

In een laboratoriumsetting

# Effect van binnenklimaat-beïnvloeding

Onderzoeken in kantoorgebouwen hebben aangetoond dat het hebben van persoonlijke controle over het binnenklimaat een positieve invloed heeft op comfort en productiviteit. Is dit effect toe te schrijven aan het verschil in behoefte van werknemers, of is alleen het gevoel van het hebben van controle al voldoende om een positieve invloed te hebben? Dit laboratoriumonderzoek richtte zich op die vraag. Het onderzoek maakt deel uit van het promotieonderzoek 'Persoonlijke Beïnvloeding van het Binnenklimaat in kantoorgebouwen' van Atze Boerstra en uitgevoerd in samenwerking met de Technical University of Denmark.

M. (Marije) te Kulve, Technische Universiteit Eindhoven; ir. A.C. (Atze) Boerstra, BBA Binnenmilieu en Technische Universiteit Eindhoven; dr. J. (Jørn) Toftum, Technical University of Denmark; dr.ir. M.G.L.C. (Marcel) Loomans, Technische Universiteit Eindhoven; prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen, Technische Universiteit Eindhoven

De kwaliteit van het binnenklimaat in een gebouw heeft invloed op de productiviteit, de gezondheid en het comfort van de gebouwgebruikers. Analyse van (veld)onderzoeken (zie bv. [1], [2], [3] en [4]), leert dat het wel of niet hebben van mogelijkheden voor beïnvloeding van het binnenklimaat een belangrijke rol kan spelen. Hierbij gaat het, zie [5], enerzijds om de aanwezigheid van en toegang tot controlemiddelen als thermostaatknoppen en te openen ramen en anderzijds om de ervaren mate van controle over het binnenklimaat (psychologische aspect).

In samenwerking met de Technical University of Denmark (DTU) is een experiment met proefpersonen bedacht om te onderzoeken welke invloed controle over het binnenklimaat heeft. Het doel van het laboratoriumonderzoek was: in kaart brengen wat het effect is van het wel of niet hebben van een mogelijkheid ter beïnvloeding van het (thermisch) binnenklimaat op comfort, gezondheid en productiviteit van gebouwgebruikers.

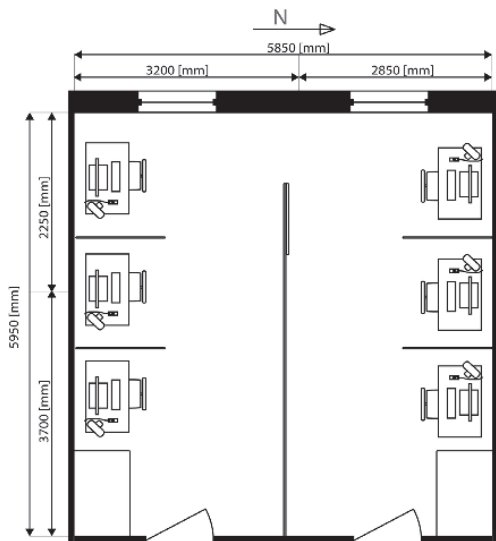
## ■ ONDERZOEKSOPZET

De onderzoeksopzet bestond uit het twee keer bloot stellen van dezelfde proefpersonen aan fysisch gezien hetzelfde binnenklimaat, waarbij ze in het eerste geval (experiment I) wel de mogelijkheid hadden om zelf (op werkplekniveau) het binnenklimaat naar wens in te stellen en in het tweede geval (experiment II) niet. Het onderzoek werd in Denemarken uitgevoerd in een zogenaamd geklimatiseerd 'field lab' van het International Centre for Indoor Environment and Energy (Iciece) van de Technical University of Denmark. Het onderzoek vond plaats in de periode mei - juni 2012. In totaal 24 personen namen deel aan de experimenten, waarvan er één halverwege afviel om persoonlijke redenen. De overgebleven deelnemers waren 12 mannen en 11 vrouwen. Het betrof studenten van Europese afkomst die tussen de 20 en 35 jaar oud waren. Ze werden betaald om mee te doen aan het onderzoek.

