



EiSE

-ENERGI OG INDEKLIMA STRATEGI
UDEN ENERGIFRÅDS

ELFORSK



danskeenergi

KOMBINERER GODT INDEKLIMA MED HURTIGE, RENTABLE ENERGIBESPARELSER

Varme-, køle- og ventilationsanlæg anvendes til at opretholde et godt indeklima, men knapperne i CTS-systemets regulering er ofte indstillet forkert med det resultat, at der frådses med energien. Der kan derfor spares 10-30 % af energiforbruget ved at justere CTS-reguleringen samtidig med, at indeklimaet forbedres. Tilbagebetalingstiden er under 1 år, og derfor kan sådanne optimeringsprojekter finansieres over driftsbudgettet. Denne brochure anviser, hvordan sådan et projekt gennemføres hos kunden.

TEMPERATUREN MÅ STIGE OG FALDE

Driften af kontorbyggeri skal reguleres, så bygningens brugere oplever et tilfredsstillende indeklima. I mange tilfælde bliver styring og regulering tilrettelagt sådan, at rumtemperaturen er så ensartet som mulig i løbet af arbejdsdagen. Nyere indeklimateknik viser, at langt de fleste brugere udmærket kan leve med, at rumtempera-

turen stiger eller falder lidt i løbet af arbejdsdagen, hvis udgangspunktet ved arbejdstidens start er hensigtsmæssigt. Et sådant temperaturlid betyder, at bygningsdriften udnytter bygningens evne til at akkumulere varme og kulde i konstruktionen. Dermed begrænses behovet for køling og energiforbruget kan reduceres.

DRIFTSSTRATEGIEN UDNYTTER ELFORSK RESULTATER

Resultater fra flere projekter under Dansk Energis ELFORSK program har givet ny viden om, hvordan hensyn til indeklima, hensigtsmæssig bygningsautomation og effektiv udnyttelse af data fra CTS-anlæg kan udnyttes til at opnå et godt indeklima med lavt primærenergiforbrug. Resultaterne er nu blevet udmøntet i en strategi for energieffektiv bygningsdrift, som Teknologisk Institut markedsfører under betegnelsen EiSE, der står for Energi og indeklima Strategi uden Energifråds. EiSE er især velegnet til at hånd-

tere indeklimateknologiske udfordringer i bygninger med mekanisk ventilation. I bygninger, hvor der er god kontakt mellem rumluft og bygningens tunge dækkonstruktioner, kan EiSE føre til særligt store besparelser, fordi det er muligt at udnytte konstruktionens evne til at lagre overskydende varme, der ellers skal køles væk.

EiSE KAN BRUGES AF RÅDGIVERE OVERFOR KUNDER

I denne informationsbrochure fra Dansk Energi gennemgås EiSE-strategien, og der gives en praktisk anvisning på, hvordan bl.a. elnetskabernes energirådgivere kan bruge EiSE til at realisere hurtige, rentable energibesparelser. De praktiske erfaringer med brug af EiSE viser, at der i mange bygninger kan spares op til 30 % af energiforbruget blot ved at ændre setpunkter og indrette reguleringen i CTS-anlægget hensigtsmæssigt. Samtidig bliver indeklimaet bedre.



ALFA OG BETA BYGNINGER

En bygnings samlede energiforbrug og indeklima afhænger ikke kun af bygningens orientering, facadeudformning og øvrige konstruktion, men også af den valgte driftsstrategi for ventilation, køling og opvarmning.

I strategien skelnes mellem to hovedtyper af nye bygninger: Alfa-bygninger er designet med en klimatilpasset arkitektur, bl.a. i form af tunge konstruktioner, der kan lagre overskudsvarme og -kulde, og som ofte kan sikre det ønskede indeklimaniveau med naturlig ventilation og frikøling. Beta-bygninger har behov for strengere reguleringskrav og flere installationer pga. høj intern belastning fra IT, personer eller solindfald fra store glasfacadepartier. Begge typer bygninger kan opføres som lavenergibyggeri, men de to typer bygninger forudsætter forskellig styrings- og reguleringsfilosofi.

Den europæiske indeklima-standard EN 15251 opererer med tre forskellige indeklimaklasser for hhv. høj (A), middel (B) og moderat (C) forventning til det termiske og atmosfæriske indeklima. Omsat til brugertilfredshed skal der i klasse A højst være 6 % utilfredse, i klasse B 10 % og i klasse C 15 %. De 3 klasser benævnes også som kategori I, II og III. For at overholde disse grænser må der i bygninger med indeklimaklasse A højst være et temperaturglid på 2 °C, f.eks. fra 21 °C om morgenen i vinterhalvåret til 23 °C om eftermiddagen med et tilsvarende temperaturglid i sommerhalvåret fra 23,5 °C til 25,5 °C. For klasse C kan temperaturglid på op til 5 °C tillades (20 °C

til 25 °C om vinteren og 22 °C til 27 °C om sommeren). Indeklimaklasserne opererer også med graduerede grænseværdier for indeluftens CO₂-koncentration.

Det er den generelle erfaring, at en Alfa-bygning har et primærenergiforbrug, der er 15-28 kWh/m² om året lavere end en Beta-bygning. Det skyldes, at den tunge Alfa-bygning i løbet af døgnet er i stand til at lagre overskydende varme og kulde i sine "energiabsorberende" konstruktioner og derfor har et lavere behov for at få tilført varme og kulde fra bygningens tekniske anlæg for at opretholde det ønskede indeklima.

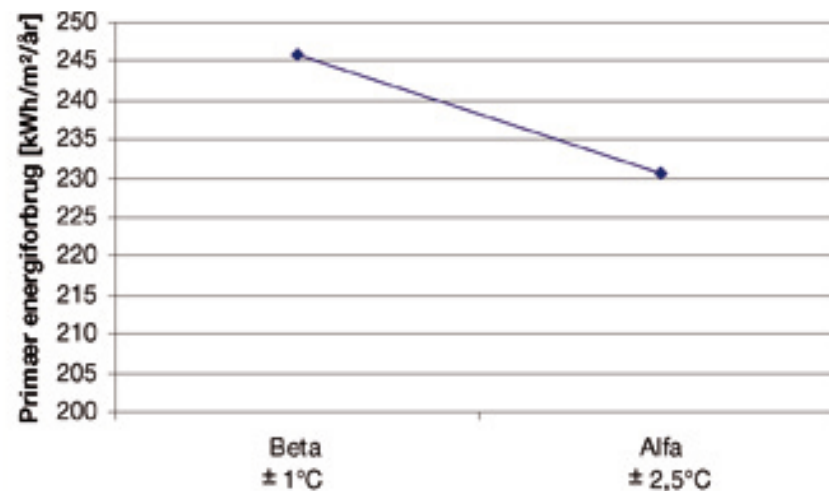
SYMPTOMER PÅ SKÆVHEDER

Som ekstern rådgiver bør man afklare, om driften af en bygning udviser et eller flere symptomer på uhensigtsmæssig drift, før man går i gang med en konkret analyse af bygningens drift:

- Har administrationen modtaget relativt mange klager over indeklimaet fra bygningens brugere?
- Har driftspersonalet behov for løbende at justere driften i CTS-anlægget?
- Er bygningens energiforbrug til køling, varme og ventilation ikke faldet 10-30 % efter indførelse af rygeforbuddet?
- Svarer det målte energiforbrug til det dimensionerede?

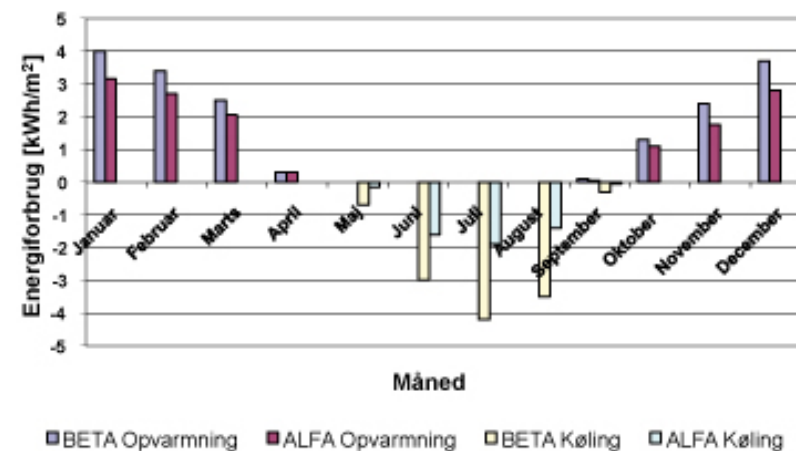
EiSE er udviklet som en strategi, der kan hjælpe bygningsadministratorer, driftspersonale og eksterne rådgivere til hurtigt og nemt at

Temperaturglid



Grafen viser et eksempel på, hvor meget elforbrug, der kan spares ved at øge temperaturglid (accepteret temperatursvingning) i en bygnings zone fra ±1°C til ±2,5°C.

Zone B



Månedsvariationen i varme- og kølebehov i Dan-Ejendommens bygningszone B.



**JØRN BORUP JENSEN,
FORSKNINGSKOORDINATOR FOR
ELFORSK, DANSK ENERGI**

Det er på bygningsområdet, vi finder de helt store muligheder for energibesparelser. Derfor er det også et område, som ELFORSK har særdeles stor bevågenhed på. Forskningsprojekter, som handler om bygningers konstruktion, anlæg og drift, støttes i stort omfang med det formål at opnå ny viden om bygningsdesign, komfortforhold og adfærdsmønstre – og ikke mindst få denne viden ud i anvendelse, til gavn for virksomheder, dens brugere og samfundet generelt.



ELFORSK



danskenergi

identificere og rette årsager til, at indeklimaet ikke er optimalt, og at energiforbruget er for højt.

Som rådgiver i bygningsdrift eller som energirådgiver på jagt efter rentable energibesparelser er den vigtigste opgave at sikre, at indeklimaet bliver bedre eller forbliver det samme i alle de rum og på alle de tidspunkter, hvor der af hensyn til arbejdsmiljøet stilles krav til indeklimaet. Så er der større muligheder for at få brugernes accept af ændringer.

BEGYND DAGEN MED DEN RIGTIGE RUMTEMPERATUR

Den væsentligste driftsparameter, når der er fokus på indeklima, er temperaturen om morgenen. Styrer kunden ikke efter dette optimum i forvejen, kan man som rådgiver skabe store resultater for sin kunde med små midler.

