



Rijksdienst voor Ondernemend  
Nederland

## Proefkameronderzoek naar alertheid en attentieniveau bij beperkte ventilatie

EOS-LT DP 2015 WP1.3

Datum            November 2012

TNO, Ing. P. de Jong, Ing. H.J.M. Cornelissen,  
Dr. P. van Dommelen

In opdracht van Agentschap NL (nu Rijksdienst voor  
Ondernemend Nederland)

Publicatienr    RVO-169-1501/RP-DUZA  
[www.rvo.nl](http://www.rvo.nl)

Dit rapport is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van  
Economische Zaken.



## TNO-rapport

**TNO-060-DTM-2012-00942**

# Proefkameronderzoek naar alertheid en attentieniveau van personen bij beperkte ventilatie

**Technical Sciences**  
Van Mourik Broekmanweg 6  
2628 XE Delft  
Postbus 49  
2600 AA Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 30 00  
F +31 88 866 30 10  
[infodesk@tno.nl](mailto:infodesk@tno.nl)

Datum 5 november 2012

Auteur(s) Ing. P. de Jong  
Ing. H.J.M. Cornelissen  
Dr. P. van Dommelen

Exemplaarnummer  
Oplage

Aantal pagina's 32 (incl. bijlagen)

Aantal bijlagen

Opdrachtgever Agentschap NL  
De heer Ir. P.A.J.M. Heijnen

Projectnaam EOS LT Duurzame projectontwikkeling 2015

Projectnummer 034.21477/01.01 (EOS LT 03001)

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2012 TNO

## Samenvatting

### Aanleiding en hypothese

Ventilatie van gebouwen is noodzakelijk om de in die gebouwen verblijvende mensen van voldoende verse lucht te voorzien en mogelijke verontreinigingen af te voeren. Ventilatie is dus een maatregel om de binnenluchtkwaliteit in ruimten op een zodanig niveau te regelen dat zich geen negatieve effecten op de gezondheid van mensen zullen voordoen.

In het kader van het EOS LT programma is binnen het project 'Duurzame Projectontwikkeling gebaseerd op duurzaam bouwen, renoveren en wonen na 2015' [1] in werkpakket 1 een literatuurstudie uitgevoerd naar:

- de verontreinigingen door de mens en de eisen op het gebied van ventilatie
- de meest relevante agentia en de daaraan gerelateerde indicator voor regeling van de ventilatie in relatie tot comfort, gezondheid en energie

De resultaten van deze literatuurstudie zijn vastgelegd in twee rapporten:

- Ventilatie van ruimten ten behoeve van personen, achtergronden van de eisen [2]
- Een onderzoek naar de effecten en gevolgen van ventilatie, op weg naar vraaggestuurde ventilatie [3]

Uit de resultaten van bovengenoemde literatuurstudie blijkt dat de ventilatie-eisen over het algemeen zijn gebaseerd op het ervaren van geuren als gevolg van menselijke bio-effluenten, waarbij de CO<sub>2</sub>-concentratie als indicator wordt gebruikt. Over het effect van de bio-effluenten op de gezondheid en de prestaties van personen is echter weinig bekend. Wel zijn er in de literatuur aanwijzingen dat bij beperkte ventilatie de alertheid en het attentieniveau van personen zou kunnen afnemen. De hypothese is daarom dat personen in een situatie met beperkte ventilatie na verloop van tijd lager scoren op alertheid en attentieniveau dan in een situatie met ruim voldoende ventilatie.

### Proefkameronderzoek

Om deze hypothese te toetsen is als pilot studie een proefkameronderzoek uitgevoerd waarbij door 13 personen tijdens twee middagen op drie momenten testen zijn uitgevoerd. De personen zijn medewerkers van TNO die zichzelf hebben aangemeld na een verzoek tot deelname per e-mail aan circa 400 personen. De testpersonen zijn allen hoogopgeleid en werken vrijwel dagelijks met een computer of laptop.

De testen zijn uitgevoerd in een geklimatiseerde proefkamer. Op de ene middag is een situatie aangeboden met ruim voldoende ventilatie (situatie 1), op de andere middag is een situatie aangeboden met beperkte ventilatie (situatie 2). De testen zijn afgenomen aan het begin van de middag (meting 1), na 3 uur (meting 2) en na 4 uur (meting 3). In situatie 2 is na afronding van meting 2 de ventilatie maximaal ingeschakeld. Het doel hiervan is om na te gaan of de alertheid en het attentieniveau toenemen bij het verhogen van de ventilatie na een periode van beperkte ventilatie.

De testsituaties waren als volgt:

- Situatie 1 (ruim voldoende ventilatie): circa 17 dm<sup>3</sup>/s per persoon met een maximale CO<sub>2</sub>-concentratie van circa 800 ppm
- Situatie 2 (beperkte ventilatie): circa 2 dm<sup>3</sup>/s per persoon met een maximale CO<sub>2</sub>-concentratie van circa 2.800 ppm na 3 uur

Bij elke meting zijn drie testen afgenomen.

- Test 1: computertest 'reactiesnelheid': na opdracht spatiebalk indrukken
- Test 2: computertest 'maan en sterren': aanklikken van oplichtende sterren
- Test 3: schriftelijke lettertest: markeren van de 'f' en de 't' in een tekst

Het doel van test 1 is om vast te stellen of in de loop van de testmiddagen vermoeidheid optreedt. Het doel van test 2 en 3 is de invloed van het ventilatieniveau op de alertheid en het attentieniveau van de proefpersonen vast te stellen. Gelijktijdig met meting 1 en meting 2 is een enquête afgenomen met betrekking tot het comfort en welbevinden van de deelnemers.

Met behulp van SPSS V14.0 is een variantie-analyse met herhaalde metingen uitgevoerd, waarbij is gekeken naar de interactie tussen conditie (standaard versus interventie) en meting (voormeting en nameting), gecorrigeerd voor de testvolgorde (standaard-interventie versus standaard-controle). De interactie geeft aan of het verschil tussen de metingen anders is voor de interventie dan voor de standaard conditie. Naast de variantie-analyse zijn de 90%-betrouwbaarheidsintervallen van de verschillscores berekend. Hiermee kan inzichtelijk worden gemaakt wat de precisie van de verschillscore is. Met andere woorden, als het onderzoek meerdere keren zou worden herhaald, dan ligt de werkelijke waarde van de parameter in 90 op de 100 gevallen in het betrouwbaarheidsinterval.

## Resultaten

### *Reactietest (test 1)*

Volgens de gemiddelde resultaten zou de reactietijd in de loop van de middag afnemen. Uit de variantie-analyse volgt dat de afname tussen de interventie (situatie 1) en de standaard conditie (situatie 2) niet significant verschillend was (P-waarde = 0,406 en 0,839). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval was gelijk aan (-2,9ms; 6,2ms).

### *Test 'maan en sterren' (test 2)*

De gemiddelde tijd per aangeklikte ster lijkt af te nemen in de situatie met beperkte ventilatie ten opzichte van de situatie met ruim voldoende ventilatie. Uit de variantie-analyse volgt dat de resultaten niet als significant kunnen worden beschouwd (P-waarde = 0,147). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval is gelijk aan (-1,6s; 0,0s).

### *Lettertest (test 3)*

Het percentage juist gemarkeerde letters lijkt af te nemen in de situatie met beperkte ventilatie ten opzichte van de situatie met ruim voldoende ventilatie. Uit de variantie-analyse volgt dat de resultaten niet als significant kunnen worden beschouwd (P-waarde = 0,067). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval is gelijk aan (-8,3%; -0,2%). De P-waarde en het interval geven aan dat de kans dat het verschil tussen de interventie en standaard conditie door toeval is ontstaan, niet erg groot is.

### *Enquête*

Uit de enquêteresultaten blijkt dat aan het einde van de testmiddag met beperkte ventilatie minder proefpersonen de frisheid van de lucht als onaangenaam ervaren. Dit wijst op de mogelijke adaptatie van geuren door personen.

### *Ruim voldoende ventilatie na een periode van beperkte ventilatie*

De resultaten van de metingen bij het aanbieden van ruim voldoende ventilatie na een periode van beperkte ventilatie zijn niet significant. De breedte van de betrouwbaarheidsintervallen is dermate groot dat op basis daarvan geen uitspraak kan worden gedaan over de invloed van het verhogen van de ventilatie op de testresultaten.

### **Discussie en aanbevelingen**

Uit de resultaten van de reactietest blijkt dat deze computertest onvoldoende geschikt lijkt te zijn voor het vaststellen van het optreden van vermoeidheid. De gemiddelde reactietijd zou volgens de resultaten in de loop van de tijd afnemen, hetgeen niet waarschijnlijk is. De resultaten zijn niet significant en er is sprake van een grote spreiding van de resultaten. De resultaten van de test 'maan en sterren' zijn strijdig met de hypothese. Het is waarschijnlijk dat andere factoren een grotere invloed hebben op de resultaten van deze test dan het aangeboden ventilatieniveau. Het onderscheidend vermogen van deze test met betrekking tot het ventilatieniveau lijkt onvoldoende. In de resultaten van de lettertest lijkt er een effect van het beperken van de ventilatie op de alertheid en het attentieniveau zichtbaar te zijn in het verschil tussen het percentage juist gemarkeerde letters.

Omdat de resultaten niet significant zijn, is nader onderzoek nodig waarbij de lettertest, onder vergelijkbare gecontroleerde omstandigheden, door tenminste enkele tientallen proefpersonen wordt uitgevoerd. Aanbevolen wordt op basis van de beschikbare resultaten vooraf een poweranalyse uit te voeren om vast te stellen hoeveel personen er nodig zijn voor een significant resultaat.

# Inhoudsopgave

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
|          | <b>Samenvatting .....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1</b> | <b>Inleiding .....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>2</b> | <b>Opzet van het onderzoek .....</b>                               | <b>7</b>  |
| 2.1      | Onderzoeksmethode .....  | 7         |
| 2.2      | Beschrijving proefruimte .....                                     | 7         |
| 2.3      | Uitvoering.....  | 7         |
| 2.4      | Testprogramma .....  | 8         |
| 2.5      | Analyse van de resultaten .....                                    | 10        |
| <b>3</b> | <b>Resultaten .....</b>  | <b>11</b> |
| 3.1      | Uitvoering van de testen .....                                     | 11        |
| 3.2      | Gerealiseerd binnenklimaat.....                                    | 11        |
| 3.3      | Verloop CO <sub>2</sub> -concentratie .....                        | 12        |
| 3.4      | Resultaten testen.....   | 13        |
| 3.5      | Enquête .....  | 15        |
| <b>4</b> | <b>Bespreking resultaten .....</b>                                 | <b>17</b> |
| 4.1      | Ventilatie niveau .....  | 17        |
| 4.2      | Bepaalde ventilatie versus ruim voldoende ventilatie .....         | 17        |
| 4.3      | Ruim voldoende ventilatie na periode van beperkte ventilatie ..... | 18        |
| 4.4      | Vervolgonderzoek.....  | 18        |
| <b>5</b> | <b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>                           | <b>19</b> |
| <b>6</b> | <b>Literatuur .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>7</b> | <b>Ondertekening .....</b>   | <b>22</b> |
|          | <b>Bijlage(n)</b>  |           |
|          | A Enquête  |           |
|          | B Testprogramma reactiesnelheid                                    |           |
|          | C Testprogramma attentieniveau                                     |           |
|          | D Meetresultaten binnenklimaat                                     |           |
|          | E Testresultaten   |           |
|          | F Resultaten enquête klimaat en welbevinden                        |           |

# 1 Inleiding

Ventilatie van gebouwen is noodzakelijk om de in die gebouwen verblijvende mensen van voldoende verse lucht te voorzien en mogelijke verontreinigingen af te voeren. Ventilatie is dus een maatregel om de binnenluchtkwaliteit in ruimten op een zodanig niveau te regelen dat zich geen negatieve effecten op de gezondheid van mensen zullen voordoen.

