

# Persoonlijke beïnvloeding van het binnenklimaat

In negen moderne kantoorgebouwen is onderzocht wat de invloed is van het wel of niet beschikken over thermostaatknoppen, te openen ramen en andere controlemiddelen op het comfort, de gezondheid en de (zelfingeschatte) productiviteit van gebouwgebruikers. De nadruk in dit artikel ligt op de relatie tussen ervaren controle over het binnenklimaat (perceived control) en het effect ervan op kantoorwerkers. In een eerder artikel over dit veldonderzoek [3] is beschreven hoe de aard en kwaliteit van controlemiddelen (available control) en het gebruik ervan (exercised control) van invloed zijn op de ervaren controle over het binnenklimaat. Hierin zijn ook de uitkomsten van fysische metingen (betreffende het effect van thermostaat verstellingen) gepresenteerd.

Ir. A.C. (Atze) Boerstra, BBA Binnenmilieu en TU Eindhoven, unit Building Physics & Services; dr.ir. M.G.L.C. (Marcel) Loomans, TU Eindhoven, unit Building Physics & Services; prof.dr.ir. J.L.M. (Jan) Hensen, TU Eindhoven, unit Building Physics & Services

Verschillende buitenlandse onderzoeken hebben aangetoond dat het wel of niet hebben van controle over het eigen binnenklimaat beïnvloedt hoe dat binnenklimaat ervaren wordt (zie bijvoorbeeld [1, 11, 8 en 6]). Veldonderzoeken in o.a. Engeland, de Verenigde Staten en Australië hebben aangetoond dat reacties op zintuiglijke prikkels (stimuli), bijvoorbeeld geïnitieerd door een suboptimale temperatuur, wijzigen wanneer degenen die hieraan blootgesteld worden controle hebben over deze prikkels [10 en 5]. In [2] is een conceptueel model beschreven dat voortborduurde op deze zogenaamde 'adaptive theorie' en het door [11] ontwikkelde personal control model.

Het model is weergegeven in figuur 1. Het basisidee is dat niet alleen een oncomfortabel hoge of lage temperatuur of bijvoorbeeld

een overdosis aan verontreinigingen in de binnenlucht het comfort, de gezondheid en de productiviteit beïnvloeden. In plaats daarvan wordt aangenomen dat behalve puur fysische en fysiologische aspecten ook psychologische en contextuele aspecten een rol spelen. Controle wordt gezien als een 'moderator' die het effect van een omgevingsprikkel versterkt of juist dempt.

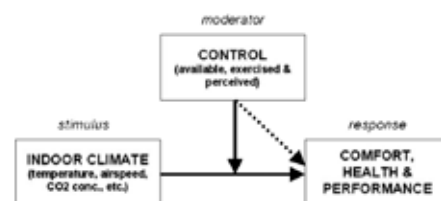
In negen Nederlandse kantoorgebouwen is de validiteit van het model verder onderzocht. Het hoofddoel van dit veldonderzoek was: testen of het klopt dat gebouwgebruikers die een hoge mate van controle ervaren over het thermisch binnenklimaat en de binnenluchtkwaliteit:

- meer tevreden zijn over dat binnenklimaat,
- minder gebouw gerelateerde (SBS) gezondheidsklachten hebben, en:

- zelf ervaren productiever te zijn.
- Verder is het onderzoek gebruikt om een eerste idee te krijgen ten aanzien van de ervaren binnenklimaatcontrole in het gemiddelde Nederlandse kantoorgebouw.

