

# Healthy Buildings Europe 2015

Van 18 tot en met 20 mei 2015 werd, onder auspiciën van de ISIAQ (International Society for Indoor Air Quality and Climate) op de TU Eindhoven het internationale Healthy Buildings congres gehouden. Het congres werd voor het eerst in 1988 in Stockholm georganiseerd en vervolgens vond het periodiek plaats in verschillende landen. Voor het eerst is Healthy Buildings regionaal georganiseerd, met een versie in Europa en (in juli) de Verenigde Staten. ISIAQ.NL, de Nederlandse afdeling van de ISIAQ, en de Unit Building Physics and Services van de faculteit Bouwkunde van de TU Eindhoven organiseerden het congres. Een internationaal gezelschap van circa 400 wetenschappers en professionals op het gebied van onder meer luchtkwaliteit, gezondheid, thermisch comfort, licht en akoestiek bezochten het congres. Er waren ruim 100 Nederlandse deelnemers, terwijl de overige deelnemers afkomstig waren uit 34 landen. De grootste delegaties kwamen uit Japan (42 deelnemers), Denemarken (34), Finland (24), Duitsland (24), Groot Brittannië (24) en Frankrijk (23).

Ing. S.R. (Stanley) Kurvers, drs. J.L. (Joe) Leijten,  
ir. A.K. (Arjen) Raue, ir. G.J. (Ineke) Thierauf

Een greep uit de onderwerpen die werden gepresenteerd in lezingen en bediscussieerd in workshops: beleving van gezondheid en comfort van kantoren, scholen en woningen, emissies uit bouw- en inrichtingsmaterialen, fysiologie en gezondheid, productiviteit en leerprestatie in relatie tot het binnenmilieu. Dit verslag is gebaseerd op de lezingen en workshops die door de auteurs zijn bezocht en is slechts een kleine greep uit de 270 presentaties die tijdens het congres zijn gegeven. Het geeft een (selectief en subjectief) beeld van de vele onderwerpen die aan bod zijn gekomen tijdens het veelzijdige congres.

## COMFORT EN BIO-RITME

In workshop 8 'Supporting Biorhythm with the Circadian House concept' gaven Koen Steemers, Myriam Aries en Fergus Nicol hun visie op de invloed van licht, buitenklimaat en natuur op het bioritme en de gezondheid en welzijn van mensen in woningen. Aries ging in op het belang om ruimtes en vensters zodanig te oriënteren dat het licht onze interne biologische klok kan beïnvloeden om op de juiste momenten de gewenste activiteiten zo optimaal mogelijk te kunnen verrichten. Als de mens de invloed van de natuurlijke ritmes van het licht onvoldoende ontvangt, raakt onze

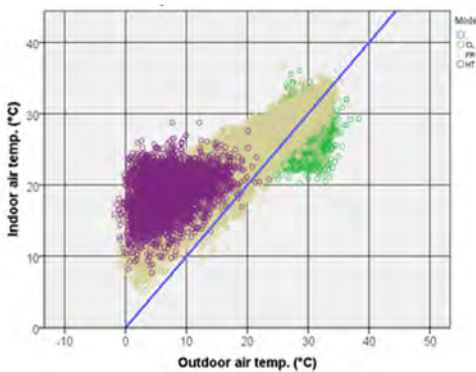
-Figuur 1- Overzicht onderwerpen Healthy Buildings



biologische klok verstoord en kan dit leiden tot 's nachts slecht slapen en onvoldoende energie overdag.

In de lezing 'Temperatures in Homes' ging Fergus Nicol in op comforttemperaturen in woningen. Tot nu toe heeft het overgrote deel van laboratorium- en veldonderzoek zich

gericht op comforttemperaturen in kantoren. Ook de normen en richtlijnen, zoals NEN-EN-15251 en ISSO-74 gelden strikt genomen voor kantoren, hoewel de normen wel voor woningen worden gebruikt bij gebrek aan data specifiek voor woningen. Reden voor het gebrek aan gegevens over temperaturen is dat het veel moeilijker is uitgebreide en betrouwbare metingen in woningen te doen. De situatie in woningen is echter anders dan in kantoren, omdat mensen in woningen minder beperkingen hebben wat betreft kleding, andere verwachtingen hebben, meer uiteenlopende activiteiten verrichten en ook zelf de energierekening moeten betalen. Daarom is de verwachting dat de temperatuurbandbreedte voor woningen af zal wijken van die van kantoren. Maar in welke mate is onduidelijk. Door Nicol en collega's zijn voor het eerst drie grote databases verzameld en geschikt gemaakt om met elkaar te vergelijken. Het betreft een eerste aanzet met metingen uit het Verenigd Koninkrijk, Japan en Saoedi-Arabië. Figuur 2 toont de temperaturen voor de Britse en Japanse woningen.



-Figuur 2- Vergelijking van de temperaturen in Groot-Brittannië en Japan (Nicol)

Wat onmiddellijk opvalt is dat de bandbreedte van de optredende temperaturen in woningen groter is dan in kantoren, met name aan de onderkant van de bandbreedte en bij lagere buitentemperaturen. De hellingshoek van de bandbreedte, dus de afhankelijkheid van de geaccepteerde binnentemperatuur van de buitentemperatuur lijkt in woningen vergelijkbaar met die in kantoren.