En strategi for et godt indeklima skal sigte efter, at rumtemperaturen er den rigtige ved arbejdsdagens start. Rumtemperaturen behøver ikke være den samme gennem hele arbejdsdagen, før indeklimaet føles tilfredsstillende for de fleste medarbejdere. Resultater fra aktuel indeklimaforskning viser, at hovedparten af medarbejderne er tilfredse med indeklimaet, hvis rumtemperaturen er 20 °C om vinteren og 23 °C om sommeren, når arbejdsdagen begynder. De færreste medarbejdere vil opleve gener ved indeklimaet, hvis rumtemperaturen i løbet af arbejdsdagen stiger med 2-4 °C. Disse erfaringer bør benyttes, når man som driftsansvarlig indstiller setpunkter i CTS-anlægget.

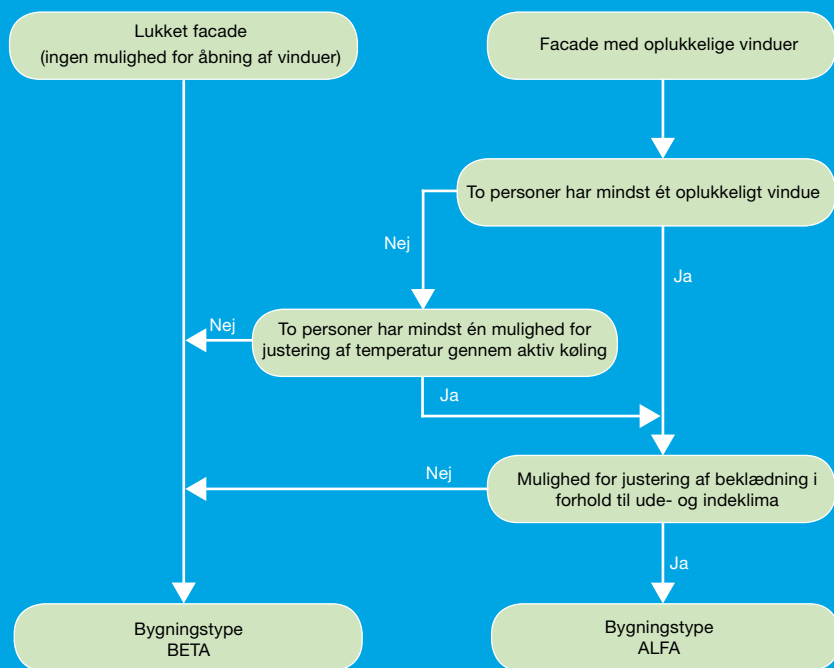
FORUNDERSØGELSEN GIVER DIAGNOSEN

For at få et tilstrækkeligt overblik over indeklimaet i en bygning er det nødvendigt at opsamle tidsserier fra CTS-anlæggets målepunkter. De vigtigste data omfatter det termiske indeklima (temperaturforhold). Som oftest er det dimensionsgivende i forhold til det atmosfæriske indeklima (forurening fra personer, apparater og bygningsmaterialer). Med tidsserier får man et godt og hurtigt overblik over, hvordan indeklimaet udvikler sig over flere og typiske arbejdsdage i stedet for blot at få et statisk - og sjældent repræsentativt - billede af forholdene på ét bestemt tidspunkt på arbejdsdagen.

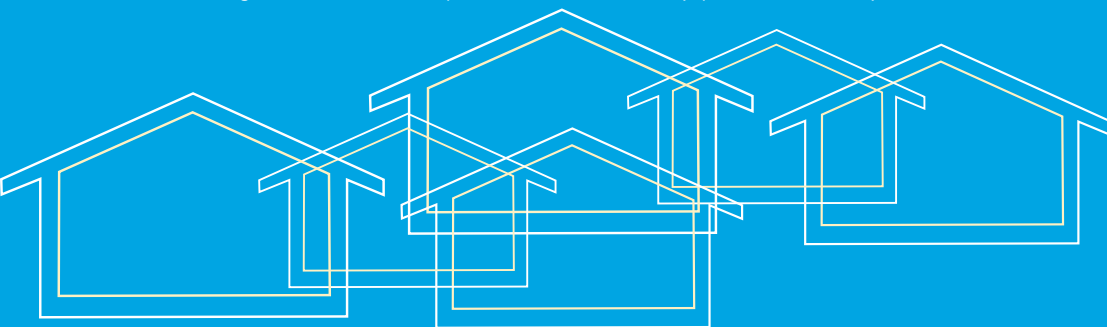
KOMFORT VED SKIFT FRA BETA- TIL ALFA-BYGNING

For det atmosfæriske indeklima må en højere grad af diskomfort for ALFA-bygninger forventes periodevis som følge af for høj CO₂-koncentration i indeluften. Hybrid ventilation kunne være en løsningsmulighed, hvis kapaciteten af den naturlige ventilation er utilstrækkelig i for lange perioder. For den mekanisk ventilerede BETA-bygning bør der ikke kunne opstå problemer med det atmosfæriske indeklima.

For ALFA-bygningen kan der ved styring efter indeklima-kategori I, samt ved optimering af styringen og bygningens udformningen opnås, at den operative temperatur holdes inden for den vejledning der er angivet i tabellen på næste side.

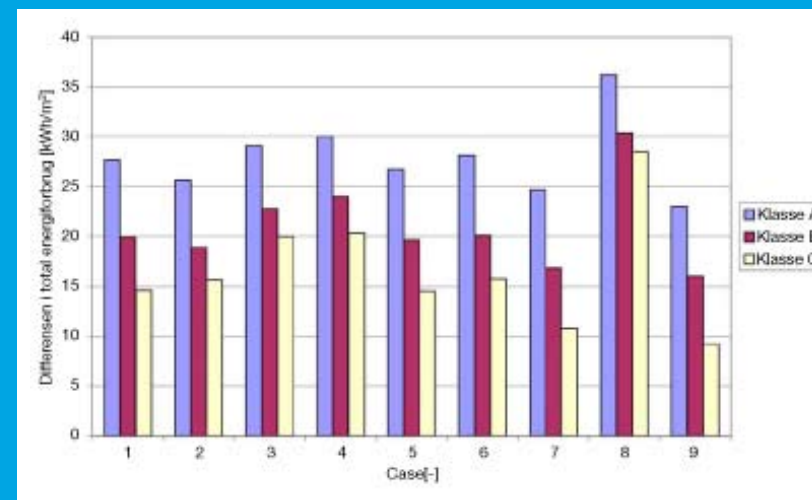


Kategorisering af bygninger som henholdsvis ALFA- og BETA- kategori. Forskellen er baseret på muligheden for tilpasning, hvor personer i ALFA-bygninger har størst mulighed for at påvirke deres egen termiske situation. (Van der Linden et al., 2006), (kurvers et al., 2006).



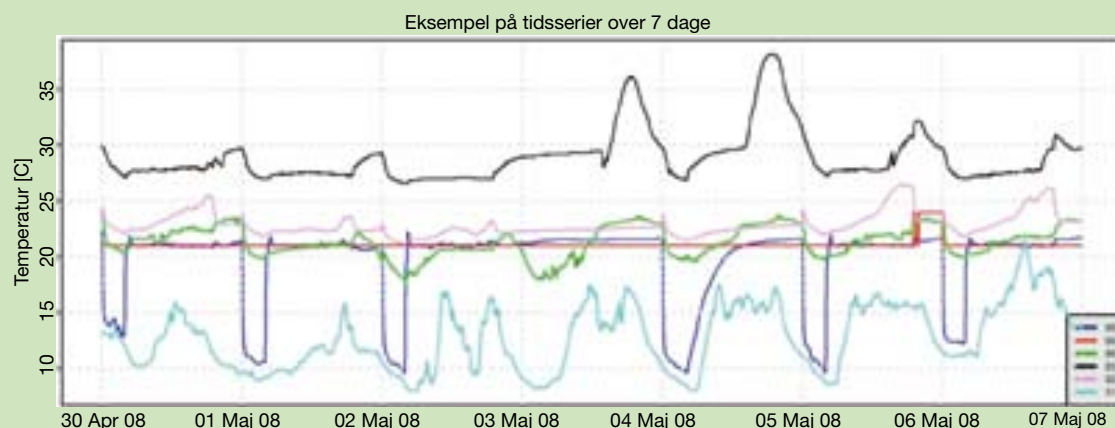
Bygnings- /Rum type	Person- aktivitets- niveau	Person- tæthed	Kategori / Klasse	Termiske designkriterier		Atmosfæriske designkriterier	Støj- niveau	Ventilations rate
				Operativ temperatur				
				Sommer (kølesæson)	Vinter (varmesæson)			
	met	person/m ²	°C	°C	CO ₂	dB(A)	l/s.m ²	
Enkeltrums- køtor	1,2	0,1	I / A	23,5-25,5	21,0-23,0	460 ppm	30	2,0
			II / B	23,0-26,0	20,0-24,0	660 ppm	35	1,4
			III / C	22,0-27,0	19,0-25,0	1190 ppm	40	0,8
Åbent kontor- landskab	1,2	0,07	I / A	23,5-25,5	21,0-23,0	460 ppm	35	1,7
			II / B	23,0-26,0	20,0-24,0	660 ppm	40	1,2
			III / C	22,0-27,0	19,0-25,0	1190 ppm	45	0,7

Tilladeligt interval for den operative temperatur og tilladelig indendørs CO₂ - koncentration for de tre kategorier med design kategorier for to typer kontorer/bygninger. (Standarden EN15251 [3]).



Søjlediagrammet viser resultater fra 9 simuleringer af Københavns Energis domicil: Differencen i det primære energiforbrug imellem en let bygning dvs. en Beta-bygning og en tung bygning dvs. en Alfa-bygning. Differencen er vist ved forskellige styringsstrategier for indeklimaklasserne A, B og C.

DRIFTSSTRATEGI UDNYTTER NY INDEKLIMAFORSKNING



Blå kurve: frisklufttemperaturen til rum med konstant ventilation (CAV). Rød kurve: setpunktet for frisklufttemperaturen. Grøn kurve: den laveste rumtemperatur i bygningen. Sort kurve: den højeste rumtemperatur i bygningen. Lilla kurve: middel-afkast-temperaturen i ventilationsanlæg 3. Lyseblå kurve: udelufttemperaturen.

Den sorte og den grønne kurve viser, at alle rumtemperaturer i bygningen for det meste er over 20 °C, samt at der er betydelige overophedningsproblemer i en del rum - den sorte kurve. Den lilla graf viser også dette. Derfor anvendes der frikøling i tidsrummet mellem kl. 0 og 4 - den blå kurve dykker ned i nærheden af udelufttemperaturen - den lyseblå kurve. Efter kl. 4 styres frisklufttemperaturen til at være lig setpunkt-temperaturen - den røde kurve. Setpunkt-temperaturen er sat til 21 °C, hvilket betyder, at der er meget lidt køleenergi i den tilførte friske luft.