### ONDERZOEKSMETHODE

De veldstudie werd uitgevoerd in negen kantoorgebouwen gelegen in zeven verschillende steden verspreid over Nederland. De gebou-



-Figuur 1- Conceptueel model [2]

wen werden geselecteerd op basis van drie criteria. Er moest sprake zijn van state-of-the-art kantooromgevingen (interieur maximaal 10 jaar oud; deel van het gebouw bij voorkeur conform de 'Het Nieuwe Werken' principes ingericht), gebouwen en installaties dienden goed onderhouden te zijn en de gebouwen dienden niet al te klein te zijn (bruto vloeroppervlak van ten minste 2.000 m<sup>2</sup>). De gebouwen werden bezocht in de periode november 2011 - maart 2012. Relevante kenmerken van de werkplekken, het gebouw en de installaties werden in kaart gebracht met behulp van een checklist. Ervaringen van gebouwgebruikers werden in kaart gebracht met een enquête. In elk gebouw vroeg de hoofdonderzoeker 20 tot 30 mensen om een vragenlijst handmatig in te vullen. Het totale aantal respondenten voor de negen gebouwen was 236. De respondenten werden ad random geselecteerd, bijvoorbeeld door (in een hoger gebouw) steeds alleen op de even verdiepingen om de beurt twee mensen te selecteren, afwisselend aan de Zuid- en aan de Noordzijde van het pand. De respons was > 95%. Min of meer iedereen die werd benaderd stemde toe om deel te nemen. In die gevallen dat men weigerde was het altijd vanwege tijdgebrek/drukke. Nadat de respondenten de vragenlijst hadden ingevuld is ze ook gevraagd om deel te nemen aan een extra, ca. 10 minuten durend, interview. Een totaal van 161 van de 236 respondenten stemde in en nam deel aan dit tweede deel van het gebruikersonderzoek.

### ■ DE PC3 CONTROLE INDEX

De individueel ervaren mate van controle over het binnenklimaat is bij het onderzoek uitgedrukt met de zogenaamde PC3 controle index (PC staat hier voor 'Personal Control'). Het gaat daarbij om een geaggregeerde variabele die is samengesteld op basis van de volgende drie zelf-gerapporteerde items (alle drie gemeten op een 7 punt schaal met als beantwoordingscategorieën: 'totaal geen controle' tot en met 'volledige controle'): 'Hoeveel controle heeft u over de temperatuur in de winter?', 'Hoeveel controle heeft u over de temperatuur in de zomer' en 'Hoeveel controle heeft u (in zijn algemeenheid) over de ventilatie?' De PC3 controle is steeds voor elke respondent afzonderlijk berekend op basis van de gemiddelde score over de drie genoemde controle aspecten (ervaren controle over temperatuur winter, over temperatuur zomer & over ventilatie algemeen). Uit studies van derden (bijvoorbeeld [7]) is bekend dat het werken met geaggregeerde variabelen en gecombineerde scores vaak leidt tot een beter inzicht in relaties tussen

bijvoorbeeld gebouwenkenmerken en gebruiker-ervaringen dan het werken met niet-gecombineerde scores.

Tijdens de verdere data-analyse werd 'gebruikerstype' gebruikt als de belangrijkste input variabele (onafhankelijke variabele). Er is onderscheid gemaakt tussen:

- kantoorwerkers die ervaren weinig controle te hebben over het binnenklimaat (respondenten die een gecombineerde PC3-score hadden van 4 of lager), en
- kantoorwerkers die ervaren veel controle te hebben over het binnenklimaat (respondenten met een PC3-score hoger dan 4).

In dit verband wordt hierna verder gesproken over respectievelijk 'Low PC3 respondenten' en 'High PC3 respondenten'.