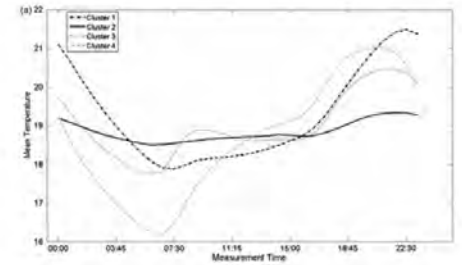
In de Britse data konden vier dagelijkse temperatuurprofielen worden onderscheiden, die afhankelijk waren van het type woning en installatie (figuur 3). Het is te vroeg om conclusies aan deze data te verbinden, maar het geeft wel een richting aan waarin toekomstige richtlijnen voor woningen af kunnen gaan wijken van de huidige richtlijnen.

## PSYCHOLOGISCHE INVLOEDEN

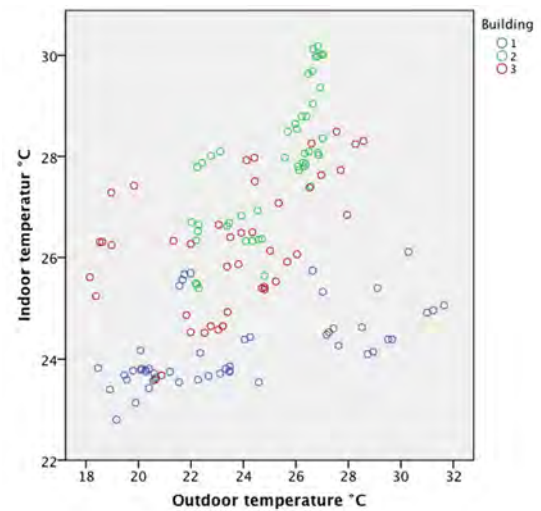
Celine Roda ging in haar lezing 'Psychosocial

*work environment and building related symptoms'* in op de relatie tussen de psychosociale werkomgeving en gebouwgerelateerde symptomen (BRS). Op basis van de data van het Officair-onderzoek in kantoren in 8 Europese landen, waarin gebouwkenmerken zijn verzameld en vragenlijsten zijn afgenomen bij 7.441 werknemers, zijn statistische heranalyses uitgevoerd. De BRS zijn ingedeeld in groepen en de prevalentie was als volgt: 44% oogirritaties (verschillende vormen), 36,5% bovenste luchtwegen (bijvoorbeeld droge, geïrriteerde keel, hoesten, verstopte neus), 36,2% algemene symptomen (o.a. hoofdpijn, vermoeidheid), 14,5% huid symptomen (bijvoorbeeld droge of rode huid). De psychosociale omgeving werd gekarakteriseerd met het 'inspannings-belonings-onbalansmodel'. Kantoorwerkers met 'hoge inspanning-lage beloning' hadden een groter risico op oogirritaties, symptomen van de bovenste luchtwegen, algemene symptomen en huid symptomen. Dit geeft richting voor verder onderzoek waarbij het uiteindelijke doel is om de werkomgeving en bepaalde mens-profielen beter op elkaar te kunnen afstemmen.

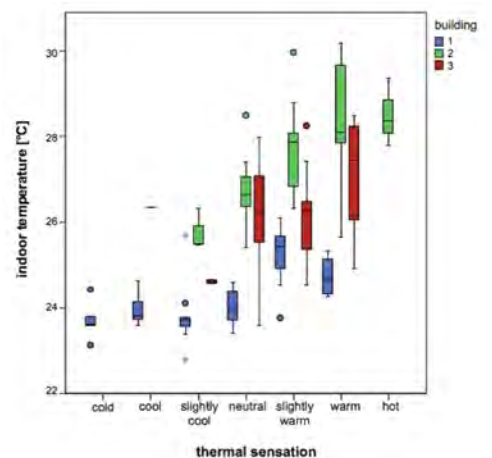
In een paper van Maren Hawighorst e.a. 'The psychology of Thermal Comfort: Analyses of self-efficacy and Climate Preferences on subjective assessments and physiological reactions' werden de fysiologische, gedragsmatige en psychologische invloeden van het adaptieve thermisch comfortmodel beschreven. Het aanpassen van de lichamelijke warmtebalans door kleding uit en aan te trekken, ramen te openen of ventilatoren te gebruiken wordt tot gedragsmatige processen gerekend. Uit ander onderzoek blijkt dat het hebben van beïnvloeding een basisbehoefte van mensen is en de afwezigheid hiervan kan tot stress leiden. Fysiologische aanpassing bestaat bijvoorbeeld uit het verlagen van het metabolisme en het vergroten van de zweetafscheiding in warme omstandigheden. Wat de psychologische beïnvloeding inhoudt, bleef tot op heden nog wat vaag. Het begrip 'self-efficacy' (zelfeffectiviteit) beschrijft iemands vertrouwen in de eigen bekwaamheid om met succes invloed uit te oefenen op zijn of haar omgeving. Dit is het eerste onderzoek dat naar de thermische aspecten van self-efficacy kijkt. Om dit verder te onderzoeken is in 3 kantoorgebouwen (2 natuurlijk geventileerd en 1 airconditioned) in Stuttgart onderzoek uitgevoerd. In de zomerperiode zijn metingen uitgevoerd en zijn vragenlijsten afgenomen. Enkele resultaten: figuur 4 laat zien dat bij dezelfde buitentemperaturen de binnentemperaturen aanzienlijk kunnen verschillen. Maar de temperaturen zelf zeggen niet alles over hoe warm mensen het hebben. In figuur 5 valt het op dat mensen zich



-Figuur 3- Temperatuurprofielen in woningen in de winter in Groot-Brittannië (Nicol)



