja=0, nee=1.

### 2.3.2

#### *Technisch onderzoek*

De technische kwaliteit van de ventilatiesystemen is geïnspecteerd door BBA Binnenmilieu (voor een beschrijving van de methode zie (van Dijken & Boerstra 2011)). De onderzochte kwaliteitskenmerken zijn overeenkomstig de wettelijke eisen uit het Bouwbesluit 2003 en de eisen en adviezen uit de publicatie GIW/ISSO 2008 'Ontwerp- en montageadviezen - Nieuwbouw, eengezinswoningen en appartementen 2008'. Een aantal kenmerken is gemeten bij zowel balansventilatiesystemen als systemen met natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging. Omdat de ventilatiesystemen op een aantal punten onderling verschillen, zijn daarnaast systeemspecifieke kenmerken gemeten.

Bij de technische inspectie heeft BBA Binnenmilieu ook mogelijk versturende variabelen (zie paragraaf 2.4) genoteerd, zoals de aanwezigheid van een snelweg of een inpandige garage.

Indien alle technische aspecten in relatie tot alle uitkomstmaten onderzocht zouden worden, is de kans groot dat er op toeval gebaseerde associaties gevonden worden. Daarom is gericht getoetst op een beperkt aantal relaties tussen kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu, waarvoor in de literatuur aanwijzingen bestaan (zie o.a. Mendell 1993; Mendell 2003). In Tabel 2.3 staan de te toetsen kwaliteitskenmerken waarvan door BBA Binnenmilieu en RIVM verwacht wordt dat deze kunnen samenhangen met zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu.



**Tabel 2.3 Selectie van kwaliteitskenmerken ventilatiesystemen**

<i>Kwaliteitskenmerk</i>	<i>Balansventilatie</i>	<i>Natuurlijke lucht- toevoer en mecha- nische afzuiging</i>
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand overdag in de woonkamer	x	
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand 's nachts in de slaapkamer	x	
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de hoogste ventilatiestand (stand 3)	x	x
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de door de bewoners meest gebruikte ventilatiestand overdag	x	x
Installatiegeluidniveau (dB(A)) in de woonkamer met het ventilatiesysteem in de door de bewoners meest gebruikte ventilatiestand overdag	x	x
Installatiegeluidniveau (dB(A)) in de slaapkamer met het ventilatiesysteem in de door de bewoners meest gebruikte ventilatiestand 's nachts	x	x
De gevelroosters zijn zodanig geplaatst dat er een verhoogd risico is op tocht		x
Aanwezigheid van gevelroosters op een hoogte lager dan 1,8 m van de vloer		x
Geen zelfregelende gevelroosters aanwezig		x
De bedieningsschakelaar is niet logisch in gebruik	x	x
Geen bedieningsschakelaar aanwezig met minimaal 3 standen	x	x
Geen bypass op WTW	x	
Filters niet optisch schoon	x	
Ventilatie-unit inwendig niet optisch schoon	x	
WTW-blok niet optisch schoon	x	
Inblaas- en afzuigventielen in 1 ruimte (woonkamer of slaapkamer) zijn zodanig ten opzichte van elkaar geplaatst dat onvoldoende doorspoeling mogelijk is ('dode hoeken')	x	
Er wordt bij inblaasventielen meer lucht toegevoerd dan de maximale capaciteit van dat ventiel	x	
Geen inducerende inblaasventielen aanwezig	x	
De onderlinge afstand tussen inblaasventielen is minder dan 1 m	x	
Inblaasventielen zijn op een afstand < 30 cm van plafond of wand aangebracht en niet voorzien van een schone sector	x	
Inblaasventielen in de woonkamer zijn ongunstig geplaatst t.a.v. tocht	x	
Inblaasventielen slaapkamer ongunstig geplaatst t.a.v. tocht	x	
'Kortsluiting' in het ventilatiesysteem*	x	
Geen adequate afzuigkap aanwezig in de keuken	x	x
Aanwezigheid van 1 of meerdere verblijfsruimten zonder ventilatievoorzieningen	x	x
Locatie van buitenluchtaanzuiging of gevelroosters nabij vervuilingsbron	x	x

\* dit wil zeggen dat er een menging optreedt tussen de afgezogen lucht en de verse buitenlucht.

## 2.4 Data-analyse

De statistische analyse, uitgevoerd in SPSS versie 18.02, verliep in drie stappen. Als eerste zijn associaties tussen zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu enerzijds en de gemeten prestaties en kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem anderzijds bivariaat getoetst. Dit wil zeggen dat de associaties tussen twee variabelen worden berekend en getoetst worden op statistische significantie. Associaties werden statistisch significant bevonden bij  $p < 0,05$ . Er zijn in totaal 95 statistische toetsen uitgevoerd (Bijlage 3). In Tabel 2.4 staat weergegeven welke toetsen gebruikt zijn. Er is gekozen om de associaties verdeelingsvrij te toetsen omdat vooraf de precieze aard (bijv. een lineair of kwadratisch verband) van de associaties niet bekend was.

**Tabel 2.4 Gebruikte toetsen voor de bivariate analyses**

		Zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu	
		Categorieën	Continue schaal
Ventilatiekenmerken	Categorieën	Pearson's Chi <sup>2</sup> of Fisher's exact toets	Kruskal-Wallis
	Continue schaal	Kruskal-Wallis	Spearman's correlatiecoëfficiënt

Als tweede werden de associaties met een p-waarde  $< 0,10$  (dus inclusief  $p < 0,05$ ) nader onderzocht op de invloed van versturende variabelen. De grens van  $p < 0,10$  –en niet  $0,05$  zoals gebruikelijk– werd gehanteerd omdat de onderzochte associaties mogelijk wel significant kunnen worden na correctie voor versturende variabelen. Dit is theoretisch ook mogelijk voor associaties met een  $p > 0,10$ . Echter, gezien de zeer zwakke relaties die werden gevonden, is dit niet waarschijnlijk en is besloten het aantal analyses beperkt te houden. Ook is het mogelijk dat de gevonden significante associaties tussen ventilatiekenmerken en zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu wegvallen na correctie voor versturende variabelen.

Een versturende variabele is een variabele die zowel samenhangt met de uitkomstmaat (bijv. zelfgerapporteerde gezondheid) als het te toetsen ventilatiekenmerk (bijv. het type ventilatiesysteem). Een voorbeeld van een versturende variabele is roken: een verschil in ervaren luchtkwaliteit tussen bewoners met ventilatiesysteem A en B zou verklaard kunnen worden doordat bewoners met systeem A meer of minder roken dan degenen met systeem B. In het huidige onderzoek kwamen als versturende variabelen de volgende variabelen in aanmerking: leeftijd, geslacht, opleidingsniveau, roken, recent geverfde oppervlakten, huisdieren (kat, hond), inpandige garage, open keuken, en de nabijheid van grote verkeerswegen. Als een variabele geassocieerd was (bij  $p < 0,10$ ) met zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu, was deze mogelijk versturend en werden de eerder gevonden associaties voor deze variabele gecorrigeerd. Dit werd gedaan door zogenaamde stratificatie, waarbij de eerder gevonden associatie wordt bekeken per categorie van de versturende variabele (bijv. de associatie van de ervaren temperatuur en type ventilatiesysteem voor verschillende opleidingsniveaus).

In verband met het grote aantal uitgevoerde toetsen bestaat de kans op toevalsbevindingen (fout-positieve associaties). Als derde stap is daarom getoetst op mogelijk fout-positieve associaties. Dit is gedaan met de methode van Benjamini en Hochberg (1995). Hierin wordt de 'false discovery rate' (FDR) bere-

kend: de verwachte proportie van verworpen nulhypotheses die onterecht worden verworpen. Met behulp van de FDR is te zeggen hoeveel van de statistisch significante associaties naar verwachting fout-positief zijn, dat wil zeggen een toevallige bevinding zijn. Er is voor gekozen om in hoofdstuk 3 alleen die zeven associaties te laten zien waarvan er op basis van kansberekening ongeveer één fout-positief is. De overige statistisch significante resultaten worden alleen getoond in Bijlage 4, omdat hiervan onzekerder is welke wel en niet op toeval berusten. Er werd echter wel gekeken of deze resultaten overeenkomen of verschillen met het algemene beeld dat voortkomt uit de overige significante resultaten.

## 3 Resultaten

### 3.1 Respons

In totaal werden 440 bewoners uitgenodigd voor het onderzoek. 141 Bewoners konden of wilden niet meewerken aan het onderzoek. Redenen hiervoor waren: niet bereikbaar voor het maken van een afspraak (na 3x bellen; 43%); wil niet deelnemen i.v.m. tijd of inbreuk op de privacy (23%); wil niet deelnemen, geen interesse (8%); woning valt buiten de afbakening van het onderzoek (bijvoorbeeld appartement, decentraal ventilatiesysteem, luchtverwarmingssysteem; 8%); het beoogde aantal deelnemers in de regio is al behaald (bewoner is op de reservelijst gezet; 7%); bewoner is verhuisd (3%); niet thuis op moment van afspraak (1%); onbekend (7%). Van de resterende 299 bewoners viel één bewoner af omdat deze de vragenlijst niet had ingevuld. In de analyse werden dus 298 woningen betrokken, waarvan 150 woningen met een balansventilatiesysteem en 148 woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.

### 3.2 Beschrijving studiepopulatie

#### 3.2.1 Achtergrondkenmerken

In Tabel 3.1 worden de achtergrondkenmerken van de deelnemers en hun woningen weergegeven, uitgesplitst naar type ventilatiesysteem. Opvallend is dat de woningen met balansventilatie voor het grootste deel vrijstaand waren, terwijl bij de woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging tussenwoningen het meest vertegenwoordigd waren. Verder hadden woningen met balansventilatie vaker een inpandige garage en vaker een stedelijke of provinciale weg binnen 50 meter. Bewoners van woningen met balansventilatie waren ouder, rookten minder vaak en waren minder vaak ooit medisch behandeld voor allergie.

**Tabel 3.1 Kenmerken van de bewoners en woningen per type ventilatiesysteem**

	<i>Balansventilatie</i>	<i>Natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging</i>
Woningtype (%)		
Vrijstaand	57	26
2-onder-1-kap	11	21
Hoekwoning in rij	15	17
tussenwoning in rij	17	35
Leeftijd (jaren, gem. ± SD)	46 ± 12	42 ± 11
Leeftijd (%)		
<30 jaar	6	16
30-<45 jaar	47	49
45-<65 jaar	42	32
65 jaar en ouder	5	3
Hoogst voltooide opleiding (%)		
Laag	4	5
Midden	30	35
Hoog	66	60
Geslacht (% man)	72	66

(tabel loopt door op de volgende pagina)

**Tabel 3.1 (vervolg)**

	<i>Balansventilatie</i>	<i>Natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging</i>
<b>Roken</b>		
huidige roker (%)	7	18
ex-roker (%)	37	35
nooit gerookt (%)	55	47
<b>Inpandige garage (% aanwezig)</b>		
Weg binnen 50 meter (stedelijk/provinciaal, %)	19	10
Weg binnen 300 meter (snelweg, %)	7	8
Woon-slaapkamer geverfd < 6 maanden (%)	10	12
Vloerbedekking gelegd < 6 maanden (%)	1	1
Open keuken (%)	83	86
<b>Huisdieren (%)</b>		
Hond	18	19
Kat	24	18
Vogel	3	5
Knaagdier	10	10
Ooit medisch behandeld voor allergie (%)	22	31

## 3.2.2

*Representativiteit ten opzichte van steekproef RIGO*

Om iets te kunnen zeggen over mogelijk selectieve deelname aan het onderzoek, werd de studiepoppulatie vergeleken met de deelnemers van het RIGO-onderzoek, waaruit de deelnemers aan het huidige onderzoek afkomstig zijn. Als gekeken wordt naar het type woningen bleek onze steekproef geen aselechte steekproef uit het RIGO bestand. Er was een oververtegenwoordiging van vrijstaande woningen en een ondervertegenwoordiging van 2-onder-1-kap en tussenwoningen, vooral bij woningen met balansventilatie.

**Tabel 3.2 Percentage woningtype van eengezinswoningen in het RIGO-onderzoek**

<i>Woningtype</i>	<i>Balansventilatie (%)</i>	<i>Natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging (%)</i>
vrijstaand	31	19
2-onder-1-kap	22	26
hoekwoning in rij	14	15
tussenwoning in rij	33	40

Voor de vergelijking van bewonerskenmerken tussen de verschillende steekproeven (onderzoeken) werd een weging toegepast op onze steekproef. Dit werd gedaan omdat in onze steekproef als gevolg van de steekproeftrekking zich evenveel woningen bevonden met balansventilatie als natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging, terwijl dat niet het geval was in de steekproef van RIGO. Om dit verschil te 'verdisconteren' en een vergelijking tussen de steekproeven mogelijk te maken, is onze steekproef gewogen naar ventilatietype (33% balansventilatie en 66% natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging). Voor de bewonerskenmerken valt op dat de gewogen steekproef goed overeenkwam met het RIGO-onderzoek.

**Tabel 3.3 Bewonerskenmerken van eengezinswoningen in deze steekproef en het RIGO-onderzoek**

	<i>Gewogen steekproef (%)</i>	<i>RIGO-onderzoek (%)</i>
Leeftijd		
<30 jaar	10	10
30-<45 jaar	48	49
45-<65 jaar	37	36
65 jaar en ouder	5	5
Hoogste opleiding		
Laag	4	6
Midden	33	33
Hoog	63	60

### 3.3 Instructie, regelbaarheid en gebruik ventilatiesystemen

In Tabel 3.4 staan verschillende aspecten van het gebruik van de ventilatiesystemen. De meeste bewoners waren tevreden over de mogelijkheid ramen te openen. Wel hield een aanzienlijk deel van de bewoners de ramen gesloten vanwege inbraakrisico, geluidsoverlast of stank van buiten. Ook hield een groot deel van de bewoners het ventilatiesysteem vaak in de laagste stand of uit vanwege geluidsoverlast. Dit was vaker het geval bij balansventilatie dan bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging ( $p < 0,01$ ).

**Tabel 3.4 Gebruik van de ventilatiesystemen**

	<i>Balansventilatie (% ja)</i>	<i>Natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging (% ja)</i>
Houdt u de ramen of gevelroosters vaak dicht vanwege geluidsoverlast van buiten?	11	12
Houdt u de ramen of gevelroosters vaak dicht vanwege stankoverlast van buiten?	4	3
Houdt u de ramen vaak dicht vanwege een inbraakrisico?	36	34
Houdt u het ventilatiesysteem vaak in de laagste stand of uit vanwege stankoverlast van buiten?	4	3
Houdt u het ventilatiesysteem vaak in de laagste stand of uit vanwege geluid van het systeem?	61	39*

\* significant verschillend van balansventilatie ( $p < 0,01$ ).

Het grootste deel van de bewoners vond de temperatuur in hun woning voldoende naar eigen wens in te stellen. Ongeveer 30% vond echter dat de temperatuur in de zomer niet voldoende naar eigen wens in te stellen was (Tabel 3.5). Dit verschilde niet per type systeem. De vraag of de bewoners het ventilatiesysteem voldoende naar eigen wens instelbaar vonden, beantwoordde 68% van de bewoners van woningen met balansventilatie positief. Dit was minder dan bij bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging (82%,  $p < 0,01$ ).