### ■ DE 3 OUTPUT INDICES

In overeenstemming met de aanpak beschreven in [7] zijn er 3 output-indices gedefinieerd die gezamenlijk een indicatie geven – op respondenten niveau – van het ervaren comfort, de gezondheid (mate waarin sprake is van gebouwgerelateerde gezondheidsklachten) en (zelf-ingeschatte) productiviteit:

- *de satisfactie index of 'Personal Satisfaction Index'*; dit is een index gemeten op een interval schaal van 1 tot 7 die communiceert hoe tevreden individuele respondenten waren met het thermisch binnenklimaat in de winter, het thermisch binnenklimaat in de zomer en de kwaliteit van het binnenlucht overall (zomer en winter). Het gaat hier om een geaggregeerde variabele die is samengesteld op basis van de volgende drie zelf-gerapporteerde items (alle drie gemeten op een 7 punt schaal met als beantwoordingscategorieën: 'zeer ontevreden' tot en met 'zeer tevreden'): 'In het algemeen, hoe tevreden bent u in de winter met het thermisch binnenklimaat op uw werkplek?', 'In het algemeen, hoe tevreden bent u in de zomer met het thermisch binnenklimaat op uw werkplek?' en 'In het algemeen, hoe tevreden bent u over de kwaliteit van de binnenlucht op uw werkplek?' De persoonlijke satisfactie-index werd berekend door de voor iedere respondent afzonderlijk de gemiddelde score te nemen over de drie aspecten.
- *de symptoom index of 'Personal Symptom Index / PSI (5)'*; dit is een index gemeten op een schaal van 0 (=geen klachten) tot 5 (maximum aantal klachten) die communiceert hoeveel gebouwgerelateerde (Sick Building) symptomen een individuele respondent heeft. Het gaat hier om een standaard index die ook gebruikt is in andere (Europese) studies (zie bijvoorbeeld [13]). Deze tweede output-index verwijst naar het

wel of niet voorkomen van de volgende vijf gezondheidsklachten waarvan bekend is dat ze op kunnen treden als het binnenklimaat in een gebouw niet optimaal is (zie bv. [9]): droge ogen, verstopte neus, droge keel, hoofdpijn en vermoeidheid. Merk op dat er specifiek werd gevraagd naar gezondheidsklachten waarvan de kantoorgebruikers zelf dachten dat ze gerelateerd zijn aan het binnenklimaat op de werkplek. Op deze manier is getracht om symptomen die men altijd heeft (ook thuis) bv. ten gevolge van een allergie uit te sluiten.

- *de productiviteits-index of 'Personal Productivity Index'*; dit is een index gemeten op een 7-punts schaal die loopt van -30% tot + 30%. ; deze index is gebaseerd op de individuele antwoorden op de vraag: 'hoe schat u in dat het binnenklimaat op uw werkplek uw prestaties beïnvloedt?'. Ook hier betreft het een standaard vraag die ook al bij andere onderzoeken is gebruikt (zie bv. [13]).

Onderlinge verschillen tussen respondenten en relaties tussen de PC3-scores en de drie output indices zijn onderzocht met behulp van het statistische programma SPSS 20. Er is gewerkt met Chi-kwadrat tests en t-tests; het gebruikte significantieniveau was  $p=0,05$ .

### ■ RESULTATEN

De resultaten van het velonderzoek zijn gepresenteerd in de figuren 2, 3, 4 en 5.

Figuur 2 toont de perceived control scores van de respondenten. De figuur geeft de histogrammen voor de oorspronkelijke items scores van i. ervaren controle over temperatuur in de winter, ii. ervaren controle over temperatuur in de zomer en iii. ervaren controle over de ventilatie. De geaggregeerde PC3-binnenklimaatsscores van de respondenten zijn te vinden in het histogram in de rechterbenedenhoek. De PC3-binnenklimaatsscores bleken normaal verdeeld te zijn. De gemiddelde PC3-score bleek 3,1 te zijn (met 1 = geen controle en 7 = volledige controle); de standard deviatie (SD) voor de PC3-score was: 1,4.

Figuur 3 communiceert hoe de Personal Satisfaction Indexscores uitvielen (afgerond op hele waarden). De scores van de twee groepen (LowPC3/respondenten die ervaren weinig controle te hebben vs. HighPC3/respondenten die ervaren veel controle te hebben). De figuur toont dat de Low PC3-respondenten vaker ontevreden of zeer ontevreden waren over het binnenklimaat op hun werkplek dan de High PC3-respondenten. De gemiddelde waarde van de LowPC3-subgroep voor de Personal Satisfaction Index was 4,04 (SD 1,24); voor de HighPC3-groep was dit 4,87 (SD 1,10).