CENTRAL TILSTANDSKONTROL OG STYRING - CTS

CTS-anlæg betragtes traditionelt som en garanti for energieffektiv drift. Resultaterne fra et forskningsprojekt under ELFORSK-programmet har vist, at selv nyt erhvervsbyggeri med avancerede CTS-anlæg kan driftoptimeres, så der på én gang opnås et bedre indeklima og meget rentable besparelser på el- og varmemeforbruget i størrelsesordenen 10-30 %.

Herudover har de seneste års indeklimateforskning dokumenteret, at der er gode muligheder for at forbedre indeklimaet og reducere energiodgifterne ved at optimere driften af bygningernes ventilation, køling og opvarmning, så den passer til behovet hos langt de fleste brugere. Med det nye Bygningsreglement BR10 er det også muligt at tilrettelægge en mere fleksibel drift af ventilationsanlæg, blot kravet til det termiske og atmosfæriske indeklima overholdes.



BRUG IKKE MERE AUTOMATIK END
HØJST NØDVENDIGT. DET REDUCERER
STANDBY-FORBRUG OG GØR PROJEK-
TET MERE RENTABELT

Reto M. Hummelshøj, COWI





**DRIFTSBUDGETTET KAN
REDUCERES MED 10-30 %,
MED EN TILBAGEBETALINGSTID
UNDER 1 ÅR**

Peter Poulsen, Teknologisk Institut



En driftsstrategi bør sigte efter, at så mange brugere som muligt er tilfredse med indeklimaet. Brugere skal føle sig veltilpasse, uden at det forudsætter et stort energiforbrug til at dække et svingende behov for ventilation og køling hen over arbejdsdagen. I praksis viser det sig nemlig, at langt de fleste brugere godt kan acceptere, at rumtemperaturen stiger med op til 4 °C i løbet af en arbejdsdag, hvis morgentemperaturen ikke er for høj.

ELFORSK-PROJEKTER

Teknologisk Institut har gennemført et ELFORSK-projekt på grundlag af data fra PKA's administrationsbygning Tuborg Boulevard 12 i København. Bygningen blev taget i brug i 2002 og domineres af store glasfacader. Dan-Ejendomme, der administrerer ejendommen, og som har sit hovedkvarter i bygningen, har deltaget i projektet som projektansvarlig, mens Business Minds har udviklet intelligent software til håndtering og visualisering af CTS-anlæggets data. Desuden har to institutter/centre fra DTU deltaget i projektet.

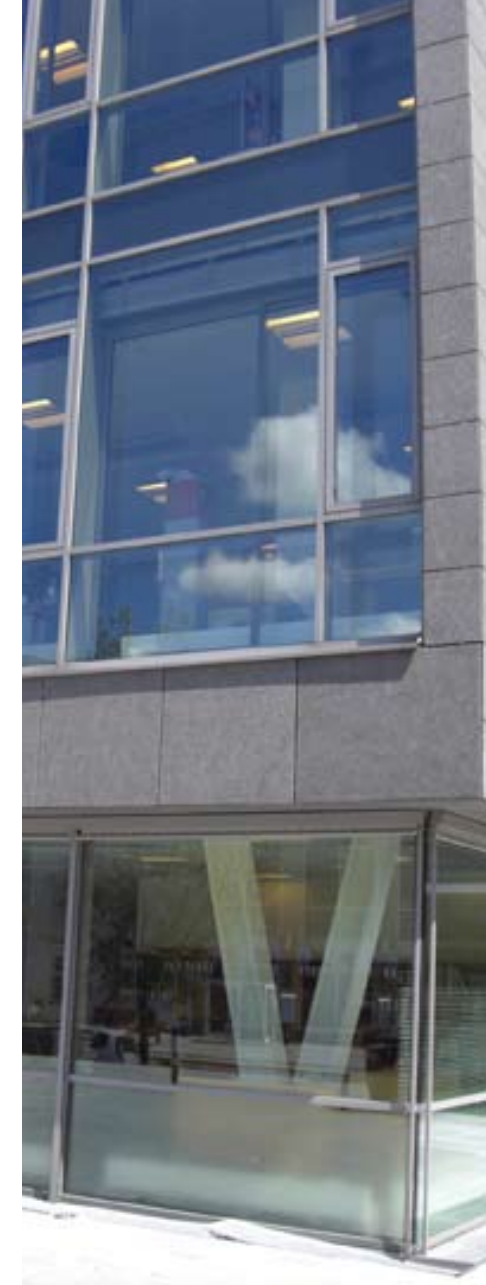
De detaljerede resultater er opsamlet i en engelsksproget slutrapport med dansk resumé "Characterization and optimized control by means of multi-parameter controllers", der kan downloades fra www.ELFORSK.dk under 2007-projekter (339-032). I et andet ELFORSK-projekt (340-004): "Energirigtig bygningsautomation", som COWI har været projektleder på, findes også værdifuld information om mulighederne for at kombinere et godt indeklima med et lavt energiforbrug. I dette projekt har Indeklimacentret ved DTU Byg (ICIEE) og Aalborg Universitet analyseret indeklimaet i to forskellige repræsentative bygninger, og i et samarbejde mellem COWI og Schneider Electric er behovet for automatik og styringen heraf analyseret.

Et væsentligt resultat har været, at det godt kan betale sig at begrænse antallet af automatik-installationer til det mest nødvendige, fordi det forbedrer forholdet mellem omkostninger og besparelser og reducerer elforbruget i komponenter, aktuatorer, IBI-bokse m.v., som i mange tilfælde

tegner sig for en betydelig andel af bygningens samlede standby-forbrug.

EiSE-strategien er en oplagt mulighed for energirådgivere og andre energispareaktører. De kan tilbyde deres kunder store rentable energibesparelser, der oven i købet ikke forudsætter væsentlige investeringer i ombygning eller nye installationer.

EiSE-strategien er relevant at benytte i alle administrationsbygninger, der har et klimaanlæg. Erfaringstal fra VENT-ordningen, der administreres af Teknologisk Institut, og som omfatter ca. 100.000 anlæg, viser, at der kan spares mellem 10 og 30 % alene ved at optimere driftstider, luftmængder og temperaturer.



Dan-Ejendommens hovedkontor er en bygning med lette konstruktioner og store glasfacader, der kræver mekanisk ventilation og køling - en Beta bygning.

DAN-EJENDOMME FIK STORE ENERGIBESPARELSER MED TILBAGEBETALINGSTID PÅ MINDRE END ET ÅR

ELFORSK-projekt 339-032 blev iværksat på baggrund af mistanke om uhensigtsmæssig drift i Dan-Ejendommens administrationsbygning, hvor f.eks. anlæggene modarbejdede hinanden ved at varme og køle samtidig. Endvidere viste de løbende registreringer, at energiforbruget var højere end forventet. Bygningen, der blev idriftsat i 2002, har store glasfacader uden tilstrækkelig solafskærmning. En sådan bygningskonstruktion rummer store udfordringer for indeklimaet. Bygningen har i alt 21.199 m² bygningsareal, hvoraf de 16.254 m² er opvarmet. Inden ELFORSK-projektet blev påbegyndt, havde bygningen et årligt gennemsnitligt elforbrug på ca. 625 MWh og et grad-dagekorrigeret varmekorbrug på 1.200 MWh.

Projektgruppen loggede indeklimaparametre gennem CTS-anlægget for at belyse, hvordan det termiske indeklima udviklede sig over en periode i både kritiske og typiske lokaler. Der blev også målt på steder, hvor der ikke er indeklimakrav.

På den måde blev der skabt overblik over bygningens dynamiske driftsforhold. Indeklimaet blev desuden belyst gennem en spørgeskemaundersøgelse blandt bygningens brugere, og der blev fulgt op med specielle dataloggere, der 17 steder i bygningen registrerede forhold af særlig betydning for indeklimaet.

Disse data viste, at indeklimaet kunne forbedres ved at sænke morgentemperaturen. Målingerne viste også, at der blev brugt energi på at opretholde et perfekt indeklima i et stort område, hvor der ikke er indeklimakrav.

Anlæggenes drift blev målt og tjekket gennem CTS-anlægget. Denne gennemgang, sammen med indeklimamålingerne, gav et billede af problemerne og viste, hvor der burde sættes ind for at forbedre indeklimaet og stoppe uhensigtsmæssig anlægsdrift, så der kunne realiseres energibesparelser.

TIDSSERIER GIVER DYNAMISK BILLEDE

Et centralt formål med projektet var at undersøge, hvordan adgangen til tidsserier kan øge udbyttet af en traditionel inspektion af en bygnings installationer, der normalt er begrænset til at give et statisk billede af bygningens drift. Med tidsserier fås et langt mere værdifuldt dynamisk billede. Det bidrog til en række interessante iagttagelser af driften:

- Der var op til 2 °C forskel på de værdier, der blev målt fra CTS-anlæggets temperaturfølere på vægge i rummene, og de tilsvarende værdier fra indeklimaundersøgelserne, hvor målerne var placeret i nærheden af arbejdspladserne. CTS-anlægget var med andre ord ikke indrettet, så det i tilstrækkelig grad kunne tage hensyn til brugerens faktiske oplevelse af rumtemperaturen.
- Indeklimaundersøgelserne afdækkede trækgener på arbejdspladser med bestemte placeringer, og da målinger samtidig viste lav CO₂-koncentration og lav relativ luftfugtighed i afkastluften, var det muligt at reducere volumenstrømmen i ventilationsanlæggene.



**DAN-EJENDOMME SPAREDE 160 MWh
EL I 2010. PÅ DET TIDSPUNKT HAVDE
EISE STRATEGIEN KØRT I ½ ÅR. DER
ER NU STYR PÅ INDEKLIMAET**

Carsten Nielsen, Dan-Ejendomme

- Ventilationsanlægget var i drift 3-4 timer både før og efter den daglige arbejdstid. Tidsrummet kunne indsnæveres til at anlægget blev sat i drift 1/2-1 time før arbejdstids påbegyndelse

- Styringen af ventilationsanlæggene var programmeret således, at der i perioder blev brugt energi først til at opvarme udeluften og derefter til at nedkøle luften i rum med overophedningsproblemer.

- Studiet af tidsserierne viste også, at det var muligt at optimere spillet mellem bygningens forskellige køleanlæg og udnytte friskoling bedre, ligesom den gennemsnitlige fremløbstemperatur til radiator kredsen kunne reduceres uden at forringe komfortniveauet.

- Den detaljerede kortlægning af elforbruget viste et standby-forbrug på op til 40-50 % af elforbruget om dagen. Konsekvensen var udover højere elforbrug for høje rumtemperaturer, selv i rum uden stort solindfald.