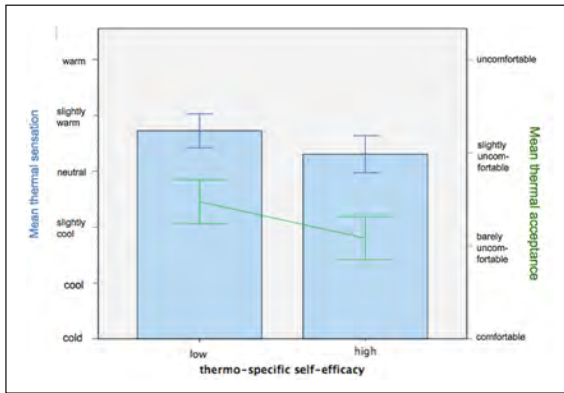
-Figuur 4- De relatie tussen de buiten- en binnentemperatuur voor de 3 gebouwen ten tijde van het onderzoek



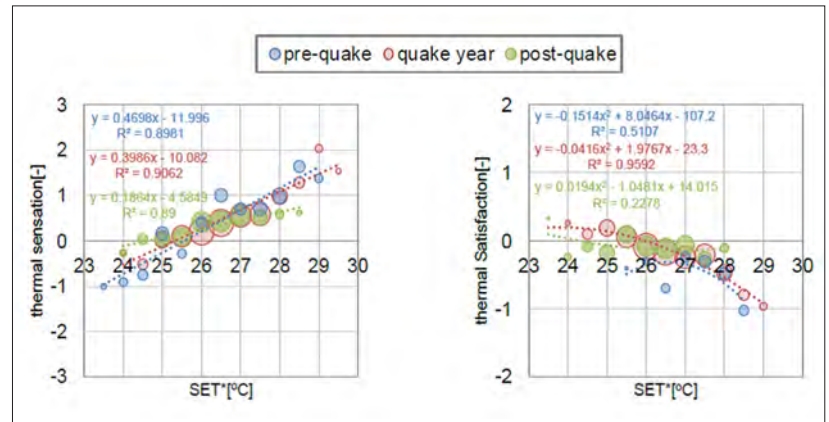
-Figuur 5- De thermische sensatie stemmen in relatie tot de binnentemperaturen in de 3 gebouwen

in het airconditioned gebouw warmer voelen bij lagere temperaturen. Figuur 6 ten slotte, laat de correlatie zien tussen de thermische acceptatie, de ervaren beïnvloeding en de thermisch specifieke self-efficacy. Hoe groter de werkelijk ervaren beïnvloeding en self-efficacy, hoe groter de thermische acceptatie. Als mensen een lage self-efficacy ervaren voelen ze zich warmer en minder comfortabel bij dezelfde temperatuur.

Uit Japan kwam een aardige illustratie van psy-



-Figuur 6- Hoge en lage thermo-specifieke self-efficacy in relatie tot de thermische sensatie en thermische acceptatie



-Figuur 7- SET\* and thermal environment psychological factor

chologische adaptatie en het verband tussen cultuur en thermisch comfort in de presentatie van Sayana Tsushima, getiteld 'Workers' sensation, comfort for indoor environments in offices prior and subsequent to the earthquake - through the experience of the great east japan earthquake in 2011'. Om CO<sub>2</sub>-uitstoot te reduceren heeft het Japanse milieuministerie in 2005 de campagne COOL-BIZ ingevoerd, waarbij ambtenaren werd verboden om nog in pak op kantoor te komen en tegelijkertijd de binnentemperatuur 's zomers een paar graden werd verhoogd. Tegen alle formele gebruiken in zaten ineens alle ambtenaren in hemdsmouwen aan de vergadertafel. COOL BIZ werd een groot succes en ook in het bedrijfsleven gingen men vrijwillig over op deze combinatie van kledingvoorschrift en temperatuurverhoging. Bij de aardbeving van 2011 werd de kerncentrale van Fukushima verwoest waardoor een groot energietekort in Tokyo ontstond. Verdere energiebesparing werd een directe noodzaak en Super COOL-BIZ werd ingevoerd, waarbij zelfs korte mouwen en korte broeken de norm werden.

Tegen deze achtergrond deed Sayana Tsushima een onderzoek naar thermische beleving, luchtkwaliteit en visueel comfort in kantoorgebouwen voor en na de aardbeving. Zij verzamelde de data van 58 veldonderzoeken die tussen 2003 en 2013 zijn uitgevoerd in 21 gebouwen, inclusief meetgegevens en enquêteresultaten.

Vrij vertaald wordt uit de gegevens afgeleid dat na de aardbeving het verband tussen de ruimtetemperatuur (SET\*) en thermal sensation minder sterk was geworden. Met andere woorden: na de beving hadden de gebouwgebruikers het 's zomers bij dezelfde temperatuur minder warm en mocht het warmer worden voor dezelfde thermische beleving (linker grafiek figuur 7). De comfortbandbreedte voor de aardbeving was 25,3 - 26,1°C, in het aardbevingsjaar was het 23,0 - 26,6°C en in de jaren na de beving 20,8 - 27,4°C. Tegelijkertijd was de thermal satisfaction bij alle temperaturen iets beter geworden dan voor de beving

(rechter grafiek figuur 7). Tsushima wijt deze veranderingen aan een veranderde emotionele instelling na de aardbeving. Voor visueel comfort was dit effect minder sterk en had het vooral een tijdelijk effect, vlak na de aardbeving, op de beleving van m.n. de verlaagde verlichtingssterkte (gemiddeld van 750 lux naar 400 lux). Er werd geen relatie gevonden tussen CO<sub>2</sub>-concentratie en beleving, zodat ook geen psychologisch effect van de aardbeving kon worden geconstateerd op de ervaren luchtkwaliteit.