**Tabel 3.5 Ervaren regelbaarheid van het binnenmilieu**

	<i>Balansventilatie (% ja)</i>	<i>Natuurlijke lucht- toevoer en me- chanische afzui- ging (% ja)</i>
Zijn er volgens u voldoende te openen ramen?	93	92
Kunnen ramen open wanneer u daar behoefte aan heeft?	99	96
Kunt u de temperatuur in uw woning in de zomer voldoende naar eigen wens instellen?	67	72
Kunt u de temperatuur in uw woning in de winter voldoende naar eigen wens instellen?	90	90
Kunt u het ventilatiesysteem voldoende naar eigen wens instellen?	68	82*

\* significant verschillend van balansventilatie ( $p < 0,01$ ).

Wat betreft instructie en onderhoud van de ventilatiesystemen werden balansventilatiesystemen significant vaker periodiek onderhouden door een professionele partij dan ventilatiesystemen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Ook hadden bewoners in het geval van balansventilatie vaker technische documentatie gekregen van het systeem (Tabel 3.6).

**Tabel 3.6 Instructie en onderhoud van de ventilatiesystemen**

	<i>Balansventilatie (% ja)</i>	<i>Natuurlijke lucht- toevoer en me- chanische afzui- ging (% ja)</i>
Heeft u ooit technische documentatie gekregen van het ventilatiesysteem?	84	69*
Heeft u ooit een schriftelijke instructie gekregen over het gebruik van het ventilatiesysteem?	59	56
Heeft u ooit een mondelinge instructie gekregen over het gebruik van het ventilatiesysteem?	53	49
Heeft u ooit een opleveringsrapport gekregen van het ventilatiesysteem?	21	15
Wordt het ventilatiesysteem periodiek onderhouden door een professionele partij (bijv. een installateur of iemand van de woningbouwvereniging)?	38	23*

\* significant verschillend van balansventilatie ( $p < 0,01$ ).

### **3.4 Verschillen in gezondheid en ervaren binnenmilieu tussen typen ventilatiesystemen**

#### *3.4.1 Zelfgerapporteerde gezondheid*

In Tabel 3.7 staat beschreven hoe de deelnemers aan het onderzoek hun gezondheid rapporteerden. Tevens staan er, waar mogelijk, referentiecijfers van de gebruikte uitkomstmaten voor Nederland. Er waren geen significante verschillen in zelfgerapporteerde gezondheid tussen de bewoners van woningen met balansventilatie of woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Figuur 3.1 toont gemiddelde scores voor de zelfgerapporteerde gezondheidsmaten uit Tabel 3.7.

**Tabel 3.7 Zelfgerapporteerde gezondheid<sup>a</sup> uitgedrukt in gezondheidsscores op gestandaardiseerde vragenlijsten (absolute score of percentage respondenten met een verhoogde score) per type ventilatiesysteem**

	<i>Balansventilatie<sup>b</sup></i>	<i>Natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging<sup>b</sup></i>	<i>p-waarde verschil</i>	<i>Referentie Nederland</i>
Aspecifieke gezondheidsklachten (4-DKL somscore; range 0-32)	2,7 ± 3,7	2,8 ± 4,5	0,81	3,7 ± 4,1 <sup>c</sup>
Laag (%)	91	92		
Matig verhoogd (%)	5	6		
Sterk verhoogd (%)	1	1		
Ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13 somscore; range 0-13)	2,4 ± 2,7	2,1 ± 2,8	0,14	
Verhoogd (%)	14	12		16 <sup>d</sup>
Binnenmilieu-specifieke gezondheidsklachten (MM-040 BSI somscore; range 0-5)	0,6 ± 1,1	0,5 ± 0,9	0,51	
Slaapverstoringsscore (GSK; range 0-10)	1,7 ± 2,4	1,7 ± 2,3	0,58	
Verhoogd (%)	17	18		11 <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Zie Tabel 2.1 voor uitleg van de gebruikte maten voor zelfgerapporteerde gezondheid.

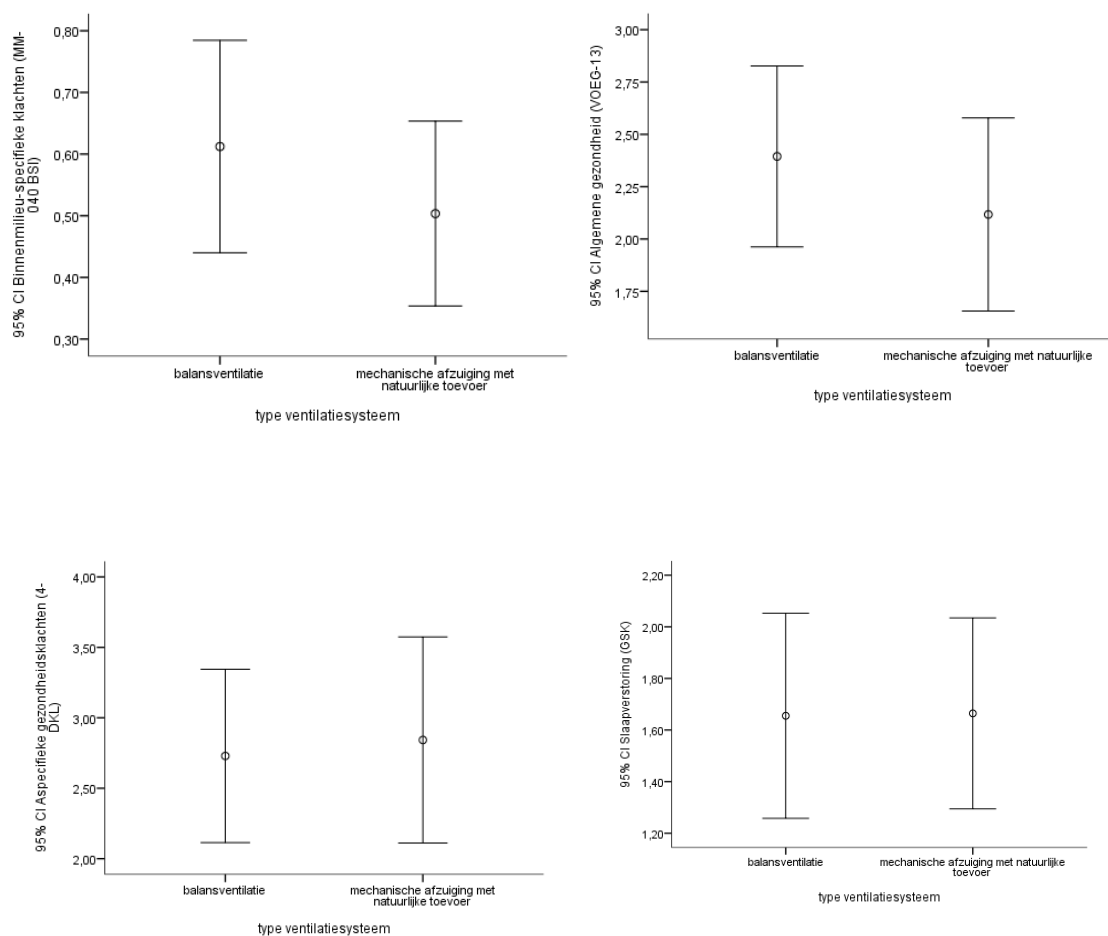
<sup>b</sup> gemiddelde ± SD, tenzij anders vermeld.

<sup>c</sup> voor werknemers van een grote multinational (waarvan 71% met een uitvoerende of administratieve functie) (Terluin & Duijsens 2006)

<sup>d</sup> (Van Kamp, Van der Velden et al. 2006)

<sup>e</sup> (Van Kamp 1990)





**Figuur 3.1 Gemiddelde scores<sup>a</sup> en 95%-betrouwbaarheidsintervallen op de vragen over zelfgerapporteerde gezondheid en slaapverstoring voor bewoners van woningen met balansventilatie of natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging**

<sup>a</sup> Een hogere score betekent een lagere zelfgerapporteerde gezondheid of lagere slaapkwaliteit

### 3.4.2 *Ervaren binnenmilieu*

In Tabel 3.8 staat beschreven hoe de deelnemers aan het onderzoek het binnenmilieu van hun woning ervoeren.

**Tabel 3.8 Ervaren kwaliteit van het binnenmilieu per type ventilatiesysteem**

	Balansventilatie	Natuurlijke lucht- toevoer en me- chanische afzui- ging	p-waarde
Ervaren algemene tempe- ratuur			<b>0,048<sup>a</sup></b>
Erg goed (%)	12	13	
Goed (%)	72	68	
Acceptabel (%)	15	12	
Niet goed (%)	1	7	
Slecht (%)	0	0	
Ervaren algemene lucht- kwaliteit			<b>0,01<sup>a</sup></b>
Erg goed (%)	5	11	
Goed (%)	61	68	
Acceptabel (%)	24	18	
Niet goed (%)	10	3	
Slecht (%)	1	0	
Ervaren tocht (% vaak (elke week))	8	15	0,06 <sup>a</sup>
Ervaren muffe lucht (% vaak (elke week))	1	0	n.v.t. <sup>b</sup>
Ervaren droge lucht (% vaak (elke week))	20	7	<b>0,001<sup>a</sup></b>
Ervaren hinder door geluid van het ventilatiesysteem (gem. ± SD; range 0-10)	1,9 ± 2,4	1,3 ± 2,1	<b>0,003<sup>c</sup></b>
Percentage ernstig gehin- derden door het ventilatie- systeem (%)	5	2	0,34 <sup>a</sup>
Ervaren regelbaarheid (% onvoldoende naar eigen wens in te stellen)	32	18	<b>0,01<sup>a</sup></b>

<sup>a</sup> getoetst met Fisher's exact of Chi<sup>2</sup>-toets

<sup>b</sup> niet berekend omdat slechts een persoon vaak last van muffe lucht had.

<sup>c</sup> getoetst met Kruskal-Wallis toets

De getallen zijn p-waarden. **Vetgedrukt:** p<0,05 (statistisch significant); *schuingedrukt:* 0,05<p<0,10.

Zoals uit de tabel blijkt waren er 5 getoetste associaties statistisch significant en was er 1 bijna significant. Echter, ook hier moest gecorrigeerd worden voor het groot aantal toetsen dat in dit onderzoek is uitgevoerd. Uit de Benjamini en Hochberg-methode (zie paragraaf 2.4) bleek dat er onder de bijna significante en de significante associaties naar verwachting een aantal fout-positieve associaties zitten. Hieronder worden alleen die significante associaties toegelicht die onder het afkappunt (FDR=1.1) liggen (zie paragraaf 3.7), oftewel waarvan er naar verwachting slechts één fout-positief is. De andere significante en bijna significante associaties worden in Bijlage 4 grafisch getoond. Stratificatie naar categorieën van verstorende variabelen veranderde de gevonden associaties tussen ervaren binnenmilieu en type ventilatiesysteem niet substantieel. Wel was het bijna significante verschil in ervaren tocht tussen de twee typen ventilatiesysteem alleen significant in mannen en niet in vrouwen.

**Ervaren algemene luchtkwaliteit**

Bewoners in woningen met balansventilatie ervoeren de luchtkwaliteit als minder goed dan bewoners in woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging ( $p=0,01$ ; Tabel 3.8). In de bivariate analyse naar versturende variabelen waren leeftijd en het wel of niet hebben van een open keuken geassocieerd met de ervaren luchtkwaliteit.

In Bijlage 4 is hiervoor gestratificeerd. In de gestratificeerde analyse naar leeftijd kwam hetzelfde beeld naar voren, hoewel de associatie niet in elke groep significant was. Dit was mede het gevolg van het kleinere aantal mensen per groep. Iets vergelijkbaars was het geval na stratificatie naar het hebben van een open keuken: alleen bij woningen met een open keuken vonden bewoners de luchtkwaliteit significant minder goed bij balansventilatie dan bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging, maar het aantal woningen zonder open keuken was klein ( $n=42$ ).

**Ervaren droge lucht**

Bewoners van woningen met balansventilatie ervoeren de lucht vaker als droog dan bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging ( $p=0,001$ ; Tabel 3.8). Geen van de mogelijk versturende variabelen was geassocieerd met ervaren droge lucht. Er hoefde daarom niet gestratificeerd te worden naar categorieën van versturende variabelen.

Een ervaren droge lucht hoeft meestal niet iets te zeggen over de werkelijke luchtvochtigheid. Vaak is het ook een aanwijzing dat er prikkelende of irriterende stoffen in de lucht zitten die zorgen dat de lucht "droog" aanvoelt door irritatie van de slijmvliezen. In overleg met en op aanraden van BBA Binnenmilieu is na de analyse op droge lucht ook gekeken of bewoners van woningen met balansventilatie ook vaker last hebben van specifieke gezondheidsklachten (geïrriteerde ogen (vraag 15f) en geïrriteerde neus (vraag 15g)) die veroorzaakt kunnen worden door prikkelende stoffen in de lucht. Uit de analyse bleek dat deze klachten echter niet vaker voorkwamen bij bewoners van woningen met balansventilatiesystemen ( $p=0.79$  en  $p=0.87$ ).

**Ervaren regelbaarheid**

Bewoners van woningen met balansventilatie vonden vaker dat ze het ventilatiesysteem onvoldoende naar eigen wens kunnen instellen ( $p=0,01$ ; Tabel 3.8). In de bivariate analyses van mogelijk versturende variabelen bleek dat er geen versturende variabele significant samenhang met de ervaren regelbaarheid. Er hoefde daarom niet gestratificeerd te worden naar categorieën van versturende variabelen.

**Ervaren hinder door geluid van het ventilatiesysteem**

Bewoners van woningen met balansventilatie hadden meer hinder door geluid van het ventilatiesysteem in de stand waarop bewoners deze 's nachts gewoonlijk hebben staan dan bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging ( $p=0,003$ ; Tabel 3.8). In de bivariate analyse naar mogelijk versturende variabelen bleek opleidingsniveau geassocieerd met ervaren hinder door geluid van het ventilatiesysteem. Hoewel niet in elke categorie van de gestratificeerde analyses de associatie significant bleef (mede door het beperkte aantal personen in verschillende klassen; zie Bijlage 4), was de algemene trend dat bewoners van woningen met balansventilatie 's nacht meer hinder door geluid ervoeren.

### **3.5 Associatie tussen kenmerken ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid**

In Tabel 3.9 staan de uitkomsten van de ongecorrigeerde bivariate analyses. Er is aangegeven welke associaties getoetst zijn en of de associatie statistisch significant ( $p < 0.05$ ) of bijna significant was ( $0.10 < p < 0.05$ ). De sterkte van de verschillende associaties wordt hieronder gepresenteerd voor de statistisch significante verbanden.

Zoals uit Tabel 3.9 blijkt, waren 3 getoetste associaties bijna significant en was er 1 significant. Echter, uit de Benjamini en Hochberg methode (zie paragraaf 2.4) valt af te leiden dat er zich onder de bijna significante associaties naar verwachting een aanzienlijk deel (meer dan de helft) fout-positieve associaties bevonden. Hieronder worden alleen die significante associaties toegelicht die onder het afkappunt ( $FDR=1,1$ ) liggen (zie paragraaf 3.7), oftewel waarvan er naar verwachting slechts één fout-positief is. De andere significante en bijna significante associaties worden in Bijlage 4 getoond. Stratificatie naar categorieën van versturende variabelen veranderde de gevonden associaties tussen zelfgerapporteerde gezondheid en kenmerken van ventilatiesystemen niet substantieel, behalve voor de bijna significantie associatie tussen de aanwezigheid van verblijfsruimten zonder basisventilatievoorzieningen en ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13): bij vrouwen was –tegen de verwachting in– de algemene gezondheid significant beter als er ruimten waren zonder ventilatievoorzieningen.

