MANUAL FOR OPTIMERET ENERGIADFÆRD OG DRIFT I INTELLIGENTE BYGNINGER

INTELLIGENT INTERAKTION MELLEM BYGNINGER OG BRUGERE

TEKNOLOGISK INSTITUT

Energistyrelsen

UN City COPENHAGEN

Teknologisk Institut,
Energi og Klima

Babette Peulicke Slott, Energiantropolog
Ziyad Zaman Ahmed, Energiantropolog
Kasper Furu Nielsen, Civilingeniør
Søren Draborg, Produktchef

I samarbejde med FN Byen og Energistyrelsen

Billeder af FN Byen: Adam Mørk

Indhold

INTRODUKTION 4
DET TVÆRFAGLIGE PERSPEKTIV 6
KORTLÆGNING AF BYGNING 8
KORTLÆGNING AF ADFÆRD 10
IDEKATALOG 13
TJEKLISTE 15

- *ANSVARSOMRÅDER OG KOMPETENCE-OPBYGNING HOS DRIFTSANSVARLIGE*
- *POLITIK FOR INDEKLIMA*
- *SPACE MANAGEMENT*
- *KOMMUNIKATION TIL MEDARBEJDERE*
- *ORIENTERINGSMØDE FOR NYE MEDARBEJDERE*
- *VIDEOER OM BYGNINGSBRUG*
- *VISUALISERING AF DATA TIL DRIFTS-ANSVARLIGE*
- *VISUALISERING TIL SLUTBRUGERE*

> Performance gap er i særlig grad problematisk for bygninger designet specifikt til at være energieffektive i kraft af intelligente løsninger

Introduktion

Udfordringen: Om intelligente bygninger og performance gap

Intelligente teknologier - sensorer, målere og automatisering - bliver i stigende grad implementeret i både eksisterende og nye kontorbygninger. Formålet er ofte at optimere drift og energiforbrug ved hjælp af IoT-løsninger, automatisering og dataindsamling.
På trods af den løbende udvikling, er det en tilbagevendende udfordring at få potentialet realiseret. Selv nyopførte, intelligente bygninger har et højere energiforbrug end forventet. Denne forskel mellem beregnet og målt energiforbrug – performance gap - gælder både eksisterende og nye bygninger, men er i særlig grad problematisk for bygninger designet specifikt til at være energieffektive i kraft af intelligente løsninger.

Dertil kommer driftsmæssige udfordringer. Intelligente bygninger kræver nye metoder og overvejelser for at sikre effektiv drift, hvor teknologiens muligheder udnyttes.
Ovenstående udfordringer ligger til grund for projektet 'Intelligent interaktion mellem bygninger og brugere', et samarbejde mellem Energistyrelsen, Teknologisk Institut og FN Byen. Gennem projektet er der opnået større viden om hvordan intelligente bygningers potentiale for energieffektiv drift kan realiseres. Projektets tilgang er bemærkelsesværdig, hvilket også afspejles i resultaterne. Brugeradfærd og tekniske installationer vægtes i lige høj grad. Resultaterne fremgår af denne manual og bidrager til at bygningsejere og -administratorer, driftspersoner og brugere af intelligente bygninger opnår viden og kompetencer til at forbedre interaktionen mellem bygninger og brugere.

Om manualen

Manualen præsenterer projektets resultater i form af vejledninger til metoder, fokusområder og tiltag og er opdelt i fire overordnede dele.

Først introduceres **det tværfaglige perspektiv** der ligger til grund for projektet og de metoder der senere anbefales, altså kombinationen af antropologi og teknik. Her beskrives hvorfor netop dette tværfaglige perspektiv betragtes som en grundlæggende præmis for energieffektiv drift i intelligente bygninger.