In een tweede presentatie liet Tsushima zien dat na de aardbeving de zelf-gerapporteerde productiviteit van de medewerkers in zeven kantoorgebouwen niet was veranderd ten opzichte van de situatie voor de beving, op een dip van -6,6% in het jaar van de beving zelf na.

### ■ PERSOONLIJKE BEÏNVLOEDING

Ook in andere presentaties was aandacht voor -deels- psychologische effecten, waarbij de mate waarin de gebruiker zelf zijn omgeving kan beïnvloeden een belangrijke rol speelt. Net als Maren Hawighorst vindt Atze Boerstra in zijn veldonderzoek 'Perceived control over indoor climate and its impact on Dutch office workers' positieve effecten wanneer de gebruiker de beleving heeft dat hij de stimuli uit zijn omgeving kan beïnvloeden. Bij een hogere mate van perceived control neemt de Personal Symptom Index af en neemt tegelijkertijd de Personal Productivity Index toe.

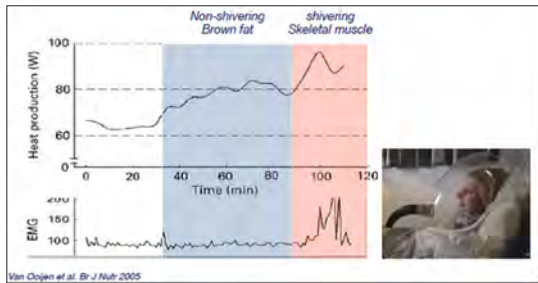
In zijn keynote speech 'Deconstructing building performance: with emphasis on needs, perceived health and productivity' stelde Adrian Leaman een heuristisch model voor om te beschrijven op welke manier gebouwen de gebruikersbehoeften faciliteren, waarbij niet alleen wordt uitgegaan van dataverzameling, maar ook van intuïtie en professionele interpretatie op basis van ervaring. Leaman werkt al jaren aan een database van inmiddels ruim 1.000 gebouwen waarvan o.a. de gebouwkenmerken en de gebruikerservaringen systematisch in kaart zijn gebracht. Uit deze Building

Use Studies blijkt o.a. dat well-resourced en shallow plan gebouwen beter presteren dan under-resourced en deep plan gebouwen. Met well resourced wordt een hoog voorzieningenniveau bedoeld en een hoge mate van bruikbaarheid. Ook een lage bezettingsgraad is een positieve factor, evenals de manier waarop naar de gebruiker wordt gecommuniceerd over hoe het gebouw gebruikt zou moeten worden; een voorbeeld hiervan zijn begrijpelijke thermostaatknoppen.

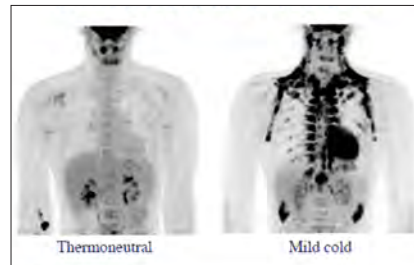
Marcel Schweiker liet in 'On the effect of the number of persons in one office room on occupants physiological and subjective responses under summer conditions' aan de hand van experimenten in 1-, 2- en 4-persoons kantoorruimten met gecontroleerde omstandigheden zien dat perceived control duidelijk lager is in de vierpersoons werkrumten, dat met een hogere bezettingsgraad de omgeving als warmer wordt ervaren en dat de neutrale temperatuur lager is. Ook vond hij een lichte toename van stress bij een hogere bezetting.

### ■ THERMOFYSIOLOGIE EN GEZONDHEID

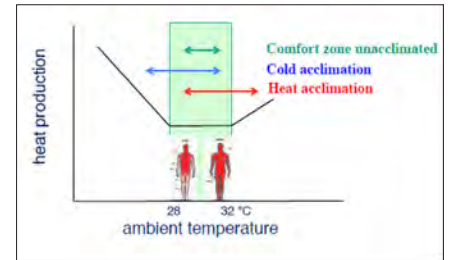
In de keynote 'To comfort or not to comfort' gaf Wouter van Marken Lichtenbelt een breed overzicht van de fysiologische aspecten van thermisch comfort. De spreker ging in op het verband tussen thermisch comfort en gezondheid en in het bijzonder de relatie tussen bruin en wit lichaamsvet en (dis)comfort. Binnen de thermisch neutrale zone (TNZ) voelen mensen zich meestal comfortabel. Als iemand het koud krijgt, kan zijn of haar energiegebruik verhoogd worden door te rillen om het zo weer warmer te krijgen. Maar het blijkt nu dat wanneer het een beetje koud wordt het lichaam ook warmte produceert, zonder te rillen. In figuur 8 is te zien dat eerst extra warmteproductie optreedt zonder rillen en pas na enige tijd gaan de proefpersonen rillen. De warmteproductie zonder te rillen varieert van persoon tot persoon tot ruim 30% extra warmteproductie ten opzichte van thermoneutraal.



-Figuur 8- Warmteproductie doorblootstelling aan milde (niet-rillende) koude



-Figuur 9- Bruin vet activiteit bij milde koude en thermisch neutraal



-Figuur 10- Vergroting van de comfortzone door koude-acclimatisatie

Het weefsel dat verantwoordelijk is voor de warmteproductie in de kou is bruin vet, dat mogelijk nog andere gunstige effecten op de gezondheid heeft. Een teveel aan wit vet is ongezond. Het blijkt dat door regelmatige blootstelling aan kou, bruin vet kan worden aangemaakt (figuur 9) en verder bleek dat de proefpersonen ook begonnen te wennen aan de kou. Wat eerst als oncomfortabel werd ervaren, was na een aantal dagen acceptabel. Het produceren van extra warmte zonder te rillen zorgt dus voor een bredere comfortband-breedte (figuur 10). Verder zijn er onderzoeksresultaten die wijzen op een grotere insulinegevoeligheid bij type 2 diabetes bij koude acclimatisatie.