Een nadere statistische analyse leerde dat het verschil significant is ( $p < 0,001$ ). Er is dus aangetoond dat er sprake is van een (sterk en positief) verband tussen de mate van controle die men ervaart over het binnenklimaat en de tevredenheid over dat binnenklimaat.

Er is ook sprake van aanzienlijke verschillen (verder niet in een figuur weergegeven) wanneer men kijkt naar het aantal respondenten dat aangaf ontevreden te zijn (score van 1, 2 of 3 op de 7-puntsschaal) op één, twee of alle drie de satisfactie gerelateerde vragen (tevredenheid i.r.t. temperatuur in de winter, temperatuur in de zomer en algehele ventilatie): 66% van de respondenten in de LowPC3-groep bleek ontevreden te zijn over ten minste één van de drie binnenklimaataspecten voor de HighPC3-groep (de kantoorwerkers die ervaren relatief veel controle te hebben over het binnenklimaat) was dit slechts 39%. Ook dit verschil bleek significant ( $p < 0,001$ ).

Verder bleek dat de kantoorwerkers met relatief veel controle over het binnenklimaat minder gebouwgerelateerde gezondheidsklachten hebben. De Personal Symptom Indices (PSI(5)) voor de 2 subgroepen (LowPC3 vs. HighPC3) is gepresenteerd in figuur 4.

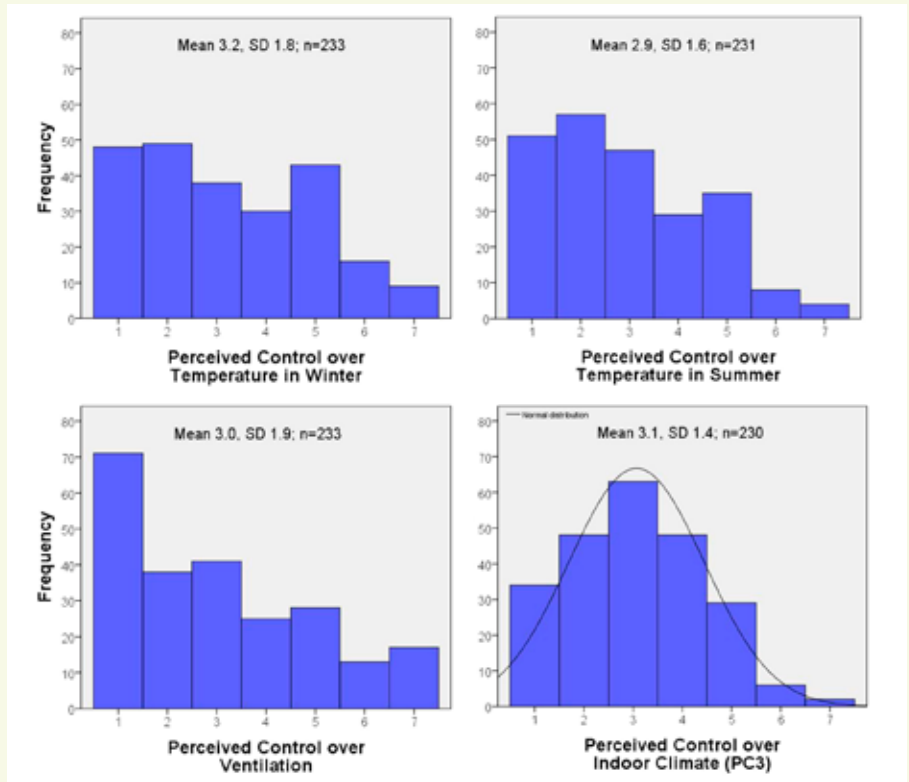
De gemiddelde PSI(5) waarde voor de eerste groep was 0,94 (SD 1,16); voor de HighPC3-fractie was het gemiddelde was 0,61 (SD 1.03). Het verschil bleek statistisch significant te zijn ( $p = 0,044$ ). Dit resultaat impliceert dat kantoorgebruikers die ervaren geen of weinig controle te kunnen uitoefenen op het binnenklimaat gemiddeld 1,5 keer meer 'sick building klachten' hebben.

