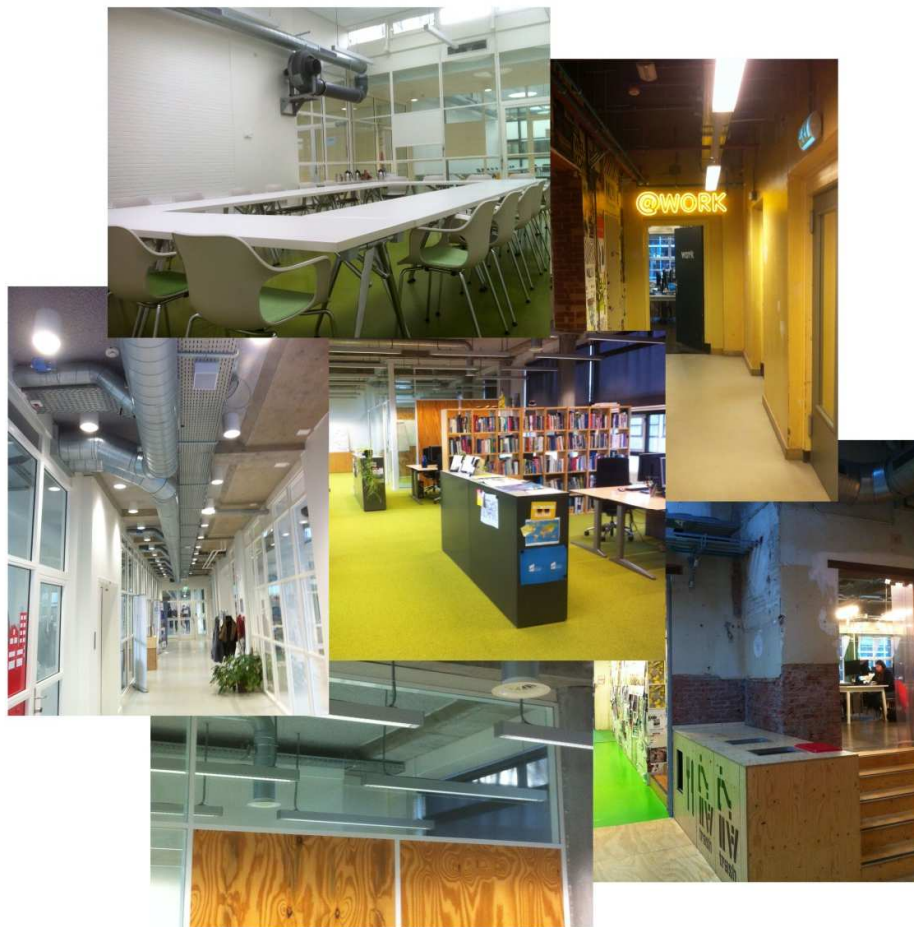


# PRESTATIEVERBETERING DOOR UW KANTOOR

*Over de invloed van het binnenmilieu op de  
arbeidsproductiviteit*



## Colofon

### Dit onderzoek is uitgevoerd door

Karel Dekker

Bartele Hoekstra

### In samenwerking met en met ondersteuning van



### Begeleidingscommissie

Atze Boerstra	BBA Binnenmilieu BV	Marco Hofman	ISSO
Philomena Bluysen	TU Delft	Eelco Ouwerkerk	Platform 31
Francesco Franchimon	BAM	Paul Roelofsen	BAM
Atto Harstra	Platform 31	Florijn Vriend	Kernwaarde Groen

### Contact

Center for People and Buildings

015-2781271

info@cfpb.nl

www.cfpb.nl



### © Stichting Kenniscentrum Center for People and Buildings

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

De stichting Kenniscentrum Center for People and Buildings is in 2001 opgericht met steun van de 'founding partners' Rijksgebouwendienst, TU Delft en de ABNAMRO Bank. Anno 2017 zijn de TU Delft, de Belastingdienst, het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en de Raad voor de rechtspraak belangrijke partners van het CFPB.

# MANAGEMENTSAMENVATTING

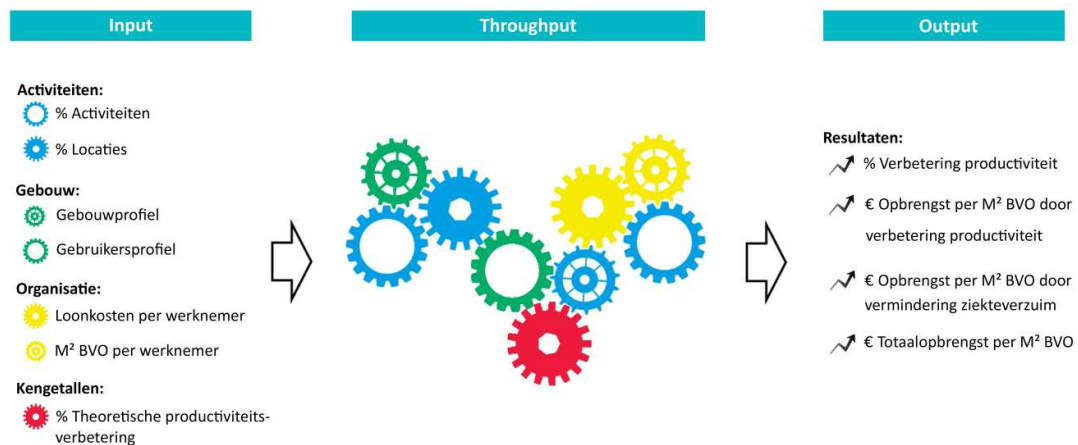
Het Center for People and Buildings (CfPB) heeft een redeneer- en rekenmodel ontwikkeld waarmee de invloed van ingrepen in het binnenmilieu op de arbeidsproductiviteit onderzocht wordt. Het model geeft inzicht in de opbrengsten in € per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte (BVO). Dit model maakt onderdeel uit van een onderzoek naar de relatie tussen het binnenmilieu in kantoorgebouwen, het energiegebruik en menselijke prestaties. Het initiatief tot dit onderzoek is afkomstig van Platform 31-Kantoor vol Energie. Naast Platform 31-Kantoor vol Energie en het CfPB zijn er afgevaardigden namens Stichting PIT, BAM en Valstar Simonis bij het onderzoek betrokken. Het onderzoek is inmiddels ook toegevoegd aan het sectorale programma 'Nederland is gezond binnen'. Dit programma gaat uit van samenwerkende kennisorganisaties in de installatiesector. Dit zijn Uneto-VNI, ISSO, TVVL, OTIB en KIEN.

## Relevantie

Het kunnen redeneren en rekenen aan het binnenmilieu en arbeidsproductiviteit is belangrijk. De toename van de arbeidsproductiviteit beidt de mogelijkheid tot financiering van toekomstige organisatieontwikkeling. Verbeteren van het binnenmilieu is belangrijk vanuit het oogpunt van milieu, energie en het bieden van een comfortabele en gezonde werkplek. Eigenaren/verhuurders, beleggers en ontwikkelaars hebben baat bij een betrouwbare business case. Installatieadviesbureaus en installateurs hebben belang bij kennis over de effecten van hun ontwerpen en producten op mensen. Het model biedt een transparante en betrouwbare onderbouwing van effecten op de arbeidsproductiviteit in bestaande kantoren als gevolg van ingrepen in het binnenmilieu.

## Het model

Het ontwikkelde model is opgebouwd als een input – output model. De input bestaat uit vier onderdelen. Elk onderdeel bestaat uit een aantal factoren. De throughput koppelt en transformeert deze factoren. Dit leidt bij de output tot vier resultaten. Functionele kwaliteiten zijn het verbindende element in het model. Deze functionele kwaliteiten maken een koppeling en transformatie van de gegevens mogelijk. De functionele kwaliteiten zijn gerangschikt volgens 'NEN 8021: Waardering gebruiksprestatie van utiliteitsgebouwen'.



Figuur 1: Schema redeneer- en rekenmodel binnenmilieu en arbeidsproductiviteit

### *Eerste resultaten*

De Bouwcampus in Delft heeft als voorbeeldproject gediend en is de eerste case waarbij het rekenmodel is toegepast. De Bouwcampus maakt deel uit van de campus van de Technische Universiteit Delft en biedt ruimte aan vergader-, onderwijs-, co-creatie- en kantoorruimten. Ingrepen in het binnenmilieu leiden tot een toename van de arbeidsproductiviteit met minimaal 2,25% en maximaal 4,77%. Het gemiddelde bedraagt 3,51%. Gezamenlijk leiden de opbrengsten door toename van de arbeidsproductiviteit en door vermindering door ziekteverzuim tot minimaal €57 en maximaal €120 per m<sup>2</sup> BVO. Het gemiddelde bedraagt €89.

### *Wat zijn de conclusies?*

Het voorbeeldproject van de Bouwcampus laat een positief effect zien van ingrepen in het binnenmilieu op de toename van de arbeidsproductiviteit. Dit leidt tot een positieve opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO. Het is te vroeg om te concluderen of het effect groot, beperkt of klein is. Hiervoor zijn de resultaten van meerdere projecten nodig.

