

OfficeComfort Eindrapportage

- Projectnummer: 1621502
- Projecttitel: OfficeComfort
- Penvoerder en medeaanvragers: BeNext R&D; ING FM
- Projectperiode: 1 oktober 2017 – 31 maart 2019

Date	
Version	001
Contributing authors	
	Bart Driessen
	Linda Hoes
	Marleen Spiekman
	Wouter Borsboom
	Thijs vd Klauw

1 Samenvatting

Doel van het project OfficeComfort is het ontwikkelen van een verfijnde praktisch toepasbare methodiek voor het bepalen van het ervaren thermisch comfort. Hiervoor is eerst op basis van literatuur onderzocht welke factoren meest prominent van invloed zijn op de thermische comfortbeleving. Deze factoren zijn deels van fysische aard zijn (luchttemperatuur op verschillende posities, straling, stralings-asymmetrie, lichtsnelheid etc.), en deels worden deze bepaald door gebruiker-gerelateerde kenmerken (fysiologisch, psychologisch). Voor de fysische factoren is een meetmethodiek ontwikkeld waarmee de situatie - representatief voor werkplekniveau - adequater in kaart kan worden gebracht: de uitdaging is om dit met een minimale set sensoren te doen, ten behoeve van kosten-efficiëntie en praktische continue toepassing. Vervolgens is bepaald welke randvoorwaarden aan de fysische factoren gesteld moeten worden, afhankelijk van de aanwezige populatie, en hoe deze factoren mogen variëren in de tijd. Daarnaast is, om te kunnen anticiperen op ervaren discomfort, een registratiemethodiek ontwikkeld waarmee klachten kunnen worden vastgelegd. Tenslotte is door toepassing van de ontwikkelde methodieken in de praktijk onderzocht in hoeverre we zo inderdaad beter inzicht krijgen op (de verschillende aspecten van) thermisch comfort en dus een representatiever beeld krijgen van het ervaren comfort op de werkplek.

Thermisch comfort wordt voor een groot deel bepaald door de mate waarin het menselijk lichaam thermisch in balans is. Deze warmtebalans wordt beïnvloed door de mate van activiteitsniveau en kleding van het lichaam en door de fysische omgeving. Daarnaast zijn ook vele andere factoren, zoals culturele aspecten, individuele voorkeuren, eerdere ervaringen en verwachtingen, mogelijkheden om zelf invloed uit te oefenen en beleving van de ruimte, van invloed op hoe het thermisch comfort wordt ervaren.

De verfijnde methodiek bestaat uit een meetmethodiek voor het meten van de meest cruciale fysische beïnvloedingsfactoren en een evaluatiemethodiek om te bepalen in hoeverre er discomfortrisico's zijn. Daarnaast omvat de verfijnde methodiek een vragenlijst voor periodieke registratie van de subjectieve comfortbeleving. De meet set-up bestaat uit een meting van de luchttemperatuur op 3 hoogtes (0,1, 0,6 en 1,1m bij een zit-werkplek) en meting van de oppervlaktetemperatuur van de constructies met een grote thermische massa. Het aantal posities waarop deze metingen worden uitgevoerd is afhankelijk van de eigenschappen van de ruimte waarin het thermisch comfort gemonitord wordt en zal dus per situatie bekeken moeten worden. Op basis van de gemeten luchttemperaturen en oppervlaktetemperaturen wordt een inschatting gemaakt van de operationele temperatuur op de verschillende posities in de ruimte. Comfortrisico's treden mogelijk op als:

- De operationele temperatuur buiten de grenzen van comfortklasse B van de adaptieve temperatuurgrenswaarden methodiek van ISO 7730 (2014) valt;
- Het temperatuurverschil tussen 1,1 en 0,1m boven de grond groter is dan 2°C;
- De fluctuatie in temperatuur groter is dan 1°C per uur.

Daarnaast wordt aan de hand van gebouwkenmerken een inschatting gemaakt van de kans dat discomfort ontstaat door stralingsasymmetrie en tocht.

Uit het veldexperiment (WP3) is gebleken dat de verfijnde methode tot een gedetailleerd beeld heeft geleid van het ervaren comfort. Het ervaren discomfort bleek in de testperiode echter gering te zijn. Hierdoor is het slechts beperkt mogelijk om uitspraken te doen over de geschiktheid van de verfijnde methode om discomfortrisico's in te schatten. Binnen die beperking, werkt de verfijnde methode goed en kan het ervaren comfort goed op objectieve wijze worden bepaald. Aangeraden wordt de verfijnde methode te evalueren op een locatie waar meer klachten zijn.

Binnen de verfijnde methodiek wordt geen onderscheid gemaakt naar persoonskenmerken (bijv. mannen/vrouwen), omdat er nog onvoldoende onderbouwing is voor aanpassing van de comfortcriteria aan persoonskenmerken en de verschillen in thermisch comfort binnen een groep vele malen groter zijn dan de verschillen tussen groepen. Hoewel het op basis van de huidige stand van onderzoek niet mogelijk is onderscheid te maken tussen persoonskenmerken bij de evaluatie van het thermisch comfort, is het mogelijk wel een route om het ervaren thermisch comfort beter in te kunnen schatten. Om tot een dergelijke methodiek te komen is echter grootschalig onderzoek nodig.

2 Inleiding

Met het oog op de energietransitie staan kantoorgebouwen voor een grote uitdaging: Hoe kan de energievraag van gebouwen worden gereduceerd en worden verschoven naar een tijdstip met veel duurzaam aanbod (flexibilisering)? Thermisch comfort vormt hierbij een belangrijke schakel. Thermisch discomfort is niet alleen van invloed op het welbevinden en de productiviteit van gebruikers, het heeft ook direct en indirect een relatie met (flexibel) energiegebruik. Zo kan de energievraag voor gebouwverwarming vaak best (tijdelijk) worden uitgesteld zonder dat dit dramatische impact op de comfortbeleving geeft. Voor verdere energievraagreductie en verschuiving van de energievraag naar tijdstippen met veel duurzaam aanbod, is toepassing van nieuwe comfortinzichten nodig, om gebruikers het gewenste comfortniveau te kunnen blijven bieden en energie-inefficiënt gedrag te voorkomen.