**Tabel 3.9 Statistische significantie van de associaties tussen kwaliteitskenmerken van ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid**

<i>Metingen/kenmerken</i>	<i>Binnenmilieu- specifieke klachten (MM-040 BSI)</i>	<i>Ervaren gezond- heidstoestand (VOEG-13)</i>	<i>Aspecifieke gezond- heidsklachten (4DKL- somatisatie)</i>	<i>Slaapverstoring (GSK)</i>
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest ge- bruikte stand overdag in de woonkamer	0.75	0,76	0,34	
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest ge- bruikte stand 's nachts in de slaapkamer	0.15	0,38	<b>0,01</b>	0,42
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning hoogste ventilatie stand (stand 3)	0.36	0,22	0,21	0,08
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de door de bewo- ners meest gebruikte ventilatie stand overdag	0.31	0,24	0,25	0,52 (nacht)
Installatiegeluidniveau (dB(A)) in de woonkamer met het ventilatiesys- teem in de door de bewoners meest gebruikte ventilatie stand overdag			0,39	
Installatiegeluidniveau (dB(A)) in de slaapkamer met het ventilatiesys- teem in de door de bewoners meest gebruikte ventilatie stand 's nachts			0,45	0,67
De bedieningsschakelaar is niet logisch in gebruik	0.48		0,71	
Geen bedieningsschakelaar aanwezig met minimaal 3 standen			0,35	
Filters niet optisch schoon*	0,72	0,74		0,78
Ventilatie-unit inwendig schoon?*	0,56	0,42		0,87
WTW-blok niet optisch schoon*	0,09	0,58		0,78
Inblaas- en afzuigventielen in 1 ruimte (woonkamer of slaapkamer) zijn zodanig ten opzichte van elkaar geplaatst dat onvoldoende doorspoeling mogelijk is ('dode hoeken')*	0,15	0,30		0,17
Er wordt bij inblaasventielen meer lucht toegevoerd dan de maximale capaciteit van dat ventiel				0,74
"Kortsluiting" in het ventilatiesysteem*	0,69	0,29		
Geen adequate afzuigkap aanwezig in de keuken	0,52	0,98		

(tabel loopt door op de volgende pagina)

**Tabel 3.9 (vervolg)**

<i>Metingen/kenmerken</i>	<i>Binnenmilieu- specifieke klachten (MM-040 BSI)</i>	<i>Ervaren gezond- heidstoestand (VOEG-13)</i>	<i>Aspecifieke gezond- heidsklachten (4DKL- somatisatie)</i>	<i>Slaapverstoring (GSK)</i>
Aanwezigheid van 1 of meerdere verblijfsruimten zonder ventilatievoorzieningen	0,74	0,07		
Locatie van buitenluchtaanzuiging of gevelroosters nabij vervuilingsbron	0,71	0,26		0,39

<sup>a</sup> De getallen zijn p-waarden. **Vetgedrukt:**  $p < 0,05$  (statistisch significant); *schuingedrukt:*  $0,05 < p < 0,10$ .

<sup>b</sup> De associaties met vetgedrukte en schuingedrukte p-waarden worden in paragraaf 3.4 en Bijlage 4 uitgewerkt.

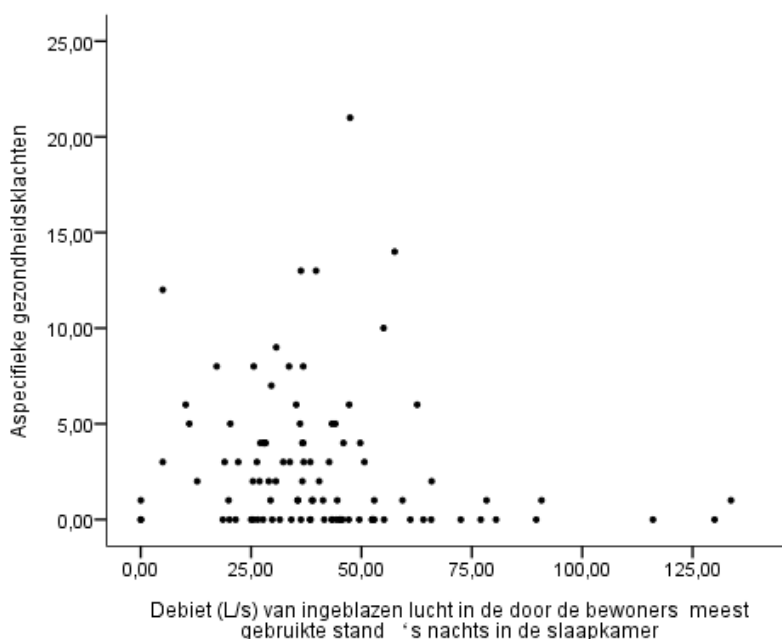
\* Alleen van toepassing voor balansventilatie.

\*\* Alleen van toepassing voor natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging

### **Aspecifieke gezondheidsklachten en toevoer lucht in de slaapkamer**

In Figuur 3.2. wordt de associatie weergegeven tussen aspecifieke gezondheidsklachten (4-DKL) van de bewoner en het debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand 's nachts in de slaapkamer bij woningen met balansventilatie.

De correlatiecoëfficiënt (Spearman's  $r$ ) was  $-0,25$  ( $p=0,01$ ), wat duidt op minder aspecifieke gezondheidsklachten bij een hoger debiet van de ingeblazen lucht. Het betrof echter een zwakke relatie. Geen van de mogelijk versturende variabelen hing significant samen met aspecifieke gezondheidsklachten. Er hoefde daarom niet gestratificeerd te worden naar categorieën van versturende variabelen.



**Figuur 3.2** Associatie tussen aspecifieke gezondheidsklachten en de toevoer van lucht in de slaapkamer<sup>a</sup>

<sup>a</sup> De punten in de grafiek geven voor elke deelnemer aan het onderzoek aan hoe hoog de score voor aspecifieke klachten was die hij of zij rapporteerde en hoeveel lucht werd ingeblazen

### **3.6 Associatie tussen kenmerken ventilatiesystemen en ervaren binnenmilieu**

In Tabel 3.10 staan de uitkomsten van de ongecorrigeerde bivariate analyses. Er is aangegeven welke associaties getoetst zijn en of de associatie statistisch significant ( $p < 0,05$ ) of bijna significant was ( $0,10 < p < 0,05$ ). De p-waarden voor mufte lucht zijn niet weergegeven, omdat er maar één persoon was die vaak last van mufte lucht had.

Zoals uit Tabel 3.10 blijkt, waren er 3 getoetste associaties bijna significant en waren er 4 significant. Uit de Benjamini en Hochberg methode (zie paragraaf 2.4) valt echter af te leiden dat er onder de bijna significante associaties en ook onder de significante associaties naar verwachting een aantal fout-positieve associaties zitten. Hieronder worden alleen die significante associaties toegelicht die onder het afkappunt ( $FDR=1,1$ ) liggen (zie paragraaf 3.7), oftewel waarvan

er naar verwachting slechts één fout-positief is. De andere significante en bijna significante associaties worden in Bijlage 4 getoond. Stratificatie naar categorieën van verstorende variabelen veranderde de gevonden associaties tussen ervaren binnenmilieu en kenmerken van ventilatiesystemen niet.



**Tabel 3.10 Statistische significantie van de associaties tussen kwaliteitskenmerken van ventilatiesystemen en ervaren binnenklimaat<sup>a, b</sup>**

	<i>Algemeen ervaren temperatuur</i>	<i>Algemeen ervaren luchtkwaliteit</i>	<i>Ervaren tocht</i>	<i>Ervaren droge lucht</i>	<i>Ervaren geluid- hinder door het ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren regel- baarheid</i>
<i>Metingen</i>						
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand overdag in de woonkamer		0,95		0,71		
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand 's nachts in de slaapkamer		0,30		0,64	0,84	
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de hoogste ventilatie stand (stand 3)		0,62		0,16	0,93	
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de door de bewoners meest gebruikte ventilatie stand overdag		0,97		0,76	<b>0,009 (nacht)</b>	
Installatiegeluidniveau (dB(A)) in de slaapkamer met het ventilatiesysteem in de door de bewoners meest gebruikte ventilatie stand 's nachts					0.17	
<i>Kenmerken</i>						
De gevelroosters zijn zodanig geplaatst dat er een verhoogd risico is op tocht**			0,06			
Aanwezigheid van gevelroosters op een hoogte lager dan 1,8 m van de vloer**			0,35			
Geen zelfregelende gevelroosters aanwezig**			0,52			
De bedieningsschakelaar is niet logisch in gebruik					0,59	0,31
Geen bedieningsschakelaar aanwezig met minimaal 3 standen					<b>0,03</b>	0,58
Geen bypass op WTW	0,60					
Filters niet optisch schoon*		0,27		0,38		
Ventilatie-unit inwendig schoon?*		0,80		0,50		

(tabel loopt door op de volgende pagina)

**Tabel 3.10 (vervolg)**

	<i>Algemeen ervaren temperatuur</i>	<i>Algemeen ervaren luchtkwaliteit</i>	<i>Ervaren tocht</i>	<i>Ervaren droge lucht</i>	<i>Ervaren geluid- hinder door het ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren regel- baarheid</i>
WTW-blok niet optisch schoon*		0,80		0,47		
Inblaas- en afzuigventielen in 1 ruimte (woonkamer of slaapkamer) zijn zodanig ten opzichte van elkaar geplaatst dat onvoldoende doorspoeling mogelijk is ('dode hoeken')*				0,44		
Er wordt bij inblaasventielen meer lucht toegevoerd dan de maximale capaciteit van dat ventiel*			1,00		0,07	
Geen inducerende inblaasventielen of naverwarmer aanwezig*			0,55			
De onderlinge afstand tussen inblaasventielen is minder dan 1 m*			1,00			
Inblaasventielen zijn op een afstand < 30 cm van plafond of wand aangebracht en niet voorzien van een schone sector*			<b>0,02</b>			
Inblaasventielen in de woonkamer zijn ongunstig geplaatst t.a.v. tocht*			0,46			
Inblaasventielen slaapkamer ongunstig geplaatst t.a.v. tocht*			0,38			
"Kortsluiting" in het ventilatiesysteem*		<b>0,007</b>		0,70		
Geen adequate afzuigkap aanwezig in de keuken		0,28		0,08		
Aanwezigheid van 1 of meerdere verblijfsruimten zonder ventilatievoorzieningen		0,98		0,32		
Locatie van buitenluchtaanzuiging of gevelroosters nabij vervuilingsbron		0,47		0,27		

<sup>a</sup> De getallen zijn p-waarden. **Vetgedrukt:**  $p < 0,05$  (statistisch significant); *schuingedrukt:*  $0,05 < p < 0,10$ .

<sup>b</sup> De associaties met vetgedrukte en schuingedrukte p-waarden worden in paragraaf 3.5 en Bijlage 4 uitgewerkt.

\* Alleen van toepassing voor balansventilatie.

\*\* Alleen van toepassing voor natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging .

N.v.t.: Er was maar 1 persoon die vaak last had van muffe lucht.

**Ervaren luchtkwaliteit en 'kortsluiting' in het balansventilatiesysteem**

In Tabel 3.11 staat weergegeven hoe de bewoners van woningen met balansventilatie de algemene luchtkwaliteit beoordeelden. Dit was minder positief indien kortsluiting in het systeem was geconstateerd tussen ingeblazen en afgevoerde lucht, wat inhoudt dat de ingeblazen lucht zich vermengt met de afgevoerde lucht. Een groter percentage van de mensen (44%) vond in dat geval de luchtkwaliteit acceptabel, tegenover 5% in het geval van geen kortsluiting, en een kleiner percentage beoordeelde de luchtkwaliteit als goed (48% vs 70%;  $p < 0,01$ ). Leeftijd en het hebben van een open keuken waren ook geassocieerd met ervaren luchtkwaliteit, maar vanwege de kleine aantallen in de analyses was het niet zinvol te stratificeren naar deze variabelen.

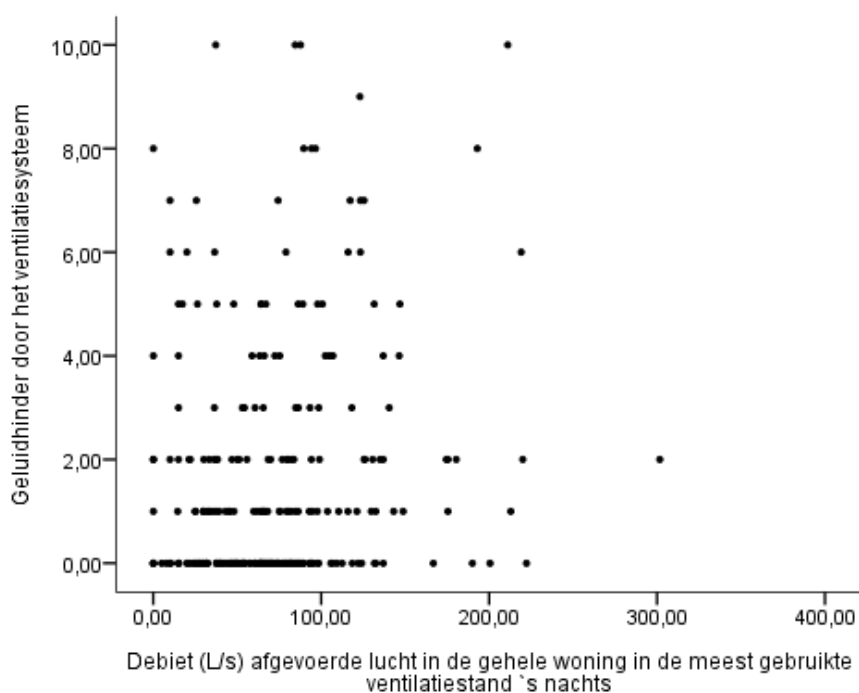
**Tabel 3.11 Ervaren luchtkwaliteit bij balansventilatiesystemen met of zonder kortsluiting tussen ingeblazen en afgevoerde lucht**

Luchtkwaliteit algemeen	Kortsluiting		P-waarde <sup>a</sup>
	<i>nee</i> (n=20)	<i>ja</i> (n=27)	
Erg goed (%)	5	4	<b>0,01</b>
Goed (%)	70	48	
Acceptabel (%)	5	44	
Niet goed (%)	15	4	
Slecht (%)	5	0	

<sup>a</sup> Fisher's exact toets.

**Geluidhinder van het ventilatiesysteem en afvoercapaciteit in de gehele woning in de meest gebruikte stand 's nachts**

Bewoners rapporteerden meer geluidhinder van het ventilatiesysteem naarmate het debiet van de afgevoerde lucht in de gehele woning in de meest gebruikte ventilatiestand 's nachts groter werd (Spearman's  $r=0,16$ ;  $p=0,01$ ; Figuur 3.3.). Opleidingsniveau was ook geassocieerd met geluidhinder 's nachts. Na stratificatie naar deze versturende variabele was de associatie tussen geluidhinder en afvoercapaciteit alleen nog statistisch significant ( $r=0,23$ ;  $p < 0,01$ ;  $n=174$ ) in de groep met het hoogste opleidingsniveau (Bijlage 4).