Verder moeten experts in de komende tijd het model verder verbeteren en testen. Met Monte Carlo simulatieoefeningen worden verschillende uitgangspunten getest. Ook moet er in praktijksituaties getest worden. Verder moet de interactie tussen de binnenmilieufactoren diepgaander onderzocht worden. Ingrepen in het binnenmilieu moeten ook in samenhang met andere strategische vraagstukken bekeken worden. Hierbij gaat het om individueel keuzegedrag, nieuwe werkwijzen in de organisatie, missie en waarden en de investeringsstrategie.

Wij dagen u uit om mee te werken aan het verbeteren en testen van het model en om de samenhang met andere strategische vraagstukken te onderzoeken. Betere kennis leidt tot betrouwbaardere business cases. Ook geeft het meer inzicht in het binnenmilieu en hoe dit de arbeidsproductiviteit ondersteunt en hoe dit leidt tot comfortabele en gezonde werkplekken.

# INHOUDSOPGAVE

<b>Managementsamenvatting</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1 Vraagstelling en achtergrond	6
1.2 Betrokkenen en belanghebbenden	6
1.3 Besluitvorming	7
<b>2 Theoretische achtergrond</b>	<b>8</b>
2.1 Productiviteit en binnenmilieufactoren	8
2.2 Temperatuur en productiviteit	8
2.3 Binnenluchtkwaliteit en productiviteit	8
2.4 Geluid en productiviteit	9
2.5 Licht en productiviteit	9
2.6 Persoonlijke controle	10
2.7 Zijn alle vragen beantwoord?	10
<b>3 Rekenmodel binnenmilieu en productiviteit</b>	<b>11</b>
3.1 Input – output model	11
3.2 Input	12
3.3 Throughput	14
3.4 Output	15
<b>4 Een eerste case: De Bouwcampus</b>	<b>16</b>
4.1 De bouwcampus als voorbeeldproject	16
4.2 Betekenis van de resultaten	17
<b>5 Conclusie en vervolgstappen</b>	<b>18</b>
5.1 Conclusie	18
5.2 Vervolgstappen	18
5.3 Tot slot	20
<b>Geraadpleegde literatuur</b>	<b>21</b>
<b>Bijlage 1: Center for People and Buildings</b>	<b>26</b>

# 1 INLEIDING

## 1.1 Vraagstelling en achtergrond

Leiden ingrepen in het binnenmilieu van een kantoor tot een toename van de arbeidsproductiviteit? Kun je redeneren over en rekenen aan het effect van deze ingrepen en kun je de productiviteitstoename berekenen? Wat betekent dit voor de opbrengsten in € per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte (BVO)?

Voor deze vragen heeft het Center for People and Buildings (CfPB) een redeneer-en rekenmodel ontwikkeld. In deze whitepaper staat dit model centraal. Het model maakt onderdeel uit van een onderzoek naar de relatie tussen het binnenmilieu in kantoorgebouwen, het energiegebruik en menselijke prestaties. Het initiatief tot dit onderzoek is afkomstig van Platform 31-Kantoor vol Energie. Zij richten zich met het programma 'Kantoor vol Energie' op het aanjagen van renovaties van bestaande kantoren om deze gezond, comfortabel en energie-neutraal te maken.

De hoofdvraag voor het onderzoek is:

Hoe kan een 'zwaardere fundering' gelegd worden onder de 'Kantoor vol Energie' stelling dat €50,-/m<sup>2</sup> per jaar een reële / aannemelijke toegevoegde waarde kan zijn op het gebied van arbeidsproductiviteit als gevolg van ingrepen in licht, lucht, temp, en geluid - met in achtneming dat er veel andere invloeden zijn ('disclaimer').

Onderzoek naar de toename van arbeidsproductiviteit is belangrijk voor organisaties. Deze toename biedt de mogelijkheid tot financiering van toekomstige organisatieontwikkeling. Innovaties kunnen hier door gefinancierd worden en eigen vermogen kan worden vergroot. Het draagt bij aan de continuïteit van een organisatie. Naast de toename van de arbeidsproductiviteit is verbetering van het binnenmilieu ook belangrijk vanuit het oogpunt van milieu en energie. Kijk maar naar de actualiteit rondom energiegebruik, energietransitie en de grote maatschappelijke aandacht voor het Klimaatakkoord van Parijs.

Deze whitepaper geeft geen antwoord op de hoofdvraag. Hiervoor moeten we het model eerst verder valideren en moeten we de effecten van verschillende uitgangspunten testen. De opbouw van het redeneer- en rekenmodel staat nu centraal.

Aan het eind van deze whitepaper gaan we in op actuele thema's die bij organisaties spelen. Deze thema's bieden een breder kader bij het gesprek over de ambitie om comfortabele, mooie en energie-neutrale werkplekken te maken in kantoorgebouwen.

## 1.2 Betrokkenen en belanghebbenden

Naast Platform 31-Kantoor vol Energie en het CfPB zijn er afgevaardigden namens Stichting PIT, BAM en Valstar Simonis bij het onderzoek betrokken. Behalve voor deze partijen is het onderzoek ook voor anderen van belang zoals eindgebruikers, eigenaren/verhuurders, beleggers en ontwikkelaars. Veel van deze partijen zijn betrokken bij de verbetering van het comfort, het binnenmilieu en de prestaties. Vaak hebben ze een eigen belang en hanteren ze een eigen taal.

Een comfortabele en gezonde werkplek is er voor de eindgebruikers. Toch blijkt uit onderzoek van het CfPB dat gemiddeld 42% van de medewerkers ontevreden is over het binnenklimaat<sup>1</sup>. Het lijkt gerechtvaardigd om aan te nemen dat medewerkers beter gaan werken wanneer het binnenklimaat verbetert. Maar is dat zo? Wij zoeken naar argumenten en acties die in samenhang genomen moeten worden om tot deze verbetering te komen.

Voor eigenaren/verhuurders is het onderzoek van belang omdat zij een energiezuinige vastgoedportefeuille willen en aantoonbaar meerwaarde willen leveren. Het streven is om bestaande huurders te behouden of nieuwe huurder aan te trekken. Maar eigenaren/verhuurders weten dat verhuismotieven van huurders niet slechts afhangen van de beleving van het binnenmilieu. Er moet een betrouwbare business case zijn die de basis vormt voor besluitvorming over extra investeringen in het binnenmilieu. Hier moet een geloofwaardige redenering en berekening aan ten grondslag liggen.

Dit is ook voor beleggers en ontwikkelaars van belang. Verhuur en verkoop vindt pas plaats als er een goed beeld bestaat over functionele prestaties van een gebouw en rendementen volgen pas na verhuur of verkoop.

Installatieadviesbureaus en installateurs zijn gebaat bij kennis over de effecten van hun ontwerpen en producten op mensen (fysiologisch, psychologisch, sociaal en organisatorisch).

### 1.3 Besluitvorming

Het nemen van beslissingen is een complex psychologisch proces. Informatie, kennis en begrip spelen daarin een rol. Verschillende vragen spelen een rol. Wat kost het in geld en wat zijn inspanningen die gedaan moeten worden en zijn die haalbaar? Wat zijn de te verwachten baten? Welke risico's kleven er aan een beslissing? Vertrouwen in de verkregen of verstrekte informatie is dus belangrijk. Dit is ook het geval bij een business case die zich richt op een investering in het binnenmilieu en het effect op energiegebruik en arbeidsproductiviteit. Het redeneer- en rekenmodel biedt een betrouwbare basis voor besluitvormingsprocessen.

---

<sup>1</sup> [www.cfpb.nl/instrumenten/cfpb-benchmark](http://www.cfpb.nl/instrumenten/cfpb-benchmark)

## 2 THEORETISCHE ACHTERGROND

De laatste twee decennia is er veel aandacht voor het binnenmilieu in kantoren en de invloed op arbeidsproductiviteit. Er is onderzoek verricht naar de invloed van temperatuur, binnenlucht, geluid en licht op de productiviteit van werknemers. In dit hoofdstuk wordt kort ingegaan op de resultaten van deze onderzoeken. Wanneer er gesproken wordt over productiviteit heeft dit betrekking op arbeidsproductiviteit. In de lijst met geraadpleegde literatuur vindt u een overzicht van gebruikte literatuur.

### 2.1 Productiviteit en binnenmilieufactoren

Productiviteit wordt meestal gedefinieerd als de relatie tussen de output en de input en wordt bepaald door de output te delen door de input. Arbeidsproductiviteit is dan de output per werknemer. Productiviteit kan dus eenvoudig uitgedrukt worden in een kengetal. Om de productiviteit in moderne kantoren te kunnen meten zijn er alleen meerdere indicatoren nodig. In een eerdere studie van het CfPB komen deze indicatoren uitgebreid aan de orde<sup>2</sup>. In de regel wordt aangenomen dat een beoordeling van de zelf-ingeschatte arbeidsproductiviteit ook een goede indicator is.

Meerdere factoren beïnvloeden de arbeidsproductiviteit. Verschillende modellen laten dit zien. Een aantal van deze modellen onderscheiden sociale, persoonlijke, organisatorische en omgevingsfactoren<sup>3</sup>. Andere modellen hebben een fysiologische benadering<sup>4</sup>. Alle modellen onderscheiden het binnenmilieu als variabele die van invloed is op de arbeidsproductiviteit. Bij het binnenmilieu gaat het om de combinatie van het thermisch binnenklimaat, binnenluchtkwaliteit, licht en akoestiek. Bij het binnenmilieu onderscheiden we dan ook de factoren temperatuur, lucht, geluid en licht.



