



Briefrapport 610790007/2009

S. Bader | R.O. Blaauboer

Mechanische ventilatie in nieuwbouwwoningen: gebruik, geluidsniveau en beleving

RIVM Briefrapport 610790007/2009

Mechanische ventilatie in nieuwbouwwoningen: gebruik, geluidsniveau en beleving

S. Bader
R.O. Blaauboer

Contact:
S. Bader
MEV/LSO
Sam.Bader@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, in het kader van het BEST-programma 'Beleidsondersteuning Straling'

© RIVM 2009

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'.

Rapport in het kort

Gemeten geluidsniveau van mechanische ventilatiesystemen in nieuwbouwwoningen geanalyseerd.

In negentig procent van de nieuwbouwwoningen staat het mechanische ventilatiesysteem doorgaans op de laagste stand. Bewoners ervaren het geluid van hogere standen als hinderlijk. Hogere standen worden vooral tijdens het koken gebruikt. Dit blijkt uit een verkennende analyse van het RIVM van geluidsmetingen in meer dan driehonderd nieuwbouwwoningen die tussen 1994 en 2003 zijn gebouwd.

De woningen zijn uitgerust met een mechanisch ventilatiesysteem om in huis actief de lucht af te voeren. Betere ventilatie vermindert bijvoorbeeld de concentratie van radon in woningen.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het ministerie van VROM. De geluidsmetingen zijn verricht door Lichtveld, Buis en Partners. Het RIVM heeft de metingen geanalyseerd in samenhang met de uitkomsten van een enquête naar het gebruik en de ervaren hinder van de ventilatie. De resultaten kunnen worden gebruikt in afwegingen voor een optimale instelling van ventilatiesystemen.

trefwoorden: ventilatie, binnenmilieu, geluidsmetingen, geluid, ventilatiegedrag

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Opzet geluidsmetingen en enquête	11
2.1 Protocol geluidsmetingen	11
2.2 Apparatuur	11
2.3 Evaluatie metingen	11
2.4 Enquête	12
3 Resultaten	13
3.1 Resultaten metingen	13
3.2 Relatie tot norm installatiegeluid bouwbesluit	13
3.3 Geluidsniveau en mechanische ventilatiecapaciteit	14
3.4 Geluidsniveau en beleving	14
3.4.1 Woonkamer	14
3.4.2 Slaapkamer	15
3.5 Geluidsniveau en bouwjaar	15
3.6 Gedrag en beleving	15
4 Conclusies	19

Samenvatting

In het project VERA (VEntilatie en RADon) zijn in meer dan driehonderd nieuwbouwwoningen ventilatie- en radonmetingen verricht. Ook is tijdens dit project het geluidsniveau gemeten van de mechanische ventilatie die in de meeste woningen is geïnstalleerd. Bovendien is aan de bewoners gevraagd naar het ventilatiegedrag en de beleving van het geluidsniveau van de mechanische ventilatie.

Deze gegevens zijn in dit briefrapport gepresenteerd en met elkaar in verband gebracht.

Hieruit blijkt dat geluidsniveau en capaciteit van de mechanische ventilatie (licht) gecorreleerd zijn, en dat bij personen die geluidshinder ervaren van de ventilatie, de ventilatie ook daadwerkelijk meer geluid produceert.

Het overgrote deel van de bewoners heeft de mechanische ventilatie doorgaans in de laagste stand staan en gebruikt de hoogste stand of de middenstand uitsluitend tijdens het koken. Hogere standen van de ventilatie worden bovendien als hinderlijker ervaren. Zonder extra enquêtegegevens is echter niet te bewijzen dat het geluidsniveau invloed heeft op het ventilatiegedrag.

Dat daarnaast de groep van mensen die de ventilatie vaak in een hogere stand gebruikt, geen hinder ervaart van het ventilatiegeluid, is een onderbouwing van het vermoeden dat het geluidsniveau het ventilatiegedrag beïnvloedt. De bewijskracht van de onderliggende gegevens is echter beperkt.

