

# Gezondheid en comfort in 'moderne' kantoorgebouwen (3)

Het Europese onderzoeksproject Officair maakte gebruik van een onderzoeksprocedure waarmee zoveel mogelijk risicofactoren konden worden bepaald. Dit betrof het bepalen van de eigenschappen van gebouw/werkplek, de fysische, chemische en biologische parameters en bewoner gerelateerde factoren (e.g. demografische eigenschappen, psychologische factoren, perceptie van het binnenmilieu en comfort, gezondheidsklachten). 167 kantoorgebouwen in acht Europese landen werden tijdens de winter van 2011-2012 onderzocht. De toegepaste procedure is beschreven in deel 1 van deze serie [1]. Deel 2 beschrijft het comfort en gezondheid van de kantoormedewerkers [2]. En dit artikel beschrijft de associaties tussen karakteristieken van de 167 Europese kantoorgebouwen en gezondheid en comfort van 7.441 kantoormedewerkers..

Prof.dr.ir. P.M. (Philomena) Bluysen en dr. C. (Céline) Roda,  
Technische Universiteit Delft, Faculteit Bouwkunde,  
Leerstoel Binnenmilieu, Delft

## METHODE

Gegevens werden statistisch geanalyseerd. Beschrijvende statistische parameters zoals percentages, range (minimum-maximum), rekenkundige gemiddelden met standaard deviatie (SD), werden gebruikt om de eigenschappen van gebouw en kantoormedewerkers samen te vatten.

## PSI en BSI

Gebouw gerelateerde symptomen [2] werden geëvalueerd middels de Building Symptoom Index (BSI) gebaseerd op 5 symptomen: droge ogen, verstopte of volle neus, droge/geïrriteerde keel, hoofdpijn en lethargie (ongebruikelijke moeheid) (BSI-5), die in het verleden werden beschouwd als de fundamentele onderdelen van het ziekengebouwendroom [3]. Een BSI-19 gebaseerd op alle gerapporteerde symptomen werd ook berekend. De

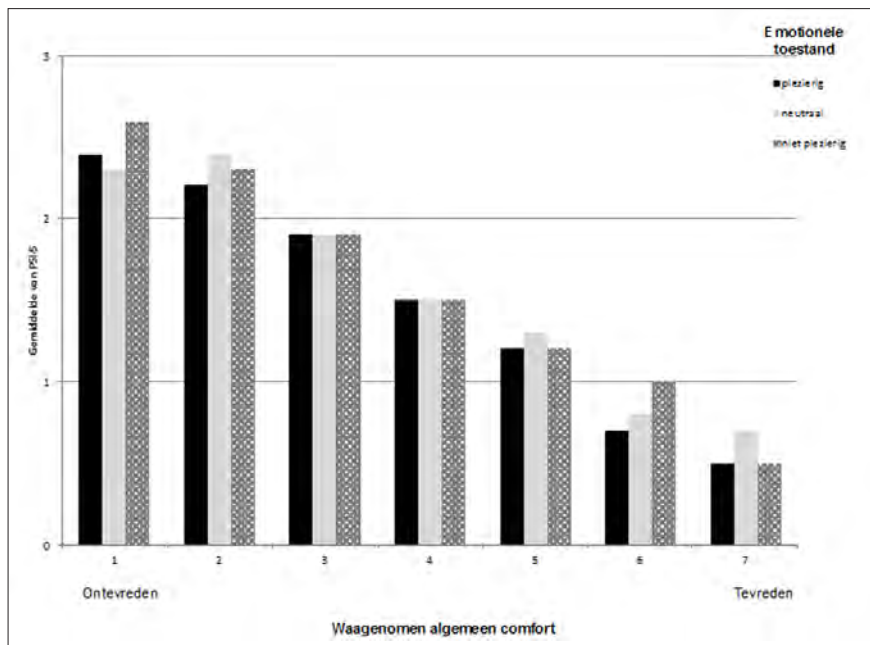
BSIs voor elk gebouw werd berekend nadat de Persoonlijke Symptoom Index (PSI), i.e. aantal gerapporteerde symptomen, voor elke respondent was bepaald. Elke individuele index kan een waarde van 0 tot 5 (PSI-5) of van 0 tot 19 (PSI-19) hebben. PSI ontbrak wanneer alle symptomen die bijdragen aan de PSI ontbraken. Vervolgens werden de PSI-waarden gemiddeld per gebouw om zo de BSI te bepalen. Een algemene comfortscore op gebouwniveau werd bepaald door de individuele score van de respondenten te middelen. Er werd gekeken of de verdeling van BSI en van PSI normaal was. Omdat de verdeling normaal bleek te zijn ( $p$ -waarde=0.487 en 0.910 voor BSI en gebouw algemeen comfort, respectievelijk), zijn de vergelijkingen van BSI-waarden met gebouweigenschappen gebaseerd op parametrische testen. Correlaties tussen kwantitatieve variabelen (waargenomen omge-