Comfortklachten leiden ertoe dat aanpassingen aan de omgeving worden gedaan. Enerzijds zullen door bijvoorbeeld de facilitair manager aanpassingen aan de klimaatinstallatie worden gedaan om het ervaren comfort te verbeteren, vaak zonder de echte oorzaak van de klachten te kennen. Anderzijds zullen gebruikers zelf tot actie overgaan om hun comfortniveau te verbeteren, bijvoorbeeld ramen openen (terwijl het gebouw verwarmd wordt) of elektrische verwarming bijschakelen. Het is duidelijk dat dit vaak tot energetisch inefficiënt handelen leidt, waardoor de energievraag onnodig hoog wordt.

Beter inzicht in (de niveaus van) de key-parameters die bepalend zijn voor thermisch comfort en in het door de gebruikers daadwerkelijk ervaren comfort is daarom een vereiste om de energievraag te kunnen reduceren of verschuiven in de tijd (naar momenten waar veel duurzaam aanbod beschikbaar is) en het aantal comfortklachten te minimaliseren.

2.1 Doelstelling

Bepalen van (beïnvloedingsfactoren van) het ervaren thermisch comfort.

Dit is van cruciaal belang ten behoeve van:

- *Flexibilisering van de energievraag*, zodat de instellingen van de klimaatinstallatie verantwoord gevarieerd kunnen worden. Hierdoor kan maximaal van het variabele aanbod duurzame energie gebruik worden gemaakt, met behoud van comfort.
- *Energiebesparing*, door verbeterd inzicht in comfort van gebruikers en vroegtijdige signalering van discomfort risico's, waardoor voorkomen wordt dat energie-inefficiënte aanpassingen worden gedaan door de gebouwbeheerder en gebruikers. Daarnaast kunnen door verbeterd inzicht de instellingen van de klimaatinstallatie beter worden afgestemd op de comfortbehoefte van de populatie.

2.2 Werkwijze

Bovenstaand doel wordt bereikt door:

- Het ontwikkelen van een verfijnde praktisch toepasbare methodiek voor het bepalen van het ervaren thermisch comfort. Hiervoor wordt eerst op basis van literatuur onderzocht welke factoren meest prominent van invloed zijn op de thermische comfortbeleving. Deze factoren zullen deels van fysische aard zijn (luchttemperatuur op verschillende posities, straling, stralings-asymmetrie, lichtsnelheid etc.), en deels worden deze bepaald door gebruiker-gerelateerde kenmerken (fysiologisch, psychologisch). Voor de fysische factoren wordt een meetmethodiek ontwikkeld waarmee de situatie - representatief voor werkplek-niveau - adequater in kaart kan worden gebracht: de uitdaging is om dit met een minimale set sensoren te doen, ten behoeve van kosten-efficiëntie en praktische continue toepassing. Vervolgens wordt bepaald welke randvoorwaarden aan de fysische factoren gesteld moeten worden, afhankelijk van de aanwezige populatie, en hoe deze factoren mogen variëren in de tijd. Daarnaast wordt, om te kunnen anticiperen op ervaren discomfort, een registratiemethodiek ontwikkeld waarmee klachten kunnen worden vastgelegd. Tenslotte wordt door toepassing van de ontwikkelde methodieken in de praktijk onderzocht in hoeverre we zo inderdaad beter inzicht krijgen op (de verschillende aspecten van) thermisch comfort en dus een representatiever beeld krijgen van het ervaren comfort op de werkplek. En dus: mogelijkheden om het nu ontbrekende 'stuur' te kunnen bieden.
- Met bovenstaande verfijndere inzichten over thermisch comfort worden kansrijke GBS interventie strategieën geïdentificeerd, die energiebesparing mogelijk maken met behoud van comfort (of zelfs verbetering van comfort). Ook worden hiermee strategieën geïdentificeerd waarmee de energievraag voor verwarmen in de tijd kan worden verschoven, zodat optimaal gebruik gemaakt kan worden van het aanwezige en verwachte aanbod duurzame energie. In een deskstudie wordt voor enkele voorbeeldcases een inschatting gemaakt van het effect van de interventiestrategieën op energiebesparing en maximale verschuiving van de energievraag.

3 Resultaten

3.1 Resultaten van het project zelf

3.1.1 WP1: Verfijnde methodiek voor bepaling van thermisch comfort

Beïnvloedingsfactoren thermisch comfort en comfortcriteria

De doelstelling van werkpakket 1 is om tot een verfijnde methodiek te komen voor de bepaling van thermisch comfort om zo tijdig discomfortrisico's te kunnen signaleren.

Thermisch comfort wordt voor een groot deel bepaald door de mate waarin het menselijk lichaam thermisch in balans is. Deze warmtebalans wordt beïnvloed door de mate van activiteitsniveau en kleding van het lichaam en door de fysische omgeving. Daarnaast zijn ook vele andere factoren, zoals culturele aspecten, individuele voorkeuren, mogelijkheden om zelf invloed uit te oefenen en beleving van de ruimte, van invloed op hoe het thermisch comfort wordt ervaren.