1 Inleiding

In het project VERA - VEntilatie en RADon - is beoogd de relatie vast te stellen tussen de radonconcentratie en ventilatie in nieuwbouwwoningen uit de periode 1994 tot 2003 [1], [2]. Hiervoor zijn onder meer ventilatiemetingen uitgevoerd om te kunnen bepalen in welke mate er in nieuwbouwwoningen wordt geventileerd. Nieuwbouwwoningen zijn sinds enkele tientallen jaren veelal uitgerust met een mechanisch ventilatiesysteem, dat garant moet staan voor continue verversing van de lucht in deze woningen. Deze mechanische ventilatiesystemen zijn betrekkelijk uniform: de meeste hebben drie standen: laag, midden en hoog.

De mechanische ventilatiesystemen functioneren echter niet geluidloos: ze maken meestal in een hoge stand meer geluid dan in een lage stand. Als bewoners dit als hinderlijk ervaren kan dit voor hen een argument zijn om de ventilatie niet op een hogere stand te zetten en haar soms zelfs buiten werking te stellen. Dit betekent dat er minder wordt geventileerd en dat hiermee het binnenklimaat verslechtert. Het is daarom interessant om van de mechanische ventilatie het geluidsniveau te weten en deze te relateren aan bijvoorbeeld de mechanische ventilatiecapaciteit en de ervaren hinder door het geluid. Deze correlatie geeft inzicht in de invloed die het geluid heeft op de ventilatie dan wel het ventilatiegedrag van de bewoners.

Hoewel het VERA-onderzoek niet primair gericht is op het onderzoek naar de ervaren hinder door het geluidsniveau van de mechanische ventilatie, bood het wel een kostenefficiënte mogelijkheid om een oriënterend onderzoek uit te voeren naar geluidsniveaus.

De geluidsmetingen zijn uitgevoerd door Lichtveld, Buis en Partners (LBP) in opdracht van SenterNovem. In dit briefrapport hebben we de resultaten hiervan in verband gebracht met andere resultaten uit het VERA-project, zoals de metingen aan de mechanische ventilatiecapaciteit en de enquêtes naar ventilatiegedrag en ervaren hinder van ventilatiegeluid.

2 Opzet geluidsmetingen en enquête

2.1 Protocol geluidsmetingen

Bij het ophalen van de apparatuur voor de metingen van radon en ventilatie zijn onder verantwoordelijkheid van LBP geluidsmetingen verricht volgens een door LBP verspreid protocol [3], waarvan de tekst hieronder is weergegeven:

Meet het geluidniveau van het mechanisch ventilatiesysteem in de verschillende schakelstanden in de verblijfsruimten (woonkamer / keuken, slaapkamer). In elke verblijfsruimte meet je op twee verschillende posities.

- ☐ Het geluid meten we alleen in de verblijfsruimten (woonkamer, keuken, slaapkamer en dus niet het toilet of de badkamer) en alleen als het ventilator geluid bij stand 3 is te horen
- ☐ Als de bewoners de deur tussen de woonkamer en de keuken altijd open hebben staan, meet je in die situatie met geopende deur.
- ☐ Wanneer je het geluid meet in de slaapkamer, doe dit dan altijd met gesloten deur, ook als de deur normaal altijd open staat.
- ☐ Wanneer je geluid gaat meten, doe je dit in alle drie de schakelstanden, ook al is het systeem in de laagstand niet hoorbaar.
- ☐ Wanneer het systeem in de hoogstand in de woonkamer niet hoorbaar is, en je helemaal geen geluid meet, noteer dat dan.
- ☐ Wanneer het systeem wel in de hoogstand maar niet in de laagstand hoorbaar is noteer je de waarde die je meet met daarvoor het teken < (kleiner dan) (bijvoorbeeld < 27 dB(A))
- ☐ Wanneer je het geluid meet in een ruimte waar geen radon is gemeten, noteer dan ook de afmetingen van die ruimte indien deze niet zijn te herleiden van een bouwtekening van de bewoners.
- ☐ Noteer op de plattegrond de positie waar je de geluidmetingen hebt verricht. Hierna maak je een foto van de geschetste plattegrond (als deze plattegrond volledig is).
- ☐ Maak een overzichtsfoto van de inrichting van de ruimte waar je het geluidniveau hebt gemeten en van de ventilatorophanging. Noteer en fotografeer van de ventilator het merk en type.