Ook deze onderzoeksresultaten geven, naast ander onderzoek, aanleiding om de normen en richtlijnen voor het thermisch binnenklimaat in de toekomst te herzien, door bijvoorbeeld individuele verschillen meer te betrekken, door een meer dynamisch binnenklimaat te realiseren en door te streven naar een acceptabel en gezond comfort in plaats van een maximaal comfort.

## BINNENMILIEU EN PRODUCTIVITEIT

In workshop 3, 'IEQ and productivity, an Action Plan for Progress and Influence' werd ingegaan op een voorlopig rapport van de World Green Building Council (WGBC) met als titel 'Health, Wellbeing and Productivity in Offices - The next chapter for green building'. Het doel van deze publicatie is tweeledig:

- op basis van een review van relevante wetenschappelijke literatuur beargumenteren dat groen, in de zin van duurzaam bouwen, bouwen voor gezondheid en welzijn van werknemers en bouwen voor hoge productiviteit van werknemers goed verenigbaar zijn, als de juiste ontwerpkeuzen gemaakt worden;
- aan leidinggevenden, HR-managers en FM-managers van organisaties een instrument bieden om de situatie in hun eigen huisvestingen te evalueren en te verbeteren.

Doel van de workshop was na te gaan in hoeverre er onder professionals die zich met het binnenmilieu bezighouden, draagvlak is voor

de in het rapport voorgestelde benadering en of er suggesties zijn voor verbeteringen. Een van de hoofdoelen van het rapport is de boodschap toegankelijk en wervend te maken voor managers van organisaties en investeerders in vastgoed. De stijl en de layout zijn duidelijk gericht op deze groepen. Daarnaast is het zo geschreven dat ook een wetenschappelijk publiek wordt aangesproken. Het rapport begint met de, voor insiders inmiddels bekende, vaststelling dat 90% van de kosten van een organisatie naar werknemers gaat, 9% naar huisvesting en 1% naar energiekosten. De implicatie is dat maatregelen die de productiviteit verhogen in veel gevallen kostenefficiënt zullen zijn. Vervolgens wordt een overzicht gegeven van wetenschappelijke kennis op het gebied van relatie tussen werkomgeving en productiviteit. Onder productiviteit wordt niet alleen verstaan die van de werknemer wanneer die op de werkplek aan het werk is, maar ook ziekteverzuim, 'presenteern' (aanwezig zijn op de werkplek zonder productief te zijn), personeelsverloop, medische kosten en de opbrengst van organisaties. Onder de werkomgeving wordt in dit rapport niet alleen verstaan de bekende aspecten luchtkwaliteit, thermisch comfort, licht, geluid en layout, maar ook 'look and feel', het bevorderen van lichamelijke activiteit, voorzieningen in of bij het gebouw (bijvoorbeeld kinderopvang), locatie en 'biophilie' (de invloed van verschillende soorten natuur en groen op het welzijn).

Op basis van het overzicht van de wetenschappelijke literatuur wordt geconcludeerd dat verbetering van de werkomgeving leidt tot meer gezondheid en tevredenheid bij de werknemers en tot hogere productiviteit. Deze conclusie is in lijn met die van andere literatuuroverzichten op dit gebied. Vervolgens wordt beargumenteerd dat bij de juiste ontwerpkeuzen er een win-win-situatie bereikt kan worden, waarbij zowel duurzaam gebouwd wordt als ook de productiviteit van de werknemers wordt verhoogd. Als voorbeelden worden genoemd: het beperken van bronnen van luchtverontreiniging in het gebouw, adaptief thermisch comfort en natuurlijke ventilatie of mixed-mode-gebouwen (gebouwen die een

deel van de tijd natuurlijk geventileerd zijn en een deel van de tijd mechanische ventilatie en eventueel een beperkte vorm van koeling hebben) in plaats van volledige airconditioning. Naar het oordeel van de auteurs van dit deel van het verslag geeft het rapport wel enige steun aan het idee van een win-win-situatie, maar zijn er nog veel witte vlekken. Deel 2 van het rapport is een handleiding voor organisaties om voor hun eigen gebouwen vast te stellen in hoeverre de werkomgeving bijdraagt aan of juist afbreuk doet aan de productiviteit van de werknemers in brede zin. Blijkbaar wordt er niet voor gekozen om dit per gebouw af te leiden uit de in het eerste deel vastgestelde verbanden, waarschijnlijk omdat deze verbanden niet als voldoende zeker worden beschouwd. Er worden te meten variabelen geselecteerd die volgens het rapport zowel relevant zijn voor de organisatie als makkelijk te meten:

- ziekteverzuim;
- personeelsverloop;
- opbrengst uitgesplitst naar afdelingen;
- medische kosten;
- medische klachten;
- lichamelijke klachten samenhangend met de werkomgeving (hoofdpijn, oogklachten etc.);
- waargenomen kwaliteit van de werkomgeving (bijvoorbeeld luchtkwaliteit en thermisch comfort, maar ook kwaliteit van voorzieningen);
- fysische metingen van het binnenmilieu.

Van ziekteverzuim en personeelsverloop wordt vrij nauwkeurig aangegeven hoe dit berekend moet worden. Bij opbrengst, medische kosten en medische klachten is de instructie minder eenduidig. Bij alle vijf van deze variabelen wordt aan het einde van de instructie aangegeven dat, wanneer er verschillen zijn tussen gebouwen of locaties, onderzocht kan worden of deze een fysieke oorzaak hebben. Dit lijkt ons een problematisch deel van het rapport, omdat voor dergelijke metingen en analyses specialistische kennis betreffende het binnenmilieu en werknemersresponsen noodzakelijk is, die echter in de meeste organisaties niet aanwezig is.