In het kader van het EOS LT programma is binnen het project 'Duurzame Projectontwikkeling gebaseerd op duurzaam bouwen, renoveren en wonen na 2015' [1] in werkpakket 1 een literatuurstudie uitgevoerd naar:

- de verontreinigingen door de mens en de eisen op het gebied van ventilatie
- de meest relevante agentia en de daaraan gerelateerde indicator voor regeling van de ventilatie in relatie tot comfort, gezondheid en energie

De resultaten van deze literatuurstudie zijn vastgelegd in twee rapporten:

- Ventilatie van ruimten ten behoeve van personen, achtergronden van de eisen [2]
- Een onderzoek naar de effecten en gevolgen van ventilatie, op weg naar vraaggestuurde ventilatie [3]

Uit de resultaten van bovengenoemde literatuurstudie blijkt dat de ventilatie-eisen over het algemeen zijn gebaseerd op het ervaren van geuren als gevolg van menselijke bio-effluenten, waarbij de CO<sub>2</sub>-concentratie als indicator wordt gebruikt. Over het effect van de bio-effluenten op de gezondheid en de prestaties van personen is echter weinig bekend. Wel zijn er in de literatuur aanwijzingen dat bij beperkte ventilatie de alertheid en het attentieniveau van personen zou kunnen afnemen. De hypothese is daarom dat personen in een situatie met beperkte ventilatie na verloop van tijd lager scoren op alertheid en attentieniveau dan in een situatie met ruim voldoende ventilatie.

Om deze hypothese te toetsen is als pilot studie een proefkameronderzoek uitgevoerd met als doel na te gaan of het effect van ventilatie op de alertheid en het attentieniveau van personen kan worden bepaald door het afnemen van een aantal testen in een situatie met beperkte ventilatie en een situatie met voldoende ventilatie. Hierbij is ook nagegaan in hoeverre een effect gemeten wordt wanneer na een periode met beperkte ventilatie, een situatie wordt aangeboden met ruim voldoende ventilatie.

In deze rapportage is de opzet van het proefkameronderzoek beschreven en worden de resultaten gerapporteerd.



## 2 Opzet van het onderzoek

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van de onderzoeksmethode, de proefruimte, de uitvoering van de testen, het testprogramma en de opzet van analyse.

### 2.1 Onderzoeksmethode

Het proefkameronderzoek is uitgevoerd met 13 personen die twee middagen hebben doorgebracht in de proefkamer, waarvan één middag met ruim voldoende ventilatie (situatie 1) en één middag met beperkte ventilatie (situatie 2). Tijdens deze middagen is op 3 momenten een drietal testen aangeboden. De testen zijn afgenomen aan het begin van de middag (meting 1), na 3 uur (meting 2) en na 4 uur (meting 3).

Bij meting 1 en meting 2 is tevens een enquête afgenomen met betrekking tot het comfort en welbevinden van de deelnemers (zie bijlage A).

De testpersonen zijn medewerkers van TNO die zichzelf hebben aangemeld na een verzoek tot deelname per e-mail aan circa 400 personen. De testpersonen zijn allen hoogopgeleid en werken vrijwel dagelijks met een computer of laptop. De deelnemers aan het onderzoek waren niet op de hoogte van het specifieke doel van het onderzoek. Het was bij de deelnemers dus niet bekend dat de mate van ventilatie tijdens de twee testmiddagen verschillend was. Wel zijn ze er over geïnformeerd dat het een onderzoek betrof naar het effect van het binnenmilieu op het attentieniveau en de prestaties van personen

### 2.2 Beschrijving proefruimte

Het TNO laboratorium in Delft beschikt over een proefkamer voor onderzoek naar de ervaring van thermisch comfort door personen. De proefkamer bestaat uit twee gestoffeerde testruimtes van 2,2 x 3,6 x 2,6 m<sup>2</sup> (bxdxh). De ruimtes zijn door middel van een deur met elkaar verbonden. Tijdens de testen was deze deur geopend. Bij geopende deur kunnen de ruimtes luchttechnisch als één ruimte worden beschouwd, mede vanwege de gemeenschappelijke luchttoe- en luchtafvoervoorzieningen.

Met behulp van een luchtbehandelingsinstallatie kunnen de testruimtes op de gewenste binnenklimaatcondities worden gebracht. Hierbij is de temperatuur, de relatieve luchtvochtigheid, de ventilatie en de mate van recirculatie instelbaar.

De luchttoevoer in de proefkamer vindt plaats via gelijkmatig over het plafond verdeelde openingen. Hierdoor wordt in de gehele testruimte een gelijkmatig binnenklimaat gerealiseerd waarbij sprake is van lage luchtsnelheden.

### 2.3 Uitvoering

Voor de uitvoering van het onderzoek zijn er in beide testruimtes 4 werkplekken ingericht, zodat er plaats was voor in totaal 7 proefpersonen en 1 begeleider.

Het onderzoek was gepland met 14 proefpersonen die waren ingedeeld in twee groepen van 7. Vanwege ziekte kon 1 proefpersoon niet op beide middagen aanwezig zijn. Er worden daarom resultaten van 13 proefpersonen gerapporteerd.

Beide groepen verbleven met een begeleider tweemaal een middag gedurende circa 4 uur in de proefkamer. De werkplekken waren voorzien van een laptop met muis en een netwerkaansluiting. Indien gewenst was het de deelnemers toegestaan een eigen laptop mee te nemen. Vanwege toiletbezoek was het toegestaan de proefkamer korte tijd te verlaten.

Tijdens het verblijf in de proefkamer zijn bij elke meting de volgende drie testen afgenomen:

- Test 1: computertest reactiesnelheid: na opdracht spatiebalk indrukken
- Test 2: computertest 'maan en sterren': aanklikken van oplichtende sterren
- Test 3: schriftelijke lettertest: markeren van de 'f' en de 't' in een tekst

De testen worden afzonderlijk in hoofdstuk 2.4 beschreven. Het testschema is weergegeven in Tabel 1. Om na te gaan of er sprake is van een verbetering van de alertheid en het attentieniveau wanneer de ventilatie weer wordt ingeschakeld (meting 3) is in situatie 2 (beperkte ventilatie) na afronding van meting 2 de ventilatie maximaal ingeschakeld.

Tabel 1. Testschema

| Tijdstip      | Activiteit                     | Ventilatiestand  |                         |                         |                         |
|---------------|--------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
|               |                                | max. = ruim voldoende ventilatie<br>min. = beperkte ventilatie |                         |                         |                         |
|               |                                | Testmiddag 1   |                         | Testmiddag 2            |                         |
|               |                                | Groep 1<br>(situatie 1)  | Groep 2<br>(situatie 2) | Groep 1<br>(situatie 2) | Groep 2<br>(situatie 1) |
| 13.00 - 13.15 | Melden in proefkamer           |  |                         |                         |                         |
| 13.15 - 13.20 | Uitleg, proefversie en enquête | max.   | min.                    | min.                    | max.                    |
| 13.20 - 13.35 | <i>Meting 1</i>                |  |                         |                         |                         |
| 13.45 - 16.00 | Eigen werkzaamheden            |  |                         |                         |                         |
| 16.00 - 16.15 | <i>Meting 2</i>                | max.   | min.                    | min.                    | max.                    |
| 16.15 - 16.20 | Enquête                        |  |                         |                         |                         |
| 16.20 - 16.50 | Eigen werkzaamheden            |  |                         |                         |                         |
| 16.50 - 17.00 | <i>Meting 3</i>                | max.   | max.                    | max.                    | max.                    |
| 17.00         | Einde                          |  |                         |                         |                         |

Tijdens de testmiddagen bedroeg de ingestelde ruimteluchttemperatuur 22 °C en de ingestelde relatieve vochtigheid 50%. De ventilatie is ingesteld zoals weergegeven in Tabel 1. Tijdens het verblijf van de proefpersonen in de testruimtes is in beide ruimtes de temperatuur, de relatieve vochtigheid en CO<sub>2</sub>-concentratie geregistreerd.

## 2.4 Testprogramma

Tijdens de testmiddagen is er tweemaal een enquête afgenomen en zijn er 3 testseries (metingen) door de deelnemers uitgevoerd. In deze paragraaf worden de enquête en de testen beschreven.

#### 2.4.1 *Enquête*

Door middel van een korte enquête is de deelnemers op twee momenten (zie Tabel 1) gevraagd naar de beleving van het binnenklimaat in de testruimte. De enquête is opgenomen in bijlage A.

#### 2.4.2 *Test 1: reactiesnelheid*

De reactiesnelheidstest is een test die wordt uitgevoerd op de computer. Na opstarten van het bij TNO ontwikkeld programma wordt een scherm getoond met de opdracht om op de spatiebalk te drukken om de test te starten. Vervolgens wordt een zwart scherm getoond met de opdracht de hand bij de spatiebalk te houden. Na een random bepaalde tijd wordt het scherm wit en dient de gebruiker zo snel mogelijk op de spatiebalk te drukken. De tijd die de gebruiker nodig heeft om dit te doen, wordt geregistreerd. Tijdens één test vindt deze meting 3 maal plaats. Wanneer een van de drie geregistreerde reactietijden te veel afwijkt van het gemiddelde, wordt een extra meting gedaan. Wanneer te vroeg op de spatiebalk wordt gedrukt, wordt de betreffende meting herhaald. De test wordt driemaal herhaald, zodat er in totaal 9 reactietijden worden geregistreerd. Het testresultaat is het gemiddelde van deze reactietijden.

De mate van ventilatie zou volgens de huidige kennis geen effect mogen hebben op de reactiesnelheid. In dat geval zou het resultaat van deze test een maat kunnen zijn voor het effect van optredende vermoeidheid op de reactiesnelheid.

In bijlage B zijn de verschillende schermen van het programma weergegeven.

#### 2.4.3 *Test 2: 'maan en sterren'*

Om het attentieniveau van personen te testen wordt gebruik gemaakt van het bij TNO ontwikkeld computerprogramma 'maan en sterren'. Centraal op het beeldscherm wordt een bol (de maan) afgebeeld met daaromheen een aantal kleinere bollen (de sterren). De lichtintensiteit van één van deze bollen (ster) wijzigt continue. De opdracht aan de deelnemers is om deze ster zo snel mogelijk te vinden en met de muis aan te klikken. Vervolgens wordt een andere bol geactiveerd. Deze test duurt 2 minuten. In dit onderzoek is de test per testserie drie maal uitgevoerd. Wanneer een verkeerde ster wordt aangeklikt wordt, krijgt de gebruiker een melding, waarna de test wordt vervolgd.

De gemiddelde tijd die een deelnemer nodig heeft om een oplichtende ster aan te klikken is een maat voor het attentieniveau van de betreffende persoon.