Derefter beskrives hvordan tværfaglighed udføres i praksis i form af grundlæggende screening af bygninger: dels med en **teknisk kortlægning** med fokus på bygningen, tekniske installationer og styring, dels en **antropologisk kortlægning** med fokus på bygningsbrug og adfærd af betydning for energiforbrug.
På baggrund af disse kortlægninger defineres hvilke tiltag, der skal iværksættes. I **idekataloget** præsenteres overordnede anbefalinger, men også konkrete eksempler på tiltag.

Kort om projektet

'Intelligent interaktion mellem bygninger og brugere' blev udført i 2018 med støtte fra Energistyrelsen. Udgangspunktet for projektet er FN Byen, som huser FN-organisationerne i Danmark. FN Byens Campus 1 er bemærkelsesværdig i forhold til bæredygtighed og intelligente funktioner - fra solceller og automatisk solafskærmning til havkøling og indsamling af regnvand.

Bygningen er Platinum LEED-certificeret og har modtaget Europa-Kommissionens Green Building Award for nye bygninger. I projektet blev foretaget antropologiske og tekniske kortlægninger af bygningen og dens brug for at kunne udarbejde konkrete redskaber til at skabe bedre udnyttelse af intelligente bygningers potentiale for energieffektiv drift.

DET TVÆRFAGLIGE PERSPEKTIV

Det tværfaglige perspektiv

Om at forene teknologi og mennesker

Adfærds relevans for intelligente teknologier

At adfærd har afgørende betydning for intelligente teknologier kan virke kontraintuitivt. Ofte er formålet netop at skabe automatiserede løsninger, der fungerer uafhængigt af brugerne. Ikke desto mindre har adfærd relevans af flere årsager. Den tilbagevendende udfordring med performance gap demonstrerer eksempelvis at et ensidigt fokus på teknologi ikke er nok til at realisere intelligente teknologiers potentiale.

Først og fremmest er menneskelige behov selve grundlaget for bygninger, energiydelser og teknologier. Teknologi udvikles ikke i sin egen ret, men udspringer af konkrete menneskelige udfordringer. Udgangspunktet må derfor helt grundlæggende være at disse tilpasses brugernes adfærd og ikke omvendt. Dette gælder teknologier generelt, men i særlig høj grad intelligente teknologier. At sikre behovsstyring kræver at behovet er defineret. Intelligente teknologier er dermed uomtvisteligt forbundet med brugeradfærd og -behov.

Dette understreges yderligere af at intelligente teknologier skaber en større sensitivitet i bygninger end tidligere. En robust, passiv bygning er mindre påvirket af brugeradfærd end en bygning med en række løsninger, der enten er behovsstyrede – eksempelvis via PIR- og CO2-sensorer - eller decideret kan kontrolleres af brugerne. En stor del af ideen med intelligente løsninger er netop interaktionen med brugerne, hvilket kræver et endnu større fokus på brugeradfærd – ikke mindre. Endelig kan implementering af intelligente teknologier betyde, at ikke alene selve bygningen og dens installationer ændres, men det kan også have indflydelse på hvordan den anvendes og driftes. Interaktionen mellem slutbrugere og bygning vil være anderledes og driften kræver andre kompetencer. De teknologiske løsninger står derfor ikke alene. Potentialet ved IoT, big data og intelligente teknologier er i høj grad afhængigt af brugeradfærd.

Eftersom intelligente teknologier på adskillige måder er direkte relateret til brugeradfærd og dermed repræsenterer et spændingsfelt mellem teknologi og mennesker, er det afgørende at rumme begge perspektiver med en tværfaglig tilgang. Derved sikres samspillet, hvilket sikrer funktionelle løsninger, som i større udstrækning realiserer potentialet og reelt skaber energieffektiv drift af bygninger på brugernes præmisser.

Vigtigheden af implementering og forankring

Erfaringen viser, at der kan opstå udfordringer i interaktionen mellem brugere og teknologi, hvis der ikke sker en ordentlig overdragelse. Intelligente teknologier bør derfor ikke stå alene, men suppleres af en grundig implementeringsstrategi for at sikre forankring hos brugerne. Dette gælder både slutbrugere og driftspersonale. At tilegne sig brug af ny teknologi kræver instruktion, inddragelse og forståelse for teknologiens muligheder og egen indflydelse på brugen. En implementeringsstrategi for overgangen til drift og ibrugtagning kan bidrage til at potentialet i højere grad realiseres.