vingscondities, waargenomen beheersing over binnenmilieu, BSIs, PSIs, gebouweigenschappen zoals bezetting, vloeroppervlakte) werden bepaald. De relaties tussen kwalitatieve variabelen werden onderzocht.

## Associaties gebouweigenschappen met gezondheid en comfort

Voor het onderzoeken van relaties tussen BSI-5 en gebouw algemeen comfort en gebouweigenschappen waarbij rekening werd gehouden met potentiële invloedfactoren en/of risicofactoren, werden meervoudige lineaire regressies gefit.

Variabelen geassocieerd met een  $p$ -waarde minder dan 0,20 in de analyses tussen twee variabelen werden meegenomen. Resultaten van lineaire regressies werden samengevat met de regressie coëfficiënten  $\beta$  en hun 95% betrouwbaarheidsinterval ( $CI_{95\%}$ ).



-Figuur 2- Verdeling van de Persoonlijke Symptoom Index gebaseerd op 5 symptomen (PSI-5) (droge ogen, verstopte of volle neus, droge/geïrriteerde keel, hoofdpijn en moeheid) per medewerkers' emotionele status, op medewerkers' perceptie van het algemeen comfort in de Officair studie.

## RESULTATEN

In totaal zijn er 167 gebouwen onderzocht in Hongarije (n=24), Griekenland (n=23), Frankrijk (n=21), Italië (n=21), Spanje (n=20), Nederland (n=20), Finland (n=19), en Portugal (n=19). De locatie van de gebouwen verschilde: 30% in een mixed commercieel/woongebied, 18% in het stadscentrum, en 13% in voorstedelijk gebied met grotere tuinen. Voor meer dan driekwart van de gebouwen (77%) werd een potentiële lawaibron buiten aangewezen. Ongeveer 70% van de gebouwen werd in 2000 of later gebouwd, 12% was heringericht, en in meer dan de helft van de oudste gebouwen vond renovatie na 2000 plaats.

Gemiddeld waren er 185 medewerkers aanwezig in de 69 kantoorruimten van de onderzochte gebouwen op een vloeroppervlak van gemiddeld 4.014 m<sup>2</sup>. De meeste gebouwen (80%) hadden een mechanisch ventilatiesysteem, terwijl respectievelijk 14% en 5% over een hybride/mixed mode en natuurlijk ventilatiesysteem (te openen ramen of stack ventilatie) beschikte. De helft van de gebouwen was uitgerust (binnen of buiten) met elektrische verwarming voor verwarming en/of warm water, en 93% had een koelsysteem. De meeste van de verlichtingssystemen zaten in het plafond (96%). Contrast van raamkozijnen (lichtgekleurde kozijnen met donkergekleurde wanden of donkergekleurde kozijnen met lichtgekleurde wanden) was in 39% van de gebouwen aanwezig. Een lawaibron binnen werd in 60% of buildings geïdentificeerd. Akoestische problemen (isolatie en/of geluidsabsorptie) waren in meer dan de helft van de gebouwen aanwezig (57%).

Tapijt (40%) was de meest gebruikte vloerbedekking in de onderzochte kantoorruimten, gevolgd door synthetische gladde vloerbedekking (33%). In meer dan drie-vijfde van de kantoorruimten (63%) waren de wanden bedekt met water gedragen verf. In bijna een-derde van de onderzochte gebouwen (32%), was het kantoormeubilair gemaakt van spaanplaat of van geperst board met een medium dichtheid (MDF) minder dan een jaar oud. Printers en/of kopieerapparaten waren vooral te vinden in de kantoorruimten (45%), naast een aparte printruimte (28%) of op de gang (27%). Natuurlijke decoratieve planten waren aanwezig in 84% van de kantoorgebouwen.