2.2 Apparatuur

Er is gemeten met een zogeheten Rion NA-27. Deze meet de grootte Leq - het A-gewogen continue geluidsdrukkniveau, met de eenheid dB(A), de A-gewogen decibel. Het is zeer gebruikelijk - in regelgeving bijvoorbeeld - om geluidsmetingen in deze eenheid weer te geven, om de waarneming van geluid door het menselijk oor zo goed mogelijk na te bootsen.

2.3 Evaluatie metingen

Er is slechts zeer incidenteel op twee posities in de verblijfsruimten gemeten - waarschijnlijk hebben ophalers de keuken/woonkamer meestal geïnterpreteerd als één ruimte. In de woonkamer

is in 14 van de 304 woningen op twee of meer plekken gemeten en in de slaapkamer in 32 van de 304 woningen. Waar wel twee metingen beschikbaar waren hebben we in de analyse uiteindelijk de hoogste waarde genomen.

Soms is het geluid van de mechanische ventilatie in de laagste stand niet hoorbaar ten opzichte van het achtergrondgeluid - dit hebben de ophalers incidenteel aangegeven. Vaak is de ventilatie in de hoogste stand dan wel hoorbaar. Het achtergrondgeluid zelf is echter niet apart gemeten (maar de ventilatie is vaak niet uit te schakelen).

2.4 Enquête

De deelnemers aan het VERA-project, de bewoners van de huizen waar de metingen zijn uitgevoerd, hebben in een enquête vragen beantwoord over bijvoorbeeld de indeling van de ruimtes en de bodemsoort in de kruipruimte. Enkele vragen hadden betrekking op het ventilatiegedrag en de beleving van het geluid van het ventilatiesysteem. Deze vragen zijn hieronder weergegeven. De volledige enquête is afgedrukt in het opzetrapport van VERA [2].

1.13 Gebruik ventilatiesysteem

stand 1

stand 2

stand 3

A *Nooit (zelden/incidenteel)*

B *Af en toe*

C *Regelmatig (meer dan 2 uur per dag)*

D *Vaak (meer dan 12 uur per dag)*

1.14 Beleving geluid ventilatiesysteem

A *niet hoorbaar*

B *hoorbaar, niet hinderlijk (als het erg stil is)*

C *hoorbaar en hinderlijk*

3 Resultaten

3.1 Resultaten metingen

Onderstaande tabellen geven de algemene resultaten weer van de gemeten waarden van het geluid voor de woonkamer en de slaapkamer. Alle geluidswaarden zijn in dB(A). Er is geen correctie voor het achtergrondgeluidsniveau gemaakt.

Tabel 1. Resultaten geluidsmetingen woonkamer

<i>woonkamer</i>	<i>stand 1</i>	<i>stand 2</i>	<i>stand 3</i>
gemiddelde (dB(A))	26.8	29.4	32.6
mediaan (dB(A))	26.3	29.0	32.0
stdev (dB(A))	3.8	4.4	5.0
min (dB(A))	19.0	19.0	19.0
max (dB(A))	44.7	49.1	48.5
aantal woningen bruikbaar	247	237	251

Tabel 2. Resultaten geluidsmetingen slaapkamer

<i>slaapkamer</i>	<i>stand 1</i>	<i>stand 2</i>	<i>stand 3</i>
gemiddelde (dB(A))	26.2	27.6	29.8
mediaan (dB(A))	24.7	25.8	27.4
stdev (dB(A))	5.1	5.9	7.2
min (dB(A))	19.0	20.0	20.2
max (dB(A))	48.2	53.8	64.7
aantal woningen bruikbaar	186	181	191

3.2 Relatie tot norm installatiegeluid bouwbesluit

Het nieuwe bouwbesluit, dat naar verwachting eind 2009 van kracht wordt, hanteert de norm NEN 1070:1999 [4] waarin wordt gesteld dat voor ventilatie een maximum installatiegeluids-niveau geldt van 30 dB(A). In onderstaande tabel staat in welk percentage van de woningen het gemeten geluidsniveau boven de 30 dB(A) uitkomt, voor verschillende standen van het mechanische ventilatiesysteem. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat bij elke meting een onbekend achtergrondgeluidsniveau is meegenomen. Deze resultaten geven daarom slechts een indicatie van de overschrijding van de norm.