**Figuur 3.3** Associatie tussen geluidhinder van het ventilatiesysteem en hoeveelheid afgevoerde lucht<sup>a</sup>

<sup>a</sup> De punten in de grafiek geven voor elke deelnemer aan het onderzoek aan hoeveel geluidhinder hij of zij rapporteerde op een schaal van 0-10 en hoeveel lucht werd afgevoerd

### 3.7 Fout-positieve associaties

De analyse berust op de nulhypothese dat er geen verband is tussen de getoetste variabelen. Een p-waarde van minder dan 0,05 geeft aan dat de gevonden verdeling van de getoetste variabelen in minder dan 5% van de gevallen zou voorkomen als er sprake zou zijn van de nulhypothese (geen verband tussen de variabelen). Met andere woorden, de gevonden verdeling van de variabelen is onwaarschijnlijk als er geen verband zou zijn. Men verworpt dan de nulhypothese en noemt de associatie statistisch significant.

Bij het testen van een enkele associatie geeft een p-waarde van minder dan 0,05 een goede aanwijzing of er een verband is tussen de getoetste variabelen. Echter, bij het toetsen van meerdere associaties neemt de zeggingskracht van een enkele significante associatie af. Dit komt omdat hoe meer associaties er getest worden, hoe groter de kans wordt dat er twee variabelen getoetst worden die in werkelijkheid niet samenhangen maar toevalligerwijs wel een verdeling hebben die in minder dan 5% van de gevallen voorkomt. Bovenstaande volgt uit het feit dat als er 100 niet met elkaar samenhangende associaties getoetst worden er gemiddeld 5 statistisch significant zijn. Dit zijn zogenaamde fout-positieve associaties. In de analyse wordt hiervoor gecorrigeerd door middel van de Benjamini en Hochberg methode (zie paragraaf 2.4).

In Tabel 3.12 staan de statistisch significante associaties ( $p < 0,05$ ) weergegeven op volgorde van statistische significantie. De laatste kolom geeft aan hoeveel van de associaties uit de betreffende rij en de rijen daarboven naar verwachting op toeval berusten. Van alle tien significante associaties is naar verwachting bijna de helft (4,6) fout-positief. Wanneer echter uitsluitend naar de eerste zeven

(schuin gedrukte) associaties wordt gekeken, bevond zich hieronder naar verwachting slechts ongeveer één (namelijk 1,1) fout-positieve associatie. Deze zeven associaties zijn in de voorgaande paragrafen toegelicht. De overige drie associaties (meer tocht als inblaasventielen te dicht tegen een wand of plafond zijn geplaatst, meer geluidhinder bij het ontbreken van een driestandenschakelaar, een betere ervaren binnentemperatuur bij balansventilatie; waren echter ook conform de verwachtingen (zie Bijlage 4).

**Tabel 3.12 Aantal verwachte fout-positieve associaties van de associaties met  $p < 0,05^a$**

Kenmerk/meting	Zelfgerapporteerde gezondheid/ervaren binnenmilieu	Systeem	p-waarde	# Verwachte fout-positieven
<i>type ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren droge lucht</i>		0,001	0,1
<i>type ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren geluidhinder door ventilatiesysteem (nacht)</i>		0,003	0,3
<i>type ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren regelbaarheid</i>		0,007	0,7
<i>kortsluiting waargenomen</i>	<i>Ervaren luchtkwaliteit</i>	*	0,007	0,7
<i>Afvoer totaal (meest gebruikte stand)</i>	<i>Ervaren geluidhinder door ventilatiesysteem (nacht)</i>		0,009	0,9
<i>debiet meest gebruikte stand 's nachts – hoofdslaapkamer</i>	<i>Aspecifieke gezondheidsklachten</i>	*	0,011	1,0
<i>type ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren luchtkwaliteit</i>		0,012	1,1
<i>inblaasventielen &lt;30 cm van plafond/wand</i>	<i>Ervaren tocht</i>	*	0,017	1,6
<i>3-standen schakelaar</i>	<i>Ervaren geluidhinder door ventilatiesysteem</i>		0,032	3,0
<i>type ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren temperatuur</i>		0,048	4,6

\* Alleen van toepassing voor balansventilatie

<sup>a</sup> De schuin gedrukte associaties zijn toegelicht in paragraaf 3.4 t/m 3.6, de overige drie worden toegelicht in Bijlage 4

## 4 Discussie

Uit eerder uitgevoerd onderzoek is bekend dat in zowel woningen met balansventilatiesystemen als woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging veel klachten door bewoners gerapporteerd worden (Meijer & Duijm 2002; Duijm 2006; Duijm, Hady et al. 2007; Leidelmeijer, Menkveld et al. 2009). Het is echter niet bekend of en op welke manier deze klachten veroorzaakt worden door de kwaliteit van de ventilatiesystemen. Het huidige onderzoek was bedoeld om inzicht te krijgen in de relatie tussen zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu en het technisch functioneren van ventilatiesystemen. In dit hoofdstuk worden eerst de belangrijkste bevindingen uit het onderzoek samengevat, en vervolgens worden de resultaten besproken. Hierbij wordt ook aandacht besteed aan methodologische kanttekeningen bij het onderzoek die noodzakelijk zijn voor de interpretatie van de bevindingen.

### 4.1 Belangrijkste resultaten

In het onderzoek stonden drie vraagstellingen centraal. Hieronder worden per onderzoeksvraag de belangrijkste resultaten samengevat.

#### Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid?

- Met uitzondering van één kwaliteitskenmerk vertoonde geen van de 17 onderzochte kenmerken een verband met zelfgerapporteerde gezondheid.
- Indien er (in het geval van balansventilatie) 's nachts in de slaapkamer meer geventileerd werd, rapporteerden bewoners minder specifieke gezondheidsklachten.

#### Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners ervaren kwaliteit van het binnenmilieu?

- Met uitzondering van twee kwaliteitskenmerken vertoonde geen van de 25 onderzochte kenmerken een verband met ervaren binnenmilieu.
- Indien er bij balansventilatiesystemen sprake was van 'kortsluiting' tussen toe- en afgevoerde lucht (waardoor deze luchtstromen zich met elkaar vermengen) beoordeelden bewoners de luchtkwaliteit als minder goed dan wanneer er geen kortsluiting was.
- Bewoners rapporteerden meer geluidhinder door het ventilatiesysteem (zowel bij balansventilatie als bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging) als er in de gehele woning in de meest gebruikte ventilatiestand 's nachts meer lucht werd afgevoerd.

#### Is er een verschil in door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid en de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu tussen woningen met balansventilatie en woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging?

- Er waren geen verschillen in zelfgerapporteerde gezondheid en slaapverstoring tussen bewoners van woningen met balansventilatie of natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.
- Bewoners vonden de luchtkwaliteit beter bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.
- Bewoners ervoeren minder vaak droge lucht bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.
- Bewoners hadden minder geluidhinder van het ventilatiesysteem bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.

- Bewoners vonden de regelbaarheid van het ventilatiesysteem beter bij natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.

## 4.2 Bespreking van het onderzoek

### *Interpretatie van de bevindingen*

De resultaten van dit onderzoek zijn voor het grootste deel in overeenstemming met de verwachtingen dat een betere ventilatie (meer ingeblazen/afgezogen lucht) samenhangt met een betere zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren kwaliteit van het binnenmilieu maar met meer geluidhinder en tocht. Ook werd verwacht dat tekortkomingen aan kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem - zoals een slechte hygiëne van het ventilatiesysteem en onjuiste installatie van inblaas- en afzuigventielen - een nadelig effect zouden hebben op de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu en zelfgerapporteerde gezondheid (zie ook Bijlage 3).

De meest consistente bevinding was dat bewoners van woningen met balansventilatie het binnenmilieu als minder goed ervoeren dan bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Dit kan te maken hebben met kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem, maar ook met het ventilatiegedrag van bewoners. Mensen zetten bijvoorbeeld het systeem op een lage stand om geluidsoverlast te verminderen, met als gevolg onvoldoende ventilatie. In de huidige steekproef ondervond 54% van bewoners van woningen met balansventilatie ernstige geluidhinder van het ventilatiesysteem op stand 3. Voor natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging was dit 33 %. Op stand 2 was dit respectievelijk 11% en 7%. Ter vergelijking, het percentage ernstig gehinderden in Nederland door geluid van wegverkeer is 29% en door vliegverkeer is 12% (Compendium voor de Leefomgeving 2007).

Ondanks het verschil in ervaren binnenmilieu, was er geen verschil in zelfgerapporteerde gezondheid tussen beide groepen bewoners, gemeten aan de hand van ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13), aspecifieke gezondheidsklachten (4-DKL) en binnenmilieu-specifieke gezondheidsklachten (MM-040 BSI). Dit is vergelijkbaar met het RIGO-onderzoek (Leidelmeyer, Menkveld et al. 2009), waar ook een verschil in ervaren binnenmilieu gevonden werd tussen beide systemen, maar geen verschil in de VOEG-score. Aangezien de onderzochte steekproef uit de RIGO populatie komt, en gezien de lage statistische power (zie paragraaf 4.3) van het huidige onderzoek, was dit te verwachten. Desondanks kan er mogelijk in sommige mensen wel indirect een relatie zijn tussen het ventilatiesysteem en zelfgerapporteerde gezondheid die verloopt via geluidhinder van het systeem. Er zijn aanwijzingen dat gezondheidsklachten kunnen optreden indien mensen het gevoel hebben geen invloed te kunnen uitoefenen op de geluidsbron (Van Kamp 1990; Kroesen, Molin et al. 2008).

Van de 26 kwaliteitskenmerken van beide typen ventilatiesystemen die zijn onderzocht, waren er slechts enkele die een relatie vertoonden met ervaren binnenmilieu of zelfgerapporteerde gezondheid: geluidhinder van het ventilatiesysteem nam toe bij een hogere capaciteit van afgevoerde lucht, en er waren iets meer aspecifieke gezondheidsklachten bij een lagere capaciteit van ingeblazen lucht. Hoewel het hierbij om zwakke associaties gaat, zijn deze goed te verklaren. Het feit dat dit onderzoek niet meer of sterkere associaties kon aantonen, wil niet zeggen dat andere kwaliteitskenmerken (of het functioneren van een ventilatiesysteem) geen invloed kunnen hebben op ervaren binnenmilieu of zelfgerapporteerde gezondheid. Door de opzet van dit onderzoek -hoewel optimaal

gegeven de beschikbare financiële middelen- was echter de kans om relatief zwakke relaties aan te tonen niet groot (zie paragraaf 4.3).

De inspectie van de ventilatiesystemen door BBA Binnenmilieu wees uit dat in woningen met balansventilatie tussen de 30 en 40% van de aspecten tekortkomingen vertonen. Bij woningen met mechanische afzuiging en natuurlijke toevoer was dit 20-30% (van Dijken & Boerstra 2011). Het is daarom de vraag of verbeteringen van enkele afzonderlijke tekortkomingen van (beide typen) mechanische ventilatiesystemen zullen leiden tot minder bewonersklachten. Dit is temeer het geval omdat bij de kwaliteitskenmerken die wel een verband met zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu vertoonden, de associaties zwak waren. BBA Binnenmilieu beveelt daarom aan dat 'om onnodige fouten (en daarmee bewonersklachten) in de toekomst te voorkomen [...] het noodzakelijk [is] het kwaliteitsbewustzijn in hele bouwproces (vanaf de initiatiefase tot de beheer- en gebruiksfase) te verbeteren' (Van Dijken & Boerstra 2011). Voor aanbevelingen hoe de situatie verbeterd kan worden, wordt verwezen naar de rapportage van BBA Binnenmilieu (Van Dijken & Boerstra 2011).

#### **Representativiteit onderzoek**

Dit onderzoek is uitgevoerd in een steekproef van deelnemers aan het RIGO-onderzoek (Leidemeijer, Menkveld et al. 2009). Het onderzoek bleek geen selecte steekproef uit het RIGO-bestand als gelet wordt op type woning (zie paragraaf 3.2.2). Wanneer gekeken wordt naar bewonerskenmerken (leeftijd en hoogst genoten opleiding) was er geen noemenswaardig verschil tussen beide onderzoeken.

In het RIGO-onderzoek is getracht een zo representatief mogelijke steekproef te trekken uit de Nederlandse nieuwbouwwoningen. Echter, in de steekproef van RIGO kwamen minder ouderen (65+) voor, meer mannen, en meer bewoners in de categorie 45-65 jaar. Uit de analyse van RIGO bleek verder dat bewoners in het RIGO-onderzoek minder tevreden waren met hun woning dan bewoners van vergelijkbare woningen gemiddeld in Nederland. Aan het huidige onderzoek namen relatief veel mannen deel, die gemiddeld minder specifieke gezondheidsklachten rapporteren dan vrouwen (Terluin & Duijsens 2006).

Gezien het bovenstaande is dit onderzoek dus niet representatief om uitspraken te doen over het vóórkomen van bewonersklachten in nieuwbouw eengezinswoningen met balansventilatie of natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging in Nederland. Dit was echter niet de vraagstelling van het onderzoek: het ging erom verschillen te onderzoeken in zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu tussen twee typen ventilatiesystemen, en relaties te leggen tussen bewonersklachten en kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen. Daarbij was het minder van belang om een representatief beeld van bewonersklachten te schetsen.

### **4.3 Kanttekeningen bij het onderzoek**

Voordat er conclusies uit het onderzoek getrokken worden, is het noodzakelijk enkele punten onder de aandacht te brengen die nodig zijn voor een juiste interpretatie van de bevindingen. Deze hebben te maken met de opzet van het onderzoek en het soort bewonersklachten dat bestudeerd is.

#### **Gezondheidsklachten zijn veel voorkomend en kunnen veel oorzaken hebben**

De gezondheidsklachten die bewoners rapporteerden komen vaak voor en kunnen door verschillende factoren veroorzaakt worden. Deze (deels onbekende)



factoren hebben naar verwachting een grotere invloed op het ontstaan van klachten dan de technische kenmerken van de ventilatiesystemen. Zo kan stress op het werk bijvoorbeeld een grote invloed op hoofdpijn hebben. Hierdoor kunnen associaties tussen zelfgerapporteerde gezondheid en kwaliteitskenmerken, of verschillen in zelfgerapporteerde gezondheid tussen bewoners van woningen met verschillende typen ventilatiesystemen, niet opgemerkt zijn. De mogelijkheid om zulke verschillen te kunnen aantonen wordt bepaald door de zogenaamde 'power' van de studie. Deze is afhankelijk van de omvang van de steekproef (hoe groter de steekproef, hoe groter de power) en de omvang van het te onderzoeken verschil (hoe groter het verschil, hoe groter de power). In het algemeen kan gezegd worden dat in dit onderzoek zowel de omvang van de steekproef als de omvang van een eventueel verschil klein was en dat daardoor de power relatief laag was, of met andere woorden dat de kans op het vinden van statistisch significante kleine verschillen klein was. De associaties van kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen met zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu zouden daardoor op toeval kunnen berusten, hoewel de statistische analyse zo is gedaan dat de kans op toevalsbevindingen klein is. Bij ervaren binnenmilieu spelen andere factoren een rol dan bij zelfgerapporteerde gezondheid. Dit kan een verklaring zijn voor het feit dat de duidelijkste resultaten van dit onderzoek betrekking hebben op de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu. Tegelijkertijd echter spelen bij deze uitkomsten subjectieve factoren een rol. Aangezien diverse aspecten van het binnenmilieu zoals bijvoorbeeld luchtkwaliteit niet objectief gemeten zijn, is niet met zekerheid te zeggen of een slechter ervaren binnenmilieu te maken heeft met een objectief gemeten slechter binnenmilieu.