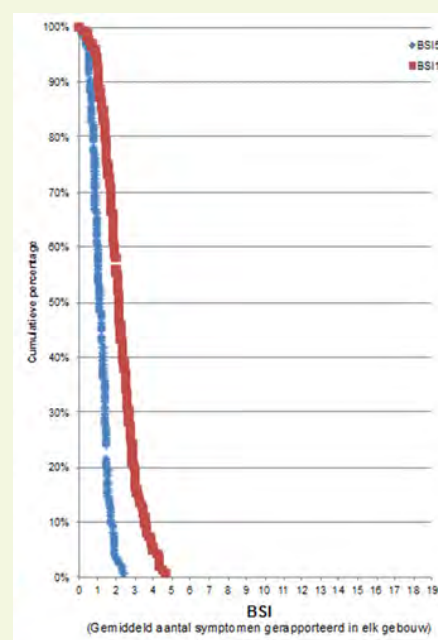
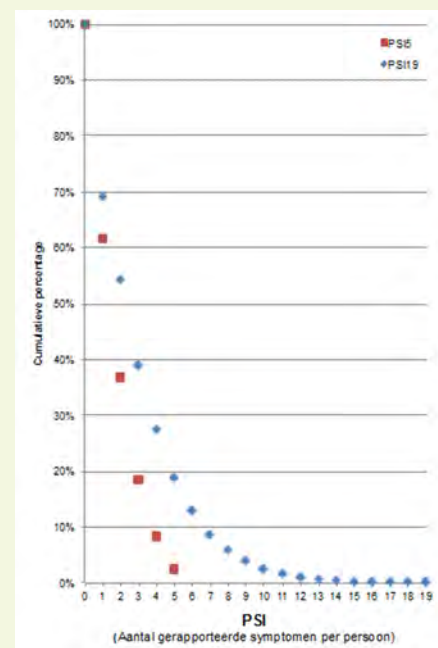
In 8% van de onderzochte gebouwen was roken in apart geventileerde ruimten toegestaan.

Met betrekking tot schoonmaakactiviteiten, werden de helft van de kantoren (52%) in de avond na werktijd schoongemaakt, en 29% in de ochtend voor werktijd. Chemicaliën werden gebruikt voor het schoonmaken van bureaus, boekenplanken en kasten, en voor het reinigen van vloeren, plafonds, wanden in driekwart van de kantoorruimtes (76% en 77%, respectievelijk). Zichtbare schimmelgroei in het kantoor en vochtplekken op wanden, plafonds of vloeren werden in respectievelijk 5% en 12% van de kantoorruimtes gerapporteerd.

### PSI en BSI

Figuur 1 laat de berekende PSI en BSI zien, gebaseerd op 5 (droge ogen, verstopte of volle neus, droge/geïrriteerde keel, hoofdpijn en moeheid) en 19 symptomen.

De gemiddelden van de PSI-5 en de PSI-19



-Figuur 1- PSI van 7.292 kantoormedewerkers (boven) en BSI van de 167 gebouwen (beneden) in de Officair studie

waren respectievelijk 1,3 en 2,5 (met standaard deviaties (SD) van 1,3 en 2,7). Ten minste de helft van de kantoormedewerkers had last van één symptoom. BSI-5 en BSI-19 varieerden respectievelijk van 0 tot 2,4 en van 0 tot 4,7. Het gemiddelde van de BSI-5 en de BSI-19 was gelijk aan 1,2 (SD=0,5) en 2,2 (SD=0,9). Ten minste één symptoom werd gerapporteerd in de helft van het aantal gebouwen. BSI-5 en BSI-19 waren sterk gecorreleerd ( $r=0,95$ ,  $p<0,001$ ).

### Gebouwkarakteristieken versus gezondheid en algemeen comfort

Een relatie tussen PSI en tevredenheid met algemeen comfort werd gevonden (figuur 2): een toename in tevredenheid werd geassocie-

eerd met een afname van de PSI-5 ( $r=-0,40$ ,  $p<0,001$ ).

De BSI-5 en het gebouw algemeen comfort werden vergeleken met enkele gebouwkenmerken die als surrogaat zouden kunnen dienen voor oorzaken van problemen (e.g. bronnen van luchtverontreiniging, lawaai, en bronnen die thermische of verlichtingsproblemen veroorzaken).