For at give de ansvarlige medarbejdere mulighed for at få et godt overblik over bygningens installationsdrift, bør CTS-anlæg altid etableres med/forberedes for automatisk datalogning. Projekt-

gruppen har konkluderet, at visuel inspektion af loggede data fra CTS-anlæg kan bruges i en detaljeret evaluering af indeklima og energiforbrug. Datamateriale kan gøres tilgængelig på en form, der kan identificere forskellige u hensigtsmæssige driftsforhold i en bygning.

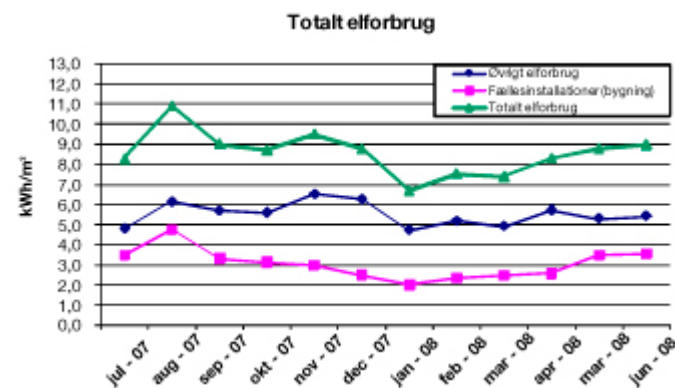
BETYDELIGE ENERGIBESPARELSER

På grundlag af disse analyseresultater blev det vurderet, at en mere effektiv styringsstrategi ville føre til en betydelig besparelse på elforbruget til installationsdrift. Denne udgjorde ca. 100.000 kWh/år. Besparelsen på varmekorbruget var ca. 12 %, svarende til 150.000 kWh/år. Samtidig fik brugerne et mere behageligt indeklima.

Implementeringen af den optimerede driftsstrategi har krævet investeringer på ca. 350.000 kr. Herfra kan fradrages CO₂-tilbagekøb til en værdi på 134.000 kr. Inklusiv konsulenthonorar er omkostningerne tjent hjem på mindre end ét år. Og besparelserne er reelt blevet større. I 2010/2011 var elforbruget reduceret med ca. 154.000 kWh, svarende til en økonomisk gevinst alene på elregningen på ca. 300.000 kr. for ca. 6 måneder. Varmeforbruget er reduceret med ca. 150.000 kWh med en værdi på ca. 120.000 kr.



PKA's administrationsbygning, Tuborg Boulevard 12 i København. Dan-Ejendomme administrerer ejendommen og har sit hovedkvarter i bygningen.



Grafen viser elforbrug i Dan-Ejendommens hovedkontor. Elforbruget er størst om sommeren pga. kølebehovet i perioden juli 2007 til juni 2008.

CTS-DATA VISER VEJEN

“EN GOD RÅDGIVER OG PROGRAM-MØR GIVER KUNDEN “VALUE FOR MONEY”. TILBAGEBETALINGSTIDEN ER VIGTIG, NÅR UDGIFFEN SKAL BETALES OVER DRIFTSBUDGETTET
Carsten Nielsen, Dan-Ejendomme

FLEST MULIGE TILFREDSE BRUGERE

EiSE-strategien har til formål at gøre flest mulige brugere i en bygning tilfredse med indeklimaet med det mindst mulige energiforbrug. Det forudsætter viden om de dynamiske indeklimate og anlægsforhold, der udnyttes til at sikre det bedst mulige samspil mellem indeklima, ventilation, opvarmning og køling.



**SØREN ØSTERGAARD JENSEN,
TEKNOLOGISK INSTITUT**

Denne viden om brugernes accept af det, vi kalder ”temperaturlid”, anvendes i strategien. Sammen med en viden om, hvornår brugerne møder op i lokalerne – og går igen, kan vi analysere varmebelastningen hen over dagen – og dimensionere CTS-anlægget og dets drift derefter. Så ventilationen f.eks. først igangsættes ½ time før, der møder mennesker op i lokalet – og slukkes igen, når det er tomt. Og i sommerperioden anvende anlægget i nogle timer om natten til at køle lokalerne ned, så de igen næste morgen har den ønskede starttemperatur.

Erfaringerne fra ELFORSK-projektet 339-032 viser, at et CTS-anlæg med intelligente løsninger ikke reguleres effektivt. Ofte styres de forskellige tekniske anlæg særskilt, og driften er ikke samordnet. Der er f.eks. ikke indbygget en tilbagemelding om behovet ude i lokalerne, og anlæggene drossler ikke effektivt ned, når behovet falder.

Det medfører ikke alene et unødvendigt ekstra energiforbrug, men også et utilfredsstillende indeklima til skade for medarbejderne.

FOKUS PÅ ENERGIFRÅDS

Hvis man er bevidst om indeklimate målsætningen og kan se, hvordan indeklimaet ændres i arbejdstiden, så kan driftsstrategien nemt skitseres. Erfaringsmæssigt giver et sådant overblik mulighed for at fokusere på energifråds i bygningen og opnå besparelser på mindst 10-30 %, selv uden væsentlige investeringer i nye installationer.

Anvendelse af EiSE forudsætter ikke nødvendigvis, at bygningens CTS-anlæg er udstyret med alle former for faciliteter. En analyse af CTS-data vil næsten altid gøre det muligt at optimere driften på delområder, f.eks. ventilation eller varme. Under alle omstændigheder vil en overordnet vurdering af CTS-anlæggets datamængde, især

vedr. rumtemperaturen, give et overblik over, om det kan betale sig at gennemføre en mere detaljeret analyse, og hvor der i givet fald bør fokuseres.

RENTABLE INVESTERINGER FOR KUNDEN

CTS-data viser hvor indeklimaet kan forbedres og hvor der er energispild. På den baggrund er det muligt at fastlægge EiSE strategien og udpege steder, som skal justeres. En vurdering af tilbagebetalingstider gør det muligt for rådgiveren at skelne mellem, hvad der bedst kan betale sig at forbedre. En ny justeret regulering i CTS-anlægget har tilbagebetalingstider under 1 år. Der er ofte individuelle installations udskiftninger, som også har tilbagebetalingstider på under 1 år. Når alle deløsningerne hver især har tilbagebetalingstider under 1 år, så bliver det samlede projekt meget rentabelt for kunden, og udgiften kan betales af driftsbudgettet. Som led i bestræbelserne på at gøre EiSE-projekter så rentable for kunden som muligt, bør omfanget af installationer vurderes kritisk. Ved at holde antallet af installationer nede på det absolut nødvendige for at skabe et godt indeklima, reduceres både anlægsomkostningerne og installationernes samlede elforbrug til gavn for kunden.



**CARSTEN NIELSEN,
AFDELINGSCHEF, DAN-EJENDOMME**

For en relativ beskednen investering og med en tilbagebetalingstid på under et år opnåede vi en energibesparelse på 50 % af elforbruget og 25 % af varmeforbruget blot ved at styre driften af bygningen ud fra den viden og de erfaringer, som er opnået fra den dynamiske bygningsdrift, og som nu har ført til udviklingen af den helt nye driftsstrategi – EiSE.



FASE 1 – KUNDERELATIONEN

1. Projektsalg – kundefordele fremlægges: Bedre indeklimate, energibesparelser og forventet projektpriis, som betales over driftsbudgettet (tilbagebetalingstid 1 år).
2. Kunden, oplyser alle om de daglige udfordringer og problemer med indeklimate og anlæggenes drift.
3. Kortlægning af temperatur kritiske områder og steder med trækgener.
4. Kunden oplyser om det termiske indeklimate, herunder om trækgener kan fjernes, og hvordan det gøres.
5. Tilbud, så forslag kan implementeres.

FASE 2 – DRIFTOPGAVER

1. Udarbejdelse af en ny reguleringsstrategi for indeklimate og energi.
2. CTS programmer justeres.
3. Kvalitetssikring af den nye drift.

Akriviteter for rådgiveren:

Det er vigtigt, at der igangsættes en dialog med kunden for implementering af besparelsesforslagene iværksættes. Inden driftsfasen skal en egentlig strategi for regulering, justering og kvalitetssikring ske.

EKSEMPLER PÅ TIDSSERIER OVER 7 DAGE - FORSAT FRA SIDE 6



Blå kurve: hastigheden af den roterende varmeveksler (0-100%)

Rød kurve: åbningsgraden af fjernvarmeventilen (0-100%)

For at nå de 21 °C er det nødvendigt, at den roterende varmeveksler starter med at yde 100 % - blå kurve. Desuden åbnes for fjernvarmeventilen - rød kurve, selvom der er overophedningsproblemer i bygningen.



Blå kurve: åbningsgraden af køleventilen i ventilationsanlæggets CAV-del (0-100%)

Rød kurve: åbningsgraden af køleventilen i ventilationsanlæggets VAV-del (0-100%)

Selvom udelufttemperaturen er lav nok til at køle bygningen, udnyttes dette ikke. Tværtimod forvarmer man friskluften - bl.a. med fjernvarme. Denne varme bliver efterfølgende fjernet med de mekaniske køleanlæg. Køleventilen i ventilationsanlæggets VAV-del (variabel volumenstrøm) i bl.a. møderum er da også størstedelen af tiden åben - rød kurve. Kølebaflerne i bygningen er også i funktion hele tiden i perioden fra kl. 4 til 20.

GOD LUFTKVALITET UDEN TRÆKGENER

REGULERING OG LUFTKVALITET

Forbuddet mod indendørs rygning har gjort det lettere at opretholde en god luftkvalitet. Menneskelig aktivitet i et lokale betyder, at CO₂ koncentrationen øges uden luftskifte. En løbende måling af CO₂ koncentrationen gør det muligt at tilpasse luftmængden, så luftkvaliteten hele tiden lever op til målsætningen, f.eks. 800-1000 ppm.

I glasbyggeri måler følerne ofte kun temperaturen. Når der registreres et kølebehov, tilføres kølingen gennem ventilationsanlægget, ved en relativ stor luftmængde. I forhold til opretholdelse af en god luftkvalitet er luftmængden rigelig stor ved køling. Når der ikke er et kølebehov kan luftmængden med fordel sænkes til et minimum. Luftkvaliteten er da stadig god, brugertilfredsheden er stor, fordi den lavere luftmængde mindsker risikoen for træk og rumtemperaturen er i det optimale område.

En lille reduktion af den maksimale luftmængde, f.eks. 10-20 %, vil sænke impulsen, dvs. luftens bevægelseskraft, med 20-30 %. Udover at mindske trækgener sænker det også kølekapaciteten en smule. Men ved at regulere efter et setpunkt for varmereguleringen på 20 °C og et setpunkt for kølebehovet på 23 °C om morgenen opvejes den mindre kølekapacitet.