In figuur 5 zijn de productiviteitsscores van de beide groepen gepresenteerd. Het gaat hier om zelf gerapporteerde productiviteit en dus niet om objectief gemeten productiviteit (de 2 zijn gerelateerd, maar niet hetzelfde). De figuur leert dat de zelf gerapporteerde productiviteit onder de LowPC3-respondenten gemiddeld -3.6% was (werkend met een 7 puntsschaal variërend van -30% tot en met +30%) (SD:

10.6). Voor de HighPC3-respondenten was dit +2,7% (SD 11.4). Ook dit verschil bleek statistisch significant te zijn ( $p < 0,001$ ). Dit wijst erop dat kantoorwerkers die ervaren geen of weinig controle uit te kunnen oefenen op het binnenklimaat gemiddeld 6,3% punt minder productief denken te zijn.

## ■ INTERPRETATIE UITKOMSTEN

Het veldonderzoek geeft inzicht in hoeveel controle de gemiddelde Nederlandse kantoorwerker (werkzaam in een moderne kantooromgeving) ervaart in relatie tot het binnenklimaat op de werkplek. De conclusie is dat de gemiddelde PC3 (controle index) score net iets meer dan 3 is uitgaande van een 7 puntsschaal met 1 = geen controle en 7 = volledige controle.



-Figuur 2- (linksboven) Verdeling van de perceived control scores

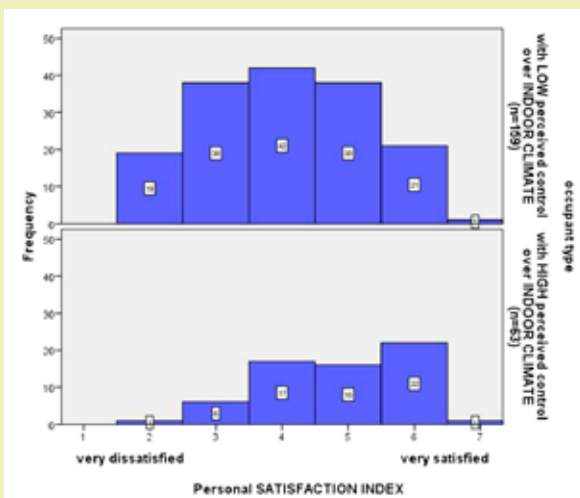
Analyse van de resultaten leerde verder dat de kantoorwerkers die aangeven relatief weinig controle te hebben over het binnenklimaat op hun werkplek minder tevreden zijn met dat binnenklimaat (scheelt ongeveer 1 stap op de 7 puntsschaal). Ook bleken zij meer gebouwgerelateerde gezondheidsklachten te hebben (factor 1,5 meer dan kantoorwerkers die wel ervaren 'in control' te zijn). Ook de zelf gerapporteerde productiviteit bleek significant lager te zijn (iets meer dan 6% punt) onder diegenen die aangeven weinig controle te hebben over het binnenklimaat.

De resultaten van deze veldstudie zijn in overeenstemming met de resultaten van een groot Europees onderzoek (HOPE, zie [13]) en congruent met uitkomsten van deelstudies in andere landen dan Nederland (zie bijvoorbeeld [7], [12], [15] en [14]).