In bijlage C zijn de verschillende schermen van het programma weergegeven.

#### 2.4.4 *Test 3: lettertest*

Om de alertheid van personen te meten, is gebruik gemaakt van een schriftelijke lettertest. Hierbij krijgen de deelnemers een tekst uitgereikt die doorgelezen moet worden. Bij het doorlezen moeten alle letters 'f' en 't' worden gemarkeerd. De duur van deze test was 3 minuten. Het percentage juist gemarkeerde letters is een maat voor de alertheid van de betreffende persoon.

## 2.5 Analyse van de resultaten

Er spelen bij het herhaald uitvoeren van testen gedurende de proef een aantal aspecten waarvan niet op voorhand bekend is welke invloed die hebben, zoals:

- Leereffecten door herhaling van dezelfde soort test
- Computervaardigheden van de deelnemers
- Effecten van vermoeidheid door verloop van tijd
- Eventuele lichte ongelijkheid van het niveau van de afzonderlijke testen

Om de leereffecten te beperken, is door de deelnemers aan het begin van de testmiddagen een verkorte testversie van de computertesten uitgevoerd. Uit de resultaten van de reactiesnelheidstest zouden eventuele vermoeidheidseffecten moeten blijken. Een eventuele lichte ongelijkheid van het niveau van de testen zou kunnen optreden bij de lettertesten.

De mogelijke verstoring ten gevolge van stemming en/of instelling en attitude van personen kunnen in dit onderzoek een versturende rol blijven spelen. Dit is vrijwel niet uit te sluiten. Het grote voordeel van de onderzoeksopzet is wel dat elke testpersoon zijn of haar eigen controle persoon is.

Met behulp van SPSS V14.0 is een variantie-analyse met herhaalde metingen uitgevoerd, waarbij is gekeken naar de interactie tussen conditie (standaard versus interventie) en meting (voormeting en nameting), gecorrigeerd voor de testvolgorde (controle-interventie versus interventie-controle). De interactie geeft aan of het verschil tussen de metingen anders verloopt voor de interventie.

Naast de variantie-analyse zijn de 90%-betrouwbaarheidsintervallen van de verschillscores berekend. Hiermee kan inzichtelijk worden gemaakt wat de precisie van de verschillscore is. Met andere woorden, als het onderzoek meerdere keren zou worden herhaald, dan ligt de werkelijke waarde van de parameter in 90 op de 100 gevallen in het betrouwbaarheidsinterval.

## 3 Resultaten

### 3.1 Uitvoering van de testen

De testen met groep 1 zijn uitgevoerd op 18 januari en 25 januari 2011 (dinsdagmiddag). De testen met groep 2 zijn uitgevoerd op 20 en 27 januari 2011 (donderdagmiddag). Vanwege ziekte was een deelnemer van groep 1 op 25 januari niet aanwezig. Het aantal gerapporteerde proefpersonen bedraagt daarom 13 in plaats van 14. Om een gelijkwaardige bezetting en emissie van mensgerelateerde bio-effluenten te realiseren, was op 25 januari een andere persoon aanwezig. De testresultaten van deze persoon zijn niet meegenomen in het onderzoek. In Tabel 2 is per groep en testdag de ventilatie-instelling aangegeven.

Tabel 2. Testmiddagen en aangeboden situatie (zie Tabel 1) per groep.

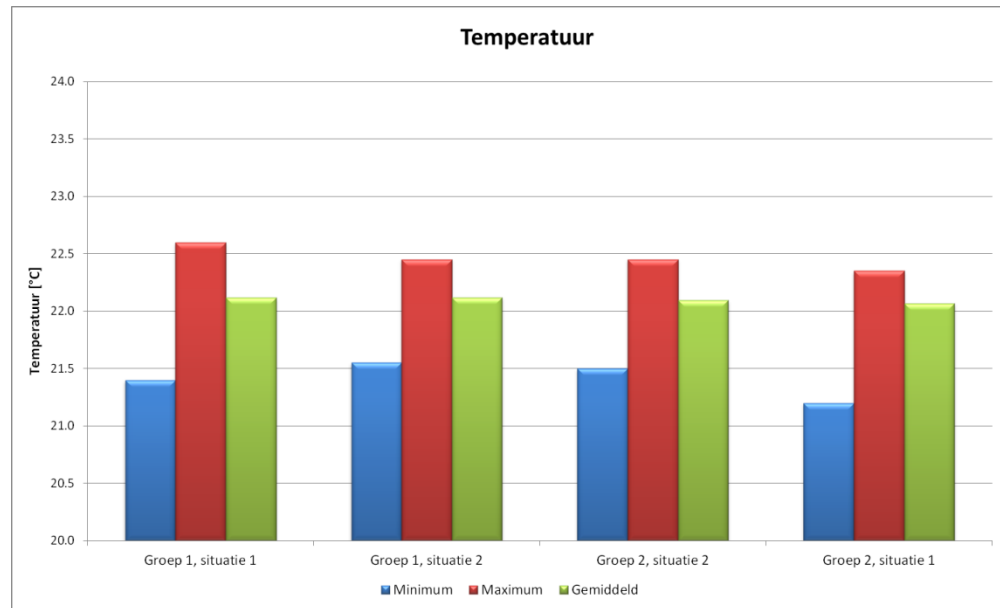
| Groep | Datum           | Situatie   |
|-------|-----------------|------------|
| 1     | 18 januari 2011 | Situatie 1 |
|       | 25 januari 2011 | Situatie 2 |
| 2     | 20 januari 2011 | Situatie 2 |
|       | 27 januari 2011 | Situatie 1 |

### 3.2 Gerealiseerd binnenklimaat

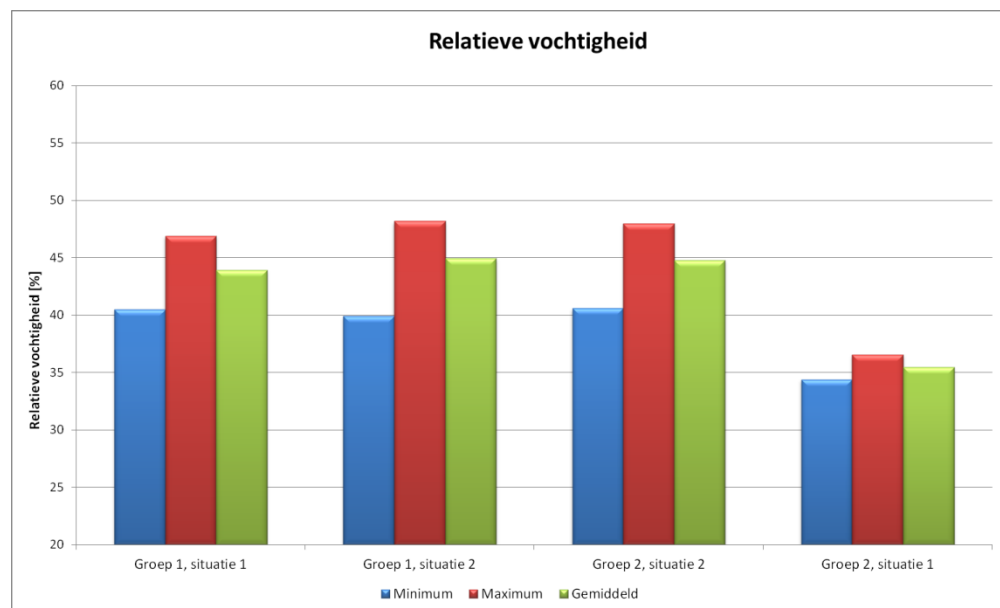
De gerealiseerde ruimteluchttemperatuur en de relatieve vochtigheid in de proefkamer zijn weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2. Het verloop in de tijd is weergegeven in bijlage D. Zowel de temperatuur als de relatieve vochtigheid kan als stabiel worden beschouwd.

Bij binnenkomst van de deelnemers loopt de ruimteluchttemperatuur binnen circa 15 minuten op van circa 21,5 °C tot circa 22,0 °C waarna de temperatuur stabiel blijft ( $22,0 \pm 0,5$  °C).

Tijdens de test met ruim voldoende ventilatie bij groep 2 (groep 2, situatie 1) bedroeg de gemiddelde relatieve vochtigheid circa 35%. Tijdens de overige testen was de gemiddelde relatieve vochtigheid circa 45%. Oorzaak van de lagere waarde was de lage luchtvochtigheid buiten. De bevochtigingscapaciteit voor de proefkamer bleek onvoldoende te zijn om bij die omstandigheden een hogere relatieve vochtigheid in de proefkamer te realiseren. Naar verwachting heeft dit geen invloed op het ervaren thermisch comfort en de testresultaten.



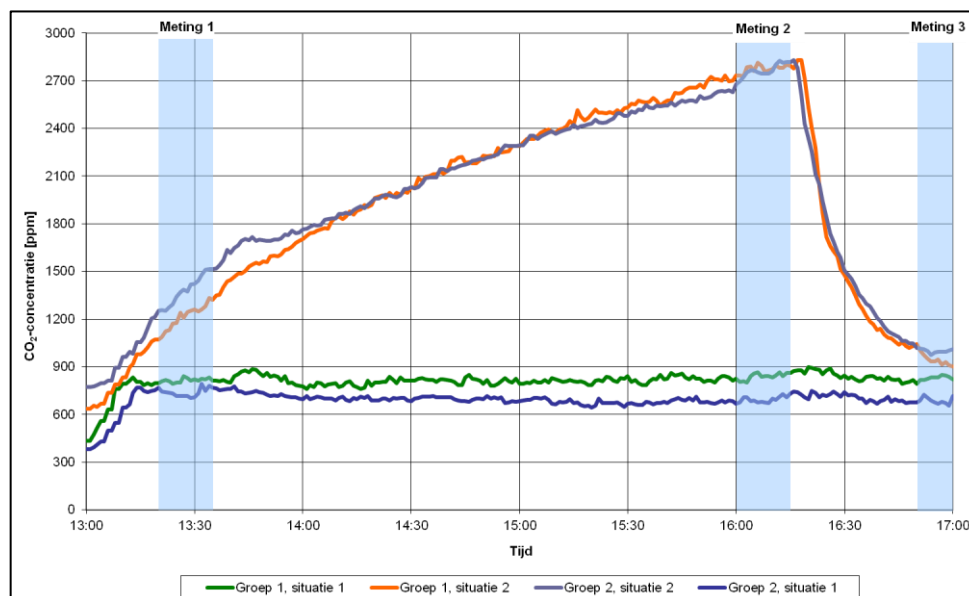
Figuur 1. Temperatuur van de ruimtelucht in de proefkamer.



Figuur 2. Relatieve vochtigheid van de ruimtelucht in de proefkamer.

### 3.3 Verloop CO<sub>2</sub>-concentratie

Het verloop van de CO<sub>2</sub>-concentratie geeft de mate van ventilatie aan in de proefkamer. Het verloop in de tijd is weergegeven in Figuur 3. Hierbij zijn ook de testmomenten aangegeven. De gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens de testmomenten is weergegeven in Tabel 3.



Figuur 3. Verloop CO<sub>2</sub>-concentratie bij ruim voldoende ventilatie (situatie 1) en beperkte ventilatie (situatie 2).