Tabel 3. Geluidniveaus (inclusief achtergrondgeluid): percentage > 30 dB(A)

	<i>woonkamer</i>	<i>slaapkamer</i>
stand 3 gemeten	64	37
stand 2 gemeten	35	29
stand 1 gemeten	17	19

De waarde van 30 dB(A) wordt met name overschreden in de hogere standen, en sterker in de woonkamer dan in de slaapkamer. Het verschil kan worden verklaard¹ door te bedenken dat in veel van de slaapkamers geen afzuigpunt is en het geluid alleen van de afzuigunits in de opstellingsruimte komt, terwijl bij de woonkamer het geluid vaak direct van de afzuigpunten komt.

3.3 Geluidsniveau en mechanische ventilatiecapaciteit

In het VERA-project is in de woonkamers onder meer de capaciteit van de mechanische ventilatie gemeten. In onderstaande tabel staat de correlatie weergegeven tussen het gemeten, absolute geluidsniveau bij stand 3 gecorreleerd aan de mechanische capaciteit in stand 3, voor 203 woningen.

De correlatiecoëfficiënt, als de maat voor deze correlatie, is 0.25. Deze correlatie is zwak, maar significant: de p-waarde is kleiner dan 0.05.

Tabel 4. Correlatie tussen mechanische ventilatiecapaciteit en gemeten geluidsniveau

	woonkamer
Correlatiecoëfficiënt	0.25
Aantal woningen	203

3.4 Geluidsniveau en beleving

3.4.1 Woonkamer

Naast metingen zijn in het VERA-project tevens enquêtes afgenomen, onder meer over het ventilatiegedrag en de ervaren hinder van de ventilatie. In de enquête hebben bewoners aan kunnen geven hoe hinderlijk ze de mechanische ventilatie ervaren, in drie gradaties: 1. niet hoorbaar; 2. hoorbaar, niet hinderlijk; 3. hinderlijk.

Om de relatie tussen de beleving van het geluid en het geluidsniveau vast te kunnen stellen, is onderzocht wat de gemiddelde relatieve geluidsniveaus per stand van de ventilatie waren, gegroepeerd voor de beleving. Er bleek geen significant verschil te zijn tussen de resultaten voor 'niet hoorbaar' en 'hoorbaar, niet hinderlijk', daarom zijn deze categorieën samengevoegd in één nieuwe categorie: 'niet hinderlijk'. Omdat geluidshinder relatief wordt ervaren ten opzichte van bestaand geluid, zijn de waarden van stand 1 afgetrokken van die van stand 2 en stand 3, om het extra geluid van deze standen weer te kunnen geven. In Tabel 5 zijn de resultaten samengevat.

Tabel 5. Geluidsniveau mechanische ventilatie, ten opzichte van stand 1 en beleving - woonkamer

Beleving stand 2	Gemiddeld verschil ten opzichte van stand 1 (dB(A))	Aantal woningen
niet hinderlijk	3.45	145
hinderlijk	5.83	24
Beleving stand 3		
niet hinderlijk	5.63	138
hinderlijk	8.08	84

¹ suggestie LBP (Lichtveld, Buis en Partners)

Uit de resultaten is op te maken dat de beleving en het werkelijke geluidsniveau op elkaar aansluiten. In de woningen waar mensen het geluid van de ventilatie als hinderlijk ervaren is ook het extra geluidsniveau hoger dan in woningen waar mensen zeggen geen last te hebben van het geluid. Uit een analyse van de gegevens is gebleken dat de verschillen statistisch significant zijn, bij een betrouwbaarheid van 95%.