TRÆK

Trækgener bør håndteres i de enkelte lokaler, hvor brugerne oplever et problem. Selv om en generel driftsoptimering af CTS-anlægget som regel fører til mindre trækgener, kan der stadig være lokale problemer. En røgpind er et simpelt værktøj, der kan bruges til at identificere træk og synliggøre problemet. Ved at håndtere trækgener som individuelle problemer, der løses lokalt, er det lettere at bibeholde en optimal drift.

BESPARELSER UDEN FOR ARBEJDSIDEN

Ventilationsbehovet kan reduceres uden for arbejdstiden, da det som oftest vil være det termiske indeklime som er dimesionsgivende. Temperaturen ved arbejdstidens begyndelse er afgørende. Som eksempel kan nævnes, at hvis ventilationsanlægget hidtil har været i drift kl. 06.00-18.00, men at det faktisk er forsvarligt at reducere driftstiden til kl. 07.00-16.00, så kan der skæres 3 ud af 12 driftstimer, svarende til en besparelse på ventilationsanlæggets el- og varmekonsum på 25 %. De fleste anlæg flytter store mængder luft i timen, og energiforbruget kan være langt over 100 MWh pr. år, før driften ændres.

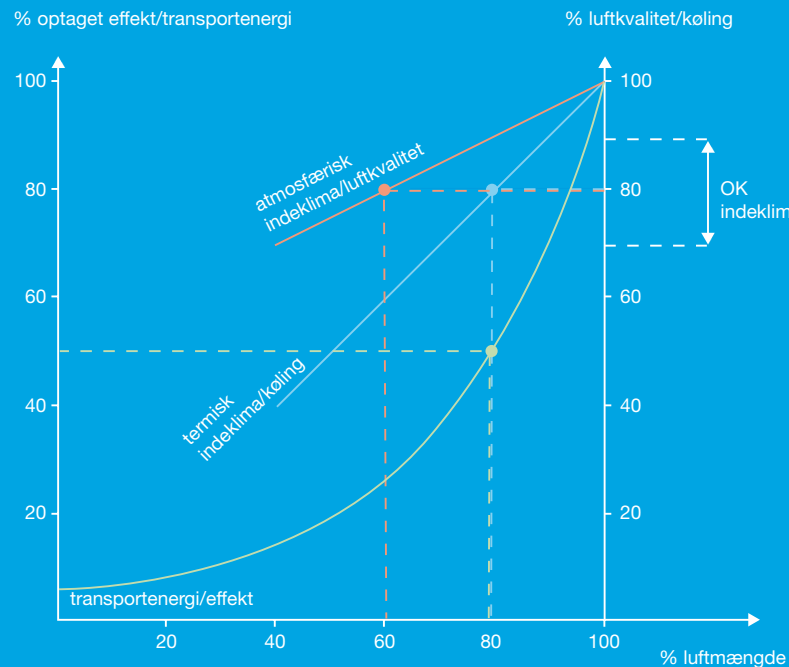
Hvis der opstår lugtproblemer i et lokale, fordi luften har stået stille i mange timer uden for arbejdstiden, vil en energieffektiv løsning være at vælge en halv times morgenudluftning, f.eks. i tidsrummet kl. 06.30-07.00. På denne halve time fjernes mere end 80 % af kemien i luften. Den roterende veksler kører for fuld kraft i denne situation, men ved at holde varmeventilen til aggregatets varmeplade lukket, spildes ikke energiforbrug til opvarmning. Da der ikke er mennesker i lokalet, spiller træk ingen rolle.

LAV INDBLÆSNINGS-TEMPERATUR

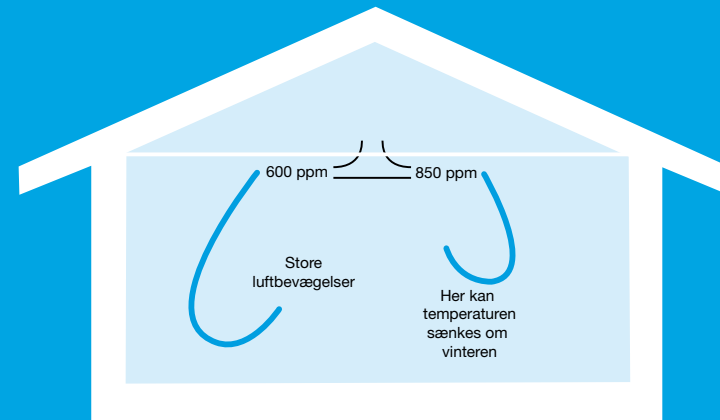
Ventilationsanlæggets indblæsningstemperatur bør være så lav som mulig. For hver grad indblæsningstemperaturen stiger, øges ventilationsanlæggets varmekonsum med 20 %.

Hvis reguleringen af CTS-anlægget medfører, at der tilføres ekstra energi til indblæsningsluften, selv når der er over 20 °C i lokalene, bør der sættes ind mod et sådant energifråds. Der skal tilføres så lidt varme som muligt til den indblæste luft under hensyntagen til træk.

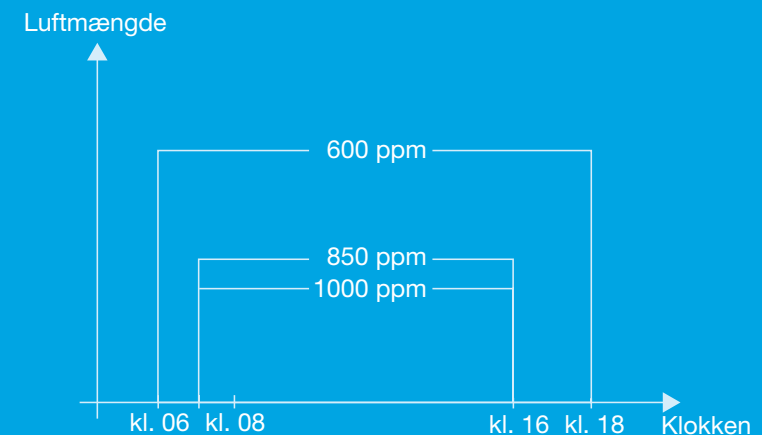
**SÆNK LUFTMÆNGDEN 10 %
VED AT SÆNKE VENTILATOR-
OMDREJNINGERNE MED 10 %.
DET SÆNKER TRANSPORT-
ENERGIEN MED 30 %.**



Effektøptaget ved reduktion af luftmængden ved omdrejningsregulering samt eksempler på nødvendige luftmængder ved henholdsvis kølebehov og luftkvalitet uden trækgener for opretholdelse af tilfredsstillende indeklima.



Hver time transporterer ventilationsanlæg store mængder luft, som skal opvarmes om vinteren. Når bevægelsesenergien falder, kan temperaturen ofte sænkes, uden at det giver træk. Sænk f.eks. indblæsningstemperaturen 1°C og spar yderligere 20 % på varmeregningen. Brugerne kan ikke mærke det, men energimåleren registrerer det.



Ventilationsmængden som funktion af ppm. Luftmængden halveres, når setpunktet øges fra 600 til 850 ppm. Ventilationsanlæggets el- og varmeforbrug nedsættes yderligere ved at reducere anlæggets driftstid med 3 timer.

“

LUFTMÆNGDEN SKAL SÆNKES TIL DET MAKSIMALE BEHOV, OG LUFTMÆNGDEN SKAL REGULERES NED, NÅR KØLEBEHOVET FALDER. NÅR OMDREJNINGSHASTIGHEDEN NEDSÆTTES MED F.EKS. 20 % PÅ VENTILATORER, REDUCERES LUFTMÆNGDEN OGSÅ 20 %. TRANSPORTENERGIEN OG DERMED ELFORBRUGET REDUCERES MED 50 %. SELV SMÅ ÆNDRINGER GIVER STORE BESPARELSER

Peter Poulsen, Teknologisk Institut

“

MINDRE TEMPERATURSTIGNING INTET INDEKLIMAPROBLEM

Erfaringerne fra den internationalt anerkendte indeklimateknik på DTU's Indeklimacenter ICIEE vidner om, at en mindre temperaturstigning i løbet af arbejdstiden, f.eks. 2-4 °C (omtrent svarende til indeklimaklasse B), ikke opleves som et problem af langt de fleste brugere. Da der altid vil være en overproduktion af varme i en administrationsbygning i arbejdstiden pga. gratis varme fra menneskelig aktivitet, elforbrugende kontorudstyr, belysning m.v., bygger EiSE-strategien på, at rumtemperaturen starter på den lavest acceptable temperatur om morgenen, så temperaturen kan øges med op til 4 °C, før indeklimaet opleves som belastende.

FORSKEL PÅ VINTER- OG SOMMERTEMPERATUR

Den hensigtsmæssige morgentemperatur er 23 °C om sommeren og 20 °C om vinteren. Forskellen hænger sammen med, at brugerne benytter let tøj om sommeren og mere tungt og isolerende tøj om vinteren. Da det er nemmere at slippe af med varmen med let tøj, er rumtemperaturen højere om sommeren, mens temperaturen må være lavere om vinteren, fordi det mere isolerende vintertøj gør det sværere at slippe af med kropsvarmen.

EiSE-strategiens temperaturinterval under vinterdrift forudsætter, at brugerne har dækket ben og arme med bukser og langærmet trøje. Under sommerdrift kan brugerne have en let trøje til de første morgentimer, som tages af, når temperaturen bliver højere.

Hvis man i en bygning har højere morgentemperaturer end EiSE anbefaler, er der risiko for, at flere brugere vil opleve et utilfredsstillende indeklima senere på dagen når temperaturen stiger. Herved øges behovet for køling, hvad der fører til højere energiforbrug og evt. trækgener.

INDIVIDUELLE SETPUNKTER GIVER PROBLEMER

EiSE strategien fraråder at indføre individuelle setpunkter for rumtemperaturen, i lokaler med flere brugere. Det forringer altid den optimale drift, hvis der indføres individuelle setpunkter, og det vil uvægerligt medføre flere utilfredse brugere, færre timer med optimalt indeklima og højere energiforbrug, hvis man på den måde forsøger at tilfredsstille individuelle ønsker. Brugere med specielle ønsker til rumtemperatur bør rådes til først og fremmest at dække deres behov med en mere hensigtsmæssig påklædning.

Det er setpunkterne, der afgør hvor meget energi, der skal tilføres lokalerne for at opnå den ønskede rumtemperatur. Hvis varme setpunktet i hele bygningen hæves fra 20 til 21 °C i vintermånederne, øges det årlige varmebehov med 7 % – ja endnu mere i moderne lavenergibyggeri. Samtidig øges risikoen for, at indeklimamålsætningen ikke kan overholdes i alle arbejdstimer. Det er derfor afgørende for en energioptimal drift, at der sigtes efter den lavest mulige rumtemperatur, der er acceptabel for hovedparten af bygningens brugere.