Tabel 3. Gemiddelde CO<sub>2</sub>-concentratie tijdens de testmomenten.

| Groep | Situatie                                | Meting | Gemiddelde CO <sub>2</sub> -concentratie (standaarddeviatie) [ppm] |
|-------|---|--------|--|
| 1     | Situatie 1<br>Ruim voldoende ventilatie | 1      | 815 (14)   |
|       |   | 2      | 839 (21)   |
|       |   | 3      | 828 (16)   |
|       | Situatie 2<br>Beperkte ventilatie       | 1      | 1213 (79)  |
|       |   | 2      | 2775 (26)  |
|       |   | 3*     | 949 (43)   |
| 2     | Situatie 2<br>Beperkte ventilatie       | 1      | 1381 (96)  |
|       |   | 2      | 2763 (44)  |
|       |   | 3*     | 1000 (13)  |
|       | Situatie 1<br>Ruim voldoende ventilatie | 1      | 739 (27)   |
|       |   | 2      | 694 (20)   |
|       |   | 3      | 686 (21)   |

\* Meting 3 in situatie 2 vond plaats na het inschakelen van de ventilatie, dus bij ruim voldoende ventilatie.

### 3.4 Resultaten testen

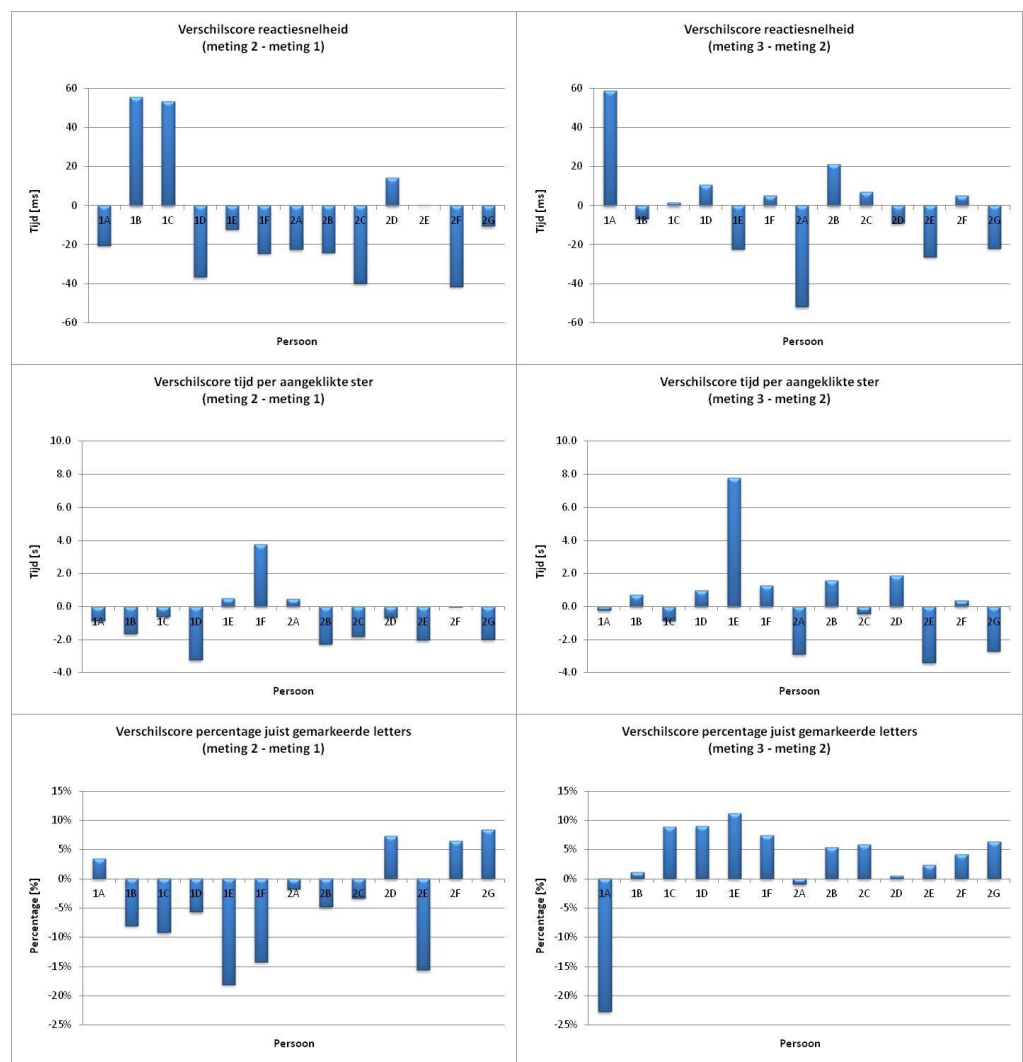
De behaalde scores van de verschillende testen op de verschillende meetmomenten zijn opgenomen in bijlage E. Om na te gaan in hoeverre de scores zijn beïnvloed door het verschil in ventilatie, zijn de verschillen berekend tussen de metingen in situatie 1 (ruim voldoende ventilatie) en de metingen in situatie 2 (beperkte ventilatie). Hiervoor gelden de vergelijkingen (1) en (2).

$$\text{verschilscore } M2 = (M2 - M1)_{\text{situatie2}} - (M2 - M1)_{\text{situatie1}} \quad (1)$$

$$\text{verschilscore } M3 = (M3 - M2)_{\text{situatie2}} - (M3 - M2)_{\text{situatie1}} \quad (2)$$

Waarin: M1, M2 en M3 = meting 1, 2 en 3  
 Situatie 2 = situatie met beperkte ventilatie  
 Situatie 1 = situatie met ruim voldoende ventilatie

De berekende verschilcores per persoon zijn weergegeven in Figuur 4. Op basis van de gestelde hypothese in hoofdstuk 1 is de verwachting dat de verschilcores M2 voor Test 1 en Test 2 een positieve waarde hebben en voor Test 3 een negatieve waarde. Voor de verschilscore M3 wordt een tegengesteld effect verwacht.



Figuur 4. Verschilcores tussen beide testmiddagen van meting 1 en 2 en meting 2 en 3.



De gemiddelde waarden en de standaarddeviaties van de metingen zijn opgenomen in Tabel 4. De gemiddelde waarden van de verschillcores en het 90%-betrouwbaarheidsinterval van deze scores zijn weergegeven in Tabel 5. In deze tabel zijn ook de resultaten van de variantie-analyses opgenomen (P-waarde). In hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken.

Tabel 4. Gemiddelde testcores met standaarddeviatie.

| Test   | Gemiddelde testcore (standaarddeviatie) |                |                |                                |               |               |
|--|---|----------------|----------------|--------------------------------|---------------|---------------|
|  | Beperkt<br>(situatie 2)                 |                |                | Ruim voldoende<br>(situatie 1) |               |               |
| Meting   | 1                                       | 2              | 3              | 1                              | 2             | 3             |
| Reactiesnelheid [ms]                                       | 248<br>(40)                             | 240<br>(28)    | 225<br>(28)    | 240<br>(41)                    | 240<br>(35)   | 227<br>(39)   |
| 'Maan en sterren':<br>tijd per aangeklikte ster [s]        | 10,4<br>(2,2)                           | 9,8<br>(2,9)   | 10,0<br>(2,6)  | 10,1<br>(2,8)                  | 10,3<br>(2,5) | 10,2<br>(2,9) |
| Lettertest:<br>percentage juist<br>gemarkeerde letters [%] | 82,5<br>(10,1)                          | 82,9<br>(10,2) | 84,5<br>(10,8) | 82,2<br>(9,3)                  | 86,8<br>(8,4) | 85,5<br>(8,1) |

Tabel 5. Gemiddelde waarden, betrouwbaarheidsinterval verschillcores en P-waarden.

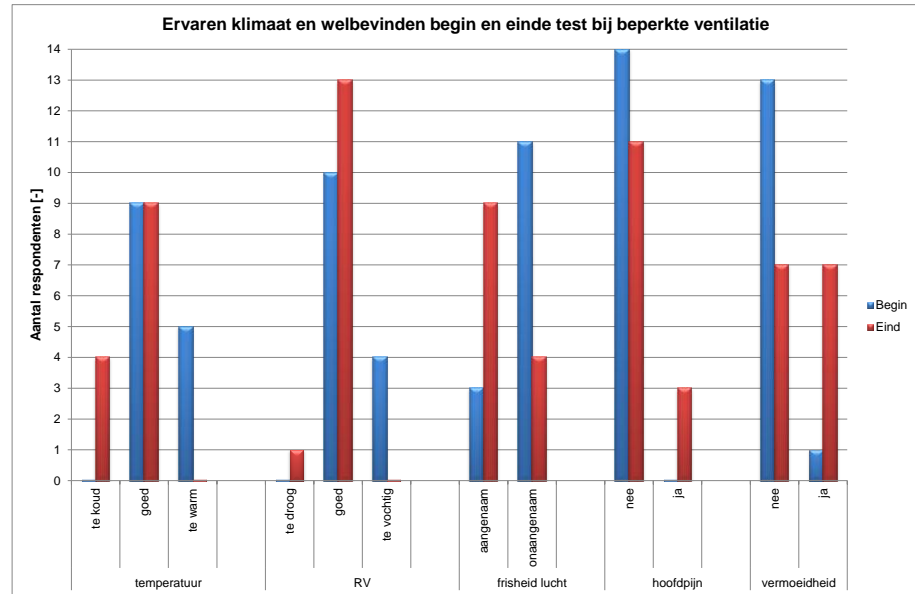
| Test  | Gemiddelde verschillcore<br>(90%- betrouwbaarheidsinterval) |                       | P-waarde |         |
|---|---|-----------------------|----------|---------|
|   | M2 - M1   | M3 - M2               | M2 - M1  | M3 - M2 |
| Reactiesnelheid [ms]  | -8,4<br>(-22,9; 6,2)  | -2,2<br>(-14,4; 10,0) | 0,406    | 0,839   |
| 'Maan en sterren':<br>tijd per aangeklikte ster [s]                   | -0,8<br>(-1,6; 0,0)   | 0,3<br>(-1,0; 1,6)    | 0,147    | 0,599   |
| Lettertest: percentage juist<br>gemarkeerde letters<br>[procentpunt]. | -4,3<br>(-8,3; -0,2)  | 2,9<br>(-0,9; 6,8)    | 0,067    | 0,265   |

### 3.5 Enquête

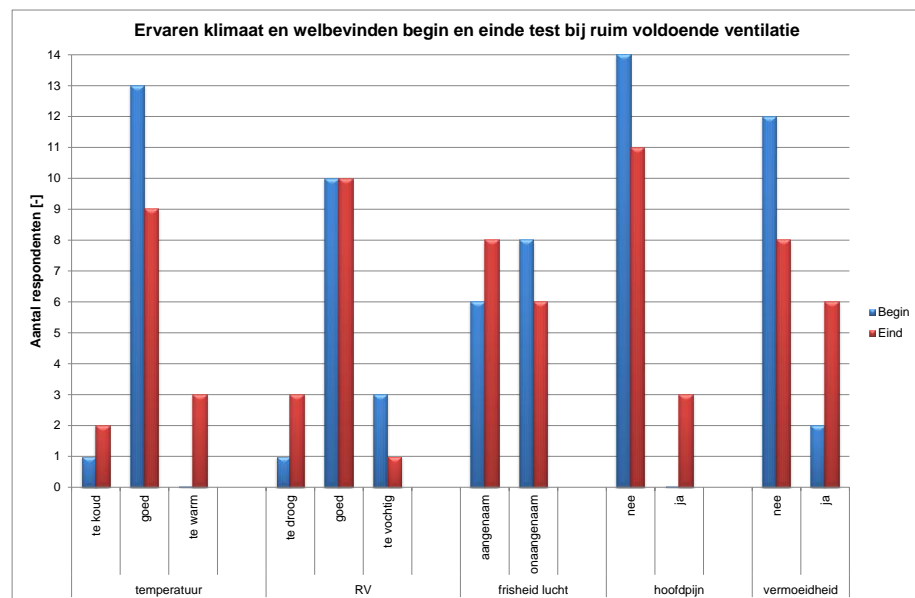
De resultaten van de enquête over het ervaren binnenklimaat en het welbevinden van de proefpersonen zijn weergegeven in Figuur 5 en Figuur 6. In bijlage F zijn de resultaten per groep weergegeven. De resultaten kunnen als volgt worden samengevat:

- Er is geen relatie zichtbaar tussen de mate van ventilatie en de zelf gerapporteerde beleving van temperatuur en relatieve vochtigheid (RV).
- De verschillen in beleving van temperatuur en relatieve vochtigheid in de verschillende situaties kunnen niet worden gerelateerd aan de gerealiseerde ruimteluchttemperatuur en de relatieve vochtigheid. De verschillen in temperatuur en relatieve vochtigheid waren klein (zie Figuur 1 en Figuur 2).
- In de situatie met beperkte ventilatie ervaren 11 van de 14 personen de 'frisheid lucht' aan het begin van de testmiddag als onaangenaam. Aan het einde van de middag geldt dit voor 4 van de 14 personen.
- In de situatie met ruim voldoende ventilatie ervaren 8 van de 14 personen de 'frisheid lucht' aan het begin van de testmiddag als onaangenaam. Aan het einde van de middag geldt dit voor 6 van de 14 personen.

- Er is geen relatie zichtbaar tussen de mate van ventilatie en het optreden van hoofdpijn.
- In de situatie met beperkte ventilatie is aan het eind van de middag een toename zichtbaar van het aantal proefpersonen met vermoeidheid van 6 personen ten opzichte van een toename van 4 personen in de situatie met ruim voldoende ventilatie.



Figuur 5. Beoordeling van het ervaren klimaat en het welbevinden door de proefpersonen in de situatie met beperkte ventilatie.



Figuur 6. Beoordeling van het ervaren klimaat en het welbevinden door de proefpersonen in de situatie met ruim voldoende ventilatie.

## 4 Bespreking resultaten

### 4.1 Ventilatieniveau

Uit de registraties van de CO<sub>2</sub>-concentratie gedurende de testen blijkt dat in de situatie met minimale ventilatie de huidige hygiënische grenswaarde van 1.200 ppm ruimschoots wordt overschreden. Wanneer de hypothese juist is, dat de alertheid en het attentieniveau van personen bij beperkte ventilatie afnemen, zou dat in de gerealiseerde omstandigheden meetbaar moeten zijn.

### 4.2 Beperkte ventilatie versus ruim voldoende ventilatie

De hypothese is dat bij beperkte ventilatie de alertheid en het attentieniveau van personen afneemt. De reactiesnelheid zou een indicator voor vermoeidheid zijn. Bij het optreden van vermoeidheid zou de gemeten reactietijd groter moeten worden. Bij de test 'maan en sterren' zouden op basis van de hypothese een langere gemiddelde tijd per aangeklikte ster te verwachten zijn bij beperkte ventilatie. Voor de lettertest geldt bij de genoemde hypothese dat bij beperkte ventilatie het percentage juist gemarkeerde letters kleiner moet zijn.

#### *Reactietest*

De reactietest was bedoeld als een indicator voor vermoeidheid. Uit de testresultaten blijkt dat de gemiddelde reactietijd van de testpersonen in de loop van de testmiddagen kleiner wordt of gelijk blijft. Dat zou betekenen dat de testpersonen aan het einde van de testmiddag gemiddeld minder vermoeid zouden zijn dan aan het begin van de testmiddag. Dit lijkt niet waarschijnlijk. Uit de enquêteresultaten blijkt dat bij een aantal testpersonen een toename van vermoeidheid in de tijd optreedt.

Uit de variantie-analyse volgt dat de afname tussen de interventie (situatie 1) en de standaard conditie (situatie 2) niet significant verschillend was (P-waarde = 0,406 en 0,839). Het 90% betrouwbaarheidsinterval is gelijk aan (-22,9ms; 6,2ms).

#### *Test 'maan en sterren'*

De scores van deze test zouden een indicatie moeten zijn voor de alertheid en het attentieniveau van de proefpersonen. Uit de resultaten blijkt dat de tijd die de proefpersonen gemiddeld nodig hebben om de oplichtende ster aan te klikken, gemiddeld kleiner is in de situatie met beperkte ventilatie. Dit is strijdig met de hypothese dat bij beperkte ventilatie de alertheid en het attentieniveau van personen afneemt. Uit de variantie-analyse blijkt dat de resultaten niet als significant kunnen worden beschouwd (P-waarde = 0,147). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval was gelijk aan (-1,6s; 0,0s).

#### *Lettertest*

De scores van de Lettertest zouden een indicatie moeten zijn voor de alertheid en het attentieniveau van de proefpersonen. Uit de resultaten blijkt dat de gemiddelde verschilscore -4,3 procentpunt bedraagt ten opzichte van een gemiddelde score van 86,6% juist gemarkeerde letters. Dit zou een gemiddelde afname van het aantal juist gemarkeerde letters betekenen van 5% bij beperkte ventilatie. Uit de variantie-analyse blijkt dat de resultaten niet significant zijn (P-waarde = 0,067). Het

90%-betrouwbaarheidsinterval was gelijk aan (-8,3%; -0,2%). De P-waarde en het interval geven aan dat de kans, dat het verschil tussen de interventie en standaard conditie door toeval is ontstaan, niet erg groot is.

#### *Enquête*

Uit de zelfrapportage van de proefpersonen over het ervaren binnenklimaat en het welbevinden blijkt dat in de situatie met beperkte ventilatie aan het eind van de middag minder personen de frisheid van de lucht als onaangenaam ervaren. Een verklaring kan zijn dat er gewenning optreedt. Dit zou bevestigen dat er sprake is van adaptatie van geuren door personen [2]. In de resultaten voor de zelf gerapporteerde vermoeidheid is in de situatie met beperkte ventilatie een beperkte toename zichtbaar van het aantal personen dat vermoeidheid aangeeft in vergelijking tot de situatie met ruim voldoende ventilatie. Voor de zelf gerapporteerde hoofdpijn is geen toename zichtbaar.

#### *Significantie resultaten*

Uit variantie-analyses blijkt dat de testresultaten niet significant zijn. De kleinste P-waarde treedt op bij de resultaten van de lettertest. De P-waarde bij de resultaten van de computertesten is aanzienlijk hoger. Mogelijk spelen bij de computertesten andere effecten zoals computervaardigheid en leereffecten een grotere rol dan bij een schriftelijke test. Hierdoor kan het onderscheidend vermogen van de computertesten met betrekking tot het ventilatieniveau te laag zijn.

### **4.3 Ruim voldoende ventilatie na periode van beperkte ventilatie**

De hypothese, dat door een aanzienlijke toename van de ventilatie na een periode van beperkte ventilatie de alertheid en het attentieniveau van personen in korte tijd toeneemt, kan niet worden bevestigd op basis van de resultaten van dit onderzoek. Uit de variantie-analyses blijkt dat de resultaten (M3-M2) niet significant zijn. Het kan zijn dat het effect niet optreedt, dat een langere periode geventileerd moet worden voordat het effect meetbaar is, dat het onderscheidend vermogen van de testen onvoldoende is of dat het onderzoek te weinig power had om gewenste effecten aan te kunnen tonen.

### **4.4 Vervolgonderzoek**

Hoewel de resultaten van het in dit rapport beschreven onderzoek niet significant zijn, geven de verschillen van de lettertest wel een indicatie dat er sprake is van een afname van de alertheid en het attentieniveau bij beperkte ventilatie. Om dit effect significant te kunnen vaststellen is nader onderzoek nodig waarbij onder gecontroleerde omstandigheden testen worden uitgevoerd door tenminste enkele tientallen proefpersonen in een situatie met beperkte ventilatie en ruim voldoende ventilatie. Van de drie in dit onderzoek gebruikte testen is de kans op significante resultaten het grootst bij gebruik van de lettertest.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Uit de resultaten van het proefkameronderzoek naar de alertheid en het attentieniveau van 13 personen bij beperkte en bij ruim voldoende ventilatie kan het volgende worden afgeleid:

### *Reactietest (test 1)*

Volgens de gemiddelde resultaten zou de reactietijd in de loop van de middag afnemen. Uit de variantie-analyse volgt dat de afname tussen de interventie (situatie 1) en de standaard conditie (situatie 2) niet significant verschillend was (P-waarde = 0,406 en 0,839). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval was gelijk aan (-2,9ms; 6,2ms).

### *Test 'maan en sterren' (test 2)*

De gemiddelde tijd per aangeklikte ster lijkt af te nemen in de situatie met beperkte ventilatie ten opzichte van de situatie met ruim voldoende ventilatie. Uit de variantie-analyse volgt dat de resultaten niet als significant kunnen worden beschouwd (P-waarde = 0,147). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval is gelijk aan (-1,6s; 0,0s).

### *Letterttest (test 3)*

Het percentage juist gemarkeerde letters lijkt af te nemen in de situatie met beperkte ventilatie ten opzichte van de situatie met ruim voldoende ventilatie. Uit de variantie-analyse volgt dat de resultaten niet als significant kunnen worden beschouwd (P-waarde = 0,067). Het 90%-betrouwbaarheidsinterval is gelijk aan (-8,3%; -0,2%). De P-waarde en het interval geven aan dat de kans dat het verschil tussen de interventie en standaard conditie door toeval is ontstaan, niet erg groot is.

### *Enquête*

Uit de enquêteresultaten blijkt dat aan het einde van de testmiddag met beperkte ventilatie minder proefpersonen de frisheid van de lucht als onaangenaam ervaren. Dit wijst op de mogelijke adaptatie van geuren door personen.

### *Ruim voldoende ventilatie na een periode van beperkte ventilatie*

De resultaten van de metingen bij het aanbieden van ruim voldoende ventilatie na een periode van beperkte ventilatie zijn niet significant. De bandbreedte van de betrouwbaarheidsintervallen is dermate groot dat op basis daarvan geen uitspraak kan worden gedaan over de invloed van het verhogen van de ventilatie op de testresultaten.

Uit de resultaten van de reactietest blijkt dat deze computertest onvoldoende geschikt lijkt te zijn voor het vaststellen van het optreden van vermoeidheid. De gemiddelde reactietijd zou volgens de resultaten in de loop van de tijd afnemen, hetgeen niet waarschijnlijk is. De resultaten van de test 'maan en sterren' zijn strijdig met de hypothese. Het is waarschijnlijk dat andere factoren een grotere invloed hebben op de resultaten van deze test dan het aangeboden ventilatieniveau. Het onderscheidend vermogen van deze test met betrekking tot het ventilatieniveau lijkt onvoldoende. In de resultaten van de lettertest lijkt er een effect van het beperken van de ventilatie op de alertheid en het attentieniveau zichtbaar te zijn in het verschil tussen het percentage juist gemarkeerde letters.