De BSI-5-waarden verschilden tussen gebouwlocaties ( $p=0,013$ ); BSI-5 was verhoogd in kantoorgebouwen in een commercieel gebied of in een stadscentrum of in een industrieel gebied (BSI-5 gemiddelden: 1,3) en het laagst in kantoorgebouwen in een voorstedelijk gebied (0,9). Een hoge indexwaarde was geassocieerd met een toename van het aantal bewoners ( $r=0,36$ ,  $p<0,001$ ) en het totale vloeroppervlak ( $r=0,23$ ,  $p=0,004$ ). BSI was hoger in gebouwen zonder te openen ramen ( $p<0,001$ ) en met een koelsysteem ( $p=0,020$ ). Er was een verschil in BSIs in relatie tot verlichting en specifieke zon-

weringsystemen. De laagste BSI werd gezien in gebouwen met handmatige geregelde zonwering ( $p=0,031$ ).

Ten aanzien van vloerbedekking, waren niveaus het hoogst in de aanwezigheid van tapijt (1,3 versus 1,1,  $p<0,001$ ). BSI-5 nam toe met de hoeveelheid kantoormeubilair gemaakt van spaanplaat en minder dan een jaar oud ( $r=0,160$ ,  $p=0,053$ ). Een relatie tussen BSI-5 en de locatie van printer- en kopieerapparaten werd ook gevonden (in kantoren en in een aparte printruimte: 1,2, en op de gang: 1,0,  $p=0,044$ ). BSI-5 leek significant hoger in gebouwen waar roken is toegestaan in een apart geventileerde ruimte in vergelijking tot gebouwen waar roken verboden is (1,4 versus 1,1,  $p=0,064$ ). Een hoge BSI index werd waargenomen in gebouwen die in de avond na het werk werden schoongemaakt (1,3,  $p=0,022$ ). En een hoge BSI werd ook gevonden in gebouwen met een gedocumenteerde klachtenprocedure waar problemen met het binnenmilieu

aanwezig waren (1,2,  $p=0,036$ ).

Waargenomen algemeen comfort was negatief gecorreleerd met een toename in het aantal bewoners ( $r=-0,26$ ,  $p<0,001$ ). Medewerkers waren meer tevreden in aanwezigheid van akoestische isolatie en/of geluidsabsorberende materialen dan zonder ( $p=0,026$ ), en wanneer hun kantoren werden schoongemaakt in de ochtend voor binnenkomst dan een ander deel van de dag ( $p=0,033$ ). Bewoners van gebouwen met zichtbare schimmelmoei waren minder tevreden met het algemeen comfort dan medewerkers van gebouwen zonder een zichtbaar schimmelmoei ( $p=0,014$ ). Zij waren ook minder tevreden in gebouwen met een gedocumenteerde klachtenprocedure zonder dat problemen met het binnenmilieu aanwezig waren ( $p=0,025$ ). Geen relatie werd gevonden tussen waargenomen algemeen comfort en controle van verlichting, en temperatuur in het gebouw.

Gebouwkenmerken	BSI-5	
	gecorrigeerde $\beta$ (CI <sub>95%</sub> )	P
Aantal bewoners (+100)	<b>0,05 (0,02 ; 0,08)</b>	<b>0,002</b>
Te openen ramen		
-Ja, maar bewoner is niet toegestaan om deze te openen (vs. ja)	-0,06 (-0,25 ; 0,17)	0,611
-Nee (vs. ja)	<b>0,37 (0,15 ; 0,59)</b>	<b>0,001</b>
Koelsysteem (vs. nee)	0,25 (0 ; 0,49)	0,054
Roken toegestaan		
- Ja, maar alleen in apart-geventileerde ruimten (vs. nee)	0,19 (-0,09 ; 0,47)	0,187
Tapijt als voornaamste vloerbedekking in de kantoren (vs. nee)	<b>0,18 (0,04 ; 0,33)</b>	<b>0,014</b>
Locatie van printer/kopieerapparaten		
- In een aparte printruimte (vs. in de kantoren)	-0,01 (-0,17 ; 0,15)	0,889
- Op de gang (vs. in de kantoren)	-0,16 (-0,33 ; 0,01)	0,058
Percentage van kantoormeubilair dat minder dan een jaar oud is en van spaanplaat is gemaakt (+10%)	0,03 (0 ; 0,06)	0,059
Kantoren worden in het algemeen schoongemaakt		
- Tijdens werktijden (vs. in ochtend voor binnenkomst medewerkers)	0,05 (-0,14 ; 0,25)	0,608
- In avond na werk (vs. in de ochtend voor binnenkomst medewerkers)	<b>0,23 (0,08 ; 0,39)</b>	<b>0,003</b>
Gebouwkenmerken	Algemeen comfort gebouw	
	gecorrigeerde $\beta$ (CI <sub>95%</sub> )	P
Aantal bewoners (+100)	-0,04 (-0,08 ; 0,01)	0,067
Akoestische oplossingen*: isolatie en/of absorptie materialen (vs. nee)	<b>0,22 (0,01 ; 0,43)</b>	<b>0,042</b>
Zichtbare schimmelmoei in de kantoren (vs. nee)	<b>-0,61 (-1,10 ; -0,13)</b>	<b>0,014</b>
Een gedocumenteerde klachtenprocedure voor medewerkers met problemen van het binnenmilieu (vs. nee)	<b>-0,35 (-0,56 ; -0,13)</b>	<b>0,002</b>
Kantoren worden in het algemeen schoongemaakt		
-Tijdens werktijden (vs. in ochtend voor binnenkomst medewerkers)	-0,17 (-0,47 ; 0,12)	0,244
- In avond na werk (vs. in ochtend voor binnenkomst medewerkers)	<b>-0,28 (-0,51 ; -0,04)</b>	<b>0,021</b>