Voor het vaststellen van lichamelijke klachten,

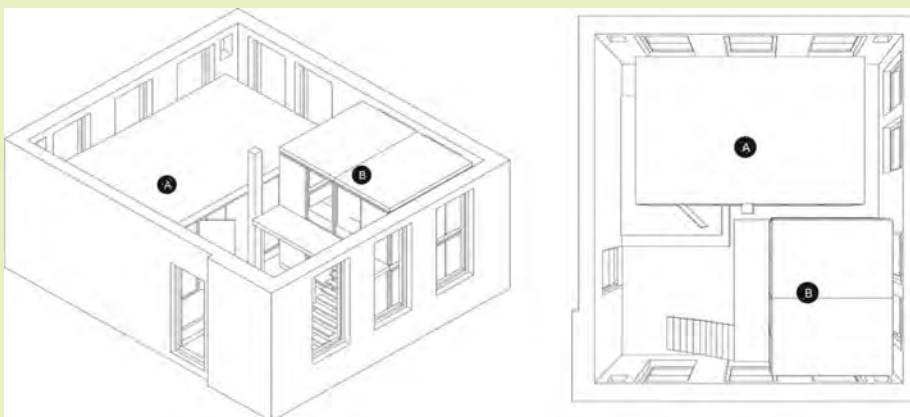
samenhangend met de werkomgeving en waargenomen kwaliteit van de werkomgeving, geeft het rapport twee opties. De eerste is dat een aantal reeds op de markt beschikbare vragenlijsten en andere onderzoeksinstrumenten genoemd worden, waaruit de organisatie zelf kan kiezen. De tweede optie is dat het rapport een lijst van enkele tientallen vragen betreffende de werkomgeving geeft, waaruit de organisatie zelf een vragenlijst kan samenstellen. Ook hier is het te verwachten dat veel organisaties niet zelf de deskundigheid hebben om een zinvolle selectie van de vragen uit te voeren en dat een door de organisatie samengestelde vragenlijst niet vergelijkbaar zal zijn met door andere organisaties afgenomen vragenlijsten of met databases gebaseerd op bestaande vragenlijsten. Beter zou het zijn wanneer het rapport een goed geconstrueerde en gevalideerde vragenlijst met een al bestaande grote database aanbeveelt. Als voorbeelden van fysieke metingen worden bekende voorbeelden genoemd, onder andere CO<sub>2</sub>, luchtsnelheid, luchttemperatuur, gemiddelde stralingstemperatuur, relatieve vochtigheid en achtergrondgeluid. Voor protocollen die beschrijven hoe de metingen uitgevoerd moeten worden wordt verwezen naar de 'best practices' van verschillende professionele organisaties. Ook hier wordt de keuze voor een bepaald protocol aan de organisatie overgelaten. Daarnaast is er het probleem hoe de meetresultaten te interpreteren. In grote wetenschappelijke veldonderzoeken wordt vaak geen of weinig verband gevonden tussen enerzijds fysieke metingen en anderzijds lichamelijke klachten en waargenomen kwaliteit van de werkomgeving. Na afloop van de workshop overheerst het beeld dat de handleiding voor organisaties om voor hun eigen gebouwen de invloed van de werkomgeving op de productiviteit van de werknemers vast te stellen en verbeteringen door te voeren, in de praktijk te weinig handvatten geeft om tot bruikbare resultaten te komen.

Voor de Studium Generale sprak Philomena Bluysen over 'Healthy buildings & indoor environment quality'. Aangezien we circa 90% van de tijd binnen doorbrengen, is een gezond binnenmilieu van groot belang. Veel mensen realiseren zich niet dat veel ziektes en gezondheidsklachten verband houden met een blootstelling aan stoffen in het binnenmilieu. Voorbeelden van ziektes zijn zwaarlijvigheid, hart- en vaatziekten, astma, bronchitis en diabetes. Blijkbaar is de huidige kennis over het binnenmilieu en gezondheid onvoldoende om te voorkomen dat er ongezonde kantoren en woningen worden gebouwd. Volgens Bluysen is het tijd voor een geïntegreerde benadering van licht, geluid, thermisch comfort en luchtkwaliteit, omdat de huidige normen en richtlijnen nog steeds uitgaan van enkelvoudige dosis-effectrelaties. Tot op heden is er te weinig aandacht geweest voor onderzoek naar interacties tussen verschillende omgevingsstressoren op de mens, maar ook voor interacties tussen parameters, zoals chemische interacties tussen chemische stoffen in de lucht en tussen verschillende parameters zoals licht en thermisch comfort of tussen geluid en luchtkwaliteit bij mechanische en natuurlijke ventilatiesystemen. In het toekomstige 'Senselab' (figuur 11) op de TU Delft wil Bluysen materialen en systemen testen die het binnenmilieu en de gezondheid beïnvloeden. In het Senselab kunnen studenten en onderzoekers met behulp van metingen en zintuigelijke waarnemingen onderzoek doen naar de invloed van interacties in het binnenmilieu op mensen in verschillende scenario's. Verder richt het onderzoek zich op het beter aanpassen van het binnenmilieu op de verschillen in percepties tussen mensen om zo de productiviteit te kunnen optimaliseren.