De experimenten werden uitgevoerd in één en

dezelfde ruimte die steeds op een operationele temperatuur van 28°C gehouden werd. Hierbij werd gebruik gemaakt van een voor deze ruimte bestemde, aparte klimaatinstallatie waarmee geconditioneerde lucht de ruimte in gebracht werd via twee roosters in het plafond. De snelheid van deze lucht was niet waarneembaar op de werkplekken. De overige binnenmilieuparameters werden gedurende de experimenten op hetzelfde niveau gehouden (denk hierbij aan de verse luchttoevoer, het achtergrondgeluidniveau (installatiegeluid) en het verlichtingsniveau ten gevolge van kunstlicht). Daglicht kwam naar binnen via ramen in de Westgevel. Om blootstelling aan direct invallend zonlicht te voorkomen, was ervoor gekozen om de experimenten uit te voeren van 09:00 tot 11:30 uur in de ochtend.

De plattegrond van het 'field lab' is afgebeeld in figuur 1. De ruimte was voorzien van zes werkplekken met elk een eigen desktop computer. Hierdoor konden er steeds zes personen tegelijk deel nemen aan een experiment.



-Figuur 1- Plattegrond van het field lab met de zes werkplekken



-Figuur 2- Ventilator met traploze controller (rechts onder in beeld); alleen de controller werd gebruikt om de luchtsnelheid in te stellen, de 0-1-2 knop op de ventilator zelf stond altijd in de hoogste stand

Alle deelnemers zaten aan een bureau met hierop een eigen tafelventilator die traploos was in te stellen (zie figuur 2). Hiervoor was een traploze controller aan de tafelventilator gekoppeld zodat men alle mogelijke snelheden tussen de 0 en 2 m/s kon kiezen. Tijdens het eerste experiment kon men de tafelventilator continu naar wens instellen. De positie en de richting van de ventilator was gefixeerd, maar de luchtsnelheid kon aangepast worden door middel van de traploze controller. De spanning over de ventilatoren (dus de instelling van de controller) werd continu geregistreerd en opgeslagen tijdens experiment I, zodat de aanpassingen aan de luchtsnelheid van de ventilatoren van alle deelnemers kon worden

gereproduceerd tijdens de tweede sessie (experiment II). Tijdens dat tweede experiment werden de tafelventilatoren op afstand bestuurd.

De werkplekken waren van elkaar gescheiden door verticale elementen en een flexibele wand in het midden van de ruimte, zodat men alleen de luchtsnelheid veroorzaakt door de eigen ventilator kon voelen. Een operationele temperatuur van 28°C was gekozen om deelnemers (tijdens experiment I) 'aan te moedigen' om de ventilator (in meer of mindere mate) aan te zetten om hun thermisch comfort te verbeteren.

## ■ ONDERZOEKSPROCEDURE

De proefpersonen kwamen in totaal drie keer bij het centrum. Men nam deel aan een proefsessie, aan experiment I (de 'met controle situatie') en aan experiment II (de 'zonder controle situatie'). Hierbij werd men verdeeld in groepen van 6, die bij elke sessie gelijk waren.

### Proefsessie

Tijdens de proefsessie kon men vertrouwd raken met het 'field lab' en de instelbare tafelventilatoren en oefenen met het invullen van vragenlijsten en het uitvoeren van testen op de desktop computers. De vragenlijsten hadden betrekking op o.a. het comfort, de zelf-ingeschatte productiviteit, het optreden van 'Sick Building Syndrome' (SBS) symptomen en de ervaren mate van controle over o.a. temperatuur en ventilatie. SBS-symptomen zijn gebouw gerelateerde gezondheidsklachten zoals die in gebouwen met binnenklimaatproblemen voorkomen. In de vragenlijst werd gevraagd naar de aanwezigheid en intensiteit van hoofdpijn, vermoeidheid, oogklachten, neusklachten, en keelklachten. De mate van ervaren controle over het binnenklimaat werd gemeten tijdens beide sessies door te vragen of men zich in controle voelde over het binnenklimaat en of men tevreden was over de geboden mate van controle.