De fysische omgevingsfactoren die van belang zijn voor het ervaren thermisch comfort zijn:

- Luchttemperatuur: deze bepaalt de convectieve warmteoverdracht tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving.
- Stralingstemperatuur: deze bepaalt de radiatieve warmteoverdracht tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving.
- Luchtsnelheid: deze bepaalt de convectieve warmteoverdracht tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving.
- Relatieve luchtvochtigheid (RV): de absolute luchtvochtigheid speelt een rol in de warmteoverdracht door verdamping tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving. Bij gematigde temperaturen ($<26^{\circ}\text{C}$) en een gematigd activiteitsniveau (<2 met) is de invloed van de luchtvochtigheid op de warmte-afgifte van het lichaam en het waargenomen thermisch comfort echter gering (ISO 7730, 2005). In Nederland is deze parameter daarom minder relevant voor de bepaling van het thermisch comfort.

De combinatie van luchttemperatuur en gemiddelde stralingstemperatuur (de zogenaamde operatieve temperatuur) is het meest bepalend voor hoe de thermische omgeving wordt ervaren. Het is hierbij van belang dat de veranderingen en fluctuaties in de operatieve temperatuur niet te groot zijn. Het overdag oplopen van de temperatuur wordt hierbij als minder hinderlijk ervaren dan het overdag teruglopen van de temperatuur (ISSO 74, 2014). Als de gebruikers echter zelf ervoor kiezen om de temperatuur aan te passen (door gebruik van de thermostaat of openen van ramen) dan gelden er geen beperkingen aan het temperatuurverloop in de tijd.

De warmtebalans van het menselijk lichaam wordt naast de fysische omgevingsfactoren zoals in voorgaande paragraaf beschreven, ook beïnvloed door de kleding en het metabolisme van de betreffende persoon. Kleding zorgt voor een thermische weerstand tussen het menselijk lichaam en zijn omgeving, waardoor het temperatuurverschil tussen mens en omgeving wordt verlaagd en de warmtestroom naar de omgeving door convectie en straling afneemt.

Verschillende onderzoeken laten zien dat er verschillen zijn in comfortbeleving tussen personen, waar bij het ontwerp van een gebouw aandacht voor zou moeten zijn. De spreiding binnen een groep personen blijft echter vele malen groter dan de verschillen tussen de groepen van personen. Het aanpassen van de comfortcriteria aan individuele kenmerken is daardoor met de huidige stand van onderzoek niet mogelijk.

Psychologische adaptatie speelt een belangrijke rol in hoe de thermische omgeving wordt ervaren. Het gaat hierbij om een veranderde perceptie van, en reactie op binnenkomende prikkels door eerdere ervaringen en verwachtingen (De Dear en Brager, 1998). Volgens Nikopoulou en Steemers (2003) zijn er verschillende factoren die van invloed zijn op de thermische perceptie:

- de mate waarin de omgeving natuurlijk is: in een kunstmatige omgeving tolereert men minder;
- verwachtingen over hoe de omgeving zou moeten zijn: in natuurlijk geventileerde gebouwen verwachten mensen bijv. meer variatie in temperatuur dan in gebouwen met volledige airconditioning;
- eerdere ervaringen: deze beïnvloeden de verwachtingen die mensen hebben;
- blootstellingsduur: als men weet dat de blootstelling maar kortdurend is, dan is men minder snel ontevreden;
- ervaren controle: als mensen zelf hun comfortniveau kunnen beïnvloeden tolereren ze meer en ervaren ze minder discomfort dan wanneer ze geen invloed uit kunnen oefenen;
- 'environmental stimulation': steeds meer onderzoeken geven aan dat mensen de voorkeur hebben voor een dynamische omgeving in plaats van een statische omgeving.

Naar het kwantificeren van het effect van deze psychologische factoren op het ervaren thermisch comfort is echter nog slechts zeer beperkt onderzoek gedaan.

Criteria die zijn ontwikkeld voor het beoordelen van het thermisch comfort van een ruimte zijn vooral gericht op de fysische factoren, ofwel binnen welke grenzen moet de luchttemperatuur, stralingstemperatuur, luchtsnelheid en relatieve luchtvochtigheid blijven om voor een grote groep mensen als comfortabel te worden ervaren. Deze criteria richten zich dus op het gemiddelde comfort voor een grote groep.

Binnen de comfortcriteria zijn twee belangrijke stromingen te onderscheiden:

1. De comfortcriteria gebaseerd op het Predicted Mean Vote (PMV) model van Fanger, dat uitgaat van de warmtebalans van het menselijk lichaam. Deze criteria vormen het uitgangspunt van diverse standaarden en richtlijnen, waarvan ISO 7730 (2005) en ASHRAE 55 (2017) de bekendste zijn. Het PMV model van Fanger is gebaseerd op grootschalige onderzoeken met proefpersonen in klimaatkamers onder constante omstandigheden (Fanger, 1970).
2. De adaptieve comfortcriteria gebaseerd op veldonderzoeken, waarbij het uitgangspunt is dat mensen in een gebouw zonder mechanische koeling een grotere bandbreedte aan temperaturen comfortabel vinden. Deze comfortcriteria zijn ook opgenomen in diverse standaarden en richtlijnen, zoals NEN-EN 15251 (2007), ASHRAE 55 (2017) en ISO 7740 (2014).

Naast bovengenoemde criteria voor algeheel thermisch comfort zijn er verschillende comfortcriteria opgesteld om lokaal thermisch discomfort te evalueren. Lokaal

thermisch discomfort ontstaat wanneer een deel van het lichaam te sterk afkoelt of opwarmt terwijl de temperatuur in de ruimte op zich goed is. Bovendien kan thermisch discomfort ontstaan als de operationele temperatuur te snel verandert of te veel fluctueert. Discomfort ten gevolge van temperatuurfluctuaties kan worden voorkomen als de piek-tot-piek variatie minder is dan 1°C (ISO 7730, 2005).