## ■ CHEMISCHE VERONTREINIGING EN MICROORGANISMEN

In workshop 15 'Chemical Pollutants and Health' presenteerden Gaëlle Raffy en Corinne Mandin

hun resultaten van grootschalige onderzoeken in Franse woningen naar de hoeveelheid vluchtige organische stoffen (VOS) in stof. Met vooral aandacht voor potentieel neurotoxische en hormoon verstorende chemicaliën. Stelios Kephelopoulou gaf een overzicht van de inspanningen, gefinancierd door de Europese Unie, om te komen tot één Europees labelsysteem voor de classificatie van bouw- en inrichtingsmaterialen voor gebouwen. Bij het onderzoek naar VOS in stof kwam naar voren dat van de Franse woningen 40% laag en 10% zeer vervuild zijn. Het is moeilijk om de belangrijkste verontreinigingen te identificeren, mogelijk omdat ze erg vluchtig zijn, maar kort bestaan of de hoeveelheden onder de detectielimieten liggen. Mogelijk worden de essentiële chemicaliën niet opgespoord, omdat nog geen gegevens bekend zijn over hun toxiciteit of gevolgen voor de gezondheid. De vraag is ook of deze chemische stoffen echt van invloed zijn op de vele ziekten die de laatste jaren vaker voorkomen, zoals: astma, ADHD, Alzheimer. Er is een bewezen verband tussen astma (en ook rhinitis) en blootstelling in de afgelopen 12 maanden aan een aantal gehalogeneerde koolwaterstoffen (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen, afgekort BTEX). Het is volgens de auteurs van belang om de blootstelling aan chemicaliën in de woon- en werkomgeving zo laag mogelijk te houden. Helaas is er in de EU nog steeds geen standaard classificatiesysteem. Eurofins is een laboratorium dat zelf maar begonnen is met een label: "Eurofins indoor air comfort certified product". Maar helaas onderzoekt Eurofins de producten alleen op VOS en niet op geur, ammonia, fijn stof en allergenen. Het symposium 'Micro-organisms' over micro-organismen was een eigen conferentie van de Alfred P. Sloan foundation binnen de kaders van HB 2015. Micro-organismen zijn belangrijke medebewoners van de gebouwde omgeving. Dit levert gewoonlijk geen enkel gezondheidsprobleem. De mens zelf draagt miljoenen micro-organismen bij zich op de huid, in de darmen, etc. Deze micro-organismen heeft de mens nodig om gezond te blijven. Miia Pitkäranta, werkzaam bij de Vahanen Group, presenteerde in haar keynote 'Molecular tools and microbial ecology of buildings, a practitioners view' een overzicht van de stand van zaken op het wetenschapsgebied 'Microbiële ecology van gebouwen'. Dit gebied onderzoekt de microbiologische processen in gebouwstructuren en binnenmilieu en hun potentiële invloed op de gezondheid. Activiteiten daarbij zijn: onderzoek naar de conditie van gebouwen, risico analyse, mogelijke effectieve corrigerende maatregelen, fysieke gebouw modellering, goede



-Figuur 11- Schema van het Senselab; A Experience room, B Test rooms

ontwerpprincipes voor nieuwe gebouwen. Door de nieuwe technieken van DNA sequencing is de laatste 20 jaar steeds meer bekend geworden over wat er allemaal aan micro-organismen leeft in de gebouwde omgeving. Veel soorten zijn nog steeds niet bekend, maar leveren wel DNA in de analyses. In niet-beschadigde gebouwen zijn de schimmels vooral dezelfde soorten als in de buitenlucht en de bacteriën dezelfde als die op mensen en dieren leven (figuur 12).

In gebouwen met schade kan een heel andere situatie ontstaan, waarbij op vochtige plaatsen bijvoorbeeld autonome groei van schimmels en andere micro-organismen kan ontstaan. Schimmels kunnen vluchtige chemicaliën en schimmel sporen in de lucht verspreiden. In figuur 13 zijn potentiële 'hotspots' weergegeven. De verschillende lagen van bouwmaterialen in deze hotspots kunnen elk hun eigen favoriete bevolking aan micro-organismen bevatten. Uiteindelijk kan dit dan wel weer een gevaar opleveren voor de gezondheid. Nader onderzoek hiernaar is echter nog nodig voordat hier zinnige uitspraken over gedaan kunnen worden.

Autonome groei van micro-organismen in dergelijke vochtige hotspots kan schade opleveren aan de bouwmaterialen én de gezondheid van de bewoners negatief beïnvloeden, doordat ongewenste soorten vrij spel krijgen. Zoals de gevreesde huiszwam (*Serpula lacrymans*), die hout ernstig kan aantasten. Of de schimmel *Stachybotrys chartarum*, een zwarte schimmel, die graag (over)leeft in behang en gipsplaat. De sporen komen in de lucht terecht en verspreiden zich zo door het gebouw en veroorzaken bij daarvoor gevoelige personen huid irritatie en andere allergische reacties, zoals hooikoorts.

In probleemgebouwen wordt microbiologische besmetting over het algemeen vergezeld door andere factoren, zoals chemische uitstoot van materialen, deeltjes en vezelachtige verontreinigingen en fysisch slechte omstandigheden. Dit kan een gemeenschappelijke oorzaak hebben met de microbiële verontreinigingen, zoals oude, verteerde isolatie van minerale wol, degradatie van PVC-materialen, besmetting van het ventilatiesysteem en luchtbehandelingskasten, degradatie van materialen door bouwvocht en ophoping van bouw stof.