3.4.2 Slaapkamer

Voor de slaapkamer is eenzelfde analyse gedaan, met vergelijkbare resultaten:

Tabel 6. Geluidsniveau mechanische ventilatie, ten opzichte van stand 1 en beleving - slaapkamer

Beleving stand 2	Gemiddeld verschil ten opzichte van stand 1 (dB(A))	Aantal woningen
niet hinderlijk	2.60	67
hinderlijk	4.10	23
Beleving stand 3		
niet hinderlijk	3.50	84
hinderlijk	6.54	60

3.5 Geluidsniveau en bouwjaar

Een ander verband dat we hebben onderzocht is de correlatie tussen gemeten geluidsniveau in de slaap- of woonkamer en het bouwjaar. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7. Correlatie geluidsniveau en bouwjaar

Ruimte	Correlatiecoëfficiënt	Aantal beschikbare woningen
woonkamer	0.13	222
slaapkamer	0.06	144

Het resultaat is een niet-significante ($p > 0.05$), zwakke correlatie tussen bouwjaar en gemeten geluidsniveau in stand 3.

3.6 Gedrag en beleving

In deze paragraaf laten we de geluidsmetingen buiten beschouwing en richten we ons op de analyse van het verband tussen het ventilatiegedrag en de beleving van het geluid van de mechanische ventilatie. Deze gegevens zijn afkomstig uit enquêtes die zijn gehouden onder de bewoners van de huizen waar de metingen zijn uitgevoerd.

Het vermoeden bestaat dat het geluidsniveau van de mechanische ventilatie mensen ervan weerhoudt de ventilatie in een hogere stand te zetten. De vraag is of dit uit de gegevens uit de enquête volgt. Om dit vermoeden te kunnen onderbouwen zijn eerst per stand van de ventilatie de beleving en het gebruik ervan geïnventariseerd. Hieruit komen de volgende bevindingen:

- I. De fractie van het aantal mensen dat de ventilatie als hinderlijk ervaart, neemt toe als de ventilatie in een hogere stand wordt gezet: in stand 1 vindt minder dan 1% van de mensen het geluidsniveau hinderlijk terwijl dit 32% is in stand 3, zie Tabel 8.

Tabel 8. Beleving geluid mechanische ventilatie in de woonkamer (fracties van het totaal per stand)

Beleving woonkamer	stand 1	stand 2	stand 3
niet hoorbaar	0.90	0.48	0.22
hoorbaar, niet hinderlijk	0.10	0.42	0.46
hoorbaar en hinderlijk	<0.01	0.10	0.32
aantal woningen	294	273	287

II. Het overgrote deel van de bewoners heeft de mechanische ventilatie doorgaans in de laagste stand staan en gebruikt de hoogste stand of de middelste stand uitsluitend tijdens het koken. Stand 2 wordt door 68% van de bewoners (bijna) nooit gebruikt.

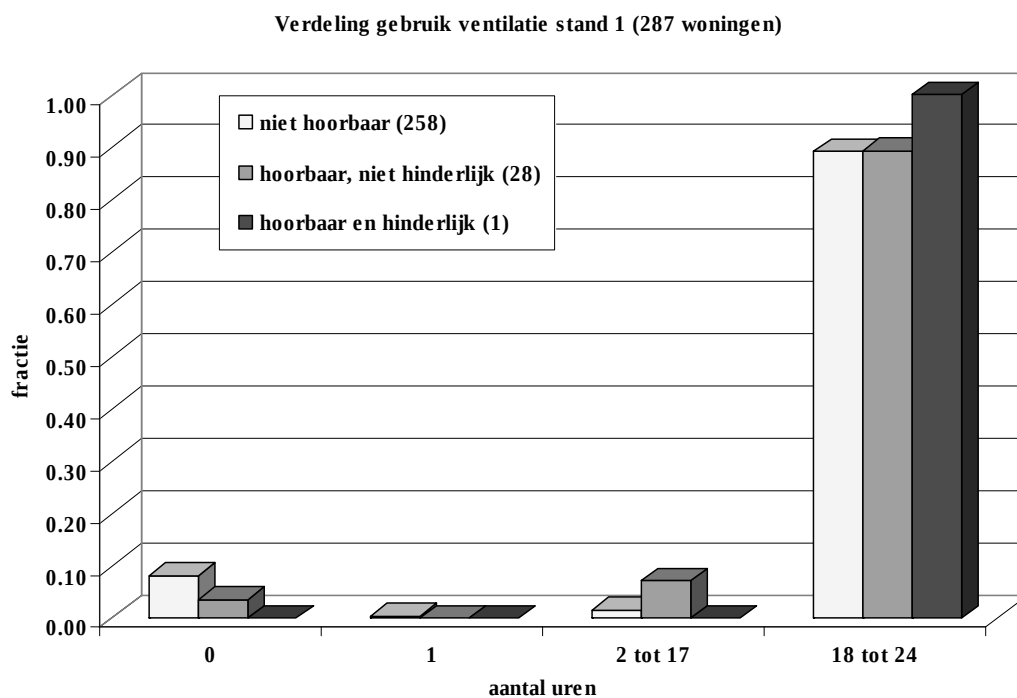
Tabel 9. Gebruik mechanische ventilatie algemeen (fracties van het totaal per stand)