HØJERE MORGEN-TEMPERATURER ØGER ENERGIFORBRUGET

Hvis temperaturen i et bestemt lokale skal øges med 2 °C for at afhjælpe klager fra et mindre antal brugere, fordobles energiforbruget i lokalet. Dertil kommer, at rumtemperaturen altid stiger i løbet af arbejdstiden. Så i virkeligheden vil den højere rumtemperatur om morgenen af de fleste brugere blive oplevet som et stigende indeklimateknikproblem i løbet af arbejdstiden. Foruden et dårligere indeklima for de fleste vil den højere rumtemperatur medføre et øget energiforbrug til varmforsyning, og et større behov for elforbrug til køling i løbet af arbejdstiden.



**SAMME SETPUNKT ANBEFALES
STEDER MED FLERE BRUGERE.
ANLÆGGENE STYRES EFTER AT
FLEST ER TILFREDSE. BRUGERE
RÅDES TIL HENSIGTSMÆSSIG
BEKLÆDNING**

Peter Poulsen, Teknologisk Institut

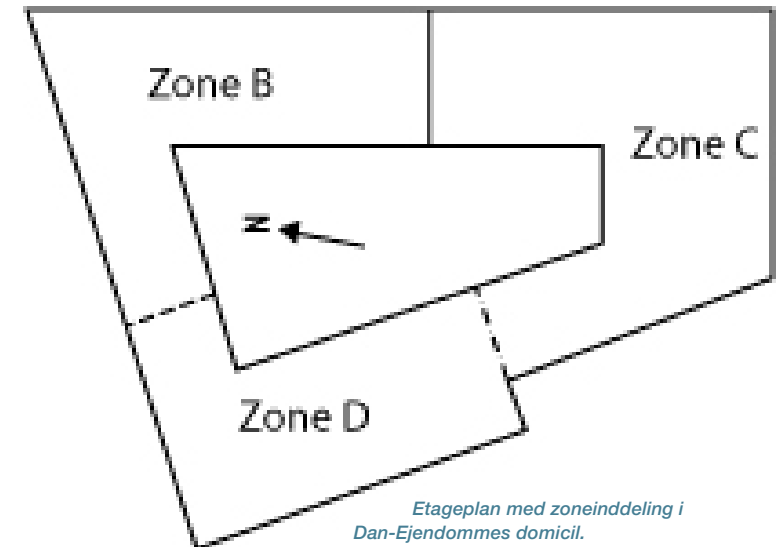


	Procent af tiden [-] i vinter periode			
	I (21.0 - 23.0°C)	II (20.0 - 24.0°C)	III (19.0 - 25.0°C)	IV (Andet)
Zone B	11.3	79.2	100.0	0.0
Zone C	11.0	66.8	99.4	0.6
Zone D	2.5	56.3	90.3	9.7
1. sal	8.3	67.4	96.6	3.4

Det ses, af bygninger i store træk overholder kategori II, Bygningen er tilgængelig et stykke fra kategori I. Kan 8% af tiden om vinteren opfylde bygningen denne kategori.

	Procent af tiden [-] i sommer periode			
	I (23.5 - 25.5°C)	II (23.0 - 26.0°C)	III (22.0 - 27.0°C)	IV (Andet)
Zone B	86.2	97.5	100.0	0.0
Zone C	86.2	96.8	100.0	0.0
Zone D	84.2	96.7	100.0	0.0
1. sal	85.5	97.0	100.0	0.0

Kvalitet af det termiske indeklima i % tid i indeklimakategorierne for 3 forskellige zoner i Dan-Ejendommens domicil. Det ses, at bygningen i store træk overholder kategori III. Bygningen er til gengæld et stykke fra kategori I. Kun 8% af tiden om vinteren opfylder bygningen denne kategori.



*Etageplan med zoneinddeling i
Dan-Ejendommens domicil.*



**MORGENTEMPERATUR PÅ
20 °C OM VINTEREN OG 23 °C OM
SOMMEREN ANBEFALES. HØJERE
MORGENTEMPERATURER
GIVER DÅRLIGERE INDEKLIMA
OG STØRRE ENERGIFORBRUG**
Reto M. Hummelshøj, COWI

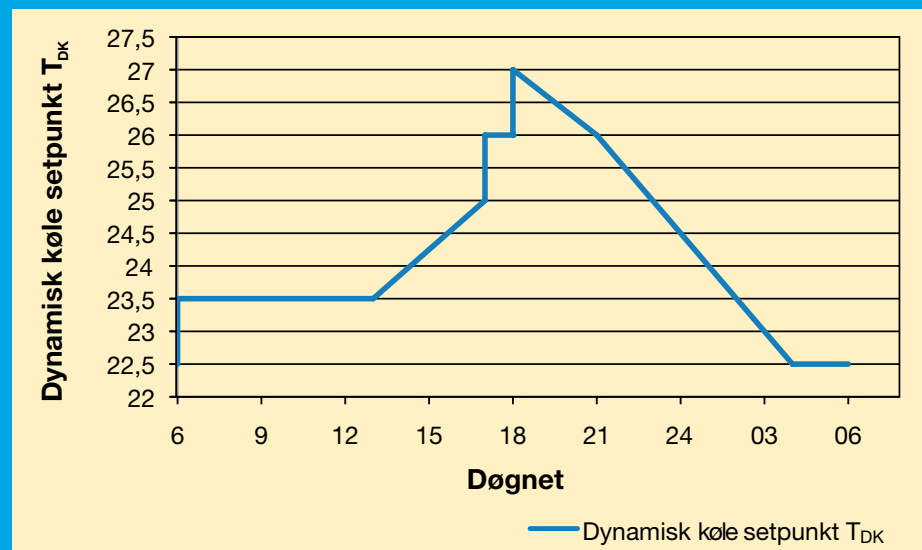


EISE ANVENDER DYNAMISKE SETPUNKTER

DYNAMISK KØLE SETPUNKT

Der bør i princippet kun køles i lokalerne, hvis det forudses, at temperaturen bliver for høj sidst på arbejdsdagen. Målet er, at temperaturen stiger 2-4 °C i arbejdstiden. Den akkumulerede varme bruges efter arbejdstid til at mindske varmeanlæggets energiforbrug i fyringssæsonen. Om sommeren fjernes den akkumulerede varme med frikøl den følgende nat. Det dynamiske køle setpunkt giver mulighed for at udnytte hele energipotentialet for gratis varme og køl.

Loggede tidsserier synliggør, om setpunkter er uhensigtsmæssige, og hvor stor temperaturstigningen er i løbet af en typisk arbejdsdag. Målingerne bruges til at fastlægge nye varme og køle setpunkter. Figuren viser et forslag til dynamiske køle setpunkter for en bygning, hvor temperaturstigningen er for stor, når solen skinner i mange timer.



Når der er få timer tilbage af arbejdstiden, øges køle setpunktet. Det øger temperaturen og den akkumulerede varme, det nedsætter ydelsen på varme-, ventilations- og køleanlæg og fremmer frikøl.



**DYNAMISKE SETPUNKTER ØGER
UDNYTTELSEN AF VARME
AKKUMULERING OG FRIKØL OG
SÆNKER BEHOVET FOR MEKANISK
KØL OG OPVARMNING**

Peter Poulsen, Teknologisk Institut





**PETER POULSEN,
TEKNOLOGISK INSTITUT**

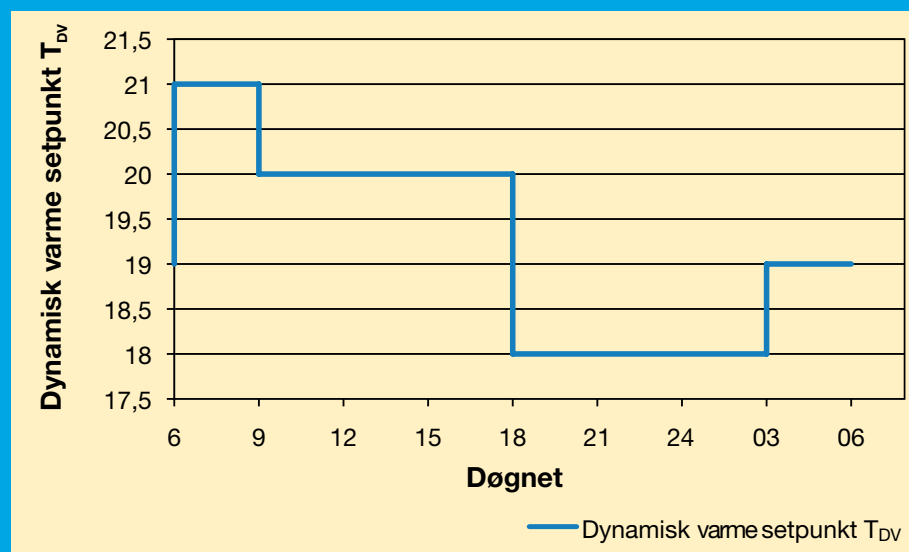
Analyser viser, at omkring 20-30 % af alle ventilationsanlæg har et for stort energiforbrug, og at 50 % af dem kan halvere energiforbruget – enkelt og nemt alene ved at ændre på driftsparametrene – og oven i købet få et bedre indeklima i bygningen, med god luftkvalitet, en behagelig temperatur og større trivsel og komfort.

DYNAMISK VARME SETPUNKT

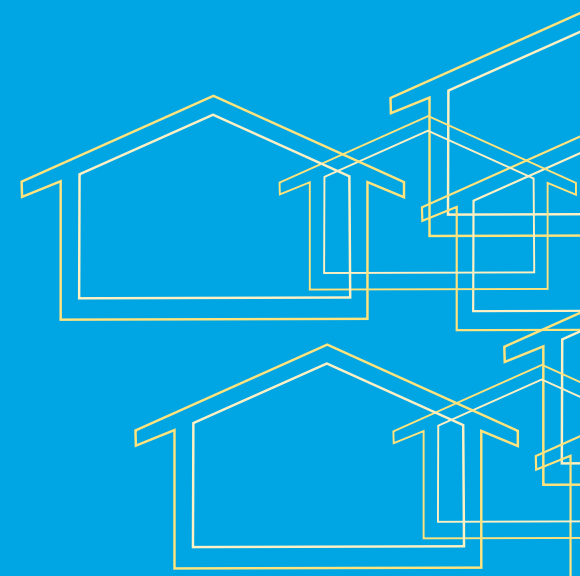
Der bør kun tilføres varme, hvis det forudses, at morgentemperaturen i lokalerne ellers ville blive for lav.

Målet er, at den periode, hvor der er brug for varme, udskydes så længe som muligt efter arbejdstid. Herved kan varmetabet gennem konstruktionen, elforbrug til pumper og varmetab fra varme rør mindskes.