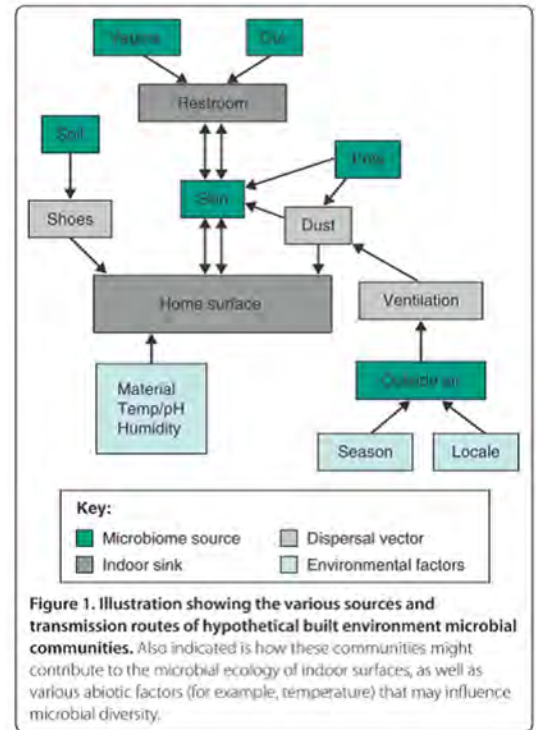
## BRONNEN

- Boerstra, A.C., Loomans, M.G.L.C., Hensen, J.L.M., 'Perceived control over indoor climate and its impact on dutch office workers'
- Hawighorst, M.H., Schweiker, M.S., Wagner, A.W., 'The psychology of thermal comfort: influences of thermo-specific self-efficacy and climate sensitiveness'

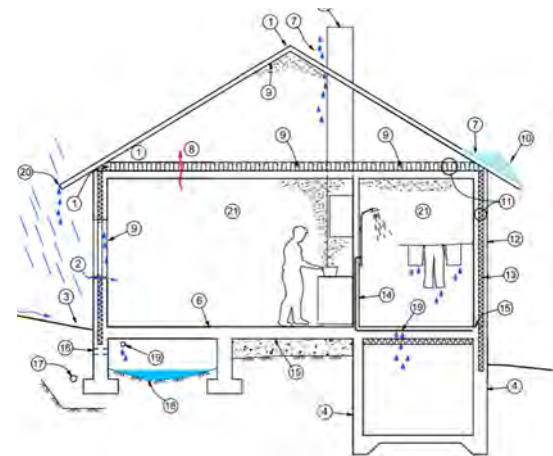
- Leaman, A., 'Deconstructing building performance: with emphasis on needs, perceived health and productivity'
- Roda, C.R., Bluysen, P.M., B. Mandin, C., M., Fossati, S. F., Carrer, P.C., De Kluizenaar, Y. K., Mihucz, V.G.M., De Oliveira Fernandes, E., Bartzis, J. B., 'Psychosocial work environment and building related symptoms'
- Schweiker, M.S., Wagner, A.W., 'On the effect of the number of persons in one office room on occupants physiological and subjective responses under summer conditions'
- Tsushima, S.T., 'Indoor environmental quality and workers' productivity in electricity-saving offices –through the experience of the great east Japan earthquake in 2011'
- Utsumi, K.U, Tsushima, S.T, Tanabe, S.T., 'Workers' sensation, comfort for indoor environments in offices prior and subsequent to the earthquake -through the experience of the great east Japan earthquake in 2011'
- Van Marken-Lichtenbelt, 'To comfort or not to comfort'
- World Green Building Council, 'Health, wellbeing & productivity in offices - the next chapter for green building'
- Le Bot, B.L.B., Warembourg, C.W., Mercier, F.M., Gilles, E.R., Raffy, G.R., Blanchard, O.B., Bonvallot, N.B., Chevrier, C.C., Glorennec, P.G., 'Neurotoxic semi volatile organic compounds in house settled dust: contamination and determinants'
- Mandin, C.M., Mercier, F.M., Lucas, J.P.L., Ramalho, O.R., Blanchard, O.B., Bonvallot, N.B., Raffy, G.R., Gilles, E.G., Glorennec, P.G., Le Bot, B.L.B., 'Nationwide estimates of semi-volatile organic compounds concentrations in settled dust and suspended particles in french dwellings'
- ECA report no. 27 on 'Harmonisation framework for indoor products labeling schemes in the EU'
- Hyvärinen, A., Täubel, M., 'Assessment of moisture and mold problems – the finnish example'
- Mahnert, A.M., Moissl-Eichinger, C.M., Müller, H.M., Probst, A.J.P., Ortega, R.A.O., Vaishampayan, P.A.V., Berg, G.B., Venkateswaran, K.J.V., 'We are not alone! – microbiomes in controlled and uncontrolled built environments'

## WEBSITES

- Healthy Buildings 2015: <http://hb2015-europe.org/>
- ISIAQ: <http://www.isiaq.org/>
- ISIAQ.nl, Dutch Chapter: <http://www.isiaq.nl/v2/isiaq/>
- World Green Building Council: [www.worldgbc.org](http://www.worldgbc.org)



-Figuur 12- Bronnen en transmissies van micro-organismen



-Figuur 13- Mogelijke microbiële hotspots

Het organisatiecomité, bestaande uit Marcel Loomans van de TU Eindhoven, Lisje Schellen van Maastricht University, Atze Boerstra van BBA Binnenmilieu, en iedereen die bij de organisatie en uitvoering betrokken was kijken terug op een aangenaam, interessant en goed georganiseerd en interessant congres.

Het volgende congres op het gebied van binnenmilieu is Indoor Air 2016, dat wordt gehouden van 3 tot 8 juli 2016 in Gent! Lekker dichtbij en dus alle redenen om te gaan.

Dit artikel verscheen eerder in 'Bouwfysica', het verenigingsblad van de NVBV