Det tværfaglige perspektiv bør derfor indtænkes i alle faser - fra design til ibrugtagning. Dette opnås ved at foretage både en adfærdsmæssig og teknisk kortlægning, som kan sikre begge perspektiver.

KORTLÆGNING AF BYGNING

Kortlægning af bygning, tekniske installationer og styring

Teknisk kortlægning

God bygningsstyring er den rigtige kombination af høj indeklimakvalitet og lavt energiforbrug. I de fleste tilfælde betragtes indeklimaets kvalitet som den vigtigste parameter af de to, og energieffektive komponenter anbefales derfor som den bedste måde at opnå både en bygning med høj indeklimakvalitet og lavt energiforbrug.

Lavt energiforbrug påvirkes ikke kun af valg af komponenter, det påvirkes også meget af driften af anlæggene. God bygningsstyring er nøglen til at udnytte det fulde potentiale af de energieffektive komponenter.

Tre vigtige områder at afdække i kortlægningen

Dan et overblik over bygningens tekniske installationer, både i teknikrum og i selve kontorerne:

1. Notér værdier på frekvensomformere og mål hovedluftmængder på indblæsning og udsugning for hvert ventilationsanlæg.
2. Observér ventilationsprincip, solafskærmningstype, opvarmningstype og mulighederne for brugerinteraktion (eksempelvis styring af temperatur og solafskærmning).
3. På CTS-systemet noteres valgte temperatursetpunkter og ventilatorhastighed eller luftmængde, hvis denne oplyses. Derudover skal driftstider kontrolleres.

Det anbefales at foretage ændringer på et enkelt anlæg til vurdering og bestemmelse af besparelsespotentialet for den samlede kontorbygning.

Tjekliste

Generelle anbefalinger til teknisk kortlægning

- Er indblæsningstemperatur 1-2°C lavere end ønsket rumtemperatur i opvarmningssæsonen?
- Svarer luftmængden til den ønskede indeklimaklasse jf. DS/ISO 1752?
- Vurdér om driftstider stemmer overens med bygningens brug
- Notér værdier på frekvensomformer og mål hovedluftmængder efter forsøgsimplementering
- Hvis muligt, kontrollér at luftmængde overholder DS/ISO 1752 i udvalgt kontorområde efter forsøgsimplementering

KORTLÆGNING AF ADFÆRD

Kortlægning af bygningsbrug, og adfærd af betydning for energiforbrug

Korlægning med kvalitative metoder

Kortlægning af brugernes energiadfærd og hvordan de anvender og oplever en bygning kan foretages med kvalitative metoder til dataindsamling og analyse. Hvor kvantitative metoder baserer sig på tal, tager kvalitative metoder udgangspunkt i menneskers adfærd, erfaringer og synspunkter. Kvalitativ data indhentes derfor ved interviews, observationer af brugeradfærd og dokumenter.

Ved hjælp af kvalitative metoder kan der foretages en antropologisk analyse af brugerne og deres interaktion med bygningen. Dermed kan der skabes en kontekst til kvantitative data, som ellers ville stå alene.

Eksempel: Hvad er årsagen til at der på trods af en intelligent løsning til behovsstyring opleves forhøjede CO_2-niveauer?

Netop fordi kontekst altid er unik, kan der ikke defineres generelle retningslinjer for hvordan en kvalitativ kortlægning skal udføres. Hver bygning og dens brugere vil have sine egne karakteristika som kortlægningen skal afdække. Hvad der er afgørende i én bygning, kan være irrelevant i en anden.

Helt overordnet kan det dog siges, at alle relevante aktører og interessenter skal repræsenteres for at sikre forskellige perspektiver.