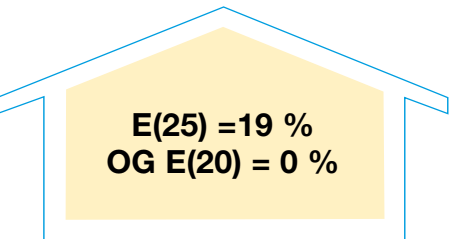
Der er større tradition for anvendelse af dynamisk varme setpunkt end køle setpunkt, men det udnyttes sjældent til stop af pumper og regulering af fremløbstemperaturen i fyringssæsonen. Det gør EISE strategien.



Efter arbejdstiden sænkes varme setpunktet. Det øger den periode, hvor cirkulationspumpen er i stop, og varmekurven sænkes. Når varme setpunktet springer op i værdi, vil mange lokaler have behov for varme, så cirkulationspumpen starter og hæver varmekurven.



BRUG EiSE FUNKTIONEN $E(x)$ TIL DRIFTSOPTIMERING



**$E(25) = 19 \%$
OG $E(20) = 0 \%$**

Det er ikke hensigtsmæssigt, at anlæg går i gang, når et enkelt målepunkt beder om energi. Det er ineffektivt og fører til et stort energispild at starte for tidligt. Der vil altid være rørtab og andre driftstab, men det er en integreret del af EiSE strategien at fordele dette tab over flest mulige lokaler, så tabet pr. bruger ved at opretholde brugernes tilfredshed med indeklimaet, bliver så lille som muligt.

$E(x)$

Funktionen $E(x)$ opgør, hvor mange procent af målepunkternes temperatur, som afviger fra setpunktet, som er x . Funktionen bruges til at starte og stoppe anlægsdriften, samt regulere flow og temperatur. Der er to $E(x)$ funktioner. Den ene opgør hvor mange målepunkter, som er under det aktuelle varme setpunkt. Den anden opgør hvor mange målepunkter, som er over det aktuelle køle setpunkt.

Et eksempel: $E(23)$ betyder, at CTS-anlægget opgør, hvor mange procent af målepunkterne, som er over 23°C (om morgenen er køle setpunktet ofte 23°C). I kølestrategien er det valgt, at når f.eks. 15 % af lokalerne er over køle setpunktet,

så aktiveres køleanlægget. Det pågældende anlæg stoppes igen, når mindre end 5 % af lokalerne er over køle setpunktet.

$E(x)$, VARMEKURVEN OG CIRKULATIONSUMPEN

Varmekurven styrer fremløbstemperaturen til radiatorerne. Hvis få målepunkter har et varmebehov, parallelskydes varmekurven. Det betyder, at hvis mange lokaler har en temperatur over varme setpunktet, sænkes varmekurven. Når mange lokaler har et varmebehov, hæves varmekurven. Hvis der ikke er et varmebehov, f.eks. fordi alle lokalerne har en temperatur over varme setpunktet, stoppes cirkulationspumpen. Pumpen startes igen, når f.eks. 15% af lokalerne er under varme setpunktet. $E(x)$ sænker tomgangstabet i cirkulationsrørene gennem regulering.

$E(x)$ OG KØLING

Ventilationen kører og forceres, hvis f.eks. 15 % af lokalerne har en temperatur over køle setpunktet. Når tallet er mindre end f.eks. 5 %, slukkes ventilationen. Hvis der ikke er et kølebehov i arbejdstiden, kører ventilationen på lav ydelse. Køleanlæg igangsættes også med funktionen $E(x)$.

Hvis f.eks. 15 % af lokalerne har et kølebehov, frigives den indirekte køling, og der cirkulerer køligt vand rundt i rørene. Mekanisk køl aktiveres, når udetemperaturen er over setpunktet, som f.eks. er 16°C inden for normal arbejdstid og f.eks. 20°C udenfor arbejdstiden.

Kølevandets temperatur til indirekte køling reguleres gennem funktionen $E(x)$, jo færre lokaler som har et kølebehov, des højere bliver kølevandets temperatur. Når køle setpunktet stiger om eftermiddagen, vil det yderligere sænke ydelsen på det mekaniske ventilationsanlæg. Kølingen udskydes så vidt muligt til et tidspunkt, hvor frikøl er muligt. I praksis sker det ved at køle setpunktet sænkes igen om natten.

Køleflader i ventilationsaggregatet aktiveres, når mange lokaler har et kølebehov, f.eks. mere end 70 % og lukkes, når tallet igen kommer under 50 % (der anvendes kun mekanisk køl til disse køleflader). Der er ofte en styring på aktiveringen af køleventilen, f.eks. ved en udetemperatur over 20°C . Ventilen lukkes igen, hvis udetemperaturen kommer under f.eks. 19°C .

EISE-STRATEGIEN PÅ SKEMAFORM



Indeklima- og anlægsstrategien kan nedfældes i skemaform, så det er lettere at få overblikket, når CTS-justeringerne skal foretages. Hver af de viste tabeller omhandler enten et lokale, ventilations-, køle- eller varmeanlæg. Kolonnerne præsenterer komponenter, som har eller forårsager et energiforbrug.

Hver komponent reguleres, men kan overstyres af enten tvangsdrift, nulstil, manuel drift eller sikkerhedsdrift. Disse fem driftsformer er prioriteret som følger:

1. Sikkerhedsdrift
2. Manuel drift
3. Nulstil
4. Tvangsdrift
5. Regulering

Drift med høj prioritering overstyres drift med lavere rangering. Hvis f.eks. nulstil indtræffer, overstyres tvangsdrift og regulering. Hvis sikkerhedsdrift indtræffer, overstyres de øvrige fire driftsformer.

Under hver tabel er der forklaring til indholdet i tabellen.

LOKALER

		a VAV spjæld	b Varmeventil	c Køleventil til f.eks. kølebafler
1	Regulering	Dynamisk køle setpunkt T_{DK}	Dynamisk varme setpunkt T_{DV}	Dynamiske køle setpunkt, T_{DK}
2	Tvang	100 % åben på arbejdsdage i tidsrum- met fra f.eks. 06.30-07 fra oktober til maj		
3	Nulstil			
4	Manuel		Individuel brugerværdi f.eks. 19-21 °C på hver-dage f.eks. fra kl. 7-16	
5	Sikkerhed			

1a VAV ventil reguleres efter temperatur. T_{DK} er dynamisk køle setpunkt. Der er en minimumsåbning, så der tilføres luft selvom kølebehovet er nul.

2a VAV ventiler åbnes 100 % ved morgenudluftning.

1b Varmeventil reguleres efter temperaturen. T_{DV} er dynamisk varme setpunkt.

4b Varme normen DS 469 stiller krav om individuelle varmebehov skal tilgodeses.

1c Køleventilen reguleres efter temperatur. T_{DK} er dynamisk køle setpunkt.



EISE FUNKTIONEN REGULERER
ANLÆGGENE. DET ER SIMPELT,
EFFEKTIVT OG MEGET ENERGI-
BESPARENDE

Peter Poulsen, Teknologisk Institut



VENTILATIONSANLÆG, HERUNDER KØLEANLÆG TIL KØLEFLADE I AGGREGAT

		a Ventilator	b Roterende veksler	c Varmeventil	d Køleventil
1	Regulering	Frigives når $E(DK) >$ f.eks. 15 %. Hysterese ned til f.eks. 5 % Setpunkt f.eks. dynamisk ps, som er en funktion $E(DK)$	Setpunkt Tind f.eks. 18 °C	Setpunkt Tind f.eks. 18 °C	Frigives når $E(DK) >$ f.eks. 70 % og Tude $>$ f.eks. $TDK - 5$ °C. Hysterese på både $E(DK)$ og Tude Setpunkt Tind = $T_{DK} - 6$ °C
2	Tvang	Frigives i tidsrummet 08-16 på arbejdsdage Setpunkt f.eks. dynamisk ps, som er en funktion $E(DK)$	Setpunkt f.eks. 14 °C i tidsrummet kl. 18-07 fra juni til september		
3		Frigives i tidsrummet fra f.eks. 06.30-07 på arbejdsdage fra oktober til maj F.eks. ps = 150 Pa	Kører 100 % fra oktober til maj		
4	Nulstil			I tidsrummet fra 18-07 + weekend	I weekend
5				Veksler kører mindre end 100 %	
6			Ventilator stop	Ventilator stop	Ventilator stop
7	Manuel				
8	Sikkerhed	Stop ved frostalarm		100 % åben ved frostalarm	
9		Stop ved brandalarm			

1a Ventilatorerne frigives når mere end f.eks. 15 af lokalerne har et kølebehov. Ventilatoromdrejningerne reguleres efter ps. Når der er et kølebehov, som registreres ved at $E(DK) > 0$, så forceres luftmængden op. Kurven er givet ved to eller flere koordinater ($E(DK)$, ps). Eksempel: (0;100 Pa), (0,2;100 Pa); (1; 200 Pa).

2a Ventilatorerne frigives i tidsrummet f.eks. 08-16 på arbejdsdage for at sikre luftkvaliteten i arbejdstiden. Ventilatoromdrejningerne reguleres efter ps, som beskrevet under 1a.

3a Ventilatorerne frigives i tidsrummet f.eks. 06.30-07 på arbejdsdage fra oktober til maj (morgenudluftning). F.eks. ps = 150 Pa.

8a Stop ved frostalarm.

9a Stop ved brandalarm.

1b Veksleren reguleres efter ønsket indblæsningstemperatur på f.eks. 18 °C.

2b Hvis ventilatorerne kører i dette tidsrum, er der et kølebehov. Der er næsten ingen brugere tilstede og indblæsningstemperaturen sænkes derfor til 14°C.

3b Vi vil gerne akkumulere så meget varme som muligt i bygningen, derfor kører den 100 %.

6b Veksleren er stoppet hvis ventilatorerne er i stop.

1c Varmeventilen regulerer efter f.eks. 18 °C.

4c Varmeventilen er nulstillet udenfor arbejdstid.

5c Varmeventilen er nulstillet, hvis veksler kører mindre end 100 %.

6c Varmeventilen er stoppet, hvis ventilatorerne er i stop.

8c Varmeventilen åbnes 100 % ved frostalarm.

1d Køleventilen frigives hvis der er et "globalt" kølebehov og udetemperaturen er over indblæsningstemperaturen. Hysterese på Tude $<$ $TDK - 6$. Hysterese på $E(DK) <$ f.eks. 50 %. Køleventil regulerer efter indblæsningstemperaturen, som er funktion af det dynamiske køle setpunkt. Det sænker køleydelsen og risikoen for træk.

4d Køleventil er altid nulstillet i weekenden, der er ingen eller få brugere tilstede.