### 2.2 Temperatuur en productiviteit

Thermisch comfort wordt wel gedefinieerd als 'de gemoedstoestand waarbij iemand tevreden is met het thermische binnenmilieu'. Thermisch comfort speelt een belangrijke rol bij de productiviteit. Een temperatuur tussen de 21°C - 25°C is optimaal voor de productiviteit in een kantooromgeving. Een oncomfortabele temperatuur kan een negatief effect hebben op de productiviteit. De productiviteit daalt gemiddeld met 2% bij een daling van de temperatuur per 1°C onder de 21°C of bij een stijging per 1°C boven de 25°C.

### 2.3 Binnenluchtkwaliteit en productiviteit

De binnenluchtkwaliteit beïnvloedt de productiviteit en gezondheid van werknemers in kantoren. De toevoer van veel frisse lucht en de aanwezigheid van weinig verontreinigingsbronnen zorgen voor be-

<sup>2</sup> Zie Frankema (2003)

<sup>3</sup> Zie Clements-Croome (2000), Mawson (2002), Batenburg & van der Voordt (2008), Haynes (2007)

<sup>4</sup> Zie Boerstra (2016)



tere prestaties. De toevoer van verse lucht kan leiden tot een productiviteittoename van 2-4%. Een verhoogde toevoer zorgt ook tot een vermindering van kortdurend ziekteverzuim en kan dit met 0,5% reduceren.

Het verminderen van verontreinigingsbronnen heeft ook grote invloed op de luchtkwaliteit. Formaldehyde en 'volatile organic compounds' en koolstofdioxide zijn de grootste verontreinigers. Ventilatie zorgt voor luchtverversing en verwijdert deze verontreinigingen. Het verwijderen van vervuilingbronnen (oude textiele interieurmaterialen, nieuwe en sterk geurende interieurmaterialen en vervuilde mechanische ventilatiesystemen) kan leiden tot een productiviteitstoename van 1,5-5%. Chemische emissies uit elektronica kunnen tot een afname van prestaties leiden.

## 2.4 Geluid en productiviteit

Werken zonder afleiding is één van de belangrijkste aspecten voor de individuele productiviteit. Mensen ervaren gesprekken van anderen in de werkomgeving vaak als storend. Maar gesprekken zijn niet de enige storende geluidsbronnen. Er zijn namelijk verschillende interne en externe geluidsbronnen. Bij interne geluidsbronnen gaat het om gesprekken, achtergrondmuziek, korte verstoringen, installaties, geluid van telefoons en andere apparaten. Externe geluidsbronnen zijn verkeer, mensen in de openbare ruimte, vliegverkeer en machines. De interne en externe geluidsbronnen beïnvloeden beide de prestaties van werknemers.

Naast de interne en externe geluidsbronnen is er ook sprake van betekenisvol en niet-betekenisvol geluid. Gesprekken zijn te kenmerken als betekenisvol geluid. Geluid van installaties en verkeer zijn niet-betekenisvol. Voor de productiviteit is het belangrijk of een geluid betekenisvol of niet betekenisvol is. De aanwezigheid van betekenisvol geluid vermindert de productiviteit met 1 tot 6%. Het effect van niet-betekenisvol geluid op productiviteit is niet met zekerheid vast te stellen. Toch wordt in het algemeen aangenomen dat dit effect aanwezig is. Het ervaren van geluidshinder verschilt wel van persoon tot persoon. De éne persoon is hier gevoeliger voor dan de ander.

Beperking van de spraakverstaanbaarheid en een lage Speech Transmission Index kunnen het niveau van de betekenisvol geluid beperken. Om afleiding te voorkomen wordt geadviseerd om te streven naar een achtergrondgeluid van < 35 - dB(A). Een sterke mate van geluidsabsorptie kan wel tot een negatieve beleving van andere geluiden leiden omdat deze geluiden juist kunnen intensiveren.

## 2.5 Licht en productiviteit

Bij licht wordt daglicht en kunstlicht onderscheiden. Daglicht is een combinatie van direct zonlicht en indirect licht uit de atmosfeer. Een goede daglichttoetreding kan de productiviteit verhogen. Werknemers hebben vaak de voorkeur voor plekken met daglicht en bij voorkeur dicht bij het raam. Ramen bieden naast daglicht ook informatie over het weer en de directe omgeving. Direct zonlicht en spiegeling en verblinding door daglicht kunnen de prestaties verminderen. De productiviteit kan met 5% afnemen door een overmatige daglichttoetreding zonder daglichtwering.

Bij kunstlicht speelt de verlichtingssterkte en de kwaliteit van het licht een rol. Er wordt vanuit gegaan dat een hogere verlichtingssterkte tot betere prestaties leidt. De verlichtingssterkte in taakzones moet groter zijn dan 500 lux. Bij de kwaliteit van kunstverlichting blijkt dat indirecte verlichting of verlichting met voldoende afgeschermd armaturen tot een productiviteitstoename kunnen leiden. Het flikkeren van verlichtingsarmaturen leidt tot vermindering van prestaties. In Nederlandse kantoren is hoogfrequente verlichting bijna altijd de standaard. Flikkerende verlichtingsarmaturen zijn dan ook nagenoeg niet aan de orde.

## 2.6 Persoonlijke controle

Persoonlijke controle over temperatuur, luchtkwaliteit, verlichting en geluid heeft een grote invloed op de productiviteit. Persoonlijke controle wordt dan ook wel een 'killer variable for productivity' genoemd. Wanneer werknemers volledige controle over het binnenklimaat ervaren kan de productiviteit met 6% toenemen. Verder kan de kwaliteit van het binnenmilieu sterk verbeteren door werknemers de mogelijkheid te bieden om zelf ramen te openen. Controle over verlichtingssystemen en daglichtwering vinden werknemers ook zeer belangrijk. Controle over ramen (openen/sluiten, zonwering etc.) hangt wel sterk samen de buitentemperatuur, het seizoen, het tijdstip en de activiteiten van werknemers. Werknemers vinden het ook zeer storend wanneer ze geen invloed hebben op geluidsbronnen die afleiden.

## 2.7 Zijn alle vragen beantwoord?

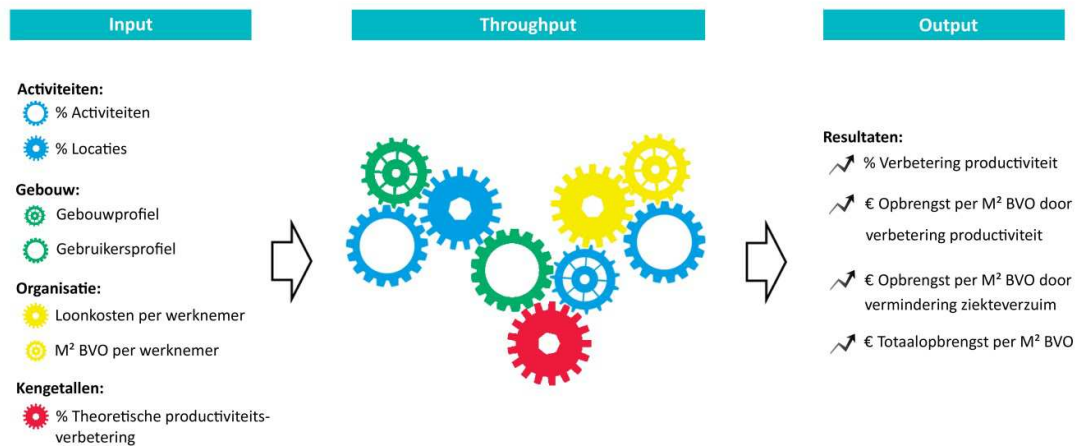
De laatste decennia is er dus veel onderzoek gedaan naar de relatie tussen de vier binnenmilieufactoren en productiviteit. Ondanks de opgebouwde kennis en inzichten blijven er vragen onbeantwoord. Veel onderzoeksresultaten zijn gebaseerd op experimenteel of case study onderzoek. Dit stelt beperkingen aan de generaliseerbaarheid van de resultaten. Verder veldonderzoek is nodig om te onderzoeken of de effecten zich in een 'natuurlijke situatie' ook voordoen. Verder is er nog weinig bekend over de interactie tussen de verschillende binnenmilieufactoren. Hoe werken de afzonderlijke binnenmilieufactoren samen? Welke binnenmilieufactuur weegt dan het zwaarst en wat zijn de gevolgen voor de productiviteit?

### 3 REKENMODEL BINNENMILIEU EN PRODUCTIVITEIT

Het binnenmilieu heeft invloed op de productiviteit van werknemers. In het vorige hoofdstuk is dit kort beschreven. Het CfpB ontwikkelde een redeneer- en rekenmodel om de effecten voor een kantoorgebouw te kunnen bepalen. Dit model wordt hieronder toegelicht.

#### 3.1 Input – output model

Het model biedt een transparante en betrouwbare onderbouwing van effecten van ingrepen in het binnenmilieu op de arbeidsproductiviteit in bestaande kantoren. Het model berekent de toename van deze productiviteit en de opbrengsten in € per m<sup>2</sup> BVO. Hierbij is gebruik gemaakt van een input – output model.