Tjekliste

Generelle anbefalinger til interviewpersoner og fokusområder

- **Bygningens formål**
- **Bygningens indretning og anvendelse**
- **Bygningsejer**
- **Bygningsadministrator**
- **Driftansvarlig**
- **Kontoransatte**
- **Rengøringspersonale**
- **Sikkerhedspersonale**
- **Organisationskultur**
- **Ansvarsfordeling for energihåndtering**
- **Kommunikationskanaler**

Om brugere

I dette afsnit beskrives hvilke særlige forhold der gør sig gældende for slutbrugere og driftspersonale i intelligente bygninger.

Driftspersonale
Driftpersonalets arbejdsvilkår er udfordrende for langsigtede strategier for energioptimering, håndtering af et stort antal målere og behandling af data. Generelt skal man være opmærksom på følgende træk:

- Tidspres
- Opgaveløsning ad hoc
- Minimal struktur
- Manglende incitamenter
- Personbundne kompetencer
- Manglende generelle procedurer
- Manglende kontinuitet ved udskiftning af medarbejder
- Ønske om at få opdateret viden ift. drift af faste installationer

Forventningen om mere intelligens i bygninger kommer med flere – udefinerede – arbejdsopgaver for den driftsansvarlige, ikke færre. Der er derfor behov for at forberede den driftsansvarlige på de nye opgaver.

> IoT – det er fremtiden. Der kommer til at ske rigtig meget på den front. Jeg frygter det.

> Jeg synes ikke bygningen er god nok til at tilpasse sig mine behov.

Slutbrugere
Slutbrugernes forventninger til intelligente løsninger vil ofte være høje - i mange tilfælde for høje, hvilket resulterer i utilfredshed. Dette kan også bunde i en manglende forståelse for egen indflydelse på bygningen og teknologiens muligheder. Generelt skal man være opmærksom på følgende træk:

- Målte værdier og oplevet indeklima er ikke nødvendigvis det samme. Selvom eksempelvis målt temperatur eller relativ fugt ligger inden for et passende niveau, kan brugeren godt have en anden oplevelse af indeklimaets kvalitet. Indeklima er derfor i lige så høj grad subjektivt.

- Brugere kan interagere med bygninger på trods af automatisering. Forventningen om at intelligente løsninger minimerer brugerens indflydelse udfordres, hvis brugerne overstyrer automatikken eller ændrer de fysiske forhold ved eksempelvis at blokere indblæsnings- eller udsugningsventiler.

- Forkerte forventninger til teknologiske løsninger kan resulterere i ansvarsfraskrivelse og frustration hos brugeren. Automatisering og intelligente løsninger skaber en forventning om optimale forhold, men kan samtidig give indtryk af at brugerens indflydelse er minimal. Resultatet kan være at brugeren underkender sin egen rolle i bygningens energiforbrug.

IDEKATALOG

Idekatalog

Overordnede anbefalinger

For at skabe sammenhæng mellem teknologi og brugere anbefales følgende:

- Involver brugergrupper
  - Slutbrugere
  - Driftspersonale
- Tænk adfærd, bygning og teknologier sammen
- Lav forventningsafstemning
- Opbyg kompetencer hos driftspersonale

Brugeres adfærd har indflydelse på intelligente bygningers performance - herunder både driftsansvarlige og slutbrugere. Det er derfor afgørende at skabe forståelse for interaktionen mellem bygninger og brugere for at kunne udnytte teknologiers muligheder og realisere potentialet for energieffektivitet.

At udføre anbefalingerne i praksis kan ske på en lang række måder. Det vigtigste er, at tiltagene altid tilpasses konteksten i den specifikke bygning. Dette sikres ved en indledende teknisk og antropologisk kortlægning.

I idekataloget er en række udvalgte eksempler på tiltag, som på forskellige måder sikrer at anbefalinger implementeres. Eksemplerne er alle konkrete og målrettet intelligente bygninger. Idekataloget indeholder følgende:

- Ansvarsområder og kompetenceopbygning hos driftsansvarlige
- Politik for indeklima
- Space management
- Kommunikation til medarbejdere
- Orienteringsmøde for nye medarbejdere
- Videoer om bygningsbrug
- Visualisering af data til driftsansvarlige
- Visualisering til slutbrugere

Ved hjælp af tjeklisten på næste side kan du udføre ideerne i praksis. Se beskrivelse af hver enkelt ide på de efterfølgende sider.

TJEKLISTE

På samtlige punkter bør der tages højde for både teknisk og antropologisk perspektiv:

Foretag kortlægning af adfærd

Foretag teknisk kortlægning

Undersøg om styringens design er hensigtsmæssig

Kontrollér at styringen er i overenstemmelse med de faktiske forhold

Dokumentér de optimale indstillinger til fremtidig reference

Minimér permanente ændringer

Definér rammerne for brugernes mulighed for styring

Udarbejd indeklimapolitik

Udarbejd space management-strategi

Udarbejd retningslinjer for ønsket energiadfærd baseret på bygningens kendtegn og brugernes adfærd

Udfør implementering af ovenstående brugerorienterede tiltag ved hjælp af målrettet kommunikation

Facilitér løbende ved hjælp af visualisering til brugere

Ansvarsområder og kompetence-opbygning hos driftsansvarlige

Energihåndtering er ofte ikke en defineret opgave hos den driftsansvarlige. Samtidig er den driftansvarliges arbejdsopgaver mange og arbejdet karakteriseret ved et vist tidspres. Hvis energihåndtering skal være en prioritet, må det derfor defineres som et forventet indsatsområde og værdsættes når der opnås resultater. Hvis der er flere aktører involveret, er det afgørende med en tydelig ansvarsfordeling- Hvad forventes af hvilke aktører. Dette er både af hensyn til selve driften, men også eventuel kommunikation til slutbrugerne.

En intelligent bygning kræver derudover særlige kompetencer og arbejdsopgaver. Det kan både være i forhold til placering, kalibrering og generel vedligeholdelse af sensorer og målere, men også i forhold til håndtering af den tilgængelige data. Det kan ofte være en udfordring at udnytte data i praksis, selvom potentialet for at optimere er tilstede. Derfor bør den driftsansvarlige have de rette kompetencer for at kunne bidrage til at skabe gode løsninger i forhold til energieffektivitet og indeklima.

Politik for indeklima

For både slutbrugere og driftsansvarlige kan det være gavnligt med en indeklimapolitik. I den defineres hvilke forventninger man stiller op til indeklima og energiforbrug.
Det defineres eksempelvis hvilke rumtemperaturer der findes rimelige. Dermed er der tydeligere forventninger til både driftsansvarlige og slutbrugere. Hvis temperaturen i rummet er uden for den fastsatte politik, er det op til den driftsansvarlige at korrigere. Hvis temperaturen er som aftalt, er det brugernes ansvar at tilpasse sig.

Selvom der stadig kan opleves frustration over indeklimaet, bliver det tydeligere, hvilke forventninger man kan have. Hvis indeklimapolitikken defineres i en sammenhæng med energiforbrug, kan det samtidig skabe en meningsfuld forklaring for slutbrugeren.

Space management

I en kontorbygning kan der være skiftende brugstid alt efter organisationskultur og personlige præferencer hos medarbejderne. Sene arbejdstider kombineret med sensorer på belysning kan resultere i, at en stor del af bygningen er oplyst i aften- og nattetimer på trods af, at der kun er få medarbejdere til stede. Dette kan have indflydelse på energiforbruget, særligt hvis belysningen ikke er energieffektiv.

En space management-strategi kan være et muligt tiltag. Efter almindelig arbejdstid skal medarbejdere benytte fleksible arbejdsstationer i et særligt område af bygningen. Derved kan resten af bygningen køre med natsænkning for at begrænse energiforbruget.