Meet setup

De meet set-up is als volgt gedefinieerd:

- Luchttemperatuur (zonder afscherming voor straling) meten met een meetnauwkeurigheid van bij voorkeur 0,2°C en een sample tijd van 5 minuten op 3 hoogtes:
 - Ter hoogte van de enkels: 0,1m boven de vloer
 - Ter hoogte van de romp: 0,6 m boven de vloer bij een zit-werkplek en 1,1 m boven de vloer bij een sta-werkplek
 - Ter hoogte van het hoofd: 1,1 m boven de vloer een zit-werkplek en 1,7 m boven de vloer bij een sta-werkplek
- De minimale configuratie bestaat uit een meetunit op ruimteniveau, en twee meetunits op werkplekniveau. De gewenste configuratie is afhankelijk van de eigenschappen van de ruimte waarin het thermisch comfort gemonitord wordt en zal dus per situatie moeten worden bekeken. Niet alleen het vloeroppervlak van de ruimte is van invloed op het benodigde aantal meetposities, maar ook de aanwezigheid van obstakels (Kooi et al., 2018).

Voor het veldexperiment is vanuit praktische overwegingen gekozen voor commerciële sensoren. Uiteindelijk is gekozen voor de klimaatsensoren van Cloudgarden. Deze sensor meet de luchttemperatuur met een nauwkeurigheid van 0.2°C. De temperatuursensor is volledig afgeschermd voor straling, waardoor alleen de luchttemperatuur wordt gemeten. In het veldexperiment zal de gemiddelde stralingstemperatuur daarom worden ingeschat op basis van een inschatting van de oppervlaktetemperatuur van de omringende vlakken. Naast de luchttemperatuur meet de geselecteerde sensor ook de relatieve luchtvochtigheid, CO₂ en VOC.

Uit het veldexperiment (WP3) is gebleken dat een traag opwarmende gebouwmassa een flink effect kan hebben op de operationele temperatuur. Omdat met commerciële sensoren meestal alleen de luchttemperatuur wordt gemeten en inschatting van de oppervlaktetemperatuur van de gebouwmassa lastig gebleken is, is meting van de oppervlaktetemperatuur van constructies met een grote thermische massa toegevoegd aan de meet set-up. Op basis van de oppervlaktetemperatuur van de gebouwmassa in combinatie met de luchttemperaturen kan dan een inschatting worden gemaakt van de operationele temperatuur op verschillende posities in de ruimte.

Binnen dit project is een vragenlijst opgesteld die gebruikt kan worden voor het periodiek in kaart brengen van de subjectieve comfortbeleving. Deze vragenlijst is ook ingezet bij het gebruikersonderzoek bij ING in WP3.

Evaluatiemethodiek

Op basis van de literatuur blijkt dat de adaptieve comfortmodellen het beste aansluiten bij het ervaren thermisch comfort in de praktijk. Voor OfficeComfort is besloten om de adaptieve temperatuur grenswaarden (ATG) methodiek uit ISSO 74 (2014) te hanteren omdat hierin de eisen voor de zomer- en winterperiode en

gebouwen met en zonder mechanische koeling zijn geïntegreerd. Deze ATG-eisen sluiten aan bij de eisen die in ISO 7730 (2005) en NEN-EN 15251 (2007) worden gesteld. Voor OfficeComfort is hierbij uitgegaan van comfortklasse B (een verwacht percentage ontevreden van maximaal 10%).

Daarnaast worden enkele criteria voor lokaal comfort en dynamiek gesteld (gebaseerd op ISO 7730, 2005) die kunnen worden getoetst aan de hand van fysische metingen, namelijk:

- Verticale temperatuurgradiënt: het temperatuurverschil tussen 1,1 en 0,1m boven de grond moet kleiner zijn dan 2°C;
- Temperatuurfluctuatie: de fluctuatie in temperatuur moet minder zijn dan 1°C per uur¹.

Daarnaast wordt aan de hand van gebouwkenmerken een inschatting gemaakt van de kans dat discomfort ontstaat door stralingsasymmetrie en tocht.

3.1.2 WP2 Interventiestrategieën

Het doel van dit werkpakket is om interventiestrategieën te bepalen die het energiegebruik binnen de utiliteitsbouw verlagen en/of flexibiliseren zonder hierbij het ervaren thermisch comfort significant te verslechteren. Om dit te realiseren is een model nodig van het ervaren thermisch comfort. Op basis van sensor data verkregen binnen het project is een thermisch model van het gebouw bepaald. Uit dit model bepalen we vervolgens een KPI voor ervaren thermisch comfort. Deze KPI wordt vervolgens gebruikt om te bepalen op welke manieren we de energievraag voor klimaatbeheersing kunnen verkleinen en/of flexibiliseren.

Op basis van de data verzameld binnen één kantoortuin in het Acanthus gebouw van ING willen we het thermische gedrag van deze ruimte modelleren. Hiervoor gebruiken we een model met twee capaciteiten en drie weerstanden. Het model beschrijven we als:

$$C_1 \frac{dT_1}{dt} = -H_{12}(T_1 - T_2) - H_{13}(T_1 - T_3) + Q_1 A_1$$

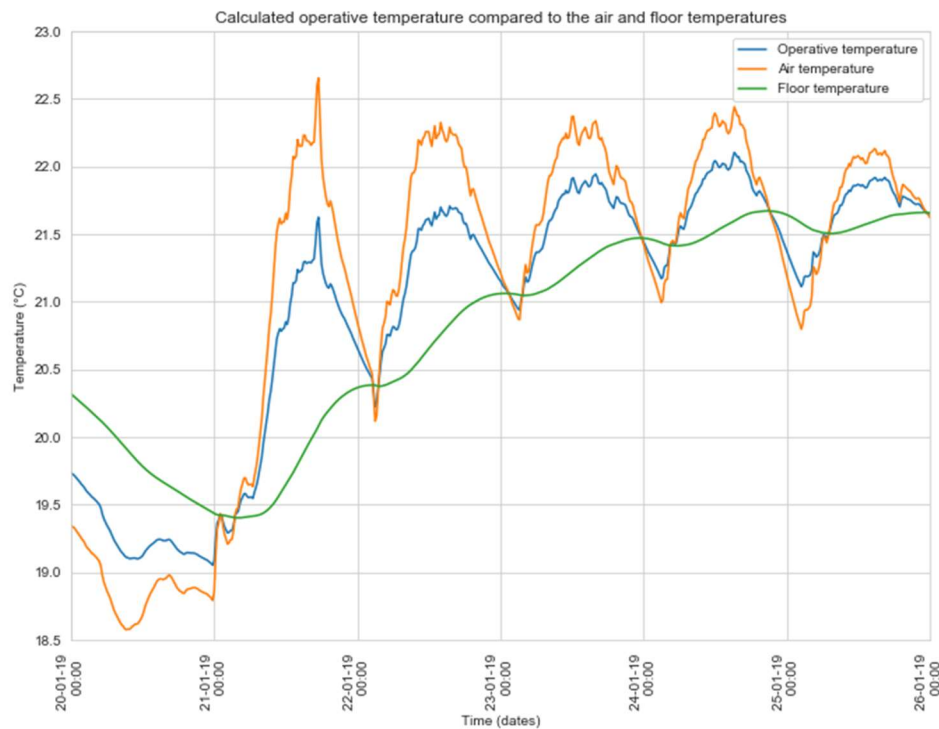
$$C_2 \frac{dT_2}{dt} = H_{12}(T_1 - T_2) - H_{23}(T_2 - T_3) + Q_s A_2$$

Hier geldt:

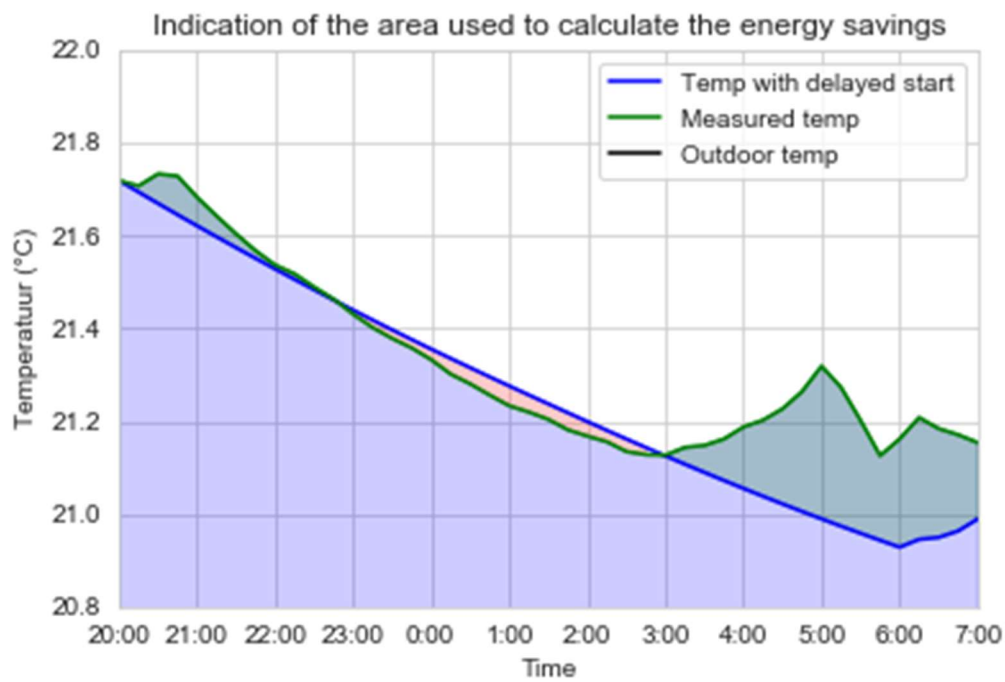
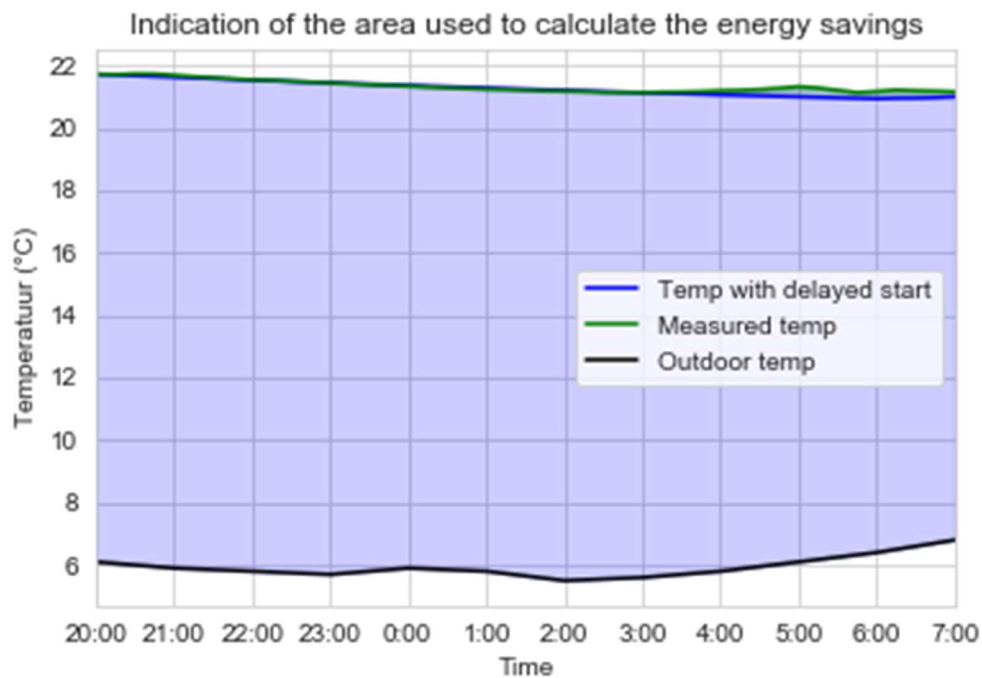
- T_1, T_2 en T_3 zijn de binnentemperatuur, de temperatuur van de vloer en de buitentemperatuur respectievelijk.
- C_1 en C_2 zijn de thermische capaciteiten van de ruimte en van de vloer.
- H_{12}, H_{13} en H_{23} zijn de geleidingscoëfficiënten respectievelijk tussen de vloer en de ruimte, tussen de ruimte en de buitenlucht en tussen de vloer en de buitenlucht
- Q_1 en A_1 zijn de thermische invoeren op de ruimtetemperatuur met coëfficiënt en Q_s en A_2 zijn dit voor de vloer (Q_s bedraagt alleen overdracht door zonnestraling). Dit model is gefit op de data die beschikbaar is.