#### ***Elk ventilatiesysteem was anders en zelden perfect werkend***

Eerdere studies naar gezondheid en ventilatiesystemen zijn voornamelijk uitgevoerd onder kantoorpersoneel (Wargocki, Sundell et al. 2002; Seppänen & Fisk 2004; Seppänen & Fisk 2006). Dergelijke studies hadden het voordeel dat grote groepen mensen aan hetzelfde ventilatiesysteem werden blootgesteld, wat de vergelijking tussen ventilatiesystemen vergemakkelijkte. In tegenstelling tot studies in kantoren, is het huidige onderzoek uitgevoerd in woningen. De ventilatiesystemen in de onderzochte woningen verschilden op een groot aantal punten van elkaar, waardoor elk merk en type systeem en de bijbehorende tekortkomingen bijna uniek waren voor één woning. Bovendien was er nauwelijks een systeem zonder tekortkomingen (Van Dijken & Boerstra 2011) en was het dus niet mogelijk om een vergelijking met een perfect werkend systeem te maken. Doordat sommige technische aspecten maar op één type ventilatiesysteem van toepassing waren, was bij deze aspecten de statistische power (zie hierboven) lager.

#### ***Causale relaties kunnen niet worden aangetoond***

Als laatste methodologische punt, is het belangrijk te vermelden dat met de huidige onderzoeksopzet (een dwarsdoorsnedenonderzoek) nooit kan worden aangetoond dat een ventilatiesysteem of bepaalde kwaliteitskenmerken de oorzaak zijn van een slecht ervaren binnenmilieu of een slechte zelfgerapporteerde gezondheid. Om betere uitspraken over oorzaak en gevolg te kunnen doen, is een longitudinaal onderzoek wenselijk, waarbij een groot aantal bewoners gedurende een langere periode gevolgd wordt, bij voorkeur vanaf het moment van verhuizing van een woning zonder naar een woning met mechanische ventilatie. Er kan dan gekeken worden naar veranderingen in de gezondheidstoestand van bewoners gedurende de duur van het onderzoek. Echter, een dergelijk onderzoek is kostbaar en arbeidsintensief, en kent diverse (andere) methodologische uitdagingen.

## 5 Conclusies

Het onderzoek dat in dit rapport gepresenteerd wordt, had als doel inzicht te geven in de mogelijke relatie tussen de kwaliteit van mechanische ventilatiesystemen en zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren kwaliteit van het binnenmilieu bij bewoners van nieuwbouw eengezinswoningen. De onderzoeksvragen hierbij waren:

1. Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid?
2. Wat is de relatie tussen kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem en de door bewoners ervaren kwaliteit van het binnenmilieu?
3. Is er een verschil in door bewoners zelf gerapporteerde gezondheid en de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu tussen woningen met balansventilatie en woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging?

De resultaten wijzen erop dat:

- er geen verschillen in gezondheidsscores (VOEG-13, 4-DKL, slaapverstoring en MM-040 BSI) zijn tussen bewoners van woningen met balansventilatie of van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging;
- bewoners van woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging de kwaliteit van het binnenmilieu op een aantal punten beter vonden dan bewoners van woningen met balansventilatie. Klachten die meer gerapporteerd werden bij balansventilatie waren: een ervaren droge lucht, geluidhinder door het ventilatiesysteem, een minder goede ervaren luchtkwaliteit en onvoldoende ervaren regelbaarheid van het ventilatiesysteem;
- met uitzondering van drie hieronder genoemde kwaliteitskenmerken geen van de 26 onderzochte kenmerken een verband vertoonde met zelfgerapporteerde gezondheid of ervaren binnenmilieu;
  - o bij woningen met balansventilatie het aantal door de bewoner gerapporteerde specifieke gezondheidsklachten minder is als er in de slaapkamer 's nachts meer geventileerd wordt;
  - o 'kortsluiting' tussen aan- en afgevoerde lucht (d.w.z. vermenging van beide luchtstromen) in balansventilatiesystemen samenhangt met een minder goede ervaren luchtkwaliteit;
  - o geluidhinder door het ventilatiesysteem (balansventilatie en natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging) toeneemt bij meer ventilatie in de gehele woning in de meest gebruikte ventilatiestand 's nachts.

De gevonden associaties met kwaliteitskenmerken van de ventilatiesystemen waren in overeenstemming met de verwachtingen<sup>1</sup> maar zwak. Het is daarom moeilijk om aan te geven of verbeteringen van deze specifieke kenmerken van mechanische ventilatiesystemen zullen leiden tot een betere zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu. Vanwege enkele beperkingen in de studieopzet (zie paragraaf 4.3) kunnen bestaande relaties tussen het functioneren van het ventilatiesysteem en zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren binnenmilieu onopgemerkt zijn gebleven.

<sup>1</sup> Meer ventilatie hangt samen met een betere zelfgerapporteerde gezondheid en ervaren kwaliteit van het binnenmilieu maar ook met meer geluidhinder en tocht. Tekortkomingen aan kwaliteitskenmerken van het ventilatiesysteem - zoals de hygiëne van het ventilatiesysteem en de installatie van inblaas en afzuigventielen - hebben een nadelig effect op de ervaren kwaliteit van het binnenmilieu en zelfgerapporteerde gezondheid.

## Literatuur

- Andersson K. (2010). The MM Questionnaires. Retrieved 9 December 2010, 2010, from <http://www.mmquestionnaire.se/index.html>.
- Andersson K., Stridh G., et al. (1993). The MM-questionnaires – A tool when solving indoor climate problems. Örebro, Sweden, Department of Occupational and Environmental Medicine, Örebro University Hospital.
- Benjamini Y. en Hochberg Y. (1995). Controlling the False Discovery Rate: a Practical and Powerful Approach to Multiple Testing. *J R Statist Soc B* 57(1): 289-300.
- Burge P.S., Robertson A.S., et al. (1993). The development of a questionnaire suitable for the surveillance of office buildings to assess the building symptom index. A measure of the sick building syndrome. Indoor Air conference.
- Compendium voor de Leefomgeving. (2007). Geluidhinder: ernstige hinder, 1993 - 2003. 2010, from <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0294-Geluidhinder%3A-ernstige-hinder.html?i=13-45>.
- Dijken F. van en Boerstra A.C. (2011). Onderzoek naar de kwaliteit van ventilatiesystemen in nieuwbouw eengezinswoningen. Rotterdam, BBA Binnenmilieu
- Duijm F. (2006). Balansventilatie en gezondheid; waarom klagen bewoners? *ISSO ThemaTech* 9: 20-22.
- Duijm F., Hady M., et al. (2007). Gezondheid en ventilatie in woningen in Vathorst; onderzoek naar de relatie tussen gezondheidsklachten, binnenmilieukwaliteit en woningkenmerken. Amersfoort, GGD Eemland.
- Job R.F. (1999). Noise sensitivity as a factor influencing human reaction to noise. *Noise Health* 1(3): 57-68.
- Kamp I. van (2010). Klimaatverandering en geluid; een verkennend onderzoek. Briefrapport 815120003/2010. Bilthoven, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Kamp I. van (1990). Coping with noise and its health consequences. Academic Thesis. Groningen, University Groningen, also commercial edition, STYX Publisher, Groningen.
- Kamp I. van, Velden P.G. van der, et al. (2006). Physical and mental health shortly after a disaster: first results from the Enschede firework disaster study. *Eur J Public Health* 16(3): 253-259.
- Kroesen M., Molin E.J., et al. (2008). Testing a theory of aircraft noise annoyance: a structural equation analysis. *J Acoust Soc Am* 123(6): 4250-4260.
- Leidelmeijer K., Menkveld M., et al. (2009). Mechanische ventilatie in nieuwbouwwoningen: ervaringen en oordelen van bewoners over de kwaliteit van ventilatie en de eigen gezondheid. Amsterdam, RIGO Research en Advies BV. rapportnummer P10700.
- Meijer G. en Duijm F. (2002). Zuinig warm en schoon ; (balans)ventilatie en binnenmilieu, metingen in 28 woningen. Samenvattend rapport. Groningen, GGD Groningen.
- Meijman T.F., Vries-Griever A.H. de, et al. (1988). The evaluation of the Groningen Sleep Quality Scale (HB 88-13-EX). Groningen, RUG.
- Mendell M.J. (1993). Non-specific symptoms in office workers: A review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air* 3(4): 227-236.
- Mendell M.J. (2003). Indices for IEQ and building-related symptoms. *Indoor Air* 13(4): 364-368; author reply 373-364.

- Schreurs P.J.G., Willige G. van de, et al. (1993). De Utrechtse Coping Lijst: UCL. Lisse, Swets & Zeitlinger.
- Seppänen O.A. en Fisk W. (2006). Some quantitative relations between indoor environmental quality and work performance or health. 12(4): 957-973.
- Seppänen O.A. en Fisk W.J. (2004). Summary of human responses to ventilation. 14(SUPPL. 7): 102-118.
- Sonsbeek L.J.A. van (1990). De VOEG, klaaglijt of lijst met gezondheidsklachten. Statistische onderzoeken M37. Heerlen, Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS).
- Terluin B. en Duijsens I.J. (2006). Handleiding van de Vierdimensionale Klachtenlijst. Leiderdorp, Datec
- Wargocki P., Sundell J., et al. (2002). Ventilation and health in non-industrial indoor environments: Report from a European Multidisciplinary Scientific Consensus Meeting (EUROVEN). 12(2): 113-128.

## Dankwoord

De auteurs danken de onderstaande personen die hebben bijgedragen aan de totstandkoming van dit onderzoek en deze rapportage.

De opzet van het onderzoek, tussenrapportage en de eindrapportage zijn door een klankbordgroep, bestaande uit vertegenwoordigers van diverse brancheorganisaties, aandachtig bekeken. De leden van de klankbordgroep zijn:

- |                         |                  |
|-------------------------|------------------|
| – Aedes                 | Dhr. Goes        |
| – BNA                   | Dhr. Pastoors    |
| – Bouwend Nederland     | Dhr. Ruyter      |
| – FME/VLA               | Dhr. De Schipper |
| – NEPROM                | Mevr. Bouwens    |
| – NVB                   | Dhr. Meijers     |
| – Uneto-Vni             | Dhr. Vos         |
| – Vereniging Eigen Huis | Dhr. Hoving      |

Tijdens het opstellen van het analyseplan en het verwerken van de resultaten is nauw overleg geweest met Froukje van Dijken en Atze Boerstra van onderzoeks- en adviesbureau BBA Binnenmilieu.

José Ferreira en Caroline Ameling (RIVM) hebben advies gegeven over de statistische analysemethodes.

Elise van Kempen (RIVM) heeft bijgedragen aan een deel van de statistische analyses.

Esther Cozijnsen van RIGO Research en Advies heeft berekeningen uitgevoerd met de database van het RIGO-onderzoek, om een vergelijking van de steekproef van het huidige onderzoek met de bronpopulatie mogelijk te maken.

Ingrid van Kuilenburg (RIVM) heeft gewerkt aan de lay-out van het rapport.

Ellen Koudijs, Paul Fischer en Brigit Staatsen (RIVM) hebben commentaar gegeven op tussenrapportages en de eindrapportage.

Het hele proces vanaf de formulering van de onderzoeksvraag tot de afronding van de eindrapportage is intensief begeleid door Cor van den Bogaard van het Ministerie van I&M en Piet van Luijk van het Ministerie van BZK.

Tot slot had dit onderzoek nooit uitgevoerd kunnen worden zonder de medewerking van de bewoners van de onderzochte woningen.

## Bijlage 1 Uitnodigingsbrief



Ruimte en Milieu  
Ministerie van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer



**KOPIE**

> Retouradres Postbus 30945 2500 GX Den Haag

Aan de bewoner

**Portefeuille Milieu**  
Directie Risicobeleid

Rijnstraat 8  
Postbus 30945  
2500 GX Den Haag  
Interne postcode 645  
www.vrom.nl

**Contactpersoon**  
dr., arts C.J. M. van den  
Bogaard  
T 070-3394610

**Kenmerk**  
RB/2009064848

Datum **- 4 DEC. 2009**

Betreft Onderzoek naar ventilatiesystemen in opdracht van VROM

Geachte heer/mevrouw,

Eerder dit jaar heeft u meegewerkt aan een onderzoek in nieuwbouwwoningen van het Ministerie van VROM. U heeft hierbij een digitale vragenlijst ingevuld van onderzoeksbureau RIGO. U heeft toen aangegeven dat wij u opnieuw voor een onderzoek mochten benaderen.

Het vervolgonderzoek gaat nu van start in de regio West-Nederland. In deze regio hebben we 136 woningen geselecteerd, waaronder uw woning. Wij willen u vragen of u bereid bent aan het vervolgonderzoek mee te werken. U wordt hier binnenkort telefonisch over benaderd door een medewerker van ingenieursbureau BBA Binnenmilieu. BBA voert, in samenwerking met het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), het vervolgonderzoek uit.

Waarom dit onderzoek?

Doel van dit vervolgonderzoek is om te kijken of ventilatiesystemen in nieuwbouwwoningen naar behoren functioneren. Het Ministerie van VROM gaat de uitkomsten van het vervolgonderzoek gebruiken bij de ontwikkeling van eisen voor ventilatiesystemen van nieuwbouwwoningen.

Uw medewerking is dus erg belangrijk.

Wat houdt het onderzoek in?

Er komt een technisch onderzoeker bij u langs. Hij inspecteert uw woning en met name het ventilatiesysteem. Tevens worden er metingen verricht aan het ventilatiesysteem. Ook wordt u verzocht een korte vragenlijst in te vullen. Het betreft hier vragen over wooncomfort en gezondheid. Voor de volledigheid melden we u dat BBA en het RIVM gehouden zijn aan de Wet Bescherming Persoonsgegevens. Dit betekent dat de gegevens uit uw vragenlijst anoniem worden bewerkt en dat uw privacy te allen tijde blijft gewaarborgd.

Wat wordt er van u verwacht?

U dient te zorgen dat er iemand aanwezig is op de onderzoeksdag. Het onderzoek in de woning duurt 2 tot 3 uur. U kunt gewoon eigen activiteiten uitvoeren terwijl het onderzoek aan de gang is. De onderzoeker heeft u hooguit een half uur nodig

voor een korte rondleiding en het invullen van een vragenlijst. Het heeft de voorkeur dat degene die begin 2009 de RIGO vragenlijst heeft ingevuld aanwezig is op de onderzoeksdag. Op dit moment hoeft u verder zelf niks te doen, u wordt in december of januari gebeld door BBA.

**Portefeuille Milieu**  
Directie Risicobeleid

**Kenmerk**  
RB/2009064848

Wanneer wordt het onderzoek uitgevoerd?

Het vervolgonderzoek in de regio West-Nederland vindt plaats in de periode 1 december 2009 - 26 februari 2010. De onderzoeksdatum voor uw woning wordt in overleg met u bepaald. Hierbij kunt u steeds kiezen voor onderzoek 's ochtends, 's middags of aan het begin van de avond.

Waar kunt u met vragen of opmerkingen terecht?

Mocht u nog vragen of opmerkingen hebben over dit onderzoek, neemt u dan gerust contact op met onderzoeksbureau BBA. Ze zijn op woensdagmiddag en vrijdagmiddag tussen 13.00 en 17.00 uur te bereiken via telefoonnummer 010 - 244 70 60. Hebt u specifieke vragen over gezondheid in relatie tot de ventilatie of het binnenmilieu in uw woning, neemt u dan contact op met de GGD in uw regio.

Voor een goed slagen van het onderzoek is het belangrijk dat zoveel mogelijk mensen meedoen. Juist uw deelname is van belang om een goed en betrouwbaar beeld te krijgen van de kwaliteit van de nieuwbouwwoningen in uw regio.

Onder de deelnemers aan het vervolgonderzoek (totaal over heel Nederland gaat het om 300 woningen) wordt één reischeque verloot ter waarde van 500 euro. Ook krijgt iedereen die mee doet een kort rapport met een beschrijving van de uitkomsten voor de eigen woning.

Wij hopen van harte dat u aan dit vervolgonderzoek wilt deelnemen.

Hoogachtend,  
de directeur Risicobeleid,

drs. ing P. Torbijn



## Bijlage 2 Vragenlijst RIVM

Volgnummer:  
*(in te vullen door onderzoeker)*

Beste bewoner,

Deze vragenlijst bevat vragen over uw binnenklimaat, uw gezondheid en kenmerken van uw woning. Deze vragenlijst is een aanvulling op de eerdere vragenlijst van het ministerie van VROM en onderzoeksbureau RIGO die u op het internet ingevuld heeft.

- 1) Bent u dezelfde persoon die de eerdere vragenlijst over kenmerken van uw woning en gezondheid van het onderzoeksbureau RIGO op het internet heeft ingevuld?
- Ja (gaat door naar vraag 2)
  - Nee (laat deze vragenlijst invullen door de persoon die de vorige enquête ook heeft ingevuld en stuur hem op in de daarvoor bestemde envelop)



ALGEMENE VRAGEN OVER UW WONING

- 2) Wat voor soort woning heeft u?
- een huurwoning
  - een koophuis
  - weet ik niet
- 3) Hoe tevreden bent u met uw huidige woning?
- Zeer tevreden
  - Tevreden
  - Niet tevreden/Niet ontevreden
  - Ontevreden
  - Zeer ontevreden
- 4) Wilt u binnen 2 jaar verhuizen?
- Beslist niet (gaan naar vraag 5)
  - Eventueel wel, misschien
  - Zou wel willen, kan niets vinden
  - Beslist wel
  - Ik heb reeds andere huisvesting gevonden
  - Weet niet (ga naar vraag 5)
- 5) Wat is de reden van de verhuiswens?
- Gezondheid of behoefte aan zorg
  - Werk of studie
  - Dichter bij familie, vrienden of kennissen wonen
  - Ontevreden over woonomgeving/woonbuurt
  - Ontevreden over woning
  - Andere reden, namelijk.....
- .....
- 6) Welke wijzigingen heeft u het laatste jaar, sinds de vorige enquête, aangebracht in of om uw woning? (meerdere antwoorden mogelijk)
- Geen wijzigingen aangebracht
  - Een dakkapel geplaatst
  - Een slaapkamer gemaakt op zolder
  - De indeling van de woning veranderd (bijvoorbeeld een uitbouw geplaatst, tussenmuren weggehaald, etc.)
  - Het ventilatiesysteem veranderd
  - Anders, namelijk:

- 8) De volgende vragen gaan over woningen met balansventilatie. Als u geen balansventilatie heeft hoeft u deze vragen niet te beantwoorden. Weet u niet of u een balansventilatie heeft? Dan kunt u dit vragen aan de onderzoeker.

Per vraag één hokje aankruisen

		Nee	Ja
a	<p>Worden de filters van uw ventilatiesysteem periodiek gereinigd (bijv. stofzuigen of wassen van een gebruikt filter)?</p> <p>Zo ja, reinigt u de filters zelf of wordt dit gedaan door een professionele partij?</p> <p><input type="checkbox"/> zelf</p> <p><input type="checkbox"/> professional</p> <p><input type="checkbox"/> beide</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	<p>Worden de filters van uw ventilatiesysteem periodiek vervangen door nieuwe exemplaren?</p> <p>Zo ja, vervangt u de filters zelf door een nieuw exemplaar of wordt dit gedaan door een professionele partij?</p> <p><input type="checkbox"/> zelf</p> <p><input type="checkbox"/> professional</p> <p><input type="checkbox"/> beide</p> <p>Hoe vaak worden de filters vervangen?</p> <p><input type="checkbox"/> vaker dan 4x per jaar</p> <p><input type="checkbox"/> 4x per jaar</p> <p><input type="checkbox"/> 2 of 3x per jaar</p> <p><input type="checkbox"/> 1x per jaar</p> <p><input type="checkbox"/> minder dan 1x per jaar</p> <p><input type="checkbox"/> niet bekend</p>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- 9) Nu volgen enkele algemene vragen over het binnenklimaat

Per vraag één hokje aankruisen

		erg goed	goed	acceptabel	niet goed	slecht
a	Wat vindt u van de temperatuur in uw woning in het algemeen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Wat vindt u van de luchtkwaliteit in uw woning in het algemeen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Heeft u de afgelopen 3 maanden last gehad van:

Per vraag één hokje aankruisen

		ja, vaak (elke week)	ja, soms	Nee, nooit
c	tocht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	een te hoge kamertemperatuur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	een sterk wisselende temperatuur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	een te lage kamertemperatuur?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	een muffe lucht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	droge lucht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i	onaangename geuren?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j	stof en vuil?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## VRAGEN OVER UW GEZONDHEID

## 10) Hieronder staan enkele vragen over klachten die iedereen wel eens kan hebben

<i>Per vraag één hokje aankruisen</i>		Nee	Ja
a	Heeft u nogal eens een opgezet of drukkend gevoel in de maagstreek? ....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Bent u gauw kortademig? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Heeft u nogal eens pijn in de borst- of hartstreek? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	Heeft u klachten over pijn in botten en spieren? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Heeft u vaak het gevoel van moeheid? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	Heeft u nogal eens last van hoofdpijn? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	Heeft u nogal eens last van rugpijn? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	Is uw maag nogal eens van streek? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i	Heeft u wel eens een verdoofd gevoel of tintelingen in armen of benen? ..	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j	Voelt u zich gauwer moe dan u normaal acht? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k	Bent u nogal een duizelig? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	Voelt u zich nogal eens lusteloos? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	Staat u in de regel 's ochtends moe en niet uitgerust op? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n	Heeft u regelmatig andere lichamelijke klachten? .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Zo ja, welke klachten? ..... .....			

## 11) Heeft u in de afgelopen week last gehad van:

<i>Per vraag één hokje aankruisen</i>	nee	soms	regelmatig	vaak	heel vaak	
a	duizeligheid of een licht gevoel in het hoofd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	pijnlijkke spieren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	flauw vallen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	pijn in de nek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	pijn in de rug	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f	overmatige transpiratie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g	hartkloppingen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h	hoofdpijn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i	opgeblazen gevoel in de buik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j	wazig zien of vlekken voor de ogen zien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k	benauwdheid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l	misselijkheid of een maag die van streek is	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m	pijn in de buik of in de maagstreek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n	tintelingen in de vingers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
o	een drukkend of beklemmend gevoel op de borst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
p	pijn in de borst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12) Hieronder staan enkele vragen over uw slaapkwaliteit, in hoeverre zijn de volgende beweringen van toepassing op de kwaliteit van uw slaap?

<i>Per vraag één hokje aankruisen</i>	helemaal niet toepassing	nauwelijks van toepassing	evenzeer wel als niet van toepassing	gedeeltelijk van toepassing	helemaal van toepassing
a Ik doe vaak 's nachts geen oog dicht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b Ik sta 's nachts vaak op	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c Ik lig 's nachts meestal erg te woelen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d Ik word 's nachts vaak meerdere malen wakker	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e Ik vind dat ik meestal heel slecht slaap	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f Ik slaap naar mijn gevoel vaak maar een paar uur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g Ik slaap vaak niet langer dan vijf uur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h Ik vind dat ik 's nachts meestal goed slaap	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i Ik slaap meestal gemakkelijk in	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j Ik voel mij 's ochtends nadat ik ben opgestaan meestal goed uitgerust	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13) Kunt u aan de hand van onderstaande uitspraken aangeven hoe u doorgaans op lastige situaties reageert? U kunt hiertoe het beste een lastige situatie in gedachten nemen.

<i>Per vraag één hokje aankruisen</i>	nooit	soms	vaak	heel vaak
a ik zie het probleem als een uitdaging	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b ik probeer de spanning te verminderen door meer te roken, drinken, eten of beweging te nemen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c ik zoek afleiding	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d ik ga moeilijke situaties zoveel mogelijk uit de weg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e ik blijf optimistisch over de toekomst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f ik probeer altijd kalm te blijven in moeilijke situaties	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g ik bedenk verschillende mogelijkheden om een probleem op te lossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h ik maak me niet druk; alles komt op zijn pootjes terecht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i ik zet eerst de zaken op een rij	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j ik ga er van uit dat problemen zich vanzelf weer oplossen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k ik bedenk me dat anderen het ook moeilijk hebben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l ik praat er met vrienden en familie over	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
m ik probeer me aan de situatie te onttrekken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
n ik probeer aan andere dingen te denken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

14) Met de volgende vragen willen we te weten komen hoe u uw omgeving ervaart. In hoeverre bent u het eens met elk van de volgende stellingen?

<i>Per vraag één hokje aankruisen</i>	helemaal mee eens	tamelijk mee eens	noch eens/ noch oneens	tamelijk mee oneens	helemaal mee oneens
a de kleur van dingen valt me altijd direct op	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b ik ben heel gevoelig voor geuren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c fel licht doet vaak pijn aan mijn ogen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d ik raak niet graag sommige materialen aan	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e ik ben gevoelig voor temperatuurveranderingen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f ik heb er een hekel aan als ik het te koud of te warm heb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g ik merk het meteen wanneer mijn maag rammelt van de honger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h ik heb een lage pijndrempel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i ik ben gevoelig voor geluid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j ik ben altijd optimistisch over mijn toekomst	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k ik verwacht nooit dat de dingen gaan zoals ik ze wil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l als ik moeite doe, kan ik zelf de kwaliteit van mijn leefomgeving beïnvloeden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

15) Heeft u gedurende de laatste 3 maanden één van de volgende symptomen gehad? (beantwoord elke vraag ook al heeft u geen symptomen gehad!)

<i>Per vraag één hokje aankruisen</i>	Ja, vaak (elke week)	Ja, soms	Nee, nooit
a vermoeidheid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b het gevoel van een zwaar hoofd	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c hoofdpijn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e misselijk/duizelig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e moeite met concentreren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f jeukende, brandende of geïrriteerde ogen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g geïrriteerde, verstopte of loopneus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h schorre, droge keel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i hoesten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j droge of rood uitslaande gezichtshuid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k jeuk of schilferingen van de hoofdhuid of oren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l droge handen, jeuk of een rode huid	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

16) Hieronder staat een schaal van 0 t/m 10 waarop u kunt aangeven in welke mate geluid van ventilatie en/of koelingsystemen u hindert, stoort of ergert als u thuis bent. Als u helemaal niet gehinderd wordt kiest u de 0, als u extreem gehinderd wordt kiest u de 10. Als u daar ergens tussenin zit, kiest u een getal tussen 0 en 10. Als een geluid bij u thuis niet hoorbaar is of niet van toepassing, kunt u dit in de laatste kolom aangeven.

Per vraag één cijfer omcirkelen

Hinder door geluid van ...	helemaal niet gehinderd $\longleftrightarrow$ extreem gehinderd										niet hoorbaar of niet van toepassing	
a ventilatiesysteem zelf												
op stand 1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
op stand 2	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
op stand 3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
b ventilatiesysteem buren	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
c koelsysteem zelf	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
d koelsysteem buren	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
e anders, nl .....	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	<input type="checkbox"/>
.....												

17) Als u denkt aan de afgelopen 12 maanden, in welke mate ergert, stoort of hindert stof, roet of rook u als u thuis bent?  
 Één cijfer omcirkelen

helemaal niet gehinderd  $\longleftrightarrow$  extreem gehinderd  

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

18) Bent u bezorgd dat luchtverontreiniging, zoals die in de omgeving van uw huis voorkomt, tot gezondheidsklachten kan leiden?  
 Één cijfer omcirkelen

helemaal niet bezorgd  $\longleftrightarrow$  extreem bezorgd  

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Overige opmerkingen**

Hieronder heeft u ruimte om opmerkingen te schrijven naar aanleiding van de vragen en woningonderzoek.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the user to write their observations or notes based on the survey questions and housing research.