-Tabel 1- Associaties tussen BSI, Algemeen comfort gebouw en gebouwkenmerken in de Officair-studie, na correctie voor seksratio, gemiddelde leeftijd, huidig rokers-percentage, gemiddelde ERI, gemiddelde over-commitment, gemiddelde negatief affect.  $\beta$  is de inschatting van de lineaire regressie coëfficiënt, CI<sub>95%</sub> is de betrouwbaarheidsinterval bij 95%. \*Akoestische oplossingen zijn e.g. dubbel glas, akoestische tegels, akoestische panelen

De uiteindelijke multivariabele modellen door lineaire regressie zijn gepresenteerd in tabel 1. Ze zijn gecorrigeerd voor bekende risico/invloedfactoren (e.g. seks ratio, gemiddelde leeftijd, huidig rokers percentage, gemiddelde ERI, gemiddelde over-commitment, gemiddelde negatief affect) [1,2].

Een hoog aantal bewoners, geen te openen ramen, aanwezigheid koelsysteem en tapijt, en schoonmaakactiviteiten in de avond waren positief geassocieerd met BSI-5. Roken toegestaan in een apart geventileerde ruimte en het percentage kantoormeubilair gemaakt van spaanplaat en minder dan een jaar oud leken een toename van de BSI tot gevolg te hebben. BSI leek lager in gebouwen waar de print/kopieerapparaten op de gang zijn geplaatst. Zichtbare schimmelgroei, een gedocumenteerde klachtenprocedure met aanwezige binnenmilieuproblemen, en schoonmaakactiviteiten in de avond verlaagde het algemeen comfort in het gebouw significant. De aanwezigheid van akoestische isolatie en/of geluidabsorptie materialen veroorzaakte een stijging van het algemeen comfort in het gebouw.

## ■ DISCUSSIE

De etiologie van symptomen onder kantoor-medewerkers is niet goed begrepen [4]. Het karakter van de relatie tussen waargenomen binnenmilieu en symptomen is onduidelijk. Met Officair wordt het meervoudig-factoriale probleem van gezondheid en comfort van kantoormedewerkers onderstreept. Er blijken verschillende gebouweigenschappen gerelateerd te zijn aan BSI en algemeen comfort, en dus potentieel gelieerd met verschillende blootstellingen van de omgeving (biologisch, chemisch en fysisch).

De aanwezigheid van een koelsysteem was positief geassocieerd met BSI, en de aanwezigheid van zichtbare schimmelgroei was negatief geassocieerd met algemeen comfort. Deze twee factoren creëren blootstelling aan biologische verontreinigingen. Natte oppervlakken van koelementen leiden tot microbiologische blootstellingen en kunnen ziektesymptomen tot gevolg hebben, vooral bij slecht onderhoud van het koelsysteem.

Een hogere BSI werd geconstateerd in gebouwen met tapijt als de belangrijkste vloerbedekking in de kantoren. De relatie tussen gezondheid en tapijt komt overeen met eerdere studies. Tapijt kan inderdaad als reservoir dienen voor microbiologische stoffen, zoals schimmelsporen en huisstofmijt. Daarnaast, zijn sommige potentiële bronnen van chemische verontreinigingen positief geassocieerd met BSI. Een hogere BSI werd gezien in gebouwen met een percentage van

kantoormeubilair minder dan een jaar oud en gemaakt van spaanplaat. Meubilair dat uit spaanplaat bestaat, is aangewezen als één van de belangrijkste bronnen van formaldehyde. Van formaldehyde is bekend dat deze stof irritant kan zijn voor de ogen en de luchtwegen [5]. Printers en kopieerapparaten stoten ook chemische verontreinigingen af. Een lagere BSI werd gevonden in gebouwen waarbij deze apparaten op de gang waren geplaatst (vs. de kantoren). Kantoormedewerkers brengen meestal minder tijd door op de gang dan in hun kantoren.