Daarnaast moesten deelnemers verschillende testen doen om de productiviteit objectief te kunnen meten. Het ging hierbij om het maken van optelsommen, vermenigvuldigingen, het verbinden van genummerde punten (Tsai-Partington test) en het typen van teksten. Aan het eind van de proefsessie kreeg men ook een algemene uitleg over wat er van ze verwacht werd tijdens experiment I en II. Zo werd onder meer uitgelegd dat men tijdens experiment I en II op dezelfde plek moest gaan zitten. Ook kreeg men te horen dat men tijdens beide experimenten eigen (zomer-)kleding kon dragen, maar dat dit wel dezelfde kleding diende te zijn. Dit zodat de kledingisolatie hetzelfde zou zijn bij beide experimenten.

### Experiment I

Het eigenlijke onderzoek begon bij experiment I (de 'met controle situatie'). Bij aanvang van het experiment werd de proefpersonen verteld dat men de snelheid van de eigen tafelventilator op elk gewenst moment aan kon passen. Het experiment was verdeeld in vier tijdsintervallen van elk ongeveer 30 minuten waarbij men steeds opnieuw digitale vragenlijsten in moest vullen en testen uit moest voeren.

### Experiment II

Twee weken na experiment I werd het onderzoek vervolgd met experiment II (de 'zonder controle situatie'). Het enige verschil ten opzichte van experiment I was dat men de luchtsnelheid van de tafelventilator niet zelf aan kon passen. Men had nog steeds de beschikking over de tafelventilatoren maar de controllers waren deze keer geplaatst in een aangrenzende ruimte. Vanuit deze ruimte werd de snelheid die men individueel gekozen had tijdens experiment I gereproduceerd door de onderzoeker. Eventuele snelle snelheidsveranderingen werden uitgespreid over een langere tijdsperiode, zodat de deelnemers geen plotselinge snelheidsveranderingen zouden waarnemen. De participanten werd verteld dat ze deze keer geen mogelijkheid hadden om de snelheid van de ventilator aan te passen en dat ze zouden worden blootgesteld aan een 'door de onderzoekers vastgestelde luchtsnelheid'. Zij wisten dus niet dat er sprake was van een luchtsnelheid 'op maat' (voor iedereen verschillend) die voor iedereen afzonderlijk hetzelfde was als tijdens experiment I. Ook deze keer moesten de proefpersonen gedurende vier periodes vragenlijsten invullen en testen uitvoeren.

## ■ ANALYSE

De resultaten van de twee sessies zijn met elkaar vergeleken door het resultaat van één persoon in experiment I te vergelijken met de resultaten van dezelfde persoon in experiment II. Bij de vragen die gedurende een experiment meer dan eens gesteld werden, zijn de resultaten van alle vragen gebruikt om de gemiddelde waarde en de standaard deviatie van deze variabele te berekenen, zoals afgebeeld in tabel 1, op de volgende pagina.

Daarnaast zijn voor de statistische analyse van de data de resultaten van één persoon op één tijdstip gedurende experiment I met de resultaten van dezelfde persoon op hetzelfde tijdstip in experiment II vergeleken. De gebruikte statistische testen om deze gepaarde vergelijking uit te voeren zijn de Wilcoxon signed rank test en een mixed model test. Het significantie niveau dat bij de analyse werd aangehouden was  $p < 0,05$ .