Kommunikation til medarbejdere

Kommunikation til medarbejderne skal sikre en løbende forventningsafstemning med brugerne i forhold til hvad de kan forvente af bygningen og hvor de selv har indflydelse.
Kommunikationen skal passe til tonen i virksomheden og tilpasses den konkrete organisationskultur - motivation og incitament vil være forskelligt fra virksomhed til virksomhed.
Generelt er det vigtigt, at kommunikationen skaber kontekst og forståelse. Brugerne vil i mange tilfælde have en større forståelse, hvis der ligger meningsfulde begrundelser bag beslutninger.

Kommunikationen kan eksempelvis rumme guidelines for god energiadfærd, indeklimapolitik, space management-strategi, infografik over bygningen og dens energiforbrug, visualisering af målerdata.

I forskellige virksomheder vil der være forskellige kanaler tilgængelige. Intranet, informationsskærme, opslag, trykt materiale er bare nogle muligheder.

Orienteringsmøde for nye medarbejdere

At opbygge en bestemt kultur tager tid og kræver en løbende indsats. For at sikre at nye medarbejdere fra starten har forståelse for brugen af bygningen, kan der afholdes et orienteringsmøde ved opstart.
Her introduceres målsætningen for energiforbrug, bygningens intelligente løsninger og karakteristika samt brugerens indflydelse.
En eventuel indeklimapolitik eller space management-strategi kan ligeledes præsenteres.

Formålet er at skabe en kontekst for brugerne, altså at de handlinger, der efterspørges giver mening. Orienteringsmødet er en mulighed for at lave en forventningsafstemning med brugerne, skabe forståelse for bygningen og hvordan energiadfærd har betydning.

Videoer om bygningsbrug

Intelligente løsninger kan være komplicerede og det samme gælder samspillet med de faste installationer. Ikke desto mindre kan en større forståelse for hvordan bygning og teknologi fungerer skabe mere målrettet energiadfærd hos brugeren.

Simple videoer er en effektiv måde at kommunikere på. Først identificeres den primære udfordring i forhold til at minimere energiforbrug - en udfordring hvor brugerens adfærd spiller en rolle, eksempelvis i forhold til kontrol af solafskærmning.

Eksempelvis kan en video forklare hvordan solafskærmning har betydning for hele bygningens energiforbrug. Hvis brugeren vælger at overstyre automatisk solafskærmning stiger kølebehovet og derfor også energiforbruget. Derfor er det mest energieffektivt så vidt muligt at tillade den automatiske styring.

Visualisering af data til driftsansvarlige

En udfordring ved intelligente bygninger er de store mængder data, som kan være svære at bruge aktivt for den driftsansvarlige. Visualisering kan være en mulighed for at bruge den tilgængelige data på en måde der passer til driften af den specifikke bygning.

Med udgangspunkt i den tilgængelige data og den driftsansvarliges behov udarbejdes et visuelt overblik, som kan hjælpe i det daglige arbejde. Visualiseringen kan eksempelvis indeholde bygningens aktuelle energiforbrug, antal personer i bygningen samt den aktuelle pris og CO_2-belastning pr. kWh.

Visualisering til slutbrugere

Visualisering af data kan være særligt relevant i en intelligent bygning, da der ofte vil være en stor mængde data til stede fra diverse målere og sensorer.
Det afgørende ved visualisering til slutbrugere er, at data præsenteres i en målrettet kontekst. Hvad der giver mening for medarbejderne i én virksomhed, er ikke nødvendigvis interesant i en anden. Data skal derfor udvælges omhyggeligt og fortolkes til målgruppen.

En virksomhed der beskæftiger sig med bæredygtighed kan være interesseret i at omregne energiforbruget til CO_2-aftryk - eventuelt pr. medarbejder. I en kontorbygning hvor flere virksomheder holder til og hver betaler forbrug kan det være mere relevant at visualisere energiforbruget i forhold til løbende prisniveauer.
Visualiseringen kan eksempelvis formidles på intranet, informationsskærme eller i en app.

TEKNOLOGISK
INSTITUT