Aan de hand van dit model kunnen verschillende comfort gerelateerde temperaturen berekend worden. Een voorbeeld staat in de figuur hieronder.

¹ Volgens de literatuur gelden er twee comfortcriteria die zijn gerelateerd aan temperatuurfluctuaties (zie paragraaf 2.5): de piek tot piek variatie moet minder zijn dan 1°C en de temperatuurvariatie moet minder zijn dan 2°C per uur. Deze criteria zijn voor OfficeComfort samen genomen tot één criterium: de fluctuatie moet minder zijn dan 1°C per uur.



Er zijn twee mogelijke interventiestrategieën geïdentificeerd die op basis van het inzicht in het comfort het energiegebruik beogen te minimaliseren. De eerste strategie behelst het uitstellen van het startmoment van de installaties, oftewel het moment 's ochtends waarop het gebouw geconditioneerd wordt om het gewenste binnenklimaat te bereiken. Op basis van het eerder bepaalde thermische model en een inschatting van de tijden waarop de installaties aan gaan is een inschatting gemaakt van de mogelijk verschuiving. In veel gevallen bleek dat de installaties na zon- en feestdagen tijdig aan moeten om het gewenste binnenklimaat tijdig te bereiken. Echter, door de significante thermische massa van het gebouw is het mogelijk om later in de week later te beginnen met het klimatiseren van het gebouw. De resultaten geven aan dat er energiebesparing mogelijk is, alhoewel de geschatte waarde beperkt is. Daarnaast worden de klimaatinstallaties in het gebouw bediend zodat het gehele gebouw aan het begin van de werkdag op temperatuur is. Omdat wij alleen over data beschikken van een enkele afdeling is het mogelijk dat de installaties weldegelijk op de bepaalde tijdstippen aan moeten om de rest van het gebouw juist te conditioneren.



De tweede strategie omvat het verschuiven van de energievraag door tijdelijk de draaiende installaties uit te zetten. Helaas is het niet mogelijk gebleken om deze strategie verder te onderzoeken omdat hiervoor de ontbrekende GBS data essentieel bleek.

3.1.3 WP3 Pilots

Veldexperimenten zijn uitgevoerd om de verfijnde methodiek te evalueren die is ontwikkeld in WP1. De vraag die we met het veldexperiment willen beantwoorden is

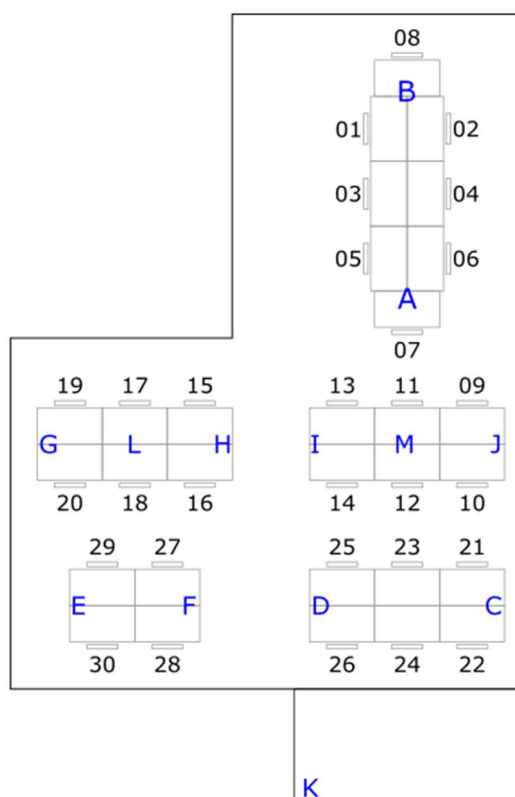
of het lukt om met verfijnde metingen via de meetsets een inschatting te maken van het verwachte ervaren thermisch comfort om zo tijdig discomfortrisico's te kunnen signaleren.

Om dit te evalueren zijn metingen en analyses uitgevoerd. Op basis van metingen met meetsets is volgens de voorgestelde verfijnde methodiek een inschatting gemaakt van het comfort op de testverdieping. Deze is vervolgens vergeleken met de subjectieve comfortbeleving van de gebruikers die middels vragenlijsten en enquêtes is bepaald.