Variabele	Legenda	Experiment I		Experiment II		Verschil (gem.)	Significantie	Significant verschil? [a]	Statistische test [b]	
		MET CONTROLE		ZONDER CONTROLE						
		Gem.	Std. dev.	Gem.	Std. dev.					
Ervaren controle	Controle over temperatuur	1 geen - 7 volle controle	4,4	1,7	1,2	0,6	-3,2	0,000	Ja	W
	Tevredenheid controle temp	tevreden ja/nee	65%	-	17%	-	-48%	0,001	Ja	W
	Controle over luchtsnelheid	1 geen - 7 volle controle	5,7	1,2	1,2	0,5	-4,6	0,000	Ja	W
	Tevredenheid controle luchtsnelheid	tevreden ja/nee	83%	-	26%	-	-57%	0,000	Ja	W
	Controle over ventilatie	1 geen ... 7 volledige controle	3,7	2,3	1,0	0,0	-2,7	0,000	Ja	W
	Tevredenheid controle vent.	tevreden ja/nee	<b>70%</b>	-	<b>30%</b>	-	<b>-39%</b>	<b>0,007</b>	<b>Ja</b>	<b>W</b>
	Controle over licht	1 geen ... 7 volledige controle	1,0	0,2	1,0	0,0	0,0	0,317	Nee	W
	Tevredenheid controle licht	tevreden ja/nee	35%	-	61%	-	26%	0,014	Ja	W
	Controle over geluid	1 geen ... 7 volledige controle	1,9	1,1	1,3	0,4	-0,6	0,015	Ja	W
	Tevredenheid controle geluid	tevreden ja/nee	61%	-	70%	-	9%	0,414	Nee	W
Comfort	Thermische sensatie	-3 koud ... 3 heet	0,5	0,7	0,4	0,8	-0,1	0,324	Nee	MM
	Thermische tevredenheid	tevreden ja/nee	82%	-	86%	-	4%	0,371	Nee	W
	Thermische voorkeur	1 kouder ... 3 warmer	1,5	0,5	1,6	0,5	0,0	0,639	Nee	W
	Thermische acceptatie	0 zeker ... 100 zeker niet	29	18	28	17	-1	0,749	Nee	MM
	Luchtsnelheid sensatie	<b>0 geen ... 3 sterk</b>	<b>1,3</b>	<b>0,6</b>	<b>1,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,000</b>	<b>Ja</b>	<b>W</b>
	Luchtsnelheid tevredenheid	tevreden ja/nee	<b>87%</b>	-	<b>76%</b>	-	<b>-11%</b>	<b>0,025</b>	<b>Ja</b>	<b>W</b>
	Luchtsnelheid voorkeur	1 minder ... 3 meer	1,9	0,6	1,9	0,6	0,0	0,876	Nee	W
	Luchtsnelheid acceptatie	0 zeker ... 100 zeker niet	26	17	28	21	2	0,396	Nee	MM
	Luchtqualiteit sensatie									
	Luchtqualiteit tevredenheid	tevreden ja/nee	76%	-	82%	-	5%	0,275	Nee	W
Luchtqualiteit acceptatie	0 zeker ... 100 zeker niet	32	19	30	19	-2	0,378	Nee	MM	
SBS symptomen	Hoofdpijn	ja/nee	5%	-	8%	-	2%	0,564	Nee	W
	<b>Hoofdpijn intensiteit</b>	<b>0 niet ... 100 intens</b>	<b>90</b>	<b>2</b>	<b>64</b>	<b>26</b>	<b>-26</b>	<b>0,047</b>	<b>Ja</b>	<b>MM</b>
	Verstopte neus	ja/nee	1%	-	0%	-	-1%	0,317	Nee	W
	Verstopte neus intensiteit	0 niet ... 100 intens	33	0	-	-	-	-	Nee	MM
	Droge keel	ja/nee	14%	-	14%	-	0%	1,000	Nee	W
	Droge keel intensiteit	0 niet ... 100 intens	58	28	39	25	-19	0,088	Nee	MM
	<b>Vermoeidheid</b>	<b>ja/nee</b>	<b>11%</b>	-	<b>3%</b>	-	<b>-8%</b>	<b>0,008</b>	<b>Ja</b>	<b>W</b>
	Vermoeidheid intensiteit	0 niet ... 100 intens	25	15	21	8	-4	0,693	Nee	MM
	Geïrriteerde ogen	ja/nee	25%	-	21%	-	-4%	0,414	Nee	W
	<b>Geïrriteerde ogen intensiteit</b>	<b>0 niet ... 100 intens</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>60</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>0,001</b>	<b>ja</b>	<b>MM</b>
Personal Symptom Index 5	0 geen ... 5 alle klachten	0,6	0,7	0,5	0,7	-0,1	0,219	Nee	W	
Productiviteit	<b>Zelfingeschatte productiviteit</b>	<b>1 -30% ... 7 +30%</b>	<b>3,8</b>	<b>1,0</b>	<b>4,2</b>	<b>1,0</b>	<b>0,4</b>	<b>0,004</b>	<b>Ja</b>	<b>W</b>
	Ervaren mentale belasting	0 weinig ... 100 veel	35	24	31	23	-4	0,314	Nee	MM
	Inschatting opgeloste taken	0 goed ... 100 slecht	26	19	26	19	0	0,975	Nee	MM
	Ervaren alertheid	0 duf ... 100 uitgerust	47	22	49	21	3	0,519	Nee	MM
	Optel test	correcte antwoorden / minuut	2	1	2	1	0	0,159	Nee	MM
	Vermenigvuldiging test	correcte antwoorden / minuut	4	2	4	2	0	0,324	Nee	MM
	Tekst typen test	aantal fouten in tekst	26	22	24	19	-2	0,562	Nee	MM
	Tekst typten test	aantal aanslagen / minuut	167	37	176	35	9	0,157	Nee	MM
Tsai p test	totaal aantal correct verbonden punten	29	6	29	5	0	0,845	Nee	MM	