Omdat de resultaten niet significant zijn, is nader onderzoek nodig waarbij de lettertest, onder vergelijkbare gecontroleerde omstandigheden, door tenminste enkele tientallen proefpersonen wordt uitgevoerd. Aanbevolen wordt op basis van de beschikbare resultaten vooraf een poweranalyse uit te voeren om vast te stellen hoeveel personen er nodig zijn voor een significant resultaat.

## 6 Literatuur


- [1] Senter NOVEM  
Modelprojectplan EOS: Lange Termijn onderzoeksprojecten  
Duurzame projectontwikkeling gebaseerd op duurzaam bouwen, renoveren en  
wonen na 2015  
Sittard, september 2005
- [2] Gids, W.F. de  
Ventilatie van ruimten ten behoeve van personen, achtergronden van de eisen  
TNO-rapport 060-DTM-2011-00610  
Delft, februari 2011
- [3] Gids, W.F. de  
Een onderzoek naar de effecten en gevolgen van ventilatie, op weg naar  
vraaggestuurde ventilatie  
TNO-rapport 060-DTM-2011-00612  
Delft, augustus 2011

## 7 Ondertekening

Delft, november 2012

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P.M. van Hoorik', written in a cursive style.

Drs. P.M. van Hoorik  
Afdelingshoofd  
Energy and Comfort Systems

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'P. de Jong', written in a cursive style.

Ing. P. de Jong  
Auteur



## A Enquête

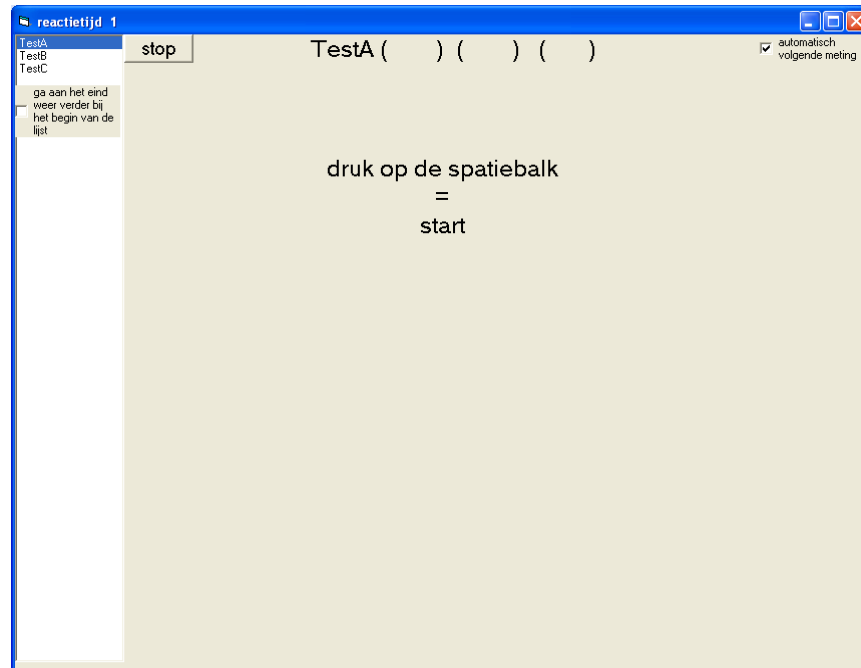
### Enquête

Naam:

Datum:

| Factoren              | Begin test   | Eind test  |
|-----------------------|--|--|
| Temperatuur           | <input type="radio"/> : te koud<br><input type="radio"/> : goed<br><input type="radio"/> : te warm     | <input type="radio"/> : te koud<br><input type="radio"/> : goed<br><input type="radio"/> : te warm     |
| Relatieve vochtigheid | <input type="radio"/> : te droog<br><input type="radio"/> : goed<br><input type="radio"/> : te vochtig | <input type="radio"/> : te droog<br><input type="radio"/> : goed<br><input type="radio"/> : te vochtig |
| Frisheid van de lucht | <input type="radio"/> : aangenaam<br><input type="radio"/> : onaangenaam                               | <input type="radio"/> : aangenaam<br><input type="radio"/> : onaangenaam                               |
| Hoofdpijn             | <input type="radio"/> : nee<br><input type="radio"/> : ja  | <input type="radio"/> : nee<br><input type="radio"/> : ja  |
| Vermoeidheid          | <input type="radio"/> : nee<br><input type="radio"/> : ja  | <input type="radio"/> : nee<br><input type="radio"/> : ja  |

## B Testprogramma reactiesnelheid



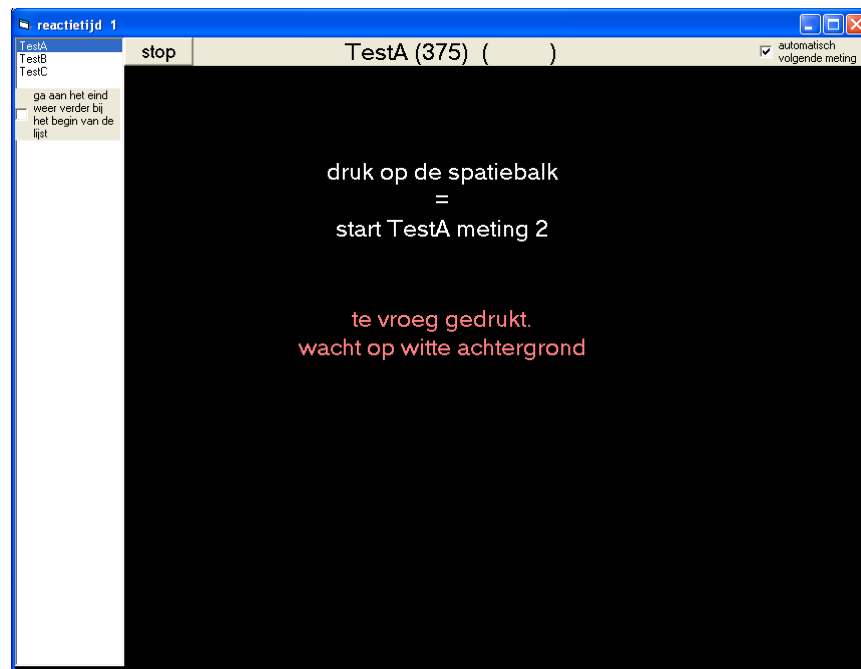
Figuur 7. Startscherm reactiesnelheidstest.



Figuur 8. Reactiesnelheidstest in uitvoering: wacht tot het scherm wijzigt.

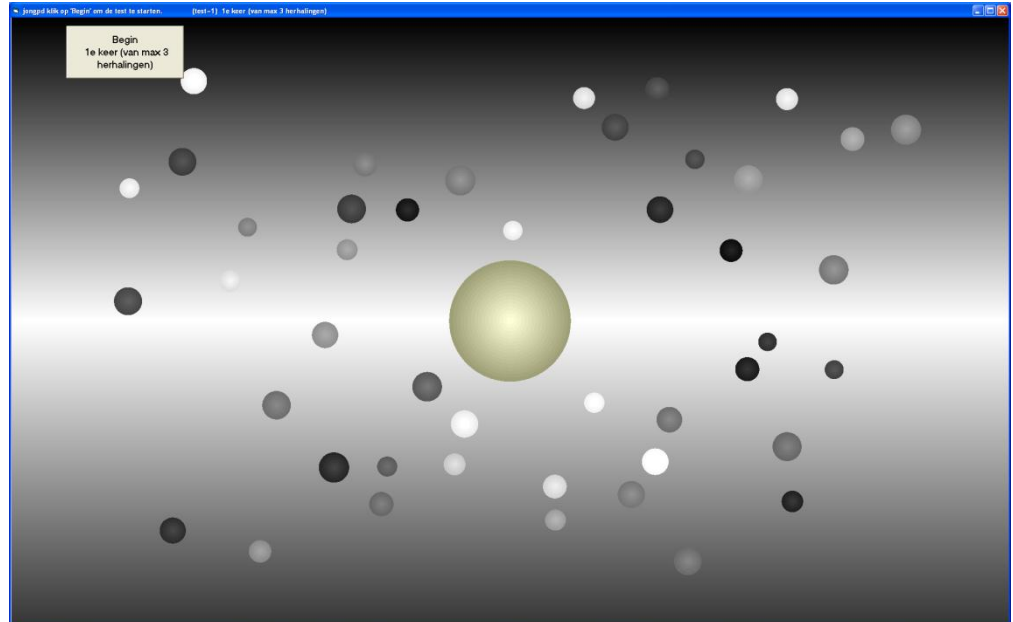


Figuur 9. Reactiesnelheidstest in uitvoering: druk op de spatiebalk.

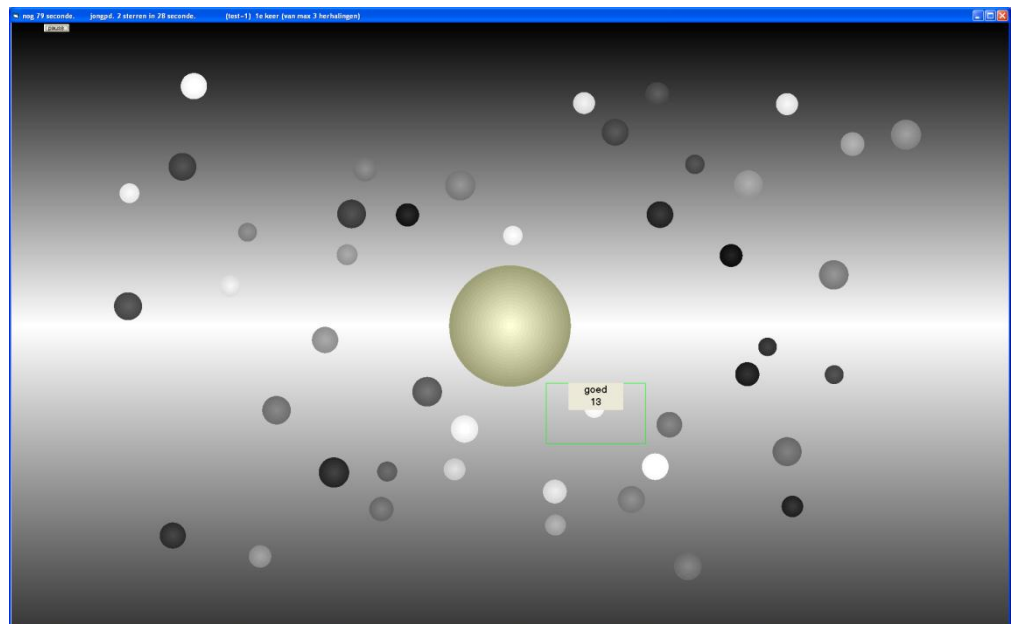


Figuur 10. Reactiesnelheidstest in uitvoering: te vroeg op de spatiebalk gedrukt.