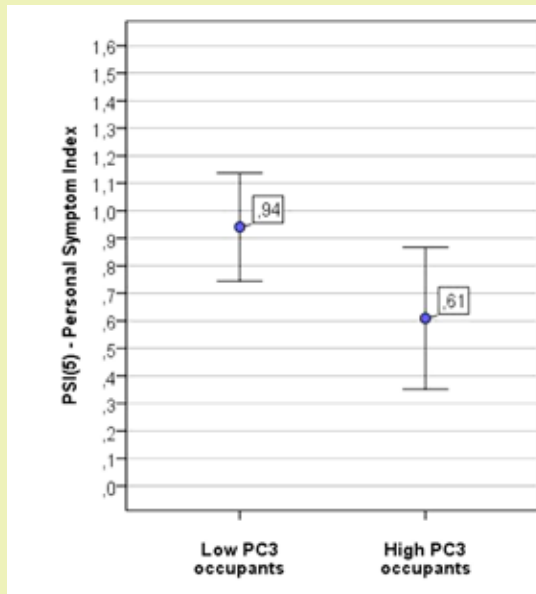
In de context van de beschreven resultaten kan men zich afvragen welke fysieke kenmerken van gebouwen en installaties bepalen of kantoorwerkers wel of niet ervaren controle te hebben over het binnenklimaat (perceived control). De veldonderzoekresultaten zijn ook op dat punt geanalyseerd. De resultaten van die deelanalyse zijn beschreven in [3].

De belangrijkste conclusie in dat artikel was dat belangrijke aspecten zijn:

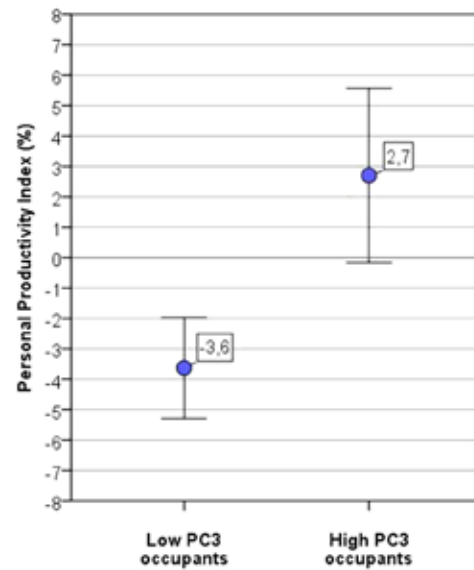
- toegang tot (instelbare en effectieve) thermostaatknoppen;



-Figuur 3- (rechtsboven) Verschil in tevredenheid met het binnenklimaat op de werkplek tussen de kantoorwerkers die ervaren weinig controle te hebben over het binnenklimaat (LowPC3-respondenten) en zij die ervaren veel controle te hebben (HighPC3 respondenten)



-Figuur 4- Verschil in gemiddeld aantal binnenklimaat klachten/PSI(5) scores tussen de LowPC3- en de HighPC3-kantoorwerkers met 95% betrouwbaarheidsintervallen



-Figuur 5- Verschil in zelf gerapporteerde productiviteit tussen de LowPC3- en de HighPC3-kantoorwerkers met 95% betrouwbaarheidsintervallen

- toegang tot (bruikbare) te openen ramen;
- het gemiddeld aantal kantoorwerkers per ruimte dat de controle middelen deelt;
- algemeen (facility) management beleid (bijvoorbeeld eventuele beperkingen in relatie tot het gebruik van controle middelen en kledingprotocollen).

