

Når bygninger kommunikerer

Bedre indeklima- og energiadfærd gennem beboerfeedback



Udarbejdet af samfundspartnerskabet
REBUS – Renovating Buildings Sustainably.

Titel

Når bygninger kommunikerer – bedre indeklima- og energiadfærd gennem beboerfeedback

Forfattere

Rune Korsholm Andersen

Seniorforsker, DTU – Institut for Byggeri og Anlæg

Davide Cali

Forsker, DTU – Institut for Matematik og Computer Science

Sára Finsdóttir

Konsulent, Teknologisk Institut – Byggeri og Anlæg

Dato

15. april 2021

SAMMENFATNING

Bygningsejere, energileverandører og beboere benytter i stigende grad synliggørelse af energiforbrug eller indeklimaparametre til at sikre den gode energi- og indeklimaadfærd. Samtidig muliggør nye teknologier en tovejskommunikation mellem bygning og bruger, hvor indeklimaet fx styres efter beboernes kvalitative input. Men hvilke overvejelser er vigtige at have med, når beslutningen om en løsning skal træffes? Hvad ved vi om virkningen af forskellige typer synliggørelse af energi og indeklima?

Denne rapport udspringer fra et behov for status quo på datavisualisering af energi- og indeklimaparametre med henblik på adfærdsændringer, samt hvilke trends denne type kommunikation taler ind i. Både hvad angår kommunikative virkemidler og teknologiske muligheder.

Vi går et spadestik dybere ned i selve interaktionen mellem bygning, bygningsejer, drift og beboere. Ambitionen er at sikre refleksioner, der ud over selve teknikken også ser på brugernes behov samt inddrager de oplevede, æstetiske og motivationsmæssige faktorer ved visualisering af parametre relateret til indeklima og energi.

Indhold

Anbefalinger til dig, der vil arbejde med energi- og indeklimaadfærd	4
Forord	5
Hvorfor bruge datavisualisering?	6
Energiadfærd og datavisualisering som forskningsfelt	7
Udformning og kontekst er afgørende	8
Forskellen på energifeedback og indeklimateedback	11
Cases	15
KeepFocus Cards, Ballerups Almennyttige Boligselskab, DAB	16
Klimaknappen, Boligselskabet Sjælland	17
Smileypanelet, Frederikshavn Boligforening	18
FeedMe, Borgerskolen Høje Taastrup	19
Caseoverblik i tværgående perspektiv	20
Tendenser og udvikling	23
Teknologi	23
Teknologisk udvikling på energimåler- og sensorområdet	23
Visionen om den intelligente bygning og smart grid	24
Datavisualisering som iterative teknologiprojekter	26
Bruger	28
Bygninger som cyberfysiske sociale systemer	28
Brugervenlighed	30
Fastholdelse af opmærksomhed	31
Feedback fra bruger til bygning kan hjælpe på brugertilfredsheden	34
Organisering	37
Ildsjæle er afgørende, og ledelsen skal være med	37
Økonomiske aspekter	40
Energibesparelser eller ej?.....	40
Besparelser høstes i synergierne	41
Referencer	42

Anbefalinger til dig, der vil arbejde med energi- og indeklimaadfærd

1. **Lad beboernes hverdagsbehov præge teknologien:** Teknologierne på markedet er i eksplosiv vækst, men det er vigtigt at huske, at teknologien selv kun udgør én del af indsatsen. Undersøg og observer beboernes hverdag nysgerrigt for at få et godt grundlag for valg af løsning.
2. **Hold det enkelt:** Beboerne deler ikke nødvendigvis din begejstring over de mange muligheder, som en teknologi tilbyder. Desto større mængder informationer og forskellige features, desto større risiko for, at det bliver uoverskueligt. Ofte kan en lille indsats gøre en stor forskel, hvorimod en meget omfattende indsats rummer flere risici.
3. **Vær tydelig i og tænk praktisk i kommunikationen med beboerne:** Ofte kan printede brugermanualer eller en konkret demonstration af, hvordan teknologien virker, være en god vej til dialog, og for at undgå forvirring og modstand.
4. **Forvent ikke som udgangspunkt en vedvarende adfærdsændring:** Tænk på den gode energi- og indeklimateæssige adfærd som en vedligeholdelsesopgave lig drift og jævnlig besigtigelse af bygningen. Forvent at interessen daler over tid. Til gengæld er årsopgørelser og andre kalenderbegivenheder oplagte muligheder for at tilføre ny nyhedsværdi.
5. **Sørg for en ledelsesmæssig opbakning til en "bottom-up" proces:** Ildsjæle er uundværlige i nytænkende projekter, men de har også et stort ansvar, hvis der ikke er allokeret ressourcer og hvis ledelsen ikke bakker op om en proces, der udvikler sig løbende.

Forord

Baggrunden for denne rapport er, at REBUS udvikler metoden REBUS Connect^o, som er baseret på greybox-analyser og algoritmer. Målet med REBUS Connect^o er at påvise årsager til varmetab i en bygning ud fra relativt få parametre. Sideløbende med udarbejdelsen af REBUS Connect testes et element af beboerfeedback i Himmerland Boligforening i Aalborg. Feedbackdelen i REBUS Connect tilgås primært ud fra et teknisk perspektiv, hvor fokus er på at skabe muligheden for synliggørelse af energiforbrug og indsamling af beboernes vurdering af indeklimaet. Der er udarbejdet et datasæt, der ikke har kompatibilitetsbegrænsninger og derfor kan implementeres i systemer, apps mv. Heri ligger potentialet for at få løsningen ud over rampen som et enkelt og meget fleksibelt grundmodul, der kan tilpasses de enkelte boligforeningers behov. Formålet med nærværende rapport er at styrke grundlaget for valg af løsning, for så vidt angår de forskellige interaktionsformer, der findes.

Hvorfor bruge datavisualisering?

Med målet om at spare på energien har der i en årrække været en voksende tendens til at synliggøre forbrugsdata via skærme, apps og spil til at sikre den gode energimæssige adfærd, ofte kombineret med en række indeklimahensyn.

Energifeedback, gamification, nudging, og andre måder at tilpasse bygningsteknologier til menneskers hverdag med forskellige kommunikative virkemidler for at anspore til en mere energibesparende livsstil, vinder frem. Tiltagene implementeres af kommercielle og offentlige aktører ude i boligejendomme, kontorer, skoler og institutioner, ligesom de længe har været et undersøgelsesfelt inden for forskning og udvikling.

Der er flere projekter, der viser lovende resultater, der tyder på, at særligt energifeedback bidrager til at sænke energiforbruget og dermed til den grønne omstilling af vores bygningsmasse. Eksempelvis har en rapport konkluderet at informations-skærme med realtime tips og forbrugsdata vedrørende energiforbrug i almene boliger, haft en overbevisende virkning på beboernes energivaner og dermed energiforbruget. Efter en gennemgribende renovering af fire boligblokke i bebyggelsen Korngården i Ballerup, faldt varmeforbruget nemlig med 60%, og altså til et niveau, der var lavere end det, som beregningerne havde forudsagt (R. K. Andersen, 2020).

Energivisualisering er altså ikke længere blot noget, der findes i forsøgsprojekter og forskning. Det ses flere steder implementeret i fx boligforeningers og institutioners hverdag, både i Danmark og i udlandet. Især i Storbritannien har man i en årrække anvendt informations-skærme (*in home displays*), da energileverandører i Storbritannien er forpligtet til at installere et gratis display til feedback af elforbrug i realtid, når der installeres smarte elmålere i boliger (Behavioural Insights Team, 2019).

En udvikling, der netop skubber til trenden med datavisualisering er, at bygninger i højere grad udstyres med smarte teknologier og får sensorer integreret i energisystemerne. I EU har artikel 9 og 10 i direktivet om energieffektivitet (European Commission, 2012) medført at medlemsstaterne skal sikre at energimålere giver information om det reelle energiforbrug og at slutbrugerne skal have adgang til forbrugsdata via energiregningen.

Dette har fået mange EU-lande til at udrulle smarte målere, hvilket muliggør at forbrugsdata kan visualiseres i langt højere tidslig opløsning end før.

Energiadfærd og datavisualisering som forskningsfelt

Forskningen peger næsten entydigt på, at det godt kan betale sig at huske beboernes adfærd, når energiforbruget skal reduceres – hvad enten løsningen er visualisering af målerdata eller noget helt andet. Beboere kan få energiforbruget i sammenlignelige boliger til at variere med en faktor 3, viser en undersøgelse, hvor det højeste målte energiforbrug altså var tre gange højere end det laveste (Larsen, Knudsen, Gram-hanssen, Brohus, & Rose, 2010). I et andet studie viste det sig at det højeste varmeforbrug var 20 gange højere end det laveste (R. Andersen, 2012).

Flere undersøgelser viser, at adgang til direkte feedback i realtid om energiforbrug har reduceret elforbruget med 6-10% (Abrahamse, Steg, Vlek, & Rothengatter, 2005; Darby, 2006; Fischer, 2008).

Zvingilaite and Togeby (2015) gennemgik 24 studier og 15 review og andre analyser og vurderede, at feedback kan give 2-3% besparelser på både elforbrug og varmeforbrug. Hvis informationen er baseret på selv-aflæsning af målere er besparelsepotentialet mindre (Zvingilaite & Togeby, 2015).

I en anden gennemgang af eksisterende studier fra 2013, fandt McKerracher & Torriti (2013) at de største besparelser er blevet fundet i relativt små studier med få husstande. Generelt bliver den observerede besparelse mindre, når antallet af undersøgte husstande stiger. På baggrund af denne observation, foreslår de besparelser på 3-5% som et realistisk bud, hvis visualiseringer udrulles i stor stil (McKerracher & Torriti, 2013). De fremhæver, at flere undersøgelser mangler detaljerede oplysninger om deres prøveudtagnings- og rekrutteringsmetoder. Denne kritik har (Zangheri, Serrenho, & Bertoldi, 2019) forsøgt at tage højde for i deres gennemgang af studier om energibesparelser fra feedback ved at udvælge studier, der brugte en kontrolgruppe og også overvejede kontekstuelle faktorer såsom husholdningsdemografi, socioøkonomisk kontekst og forbrugsområder (Zangheri et al., 2019). Analysen viste, at der i gennemsnit kan opnås en energibesparelse på 7,8%, med feedback i realtid leveret på en infoskærm eller på et webværktøj. Zangheri et al. (2019) fremhæver at besparelsen i høj grad kan

afhænge af hvordan feedback er tilpasset husstanden og om den præsenteres på en klar og engagerende måde.

Forskningen i energiadfærd er derfor de seneste år blevet mere tværfaglig og er efterhånden et etableret forskningsfelt med basis i energiforskning, socialvidenskab, antropologi og adfærdsforskning. Denne tværfaglige tilgang ses fx i tidsskriftet Energy Research & Social Science samt konferencen BEHAVE¹ samt en række andre forskningsnetværk og tidsskrifter. I dette regi har der de senere år været et opgør med en snæver anvendelse af naturvidenskabelige og kvantitative metoder til forståelse af energiadfærd ud fra målbare parametre. Kritikken drejer sig bl.a. om, at en del viden om adfærdsmønstre går tabt, når metoden kun tager direkte observerbare parametre med i betragtning. Spurling, McMeekin, Shove, Southerton, & Welch (2013) bruger en isbjergs-analogi til at beskrive forskellen på den observerbare adfærd, som vi nemt kan se og måle, og de dybereliggende normer, værdier, politiske og økonomiske rationaler, der er indlejret i vores energiforbrug, som ikke lader sig måle, men kræver andre metoder (Spurling et al., 2013).

Udformning og kontekst er afgørende

“The medium is the message” – Marshall McLuhan

Det er kun meningsfuldt at tale om effekten af energi- og indeklimateedback, hvis man samtidig har blik for udformning og kontekst. Som flere tværdisciplinære forskere (se fx Krishnamurti, Davis, Wong-Parodi, Wang, & Canfield, 2013; Nachreiner, Mack, Matthies, & Tampe-Mai, 2015; Anders; Nilsson, Wester, & Lazarevic Nils, 2018) har påpeget, er mange af løsningerne, der hidtil er set, baseret på nogle forsimplede antagelser om forbrugere som rationelle agenter. Ud fra denne antagelse vil synliggørelse af

¹ BEHAVE er en konference for forskere, embedsfolk, beslutningstagere, professionelle i udviklingsarbejde såvel som i den private sektor. Til BEHAVE I 2018 deltog over 320 og konferencens book of abstracts har fået stor opmærksomhed i energibranchen.

forbrugsdata *i sig selv* øge bevidstheden om energiforbrugsniveauer og -mønstre, hvilket vil tilskynde informerede beslutninger blandt husholdninger til at reducere forbruget. Ofte er det dog mere komplekst end som så.

Mens energiregningen af natur er kvantitativ og et spørgsmål om teknik, er energifeedback i en mere anskuelig form ikke kun et teknisk og kvantitativt anliggende. Flere undersøgelser har som nævnt indikeret, at udformningen er afgørende (Etting, Ole, Efaults, Loock, & Staake, 2013; Kobus, Mugge, & Schoormans, 2015), ligesom det er vigtigt at være opmærksom på den specifikke målgruppe og den sociale og kulturelle kontekst, de indgår i, som er afgørende faktorer for virkningen af en given teknologi. Der har været forsøg med at undersøge, hvilken type kommunikation, virker bedst, men heller ikke med det i sigte kan man opnå generaliserbare svar, som kan isoleres fra kontekst. En af de nyeste danske undersøgelser af adfærdspåvirkning vedrørende indeklimavaner er Realdanias undersøgelse *Kan adfærdsdesign forbedre indeklimaet på børneværelset?* udført som et komparativt studie af, hvilken interaktionsform havde størst virkning. Med fire forskellige adfærdsinterventioner skulle børnefamilier *nudges* til at lufte ud før børnenes sengetid og holde døren åben til børneværelset om natten: De fire interaktionsformer var 1) månedlige nyhedsbreve, 2) et "vanekit" med klistermærker og skema til at koble udluftning op på eksisterende vaner, 3) en pære, som lyste rødt ved dårligt indeklima og 4) ugentlig feedback på indeklimaet sammenlignet med de øvrige deltagere. Interventionerne virkede forskelligt på deltagerne. Oplysning via nyhedsbreve virkede bedst i ugen efter udsendelse af nyhedsbrev, vane-kittet var mest effektivt i de første 14 dage, pæren virkede bedst hos deltagere med dårligst indeklima, den ugentlige feedback virkede bedst, når deltagere fik at vide, at de klarede sig dårligere end resten af gruppen (Realdania, 2018). Det er derfor afgørende med specifikke mål for en indsats, der kan måles ud fra meningsfulde parametre.

Den mest udbredte form for energifeedback i Danmark er angivelse af forbrugsdata på energiregninger. At kontekst er afgørende kan bekræftes med et studie fra 2016, der viste en klar sammenhæng mellem indeklima og varmeregningens fordelingsmodel i etagebyggeri (S. Andersen, Andersen, & Olesen, 2016). Studiet undersøgte to forskellige metoder til at fordele bebyggelsens samlede varmeregning – enten ud fra varmfordelingsmålere eller ud fra lejlighedens areal. De beboere, der betalte ud fra det målte forbrug, havde fokus på at spare på varmen, mens de beboere der ikke fik målt forbrug, men betalte et fast beløb (fastsat ud fra lejlighedens størrelse), havde fokus på et sundt og behageligt indeklima. Dette viste sig også i indeklimaet, så dem der betalte ud fra det målte forbrug, havde en markant lavere temperatur og en højere CO₂

koncentration (et overordnet mål for mængden af frisk luft pr. person) end dem, der betalte ud fra lejlighedens størrelse.

Dette eksempel vidner også om, at det gode indeklima ofte kompromitteres i jagten på energibesparelser, og at det energieffektive, gode indeklima er en balancegang, der kræver særligt fokus.

En række forsøgsprojekter i AlmenNet-regi (se fx AlmenNet, 2014 og 2016) har netop undersøgt energiadfærdens betydning for *performance gap'et* – altså den manglende overensstemmelse mellem det beregnede og det indfrie energiforbrug. Her kan målrettede og intuitive energispareråd være med til at fastholde fokus på energibesparelser og den samtidige opnåelse af det gode indeklima, hvilket i sidste ende kan betyde, at løfterne om energirenoveringens effekt efterleveres. AlmenNets rapport "Synliggørelse af energiforbruget i almene boliger" har påvist en klar tendens til reduktion i varme- og vandforbrug ved forskellige former for synliggørelse af forbrug (Kierkegaard, 2014). Samtidig konkluderer undersøgelsen på baggrund af observationer i fire almene boligafdelinger, at en lang række barrierer skal adresseres for at få det fulde udbytte af adfærdsændringer vedrørende energiforbrug. Et eksempel er, at hvis synliggørelsen og bevidstgørelsen ikke indgår naturligt i de daglige rutiner, så nedprioriteres energiadfærden i en travl hverdag.

Dette støttes af en gennemgang af litteraturen, hvor Zvingilaite & Togeby (2015) påpeger at både formen for feedback og den medfølgende information har indflydelse på effekten. F.eks. har hjemmesider, som brugeren selv skal huske at bruge, ofte en lav benyttelse og dermed lille effekt. Eventuel information, der støtter op om feedbacken skal være enkel og handlingsorienteret. Det er bedre at bruge jævnlig kort information end mere omfattende informationer, som kun leveres en enkelt gang (Zvingilaite & Togeby, 2015).

Mange studier af energifeedback forekommer at bygge på en antagelse om en deterministisk sammenhæng mellem information (årsag) og udbredelse af energieffektiv adfærd (effekt). Antagelsen synes at være at energieffektiv adfærd er fraværende på grund af manglende viden blandt brugerne (Anders Nilsson, Wester, Lazarevic, & Brandt, 2018). Antagelsen kan f.eks. bygge på en den såkaldte "information deficit" model, som i sin grundessens gå ud på at energieffektiv adfærd er fraværende fordi brugerne ikke ved, hvordan de bedst opfører sig energiøkonomisk. De mangler med andre ord information, for at kunne træffe de mest optimale valg, ud fra et rationet synspunkt (Burgess,

Harrison, & Filius, 1998). Denne model er blevet stærkt udfordret idet flere undersøgelser har vist at en forøgelse af vidensniveauet og bevidstheden omkring energieffektivitet og miljø ikke har ført til øget energieffektiv og miljørigtig adfærd (Kollmuss & Agyeman, 2002). Brugernes manglende rationelle optimering af energiforbrug skyldes altså ikke manglende viden, men i højere grad at mennesker ikke altid handler rationelt. Meget tyder på at forestillingen om, at information alene forårsager adfærdsændringer, at mennesker er rationelle væsener, og at data ikke kræver sammenhæng er mangelfuld (Blumenkranz & Slott, 2018).

Begrebet kognitiv dissonans beskriver, hvordan adfærdsændring kun er et af flere mulige reaktioner på at blive præsenteret for information; omformulering af situationen eller benægtelse af oplysningerne kan være andre reaktioner (Festinger, 1957). Canale, Slott, Finsdóttir, Kildemoes, & Andersen (2021) beskriver et studie, hvor feedbacken er udviklet med dette udgangspunkt. Her faldt forbruget af vand, el og varme, efter feedbacken blev implementeret. Studiet vil blive nærmere uddybet senere i rapporten.

Visualisering af data kan tage mange former og have mange forskellige formål. For eksempel er datavisualisering til driftspersonale og beboere to meget forskellige ting. Det første er tænkt som et arbejdsredskab til at træffe kvalificerede beslutninger i drifts- og renoveringssituationer. Visualisering er ofte tænkt sammen med CTS/HVAC-systemer i en bygning, så der skabes en kobling til driften af bygningerne, fejlfinding i anlæg osv.

Da energiregninger for mange er svære at gennemskue, kan visualisering over for en beboer eller bygningsbruger forstås som et tilbud om, at modtageren kan bruge de viste data til at regulere sin egen adfærd og dermed energiregningen. Særligt el er typisk noget, en beboer afregner selv og derfor ikke indgår i noget fællesskab omkring. På den måde, er det at sænke elregningen noget, som den enkelte gør ud fra eget ønske om enten at spare penge, af miljøhensyn eller en kombination. I modsætning hertil er varmeregningen ofte et mere fælles anliggende i en boligforening eller etagebyggeri, hvilket kan medføre en anden incitamentstruktur, som eksemplet tidligere viste.

Forskellen på energifeedback og indeklimafeedback

Som modvægt til et nogle gange entydigt fokus på energibesparelser, er indeklimaet for alvor kommet på dagsordenen. I dag ser vi et stigende udbud af løsninger, der søger at påvirke til en indeklimavenlig adfærd, ofte koblet til en fornuftig energiadfærd. Det kan fx

være Indeklimakortet, som er et kort på størrelse med et visitkort, der kan måle eller indikere temperatur og fugtniveau eller det kan være en app som Climaid, der kommunikerer indeklimaparametre som CO₂, relativ luftfugtighed og temperatur til brugere og drift. Indeklimafeedback er ikke i samme grad som energifeedback etableret i forskningen, men Realdania har, blandt andet med projektet Skolernes Indeklima, støttet en række projekter, der netop bruger datavisualisering til at forsøge at opnå det gode indeklima, som forventes at give værdifuld viden til byggeriets parter.

Kan vi så ikke bare overføre alt det vi ved om energiadfærd til beskrivelsen af indeklimaadfærd? Svaret er både ja og nej. Der er mange overlap, men samtidig er der forskelle i især afsenderen og hensigten med det.

Jermiin (2020), påpeger forskelligheden i afsendere og disses hensigter, når det kommer til påvirkning af menneskers adfærd vedrørende indeklima (Jermiin, 2020). Når almindelige mennesker modtager informationer om indeklima og indeklimaadfærd, er afsenderne fx

- Realdania, Bolius, Samvirke
- Forbrugerrådet Tænk
- Sundhedsstyrelsen
- Astma-Allergi Danmark
- boligorganisationer
- rådgivningsvirksomheder
- producenter og leverandører af fx ventilationssystemer
- startups, der udvikler software og IoT-baserede løsninger

Hensigterne kan være alt fra folkeoplysning til salg af produkter til ønsket om at beskytte bygninger og boliger mod omkostningstunge renoveringer. Afsendere af energispareråd er nogle gange, men ikke altid, overlappende med afsendere af indeklimabudskaber. Ved energispareråd kan afsendere fx være:

- Forsyningsselskaber, der er forpligtiget til at give energispareråd og bruger også energivisualisering i deres kundediolog, til at skabe engagement og adskille sig fra deres konkurrenter. Fx kan beboere logge ind på en profil og se forbrug over tid, samt få spareråd
- Målerfirmaer leverer en samlet pakke med målere samt apps
- Software-virksomheder

- Rådgivere implementerer en visuel løsning i designet
- Boligselskaberne selv
- Ejendomsfunktionær
- Bestyrelse
- Beboer

Jermiin (2020), påpeger faktorer, der har betydning for beboeres indeklimarelaterede hverdagspraksisser. Gennem kvalitative interviews og spørgeskemaundersøgelse i både private udlejningslejligheder og almene lejligheder konkluderes det, at beboerne i høj grad er oplyste om, hvilke faktorer der har betydning for indeklimaet i deres boliger. Indeklimaadfærden styres imidlertid af meget andet end denne viden. Det kan være alt fra gamle og indgroede vaner til vaner der er opstået som følge af fx ledighed (Jermiin, 2020).

Energi- og vandforbrug er i høj grad et forbrug af ressourcer – vand, el, varme, som leveres af forsyningselskaber til ens ejendom. Her er kunsten ofte 'at spare' – et lavt forbrug er godt, dog uden at det skaber fugtproblemer mm. Derimod handler gode indeklimavaner ikke på samme måde om 'at spare'. Indeklimaadfærd er således ofte, men ikke kun, de afledte effekter af energiforbruget, og er på en og samme tid ofte 'trivielt' imens det også er endnu mere komplekst og indlejret i hverdagen. Hvor energiforbruget ofte er en konsekvens af de daglige praksisser, består indeklimaadfærden på nogle punkter af mere bevidste handlinger udført for at ændre indeklimaet direkte. Eksempelvis er energiforbruget til f.eks. madlavning eller tøjvask en konsekvens af en række handlinger som er udført med andre formål end energiforbruget (at tilberede mad eller at få rent tøj). I modsætning hertil åbnes vinduet ofte med det direkte formål at ændre på indeklimaforholdene (fx at sænke temperaturen eller udskifte "tung luft" med frisk luft). Indeklimavaner er altså på nogle punkter mere håndgribelige og har mange ligheder med den gode hygiejne og vedligehold. Det handler om alt fra vinduesåbning til fugt og partikler fra madlavning og stearinlys, rengøring, tøjtørring, bad, valg af produkter, kemi fra byggematerialer og inventar, dagslys, husdyr, solafskærmning, mv.

Nogle af de skadelige aspekter af indeklimaet kan være svære at opdage. Vi er fx dårlige til at vurdere, hvor meget fugt, der er i luften og dermed hvor stor risiko, der er for skimmelvækst. Ligeledes er emissioner fra byggevarer, ultrafine partikler og den skadelige luftart radon svære at opdage, hvis man ikke måler dem.

I takt med at sensorteknologien udvikler sig og prisen på f.eks. CO₂ sensorer falder, er der kommet mange indeklimamålere rettet mod private hjem på markedet. Disse består som regel af en eller flere målestationer og en tilhørende app eller en hjemmeside, hvor brugere kan følge med i indeklimaet, både i realtid og historisk. Produkterne sælges som vejrstationer, som en del af en tyverisikringspakke eller egentlige indeklimamålere, der kan give beboerne en sikkerhed for at deres indeklima er sundt, f.eks. ved at måle radon, fugt, partikler, CO₂ koncentration osv. Fælles for dem alle er, at de lader brugere følge med i udviklingen af de parametre som måles og kan give besked på brugerens telefon, hvis der opstår ugunstige situationer. Mange af indeklimamålerne forsøger at visualisere parametre i indeklimaet, som har potentiale for at påvirke helbredet negativt, men som vi ikke kan mærke, se eller lugte – f.eks. radon eller partikler. Ofte bruges CO₂ koncentrationen som en indikator for mængden af frisk luft, i forhold til antallet af personer i lokalet, hvilket kan bruges som en grov indikation af den oplevede luftkvalitet. Der er på det seneste foretaget laborietests af et udvalg af sådanne sensorers målenøjagtighed (Mylonas, Kazanci, Andersen, & Olesen, 2019; Petersen, Kristensen, Elarga, Andersen, & Midtstraum, 2018; Zou, Young, Wickey, May, & Clark, 2020). Selvom der er store forskelle på indeklimamålernes målenøjagtighed, vil de fleste virke godt nok til at give et nogenlunde retvisende billede af de indeklimaparametre, de måler. Der er altså inden for de seneste år opstået gode muligheder for selv at kunne overvåge parametre i indeklimaet, som tidligere krævede dyre og besværlige instrumenter. Selvom nogle af disse produkter er blevet udbredt i hele verden og alene i Danmark er solgt i tusindvis, er effekten på indeklima og energiforbrug kun blevet sporadisk undersøgt i forskningen (Bidstrup, 2017).

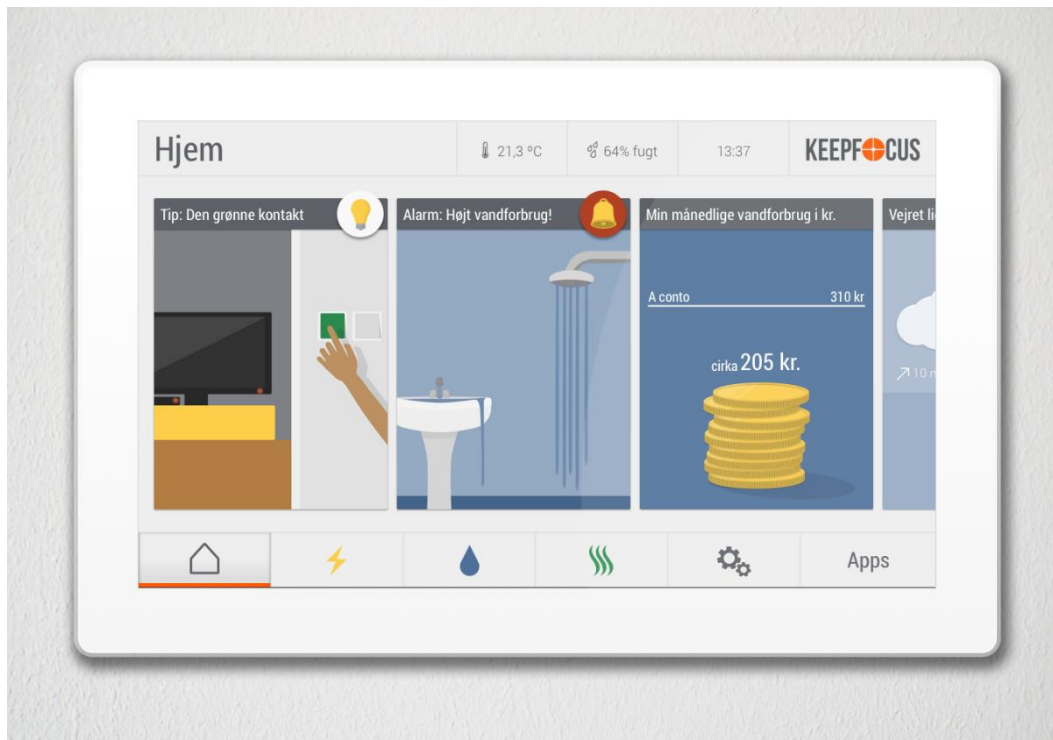
Cases

Baseret på en screening af eksisterende forsøg og indsatser beskrives fire cases, som på hver sin måde har en eksempel-værdi for det videre arbejde med datavisualisering. De fire cases er:

- KeepFocusCards, Ballerups Almennyttige Boligselskab, DAB
- Klimaknappen Boligselskabet Sjælland
- Frederikshavn Boligforeningen – smileypanelet
- FeedMe – Borgerskolen i Høje Taastrup

Gennem interviews med udvalgte nøglepersoner, er der opnået indsigt i den hverdag og kontekst, som teknologierne spiller ind i. Den kvalitative metode er valgt for netop at opnå indsigt i den praktiske og konkrete virkelighed frem for at generalisere over et kvantitativt datasæt. Strategien for valg af cases er baseret på "eksemplets magt" (Flyvbjerg i Brinkmann; & Tanggaard, 2010), hvor der er tilstræbt nok variation i de valgte cases til at bidrage med nye indsigter og refleksioner til den løbende faglige diskussion af emnet.

KeepFocus Cards, Ballerups Almennyttige Boligselskab, DAB

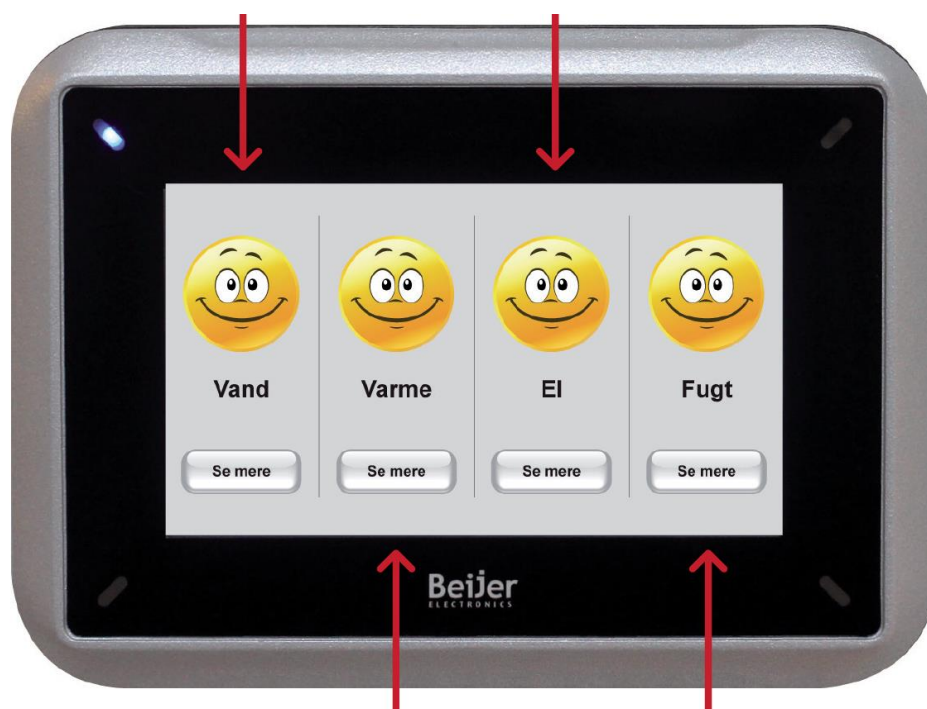


KeepFocus har i samarbejde med Teknologisk institut udviklet en visualisering af forbrug og indeklima, som kan implementeres på fastmonterede skærme i lejligheder eller som en app på en smartphone eller tablet. Løsningen blev, med en hel del indkøringsvanskeligheder, installeret på skærme monteret i alle 240 lejligheder i en almen boligbebyggelse i årene 2016–2018. Der blev lavet både kvalitative og kvantitative undersøgelser, som er beskrevet i større detaljer i Canale et al. 2021. Forbruget af vand, varmt vand, elektricitet og varme var henholdsvis 17%, 23%, 12% og 17% lavere i perioden, hvor skærmene virkede sammenlignet med periode, hvor skærmene ikke virkede. Interview af et udvalg af beboerne viste overordnet, at beboerne opfattede skærmene som intuitive og brugte dem som tiltænkt. Den information, som skærmene viste havde ført til ændrede praksisser, der overordnet set ville medføre et lavere forbrug. På grund af indkøringsvanskelighederne var det ikke muligt at gennemføre det balancerede forsøgsdesign, der var planlagt. Det betød, at man ud fra de kvantitative undersøgelser, måtte nøjes med at konkludere, at forbruget faldt, da skærmene blev tændt. Selvom de kvalitative undersøgelser peger på, at faldet i forbruget skyldes at skærmene blev tændt, er det ikke muligt, ud fra de kvantitative undersøgelser, at afgøre, om faldet i forbruget skyldes skærmene eller andre sammenfaldende faktorer.

Klimaknappen, Boligselskabet Sjælland

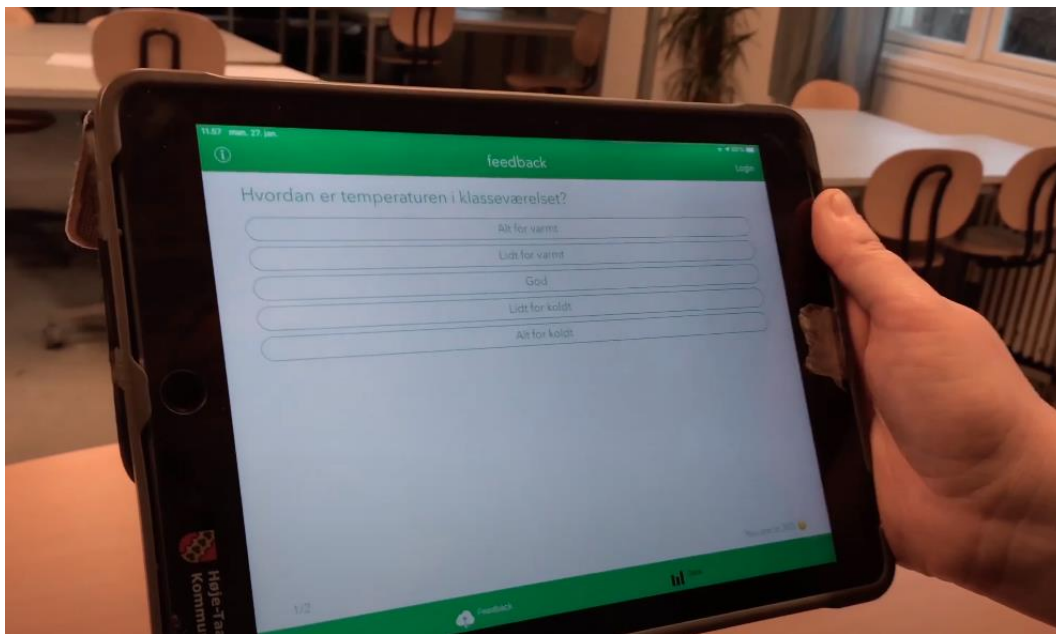
Boligselskabet Sjælland har sammen med samarbejdspartnere udviklet en intelligent styringsenhed – Klimaknappen – der vil mindske energiforbruget i almene boliger med udgangspunkt i beboerens termiske komfort. Formålet er at optimere varmesystemets fremløbstemperatur, så der kan opnås en tilfredsstillende temperatur med så lavt et varmetab fra varmesystemet som muligt. Fremgangsmåden er simpel – når en beboer gerne vil have højere temperatur i lejligheden, skrues først op for varmen på termostaterne. Hvis dette ikke hjælper, trykkes der på klimaknappen og fremløbstemperaturen hæves, så der kan tilføres tilstrækkelig varme til lejligheden. Det nye ved systemet er, at beboerne nu har mulighed for at styre både fremløbstemperatur og vandgennemstrømning i deres radiatorer. I etagebygninger styres fremløbstemperaturen som regel ud fra temperaturen udenfor. Når det er koldt udenfor, er der behov for meget varme i lejlighederne og fremløbstemperaturen sættes derfor til en høj temperatur. Omvendt er fremløbstemperaturen lav, når det ikke er koldt udenfor. Brugerne styrer selv, hvor varmt de vil have det i lejlighederne, ved at indstille termostaten på radiatoren, som regulerer gennemstrømningen af det varme vand i radiatoren. Dette system virker fint, hvis fremløbstemperaturen er høj nok, men tabene fra varmerørene afhænger af fremløbstemperaturen, så der er høje tab, når fremløbstemperaturen er høj. Fremløbstemperaturen skal altså være høj nok til at alle lejligheder kan have den temperatur, som beboerne ønsker. Men fremløbstemperaturen skal ikke være højere end dette niveau, da det vil medføre unødige tab i systemet. Formålet med klimaknappen er at optimere fremløbstemperaturen, så alle beboere får den temperatur, de gerne vil have, med så få tab som muligt. Hvis beboerne har det for koldt, skrues de først op for varmen på termostaten. Hvis dette ikke hjælper, trykker de på klimaknappen. Det sender signal til varmesystemet, som hæver fremløbstemperaturen til bygningen. Systemet afprøves i skrivende stund i en bebyggelse, der administreres af Boligselskabet Sjælland.

Smileypanelet, Frederikshavn Boligforening



Frederikshavn Boligforening har, sammen med samarbejdspartnere og i forbindelse med renovering og vedligehold af afdelingen Bakkegården, installeret et måleapparat, der giver beboere mulighed for at holde øje med luftfugtigheden samt el-, vand- og varmeforbruget i deres bolig. Hver husstand kan tilgå informationen via et såkaldt smileypanel, der er installeret i lejligheden. En sur smiley betyder, at aconto-forbruget overskrides. En glad smiley indikerer, at forbruget ligger som forventet, baseret på acontoberegninger. De decentrale ventilationsanlæg, der er blevet installeret i hver lejlighed, giver mulighed for at illustrere luftfugtigheden, hvor beboerne også kan gå ind og ændre lidt på ventilationsraten, hvis de fx gerne vil have et højere luftskifte. Ellers styres ventilationsraten i henhold til luftfugtigheden i boligen. I de afdelinger hvor boligforeningen har solceller fortæller panelet via smileyen hvornår der er solcellestrøm til rådighed. På den måde kan beboerne vælge at lægge energiforbruget herefter. Efter nogle års udvikling af projektet, er panelerne i dag koblet til dørtelefonen og vises i den samme skærm, som bruges til at åbne døren med. Ud over skærmene i beboernes lejligheder, samler CTS-anlægget alle data og visualiserer det i en mere avanceret form i realtime for den tekniske afdeling. Bakkegården har opnået energibesparelser, men der har ikke været kontrollerede forsøg for at dokumentere, hvor stor en del af besparelsen kan tilskrives skærmene.

FeedMe, Borgerskolen Høje Taastrup



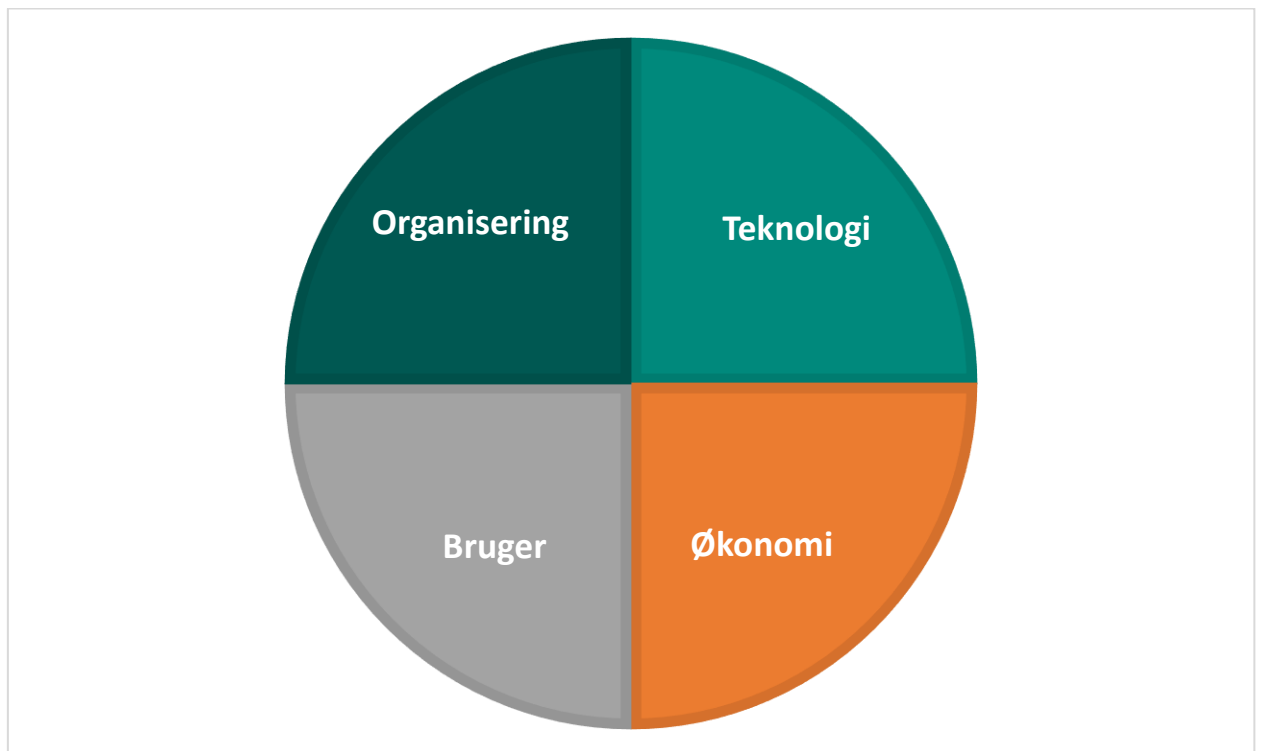
FeedMe er en app til ventilation og varmforsyning, hvor luftskifte og varmeregulering sker ud fra bygningsbrugernes input, som de giver ved at besvare appens enkle spørgsmål om indeklimaet. Appen og de tilhørende værktøjer er stadig på forsøgsbasis i en af Høje Taastrups folkeskoler. Her er appen koblet til bygningens HVAC-systemer. Både varme og ventilationssystem er forbundet med fjernvarme. De fleste af radiatorerne i klasselokalerne og gange er gamle støbejernsradiatorer; nogle af disse er også underdimensionerede. Via en MQTT-server er der oprettet en tovejsforbindelse til HVAC-systemet, der gør det muligt at overvåge HVAC-systemet og ændre fremløbstemperaturen både i ventilation- og i varmesystemet samt tænde og slukke for ventilationssystemet. På nogle radiatorer er der installeret sensorer til at overvåge returtemperaturen. Via energimålere overvåges el- og varmeenergiforbrug. I februar 2019 blev der installeret 65 smarte termostatventiler og seks gateways til at styre temperaturen i hver enkelt radiator / rum.

Onlineløsningen Climify og FeedMe-systemet blev testet på Borgerskolen i Høje Taastrup i 2018 og 2020. Der blev installeret indeklimamålere, for at give mulighed for at kontrollere temperatur på rumniveau. Med Climify kunne lærerne se indeklimaets

tilstand visuelt og objektivt vurdere spørgsmål relateret til indeklima. Brugen af Feedme satte fokus på komforten og sænkede driftsomkostningerne til varmesystemet.

Caseoverblik i tværgående perspektiv

Cases er undersøgt ud fra nedenstående model, som dækker fire vigtige parametre for en helhedsorienteret løsning. Energi- og indeklimavisualisering indgår i menneskers hverdag i direkte interaktion med brugeren, og derfor skal balancen findes mellem økonomiske, tekniske, organisatoriske og brugsmæssige hensyn, ligesom at der findes barrierer inden for alle fire områder.



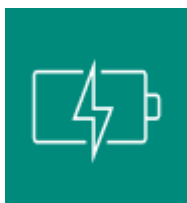
TEKNOLOGI <i>Hardware, software, funktionalitet</i>	BRUGER <i>Brugervenlighed, design, dialog, virkemidler</i>	ORGANISERING <i>Ansvar, introduktion og drift</i>	ØKONOMI <i>Investering, besparelser, merværdi</i>
KeepFocus Cards Partnere: DAB (udbyder), KeepFocus, Teknologisk Institut			
<p>Browserbaseret app, der vises i fastmonteret porttelefoni-skærm (koblet til dørtelefon) i lejligheder. Appen viser forenkede data fra el-, vand- og varmemåler på timebasis og sammenlignet med lignende husstande i bebyggelsen. Derudover vises relativ luftfugtighed og temperaturmålinger fra målere i lejlighedens indgang.</p>	<p>Appen er designet med henblik på at sikre gode energivaner ved at gøre informationen vedkommende og motiverende for beboeren. Appens brugerflade er designet og tilpasset løbende i dialog med beboere.</p> <p>Data vises i form af et "feed", altså kort, der vises på skærmen, når de er relevante, fx vises vandforbrug, hvis vandforbruget er højt. Foruden forbrug vises også energitips i kort, som beboeren opnår "point" for at læse.</p>	<p>Skærmene blev installeret som del af et målerudbud i en gennemgribende renovering af ejendommen Korngården. Der har været afholdt introduktionsmøder, men grundet forsinkelser og tekniske fejl har nogle beboere givet udtryk for, at kommunikationen om skærmene har været mangelfuld.</p>	<p>Forbruget af vand, varmt vand, elektricitet og varme var henholdsvis 17%, 23%, 12% og 17% lavere i perioden, hvor skærmene virkede sammenlignet med periode, hvor skærmene ikke virkede. Det var ikke muligt at gennemføre det balancerede forsøgsdesign, der var planlagt. Det betød, at man ud fra de kvantitative undersøgelser, måtte nøjes med at konkludere, at forbruget faldt, da skærmene blev tændt.</p>
Klimaknappen Partnere: Boligselskabet Sjælland, Danfoss, NorthQ, ClimAid og DTU			
<p>Klimaknappen er en enhed til intelligent styring af varme i boligen. Ved et tryk på Klimaknappen hæves fremløbstemperaturen, så der kan tilføres tilstrækkelig varme til lejligheden. Systemet giver beboerne mulighed for at styre både fremløbstemperatur og vandgennemstrømning i deres radiatorer. Klimaknappen er baseret på</p>	<p>Klimaknappen er ikke en visualisering af data, men en fysisk knap, som kan aktivere en højere fremløbstemperatur, end den, som husstanden i udgangspunktet har til rådighed. Tanken er at ejendommen herved kan reducere fremløbstemperaturen, da beboerne nu har en nem måde at melde tilbage til</p>	<p>Systemet indsamler data og registrere beboernes tryk på knappen. Når systemet kører, sænkes fremløbstemperaturen gradvist indtil beboerne trykker på knappen. Når en beboer trykker på knappen hæves fremløbstemperaturen i et stykke tid.</p>	<p>Løsningens effekt er ikke dokumenteret, men forventes at kunne reducere energiforbruget med 15%. For en bebyggelse med 172 lejligheder og et årligt forbrug på 1.810.000 kWh og 1.268.00 kr./år, vil reduktionen give en årlig besparelse på 190.000 kr. Yderligere vil løsningen kunne afhjælpe de problemer og omkostninger</p>

<p>allerede eksisterende og testede løsninger, hvor samspillet på tværs af disse skal udvikles og sammenkobles i en ny applikation.</p> <p>Som systemet er indrettet ny, måler klimaknappen temperatur, fugtighed og CO2 koncentration i lejlighederne.</p>	<p>varmestyringen, når der bliver for koldt. På den måde skabes en mulighed for at brugerne kan interagere direkte med det system, der bestemmer fremløbstemperaturen. Hvis systemet skal virke, kræver det at beboerne forstår systemets handlemuligheder.</p>	<p>Systemet afprøves i skrivende stund i en bebyggelse i Roskilde, som administreres af Boligselskabet Sjælland.</p>	<p>der opstår ved en skimmelsvamp sanering – ikke blot de økonomiske, men også de materielle og helbredsmæssige omkostninger, som skimmelsvamp kan medføre.</p>
<p>Smileypanelet</p> <p>Partnere: Frederikshavn Boligforening, Tankegang a/s, Soft & Teknik a/s, TRIGON a/s</p>			
<p>Smileypanelet er en skærm, der er koblet til lejlighedernes porttelefoni (dørtelefon) og visualiserer data om forbrug af el, varme og vand ned til dagsbasis samt luftfugtighed og temperatur i lejligheden. Herudover viser panelet hvornår der anvendes varme fra solcelleanlæg.</p> <p>Tallene for hver forsyningsart svarer til det, hver lejlighed er sat til i a'conto betaling.</p>	<p>Brugerfladen består af en række smileyer, en for hver parameter, der er glad eller sur afhængigt af om beboerens forbrug stemmer overens med aconto-betalingen. På den måde er det en hjælp til at sikre, at der ikke kommer en ekstraregning, når årsopgørelsen skal laves. Smilejerne giver beboeren et hurtigt overblik over, om der er noget han eller hun skal ændre.</p>	<p>Systemet indsamler målerdata, som sendes til en central database. Frederikshavn Boligforening fastsætter forbruget for hver lejlighed.</p> <p>Smileypanelet indgik i en samlet indsats for at sikre en fornuftig brug af bygninger, der havde gennemgået en energireovering. Panelet er således blevet introduceret i samarbejde med ambassadører og ejendomsfunktionær og det er muligt at læse mere om det på en hjemmeside eller henvendelse til driften.</p>	<p>Der er ikke lavet en samlet opgørelse for, hvordan Smileypanelet har påvirket energiforbruget. Smileypanelet har dog givet boligforeningen stor merværdi i form af synlighed i medier, et fællesskab hos beboerne omkring energi og en øget tilpasning til mere databaseret styring. De bagvedliggende samlede data effektiviserer driften af hele afdelingens forbrug af energi. Og på den måde simplificeres også boligforeningens drift af afregningen via faktuel forbrugsmåling i hver lejlighed.</p>
<p>Feedme</p> <p>Partnere: Climify, DTU, Høje Taastrup Kommune, Borgerskolen</p>			
<p>App til indstilling af luftsifte og varmeregulering ud fra input fra skolens brugere.</p>	<p>Appen stiller enkle spørgsmål om indeklimaet i de enkelte rum, som brugerne skal besvare.</p>	<p>Feedme indgår i den daglige drift af skolen og skaber et bindeled mellem lærere/arbejdsmijørepræsen tant, ledelse og drift.</p>	<p>FeedMe har foretaget en besparelse på omkring 10% i Borgerskolen. Potentialet kombineret med smarte styringer styring af termostatiske ventil er omkring 30%.</p>

Tendenser og udvikling

Ud fra en række temaer påvises forskelle og overlap mellem de forskellige muligheder, der er ved de fire løsninger. Særligt teknik og brugerinteraktion er vigtig, men der kastes også et blik på organiseringen, herunder hvem afsenderen er samt hvilken investering det har været.

Teknologi



Teknologisk udvikling på energimåler- og sensorområdet

Det at arbejde aktivt med feedback til beboere og indflydelsen på energiforbruget i bygninger er ikke en ny opdagelse. Det ses blandt andet i et tidligt studie fra 1978 kaldet *The twin rivers program on energy conservation in housing: Highlights and conclusions* (Socolow, 1978). Et af omdrejningspunkterne i dette studie var beboerens indflydelse på energiforbruget til rumopvarmning. Konklusionen var allerede dengang, at beboerne i Twin Rivers reducerede deres sommerforbrug med 10-15% og deres vintergasforbrug med op til 10%, når information om deres forbrugsniveau blev leveret dagligt i kontrollerede feedback-eksperimenter. I løbet af studiet måtte forskerne manuelt og på papir nedskrive det daglige el- og gasforbrug i hver bolig hver dag for at kunne give informationen til beboerne.

De teknologiske fremskridt indenfor måle- og monitoreringskomponenter såvel som inden for telekommunikation og informations- og dataudveksling gør det lettere for forskere at monitorere og vurdere både bygninger og beboeres adfærd. Selv for 12 år siden var et af de største projekter (Cali, Andersen, Müller, & Olesen, 2016; Cali, Osterhage, & Müller, 2011) indenfor vurdering af renoverede bygningers ydeevne med i alt 90 lejligheder, og beboernes rolle for bygningers energimæssige ydeevne, stadig afhængigt af kabeltilsluttede sensorer og en DSL-internetforbindelse i hver bygning. University of Applied Science i Karlsruhe udviklede specielt til dette studie både en

kabeltilsluttet og en batteribaseret MBUS-baseret indeklimate-sensor, der kunne måle temperatur, relativ fugtighed, CO₂ koncentration, flygtige organiske forbindelser, lys og forholdet mellem synligt/infrarødt lys (til at estimere lyskilden). Dette monitoreringssystem kørte i 4 år og registrerede værdier hvert minut. Kun den kabeltilsluttede løsning endte med at blive brugt i hele perioden, da den batteridrevne løsning hverken var stabil eller pålidelig, og batteriets levetid var alt for lav. Kabeltilsluttede sensorer blev installeret på alle vinduer og koblet til M-BUS-systemet. Forbruget af varme og varmt vand samt temperaturen i ventilationssystemet blev monitoreret på bygnings- og lejlighedsniveau, og i 40% af lejlighederne også på rumniveau. Udvikling, installation og vedligeholdelse af monitoreringssystemet kostede over 1 million EUR. I dag ville et lignende system sandsynligvis koste mindre end 250.000 EUR og ville ikke kræve kabeltilsluttede indeklimate-sensorer.

Visionen om den intelligente bygning og smart grid

Den teknologiske udvikling inden for energi- og indeklimatevisualisering og intelligent styring er uløseligt forbundet med visionen om det intelligente hjem, hvor el, vand, varme, lys og udluftning kommunikerer indbyrdes via en elektronisk central og automatiseres eller styres fra en app for at sikre komfort og energibesparelser. Udover komfort og forsyning omfatter markedet af intelligente løsninger også en række alarmsystemer, som fx røgalarmer og indbrudsalarmer, der selv tilkalder hjælp, når de aktiveres. Udviklingen hænger også tæt sammen med udbredelsen af gadgets, som fx når køleskabe, opvaskemaskiner, musikanlæg mv. styres fra en app.

I dag er de teknologiske fremskridt indenfor sensorenheder i hastig udvikling, og markedet for sådanne enheder vokser hurtigt. Ifølge Consumer Technology Associations², forventes udgifterne til såkaldte "Smart Cities" at vokse fra 14,85 mia. USD i 2015 til 34,35 mia. USD i 2025. Monitorering af åbning af vinduer og døre er en almindelig løsning (ofte trådløs) for mange bygninger i dag, hovedsageligt af sikkerhedsmæssige årsager.

² <https://www.researchandmarkets.com/reports/4846032/smart-building-market-growth-trends-and#pos-0>

Desuden har den hurtige udvikling af IoT-enheder gjort det muligt at have store mængder aktuatorer såsom intelligente termostater, batteridrevne solcelleintegrerede persiener og skodder og intelligente blæsere til en relativt lav pris. Denne teknologiudvikling bidrager til:

1. Monitorering af bygningers ydeevne samt opsporing og lokalisering af fejl;
2. Forbedring af indeklimaet med aktive og passive løsninger:
 - a) Aktive løsninger kan f.eks. være intelligente termostater, intelligente blæsere osv.
 - b) Passive løsninger kan f.eks. være skodder eller naturlig ventilation (selvåbnende motoriserede vinduer), som forhindrer overophedning;
3. Styring af hele varme-, ventilations- og kølesystemet, også under hensyntagen til vejrudsigter og live data om belægningsgrad.

Fremskridtene inden for telekommunikationssektoren gør det desuden muligt at udveksle data hurtigt og effektivt. Teknologi som 5G giver udveksling af big data i næsten real-time, mens teknologier som LoRaWAN tillader dataudveksling med en meget lav mængde energi, og de er derfor perfekte til brug i batteridrevne sensorer.

I forbindelse med projektet FeedMe på Borgerskolen i Høje Taastrup bruger forskerne udover Bluetooth-lavenergi-beacon-netværket for at identificere belægningsgraden i bygningerne, flere gateways med forskellige typer kommunikationsteknologi, herunder 3G, LoRaWAN og Z-Wave. Der er installeret sensorer til indeklima og til energiforbrug samt aktuatorer (intelligente termostater).

Hos Frederikshavn Boligforening drejer projektet med Smileypanelet sig om andet og mere end energiforbrug:

”Jeg har en ide om at jeg gerne vil videre. Jeg vil have vores gildesale indover, jeg vil have automatisk bookning, automatisk styring, bookning af vaskeri, mulighed for at starte gildesalen. Brikken og systemet skal også stile og roligt begynde ladning af elbiler og elcykler.

Det er lidt historien om, at vi startede et sted og det udviklede sig. Vi har fået lagt en retning der åbner op for at uanset hvad der kommer, så kan vi bare tilslutte det. Smart grid og smart city. Vi stod med kablet i tre år og spurgte ”hvor er det vi skal sætte det i henne?” Der har vi så lavet vores eget ”smart grid”. Hvordan bruger vi energien bedst?

Vi kører en prognosebaseret varme i stedet for at det kun kører på temperaturfølere, så vi får fremtidens varme med. Så vi handler på fremtiden. Så er systemerne også lærende, så de finder ud af hvor lang tid den skal bruge på at opvarme en blok.”

(Teknisk projektleder, Frederikshavn Boligforening)”

Datavisualisering som iterative teknologiprojekter

Interviews med teknisk ansvarlige i både Frederikshavn Boligforening og DAB viser, at datavisualisering kommer med en række uforudsigeligheder, og at det derfor kan betale sig, at have en vis 'agilitet', så der skabes plads til læring undervejs. Tilgangen har været en slags 'trial and error', da man ikke fra dag ét kunne planlægge processen i detaljer.

Den eksperimenterende tilgang kan bl.a. ses i svaret fra driftschef i DAB:

”Jeg ser nogle muligheder i systemet (...) Så vi kommer til at lave nogle yderligere tiltag eller i hvert fald eksperimenter kan man sige, for at se hvordan det udvikler sig. (...) jeg har tænkt mig at skalere det lidt op i hvert fald. Jeg synes det er meget interessant, hvad man kan opnå med det.”

(Driftschef, DAB)

På samme måde har Frederikshavn Boligforening gjort sig nogle erfaringer undervejs, som tyder på, at de har kastet sig ud i projektet, som så er blevet tilpasset undervejs:

”Og målet var altså, og det er det stadigvæk, at illustrere overfor beboerne deres forbrug på el, vand og varme, dag-, uge-, måned-, årsniveau. Det startede vi med i 2012 og det gør vi stadigvæk. Så er rejsen jo videre, at der er kommet nogle udvidelser og lidt af hvert... (...)

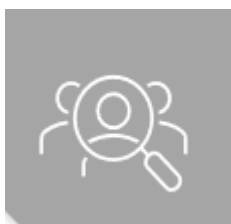
Så tog vi jo fat i en virksomhed, der ligger her i byen, som kommer fra offshore-industrien af og de satte nogle paneler op, som er kendt fra industrien, hammerhårde og næsten umulige at smadre, koster også lidt penge, det har været vores udfordring hele vejen igennem, at det er lidt for dyrt, synes vi, det vi går og laver. Så har vi det her panel siddende, som udelukkende illustrerer deres energiforbrug. Så fandt vi lynhurtigt ud af at vores ventilationsanlæg, de er jo faktisk ved at være individuelle, altså decentrale anlæg i hver lejlighed, det kunne vi ligeså godt illustrere overfor

dem, når vi nu vi var i gang, så luftfugtighed fra lejlighederne kommer ind på skærmene (...).

Så faldt det os jo lige pludselig for øje, at de afdelinger hvor vi har solceller, hvilket snart alle afdelinger har, der kunne vi også godt tænke os at fortælle vores beboere "hvornår er det egentlig i vores afdeling, at jeres afdeling kører på solcellestrøm, hvornår er det vi køber strøm?" og det var ret nemt, når nu vi havde panelet til at sidde, og vores CTS-anlæg, den ved om nogen, hvad vej strøm det løber, om det løber ud af bygningen eller ind i bygningen."

(Teknisk projektleder, Frederikshavn Boligforening)

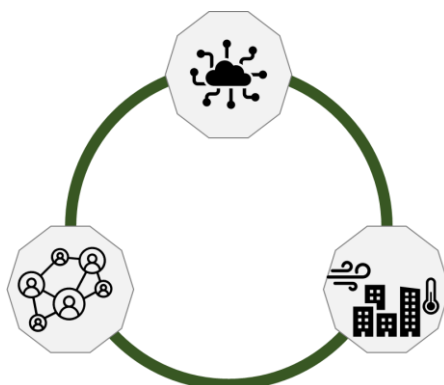
Bruger



Bygninger som cyberfysiske sociale systemer

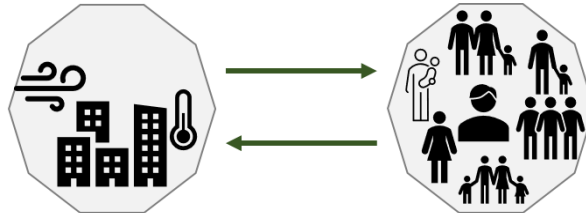
Den hurtige udvikling i IoT og den potentielle integration i det byggede miljø repræsenterer en unik mulighed for at omdanne ældre bygninger til såkaldte cyberfysiske systemer – *cyber physical systems* (CPS) (Gil, Albert, Fons, & Pelechano, 2020). Bavaresco, D'Oca, Ghisi, & Lamberts (2019) angiver nødvendigheden af at medregne den "menneskelige dimension" i bygningernes kontrolsløjfe og introducere bygninger som cyberfysiske sociale systemer (CPSS, Figur 1).

Bygninger der håndteres som et CPS eller et CPSS kan let integrere den menneskelige dimension ved at anvende et human-in-the-loop kontrolsystem baseret på brugernes subjektive oplevelse af indeklimaet. Samtidig kan de levere værdifulde data til at forstå problemer og finde optimale løsninger mht. indeklima, komfort og energiforbrug.



FIGUR 1. BYGNINGER SOM CYBERFYSISKE SYSTEMER, BASERET PÅ (BAVARESCO ET AL., 2019)

Bavaresco et al. (2019) beskriver feedback som et tovejssystem, hvor beboere kan få den rigtige feedback om, hvordan de kan forbedre deres adfærd, og bygningen kan forbedre præstationen baseret på den feedback, der er modtaget fra brugerne (Figur 2 **Error! Reference source not found.**).



FIGUR 2. FEEDBACK TIL BRUGERADFÆRD OG FORBEDRING AF SYSTEMETS YDEEVNE, BASERET PÅ BAVARESCO ET AL. (2019)

I traditionelle bygninger interagerer beboere med det byggede miljø enten ved at vælge indstillingspunkter (f.eks. Indstilling på termostaten, ventilationen osv.) eller ved at styre aktuatorer direkte (f.eks. Tænde og slukke for lys, lukke eller åbne vinduer, persienner og skodder osv.).

Adolph, Kopmann, Lupulescu, & Müller (2014) beskriver et forsøg med at samle feedback fra brugerne og bruge dette til at styre temperaturen. I forsøget kunne brugerne ved hjælp af små vægpaneler med to knapper tilkendegive, at de frøs eller havde det for varmt ved at trykke på en af to knapper. Sammenlignet med manuelt betjente termostater fandt Adolph et al. 2014 en energibesparelse på 10%.

Yderligere forsøg inkluderer brugen af smileys til at bedømme indeklimaet (for det meste temperaturen) eller en enkelt knap for at signalere utilfredshed. Alle disse systemer har fordelene at være let tilgængelige for enhver bruger. Men systemerne registrerer ikke hvem, der interagerer med systemerne og derfor kan en enkelt utilfreds bruger få stor indflydelse på forholdene for et helt kontor eller klasseværelse, ved at rykke gentagne gange på knapperne.

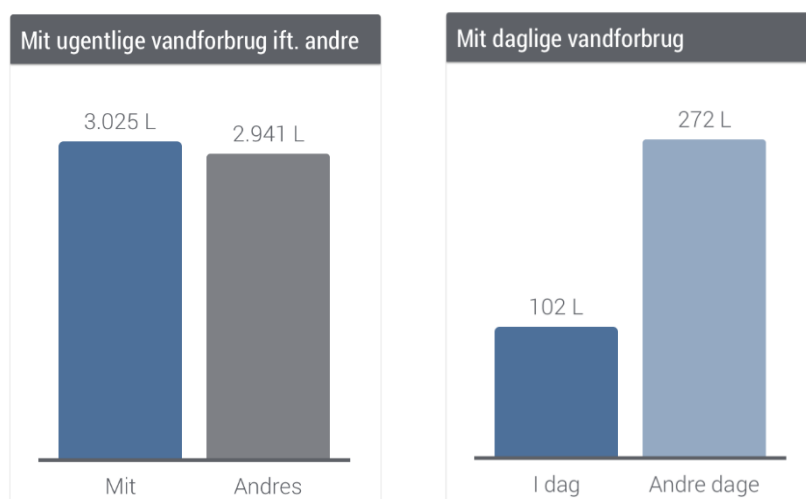
Mens nogle systemer er baseret på paneler med knapper, bruger andre systemer apps på mobilteler. Brugere kan bruge deres mobiltelefon til at bedømme indeklimaet, og denne vurdering indsamles af en server og bruges til at styre indeklimaet. Den største fordel ved disse systemer er relateret til muligheden for at forbinde en feedback til en enkelt bruger. Disse systemer er i skrivende stund kun i en prototype-fase og kræver, at brugerne manuelt kommunikerer deres position i bygningen. Dette er der to ulemper ved: det udgør en barriere for brugerne, da det gør det til en mere kompleks opgave for brugerne at interagere med systemet. Desuden øger det chancerne for fejl, når man skal angive sin egen placering i bygningen.

Brugervenlighed

De fire caseprojekter har fokus på brugerne på forskellig vis. Særligt i forbindelse med KeepFocus Cards i Korngården og Smileypanelet i Frederikshavn Boligforening har det været et udpræget fokus, at udforme platformen og tilpasse detaljeringsgraderne til almindelige brugere.

I Korngården i Ballerup har man haft særligt fokus på brugerinddragelse i selve udviklingen af løsningen, for at gøre appen intuitiv at anvende. App'en fungerer som et personligt feed, som vi kender det fra fx Facebook. Feed'et består af forskellige kort med information i form af et billede, en graf eller en tekst. Nogle kort dukker op på baggrund af brugerens adfærd og motivationstype, imens andre kort altid er til stede.

KeepFocus Cards benytter sig af en række psykologiske motivationsfaktorer såsom nudging, gamification og som vist nedenfor, sammenligninger med en gennemsnitsbetragtning af eget forbrug samt med naboernes forbrug.



FIGUR 3. FORBRUGSDATA VISES I SAMMENLIGNING MED BÅDE EGET FORBRUG I GENNEMSNIT OG SAMMENLIGNET MED NABOER

Smileypanelet sammenholder forbrug individuelt for el vand og varme med beboerens aconto indbetaling. Dvs. indbetalingen sammenholdes med den energiform, der passer, den sammenlignes med lejlighedens energiform.

”Hvis nogen af vores beboere, når året er omme, skal have en ekstraregning. det er jo altid træls at få, specielt hvis du ikke har pengene i øvrigt, så kan de ikke være uvidende om det, fordi så har smiley jo altså været sur i lang tid. Så har de jo siddet det overhørig kan man sige, så har de i hvert fald truffet det valg, I stedet for som man kan sige, som det kører i mange afdelinger, så er det meeega spændende når varmeregningen den kommer til marts, ”skal jeg have pengene eller skal jeg af med pengene” – det ved vores beboere altså på forhånd.

Begynder du at have en sur smiley, så har du to muligheder. Den ene den er at du kan bruge mindre energi, så bliver han jo glad igen. Og den anden det er at så må du jo krybe til muldvarpen og så indbetale lidt flere penge, så du så illustrativt får lov at bruge mere energi. Det er jo ikke sådan at vi går ud og lukker måleren hvis han er sur. Det er kun det illustrative i det.”

(Teknisk projektleder, Frederikshavn Boligforening)

Fastholdelse af opmærksomhed

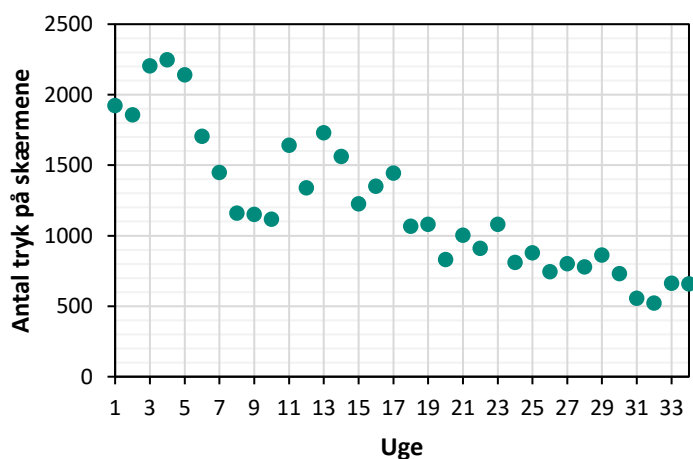
At arbejde med datavisualisering med det mål at opnå adfærdsændringer kræver viden om menneskers psykologi, vaner og mønstre. Alle caseprojekterne trækker på elementer fra adfærdsdesign, hvor et af hovedgrebene er at skabe ændringer, men samtidig forvente meget få anstrengelser fra brugerens side, for på den måde at sikre en, så vidt muligt, vedvarende ændring. Dog kan man stille spørgsmål ved, om den vedvarende adfærdsændring findes, hvis der dermed menes, at adfærdsændringen efter en kort implementering kan opretholde sig selv. Interviewpersonerne indikerer, at der vil være et behov for opfølgning og fastholdelse af momentum, hvis datavisualiseringen ikke skal forsvinde i baggrunden. Hos DAB, ser driftschefen det som noget naturligt, at de gode vaner måske aftager efter lidt tid, men kan genetableres i forbindelse med fx udgivelsen af varmeregnskaber, nye features til appen, interesse udefra osv:

”Jeg tror det er sådan en tilbagevendende proces, at så er det fokus i en periode, nu har vi som sagt lige fået omdelt nogle varmeregnskaber (...) så jeg tror det vil komme tilbage med sådan en eller anden turnusordning, hvor vi siger ”vi vil gerne give det liv”. Altså det man sætter fokus på, giver man liv, så lige så snart vi har noget mere håndgribeligt i forhold til de her kort og en brugermanual, så vil vi gerne promovere det igen. Så er der jo aktører rundt omkring, hvis det nu er fx nogle ingeniørfirmaer, som jo også vil ud og besøge os. Så på den måde får det jo noget hype. Ideen er jo at

det vinder indpas og grobund, nu hvor vi kan høste noget erfaring, men også at det bliver ved med at være interessant for beboerne. Så jo, vi kender jo, der er denne honeymoonfase, de første tre måneder, så er der fokus på tingene, så forsvinder det lidt, så forsvinder genstandsfeltet, men det kommer igen hvis man sætter fokus på det.”

Driftschef, DAB

Figur 4 viser hvor mange gange beboerne trykkede på skærmene hver uge efter skærmene begyndte at virke. Her er det tydeligt at antallet af interaktioner aftog med tiden. Om det skyldes at beboerne lærte funktionerne bedre at kende (og dermed ikke havde brug for så mange tryk, for at få informationerne frem) eller om der er udtryk for en dalende interesse fra beboernes side, vides ikke.



FIGUR 4. TENDENS I BEBOERNES INTERAKTIONER MED SKÆRMENE OVER TID. FIGUREN ER FRA CANALE ET AL. 2021

I Frederikshavn Boligforening oprettede de en såkaldt "BoligEnergiSkole" sideløbende med installationen af skærmene, da det allerede ved helhedsplanlægningen viste sig, at der var et udtalt behov for at ændre beboernes forståelse for nødvendigheden af at ændre adfærd, når de flyttede tilbage til en helt ny tæt og energirenoveret bolig.

I en afrapportering af projektet beskriver parterne bag, hvordan behovet for at engagere og fastholde opmærksomheden opstod sammen med ideen om smileypanelet:

”Det var her behovet for og ideen til BoligEnergiSkolen opstod. Det at fastholde en ændret adfærd blev den store udfordring ved udviklingen af konceptet til en BoligEnergiSkole, og det førte til opfindelsen af smileypanelet. BoligEnergiSkolen lykkedes, men ikke som en skole. Beboerne nægtede at gå mere i skole. Det blev en individuel og digital BoligEnergiSkole. En kombination af hjemmeside og smileypanel i samarbejde med ambassadører og ejendomsfunktionær.” (Boligforening & TANKEGANG, n.d.)

Alligevel er der ifølge driftschefen et behov for en manual og redskaber til dialogen med beboerne

”Nu er jeg lidt hæmmet af at jeg kender ikke præmisserne for opstarten, men jeg kan se at det var lidt langt henne i forløbet at vi som administrationsselskab og driftsfolkene fik at vide, hvad er det for et output eller usermanual, som beboerne får i forhold til produktet. Det kunne være, hvis man havde været lidt klarere til at starte med hvad for et fysisk produkt vi skulle have udover skærmene, udover et eller andet digitalt medie, så ville jeg da godt have prøvet det af inden at man var færdig med det. Og jeg ved godt det er en iterativ proces, men det handler om at skulle undgå at forklare en ny tilflytter med alt for mange ord ”hvad betyder den blå og den røde og den grønne søjle på din skærm”. Det kunne være man kunne have klaret det på en lidt anden måde. Det tror jeg bliver en udfordring i hvert fald.”

Energiforbruget er en konsekvens af beboernes handlinger og praksisser og beboerne tænker måske ikke engang over hvordan deres praksisser påvirker energiforbruget. I nogle tilfælde, vil en besparende praksisændring have relativt få omkostninger for beboerne (f.eks. at slukke for vandet under tandbørstning eller opvask i opvaskebalje frem for under rindende vand), mens andre ændringer vil opfattes som mere indgribende (f.eks. at skrue ned for varmen).

I nogle tilfælde skyldes en ineffektiv adfærd, set fra et energirationelt synspunkt, manglende viden om ressourceforbrug eller manglende opmærksomhed. I disse tilfælde vil en øget opmærksomhed på ressourceforbrug (f.eks. skabt gennem effektiv feedback) kunne føre til en vedvarende adfærdsændring. F.eks. er det sandsynligt at en vane med at fylde kedlen helt op, selvom der kun skal koges vand til en enkelt kop te, kan ændres, hvis brugerens fokus på ressourceforbruget ved kogning af vand forøges.

I andre tilfælde bunder den ineffektive adfærd i andre elementer af livsførelsen og brugernes værdier. Her er det ikke sandsynligt at et øget fokus på forbruget af ressourcer vil føre til en adfærdsændring. F.eks. kan en vane med at sove med åbent vindue og varmen tændt, bunde i et ønske om frisk luft i soveværelset, hvilket igen bunder i brugerens værdier.

Feedback fra bruger til bygning kan hjælpe på brugertilfredsheden

FeedMe-teknologien (Cali et al., 2019) er blevet demonstreret i en skole i Høje Taastrup Kommune (Lex et al., 2019). Skolebygningen (Figur 5) er fra begyndelsen af det tyvende århundrede og har fået nye vinduer og et ventilationssystem for år siden. FeedMe systemet er i stand til at overvåge el- og varmeenergiforbrug og ændre fremløbstemperaturen i både ventilations- og varmesystemet. Desuden kan ventilationssystemet tændes og slukkes. Temperaturen i lokalene styres primært vha. 65 smarte termostatventiler, der regulerer vandgennemstrømningen i radiatorerne.



FIGUR 5. FACADE AF CASE-STUDIE BYGNINGEN

FeedMe platform

Feedback-mobilapplikationen FEEDME er kernen i platform CLIMIFY, og det giver beboere mulighed for at give deres personlige feedback om det opfattede indeklima. FEEDME adskiller sig fra standardfeedback-apps ved automatisk at kunne registrere brugernes position i bygningen.

Via appen blev lærerne på skolen spurgt om deres opfattelse af temperaturen i rummet (Figur 6).

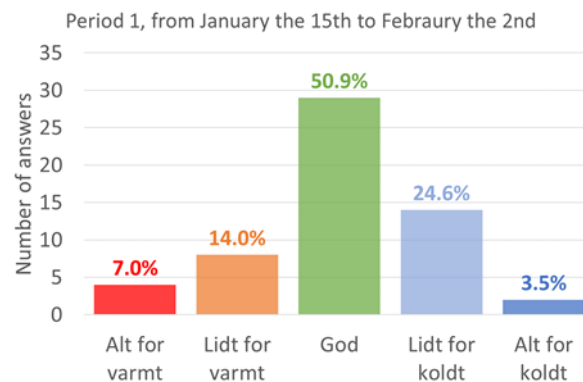
Lærerne besluttede at give feedback op til to gange om dagen, når de kommer ind i lokalene, første gang om morgenen, og når de forlod lokalet, om eftermiddagen. De fik

også lov til at give feedback, hver gang de ønskede at gøre det. I alt leverede lærerne 108 tilbagemeldinger i perioden mellem 15. januar 2020 og 13. marts 2020. I den første del af denne periode blev temperaturen ikke styret ud fra lærernes feedback.



FIGUR 6 SKÆRMBILLEDE PÅ EN MOBILTELEFON AF APPEN FEEDME RELATERET TIL SPØRGSMÅLET "HVORDAN OPFATTER DU TEMPERATUREN?" OG 7 MULIGE SVAR.

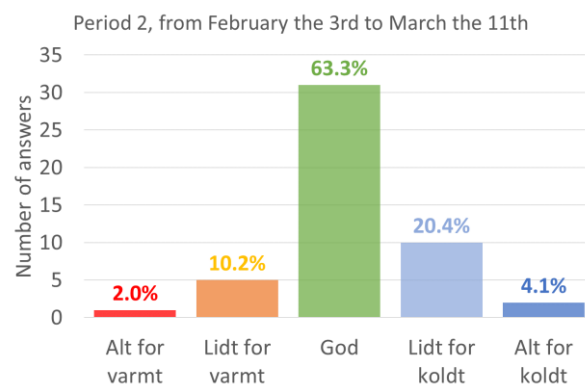
Her blev der givet 58 tilbagemeldinger, som vist i figur 7.



FIGUR 7. ANTAL GANGE HVERT ENKELT SVAR BLEV GIVET, OG PROCENTDELEN AF DET SPECIFIKKE SVAR I PERIODE 1

I den næste periode blev temperaturen i lokalerne justeret i overensstemmelse med lærernes tilbagemeldinger og temperaturmålinger.

I denne periode (Figur. 3) var der flere svar som var positive over for indeklimaet.



FIGUR. 3 ANTAL GANGE HVERT ENKELT SVAR BLEV GIVET, OG PROCENTDELEN AF DET SPECIFIKKE SVAR I PERIODE 2

Organisering



Ildsjæle er afgørende, og ledelsen skal være med

Betydningen af organisatoriske forhold såsom strategi, kompetencer, samarbejde, ledelse og organisationskultur skal ikke overses, når der arbejdes med datavisualisering.

Som tidligere citater fra interviewpersonerne viser, er det altafgørende med ildsjæle, fx i driften og blandt brugerne, for at projekter som de omtalte skal lykkes.

Spurgt direkte om, hvad det kræver af organisationen for at lykkes med energifeedback, svarede driftschef i DAB følgende:

”Ja altså det kræver at man har det her udstyr, for at kunne se tingene og det kræver, at man har nogle medarbejdere, der kan forholde sig til den data de ser, at de kan perspektivere hvordan er det overordnede indtryk og hvordan er det hvis det er en særlig bolig man kigger på, (...) at man kan forholde sig til det og sætte det ind i en kontekst, som beboerne arbejder med.

Er der mange mennesker i boligen så vil der alt andet lige være et større forbrug af visse elementer forsyning af vand og el og så videre og tilsvarende vil der være mindre forbrug hos en enkelt enlig dame. Så det kræver jo at man har en humanistisk, empatisk tilgang til data, fordi vi ved jo alle sammen at data er taknemmelig at man kan bøje det i hvilken som helst grad, men her kræver det at man har lidt gefühl, som jeg ser det i hvert fald. Jeg er ikke sikker på at alle driftschefer og teknikere vil have den tilgang, men vi prøver at have en mere humanistisk tilgang i forhold til data som størrelse.”

Projektleder i Frederikshavn Boligforening påpeger også, at indkøringsfasen kan være lang og det derfor er vigtigt, at ansatte har interesse i at udvikle systemerne:

”Vi har altid undret os over, at der ikke er andre boligforeninger, der ligesom går med på det setup, som vi har været med til at udvikle, (...) det eneste vi kan komme frem til, det er, at det er for dyrt, det vi går og laver. Det er for dyrt og måske lidt for kompliceret, hvis ikke man har en i organisationen, der er interesseret i det”

(Teknisk projektleder, Frederikshavn Boligforening)

Kompetencer til at drive projekterne er afgørende og viljen til at gøre tingene på nye måder drives ofte af ildsjæle. Risikoen ved dette er, at den ene person får en meget central rolle ved at bære et stort ansvar og være alene med den tavse viden, der følger med, som det ses i følgende citat:

”Altså hvis en termostat ikke virker, så er det ikke CEIS (Center for Ejendomme og Intern Service, red.), så er det Morten, som skal kontakte Danfoss, altså du ved, det er afhængigt af, hvad der er galt. Så hvis det er ventilationen, der ikke virker, er det CEIS, hvis det er termostater eller IC meter der ikke virker, så er det Morten, altså så det er sådan lidt ”hvem er det vi går til” ikke? Men det har jeg jo styr på, fordi det er mig, der sidder i det, altså så jeg ved godt det er en CEIS-ting, det er en Morten-ting, det her er en dimsedut-ting eller jeg ringer til Davide (fra DTU compute, red.) og siger HALLO hjælp mig. Så det er mig der gør det som arbejdsmiljørepræsentant, og så er jeg købt fri nogle timer ekstra i år for at kunne gøre det.”

(Lærer og arbejdsmiljørepræsentant, Borgerskolen Høje Taastrup)

Forankring af initiativerne hos ledelsen er ifølge læreren afgørende, hvis der skal arbejdes med en egentlig implementering af løsningen, fremfor som nu, at det sker på forsøgsbasis:

”Jamen det kræver jo at skoleledelsen er med og så kræver det, at der er en fra hver skole, som får frigivet nogle timer til at være tovholder på det, for ellers kan det ikke lade sig gøre. Det er det, vi oplever hos os, jeg er blevet frigivet nogle timer i år fordi jeg sagde altså nu kan jeg ikke længere, altså jeg bliver nødt til at have noget tid til at kunne være i det her, jeg kan ikke bare hugge en hæl og tage nogle timer her, som jeg ikke har, altså, så det kræver 100 procent at der bliver afsat nogle timer til en person, der ligesom er tovholderen på den skole eller institution hvor det skal implementeres

eller kan det ikke gøres. Og så kræver det også en hotline til en kommunal medarbejder, der er tovholder i den del, hvor det går på tværs.”

(Lærer og arbejdsmiljørepræsentant, Borgerskolen Høje Taastrup)

Datavisualisering kan ligeledes ses som redskab fra ”manden på gulvet” til ledelsen i Borgerskolen:

”...vi vidste jo, at vi havde en bygning, der havde det ret dårligt. Og så kunne vi se en fordel i at ”wow vi kan få nogen ud, der kan bevise, at det vi siger er korrekt.” Vi kunne se det som en ret stor fordel, at vi kunne få nogle ud at sige, ”hov det ser faktisk slemt ud det her, og hvad kan vi gøre for at afhjælpe det”.”

(Lærer og arbejdsmiljørepræsentant, Borgerskolen Høje Taastrup)

Økonomiske aspekter



Energibesparelser eller ej?

Succesen af de fleste energieffektiviseringsindsatser opgøres i de samlede energibesparelser. Rebound effekt, altså at energibesparelsen omsættes til bedre komfort, og andre sammenfaldende faktorer, er her med til at vanskeliggøre et fuldt overblik over præcis, hvor stor en del af besparelsen kan tilskrives en konkret visualiseringsløsning. Der vil i de fleste projekter være praktiske forhold og sammenfald såsom forsinkede renoveringer, nedbrud i systemer. Derfor har vi i Danmark til gode at se et fuldkomment kontrolleret forsøg, hvor bygning og adfærd monitoreres løbende over en længere periode for med sikkerhed at kunne sige, at energien er faldet på grund af den specifikke datavisualisering, og endvidere hvilken specifik udformning virker bedst.

KeepFocus Cards-projektet hos DAB er det projekt, der kommer tættest på en vurdering af, hvor stor effekt, skærmene havde på energiforbruget. Efter en gennemgribende renovering af fire boligblokke blev der installeret skærme i alle lejligheder med KeepFocusCards. På grund af tekniske vanskeligheder var skærmene ude af drift i længere perioder efter installationen og begyndte først at fungere ordentligt i alle lejligheder 1,5 år efter renoveringen. I tiden efter renoveringen var der således en periode på fem måneder (december, januar, februar, marts og april), hvor ingen af skærmene virkede, men hvor dataopsamlingen fungerede.

Denne periode blev brugt som reference i en sammenligning med en tilsvarende periode, to år efter, hvor skærmene virkede. Sammenligningen viste at forbruget af koldt vand, varmt vand, elektricitet og varme var hhv. 17%, 23%, 12% og 17% lavere i perioden, hvor skærmene virkede. (Canale et al., 2021)

Desværre medførte vanskelighederne med installationen at det balancerede forsøg som var planlagt, ikke kunne gennemføres. Derfor kunne de kvantitative analyser af forbruget

ikke sige noget om kausalitet (altså om skærmene var skyld i det reducerede forbrug), men blot nøjes med at konkludere at forbruget var lavere, efter skærmene begyndte at virke. Til gengæld blev der foretaget kvalitative interviews og etnografiske observationer hos et udvalg af beboere. Disse pegede i retning af at skærmene medvirkede til at beboerne er blevet mere opmærksomme på deres forbrug og dermed at en del faldet i forbrug, skyldtes skærmene.

Besparelser høstes i synergierne

Det kan være omkostningstungt i begyndelsen, da de valg, der træffes i de indledende faser, ikke nødvendigvis er de mest oplagte på den lange bane. Som citatet her viser, opnås den økonomiske fordel nok snarere i de synergier, der kan vise sig undervejs. I Frederikshavn Boligforening er det særligt selve skærmen, der har været en stor udgift. Med tiden blev det dog muligt at koble de nye dørtelefoner med datavisualiseringen, hvilket både sparer boligforeningen for indkøb af to skærme, programmering og kabeltrækning til alle lejligheder:

”Vi har altid undret os over, at der ikke er andre boligforeninger, der ligesom går med på det setup, som vi har været med til at udvikle, (...) og det eneste vi kan komme frem til er, at det er for dyrt, det vi går og laver. Det er for dyrt og måske lidt for kompliceret, hvis ikke man har en i organisationen, der er interesseret i det, og kan hjælpe med at få det etableret, så (...)

(...) istedet for, at vi har et selvstændigt panel siddende fra industrien og en porttelefoni ved siden af, så har vi nu sagt farvel til smileypanelet, men så den del af porttelefonien, den IP-baserede, altså der hvor man har en skærm, så man kan se hvem der står i den anden ende, der har vi smileypanelerne nu, sådan at vi ikke behøver købe det her smileypanel, vi behøves ikke at trække kabler op til det, vi behøves ikke at programmere det, for nu lægger vi det bare ind i skærmen fra vores porttelefoni af, så har vi hele den installation på det...”

Brian, Frederikshavn Boligforening

Referencer

- Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., & Rothengatter, T. (2005). A review of intervention studies aimed at household energy conservation. *Journal of Environmental Psychology, 25*(3), 273–291. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2005.08.002>
- Adolph, M., Kopmann, N., Lupulescu, B., & Müller, D. (2014). Adaptive control strategies for single room heating. *Energy and Buildings, 68*(PART C), 771–778. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.01.036>
- Andersen, R. (2012). The influence of occupants' behaviour on energy consumption investigated in 290 identical dwellings and in 35 apartments. In *Healthy Buildings2012*. Brisbane.
- Andersen, R. K. (2020). *Adfærd og forbrugsmønstre ved energirenovering af boliger - Afsluttende rapport for projekt nr. 347-025 (in Danish language only)*.
- Andersen, S., Andersen, R. K., & Olesen, B. W. (2016). Influence of heat cost allocation on occupants' control of indoor environment in 56 apartments: studied with measurements, interviews and questionnaires. *Building and Environment*.
- Bavaresco, M. V., D'Oca, S., Ghisi, E., & Lamberts, R. (2019, November). Technological innovations to assess and include the human dimension in the building-performance loop: A review. *Energy and Buildings*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109365>
- Behavioural Insights Team. (2019). *Impacts of alternatives to In-Home Displays on customers' energy consumption - A report from the Behavioural Insights Team for the Department for Business, Energy and Industrial Strategy*. Available at: <https://assets.publishing.service.gov.uk/government/u>.
- Bidstrup, A. S. (2017). *The Effect of Feedback on Energy Consumption and Indoor Environment in Dwellings*. Technical University of Denmark.
- Blumenkranz, M., & Slott, B. (2018). Changing Energy-Related End User Behaviour by Dynamic, Personalized Visualization of Consumption Data. In *5th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency and Preconferences (Behave 2018)*. (pp. 6–7).
- Boligforening, F., & TANKEGANG. (n.d.). BOLIG ENERGI SKOLE godboligenergi.dk. Retrieved from <https://forsoegspuljen.almennet.dk/media/584783/slutrapporthøjbo2.pdf>
- Brinkmann, S., & Tanggaard, L. (Eds.). (2010). *Kvalitative metoder : en grundbog*. Hans Reitzel.
- Burgess, J., Harrison, C. M., & Filius, P. (1998). Environmental communication and the cultural politics of environmental citizenship. *Environment and Planning A, 30*(8), 1445–1460. <https://doi.org/10.1068/a301445>
- Cali, D., Andersen, R. K., Müller, D., & Olesen, B. W. (2016). Analysis of occupants'

- behavior related to the use of windows in German households. *Building and Environment*, 103, 54–69. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.03.024>
- Cali, D., Kindler, E., Ebrahimi, R., Bacher, P., Hu, K., Lind Østrup, M., ... Madsen, H. (2019). climify.org: an online solution for easy control and monitoring of the indoor environment. *E3S Web of Conferences*, 111, 05006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911105006>
- Cali, D., Osterhage, T., & Müller, D. (2011). Rebound effect related to retrofit solutions for residential housing : monitoring data from a field test. *Proceedings of SB11 Helsinki World Sustainable Building Conference*, 104–113.
- Canale, L., Slott, B. P., Finsdóttir, S., Kildemoes, L. R., & Andersen, R. K. (2021). Do In-Home Displays affect end-user consumptions? A mixed method analysis of electricity, heating and water use in 190 220 apartments. *Energy & Buildings*.
- Darby, S. (2006). *THE EFFECTIVENESS OF FEEDBACK ON ENERGY CONSUMPTION A REVIEW FOR DEFRA OF THE LITERATURE ON METERING , BILLING AND DIRECT DISPLAYS*.
- Etting, S., Ole, T. H. E. R., Efaults, O. F. D., Loock, C., & Staake, T. (2013). MOTIVATING ENERGY-EFFICIENT BEHAVIOR WITH GREEN IS : A NI INVESTIGATION OF GOAL, 37(4), 1313–1332.
- European Commission. (2012). Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance.
- Festinger, L. (1957). *A Theory of Cognitive Dissonance*. Stanford University Press.
- Fischer, C. (2008). Feedback on household electricity consumption: A tool for saving energy? *Energy Efficiency*, 1(1), 79–104. <https://doi.org/10.1007/s12053-008-9009-7>
- Gil, M., Albert, M., Fons, J., & Pelechano, V. (2020). Engineering human-in-the-loop interactions in cyber-physical systems. *Information and Software Technology*, 126, 106349. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106349>
- Jermiin, L. (2020). *Påvirkning af indeklimaadfærd: Resultater fra forprojekt om mulige virkemidler*. Retrieved from <https://sbi.dk/Assets/Paavirkning-af-indeklimaadfaerd/BUILD-Rapport-2020-18.pdf%0AGeneral>
- Kierkegaard, C. (2014). *Synliggørelse af energiforbruget i almene boliger - 4 forsøg med synliggørelse af energiforbruget*.
- Kobus, C. B. A., Mugge, R., & Schoormans, J. P. L. (2015). Long-term influence of the design of energy management systems on lowering household energy consumption. *International Journal of Sustainable Engineering*, 8(3), 173–185. <https://doi.org/10.1080/19397038.2014.991776>
- Kollmuss, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior? *Environmental Education Research*, 8(3), 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>
- Krishnamurti, T., Davis, A. L., Wong-Parodi, G., Wang, J., & Canfield, C. (2013). Creating an

- in-home display: Experimental evidence and guidelines for design. *Applied Energy*, 108, 448–458. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.03.048>
- Larsen, T. S., Knudsen, H. N., Gram-hanssen, K., Brohus, H., & Rose, J. (2010). *Occupants influence on the energy consumption of Danish domestic buildings - State of the art*.
- Lex, S. W., Cali, D., Koed Rasmussen, M., Bacher, P., Bachalarz, M., & Madsen, H. (2019). A cross-disciplinary path to healthy and energy efficient buildings. *Technological Forecasting and Social Change*, 142, 273–284. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.023>
- McKerracher, C., & Torriti, J. (2013). Energy consumption feedback in perspective: integrating Australian data to meta-analyses on in-home displays. *Energy Efficiency*, 6(2), 387–405. <https://doi.org/10.1007/s12053-012-9169-3>
- Mylonas, A., Kazanci, O. B., Andersen, R. K., & Olesen, B. W. (2019). Capabilities and limitations of wireless CO₂, temperature and relative humidity sensors. *Building and Environment*, 154(March), 362–374. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.012>
- Nachreiner, M., Mack, B., Matthies, E., & Tampe-Mai, K. (2015). An analysis of smart metering information systems: A psychological model of self-regulated behavioural change. *Energy Research and Social Science*, 9, 85–97. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.08.016>
- Nilsson, Anders;, Wester, M., & Lazarevic Nils, D. and B. (2018). Smart homes, home energy management systems and real-time feedback : Lessons for influencing household energy consumption from a Swedish field study. *Energy and Buildings*, 179, 15–25.
- Nilsson, Anders, Wester, M., Lazarevic, D., & Brandt, N. (2018). Smart homes, home energy management systems and real-time feedback: lesson for changing energy consumption behavior from a Swedish field study. *Energy & Buildings*, 179, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.026>
- Petersen, J., Kristensen, J., Elarga, H., Andersen, R. K., & Midtstraum, A. (2018). Accuracy and Air Temperature Dependency of Commercial Low-cost NDIR CO₂ Sensors: An Experimental Investigation. In *COBEE* (pp. 203–207).
- Realdania. (2018). *Kan adfærdsdesign forbedre indeklimaet på børneværelset ? Et kontrolleret studie af CO₂- børnefamilier*.
- Socolow, R. H. (1978). The twin rivers program on energy conservation in housing: Highlights and conclusions. *Energy and Buildings*, 1(3), 207–213. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(78\)90003-8](https://doi.org/10.1016/0378-7788(78)90003-8)
- Spurling, N., McMeekin, A., Shove, E., Southerton, D., & Welch, D. (2013). *Interventions in practice : re-framing policy approaches to consumer behaviour*.
- Zangheri, P., Serrenho, T., & Bertoldi, P. (2019). Energy Savings from Feedback Systems: A Meta-Studies' Review. *Energies*, 12(3788).
- Zou, Y., Young, M., Wickey, M., May, A., & Clark, J. D. (2020). Response of eight low-cost particle sensors and consumer devices to typical indoor emission events in a real home (ASHRAE 1756-RP). *Science and Technology for the Built Environment*, 26(2),

237–249. <https://doi.org/10.1080/23744731.2019.1676094>
Zvingilaite, E., & Togeby, M. (2015). *Impact of Feedback about energy consumption*. *Ea Energy Analysis*.