[a] significantie niveau:  $p < 0,05$

[b] Betreft de statistische test die gebruikt is: W = Wilcoxon signed rank test, MM= Mixed Mode test

-Tabel 1- Vergelijking van de resultaten van experiment I en II

## RESULTATEN

In tabel 1 is een overzicht gegeven van de resultaten van experiment I en II (resp. de 'situatie met controle' en de 'situatie zonder controle'). Tevens is weergegeven of er sprake is van verschillen in de uitkomsten en of deze statistisch significant zijn. Significante verschillen zijn vetgedrukt.

### Ervaren controle

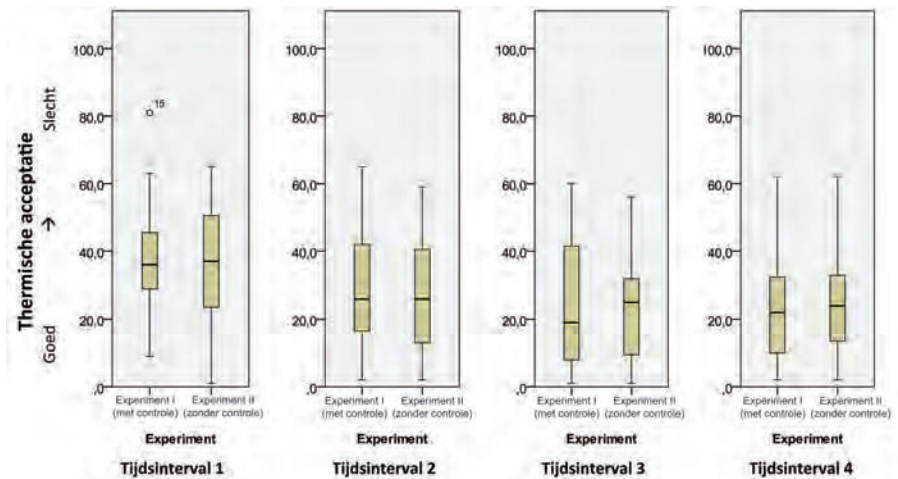
Tabel 1 laat zien dat de mate van ervaren controle over temperatuur, lichtsnelheid en ventilatie significant verschilt tussen de twee experimenten. Zoals verwacht, ervaart men meer controle tijdens experiment I, waarbij men een controller heeft, dan tijdens experiment II, waar geen controle geboden wordt. Daarnaast zijn er significant meer personen tevreden met de geboden mate van controle over temperatuur, lichtsnelheid en ventilatie tijdens het eerste experiment.