Figuur 2: Schema redeneer- en rekenmodel binnenmilieu en arbeidsproductiviteit

De input bestaat uit vier elementen. Elk element heeft verschillende factoren. Bij de throughput worden deze factoren gekoppeld en getransformeerd. Dit leidt tot vier resultaten bij de output. Functionele kwaliteiten zijn het verbindende element in het model. Deze functionele kwaliteiten maken een koppeling en transformatie van de gegevens mogelijk.

#### Functionele kwaliteiten

Het model maakt gebruik van functionele kwaliteiten die aansluiten bij de inzichten uit literatuur en – documentenonderzoek. De functionele kwaliteiten van de ‘Kaderstelling Fysieke Werkomgeving Rijk’<sup>5</sup> vormen een eerste basis voor het model. Ze zijn gerangschikt volgens ‘NEN 8021: Waardering gebruiksprestatie van utiliteitsgebouwen’. Het legt de prestaties van utiliteitsgebouwen vast door een kwalitatieve waardering op hoofdlijnen. De gebouwprestaties worden vergeleken met gewenste prestaties. Onderling kunnen gebouwprestaties ook vergeleken worden. Enkele functionele kwaliteiten sluiten niet aan bij de rangschikking van NEN 8021 en zijn in de categorie ‘overig’ opgenomen. Hieronder volgt het voorbeeld voor de functionele kwaliteit voor individuele regelbaarheid.

<sup>5</sup> <https://www.cfpb.nl/kennis/publicaties/onderzoeksrapportage-kaderstelling-fysieke-werkomgeving-rijk-kwaliteit-en-kosten/>

### NEN 2.5.1: Individuele regelbaarheid

Functionele kwaliteit	Te	Lu	Ge	Li
Tenminste de verwarming, koeling en het openen van ramen zijn door de gebruiker regelbaar. Indien mogelijk wordt er gebruik gemaakt van 'forgiving technologies'.	x	x	x	x
Bedieningsunits zijn gemakkelijk in gebruik.	x	x	x	x

Tabel 1: Voorbeeld functionele kwaliteit individuele regelbaarheid

De functionele kwaliteiten komen overeen met de uitgangspunten van de Nordic Five Level structuur. Deze structuur heeft een hiërarchische opbouw met vijf niveaus. Het hoogste niveau bestaat uit doelstellingen. Het tweede niveau vertaalt deze doelstellingen naar ambities en uitgangspunten. Op het derde niveau vloeien de functionele kwaliteiten voort uit de doelstellingen en ambities. In dit geval de toename van de arbeidsproductiviteit door ingrepen in het binnenmilieu. De kwaliteiten beschrijven een functioneel niveau. Dit biedt ruimte voor een (creatieve of functionele) vertaling naar concrete eisen in een Programma van Eisen of Outputspecificaties. Op het vierde niveau vindt controle plaats of aan deze eisen of specificaties wordt voldaan. Het vijfde niveau toont oplossingen.

## 3.2 Input

De input-zijde van het model bestaat uit vier elementen: 1) activiteiten, 2) gebouw, 3) organisatie en 4) kengetallen. Elk van deze elementen bestaat uit één of twee factoren.

### 3.2.1 Activiteiten

Het model vraagt om gegevens over activiteiten op kantoor en de tijd dat werknemers aanwezig zijn. Onderstaand wordt op deze aspecten ingegaan.

#### Percentage activiteiten

In een kantooromgeving vinden negen verschillende activiteiten plaats<sup>6</sup>.

Activiteiten in een kantooromgeving:

- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Algemeen bureauwerk    | 6. Archiveren        |
| 2. Ongestoord bureauwerk  | 7. Overleg gepland   |
| 3. Interactief bureauwerk | 8. Overleg ongepland |
| 4. Telefoneren            | 9. Overig            |
| 5. Lezen                  |                      |

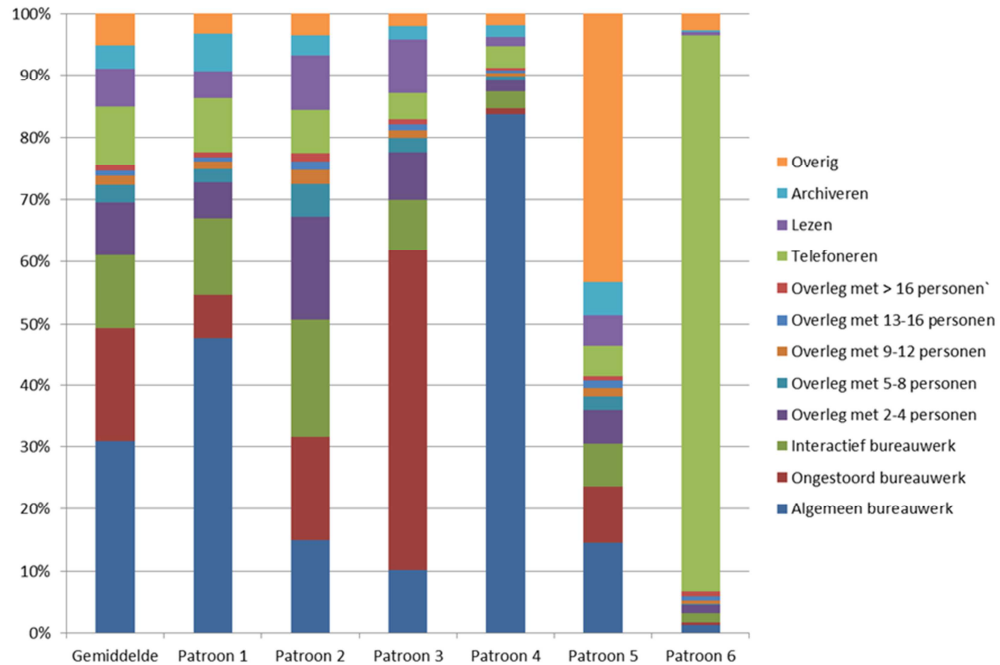
Deze activiteiten leiden in Nederland tot zes generieke activiteitenpatronen. Tabel 1 geeft deze activiteitenpatronen weer. Ook is aangegeven hoe vaak een patroon in de praktijk voor komt.

Activiteitenpatroon	% Activiteitenpatroon
1. Vooral veel algemeen bureauwerk.	30%
2. Gemengd patroon met meer nadruk op overleg.	28,5%
3. Bureauwerk waarbij men niet gestoord wil worden.	21%
4. Voornamelijk algemeen bureauwerk.	11,5%
5. Veel overige werkzaamheden zoals les geven, laboratoriumwerk of het helpen van klanten aan een balie.	5,5%
6. Telefoneren.	3,5%

Tabel 2: Activiteitenpatronen op kantoor (bron: CfPB)

<sup>6</sup> WODI-database CfPB

Elk activiteitenpatroon kent een andere verdeling van activiteiten. In figuur 3 is dit verschil weergegeven. De activiteitenpatronen zijn de laatste jaren nauwelijks veranderd.



Figuur 3: Activiteitenpatronen op kantoor (bron: CfpB)

Bij organisaties zijn vaak een aantal van deze activiteitenpatronen aanwezig. Elke case vraagt dan ook om de percentages per activiteit. Het model kan met een gemiddeld patroon per organisatie rekenen. Een gedetailleerde berekening vraagt om gegevens per activiteitenpatroon. De activiteitenscan van het CfpB stelt de activiteitenpatronen samen.

#### Percentage locatie activiteiten

Werknemers werken op verschillende locaties zoals thuis en bij klanten. Tabel 3 geeft weer welk percentage werknemers bij non-profit en profit organisaties op kantoor werken.

Locatie	Non-profit	Profit	Gemiddeld
Kantoor	69%	73%	71%
Onderweg	8%	7%	7,5%
Thuis	10%	10%	10%
Andere locatie	13%	10%	11,5%

Tabel 3: Locaties activiteiten werknemers kantoor (bron: CfpB)

De verhouding verschilt per organisatie aanzienlijk. Bij de aanwezigheid op kantoor is er bijvoorbeeld een spreiding van 34% tot 96%. Per case moet het percentage van de aanwezigheid op kantoor bepaald worden. De activiteitenscan van het CfpB helpt ook bij deze bepaling.

#### 3.2.2 Gebouw

Het model maakt gebruik van gegevens uit het gebouwprofiel en het gebruikersprofiel van het desbetreffende kantoorgebouw.

### *Gebouwprofiel*

In het gebouwprofiel worden de gebruiksprestaties van het gebouw volgens de NEN 8021 vastgelegd. Waardering van de gebruiksprestatie vindt plaats op een schaal van 0 tot 5. De functionele kwaliteiten dienen als prestatie-indicator en zijn uitgangspunt van toetsing. Per prestatie-indicator wordt de gebruiksprestatie gescoord.

### *Gebruikersprofiel*

In het gebruikersprofiel worden gewenste prestaties van de (potentiële) gebruiker voor het gebouw vastgelegd volgens de NEN 8021. Waardering van de gewenste prestatienormen vindt plaats op een schaal van 0 tot 5 (geen eisen tot zeer hoge eisen). Ook hier dienen de functionele kwaliteiten als prestatie-indicator.

### 3.2.3 Organisatie

Voor bepaling van de opbrengsten in € per m<sup>2</sup> BVO door productiviteitsverbetering maakt het model gebruik van de jaarlijkse loonkosten en het aantal m<sup>2</sup> BVO per werknemer.