## CONCLUSIES

Kantoorwerkers die ervaren gedeeltelijke of volledige controle te hebben over het binnenklimaat blijken meer tevreden over dat binnenklimaat en gezonder te zijn (met minder gebouwgerelateerde gezondheidsklachten). Los daarvan schatten ze ook in dat ze relatief productiever zijn dan kantoorwerkers die ervaren weinig of geen controle te hebben. Het onderzoek resulteert in hernieuwde inzichten met betrekking tot belang en de effecten van ervaren controle (perceived control) over temperatuur en ventilatie. Installatieadviseurs, architecten, opdrachtgevers, installateurs en andere professionals betrokken bij het ontwerp van gevels, klimaatinstallaties en werkplekken (werkplekindelingen) kunnen hun voordeel doen met de uitkomsten. Indien het doel is: 'comfortabele, gezonde en de productiviteit bevorderende werkplekken creëren' dan kan men niet om investeringen in adequate controlemiddelen (mogelijkheden) heen.

## DANKWOORD

Dit artikel is gebaseerd op een veldonderzoek dat is uitgevoerd in de context van een promotieonderzoek van de eerste auteur, uitgevoerd aan de TU Eindhoven, bij de unit Building Physics & Services (BPS). Het veldonderzoek is uitgevoerd in samenwerking met de (toenmalige) Masterstudenten Richard Claessen

en Patrick Creemers. Bij deze worden de beide heren, inmiddels afgestudeerd, nogmaals bedankt voor hun enthousiaste inbreng, harde werken en goede ideeën.

## REFERENTIES

1. Bell PA, Greene TC, Fisher JD & Baum A, 2005. Environmental Psychology. Forth Worth, TX, USA: Hartcourt Brace College Publishers.
2. Boerstra AC, Beuker T, Loomans MGLC & Hensen JLM, 2013A. Impact of available and perceived control on comfort and health in European offices. Architectural Science Review 56(1): 30-41.
3. Boerstra AC, Loomans MGLC & Hensen JLM, 2013B. Personal control over temperature in winter in Dutch office buildings. HVAC&R Research 19 (8): 1033-1050.
4. Bordass B, Leaman A & Ruyssevelt P, 2001. Assessing building performance in use 5: conclusions and implications. Building Research & Information 29 (2), 144-157.
5. Brager GS & DeDear RJ, 1998. Thermal adaptation in the built environment: A literature review. Energy and Buildings 27(1): 83-96.
6. Hellwig RT, 2014. User friendliness and building automation, a conceptual approach to understanding perceived control. Proceedings of the 8th NCEUB Windsor conference. London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings (NCEUB).
7. Leaman A & Bordass B, 2001. Assessing building performance in use 4: the Probe occupant surveys and their implications. Building Research and Information 2001; 29(2), 129-143.
8. Lee SY & Brand JL, 2010. Can personal

control over the physical environment ease distractions in office workplaces? Ergonomics, Vol.3, 3, 324-335.

9. Leijten JL & Kurvers SR, 2007. Robuustheid van gebouwen en luchtbehandelingsinstallaties: gebouwgerelateerde gezondheids-symptomen en comfortklachten. TVVL Magazine, Vol. 36, 1, 20-27.
10. Nicol JF & Humphreys MA, 1973. Thermal comfort as part of a self-regulating system. Building Research and Practice (J. CIB) 6(3), pp. 191-197.
11. Paciuk. 1990. The role of personal control of the environment in thermal comfort and satisfaction at the workplace. In: Proceedings ECRA Conference 1990, Environmental Design Research Association.
12. Raw GJ, Roys S & Leaman A, 1994. Further findings from the Office of Environment Survey: productivity. Building Research Establishment, Garston (UK), Note N79/89.
13. Roulet CA, Johner N, Foradini F, Bluysen P, Cox C, De Oliveira Fernandes E, Muller B & Aizlewood C, 2006. Perceived health and comfort in relation to energy use and building characteristics. Building Research and Information 34 (5), 467-474.
14. Schweiker M, Brasche S, Bischof W, Hawighorst M, Voss K & Wagner A, 2012. Development and validation of a methodology to challenge the adaptive comfort model. Building and Environment, 44, 2137-49.
15. Toftum J, 2010. Central automatic control or distributed occupant control for better indoor environment quality in the future. Building and Environment, 45, 23-28.