### Comfort

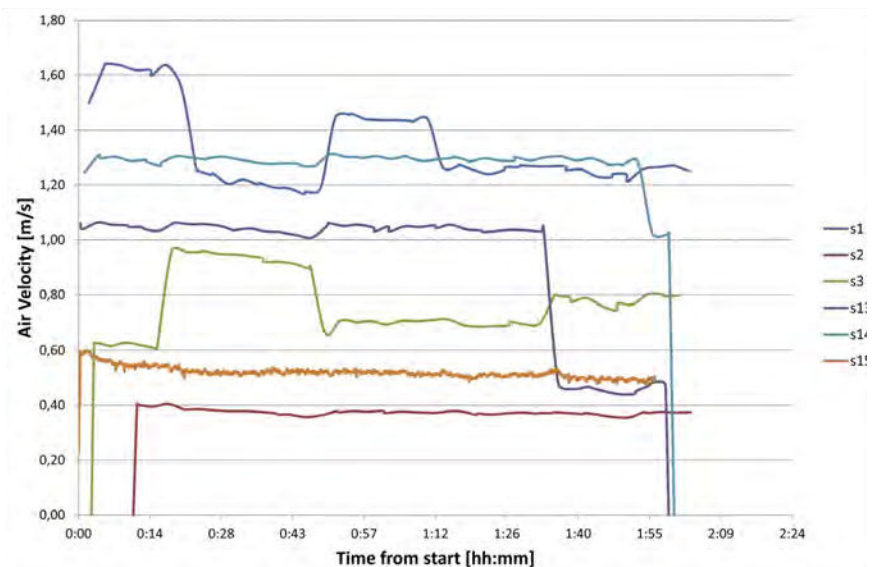
Figuur 3 laat de spreiding van de thermische acceptatie zien voor alle vier de tijdsintervallen. Per grafiek is de score van alle deelnemers weergegeven voor experiment I & II. Score '0' betekent een zeer hoge thermische acceptatie, en score '100' betekent dat slechts weinig mensen het binnenklimaat thermisch acceptabel vinden. Zoals de grafieken laten zien zijn er geen grote verschillen waar te nemen tussen de uitkomsten van de twee experimenten. Er zijn slechts een paar significante verschillen gevonden bij het vergelijken van het ervaren thermisch comfort tussen experiment I en experiment II. De waargenomen lichtsnelheid is sterker, tijdens experiment II (de geen controle situatie). Dit verschil is echter alleen significant in het eerste tijdsinterval en daarom niet terug te zien in tabel 1, die de gemiddelde waarden uit alle tijdsintervallen samen laat zien. Daarnaast waren er significant meer mensen tevreden met de lichtsnelheid tijdens experiment I (de 'situatie met controle') in tijdsinterval 2. Deze tweede uitkomst wijst erop dat men qua comfort iets beter af is in de controle situatie (tijdens experiment I). Een derde uitkomst wijst echter weer de andere kant op: de ervaren luchtkwaliteit was juist significant beter als men geen controle had (tijdens experiment II).

### SBS-symptomen

Bijna alle SBS-symptomen laten geen significante verschillen tussen experiment I en II zien. De berekende PSI 5 (Personal Symptom Index 5) is de som van de SBS-symptomen die op een bepaald moment bij een persoon aanwezig zijn. Ook deze index geeft geen significant verschil tussen experiment I en II. Uitzondering



-Figuur 3- Grafieken thermische acceptatie tijdens elke tijdsinterval voor experiment I (met controle) & experiment II (zonder controle)



-Figuur 4- Lichtsnelheidsverloop van zes deelnemers zoals door hen zelf in (bij)gesteld gedurende experiment I

is het percentage mensen dat last heeft van vermoeidheid en de intensiteit van hoofdpijn. Hierbij is er een betere score te zien in de situatie zonder controle (experiment I). Echter het percentage mensen met oogklachten is weer beter (lager) in de situatie met controle.

### Productiviteit

De resultaten van de productiviteitstesten geven geen significante verschillen tussen de situatie met controle en zonder controle. Echter, voor de zelf-ingeschatte productiviteit geldt dat er wel sprake is van een significant verschil tussen de twee situaties. Voor de 'situatie zonder controle' (experiment II) was de geschatte productiviteit significant hoger (!).

### Individuele verschillen

De gekozen lichtsnelheid is voor iedere deelnemer aan het onderzoek bijgehouden tijdens experiment I. Hiervan zijn grafieken gemaakt die een overzicht geven van het verloop van de

lichtsnelheid gedurende het experiment. Een voorbeeld van de gekozen lichtsnelheden van totaal 6 van de 23 deelnemers is weergegeven in figuur 4. Elke lijn representeert één persoon. De grafiek laat grote individuele verschillen zien in gekozen lichtsnelheid terwijl de omgevingstemperatuur steeds hetzelfde was en de kledingisolatie grotendeels vergelijkbaar. Daarnaast zijn er grote verschillen te zien in het aantal gemaakte aanpassingen: sommige proefpersonen hebben geen aanpassingen meer gedaan nadat ze de ventilator één keer ingesteld hadden aan het begin van experiment I, terwijl anderen de snelheid verschillende keren hebben bijgesteld gedurende het experiment.