Schoonmaakactiviteiten in de avond na het werk verhoogde zowel de gemiddelde BSI als de comfort ontevredenheid over het algemene comfort in het gebouw, in vergelijking met schoonmaakactiviteiten in de ochtend voordat de medewerkers binnenkwamen. Toekomstige analyse zal de reden voor deze interessante bevinding moeten laten zien, maar een verklaring zou kunnen zijn dat de schoonmaakactiviteiten ventilatie van de kantoorruimte in gang zette, voordat de medewerker arriveerde.

De bewoners van gebouwen met te openen ramen hadden minder symptomen dan in de andere gebouwen. Het effect op gezondheid van geen te openen ramen kan worden verklaard door de adverse effecten op binnenmilieukwaliteit door het tekort aan ventilatie (ontbreken van verdunning van binnenluchtverontreinigingen). Geen relatie met comfort werd gevonden.

Een positieve relatie werd gevonden tussen algemeen comfort en akoestische toepassingen in het gebouw (isolatie en/of geluidsabsorptie). Deze bevinding komt overeen met het feit dat lawaai één van de belangrijkste door bewoners gerapporteerde klachten was. Daarnaast was de comforttevredenheid lager in gebouwen met een geregistreerde klachtenprocedure voor kantoormedewerkers met binnenmilieuproblemen. Of deze bevinding gerelateerd is met het feit dat de respondenten zich bewuster zijn van de problemen of dat deze gebouwen minder comfortabel zijn, zal nader onderzocht moeten worden.

Een positieve relatie werd gevonden tussen het aantal bewoners en gezondheid. Het aantal bewoners is een potentiële surrogaat voor gebouw grootte, en voor het aantal bronnen in het gebouw.

## ■ CONCLUSIES

Een aantal gebouweigenschappen bleek zelfs nadat gecorrigeerd was voor potentiële risicofactoren en/of invloedfactoren, zoals psychosociale factoren, geassocieerd te zijn met gezondheid (aantal bewoners, gebrek aan te openen ramen, aanwezigheid van tapijt, en schoonmaakactiviteiten) en comfort (akoest-



tische oplossingen, schimmelgroei, klachtenprocedure, schoonmaakactiviteiten). De Officair-studie liet zien dat voor het creëren en handhaven van een gezonde en comfortabele werkomgeving, er behoefte is aan een geïntegreerde benadering voor het beter begrijpen van de relaties tussen binnenmilieukwaliteit en het welzijn van bewoners.

## ■ DANKBETUIGING

Officair was een Europees project, gesponsord door de Europese Unie onder thema ENV.2010.1.2.2-1, met 15 partners uit 11 landen. Deze analyse werd gesponsord en uitgevoerd door Delft University of Technology, onder de leerstoel indoor Environment.

## ■ REFERENTIES

1. Bluysen, P.M. (2015a) Zelf-gerapporteerde gezondheid en comfort in 'moderne' kantoorgebouwen (1): procedure van de survey in het Europese project Officair, TVVL magazine, oktober 2015
2. Bluysen, P.M. (2015b) Zelf-gerapporteerde gezondheid en comfort in 'moderne' kantoorgebouwen (2): eerste resultaten van het Europese project Officair, TVVL magazine, aangeboden
3. Raw, G.J., Roys, M.S., Whitehead, C. and Tong, D. (1996) Questionnaire design for sick building syndrome: An empirical comparison of options, *Environ Int*, 22, 61-72
4. Bluysen, P.M. (2014) The healthy indoor environment: How to assess occupants' wellbeing in buildings, Routledge, Taylor & Francis Group, London, UK
5. Roda, C., Kousignian, I., Guihenneuc-Jouyaux, C., Dassonville, C., Nicolis, I., Just, J. (2011) Momas, I. Formaldehyde exposure and lower respiratory infections in infants: findings from the PARIS cohort study. *Environ Health Perspect*, 119(11):1653-8