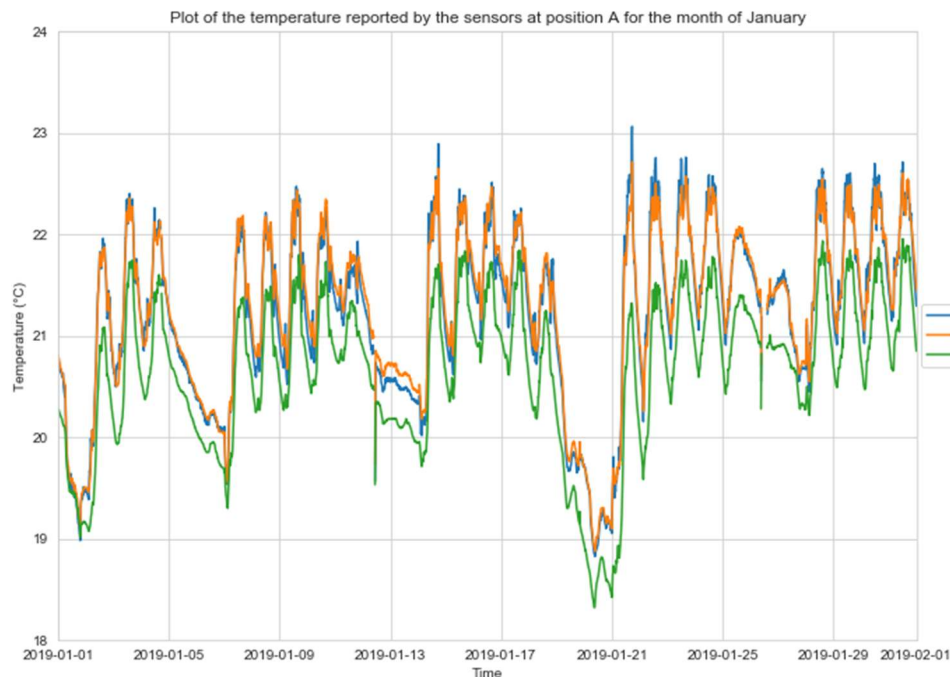
Met de verfijnde methode is het mogelijk om een veel gedetailleerder beeld te krijgen van discomfortrisico's dan op basis van één meting per ruimte door een GBS systeem mogelijk is. Door op meerdere plekken verspreid over een ruimte en op meerdere hoogtes de temperatuur te meten is het mogelijk om te bepalen of er kans is op discomfort doordat er plekken zijn waar de temperatuur buiten de bandbreedte van het aangehouden gewenste comfortniveau valt, er mogelijk sprake is van verschillen in temperatuur tussen werkplekken, een verticale temperatuurgradiënt of lokale temperatuurfluctuaties in de tijd.

Op de testverdieping heeft deze verfijnde methode tot een gedetailleerd beeld geleid van de discomfortrisico's.

De verdeling van de sensoren over de ruimte en hoogtes is weergegeven in onderstaande figuur en tabel. Elke sensor heeft een unieke ID in de database, welke weergegeven is in dezelfde tabel.



Onderstaande figuur geeft een overzicht van meting op 1 locatie op drie verschillende hoogtes.



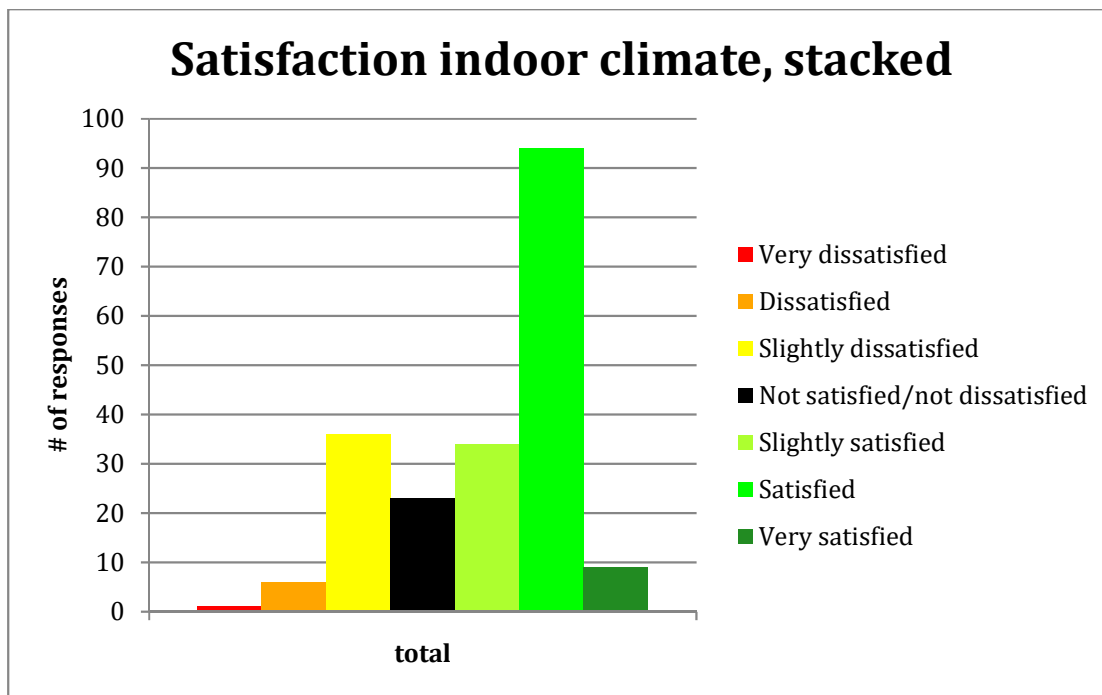
Om de subjectieve comfortbeleving te meten is gebruik gemaakt van interviews en digitale enquêtes. Er zijn 3 interviews afgenomen:

- Een intake (begin januari)
- Een follow-up interview (begin februari)
- Een afsluitend interview (begin maart)

De interviews werden mondeling afgenomen en namen circa 5-10 minuten tijd in beslag. De respons is door de interviewer tijdens het interview vastgelegd. De intake duurde wat langer dan de andere 2 interviews: de vragenlijst bevatte iets meer vragen en voorafgaand aan de intake hebben de werknemers deelnemers informatie ontvangen. Het doel van het onderzoek en de verwachte actieve rol van de werknemers is toegelicht, (inclusief de mogelijkheid om eventuele klachten over het klimaat op hun werkplek in het klachtenregistratiesysteem te melden). Ook hebben de deelnemers voor de start van het eerste interview een deelnemersverklaring getekend.