Ook op een ander vlak blijkt sprake te zijn van grote individuele verschillen. Een week nadat experiment II is afgerond is aan alle deelnemers gevraagd welke situatie de voorkeur had voor hun eigen dagelijkse werkplek. Totaal antwoordden 18 van de 23 proefpersonen; 11

van deze 18 gaven aan liever een werkplek te hebben zoals tijdens experiment I (met directe controle over het thermisch binnenklimaat op werkplekniveau); 7 van de 18 gaven de voorkeur aan 'automatische regeling' (zonder directe controle over het binnenklimaat zoals bij experiment II). Argumenten voor de eerste voorkeur waren onder andere 'het gevoel van het hebben van controle' en 'de mogelijkheid om de luchtsnelheid aan te passen naar eigen behoefte'. Argumenten voor de tweede voorkeur waren bijvoorbeeld: 'de luchtsnelheid was precies goed' en 'ik was meer gefocust (minder afgeleid door ventilatorverstellingen) omdat de luchtsnelheid automatisch geregeld werd.

## DISCUSSIE

Het laboratoriumonderzoek geeft geen eenduidig uitsluitsel over het effect van controle over het binnenklimaat op comfort, gezondheid en de productiviteit. Zoals verwacht werd er tijdens experiment I (de 'controle situatie') significant beter gescoord op de ervaren mate van controle over het binnenklimaat. Echter, bij het vergelijken van de comfortbeleving werden nauwelijks significante verschillen gevonden. Terwijl verwacht was dat bijvoorbeeld de thermische tevredenheid en de thermische acceptatie beduidend slechter zou zijn in de 'zonder controle situatie' (tijdens experiment II). Ook qua SBS-symptomen is er geen sprake van veel significante verschillen. En daar waar sprake was van significante verschillen is de uitkomst niet eenduidig: voor de intensiteit van oogirritaties gold dat het resultaat was als verwacht (significant meer klachten in de 'zonder controle situatie'), maar voor intensiteit van hoofdpijn en het percentage vermoeidheidsklachten was weer het tegendeel het geval.

Kijken we naar de uitkomsten van de productiviteitstesten dan valt op dat geen van de objectieve tests een significant verschil laat zien tussen de 'met controle' en de 'zonder controle' situatie. Alleen de zelf ingeschatte productiviteit verschilde, al was de richting ook hier anders dan verwacht: er is sprake van een significant hogere (betere) score tijdens experiment II.

Betekenen de uitkomsten van dit onderzoek dat het qua comfort, gezondheid en prestaties eigenlijk niet uit maakt of men wel of geen controle heeft over het binnenklimaat? En dat je dus nieuwe kantoorgebouwen gerust zonder thermostaatknoppen, te openen ramen e.d. uit kunt voeren? Nee. De enige conclusie die er getrokken kan worden (met enige voorzichtigheid, zie de opmerkingen hieronder over de beperkingen van het onderzoek) is dat gebruikers even comfortabel, gezond en productief kunnen zijn in een situatie zonder controlemo-

gelijkheid als in een situatie met controlemogelijkheid. Maar dan wel op voorwaarde dat de klimaatinstallatie (net als tijdens experiment II in het field lab) in die 'geen controle situatie' dusdanig geavanceerd is dat zij de persoonlijke binnenklimaatvoorkeuren kent en ze op werkplekniveau individueel 'klimaat-op-maat' kan leveren.

Wat het onderzoek in elk geval wel aantoont (zie nogmaals figuur 4) is dat binnenklimaatvoorkeuren (en in dit geval de voorkeuren voor de luchtsnelheid) sterk verschillen van persoon tot persoon. Wat op zichzelf al een reden is om nieuwe en bestaande gebouwen sowieso te voorzien van adequate mogelijkheden voor persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat. Wel met de opmerking dat uit het onderzoek tevens bleek dat sommige mensen sowieso er de voorkeur aan geven om zelf 'in charge' te zijn over het binnenklimaat terwijl anderen juist de voorkeur geven aan een binnenklimaat dat 'automatisch' geregeld wordt (zolang het maar voor hun comfortabel is).