	Gebruik ventilatie	stand 1	stand 2	stand 3
<i>A</i>	<i>Nooit (zelden/incidenteel)</i>	0.09	0.68	0.27
<i>B</i>	<i>Af en toe / beperkt (minder dan 2 u/d bijvoorbeeld tijdens koken en douchen)</i>	0	0.22	0.57
<i>C</i>	<i>Regelmatig (meer dan 2, minder dan 12 u/d)</i>	0.02	0.03	0.13
<i>D</i>	<i>Vaak (meer dan 12 u/d)</i>	0.89	0.07	0.03

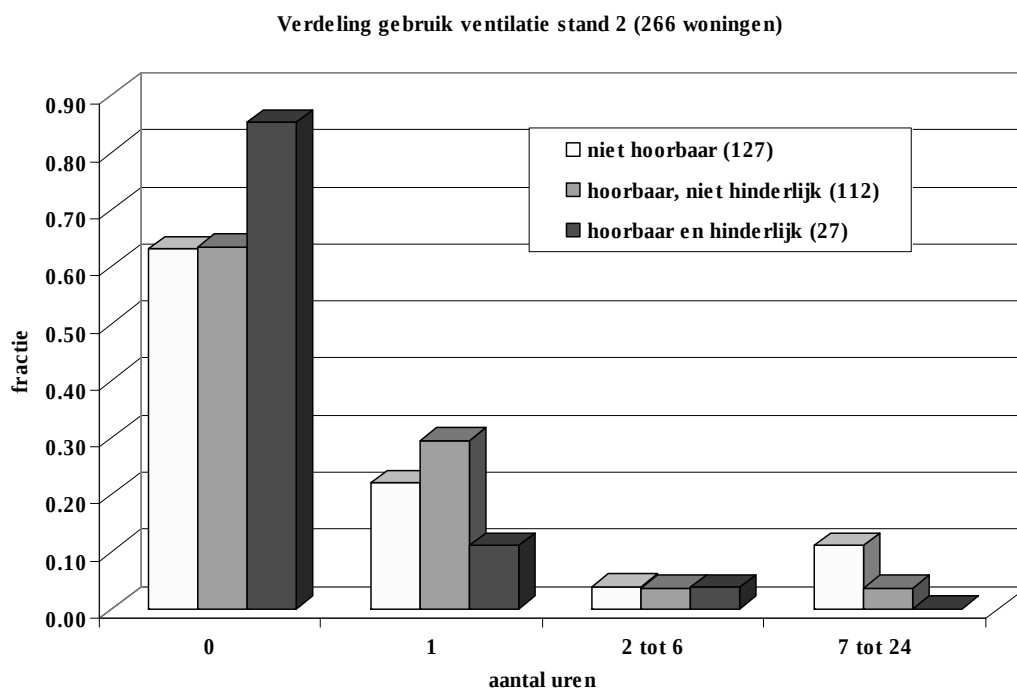
Of geluidshinder de hoofdreden is om vrijwel steeds de laagste stand te gebruiken, valt niet te concluderen uit de enquêtegegevens. De duidelijke toename van de ervaren geluidshinder bij hogere standen geeft wel een aanwijzing in die richting. Als in de enquête naar de reden van het ventilatiegedrag zou zijn gevraagd, was het waarschijnlijk eenvoudiger geweest om deze stelling te onderbouwen.

