

RAPPORT

VISUALISERING AF INDEKLIMA

ET LITTERATURSTUDIE

MAJ 2020



ALEXANDRA
INSTITUTTET

FORFATTERE

Sara Neukirch, Alexandra Instituttet

Trine Plambech, Alexandra Instituttet

Udgivet af

ALEXANDRA INSTITUTTET

Maj 2020

INDHOLD

1	INDLEDNING	4
1.1	UNDERSØGELSESPØRGSMÅL OG METODE	5
1.1.1	Begreber	6
2	DE VÆSENTLIGSTE RESULTATER	7
2.1	AT ARBEJDE MED INDEKLIMA OG MENNESKER ER KOMPLEKST	7
2.2	EKSEMPLER PÅ, HVAD BRUGERE EFTERSPØRGER AT KUNNE KONTROLLERE	7
2.3	MULIGHEDER FOR AT VISUALISERE OG/ELLER KOMMUNIKERE OM INDEKLIMA	8
2.3.1	Erfaringer med Mini-Orb indoor climate preference feedback interface	10
2.4	FORSTÅ BRUGERNE OG SKAB SAMARBEJDE MELLEM BRUGERNE OG BYGNINGSDRIFT	11
3	OPSUMMERING	12
4	NYT PROJEKT: HVAD VIL VI GERNE VIDE MERE OM?	14
5	BILAG 1: OVERSIGT OVER ARTIKLER I LITTERATURSTUDIET	16

1 INDLEDNING

Forskningsfondens Ejendomsselskab A/S (FEAS) er i gang med en større renovering på Aarhus Universitet, Nobelparken. I den forbindelse er MOE inviteret med i projektet bl.a. ifm. udformning af løsninger til godt indeklima. Bygherren har tidligere oplevet, at brugerne af bygningen klagede over dårligt indeklima, og bygherre har derfor et stort ønske om at brugerne efter renoveringen vil opleve, at der er et bedre indeklima i bygningerne. Antagelsen er, at indeklimaoplevelsen kan forbedres, hvis bygningen i højere grad at kan imødekomme brugernes (forskellige) ønsker til indeklima i forskellige brugs-situationer og at dette bl.a. kan ske ved at kunne gå i en dialog med brugerne om indeklimaet i bygningen. Bygherren har derfor ønsket sig at kunne visualisere indeklimaet overfor brugerne og til en vis udstrækning give brugerne mulighed for at påvirke indeklimaet. Men hvordan skal dette så gøres? Det er dette spørgsmål, som MOE har inviteret Alexandra Institutet til at give et bud på. I første omgang ifm. et mindre forprojekt, der sidenhen kan munde ud i et større projekt, hvor vi kan dykke endnu dybere og nå længere med de forskellige løsninger. Forprojektet blev udført som et litteraturstudie og resultaterne heraf er beskrevet i denne rapport.



Det første spadestik til Nobelparken blev taget den 20. august 1997, og Forskningsfondens Ejendomsselskab var bygherre på projektet. Projektet er tegnet af C.F. Møllers Tegnesteue. Undervisnings- og erhvervsdelen er opført i fem- til seksetagers bygninger, der i alt er på 45.137 m². Store dele af bygningskomplekset bruges af Aarhus Universitets Faculty of Arts og dele af Business and Social Sciences. Ud over undervisning er en del af Nobelparken udlejet til erhverv, bl.a. til PWC og COWI. Billede og tekst fra www.feas.dk

1.1 UNDERSØGELSESSPØRGSMÅL OG METODE

Som indledning til forprojektet havde Alexandra Instituttet og MOE en dialog om, hvad projektet skulle fokusere på, og hvad det er, de gerne vil vide mere om ift. visualisering af indeklima. En del af snakken handlede om de antagelser MOE har ift. hvordan man kan oplyse om og gå i dialog med brugerne om indeklima. Samtalen mandede ud i formuleringen af nedenstående undersøgelsesspørgsmål, der har dannet rammerne for litteraturstudiet:

1. Hvordan kan indeklima visualiseres?
2. Hvordan tager brugerne imod visualisering af indeklima?
3. Hvad er det brugerne efterspørger at kunne styre? (temperatur, udluftning, afskærmning, andet?)
4. Hvordan kan man være i dialog med brugerne om indeklima (skærm, dims man drejer på, app, device der lyser etc.)
5. Kan man mindske klager over indeklima ved at kommunikere om indeklima?
6. Oplevelsen af indeklima er individuel, hvordan kan det gribes an ift. et lokale, der har ens styring men hvor mange forskellige mennesker, skal føle sig tilpas?
7. Kan man arbejde med indeklimazoner dvs. at der er forskelligt indeklima i forskellige dele af rummet? Er der eksempler på det og hvad er erfaringerne ift. brugernes oplevelse af det?

Gennem søgninger i AU library og Google Scholar har vi fundet videnskabelige studier, der belyser ovenstående undersøgelsesspørgsmål. I denne rapport formidles indsigterne fra litteraturstudiet og på grundlag heraf opsummeres det hvilken viden, der endnu mangler på området samt hvordan vi kan tilvejebringe den ifm. et nyt fælles projekt.

Rapporten er delt i to;

Del 1: Er en beskrivelse af de væsentligste resultater ift. undersøgelsesspørgsmålene (en systematisk oversigt over de videnskabelige artikler, som vi har fundet ifm. litteraturstudiet er listet i Bilag 1).

Del 2: Litteraturstudiet udgør det indledende videngrundlag og giver en række svar på undersøgelsesspørgsmålene. Som det er med litteraturstudier, åbner det også for nye spørgsmål. Da emnet er noget der optager både FEAS og MOE meget, er Alexandra Instituttet ligeledes blevet bedt om at skitsere, hvordan man i et større projekt kan dykke endnu dybere i emnet. Der gives derfor afslutningsvis et forslag til forskellige typer af undersøgelser, som Alexandra Instituttet kan tilbyde for at indsamle endnu mere relevant viden om hvordan man bedst kan udforme fremtidens indeklimaløsninger i bl.a. Nobelparken.

1.1.1 BEGREBER

Rapporten benytter en række begreber, der er beskrevet her. Begreberne er ikke nye for FEAS og MOE men centrale for studiet og derfor beskrevet.

Kildeangivelser samt yderligere beskrivelse af begreberne findes i Bilag 1.

Termisk komfort er en persons tilfredshed med det termiske miljø, som er baseret på en subjektiv vurdering. Faktorerne der påvirker en persons termiske komfort er kropstemperatur, tøjinsulation, lufttemperatur, luftcirkulation og fugtighed. Disse faktorer har at gøre med opvarmning og nedkøling. Desuden spiller psykologiske parametre, såsom individuelle præferencer, også en rolle for den subjektive vurdering af indeklimaet.

ASHRAE Standard 55 er en standard der bruges til at måle termisk komfort, som er udgivet af the American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers. Formålet er at specificere de mange mulige kombinationer af indeklimate faktorer såvel som personlige faktorer der påvirker brugernes accept af indeklimaet i en bygning. ASHRAE 55 definerer termisk komfort som en sindstilstand der udtrykker tilfredshed med det termiske miljø.

HVAC Heating, Ventilation and Air Conditioning-system er en teknologisk løsning der med ventilation skal skabe et godt indeklima. Målet er at skabe termisk komfort og acceptabel luftkvalitet. HVAC kan bruges til at regulere indeklimaet både i private hjem og større industrielle bygninger.

2 DE VÆSENTLIGSTE RESULTATER

2.1 AT ARBEJDE MED INDEKLIMA OG MENNESKER ER KOMPLEKST

Indeklima er et komplekst felt bestående af teknologiske løsninger, kulturelle normer og individuelle oplevelser. Dét der gør indeklima særligt komplekst at arbejde med er forskellen mellem det målbare og det oplevede indeklima.

På grund af denne kompleksitet som mennesker giver til arbejdet med indeklima, bliver indeklimaløsninger baseret på ASHRA 55 Standard og det centraliserede HVAC-system udfordret (Fountain et al. 1996). Studier fra USA har vist at over 50% af brugerne i en arbejdsbygning er utilfredse med indeklimaet (Shiavon et al. 2014).

Indeklima kan opdeles i det fysiske og det oplevede (REBUS¹). Dette giver indblik i, at der kan være forskelle mellem det gode fysiske indeklima, der kan beskrives ud fra målbare vurderinger, og hvad der opleves som et godt og behageligt indeklima, som beskrives ud fra subjektive vurderinger. Yderligere er det individuelt hvordan mennesker oplever det samme fysiske indeklima, og derfor kan der ikke opstilles ét sæt krav, der er gældende for alle; aktivitetsniveau, kontekst og personlige muligheder for regulering påvirker oplevelsen af indeklimaet (REBUS). Det er vanskeligt at sikre og opretholde et indeklima, der kan tilfredsstille alle hele tiden.

Ud over individuelle præferencer må der også tages højde for kulturelle normer fx ift. forskellige forventninger til beklædning (Fountain et al. 1996).

2.2 EKSEMPLER PÅ, HVAD BRUGERE EFTERSPØRGER AT KUNNE KONTROLLERE

Fountain et al. (1996) udpeger forskellige typer af justeringer som brugere af kontorbygninger efterspørger:

¹ REBUS (2016-2020) er et dedikeret samfundspartnerskab, hvor alle led fra byggeriets værdikæde er samlet for at fremme bæredygtige renoveringer til gavn for brugere, industrien, miljøet og samfundsøkonomien. Projektets partnere er: COWI, Danmarks Tekniske Universitet, Frederikshavn Boligforening, Henning Larsen Architects, Himmerland, Boligforening, NCC Danmark, SaintGobain, Teknologisk Institut og Aalborg Universitet/SBi.

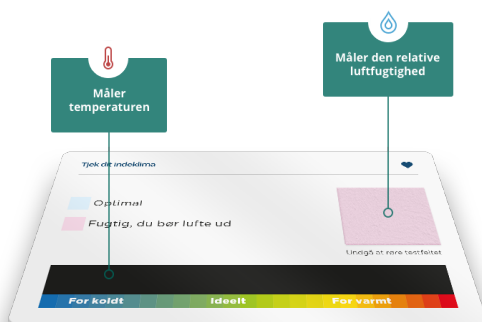
- At kunne tænde en fane
- At kunne blokere for ventilation
- At kunne åbne et vindue
- At kunne trække gardiner for

Det er vigtigt at bemærke, at brugerne har nævnt de justeringsparametre, som de kender ift. hvordan indeklima typisk kan påvirkes. Det vil være værd at undersøge, om der er andre parametre, som vil give mening, at brugerne får indflydelse på ift. justering af indeklimatet fx via et interface.

2.3 MULIGHEDER FOR AT VISUALISERE OG/ELLER KOMMUNIKERE OM INDEKLIMA

Nedenfor beskrives forskellige løsninger til kommunikation om og interaktion med indeklima, der allerede er blevet afprøvet i andre projekter.

Indeklimakortet (produkt) har vist sig at fungere godt til at give brugerne indsigt i indeklimaets tilstand og minde dem om at lufte ud.



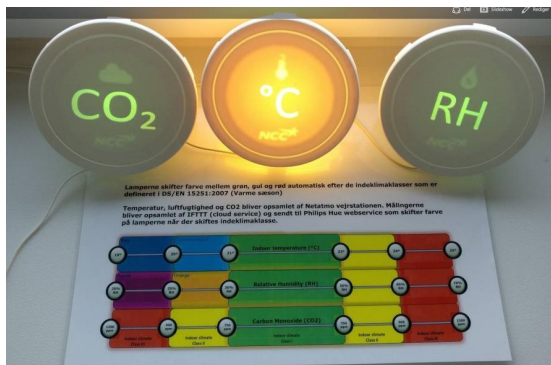
Indeklimakort

Brochurer (produkt) der formidler viden om indeklima har ingen væsentlig effekt på adfærd



Forskellige typer kommunikation om indeklima (REBUS)

Feedback via lysdisplay (produkt) giver indblik i indeklimaets tilstand og kan virke som trigger til at reagere på et dårligt indeklima (se billede nedenfor)



Feedback via lysdisplay (REBUS) Forsøg med orientering om indeklima hos NCC. Foto fra Lars Andersen, NCC.

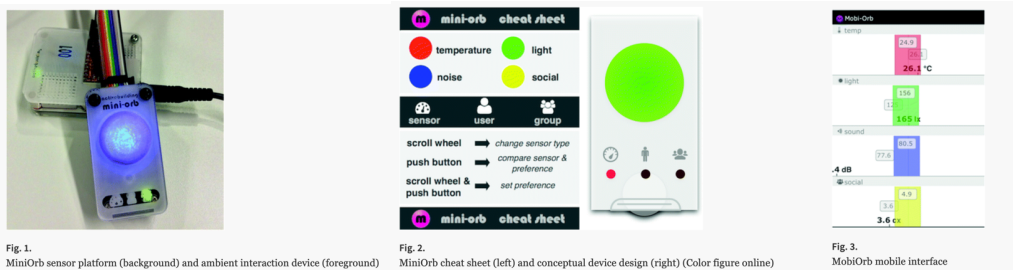
Mini-Orb indoor climate preference feedback interface (prototype) giver indblik i indeklimaets tilstand og brugeren får mulighed for at give feedback om komfort, således at bygningssejer får en idé om hvilket indeklima brugerne generelt trives i og i hvilke rum. Projektet er særligt interessant ift. FEAS og MOEs ønske om at kunne indgå en dialog med brugerne om indeklima, og det er derfor beskrevet yderligere nedenfor.

2.3.1 ERFARINGER MED MINI-ORB INDOOR CLIMATE PREFERENCE FEED-BACK INTERFACE

Rittenbruch et al. (2015) har designet og testet en prototype på et system, Mini-Orb, der skal gøre brugere af kontorrum bevidste om indeklimaets miljømæssige faktorer og derudover give dem mulighed for at rapportere deres oplevede komfort.

Mini-Orb består af tre komponenter:

- en sensorplatform, der måler temperatur, fugt, lys og lyd
- et interaktionsdevice med tre små LED til at indikere forskellige indeklimatilstande, en piezo speaker, en knap og et 'scroll wheel' til at måle brugernes præferencer både på individuelt plan og på tværs af brugere, og
- en mobil-applikation der tilbyder et alternativt interface med samme funktionalitet som interaktionsdevicet.



Mini-Orb indoor climate preference feedback interface

Hovedindsigter fra Mini-Orb brugerstudiet

Brugsmønsteret var, at Mini-Orb blev brugt om morgenen og efter frokost. Designet er så minimalistisk, at devicet går i et med rummet, men når brugerne sætter sig ved deres skrivebord, bemærker de LED-lyset og kommer i tanker om at give feedback. Brugere gav primært feedback når de følte ubehag ift. indeklimaet eller hvis det lokale miljø ændrede sig fx automatiske persienner ved vinduet. Brugere blev også mindet om at give feedback af en brummende lyd fra devicet, som de satte pris på fordi det hjalp dem med at huske det. De følte ikke at interaktionen forstyrrede dem.

Brugere satte sine præferencer på forskellige måder. Nogle brugere lavede en gradvis forandring i setpunkterne, imens andre brugere ændrede setpunkterne til det maksimale eller minimale for at udtrykke deres behov.

Interfacet på devicet og interfacet på mobil-applikationen inviterede til forskellige former for interaktion. Interaktionsdevicet gjorde mærke opmærksom på sig selv imens brugeren selv er ansvarlig for at huske at bruge mobil-applikationen. Der var derfor flere der glemte at bruge mobil-applikationen, men når folk interagerede med mobil-applikationens interface syntes de det var nemt at bruge.

2.4 FORSTÅ BRUGERNE OG SKAB SAMARBEJDE MEL- LEM BRUGERNE OG BYGNINGSDRIFT

Flere studier påpeger vigtigheden af at forstå brugerne og at inddrage dem i udviklingen af den nye indeklimaløsning.

Ziehler et al. (2015) udpeger en diskrepans mellem brugernes komfort og behovet for at nedsætte bygningers energiforbrug, og argumenterer for at udvikle indeklimaløsninger baseret på inkluderende design hvor brugerens præferencer og adfærd bliver central for bygningens kontrolstrategi. Ved at indtænke brugeren i designprocessen er det muligt at sænke bygningens energiforbrug ved at justere udbud og efterspørgsel af energi afhængigt af brugerens behov for komfort.

Ifølge Karjalainen & Koistinen (2007) er det vigtigt at brugerne kan forstå de løsninger der bliver designet til dem. Der opstår ofte problemer ift. indeklima for brugere af arbejdskontorer på grund af, at indeklimasystemer bliver designet uden et realistisk blik for brugerne; det antages ofte at brugerne har viden om indeklima, som de faktisk ikke har. For at skabe gode løsninger skal brugernes adfærd og holdninger ift. indeklima studeres, og der skal være fokus på at udvikle brugervenlige interfaces. Hvis et interface ikke giver brugbar feedback, er det umuligt for brugeren at forstå hvordan det skal bruges.

Behov og adfærd er forskellig hos brugere og bygningsplanlæggere, hvilket kan påvirke ressourcspild og brugeroplevelsen. Netop derfor er det vigtigt at brugere deltager i planlægningsprocessen for en bygnings indeklimastrategi for at afdække hvilke behov de har (Buttler & Rambow 2016).

3 OPSUMMERING

MOE har efterspurgt eksempler på, hvordan de kan kommunikere information om indeklima til brugerne af Nobelparken.

Som nævnt i indledningen udgjorde de formulerede undersøgelsesspørgsmål rammen om projektet, og det var de spørgsmål, vi satte ud for at få svar på ifm. litteraturstudiet. Det er lykkedes at finde litteratur, der belyser de fleste undersøgelsesspørgsmål og gjort det tydeligere, hvad der er vigtigt at fokusere på ifm. udformning af indeklimaløsninger.

Der er flere projekter, der har arbejdet med hvordan man kan fortælle brugerne om bygningens indeklima. I de tilfælde, hvor man gerne vil have brugerne til at ændre indeklimaadfærd og/eller medvirke til at skabe det gode indeklima ved fx at lufte ud kan løsninger som fx Indeklimakortet eller displayløsninger være medvirkende til at brugerne får den rigtige indeklimaadfærd.

I de tilfælde hvor brugerne ikke direkte kan (eller skal) påvirke indeklimaet fordi det er styret af et centralt system peger flere studier på, at det er en god ide, at indeklimaløsninger kan inkorporere feedback fra brugerne hvor de kommunikerer om deres oplevelser med termisk komfort.

Der er også studier der viser, at det er helt afgørende at være opmærksom på, at der kan være stor forskel på objektivt godt indeklima, standarder for termisk komfort og brugernes faktiske oplevede komfort – og jo mere kommunikationen med brugerne tager højde for dette, des bedre. Flere undersøgelser peger på, at brugere ofte klager over indeklima i de bygninger de opholder sig i. Dette kan skyldes brugen af centraliserede HVAC-systemer, som er baseret på standarder og estimer for brugernes termiske komfort. Denne tilgang kan umiddelbart ikke tage højde for kompleksiteten af menneskers brug af en bygning og oplevelser af termisk komfort. Flere brugerundersøgelser viser, at brugerne ofte er mere fleksible end de estimer arbejdes ud fra.

Derfor peges der på nye indeklimaløsninger, hvor der fokuseres på faktorer som brugernes oplevelser, vaner og komfort frem for kun at fokusere på faktorer der relaterer sig til bygningens rum. I disse løsninger er det oplagt at indsamle feedback fra brugerne for at forbedre brugeroplevelsen af indeklimaløsningen.

I forbindelse med den indledende samtale fortalte MOE, at de ønsker at vide, om det vil være en god ide, at være tydeligere i kommunikationen overfor brugerne om hvorfor bygningens indeklima er som det er den pågældende dag. For eksempel ved at kommunikere til brugerne, at temperaturen i auditoriet er sat lidt ned fordi vejrudsigten forudser, at det blive en varm og solrig dag. Det er ikke lykkedes at finde litteratur, der beskriver netop dette, og det vil derfor være ét af de spørgsmål, som det vil være værdifuldt at dykke yderligere ned i. Litteraturstudiet tyder på, at kommunikationen skal gå

den modsatte vej – i stedet for at det er bygningen, der kommunikerer om indeklimaet til brugerne peger litteraturstudiet på vigtigheden af, at brugerne kan fortælle, hvordan de oplever indeklimaet i bygningen og at bygningen så over tid kan lære at tilpasse sig de indeklimaønsker som brugerne giver udtryk for.

4 NYT PROJEKT: HVAD VIL VI GERNE VIDE MERE OM?

Som nævnt er det gode indeklima et område der optager både FEAS og MOE meget, og med litteraturstudiet som afsæt beskrives her hvorledes vi i et større fælles projekt kan komme endnu dybere ift. at forstå hvordan man bedst udformer det gode indeklima.

Det gode ved litteraturstudier er, at det giver et overblik over den viden, der allerede findes, således at nye studier ikke gentager gammel viden men i stedet bygger ovenpå. Den viden der genereres i et litteraturstudie er dog ikke kontekstbaseret dvs. den tager ikke højde for det aktuelle byggeri og de konkrete brugere og brugssituationer – i dette tilfælde renoveringen af Nobelparken og brugen af denne. En stor styrke ifm. et nye projekt vil derfor være, at kunne afprøve løsninger i det faktiske miljø med de rigtige målgrupper (fx studerende, undervisere og kontoransatte mfl.).

FEAS og MOE arbejder med nogle helt konkrete ideer til forbedringen af indeklimaet og kommunikationen med brugerne af Nobelparken, og det vil være meget værdifuldt at kunne afprøve prototyper på disse nye løsninger med brugerne inden de etableres i fuld skala. På den måde har man mulighed for at lære af erfaringerne fra prototyperne og tilpasse løsningen, så den kommer til at virke bedst muligt.

Vi foreslår derfor et fælles projekt, som består af følgende:

- **Et brugerstudie** hvor vi taler med og observerer brugere fra de forskellige målgrupper for at få en dybere forståelse af hvordan de forstår og oplever indeklima, hvad påvirker deres oplevelse af hhv. godt/dårligt indeklima og hvordan forskellige parametre og praksisser fx årstiderne/vejret, aktiviteten i bygningen, tid på døgnet o.a. spiller ind på deres oplevelse af indeklimaet i Nobelparken
- **Udvikling af fysiske prototyper**, der på forskellig vis afprøver hvordan der i samspil med brugerne kan skabes bedst muligt indeklima.
 - Er det en god ide, at give brugerne indflydelse på indeklimaet ved at give dem mulighed for at fortælle hvordan de oplever indeklimaet? Hvordan tager brugerne imod muligheden for at gå i dialog om indeklimaet og kan det medvirke til at mindske antallet af klager?
 - Kan bygningen lære, hvad brugerne oplever som godt indeklima? Kan man vha. kunstig intelligens udvikle en indeklimaløsning, der over tid lærer hvad brugerne synes er et gode indeklima og tilpasser sig til dette?
 - Hvad er den bedste måde at have en dialog med brugerne om indeklima? Hvilken type af interaktion (app, device, mail el.lign.) er den bedste?

- Er det vigtigt for brugerne at kunne styre indeklimaet og hvordan kan det i så fald udformes, så der tages højde for individuelle præferencer og forskellige typer af brug af lokalet? Hvilke parametre skal brugerne i så fald have indflydelse på og vil det opleves positivt, hvis de får indflydelse på ift. justering af indeklimatet fx via et interface?
- Kan inddelingen af et rum i zoner kommunikeret til brugerne og betyder det, at de får en mere positiv oplevelse af indeklimaet?
- **Afprøvning af prototyperne** med brugere fra målgrupperne – opsamling af viden og input til videreudvikling af prototyperne. Denne afprøvning kan evt. foregå over flere omgange med udvalgte brugere, således at man til sidst står med et system, der tilfredsstiller brugernes behov ift. at få tilpas indflydelse på indeklimaet.

5 BILAG 1: OVERSIGT OVER ARTIKLER I LITTERATURSTUDIET

Nedenstående tabel giver et overblik over de videnskabelige artikler i litteraturstudiet. De er inddelt under de relevante undersøgelsesspørgsmål. Kilderne på de listede artikler er ligeledes taget med, så man har nem adgang til originallitteraturen.

Undersøgelses-spørgsmål	Artiklens hovedpointer
<p>Hvordan kan indeklima visualiseres?</p> <p>Hvordan kan man være i dialog med brugerne om indeklima? (Skærm, dims man drejer på, device der lyser, etc.)</p> <p>Hvordan tager brugerne imod visualisering/kommunikation af indeklima?</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Web-applikation der simulerer og visualiserer brugernes komfort til ingeniører, designere, arkitekter, etc. for at give dem en forståelse af brugernes oplevelser af komfort ifm. indeklima. Schiavon et al. (2014) præsenterer en web-applikation der både kan visualisere og udregne termisk komfort, som de kalder "the comfort tool". Visualiseringen og udregningerne er baseret på ASHRAE Standard 55-2013. Værktøjet giver en dynamisk visualisering af komfortzoner med b.la. psykometriske, temperatur relativ til fugtighed og adaptive diagrammer; ny implementering af Elevated Air Speed model; tabeller og modeller med kropsvarme og tøjisolering. Visualisering af brugernes termisk komfort kan bidrage til design, drift og udforskning af behagelige og energibesparende 2. Mini-orb er et system der anvender 'ambient og tangible interaktion' med henblik på at gøre brugere af kontorrum bevidste om miljømæssige faktorer og derudover give dem mulighed for at rapportere deres oplevede komfort for at sammenligne gruppens gennemsnitlige præferencer. Systemet er baseret på et skærmbaseret interface, som er suppleret med en mobil applikation hvor brugerne kan observere og justere sensorværdier og præferencer. Rittenbruch et al. (2015) viser, at devices der kombinerer 'ambient og tangible interaktion' tilbyder rig mulighed for interaktion der kan supplere mere konventionelle skærm-baserede tilgange. <ul style="list-style-type: none"> - Mini-orb består af tre komponenter: 1) en sensorplatform, der måler på temperatur, fugtighed, lys og lyd 2) ambient og tangible interaktionsdevice, der måler brugernes komfortpræferencer, både på individuelt plan og på tværs af brugerne (deviceet består af tre små LED til at indikerer forskellige tilstande, en piezo speaker, en knap og et 'scroll-wheel', og 3) en mobil-applikation der tilbyder et alternativt interface med samme funktionalitet som interaktionsdeviceet - På baggrund af brugerinterviews lærte Rittenbruch et al. (2015) at brugerne fortolkede LED feedbacken forskelligt, at designet af Mini-orb var så minimalistisk at

	<p>brugerne nogle gange glemte at den var i rummet og derfor overså nogle typer af funktionalitet, brugerne får en positiv oplevelse af at give feedback på deres oplevelse af indeklima fordi de føler at de bliver 'hørt', små triggere mindede brugerne om at interagere med devicet, interfacet på devicet og interfacet på mobil-applikationen inviterede til forskellige former for interaktion</p> <p>3. Brugerne skal kunne forstå og bruge de løsninger der bliver designet til dem. Ifølge Karjalainen & Koistinen (2007) opstår problemer ift. indeklima for brugere i arbejdskontorer idet indeklimasystemer bliver designet uden et realistisk blik for brugerne. Det antages oftes at brugerne har viden om indeklima, som de faktisk ikke har. For at skabe gode løsninger skal brugernes adfærd og holdninger studeres og der skal arbejdes med at designe brugervenlige interfaces. Hvis et interface ikke giver informativ feedback, er det umuligt for brugeren at forstå hvordan det skal bruges.</p> <p>4. Rebus har undersøgt erfaringer med forskellige typer af kommunikation omkring indeklima i boliger som holdes op imod erfaringer fra tidligere studier af brugeradfærd. Ud fra dette har de udarbejdet kommunikationsmateriale og kommunikationsformer, som øger kvaliteten af indeklimaet ud fra en mere hensigtsmæssig brugeradfærd. Arbejdet har resulteret i 6 test-scenarier for hvordan brugeradfærden potentielt kan påvirkes på forskellige måder:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Der gøres intet ○ Enkel brochure med orientering til beboerne omkring muligheder for at påvirke indeklima samt konsekvenser ved dårligt indeklima ○ Brug af indeklimakortet (kan findes her: https://www.tjekditindeklima.dk/buy/) ○ Display med smileys eller lign., der fortæller beboerne om indeklimaets kvalitet her og nu. Orientering om muligheder for at forbedre indeklimaet ved dårlig score. ○ Nudgning. Beboerne påvirkes, så de ændrer adfærd og med større sandsynlighed foretager de rigtige valg i forhold til at opretholde et godt indeklima. Beboerne kan være mere eller mindre bevidste om nudging-metoderne ○ Alt kører automatisk <p>5. Behov og adfærd er forskellig hos brugere og bygningsplanlæggere, og dette kan påvirke ressourcspild og brugeroplevelsen i driften af en bygning. Buttler & Rambow (2016) påpeger at det er vigtigt at brugere deltager i planlægningsprocessen for en bygnings indeklimastrategi, baseret på tre case-studier der har vist, at brugere giver udtryk for et behov for at kunne kontrollere deres indeklimasystem.</p> <p>6. De fleste indeklimaløsninger til arbejdskontorer designes uden muligheden for feedback fra brugerne. Den acceptable temperaturvariation estimeres og systemet designes til at holde sig inden for disse temperaturer i arbejdstiderne. Gupta et al. (2014) har testet 'active user feedback' for at mindske ubehag og energispild. Der fokuseres på 'multi-zone building' med en model for klumper af varmeoverførsel. Artiklen konkluderer at en bygnings temperatur og energiforbrug kan kontrolleres effektivt gennem dynamisk feedback fra brugerne.</p>
--	--

	<p>7. Feedback fra brugere og kontrolsystemer baseret på IoT og kunstig intelligens kan forbedre indeklimaet og gøre bygninger mere fleksible.</p> <p>8. Ifølge Zeiler et al. (2015) er der en diskrepans mellem brugeres komfort og behovet for at nedsætte bygningens energiforbrug. I arbejdet med komfortkontrol begynder man at udvikle baseret på inkluderende design dvs. brugerens præferencer og adfærd bliver central for bygningens kontrolstrategi. Synergi mellem slutbrugeren og bygningen er det ultimative udgangspunkt for et intelligent koncept for komfortkontrol. Ved at indtænkte brugeren i designprocessen er det muligt at sænke bygningens energiforbrug ved at justere udbud og efterspørgsel af den energi der er nødvendig for at skabe komfort for brugerne.</p>
	<ol style="list-style-type: none"> 1. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12273-013-0162-3.pdf 2. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-22668-2_12 3. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132306003349 4. http://rebus.nu/media/1180/brugerkommunikation_final_14082017.pdf 5. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84986907341&origin=resultlist 6. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016417210 7. https://www.dtu.dk/english/news/2018/10/indoor-climate-controlled-with-mobile-phones-and-artificial-intelligence?id=305a673e-681e-4d8d-bb88-28c175d8096b 8. https://www.researchgate.net/publication/228797730_USER_BASED_PREFERENCE_INDOOR_CLIMATE_CONTROL
<p>Hvad er det brugerne efterspørger at kunne styre? (Temperatur, udluftning, afskærmning, andet?)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Målet med HVAC (heating, ventilation, and aioperators) er at skabe termisk komfort for brugerne af en bygning. Studier fra USA har vist at over 50% af bygningsbrugere er utilfredse med indeklimaet på deres arbejde. Schiavon et al. (2014) mener, at dette b.la. skyldes, at udbydere af indeklimaløsninger mangler viden om hvordan brugernes komfort påvirkes af forskellige indeklimaløsninger. Eksempler på forbedringer af brugeroplevelsen, der fordrer en forståelse af hvordan mennesker reagerer på indeklimatevariable: <ul style="list-style-type: none"> • Setpunkter for temperatur • Personlige komfortsystemer • Undgå overnedkøling om sommeren og overopvarmning om vinteren 2. Eksempler på justeringer ifølge Fountain et al. (1996) <ul style="list-style-type: none"> • kunne tænde en fane • blokere for ventilation • åbne et vindue • trækker gardiner til og fra
	<ol style="list-style-type: none"> 1. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12273-013-0162-3.pdf 2.

<p>Oplevelsen af indeklima er individuel, hvordan kan det gribes an ift. et lokale, der har ens styring men hvor mange forskellige mennesker, skal føle sig tilpas?</p> <p>(Forskellige indeklima-præferencer)</p> <p>Kan man arbejde med indeklimazoner dvs. at der er forskelligt indeklima i forskellige dele af rummet? Er der eksempler på det og hvad er erfaringerne ift. brugernes oplevelse af det? (Ikke så mange der benævner det, men Zhang et al. arbejder med individuelle microzoner)</p>	<p>https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778896009887?via%3Dihub</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Zhang et al. (2008) har udviklet TAC-systemet, der varmer og afkøler et individ lokalt på fødder, hænder og ved ansigtet, for at skabe komfort hos brugere i arbejdsbygninger. Brugere har mulighed for selv at styre opvarmning og afkøling ved disse tre punkter på kroppen. Zhang's thermal comfort model demonstrerer at en persons overordnede komfort i forhold til varme og kulde primært er determineret af følelser af temperatur i fødderne, hænderne og ansigtet. I artiklen præsenteres task-ambient conditioning (TAC) system, der opvarmer fødder og hænder, og nedkøler hænder og ansigt, med henblik på at øge brugernes komfort. Dette system er en effektiv måde at spare energi sammenlignet med HVAC systemet der kontrollerer en hel bygning frem for at være kontrolleret omkring individer. TAC-systemet er særligt rettet mod kontorarbejde. Hovedpointer om brugernes oplevelse komfort: <ol style="list-style-type: none"> a. Når luften er i bevægelse opleves luftkvaliteten forbedret, selv hvis luften i rummet recirkuleres b. Brugere fik ikke tørre øjne fra den ansigtsrettede ventilation c. Brugere accepterede 'thermal sensation levels' fra -2.2 til 2. Testene viste at brugere accepterede følelsen af indeklima på trods af at det var en smule ubekvemt (-0.5) d. Studiet kunne ikke påvise at brugere blev mere effektive i deres arbejde 2. Studier har vist, at brugere accepterer større forskelle i temperatur end dem man arbejder med i praksis. Med et personal environmental control (PEC) system kan brugernes accept af temperatur variere mellem 18-30°C. Forfatterne foreslår derfor, at PEC-systemer kan øge komforten samtidig med at der bruges mindre energi (idet temperaturregulering er rettet mod individer frem for store rum) 3. Individuelle oplevelser af termisk komfort kan være påvirkede af kulturelle normer for beklædning og forventninger til ventilationssystemer/indeklimaløsninger. Eksempel på en situation hvor forskellig beklædning er en faktor: I samme rum sidder en mand og en kvinde, hvor det er kulturelt acceptabelt at kvinden har en nederdel på med bare ben og manden går i jakkesæt. Dette kan medføre at kvinden føler, at det er køligt, og manden føler, at det er varmt. Yderligere peger Fountain et al. (1996) på, at brugere forventer at ventilationssystemet har "ansvaret" for temperaturen, som en forklaring på hvorfor det ikke er oplagt for brugere at vælge passende beklædning ift. temperaturen. <ol style="list-style-type: none"> a. Fountain et al. (1996) kritiserer ASHRAE Standard 55 og påpeger at individuelle præferencer gør indeklima mere komplekst at arbejde med. ASHRAE 55 Standard er begrænset til omstændigheder hvor brugere har lille eller ingen kontrol over deres mikroklima som resultat af et centraliseret HVAC -system. Det skal i stedet være muligt for brugere at kunne justere variable gennem adfærd og teknologi. Adfærd omfatter eksempelvis tøj. Teknologi omfatter eksempelvis temperatur, fugtighed, ventilation og eksempler på justeringer omfatter en at kunne tænde en fane, blokere for ventilation, åbne et vindue eller trække gardiner til og fra. Dette er baseret på indsigter i at en persons kropslige (varmestyring) og psykiske (forventninger til indeklima) vaner formes af deres indeklimarutiner.
--	--

	<ol style="list-style-type: none">1. https://escholarship.org/content/qt1qk9m08x/qt1qk9m08x.pdf2. https://escholarship.org/content/qt28x9d7xj/qt28x9d7xj.pdf3. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778896009887?via%3Dihub
--	--

ALEXANDRA INSTITUTTET

IT-BYEN KATRINEBJERG

Åbogade 34 ■ DK-8200 Aarhus N

+45 7027 7012

UNIVATE

Njalsgade 76, 3. sal ■ DK-2300 København S

+45 7027 7091



Sammen kommer vi #ForanDigitalt



ALEXANDRA
INSTITUTTET

Alexandra Instituttet hjælper offentlige og private virksomheder med at bruge den nyeste it-forskning og teknologi til at skabe helt nye løsninger. Vores mission er at skabe vækst og velfærd i Danmark.