## Bijlage 3 Overzicht van getoetste associaties

	Binnenmilieu-specifieke klachten (MM-040 BSI)	Ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13)	Aspecifieke gezondheidsklachten (4DKL- somatisatie)	Slaapverstoring (GSK)	Algemeen ervaren temperatuur	Algemeen ervaren luchtkwaliteit	Ervaren tocht	ervaren muffe lucht	Ervaren droge lucht	Ervaren geluidhinder door het ventilatiesysteem	Ervaren regelbaarheid
<i>Metingen</i>											
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand overdag in de woonkamer*	x	x	x			x		x	x		
Debiet (L/s) van ingeblazen lucht in de door de bewoners meest gebruikte stand 's nachts in de slaapkamer*	x	x	x	x		x		x	x	x	
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de hoogste ventilatie stand (stand 3)	x	x	x	x		x		x	x	x	
Debiet (L/s) afgevoerde lucht in de gehele woning in de door de bewoners meest gebruikte ventilatie stand overdag	x	x	x	x (nacht)		x		x	x	x (nacht)	
Geluid meest gebruikte stand overdag - woonkamer			x								
Geluid meest gebruikte stand 's nachts - hoofdslaapkamer			x	x						x	
<i>Kenmerken</i>											
Het type ventilatiesysteem	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
De gevelroosters zijn zodanig geplaatst dat er een verhoogd risico is op tocht**							x				



	<i>Binnenmilieu-specifieke klachten (MM-040 BSI)</i>	<i>Ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13)</i>	<i>Aspecifieke gezondheidsklachten (4DKL- somatisatie)</i>	<i>Slaapverstoring (GSK)</i>	<i>Algemeen ervaren temperatuur</i>	<i>Algemeen ervaren luchtkwaliteit</i>	<i>Ervaren tocht</i>	<i>ervaren muffe lucht</i>	<i>Ervaren droge lucht</i>	<i>Ervaren geluidhinder door het ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren regelbaarheid</i>
Aanwezigheid van gevelroosters op een hoogte lager dan 1,8 m van de vloer**							x				
Geen zelfregelende gevelroosters aanwezig**							x				
De bedieningsschakelaar is niet logisch in gebruik	x		x							x	x
Geen bedieningsschakelaar aanwezig met minimaal 3 standen			x							x	x
Geen bypass op WTW*					x						
Filters niet optisch schoon*	x	x		x		x			x		
Ventilatie-unit inwendig schoon?*	x	x		x		x			x		
WTW-blok niet optisch schoon*	x	x		x		x			x		
Inblaas- en afzuigventielen in 1 ruimte (woonkamer of slaapkamer) zijn zodanig ten opzichte van elkaar geplaatst dat onvoldoende doorspoeling mogelijk is ('dode hoeken')*	x	x		x				x	x		
Er wordt bij inblaasventielen meer lucht toegevoerd dan de maximale capaciteit van dat ventiel*				x			x			x	
Geen inducerende inblaasventielen aanwezig*							x				
De onderlinge afstand tussen inblaasventielen is minder dan 1 m*							x				
Inblaasventielen zijn op een afstand < 30 cm van plafond of wand aangebracht en niet voorzien van een schone sector*							x				
Inblaasventielen in de woonkamer zijn ongunstig geplaatst t.a.v. tocht*							x				

	<i>Binnenmilieu-specifieke klachten (MM-040 BSI)</i>	<i>Ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13)</i>	<i>Aspecifieke gezondheidsklachten (4DKL- somatisatie)</i>	<i>Slaapverstoring (GSK)</i>	<i>Algemeen ervaren temperatuur</i>	<i>Algemeen ervaren luchtkwaliteit</i>	<i>Ervaren tocht</i>	<i>ervaren muffe lucht</i>	<i>Ervaren droge lucht</i>	<i>Ervaren geluidhinder door het ventilatiesysteem</i>	<i>Ervaren regelbaarheid</i>
Inblaasventielen slaapkamer ongunstig geplaatst t.a.v. tocht*							x				
"Kortsluiting" in het ventilatiesysteem*	x	x				x		x	x		
Geen adequate afzuigkap aanwezig in de keuken	x	x				x		x	x		
Aanwezigheid van 1 of meerdere verblijfsruimten zonder ventilatievoorzieningen	x	x				x		x	x		
Locatie van buitenluchtaanvuiging of gevelroosters nabij vervuiliingsbron	x	x		x		x		x	x		

\* Alleen van toepassing voor balansventilatie.

\*\* Alleen van toepassing voor natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging.

## Bijlage 4 Overige associaties met $p < 0,05$ of $p < 0,10$ en gestratificeerde analyses

### Ad 3.4

#### Ervaren tocht per type ventilatiesysteem

	Type ventilatiesysteem		P-waarde <sup>a</sup>
	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	
nooit of soms (n)	136	118	0,06
Ja, vaak (elke week) (n)	11	21	

<sup>a</sup> Chi<sup>2</sup> toets

	Opleidingsniveau					
	<i>laag</i>		<i>midden</i>		<i>hoog</i>	
	Type ventilatiesysteem					
	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>
nooit of soms (n)	5	3	42	46	86	68
Ja, vaak (elke week) (n)	1	1	1	3	9	17
P-waarde <sup>a</sup>	1,00		0,62		0,06	

<sup>a</sup> Fisher's exact toets

	Geslacht			
	<i>man</i>		<i>vrouw</i>	
	Type ventilatiesysteem			
	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>
nooit of soms (n)	101	82	35	36
Ja, vaak (elke week) (n)	5	12	6	9
P-waarde <sup>a</sup>	<b>0,046</b>		0,58	

<sup>a</sup> Fisher's exact toets

#### Geluidhinder van het ventilatiesysteem per type ventilatiesysteem

	Opleidingsniveau					
	<i>laag</i>		<i>midden</i>		<i>hoog</i>	
	Type ventilatiesysteem					
	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>
N	6	7	41	47	95	80
Gemiddelde	0,7	0,9	1,6	0,8	2,0	1,5
SD	0,8	1,6	2,5	1,9	2,5	2,3
P-waarde <sup>a</sup>	0,74		<b>0,03</b>		0,10	

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

**Ervaren temperatuur per type ventilatiesysteem**

	Opleidingsniveau					
	<i>laag</i>		<i>midden</i>		<i>hoog</i>	
	Type ventilatiesysteem					
	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>
Erg goed (n)	1	0	8	10	9	8
Goed (n)	4	4	27	34	74	57
Acceptabel (n)	1	0	9	5	13	11
Niet goed (n)	-	-	-	-	1	9
P-waarde <sup>a</sup>	1,0		0,42		<b>0,04</b>	

<sup>a</sup> Fisher's exact toets**Ervaren luchtkwaliteit per type ventilatiesysteem**

	Leeftijdsgroep							
	<i>&lt;30 jaar</i>		<i>30 - &lt;45 jaar</i>		<i>45 - &lt;65 jaar</i>		<i>65 jaar en ouder</i>	
	Type ventilatiesysteem							
	<i>balansventilatie (n)</i>	<i>mechanische afzuiging (n)</i>	<i>balansventilatie (n)</i>	<i>mechanische afzuiging (n)</i>	<i>balansventilatie (n)</i>	<i>mechanische afzuiging (n)</i>	<i>balansventilatie (n)</i>	<i>mechanische afzuiging (n)</i>
Erg goed (n)	-	-	2	6	4	9	1	-
Goed (n)	3	14	36	44	41	31	10	4
Acceptabel (n)	4	2	18	16	12	5	1	1
Niet goed (n)	1	1	8	3	6	0	-	-
Slecht (n)	-	-	1	-	-	-	-	-
P-waarde <sup>a</sup>	0.050		0.18		<b>0.02</b>		1.00	

<sup>a</sup> Fisher's exact toets

	Open keuken			
	<i>wel</i>		<i>niet</i>	
	Type ventilatiesysteem			
	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>	<i>balansventilatie</i>	<i>mechanische afzuiging</i>
Erg goed (n)	5	12	2	3
Goed (n)	71	82	19	11
Acceptabel (n)	34	22	1	2
Niet goed (n)	11	4	4	-
Slecht (n)	1	0	-	-
P-waarde <sup>a</sup>	<b>0.02</b>		0.20	

**Ad 3.5****Binnenmilieu-specifieke klachten en WTW-blok**

	WTW-blok schoon?		<i>P-waarde</i> <sup>a</sup>
	<i>ja</i>	<i>nee</i>	
N	91	43	0,09
Gemiddelde	0,68	0,4	
SD	1,12	0,9	

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Ooit behandeld wegens allergische aandoeningen			
	<i>ja</i>		<i>nee</i>	
	WTW-blok schoon?			
	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>
N	18	12	73	31
Gemiddelde	0,83	0,67	0,64	0,29
SD	1,15	1,23	1,12	0,74
P-waarde <sup>a</sup>	0,48		0,09	

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Hond als huisdier			
	<i>ja</i>		<i>nee</i>	
	WTW-blok schoon?			
	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>
N	18	5	73	38
Gemiddelde	0,94	0,60	0,62	0,37
SD	1,30	0,89	1,08	0,91
P-waarde <sup>a</sup>	0,68		0,13	

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Roken <sup>a</sup>			
	<i>ex-roker</i>		<i>nooit gerookt</i>	
	WTW-blok schoon?			
	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>
N	34	14	50	27
Gemiddelde	0,91	0,43	0,52	0,41
SD	1,22	0,94	1,07	0,93
P-waarde <sup>b</sup>	0,11		0,70	

<sup>a</sup> Te weinig huidige rokers om te analyseren<sup>b</sup> Kruskal-Wallis toets

**Ervaren gezondheidstoestand (VOEG-13) en basisventilatievoorzieningen**

	Verblijfsruimten zonder basisventilatievoorzieningen		P-waarde <sup>a</sup>
	ja	nee	
N	72	220	0,07
Gemiddelde	1,81	2,4	
SD	2,56	2,77	

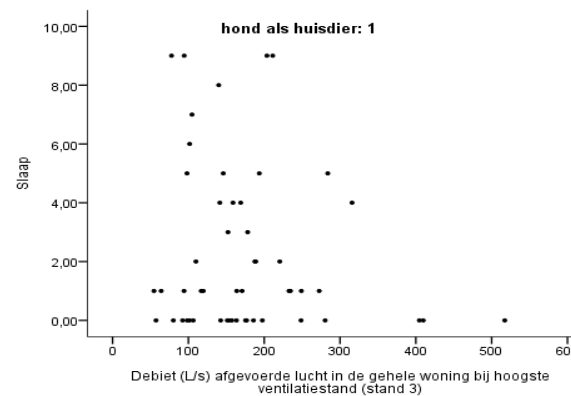
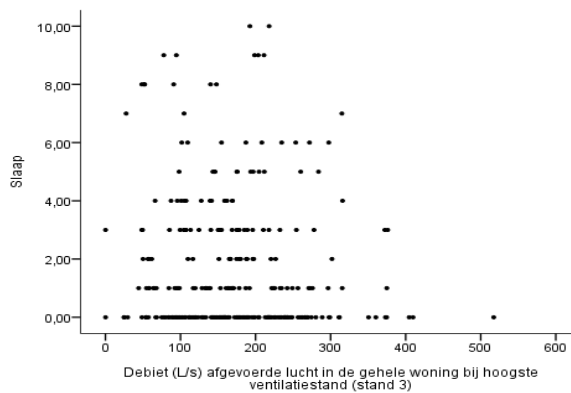
<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Geslacht			
	man		vrouw	
	Verblijfsruimten zonder basisventilatievoorzieningen			
	ja	nee	ja	nee
N	49	151	23	69
Gemiddelde	1,88	1,99	1,65	3,32
SD	2,63	2,41	2,44	3,28
P-waarde <sup>a</sup>	0,53		<b>0,02</b>	

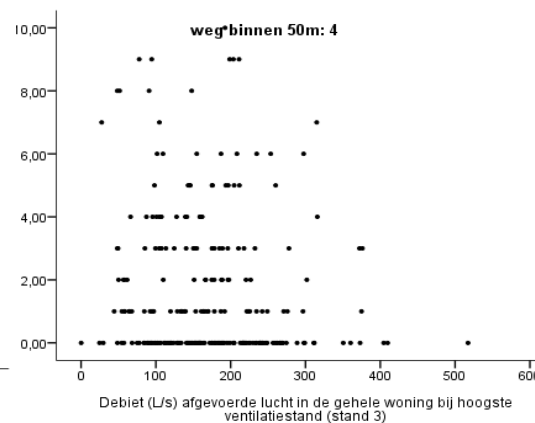
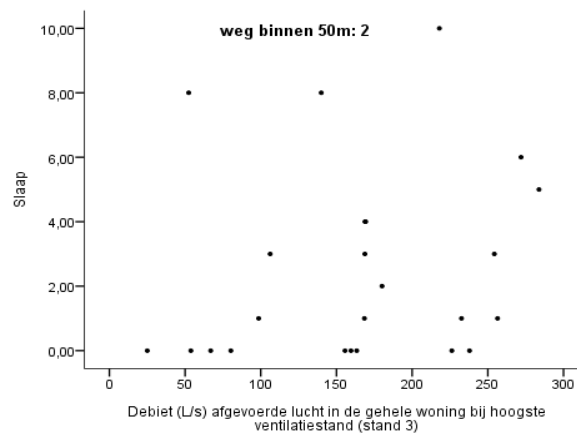
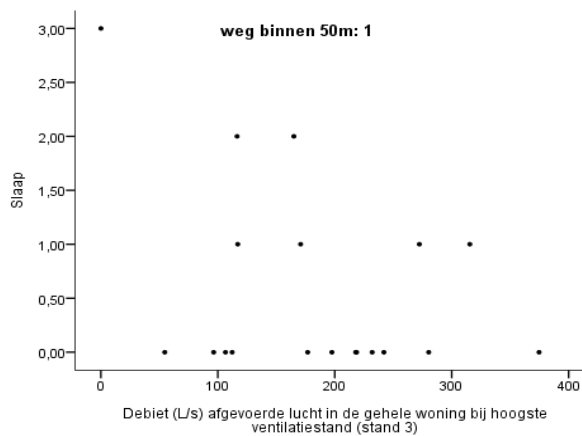
<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Hond als huisdier			
	ja		nee	
	Verblijfsruimten zonder basisventilatievoorzieningen			
	ja	nee	ja	nee
N	11	43	61	177
Gemiddelde	2,45	3,47	1,69	2,15
SD	3,64	3,72	2,33	2,43
P-waarde <sup>a</sup>	0,22		0,17	

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets



Legenda: hond als huisdier 0=ja, 1=nee



Legenda: weg binnen 50 meter 1=provinciale weg, 2=drukke stedelijke verbindings- / doorgaande weg, 4=geen

**Ad 3.6****Ervaren tocht en ongunstig geplaatste gevelroosters bij mechanische afzuiging**

	Gevelroosters risico op tocht		<i>P-waarde</i> <sup>a</sup>
	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>	
nooit of soms	101	17	0,06
Ja, vaak (elke week)	14	7	

<sup>a</sup> Chi<sup>2</sup> toets

	Opleidingsniveau <sup>a</sup>			
	<i>midden</i>		<i>hoog</i>	
	Gevelroosters risico op tocht			
	<i>ja (n)</i>	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>	<i>nee (n)</i>
nooit of soms	6	40	6	57
Ja, vaak (elke week)	0	3	7	10
P-waarde <sup>b</sup>	1,0		<b>0,04</b>	

<sup>a</sup> te weinig personen om te analyseren in groep met laag opleidingsniveau.<sup>b</sup> Fisher's exact toets**Ervaren droge lucht en afzuigkap**

	Adequate afzuigkap		<i>P-waarde</i> <sup>a</sup>
	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>	
nooit of soms	131	70	0,10
Ja, vaak (elke week)	14	15	

<sup>a</sup> Chi<sup>2</sup> toets**Geluidhinder van het ventilatiesysteem ('s nachts) en luchttoevoer in-blaasventielen**

	Inblaasventielen met hogere luchttoevoer dan specificaties		<i>P-waarde</i> <sup>a</sup>
	<i>ja (n)</i>	<i>nee (n)</i>	
Valid N	20	121	0,07
Gemiddelde	2,45	1,82	
SD	2,11	2,50	

<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Opleidingsniveau <sup>a</sup>			
	<i>midden</i>		<i>hoog</i>	
	Inblaasventielen met hogere luchttoevoer dan specificaties			
	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>
N	6	33	11	82
Gemiddelde	2,8	1,5	2,4	2,0
SD	2,6	2,5	1,9	2,6
P-waarde <sup>b</sup>	0,18		0,17	

<sup>a</sup> te weinig personen om te analyseren in groep met laag opleidingsniveau.<sup>b</sup> Kruskal-Wallis toets



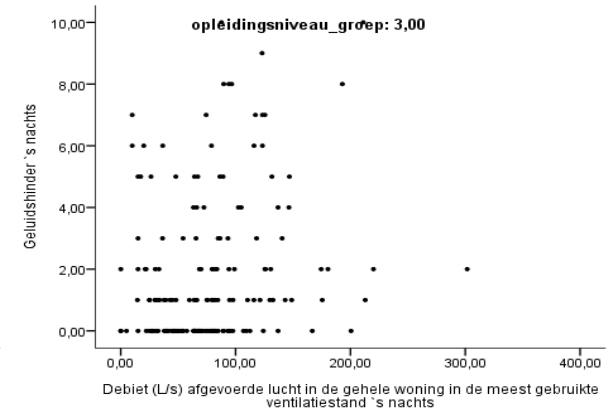
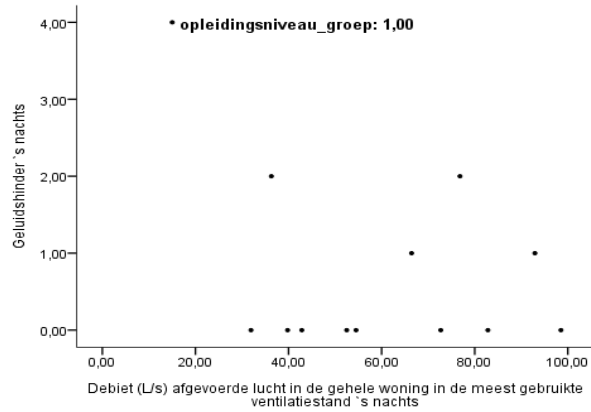
**Geluidhinder van het ventilatiesysteem ('s nachts) en aanwezigheid 3-standenschakelaar**

	3-standenschakelaar		<i>P-waarde</i> <sup>a</sup>
	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>	
Valid N	13	266	0,03
Gemiddelde	2,92	1,51	
SD	2,69	2,28	

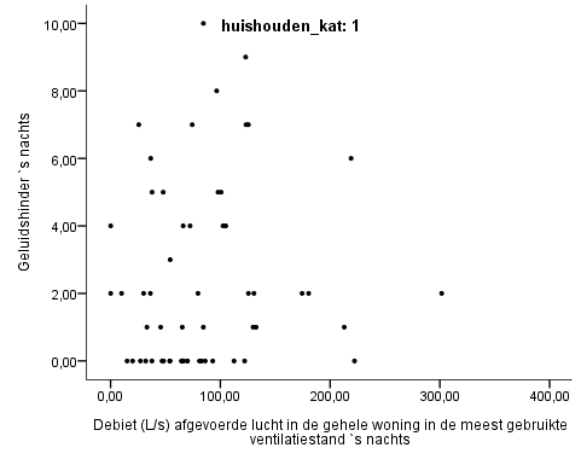
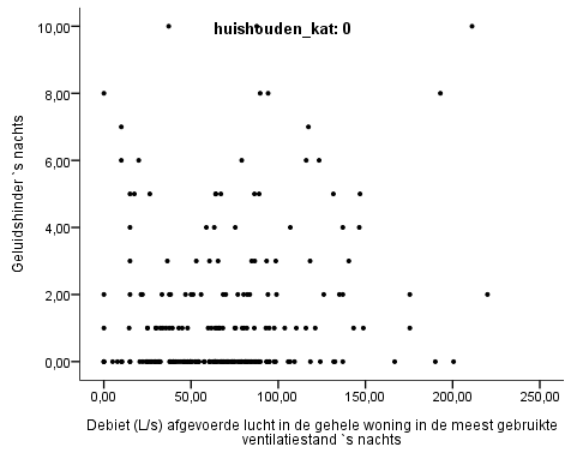
<sup>a</sup> Kruskal-Wallis toets

	Opleidingsniveau <sup>a</sup>			
	<i>midden</i>		<i>hoog</i>	
	3-standenschakelaar			
	<i>ja</i>	<i>nee</i>	<i>ja</i>	<i>nee</i>
N	85	3	164	10
Gemiddelde	1,1	4,7	1,7	2,4
SD	2,0	4,2	2,4	2,1
P-waarde <sup>b</sup>	0,09		0,19	

<sup>a</sup> te weinig personen om te analyseren in groep met laag opleidingsniveau.<sup>b</sup> Kruskal-Wallis toets



Legenda: opleidingsniveau groep 1=laag, 2=midden, 3=hoog



**Ervaren tocht en positie inblaasventielen**

	inblaasventielen groter dan 30 cm van wand/plafond of schone sector		<i>P-waarde</i> <sup>a</sup>
	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>	
nooit of soms	89	47	<b>0,02</b>
Ja, vaak (elke week)	11	0	

<sup>a</sup> Chi<sup>2</sup> toets

	Geslacht			
	<i>man</i>		<i>vrouw</i>	
	inblaasventielen groter dan 30 cm van wand/plafond of schone sector			
	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>	<i>nee (n)</i>	<i>ja (n)</i>
nooit of soms	62	39	27	8
Ja, vaak (elke week)	5	0	6	0
P-waarde <sup>a</sup>	0,16		0,32	

<sup>a</sup> Fisher's exact toets

## Bijlage 5 Samenvatting rapportage BBA Binnenmilieu

Bron: (van Dijken & Boerstra 2011)

### **Aanleiding**

De laatste jaren worden de meeste nieuwbouwwoningen in Nederland voorzien van een mechanisch ventilatiesysteem (balansventilatiesystemen en systemen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging). In de huidige praktijk leidt de realisatie van deze systemen vaak tot klachten bij bewoners. In opdracht van het ministerie van VROM (thans het ministerie van Infrastructuur en Milieu) heeft BBA Binnenmilieu een onderzoek uitgevoerd naar het technisch functioneren van beide typen ventilatiesystemen in recent opgeleverde eengezinswoningen (periode juni 2006 – januari 2008).

### **Onderzoeksvragen**

De onderzoeksvragen waren:

- Wat zijn de meest voorkomende tekortkomingen aan het ventilatiesysteem (t.a.v. ontwerp, uitvoering, onderhoud en gebruik) in nieuwbouwwoningen met *balansventilatie*?
- Wat zijn de meest voorkomende tekortkomingen (t.a.v. ontwerp, uitvoering, onderhoud en gebruik) aan het ventilatiesysteem in nieuwbouwwoningen met *natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging*?

Daarnaast heeft het RIVM een verkennende analyse uitgevoerd naar de relatie tussen bewonersklachten en kwaliteitskenmerken van ventilatiesystemen. Zie hiervoor de aparte rapportage '*Kwaliteit van mechanische ventilatiesystemen in nieuwbouw eengezinswoningen en bewonersklachten*' van het RIVM (Jongeneel et al., 2011). In Bijlage 9 van dit rapport is hiervan de samenvatting gegeven.

### **Aanpak van het onderzoek**

In de periode december 2009 - juni 2010 zijn 150 woningen met balansventilatiesystemen en 149 woningen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging onderzocht. In de woningen zijn metingen verricht van prestaties van het ventilatiesysteem (ventilatiecapaciteit, installatiegeluidniveau) en zijn inspecties verricht van kenmerken van het ventilatiesysteem ten aanzien van de binnenmilieuaspecten ventilatiecapaciteit, luchtkwaliteit, thermisch comfort en installatiegeluid. Hierbij is gebruik gemaakt van een checklist, waarin de kenmerken van de onderzochte woningen en hun ventilatiesystemen en de resultaten van de metingen systematisch werden vastgelegd. Daarnaast is de bewoners een vragenlijst voorgelegd met vragen over onder andere het gebruik en onderhoud van het ventilatiesysteem.

De onderzochte kenmerken zijn beoordeeld overeenkomstig de wettelijke eisen uit het Bouwbesluit 2003 en vergeleken met de eisen en adviezen ten aanzien van woningventilatie in de publicatie GIW/ISSO 2008 '*Ontwerp- en montageadviezen - Nieuwbouw, eengezinswoningen en appartementen 2008*'. Uitgangspunt voor dit onderzoek is dat een ventilatiesysteem kwalitatief goed is als deze op alle punten voldoet aan de eisen en adviezen uit GIW/ISSO 2008 en niet alleen aan de wettelijke minimumeisen uit het Bouwbesluit. Dit staat los van het feit of de individuele woningen indertijd zijn gebouwd met de eisen en adviezen van GIW/ISSO (of andere privaatrechtelijke eisen) als uitgangspunt.

## Resultaten

De belangrijkste constatering ten aanzien van mechanische ventilatiesystemen in relatief nieuwe woningen zijn:

- Gelet op de genoemde kwaliteitsstandaarden is er vaak sprake van te weinig luchtverversing in één of meer ruimten. Dit geldt zowel voor woningen met balansventilatie als voor woningen met natuurlijke toevoer en mechanische afzuiging. In circa de helft van de woningen wordt dan op ruimteniveau niet het kwaliteitsniveau gerealiseerd dat overeenkomstig de nieuwbouwvoorschriften voor verblijfsruimten vereist is. Dit heeft enerzijds te maken met een te geringe capaciteit van het ventilatiesysteem in zijn geheel (afhankelijk van o.a. de opbouw van luchtkanalen en de capaciteit van de overstroomvoorzieningen en de gevelroosters), anderzijds met het niet goed instellen van het ventilatiesysteem (instellen luchthoeveelheden op ruimteniveau).
- Ventilatiesystemen maken vaak te veel herrie. Bij balansventilatiesystemen is dit meer het geval dan bij mechanische afzuiging. Vooral in de slaapkamers is het verschil tussen deze ventilatiesystemen groot. In een ruime meerderheid van de woningen met balansventilatie wordt niet voldaan aan de genoemde kwaliteitsstandaarden. Deze zijn in lijn met de Bouwbesluit-eisen voor installatiegeluid zoals die naar verwachting vanaf 2012 voor nieuwbouw van toepassing zullen zijn. Dit heeft o.a. te maken met het ontbreken van (adequate) geluiddempers, de plaats waar de ventilatie-unit is gemonteerd en de opbouw van luchtkanalen.
- Incidenteel heeft een woonkamer of slaapkamer geen te openen delen (bijv. een raam of deur) en ontbreekt dus de mogelijkheid om te spuien. In dit soort situaties wordt in principe niet voldaan aan de Bouwbesluit-eisen ten aanzien van spuiventilatie.
- In lang niet alle ventilatie-units voor balansventilatie is een zogenaamde bypass aanwezig op de warmteterugwinning. Een bypass is bij dit type ventilatiesysteem nodig om klachten over oververhitting in de zomer te beperken.
- Veel ventilatiesystemen zijn niet schoon. Het gaat hierbij onder andere om vervuiling van onderdelen van de ventilatie-unit en luchttoevoerkanalen. In luchtkanalen gaat het in veel gevallen mede om vervuiling die tijdens de bouw is ontstaan, denk aan stukjes cement of spuitpleister. De hygiëne van het ventilatiesysteem heeft vooral impact op de luchtkwaliteit in woningen met balansventilatie.
- Ventilatiesystemen zijn vaak niet correct ontworpen of geïnstalleerd. Het gaat dan bijvoorbeeld om het verloop van kanalen (voornamelijk onnodige bochten) of inblaasventielen op onlogische plaatsen. Ook wordt vaak onvoldoende rekening gehouden met de gebruiksvriendelijkheid van het ventilatiesysteem. Denk aan de plaats van bedieningsknoppen.
- Ventilatiesystemen worden door de bewoners meestal niet goed gebruikt (mede doordat het ventilatiesysteem veel lawaai maakt in de hoogste standen). Wat mee speelt hierbij is dat veel bewoners niet voldoende zijn geïnformeerd over de werking van het ventilatiesysteem.
- Er is sprake van onvoldoende onderhoud van ventilatiesystemen. Onderhoudscontracten ontbreken waardoor een jaarlijkse inspectie door een professionele partij achterwege blijft. Hierdoor gaan de prestaties van het ventilatiesysteem in de loop der tijd onnodig achteruit. Bij balansventilatiesystemen worden verder filters vaak niet voldoende frequent vervangen.
- Met metingen is aangetoond dat in een aanzienlijk deel van de balansventilatiesystemen 'kortsluiting' plaatsvindt, waardoor een deel van de gebruikte lucht opnieuw de woning wordt ingeblazen.

Van de belangrijkste tekortkomingen is een verklaringsmodel opgesteld (zie Figuur 28 in het rapport). Hierin zijn de verwachte verbanden (expert judgement op basis van wetenschappelijke literatuur en praktijkervaringen van de onderzoekers) tussen kenmerken van het ventilatiesysteem, prestaties en beleving door bewoners zijn weergegeven.

### Conclusies

Op basis van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat mechanische ventilatiesystemen in recent gebouwde Nederlandse eengezinswoningen in de praktijk op veel essentiële punten tekortkomingen vertonen. Dit geldt zowel voor balansventilatiesystemen als voor systemen met natuurlijke luchttoevoer en mechanische afzuiging. Uit de internationale literatuur blijkt dat de geconstateerde tekortkomingen in individuele woningen kunnen leiden tot bewonersklachten. Denk dan bijvoorbeeld aan luchtkwaliteit- en temperatuurklachten, geluidhinder en meer algemene gezondheidsklachten. De tekortkomingen ontstaan tijdens alle fasen van het bouwproces. Veel tekortkomingen hebben te maken met ontwerpbeslissingen of ontstaan tijdens de bouw (uitvoeringsfase). Een deel van de tekortkomingen is gebruiks- en onderhoudsgerelateerd. De geconstateerde tekortkomingen zouden gezien de huidige stand van kennis (denk aan de richtlijnen uit de publicatie GIW/ISSO 2008) en techniek niet hoeven te bestaan.

### Aanbevelingen

Om een verbetering van de situatie te realiseren is een mentaliteitsverandering nodig bij alle partijen die betrokken zijn bij het ontwerp en de realisatie van ventilatiesystemen in woningen. Ter verbetering van de situatie wordt onder andere aanbevolen om:

- de (wettelijke) eisen ten aanzien van de kwaliteit van ventilatiesystemen uit te breiden met eisen ten aanzien van installatiegeluidniveau in de woning (wordt opgenomen in de volgende versie van het bouwbesluit) en eisen ten aanzien van het voorkomen van oververhitting;
- het werken met (privaatrechtelijke) prestatie-eisen voor woningventilatie te stimuleren.
- ketengerichte aanpak te implementeren in de beroepspraktijk van professionele opdrachtgevers;
- kwaliteitsbewaking tijdens het ontwerpproces te verbeteren;
- kwaliteitsverschillen van ventilatie-units inzichtelijk te maken;
- toekomstige bewoners van nieuwbouwwoningen een keuzemogelijkheid te bieden t.a.v. woningventilatiesystemen;
- ontwerpers, en uitvoerenden in de woningbouw te professionaliseren t.a.v. woningventilatie;
- gebruiksvriendelijke en kwalitatief hoogwaardige ventilatiesystemen te ontwikkelen;
- opleveringscontroles voor woningventilatiesystemen te hanteren;
- meer aandacht te besteden aan hygiënisch installeren en opleveren;
- periodieke controle voor ventilatiesystemen in te voeren;
- de communicatie naar bewoners te verbeteren, bijvoorbeeld over de werking en het onderhoud van het ventilatiesysteem;
- nader onderzoek te doen, onder andere naar de kwaliteit van woningventilatiesystemen in *meergezinswoningen* met collectieve systemen en naar oorzaken van 'kortsluiting' (onbedoelde recirculatie) in balansventilatiesystemen.

Daarnaast zijn voor de belangrijkste tekortkomingen concrete ontwerprijlijnen opgesteld, die installateurs of adviseurs die in de praktijk betrokken zijn bij de

realisatie van ventilatiesystemen in woningen direct kunnen toepassen (zie Tabel 23 van het rapport).

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)