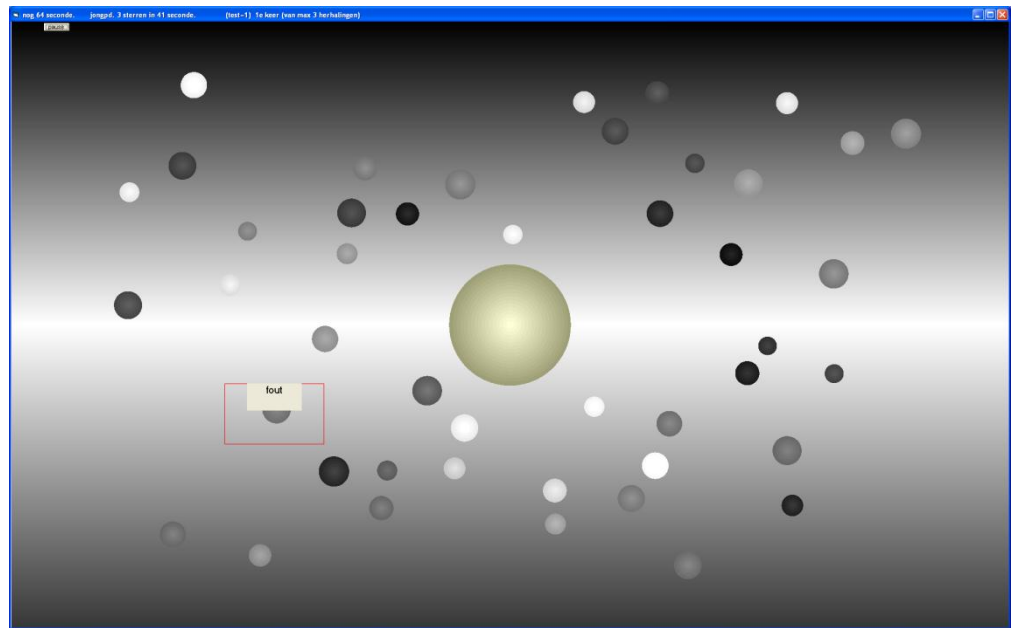
## C Testprogramma attentieniveau



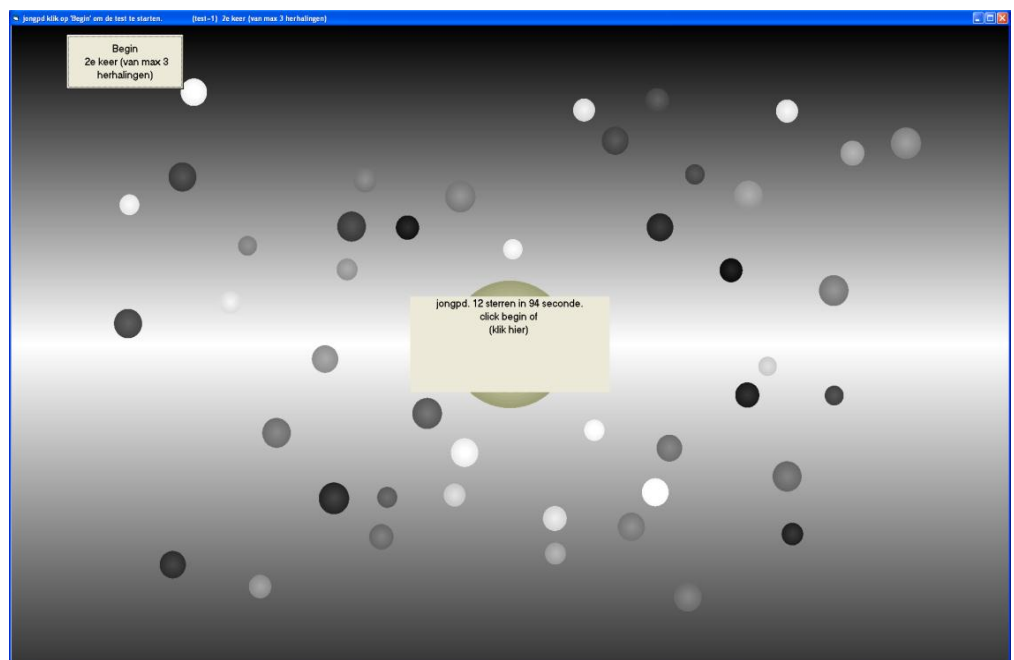
Figuur 11. Start scherm testprogramma attentieniveau.



Figuur 12. Melding inclusief de benodigde tijd bij goed aangeklikte ster.

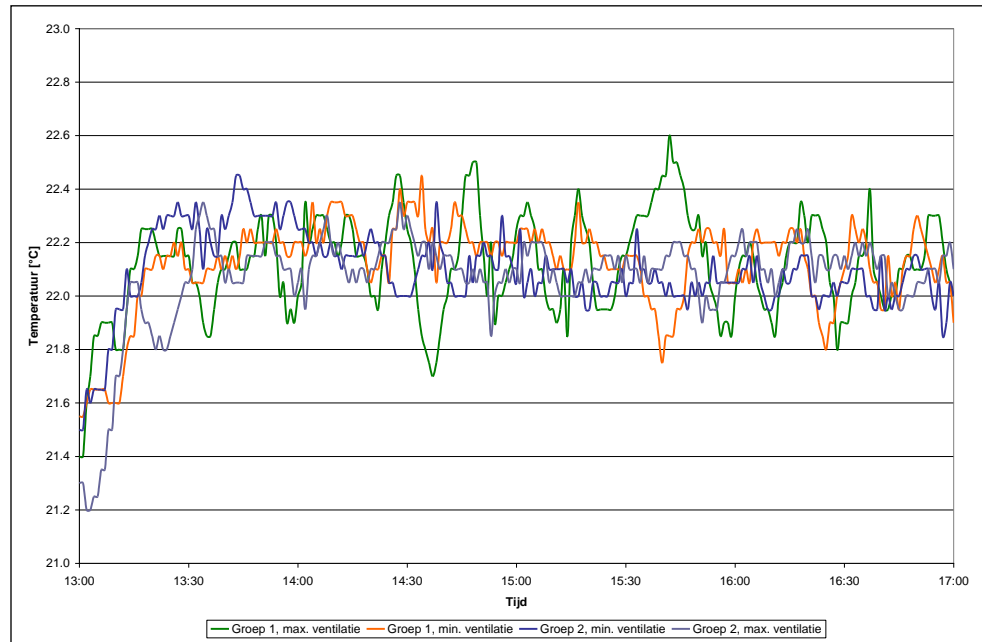


Figuur 13. Foutmelding bij een verkeerd aangeklikte ster.

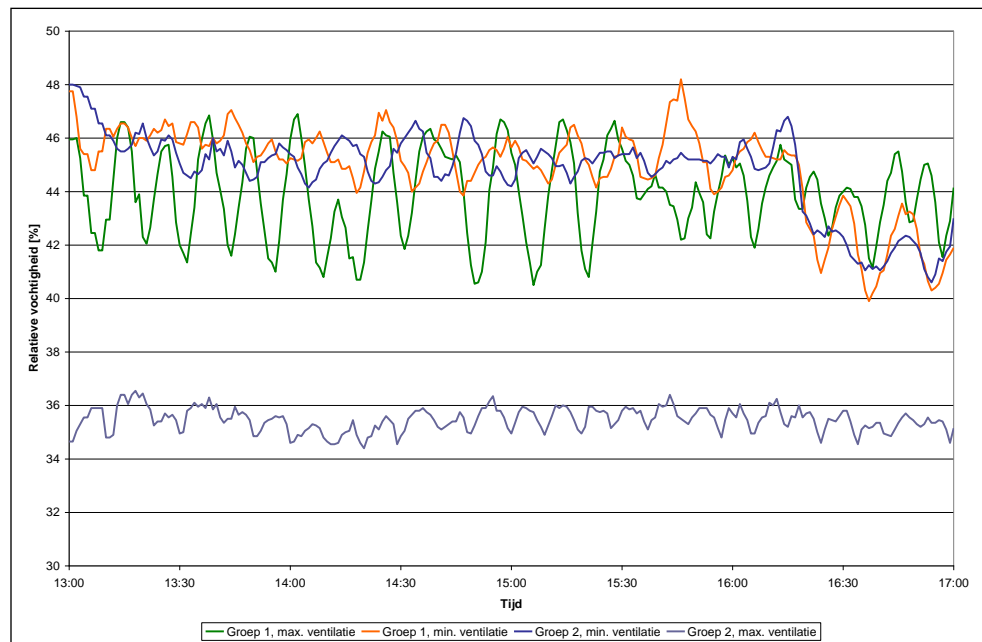


Figuur 14. Einde van de test: het aantal juist aangeklikte sterren wordt getoond.

## D Meetresultaten binnenklimaat



Figuur 15. Verloop ruimteluchttemperatuur in proefkamer.



Figuur 16. Verloop relatieve vochtigheid in de proefkamer.

## E Testresultaten

Tabel 6. Scores reactiesnelheidstesten.

|                     |                 |            | Score reactiesnelheidstest; reactiesnelheid per persoon [ms] |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----------------|------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Groep               |                 |            | 1  |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     |     |     |
| Situatie            | CO <sub>2</sub> | Meetmoment | 1A   | 1B  | 1C  | 1D  | 1E  | 1F  | 2A  | 2B  | 2C  | 2D  | 2E  | 2F  | 2G  |
| Ventilatie maximaal | Laag            | 1          | 335  | 262 | 229 | 257 | 297 | 217 | 233 | 186 | 226 | 189 | 217 | 222 | 245 |
|                     | Laag            | 2          | 305  | 214 | 236 | 264 | 299 | 255 | 224 | 193 | 220 | 191 | 233 | 231 | 252 |
|                     | Laag            | 3          | 274  | 205 | 191 | 191 | 286 | 252 | 262 | 170 | 214 | 186 | 217 | 233 | 274 |
| Ventilatie minimaal | Laag            | 1          | 295  | 219 | 189 | 285 | 286 | 226 | 309 | 194 | 267 | 201 | 255 | 252 | 250 |
|                     | Hoog            | 2          | 245  | 226 | 250 | 255 | 276 | 240 | 278 | 177 | 222 | 217 | 271 | 219 | 247 |
|                     | Laag            | 3          | 273  | 210 | 207 | 193 | 241 | 241 | 264 | 176 | 222 | 203 | 229 | 226 | 247 |

Tabel 7. Scores tijd per aangeklikte ster in test 'maan en sterren'.