#### *Loonkosten per persoon per jaar*

Het model rekent met de gemiddelde loonkosten per persoon per jaar. De loonkosten bestaan uit lonen en salarissen en de sociale premies die bij de werkgever horen. Deze gemiddelde loonkosten verschillen per organisatie. Binnen organisaties zullen deze ook verschillen per afdeling, type functie of activiteitenpatroon. Voor een gedetailleerdere berekening kan er per activiteitenpatroon gerekend worden. Per activiteitenpatroon moeten dan de loonkosten per persoon per jaar bepaald worden.

#### *M<sup>2</sup> BVO per persoon*

De m<sup>2</sup> BVO per werknemer stel je vast door het totale bruto vloeroppervlakte (BVO) van een kantoorgebouw te delen door het aantal werknemers. Soms zijn deze gegevens nog niet bekend. Dan kan er met een norm gerekend worden. Het Rijk hanteert bij kantoorgebouwen de norm van 22 m<sup>2</sup> BVO per fte. Nederlandse kantoren hebben gemiddeld een vloeroppervlakte van 19,8 m<sup>2</sup> VVO per werkplek<sup>7</sup>. Dit betekent een BVO van 23 m<sup>2</sup>.

### 3.2.4 Kengetallen

BBA Binnenmilieu BV heeft kengetallen opgesteld voor de toename van de arbeidsproductiviteit door ingrepen in het binnenmilieu<sup>8</sup>. De kengetallen zijn gebaseerd op wetenschappelijk literatuuronderzoek. De kengetallen uit het rapport van BBA Binnenmilieu BV zijn een belangrijk onderdeel van het model. Deze getallen zijn uitgangspunt voor de toename van de arbeidsproductiviteit door ingrepen in het binnenmilieu. Het model gaat uit van een minimale en maximale theoretische verbetering van de arbeidsproductiviteit. Ook zijn er kengetallen voor het verminderen van het ziekteverzuim opgenomen. De percentages uit het rapport van BBA Binnenmilieu BV zijn voor het rekenmodel omgezet naar positieve waarden. De kengetallen zijn gekoppeld aan de functionele kwaliteiten. De kengetallen maken een vast onderdeel uit van het model en worden niet per case ingevoerd.

## 3.3 Throughput

De throughput zorgt er voor dat gegevens uit de input gekoppeld en getransformeerd worden tot resultaten. De functionele kwaliteiten zijn het verbindende element tussen de verschillende gegevens. De minimale en maximale productiviteitsverbetering worden in het model gecorrigeerd. De correctie is afhankelijk van de kwaliteitsverbetering van het gebouw en van de activiteiten.

<sup>7</sup> <https://www.nfcindex.nl/kengetallen/kantoren/>

<sup>8</sup> <http://www.kantoorvolenergie.nl/category/publicaties/>

Het model bepaalt eerst het verschil tussen het gebouwprofiel en het gebruiksprofiel. De minimale en maximale productiviteitsverbetering wordt gecorrigeerd aan de hand van dit verschil. Bij een groot verschil tussen het gebouwprofiel en het gebruiksprofiel zal de ingreep in het binnenmilieu groter zijn. Het effect op de arbeidsproductiviteit zal dan ook groter zijn wanneer deze ingrepen uitgevoerd worden. In situaties met een klein verschil zal het effect kleiner zijn. Een groot verschil tussen het gebouwprofiel en het gebruiksprofiel leidt tot een kleinere correctie van het percentage van de productiviteitsverbetering. Een klein verschil leidt tot een grotere correctie.

Een tweede correctie vindt plaats vanwege de activiteiten en de plek waar deze uitgevoerd worden. De invloed van ingrepen in het binnenmilieu is niet voor alle activiteiten even groot. De kwaliteit van het binnenmilieu is voor bepaalde activiteiten bepalender dan voor andere. Zo zal geluid bij de ongestoord bureauwerk veel meer hinder geven dan bij archiveren. Correctie van de productiviteitsverbetering gebeurt door te bepalen welk percentage van de tijd aan bepaalde activiteiten besteed wordt. Het effect zal per activiteitenpatroon verschillen. Tenslotte is er nog een correctie vanwege de locatie van de activiteiten. De productiviteitsverbetering wordt bij het model alleen berekend voor activiteiten die op kantoor worden uitgevoerd.

## 3.4 Output

De output bestaat uit vier resultaten: 1) het percentage waarmee de productiviteit verbetert, 2) de opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door deze productiviteitsverbetering, 3) de opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door vermindering van het ziekteverzuim en 4) de totaalopbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO.

### 3.4.1 Percentage productiviteitsverbetering

Het model berekent per functionele kwaliteit het minimale en maximale percentage productiviteitsverbetering. Dit percentage wordt vervolgens twee keer gecorrigeerd. Samenvoeging van deze percentages per functionele kwaliteit leidt tot het totale percentage aan minimale en maximale productiviteitsverbetering.

### 3.4.2 Opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door productiviteitsverbetering

Per case geeft het model de minimale, maximale en gemiddelde opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door productiviteitsverbetering weer. Dit kan door de totale percentages productiviteitsverbetering te vermenigvuldigen met de gemiddelde loonkosten per m<sup>2</sup> BVO per jaar.

### 3.4.3 Opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door vermindering ziekteverzuim

Ook geeft het model de minimale, maximale en gemiddelde opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door vermindering van het ziekteverzuim weer. Het percentage vermindering ziekteverzuim wordt ook gecorrigeerd. Het model berekent de opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door deze percentages met de gemiddelde loonkosten per m<sup>2</sup> BVO per jaar te vermenigvuldigen.

### 3.4.4 Totaal opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO

Het model berekent de totale opbrengsten per case door de opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO door de productiviteitsverbetering en door vermindering van het ziekteverzuim op te tellen.

## 4 EEN EERSTE CASE: DE BOUWCAMPUS

In november 2017 is het model in de Bouwcampus in Delft aan een begeleidingscommissie gepresenteerd. Deze commissie bestaat uit een aantal experts uit de vastgoedsector, installatiebranche en een kennisinstituut<sup>9</sup>. Deze experts hebben hun licht laten schijnen over de redenering en de opbouw van het model en over de aannames die gedaan zijn. Met veel enthousiasme is het model ontvangen. Bij deze presentatie is de opbouw van het model getoond aan de hand van een voorbeeldproject, de Bouwcampus in Delft. Hetzelfde gebouw als waar de presentatie plaats heeft gevonden. Onderstaand worden de bevindingen getoond en wordt ingegaan op de betekenis van de resultaten.

### 4.1 De bouwcampus als voorbeeldproject

Sinds 2015 is het CfPB medebewoner van de Bouwcampus. Vanaf de initiatieffase is het CfPB al betrokken bij de ontwikkeling van het gebouw. Met een klein team van experts is in 2013 het gebouwprofiel en het gebruikersprofiel volgens de NEN 8021 methodiek opgesteld. In 2017 heeft het CfPB onderzoek gedaan naar de werkomgeving. Er zijn dus veel gegevens van de Bouwcampus beschikbaar.

#### 4.1.1 De Bouwcampus

De Bouwcampus maakt deel uit van de campus van de Technische Universiteit Delft. De Bouwcampus biedt een ontmoetingsplek waar opdrachtgevers, opdrachtnemers en kennisinstellingen samen innovatieve oplossingen creëren voor vraagstukken op het gebied van leven, wonen en werken. De Bouwcampus biedt ruimte aan vergader-, onderwijs-, co-creatie- en kantoorruimten. Momenteel zijn er 21 organisaties gevestigd op de Bouwcampus. Deze organisaties zijn gericht op kennisverspreiding en kennisimplementatie. Ook zijn er techno startups en innovatie onderdelen/innovators van bedrijven of publieke organisaties.



Figuur 4: De Bouwcampus (bron: [www.debouwcampus.nl](http://www.debouwcampus.nl))

<sup>9</sup> Zie colofon voor leden begeleidingscommissie.



#### 4.1.2 Uitgangspunten

In het model moeten verschillende gegevens ingevoerd worden. In de onderstaande tabel zijn de gehanteerde gegevens voor het voorbeeldproject van de Bouwcampus weergegeven. De gegevens bij het element organisatie berusten op aannames.

Element	Factor	Waarde
Activiteiten	% Activiteiten	Algemeen bureauwerk: 29%
		Ongestoord bureauwerk: 19,9%
		Interactief bureauwerk: 16,5%
		Telefoneren: 8,4%
		Lezen: 4,2%
		Archiveren: 5,3%
		Overleg gepland: 17%
		Overleg ongepland: 9,4%
		Overig: 5,4%
		% locatie activiteiten
Onderweg: -		
Thuis: -		
Andere locatie: 25% *		
Gebouw	Gebouwprofiel	Kwaliteitsniveau 3 (score NEN 8021)
	Gebruikersprofiel	Kwaliteitsniveau 4 (score NEN 8021)
Organisatie	Loonkosten per werknemers per jaar	€48.000,-
	m <sup>2</sup> BVO per werknemer	20m <sup>2</sup>

Tabel 4: Ingevoerde gegevens rekenmodel voorbeeldproject de Bouwcampus te Delft

Noot: \*) Onderweg, thuis en andere locatie zijn samengevoegd.

#### 4.1.3 Resultaten

De ingevoerde gegevens leiden tot vier resultaten. In tabel 5 zijn de resultaten weergegeven.