De discomfortrisico's blijken in de testperiode gering te zijn en beperken zich tot korte perioden onder de 20°C op de ochtend na een koud weekend. Dit wordt bevestigd door de subjectieve metingen: de medewerkers zijn overwegend tevreden over het klimaat op hun verdieping in de testperiode. Het enige dat er gevonden is, is een lichte trend dat een deel van de werknemers het soms aan de koude kant vindt, vooral in de ochtend.

Doordat het comfortniveau op de testverdieping tijdens de testperiode behoorlijk goed was, is het slechts beperkt mogelijk om de verfijnde methode gedegen te beoordelen. Binnen die beperking, werkt de verfijnde methode goed en kunnen de discomfortrisico's beter voorspeld worden dan met GBS data.



Aangeraden wordt de verfijnde methode te evalueren op een locatie waar meer klachten zijn, bijvoorbeeld op de huidige verdieping in een warme zomerperiode.

3.2 Mogelijkheden voor spin off en vervolgactiviteiten

De kennis die is opgedaan vormt de basis voor onderzoek naar verantwoord flexibiliseren. Hiervoor is al een vervolgprojectvoorstel ingediend (TWINS). Bovendien zal de kennis worden toegepast in een EU project “syn.ikia” waar flexibilisering het hoofdonderwerp is. Dit project start op 1 januari 2020.

3.3 Discussie

De discomfortrisico's blijken in de testperiode gering te zijn en beperken zich tot korte perioden onder de 20°C op de ochtend na een koud weekend. Dit wordt bevestigd door de subjectieve metingen: de medewerkers zijn overwegend tevreden over het klimaat op hun verdieping in de testperiode. Het enige dat er gevonden is, is een lichte trend dat een deel van de werknemers het soms aan de koude kant vindt, vooral in de ochtend.

Doordat het comfortniveau op de testverdieping tijdens de testperiode behoorlijk goed was, is het slechts beperkt mogelijk om de verfijnde methode gedegen te beoordelen. Binnen die beperking, werkt de verfijnde methode goed en kunnen de discomfortrisico's beter voorspeld worden dan met GBS data.

4 Conclusie en aanbevelingen

4.1 Algemeen

Het doel van OfficeComfort is om tot een verfijnde methodiek te komen voor de bepaling van thermisch comfort om zo tijdig discomfortrisico's te kunnen signaleren.

De verfijnde methodiek bestaat uit een meetmethodiek voor het meten van de meest cruciale fysische beïnvloedingsfactoren en een evaluatiemethodiek om te bepalen in hoeverre er discomfortrisico's zijn. Daarnaast omvat de verfijnde methodiek een

vragenlijst voor periodieke registratie van de subjectieve comfortbeleving. De meet set-up bestaat uit een meting van de luchttemperatuur op 3 hoogtes (0,1, 0,6 en 1,1m bij een zit-werkplek) en meting van de oppervlaktetemperatuur van de constructies met een grote thermische massa. Het aantal posities waarop deze metingen worden uitgevoerd is afhankelijk van de eigenschappen van de ruimte waarin het thermisch comfort gemonitord wordt en zal dus per situatie bekeken moeten worden. Op basis van de gemeten luchttemperaturen en oppervlaktetemperaturen wordt een inschatting gemaakt van de operationele temperatuur op de verschillende posities in de ruimte. Comfortrisico's treden mogelijk op als:

- De operationele temperatuur buiten de grenzen van comfortklasse B van de adaptieve temperatuurgrenswaarden methodiek van ISSO 74 (2014) valt;
- Het temperatuurverschil tussen 1,1 en 0,1m boven de grond groter is dan 2°C;
- De fluctuatie in temperatuur groter is dan 1°C per uur.

Daarnaast wordt aan de hand van gebouwkenmerken een inschatting gemaakt van de kans dat discomfort ontstaat door stralingsasymmetrie en tocht.

Uit het veldexperiment (WP3) is gebleken dat de verfijnde methode tot een gedetailleerd beeld heeft geleid van het ervaren comfort. Het ervaren discomfort bleek in de testperiode echter gering te zijn. Hierdoor is het slechts beperkt mogelijk om uitspraken te doen over de geschiktheid van de verfijnde methode om discomfortrisico's in te schatten. Binnen die beperking, werkt de verfijnde methode goed en kan het ervaren comfort goed op objectieve wijze worden bepaald. Aangeraden wordt de verfijnde methode te evalueren op een locatie waar meer klachten zijn.

Binnen de verfijnde methodiek wordt geen onderscheid gemaakt naar persoonskenmerken (bijvoorbeeld mannen/vrouwen), omdat er nog onvoldoende onderbouwing is voor aanpassing van de comfortcriteria aan persoonskenmerken en de verschillen in thermisch comfort binnen een groep vele malen groter zijn dan de verschillen tussen groepen. In het veldexperiment was het slechts beperkt mogelijk om het ervaren thermisch comfort te evalueren naar verschillen in persoonskenmerken. Alleen verschillen tussen mannen en vrouwen zijn bekeken: vrouwen bleken de temperatuur gemiddeld als iets kouder te ervaren dan mannen. De verschillen zijn echter klein en niet significant. Hoewel het op basis van de huidige stand van onderzoek niet mogelijk is onderscheid te maken tussen persoonskenmerken bij de evaluatie van het thermisch comfort, is het mogelijk wel een route om het ervaren thermisch comfort beter in te kunnen schatten. Om tot een dergelijke methodiek te komen is echter grootschalig onderzoek nodig.

4.2 Overige informatie

Informatie of meer exemplaren van dit rapport kunnen via email worden opgevraagd bij Bart.Driessen@TNO.NL.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.