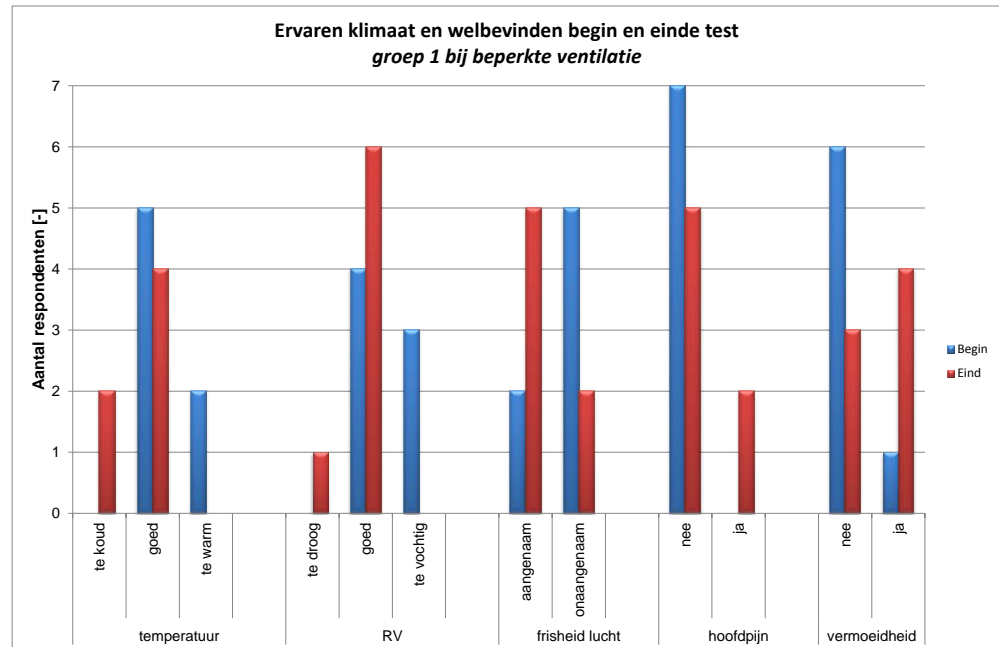
|                     |                 |            | Score test 'maan en sterren': benodigde tijd per aangeklikte ster [s] |     |     |     |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|---------------------|-----------------|------------|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
| Groep               |                 |            | 1   |     |     |     |      |      | 2    |      |      |      |      |     |      |
| Situatie            | CO <sub>2</sub> | Meetmoment | 1A  | 1B  | 1C  | 1D  | 1E   | 1F   | 2A   | 2B   | 2C   | 2D   | 2E   | 2F  | 2G   |
| Ventilatie maximaal | Laag            | 1          | 14,8  | 8,0 | 8,2 | 8,1 | 14,5 | 15,0 | 10,7 | 8,0  | 9,1  | 7,8  | 8,8  | 7,9 | 11,0 |
|                     | Laag            | 2          | 12,9  | 7,7 | 9,0 | 9,0 | 12,8 | 10,5 | 9,3  | 9,3  | 10,6 | 9,4  | 10,1 | 7,1 | 16,6 |
|                     | Laag            | 3          | 15,4  | 8,2 | 9,9 | 7,7 | 10,6 | 10,2 | 12,4 | 7,3  | 9,9  | 7,9  | 8,8  | 8,2 | 16,3 |
| Ventilatie minimaal | Laag            | 1          | 11,4  | 8,6 | 7,8 | 8,7 | 10,1 | 9,6  | 15,0 | 10,0 | 10,1 | 10,0 | 14,0 | 8,5 | 12,0 |
|                     | Hoog            | 2          | 8,6   | 6,6 | 8,0 | 6,4 | 8,9  | 8,8  | 14,1 | 8,9  | 9,8  | 11,0 | 13,4 | 7,7 | 15,6 |
|                     | Laag            | 3          | 10,8  | 7,8 | 8,0 | 6,0 | 14,5 | 9,7  | 14,2 | 8,5  | 8,6  | 11,3 | 8,6  | 9,2 | 12,6 |

Tabel 8. Scores percentage juist gemarkeerde letters in lettertest.

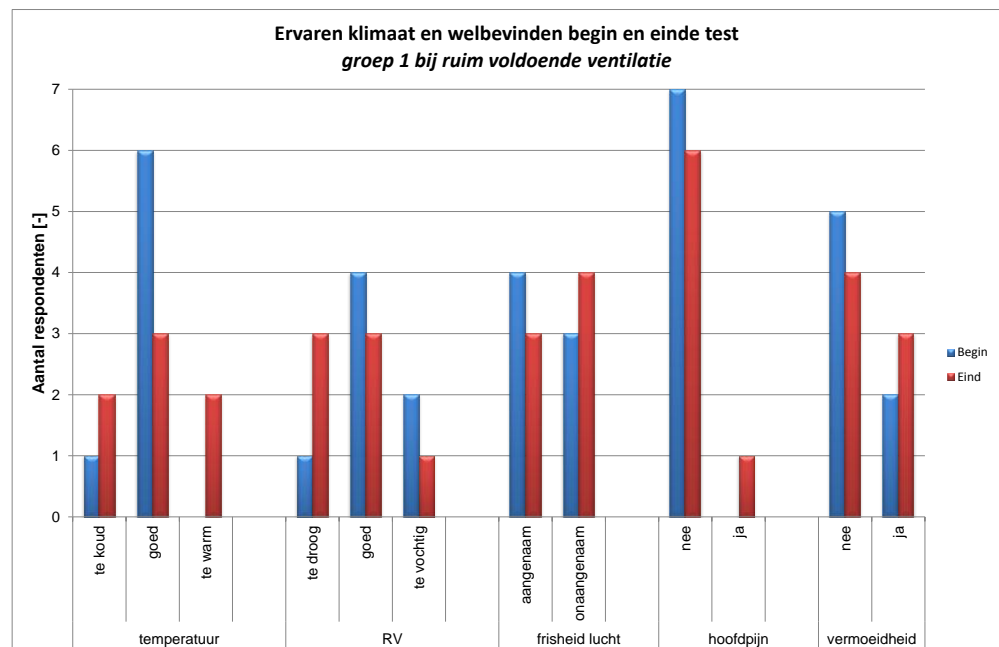
|                     |                 |            | Score lettertest: percentage juist gemarkeerde letters [%] |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------------------|-----------------|------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Groep               |                 |            | 1  |     |     |     |     |     | 2   |     |     |     |     |     |     |
| Situatie            | CO <sub>2</sub> | Meetmoment | 1A   | 1B  | 1C  | 1D  | 1E  | 1F  | 2A  | 2B  | 2C  | 2D  | 2E  | 2F  | 2G  |
| Ventilatie maximaal | Laag            | 1          | 75%  | 75% | 88% | 94% | 75% | 80% | 65% | 89% | 90% | 86% | 71% | 92% | 88% |
|                     | Laag            | 2          | 75%  | 83% | 86% | 90% | 92% | 91% | 67% | 91% | 96% | 90% | 81% | 90% | 96% |
|                     | Laag            | 3          | 94%  | 75% | 83% | 82% | 88% | 83% | 65% | 91% | 93% | 92% | 87% | 88% | 91% |
| Ventilatie minimaal | Laag            | 1          | 85%  | 87% | 91% | 97% | 81% | 88% | 56% | 91% | 83% | 81% | 75% | 83% | 77% |
|                     | Hoog            | 2          | 89%  | 88% | 80% | 87% | 79% | 84% | 56% | 88% | 86% | 91% | 70% | 87% | 94% |
|                     | Laag            | 3          | 85%  | 81% | 86% | 88% | 87% | 84% | 53% | 93% | 88% | 94% | 78% | 89% | 94% |



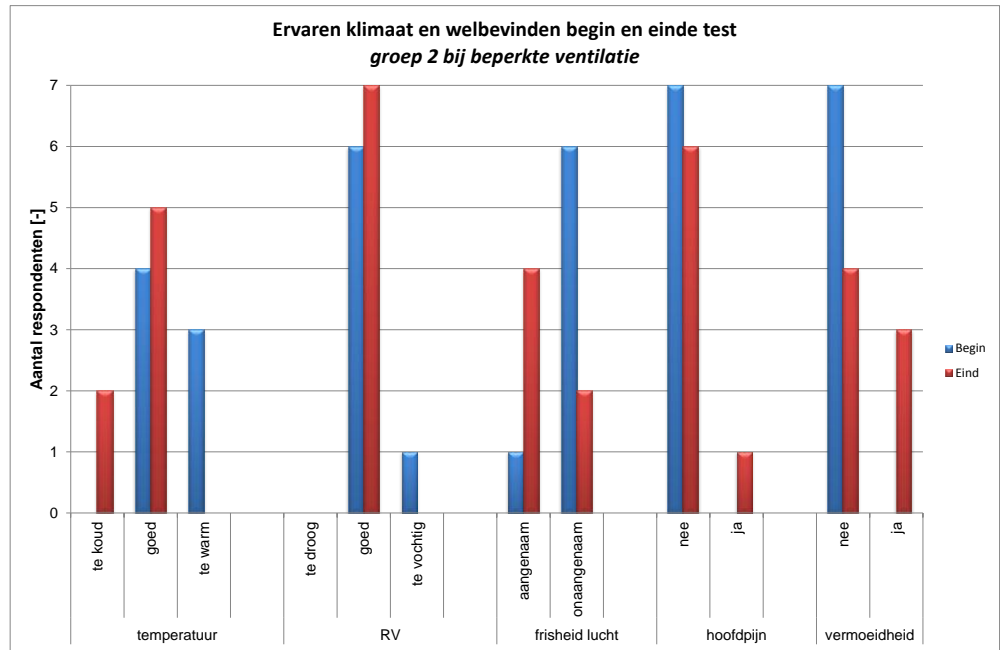
## F Resultaten enquête klimaat en welbevinden



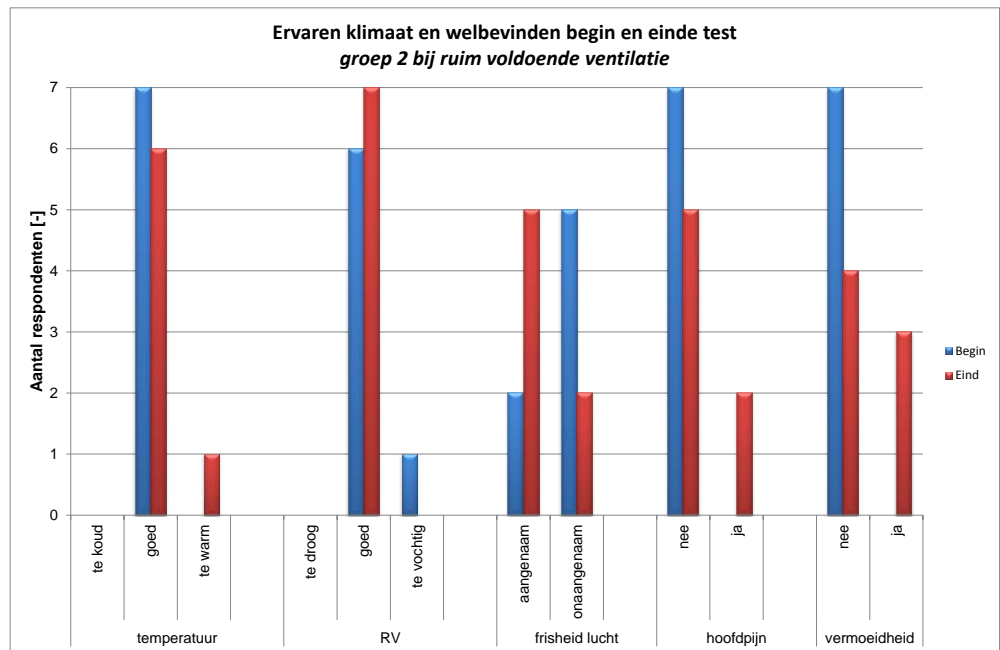
Figuur 17. Beoordeling ervaren klimaat en welbevinden proefpersonen groep 1 bij beperkte ventilatie.



Figuur 18. Beoordeling ervaren klimaat en welbevinden proefpersonen groep 1 bij ruim voldoende ventilatie.



Figuur 19. Beoordeling ervaren klimaat en welbevinden proefpersonen groep 2 bij beperkte ventilatie.



Figuur 20. Beoordeling ervaren klimaat en welbevinden proefpersonen groep 2 bij ruim voldoende ventilatie.