Resultaat	Minimaal	Maximaal	Gemiddeld
% Verbetering productiviteit	2,25%	4,77%	3,51%
Opbrengst in € per m <sup>2</sup> BVO door productiviteitsverbetering	€54	€114	€84
Opbrengst in € per m <sup>2</sup> BVO door vermindering ziekteverzuim	€3	€6	€5
Totaal opbrengst in € per m <sup>2</sup> BVO	€57	€120	€89

Tabel 5: Resultaten voorbeeldproject de Bouwcampus te Delft

De opbrengsten bij het voorbeeldproject van de Bouwcampus komen uit op een resultaat van minimaal €57 en maximaal €120 € per m<sup>2</sup> BVO. Het gemiddelde bedraagt €89.

## 4.2 Betekenis van de resultaten

Ingrepen in het binnenmilieu leiden tot een verbetering van de arbeidsproductiviteit. Er is een positief effect. Dit resulteert dan ook in een positieve opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO. Toch zijn er enkele kanttekeningen bij de resultaten te plaatsen. Zo zijn de resultaten tot stand gekomen onder bepaalde aannames die niet gebaseerd zijn op werkelijke gegevens. De loonkosten van de verschillende organisaties zijn niet bekend. Ook is de m<sup>2</sup> BVO per werknemer een aanname. Verder is er gerekend met een gemiddeld percentage activiteiten en de locatie van deze activiteiten. Deze percentages zullen per organisatie verschillen. Ook zijn er andere factoren te noemen die de opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO beïnvloeden. Het gaat om persoonlijke, sociale en andere contextuele factoren. In het model zijn deze factoren niet meegenomen.

## 5 CONCLUSIE EN VERVOLGSTAPPEN

### 5.1 Conclusie

Leiden ingrepen in het binnenmilieu van een kantoor tot een toename van de arbeidsproductiviteit? Kun je redeneren over en rekenen aan het effect van deze ingrepen en kun je de productiviteitstoename berekenen? Wat betekent dit voor de opbrengsten in € per m<sup>2</sup> bruto vloeroppervlakte (BVO)?

Het gepresenteerde redeneer- en rekenmodel geeft antwoord op deze vragen. Het voorbeeldproject van de Bouwcampus laat een positief effect zien van ingrepen in het binnenmilieu op de toename van de arbeidsproductiviteit. Dit leidt tot een positieve opbrengst in € per m<sup>2</sup> BVO. Het is te vroeg om te concluderen of het effect groot, beperkt of klein is. Hiervoor zijn de resultaten van meerdere projecten nodig.

### 5.2 Vervolgstappen

Er zijn verschillende vervolgstappen nodig. Ten eerste het verbeteren en testen van het model. Ten tweede is onderzoek naar de samenhang met andere strategische vraagstukken van belang. Het model raakt namelijk meerdere vraagstukken binnen organisaties. Tot slot maakt het model deel uit van een breder onderzoeksprogramma binnen de installatiesector.

#### 5.2.1 Testen en verbeteren

Experts moeten de aannames en verbanden in het model bespreken, aanvullen en verbeteren. Met Monte Carlo simulatieoefeningen gaat het CfPB verschillende uitgangspunten testen. Deze simulaties hebben een variatie in activiteitenpatronen, locaties, gebouw- en gebruikersprofiel, loonkosten en de m<sup>2</sup> BVO per persoon. Dit leidt tot inzicht in de verschillende effecten en opbrengsten in € per m<sup>2</sup> BVO. Ook moet er in praktijksituaties getest worden, want dit geeft extra inzicht in diverse onderwerpen. Wat zijn overwegingen bij het vaststellen van de input en hoe redeneren de verschillende betrokkenen zoals eindgebruikers, management, eigenaren/verhuurders, beleggers en ontwikkelaars? Wat betekent dit voor de uitkomsten en zijn deze uitkomsten betrouwbaar?

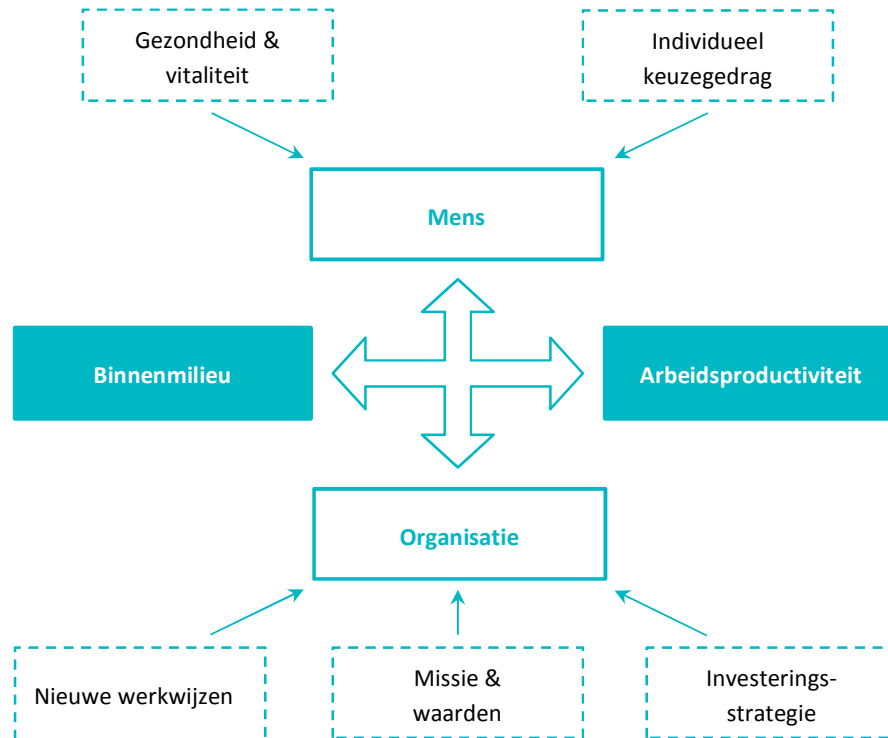
De interactie tussen de binnenmilieufactoren vraagt ook om verder onderzoek. Het model telt nu de scores van de productiviteitstoename op zonder rekening te houden met een mogelijke interactie. Deze interactie is nauwelijks onderzocht. Onderzoek kan gebeuren met praktijktesten en veldstudies en in laboratoriumexperimenten. Met big data en Internet of Things kunnen gegevens over het binnenmilieu en arbeidsproductiviteit in kantoren verzameld, uitgewisseld en gecombineerd worden. Voor experimenten is bijvoorbeeld het Senselab<sup>10</sup> van de Technische Universiteit Delft beschikbaar.

#### 5.2.2 Strategische vraagstukken

Huisvesting ondersteunt de uitvoering van primaire processen bij organisaties. Hierbij zijn twee benaderingen mogelijk: 1) huisvesting als kostenpost en 2) huisvesting als strategisch bedrijfsmiddel. Vanuit deze tweede benadering spelen meerdere vraagstukken een rol. Figuur 5 toont de samenhang tussen het binnenmilieu en arbeidsproductiviteit en andere strategische vraagstukken.

---

<sup>10</sup> [www.tudelft.nl/bk/onderzoek/onderzoeksfaciliteiten/senselab/](http://www.tudelft.nl/bk/onderzoek/onderzoeksfaciliteiten/senselab/)



Figuur 5: Samenhang binnenmilieu en andere strategische vraagstukken

### Gezondheid en welzijn

Menselijke gezondheid en vitaliteit zijn belangrijk. Uitval door ziekte is verlies van arbeidsproductiviteit en daarnaast brengt het andere kosten met zich mee. Ook hier is een goed binnenmilieu van belang. Naast de fysieke gezondheid zijn de mentale en sociale gezondheid minstens zo belangrijk. Hoe werken fysieke, sociale en mentale factoren door op gezondheid en vitaliteit en wat betekent dit voor de arbeidsproductiviteit? Het CfPB voert samen met de Technische Universiteit Delft een systematische literatuurstudie uit over de invloed van kantoren op gezondheid en vitaliteit. De resultaten worden april/mei 2018 verwacht. De studie geeft inzicht in de stand van zaken in wetenschappelijke kennis over het effect van het binnenmilieu op de gezondheid en welzijn van werknemers.

### Individueel keuzegedrag

Individueel keuzes in de werkomgeving zijn belangrijk. Het gaat bijvoorbeeld om persoonlijke invloed op het binnenmilieu en de werkplekkeuze. Is de werkplek functioneel en past deze bij de persoonlijke voorkeuren? Werknemers hebben heel verschillende, zelfs tegenstrijdige, voorkeuren voor werkplekken<sup>11</sup>. Wat de één als prettig ervaart, vindt de ander minder prettig. Persoonlijkheidseigenschappen, functionele aspecten en aan- of afwezigheid van sociale groepen spelen hierbij een belangrijke rol. Maar wat voor rol speelt het binnenmilieu bij de individuele keuzes? Wat vinden werknemers hierbij belangrijk?

### Nieuwe werkwijzen in de organisatie

Organisaties beproeven nieuwe werkwijzen. Kwam 10 jaar geleden 'Het Nieuwe Werken' op, nu is 'Agile werken' een eigentijdse vorm. In de zoektocht naar wendbaarheid, flexibiliteit en snelheid richten organisaties werkprocessen in op basis van deze nieuwe werkwijzen. Daar worden consequenties aan verbonden zoals minder individueel werken ten gunste van nadrukkelijk meer in teamverband.