6d Køleventil er nulstillet når ventilationsanlægget er stoppet.

KØLEANLÆG TIL INDIREKTE KØLING UDE I LOKALERNE

		a Køle cirkulationspumpe	b Fremløbstemperatur	c Signal til køleanlæg	d Signal til frikøl
1	Regulering	Frigives når $E(DK) > \text{f.eks. } 15 \%$. Hysteresis $E(DK)$ til f.eks. 5%	Setpunkt f.eks. $T_f = (TDK - 6 - 3 \cdot E(DK))$	Frigives når køle cirkulationspumpe frigives	Frigives når f.eks. $T_{ude} < T_f - 3$. Hysteresis til $T_f - 2$
2	Tvang				
3	Nulstil	Ventilator stop		Ventilator stop	
4	Manuel				
5	Sikkerhed				

1a Cirkulationspumpen frigives, når der er et kølebehov i mere end f.eks. 15 % lokalerne.

3a Cirkulationspumpen stopper, når ventilationsanlægget er i stop.

1b Kølevandets temperatur er en funktion af det dynamiske køle setpunkt og hvor mange lokaler, som har et kølebehov.

1c Signal til køleanlæg når cirkulationspumpen frigives (der er et kølebehov i mere end f.eks. 15 % af lokalerne). Det forudsættes, at køleanlægget kun kan køre, når dette signal frigives.

3c Køleanlæg stopper, når ventilationsanlæg er i stop.

1d Signal til frikøl frigives, når udetemperaturen er f.eks. 3°C lavere end fremløbstemperaturen.

VARMEANLÆG

		a Fremløbstemperatur til varmekilder	b Cirkulationspumpe
1	Regulering	Varmekurve + korrektion, som f.eks. er: $-20 \left(\frac{20 - T_{ude}}{32} \right) (0,3 - E(DV))$	Frigives
2	Tvang		
3	Nulstil		Stop hvis $E(DV) = 0$ og $T_{ude} > \text{f.eks. } 5^\circ\text{C}$. Hysteresis på både $E(DV)$ og T_{ude}
4	Manuel		
5	Sikkerhed		

1a Fremløbstemperaturen reguleres efter en varmekurve og korrektionsfaktor. Varmekurven er en funktion af udetemperatur og korrektionsfaktoren er en funktion, som sænker fremløbstemperaturen, når varmebehovet er lille.

1b Cirkulationspumpen reguleres efter f.eks. en proportional karakteristik.

3b Cirkulationspumpen stoppes, når udetemperaturen er over 5°C og varmebehovet, i bygningen, er nul. Hysteresis på T_{ude} , så cirkulationspumpen først igangsættes ved f.eks. 3°C . Hysteresis på $E(DV)$, så cirkulationspumpen først igangsættes, når f.eks. 10 % af lokalerne har et varmebehov.



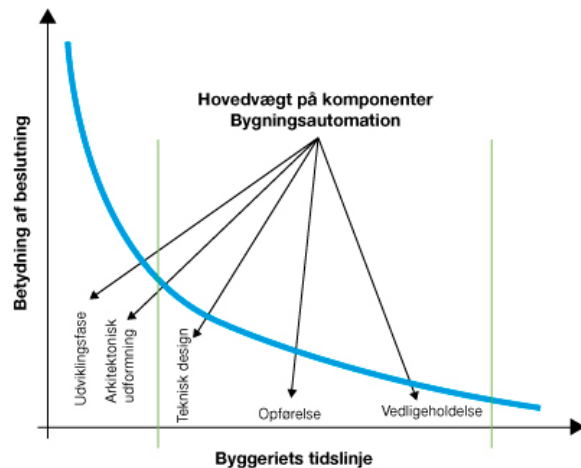
BJARNE W. OLESEN,
PROFESSOR, ICIEE, DTU

På kontorarbejdspladser vil de fleste være tilfredse med temperaturen i lokalerne, hvis den om vinteren ligger i intervallet $20-24^\circ\text{C}$ og om sommeren mellem $23-26^\circ\text{C}$. Det betyder, at man kan starte om morgenen med en lavere temperatur og tillade, at temperaturen stiger hen over dagen – og stadig have tilfredse brugere af lokalerne.



BYGNINGSAUTOMATION

- HVILKE TILTAG OG HVORNÅR



Betydning for energiforbrug og indeklima ved at indtænke bygningsautomation i byggeprocessen. Mellem de lodrette streger ligger fasen efter bygningsopførelsen. Jo før der er energirigtig bygningsautomation, jo større er potentialet for energibesparelser.



Sydfacade af Københavns Energis domicil i Ørestaden. Bygningen er opført af primært tunge konstruktionsmaterialer – en Alfa bygning.



For at minimere varmetilskuddet fra solstråling og direkte sollys er der opsat udvendig solafskærmning omkring vinduerne.

BYGNINGSAUTOMATION:

Fremgangsmåden for at sikre optimeret energi- og bygningsdesign kan inddeles i tre trin. Først reduceres energibehovet mest muligt, derefter ses på effektiv anvendelse af energiforsyningen, hvorefter der fokuseres på effektiv el-anvendelse. For eksisterende bygninger fokuseres på sidste fase med hovedvægt på komponenter (automatik).

EFFEKTIV EL-ANVENDELSE:

- Anvend intelligente bygningsinstallationer (bevægelsessensorer, afbrydeligt forbrug m.v.)
- Benyt god praksis for målestruktur. Vigtigt med tilstrækkeligt antal målere, og at valget gør det nemt at følge energiforbruget og de klimatiske forhold i bygningen
- Anvend energimålere på forskellige typer forbrug. Generelt kan det være hensigtsmæssigt med separat måling på fast belysning, ventilation, køling, pumper og blandesløjfer
- Anvend energirigtige apparater og minimer deres standby forbrug
- Brug intelligente el-målere som grundlag for styring uden om spidsbelastning og dyre el- og varmepriser
- Øg samspillet mellem bygningsintegreret energiproduktion og energiproduktionen i el- og fjernvarmenettet

ANDRE INDEKLIMA OG ENERGITILTAG

SOLAFSKÆRMNING

Det er vigtigt, at en bygning er forsynet med en effektiv solafskærmning i facader med solindfald. Solafskærmning reducerer varmetilførsel fra solindfald gennem glas og modvirker blændingsgener. EiSE-strategien sørger for, at persienser eller anden form for solafskærmning aktiveres ved direkte sol, så den fungerer optimalt. Uden for normal arbejdstid bør solafskærmningen være så effektiv som mulig for at begrænse bygningsopvarmning og det deraf følgende kølebehov i sommermånederne.

Det er vigtigt, at de brugere, der arbejder tættest på solvendte facader, har sikkerhed for en effektiv solafskærmning, da de oplever de største gener fra ophedning og blænding ved direkte solindfald. Ved direkte sol kan den oplevede temperatur stige med mere end 5 °C og dermed føre til et utilfredsstillende indeklima.

DRIFTSOPTIMERING I HVERDAGEN

Cirkulationsrør til radiatorerne har et varmetab, som kan optimeres ved at sænke varmekurven. Varmekurven optimeres, indtil bunden er nået.

Det viser sig ved, at et eller flere lokaler ikke længere kan opretholde den ønskede temperatur. I så tilfælde skal fokus rettes mod disse lokaler for at finde ud af, om der er fejl og mangler, som kan rettes. Når de er udbedret, kan varmekurven formentlig sænkes yderligere. Det betyder, at andre lokaler ikke længere kan opretholde temperaturen. Det er en fortløbende indeklimaproces, som den ansvarlige for bygningsdriften kan arbejde med, så længe der stadig findes optimeringsmuligheder.

STAND-BY FORBRUGET BØR BEGRÆNSES

Det er under alle omstændigheder af stor betydning for effektivisering af elforbruget, at elforbrugende apparater og belysning slukkes, når der ikke længere er brugere i et lokale. Det begrænser elforbruget til standby-drift og mindsker varmelastningen, så det kræver mindre køling at opretholde den ønskede rumtemperatur, især i sommermånederne. Hvis apparater med en samlet effekt pr. bruger på f.eks. 200 W holdes slukket uden for normal arbejdstid, spares 25 kWh om ugen eller ca. 1.000 kWh om året, svarende til ½ ton sparet CO₂ pr. år.

Det har også betydning for bygningens samlede standby-forbrug, at der ikke installeres mere automatik end højst nødvendigt for at kunne opretholde et godt indeklima, og at der stilles energimæssige krav også til de installationer, der anvendes til CTS-anlæggets styring og regulering.

TERMOAKTIVE KONSTRUKTIONER

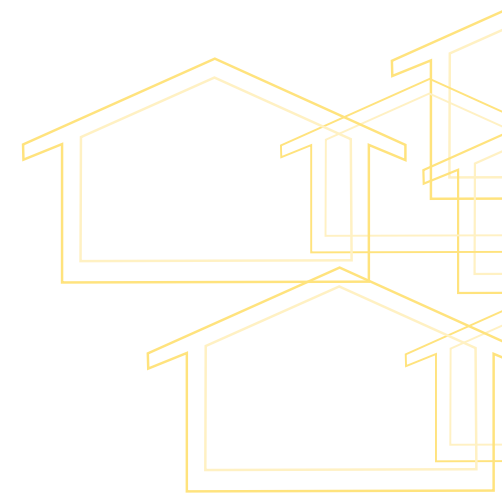
I nybyggeri er det muligt at tilgodese både hensynet til et godt indeklima og et lavt energiforbrug ved at projektere med termoaktive konstruktioner, der er i stand til at køle bygningen ved at optage overskydende varme fra solindfald, apparater og personer, og afgive denne varme om natten, hvor udetemperaturen er køligere. Det betyder, at mængden af ventilationsluft kan nedsættes til det luftskifte, der er nødvendigt for at opretholde et godt atmosfærisk indeklima.

ELFORSK støtter projekter indenfor termoaktive konstruktioner (TABS) – 335-020 og 338-041. Sidst nævnte er et demonstrationsprojekt hos Middelfart Sparekasse. Princippet er også udnyttet i Det Kgl. Teaters Skuespilhus i København.



RETO M. HUMMELSHØJ,
SEKTIONSLEDER, ENERGIEFFEKTIVITET OG ENERGIPLANLÆGNING, COWI

Både når det handler om projektering af nye bygninger og om renovering, er det vigtigt, at der allerede i projekteringsfasen er stillet krav til indeklimaet og dermed til varme-, køle- og ventilationsanlæggets dimensionering i forhold til de krav, der stilles til indeklimaet i bygningen. Det sikrer både den fremtidige trivsel og komfort i bygningen og ofte også mindre omkostninger til anlægget.





**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



DTU Byg
Institut for Byggeri og Anlæg

Dan-Ejendomme as