III. Een andere manier om tegen deze gegevens aan te kijken, is om per stand van de ventilatie vast te stellen hoe de beleving samenhangt met het ventilatiegedrag. Hiertoe is een omrekening gemaakt van de categorieën A t/m D (zie Tabel 9) van het gebruik per stand naar uren per dag. Voor een woning waar in standen 1, 2 en 3 het gebruik respectievelijk D, A en C was, is de volgende vertaling gemaakt: 18 uur per dag in stand 1, 0 uur per dag in stand 2 en 6 uur per dag in stand 3.

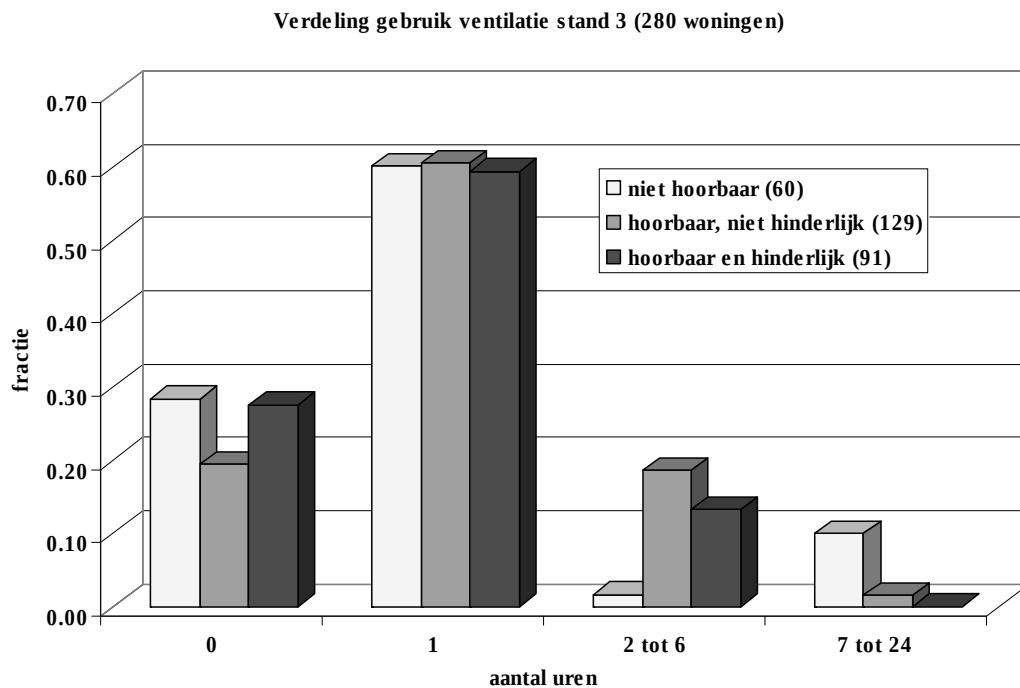
In de volgende figuren is per stand van de ventilatie de verdeling van het gebruik weergegeven voor elke belevingscategorie:



Figuur 1. Gebruik mechanische ventilatie stand 1



Figuur 2. Gebruik mechanische ventilatie stand 2



Figuur 3 Gebruik mechanische ventilatie stand 3

De belangrijkste conclusie die uit deze figuren is op te maken is dat de bewoners die de ventilatie zeven of meer uur per dag in standen 2 en 3 gebruiken, geen hinder ervaren van het geluid van de ventilatie.