## BEPERKINGEN ONDERZOEK

Met een aantal zaken moet rekening worden gehouden bij het interpreteren van de onderzoeksresultaten. Ten eerste zijn de participanten niet gerandomiseerd over de twee condities. Alle personen werden steeds eerst blootgesteld aan de 'met controle situatie' en als tweede aan de 'zonder controle situatie' (hierdoor zou sprake kunnen zijn van een volgorde- of leereffect; ook al zijn de proefpersonen vooraf al getraind tijdens de proefsessie). E.e.a. was onvermijdelijk omdat de individuele gewenste luchtsnelheid bekend moest zijn om de 'zonder controle situatie' met het fysisch/fysiek zelfde binnenklimaat opnieuw te kunnen creëren tijdens experiment II.

Een belangrijk punt is verder dat de experimenten (uit praktische en financiële overwegingen) slechts een kleine 2,5 uur duurden, terwijl men in een reguliere werksituatie totaal 8 uur aan het binnenklimaat blootgesteld wordt. Het is niet ondenkbaar dat wanneer mensen 8 uur in een ruimte zijn zonder mogelijkheden om het binnenklimaat te controleren, vermoeidheid een rol gaat spelen en er na 2,5 uur of bv. 4 uur toch verschillen ontstaan in bv. comfortbeleving, SBS-symptomen en productiviteit in vergelijking met een ruimte met controle over het binnenklimaat. Een herhaling van het laboratoriumonderzoek waarbij proefpersonen 8 uur in plaats van 2,5 uur blootgesteld worden aan zowel een 'wel controle' als een 'geen controle' situatie zou antwoord kunnen geven op de vraag of de beperkte duur van het huidige experiment verklaart waarom er nauwelijks statistisch significante verschillen gevonden zijn.

## CONCLUSIE

Het doel van het laboratoriumonderzoek was: in kaart brengen wat het effect is van het wel of niet hebben van een mogelijkheid ter beïnvloeding van het (thermisch) binnenklimaat op comfort, gezondheid en productiviteit van gebouwgebruikers. De overall conclusie is dat er zeer weinig significante verschillen zijn tussen de onderzochte situaties ('met controle' vs. 'zonder controle') als je kijkt naar comfortscores, SBS-symptomen en productiviteitsindicatoren. Daar waar sprake is van significante verschillen is het zo dat de scores soms beter zijn in de 'met controle situatie' en soms beter in de 'zonder controle situatie'. Al met al geen eenduidig beeld dus. Wel laat het onderzoek duidelijk zien dat de verschillen tussen proefpersonen groot zijn als het gaat om de ingestelde luchtsnelheden en de individuele binnenklimaat voorkeuren. Hetgeen op zich als argument mag worden gezien om gebouwen en installaties te ontwerpen op adequate beïnvloedingsmogelijkheden, idealiter op werkplekniveau.

Het in dit artikel beschreven laboratoriumonderzoek is onderdeel van het promotieonderzoek van ir. Atze Boerstra, email: [ab-bba@binnenmilieu.nl](mailto:ab-bba@binnenmilieu.nl).

## REFERENTIES

1. Kroner W.M., 1997, An intelligent and responsive architecture, *Automation in Construction* 6, pp. 381-393.
2. Boerstra A.C. and Beuker. T.C., 2011, Impact of perceived personal control over indoor climate on health and comfort in Dutch offices, *Proceedings of the 12th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*, nr. A\_833\_4
3. Roulet C.A., Johner N. and Foradini F. 2006 Perceived health and comfort in relation to energy use and building characteristics, *Building Research & information*. 34(5). pp. 467-474
4. Boerstra, A.C., Beuker, T.C., Loomans, M.G.L.C. & Hensen, J.L.M. , 2013, Impact of available and perceived control on comfort and health in European office buildings, *Architectural Science Review* DOI:10.1080/00038628.2012.744298
5. Paciuk. M., 1990, The role of personal control of the environment in thermal comfort and satisfaction at the workplace *Proceedings EDRA Conference 1990*, Environmental Design Research Association, Urbana-Champaign, Illinois pp. 303-312