<sup>11</sup> Zie Jouwena (2014) en Seddigh (2014, 2016). Het rapport van Jouwena is op aanvraag beschikbaar bij het CfPB.

Snelheid, soms van dag tot dag reageren op externe prikkels en wisselingen in teams hebben gevolgen voor het aanbod van werkruimten. Moeten gebouwen en gebouwinstallaties ook wendbaar zijn? Wat betekent dit voor installatieontwerp, energieverbruik en de effecten op arbeidsproductiviteit? Wegen de baten op tegen de kosten?

#### *Missie en waarden*

Organisaties zoeken steeds naar taal en symbolen om hun positie te beschrijven, te bevestigen en te communiceren. Missie, visie en waarden zijn bekende termen op dit vlak. Hoe consistent en samenhangend kunnen de bedrijfsmiddelen, mensen, informatie en kennis en gebouwen 'uitgelijnd' worden met deze missie, visie en waarden? Waar wordt, als het er op aankomt, voor gekozen? Minder mogelijkheden in het binnenmilieu en meer ICT-mogelijkheden? Meer aandacht voor marketing en minder aandacht voor vitaliteit? Welke rol spelen het binnenmilieu en de arbeidsproductiviteit bij al deze vragen? Hogeschool Arnhem Nijmegen en het CfPB verzamelen samen verhalen om te achterhalen wat er bij organisaties speelt en hoe men keuzes maakt. Rond de zomer van 2018 wordt hierover een eerste publicatie verwacht.

#### *Investeringsstrategie*

Binnenmilieu en arbeidsproductiviteit maken deel uit van een complex en dynamisch systeem van organisatie, mens en omgevingsinvloeden. Om in dit systeem goede sturingsmaatregelen te nemen is inzicht in de effecten van binnenmilieu op arbeidsproductiviteit en inzicht in de baten en kosten nodig. Wat zijn de positieve en negatieve effecten? De genoemde strategische vraagstukken moeten in de besluitvorming over investeringen in het binnenmilieu meegewogen worden. Het CfPB heeft modellen beschikbaar om te rekenen aan de financiële gevolgen van bouw- en installatietechnische ingrepen, zowel bij verbouw als bij nieuwbouw.

#### 5.2.3 **Onderzoeksprogramma installatiesector**

Het onderzoek- en ontwikkelwerk van het CfPB staat niet op zichzelf. Het CfPB heeft contacten rondom het sectorale programma 'Nederland is gezond binnen'. Dit programma gaat uit van samenwerkende kennisorganisaties in de installatiesector. Dit zijn Uneto-VNI, ISSO, TVVL, OTIB en KIEN. Het onderzoek 'prestatieverbetering door uw kantoor' is toegevoegd aan dit programma. Dit onderzoek levert zo een bijdrage aan het realiseren van de bredere programmadoelen. Deze programmadoelen streven naar: 1) het creëren van bewustwording onder alle actoren in de keten, van de eindgebruiker/consument tot de vak-professional en 2) methodieken en monitoring van gezondheidskundige staat van een gebouw, onder andere door valorisatie van onderzoek op het gebied van prestatiebevorderende concepten en technieken.

### 5.3 **Tot slot**

Wij dagen u uit om mee te werken om deze vervolgstappen te realiseren. Experts kunnen bijdragen aan de verdere ontwikkeling van de functionele kwaliteiten. Daarnaast zoeken we praktijksituaties die we kunnen onderzoeken. Bij deze projecten gaat het om een gebouwopname, monitoren van 'hardware' binnenmilieu, beleving van gebruikers en het onderzoeken van persoonlijke, sociale en contextuele factoren. Gezamenlijk kunnen we het model verbeteren en de samenhang met andere strategische vraagstukken in kaart brengen. Het geeft inzicht in hoe het binnenmilieu de arbeidsproductiviteit ondersteunt en dit inzicht leidt tot betrouwbaardere business cases. Om samen kennis te kunnen ontwikkelen is het ook van belang om kennis te delen. Het delen van deze whitepaper stellen we dan ook op prijs. Wel met in achtneming van een juiste bronvermelding.

## GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Onderstaand is de literatuur weergegeven zoals deze is gebruikt bij de diverse hoofdstukken.

### Hoofdstuk 2

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- Allen, J. G., MacNaughton, P., Laurent, J. G. C., Flanigan, S. S., Eitland, E. S., & Spengler, J. D. (2015). Green buildings and health. *Current environmental health reports*, 2(3), 250-258.
- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- De Bakker, C., Aries, M., Kort, H., & Rosemann, A. (2017). Occupancy-based lighting control in open-plan office spaces: A state-of-the-art review. *Building and Environment*, 112, 308-321.
- Reinten, J., Braat-Eggen, P. E., Hornikx, M., Kort, H. S., & Kohlrausch, A. (2017). The indoor sound environment and human task performance: A literature review on the role of room acoustics. *Building and Environment*, 123, 315-332.
- Tarantini, M., Pernigotto, G., & Gasparella, A. (2017). A Co-citation analysis on Thermal Comfort and Productivity Aspects in Production and Office Buildings. *Buildings*, 7.
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2017). Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment*, 112, 359-366.

### Hoofdstuk 3

Onderstaand is weergegeven welke literatuur per paragraaf gebruikt is.

#### 3.1 Productiviteit en binnenmilieufactoren

- Batenburg, R., & van der Voordt, T. (2008). *Effecten van facilitybeleving op de gepercipieerde arbeidsproductiviteit*.
- De Been, I., Van der Voordt, T., & Haynes, B. (2017). Productivity. In P. A. Jensen & T. Van der Voordt (Eds.), *Facilities Management and Corporate Real Estate Management as Value Drivers: how to manage and measure adding value*.
- Boerstra, A. C. (2016). *Personal Control over Indoor Climate in Offices: Impacty on Comfort, Health & Productivity* (PhD.), Eindhoven University of Technology, Rotterdam.
- Bordass, B., & Leaman, A. (1997). Design for manageability. *Building Research & Information*, 25, 148-157.
- Clements-Croome, D. (2000). *Creating the productive workplace*. London: E & FN Spon.
- Frankema, E. H. P. (2003). *Kantoorinnovatie in economisch perspectief*. Delft: Center for People and Buildings.
- Haynes, B. P. (2008). An evaluation of office productivity measurement. *Journal of Corporate Real Estate*, 9, 144-155.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *The Balanced Scorecard: Translating strategy into action*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kahya, E. (2007). The effects of job characteristics and working conditions on job performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37, 515-523.
- Koopmans, L. (2014). *Measuring Individual Work Performance*. (Phd.), Vrije Universiteit Amsterdam, Zutphen.
- Mawson, A. (2002). *The Workplace and its Impact on Productivity*. London: Advanced Workplace Associates Ltd.

- Onyeizu, E. N. (2014). *Can Architecture Increase Productivity? The Case of Green Certified Buildings*. (PhD.), The University of Auckland, Auckland.
- Oseland, N. (1999). *Environmental factors affecting office worker performance: a review of evidence*. London: The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- Tangen, S. (2005). Demystifying productivity and performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 54, 34-46.

### 3.2 Temperatuur en productiviteit

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- Lan, L., Lian, Z., Pan, L., & Ye, Q. (2009). Neurobehavioral approach for evaluation of office workers' productivity: The effects of room temperature. *Building and Environment*, 44, 1578-1588.
- Tanabe, S., Nishihara, N., & Haneda, M. (2007). Indoor Temperature, Productivity, and Fatigue in Office Tasks. *HVAC & R Research*, 13, 623-633.
- Lan, L., Wargocki, P., & Lian, Z. (2011). Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy and Buildings*, 43, 1057-1062.
- Tanabe, S., Nishihara, N., & Haneda, M. (2007). Indoor Temperature, Productivity, and Fatigue in Office Tasks. *HVAC & R Research*, 13, 623-633.
- Seppänen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. H. (2006). *Effect of Temperature on Task Performance in Office Environment*.
- Zhao, J., Lam, K. P., Loftness, V., & Ydstie, B. E. (2015). *Occupant Individual Thermal Comfort Data Analysis in an Office*. Paper presented at the Sustainable Human-Building Ecosystems, Pittsburgh, Pennsylvania.

### 3.3 Lucht en productiviteit

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- Bakó-Biró, Z. (2004). *Human Perception, SBS Symptoms and Performance of Office Work during Exposure to Air Polluted by Building Materials and Personal Computers*. (PhD), Technical University of Denmark, Lyngby.
- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- Dorgan, C. E., & Dorgan, C. B. (2000). Assessment of link between productivity and indoor air quality. In D. Clements-Croome (Ed.), *Creating The Productive Workplace* (pp. 113-135). London: E & FN Spon.
- Loftness, V., Hartkopf, V., Gurtekin, B., Hansen, D., & Hitchcock, R. (2003). *Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment. Evaluating the Cost-Benefits of High Performance Building and Community Design for Sustainability, Health and Productivity*. Paper presented at the Greenbuild Conference.
- Steinemann, A., Wargocki, P., & Rismanchi, B. (2017). Ten questions concerning green buildings and indoor air quality. *Building and Environment*, 112, 351-358.

### 3.4 Geluid en productiviteit

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- Balazova, I., Clausen, G., Rindel, J. H., Poulsen, T., & Wyon, D. P. (2008). *Open-plan office environments: A laboratory experiment to examine the effect of office noise and temperature*

on human perception, comfort and office work performance. Paper presented at the Indoor Air.

- De Been, I., & Beijer, M. (2014). The influence of office type on satisfaction and perceived productivity support. *Journal of Facilities Management*, 12, 142-157.
- De Been, I., Van der Voordt, T., & Haynes, B. (2017). Productivity. In P. A. Jensen & T. Van der Voordt (Eds.), *Facilities Management and Corporate Real Estate Management as Value Drivers: how to manage and measure adding value*.
- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- Haynes, B. P. (2008). Impact of workplace connectivity on office productivity. *Journal of Corporate Real Estate*, 10, 286-302.
- Reinten, J., Braat-Eggen, P. E., Hornikx, M., Kort, H. S., & Kohlrausch, A. (2017). The indoor sound environment and human task performance: A literature review on the role of room acoustics. *Building and Environment*, 123, 315-332.
- Sedding, A., Berntson, E., Bodin Danielson, C., & Westerlund, H. (2014). Concentration requirements modify the effect of office type on indicators of health and performance. *Journal of Environmental Psychology*, 38, 167-174.

### 3.5 Licht en productiviteit

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- Galasiu, A. D., & Veitch, J. A. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylight offices: a literature review. *Energy and Buildings*, 38, 728-742.
- Katzev, R. (1992). The impact of energy-efficient office lighting strategies on employee satisfaction and productivity. *Environment and Behavior*, 24, 759-778.
- Loftness, V., Hartkopf, V., Gurtekin, B., Hansen, D., & Hitchcock, R. (2003). *Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment. Evaluating the Cost-Benefits of High Performance Building and Community Design for Sustainability, Health and Productivity*. Paper presented at the Greenbuild Conference.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1996). *Determinants of Lighting Quality II: Research and Recommendations*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association, Toronto.

### 3.6 Persoonlijke controle

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- De Been, I., Van der Voordt, T., & Haynes, B. (2017). Productivity. In P. A. Jensen & T. Van der Voordt (Eds.), *Facilities Management and Corporate Real Estate Management as Value Drivers: how to manage and measure adding value*.
- Boerstra, A. C., Loomans, M. G. L. C., & Hensen, J. L. M. (2014). *Personal control over indoor climate and productivity*. Paper presented at the 13th International Conference on Indoor Air Quality and Climate (Indoor Air 2014), Hong Kong, China.
- Boerstra, A. C. (2016). *Personal Control over Indoor Climate in Offices: Impact on Comfort, Health & Productivity* (PhD.), Eindhoven University of Technology, Rotterdam.
- Leaman, A. (1995). Dissatisfaction and office productivity. *Facilities*, 13, 13-19.

- Leaman, A., & Bordass, B. (1999). Productivity in buildings: the 'killer' variables. *Building Research & Information*, 27, 4-19.
- Loftness, V., Hartkopf, V., Gurtekin, B., Hansen, D., & Hitchcock, R. (2003). *Linking Energy to Health and Productivity in the Built Environment. Evaluating the Cost-Benefits of High Performance Building and Community Design for Sustainability, Health and Productivity*. Paper presented at the Greenbuild Conference.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1996). *Determinants of Lighting Quality II: Research and Recommendations*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Psychological Association, Toronto.

### 3.7 Zijn alle vragen beantwoord?

- Al Horr, Y., Arif, M., Kaushik, A., Mazroei, A., Katafygiotou, M., & Elsarrag, E. (2016). Occupant productivity and office indoor environment quality: A review of the literature. *Building and Environment*, 105, 369-389.
- Allen, J. G., MacNaughton, P., Laurent, J. G. C., Flanigan, S. S., Eitland, E. S., & Spengler, J. D. (2015). Green buildings and health. *Current environmental health reports*, 2(3), 250-258.
- De Bakker, C., Aries, M., Kort, H., & Rosemann, A. (2017). Occupancy-based lighting control in open-plan office spaces: A state-of-the-art review. *Building and Environment*, 112, 308-321.
- De Been, I., Beijer, M., & den Hollander, D. (2015). *How to cope with dilemmas in activity based work environments: results from user-centred research*. Paper presented at the 14th EuroFM Research Symposium, Glasgow.
- Reinten, J., Braat-Eggen, P. E., Hornikx, M., Kort, H. S., & Kohlrausch, A. (2017). The indoor sound environment and human task performance: A literature review on the role of room acoustics. *Building and Environment*, 123, 315-332.
- Tarantini, M., Pernigotto, G., & Gasparella, A. (2017). A Co-citation analysis on Thermal Comfort and Productivity Aspects in Production and Office Buildings. *Buildings*, 7.
- Wargocki, P., & Wyon, D. P. (2017). Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork. *Building and Environment*, 112, 359-366.
- Bluyssen, P. M., Janssen, S., van den Brink, L. H., & de Kluizenaar, Y. (2011). Assessment of wellbeing in an indoor office environment. *Building and Environment*, 46, 2632-2640.

## Hoofdstuk 4

- BBA. (2015). *BBA binnenmilieu: Kentallen binnenmilieu & productiviteit ten behoeve van de EET value case tool Platform 31*.
- de Been, I., Thoolen, F., Cox, H., Dekker, K., van Erper Roijaards, F., Mollerus, R., & Schols, I. (2015). *Onderzoeksrapportage Kaderstelling Fysieke Werkomgeving Rijk: Kwaliteit en Kosten*, Delft.
- Beijer, M., De Bruyne, E., Gosselink, A. (2014). Activiteitenpatronen lijken gelijk te blijven. *FM in focus*.
- Hoendervanger, J. G., Van der Voordt, T., Wijnja, J., Bronneberg, M., Bosmans, J., Suyker, J., . . . Frederix, P. (2012). *Huisvestingsmanagement*. Groningen: Noordhoff Uitgevers bv.
- Nederlands-Normalisatie-instituut. (2007). NEN 2580: Oppervlakten en inhouden van gebouwen - Termen, definities en bepalingsmethoden. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Nederlands-Normalisatie-instituut. (2014). NEN 8021: Waardering gebruiksprestatie van utiliteitsgebouwen. Delft: Nederlands Normalisatie-instituut.
- Palepu, K. G., Bernard, V. L., Healy, P. M., & Peek, E. (2007). *Business analysis and valuation: text and cases*: Cengage Learning EMEA.
- Pullen, W., Gosselink, A., Cox, H., & Ikiz-Koppejan, Y. (2011). *Onderzoeksrapportage Kaderstelling Fysieke Werkomgeving Rijk*, Delft.
- Van Beek, T. A. (2009). *Praktijkgericht financieel management*. Groningen: Wolters-Noordhoff.



## Hoofdstuk 6

Jouwena, P. (2014). *SPACE CHOICE ANALYSIS: How design decisions influence choices in the workplace*, Delft.

Seddigh, A., Berntson, E., Platts, L. G., & Westerlund, H. (2016). Does Personality Have a Different Impact on Self-Rated Distraction, Job Satisfaction, and Job Performance in Different Office Types? . *PLoS One*, *11*(5).

Sedding, A., Berntson, E., Bodin Danielson, C., & Westerlund, H. (2014). Concentration requirements modify the effect of office type on indicators of health and performance. *Journal of Environmental Psychology*, *38*, 167-174.

## BIJLAGE: CENTER FOR PEOPLE AND BUILDINGS

De stichting Kenniscentrum Center for People and Buildings is een kenniscentrum dat zich richt op de relatie tussen mens, werk en werkomgeving met als doel het bevorderen van onderzoek, productontwikkeling en kennisoverdracht op dit gebied. Het kenniscentrum doet dit voor en met overheden en bedrijven. Een tweede doel van het Center for People and Buildings is het bevorderen van multidisciplinaire samenwerking tussen leerstoelen van verschillende universiteiten onderling en de beroepspraktijk voor zover het de relatie tussen mensen, werk en werkomgeving betreft.

De genoemde doelstellingen worden bereikt door een drietal kernactiviteiten. Allereerst houdt het Center for People and Buildings (CfPB) zich bezig met het opsporen van relevante behoeften aan wetenschappelijk onderzoek en onderwijs. De tweede kernactiviteit betreft het initiëren, begeleiden en (doen) uitvoeren van fundamenteel en toegepast wetenschappelijk onderzoek en ontwikkeling. Tenslotte houdt het CfPB zich bezig met het overdragen van de opgedane kennis via publicaties, voordrachten en praktisch toepasbare instrumenten.

### *Onderzoekscondities*

De Stichting Kenniscentrum Center for People and Buildings is een door de fiscus erkende Algemeen Nut Beogende Instelling (niet commerciële stichting met wetenschappelijk oogmerk). Het is daarom belangrijk dat er aantoonbaar over het onderzoek van het CfPB gepubliceerd wordt. Het CfPB behoudt zich het recht voor om geanonimiseerd van de empirische situatie te publiceren in de professionele en wetenschappelijke pers.

De in het CfPB deelnemende partijen hebben met het CfPB geen opdrachtgever – opdrachtnemer relatie. Er wordt een bijdrage aan onderzoek en ontwikkeling gegeven die door de empirische situatie bijdrageverstrekkers direct rendement oplevert. Bijdrageverstrekkers verschaffen voor een goed verloopend onderzoek vrije toegang tot hun organisatie (medewerkers, documenten etc.).

***‘Binnenmilieu? Tel uit je winst!’***