Dit doet vermoeden dat mensen die standen 2 en 3 **niet** gebruiken dat nalaten vanwege de geluidshinder. De bewijskracht is echter beperkt: in stand 3 gaat het slechts om zes mensen die stand 3 7 tot 24 uur per dag gebruiken en daarbij de ventilatie niet horen. Bovendien wordt in stand 3 in opvallend veel woningen de ventilatie 2 tot 6 uur per dag gebruikt door mensen die haar wel horen en zelfs hinderlijk vinden.

4 Conclusies

In dit onderzoek zijn bij de verschillende standen van de ventilatiesystemen de geluidsniveaus gemeten in woon- en slaapkamer van de nieuwbouwwoningen (1994-2003) uit het VERA-onderzoek. In een enquête is navraag gedaan naar de beleving van de geluidsniveaus en het gebruik van de ventilatiesystemen.

In de laagste stand bedraagt het geluidsniveau in de woonruimten ten gevolge van ventilatie en omgevingsgeluid samen gemiddeld 26,8 en 26,2 dB(A) voor respectievelijk woon- en slaapkamer. Bij hogere standen van het ventilatiesysteem lopen de gemiddelden voor woon- en slaapkamer op naar 29,4 en 27,6 dB(A) in stand 2 en bij stand 3 zijn de gemiddelden respectievelijk 32,6 en 29,8 dB(A). Het percentage woningen waarin het geluidsniveau in de woonkamer de 30 dB(A) overschrijdt bedroeg 17% in stand 1, 35% in stand 2 en 64% in stand 3. Voor de slaapkamers waren deze percentages 19% (stand 1), 29% (stand 2) en 37% (stand 3). Omdat de ventilatiesystemen niet uitschakelbaar zijn is het niet mogelijk om het achtergrondgeluid te scheiden van het geluid door het ventilatiesysteem in de laagste stand.

Bij bewoners die aangaven het geluidsniveau in de hogere standen als hinderlijk te ervaren bleek het gemiddelde verschil in geluidsniveau tussen de laagste en de hogere standen groter dan bij bewoners die geen hinder ondervonden.

In deze analyse hebben we slechts indicaties kunnen geven van verbanden tussen gemeten grootheden - de correlaties zijn erg klein:

- Er is een significante, positieve correlatie geconstateerd tussen geluidsniveau en mechanische ventilatiecapaciteit.
- De analyse wijst uit dat de beleving van het geluid aansluit bij het werkelijke geluidsniveau: het geluidsniveau van de ventilatie is hoger in woningen waar de bewoners het als hinderlijk ervaren.
- Tussen geluidsniveau en bouwjaar is geen significante correlatie gevonden.

Het overgrote deel van de bewoners heeft de mechanische ventilatie doorgaans in de laagste stand staan en gebruikt de hoogste stand of de middenstand uitsluitend tijdens het koken. Hogere standen van de ventilatie worden bovendien als hinderlijker ervaren. Zonder extra enquêtegegevens is echter niet te bewijzen dat het geluidsniveau invloed heeft op het ventilatiegedrag.

Personen die de ventilatie vaak (vanaf zeven uur per dag) in de hoogste standen hebben staan, ervaren relatief weinig geluidshinder van de ventilatie. Dit is wel een belangrijke onderbouwing voor de stelling dat de beleving van het geluidsniveau invloed heeft op het ventilatiegedrag. De bewijskracht is echter beperkt door de kwalitatieve aard van de gegevens uit de achterliggende enquête, en het feit dat slechts een zeer gering percentage van de bewoners de hoogste stand van het ventilatiesysteem minstens zeven uur per dag gebruikt.

Literatuur

- [1] Blaauboer RO, Dekkers SAJ, Slaper H, Bader S - *Stralingsbelasting in nieuwbouwwoningen - voorlopige resultaten*. RIVM briefrapport 610790004/2008 (2008)
- [2] Blaauboer RO - Opzet van het Ventilatie Radononderzoek. RIVM-rapport 610790002/2008 (2008)
- [3] Lichtveld, Buis en Partners. “ophalen LBP protocol 2006-11-17.doc”
- [4] NEN 1070:1999 Geluidwering in gebouwen - Specificatie en beoordeling van de kwaliteit (1999)

RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl