

# EXPERO

FÅR MERE UD AF BYGNINGSAUTOMATIK

## ELFORSK-projekt

### Bæredygtig Drift af Bygningsautomation

Projektnummer: 351-063

Projektperiode: 1/1-2020 til 31/12-2020



#### Kontaktoplysninger:

Web: [www.expero.dk](http://www.expero.dk)

Tlf.: 32 13 42 22

E-mail: [kontakt@expero.dk](mailto:kontakt@expero.dk)

#### Adresse:

EXPERO Aps

Vejlsøvej 51

DK-8600 Silkeborg



## Indholdsfortegnelse

Projektets formål .....	2
Den gode drift.....	3
Den generiske løsning .....	4
Bygningsydelsen .....	4
Hvordan? .....	4
Drift.....	4
Adfærd.....	5
IoT og kunstig intelligens.....	5
Driftsprocessen.....	6
Kortlægning .....	7
Dataanalyse .....	7
Valg af optimeringsmulighed.....	7
Kortlægning af detaljeret adfærd .....	7
IoT-data .....	8
CTS-data.....	8
Realisering .....	8
Historiske logdata .....	9
Hvad er det vi jagter? .....	9
Opnået resultat .....	11
Fremtidigt perspektiv .....	12
Formidling af projektets resultat .....	12
Sammen står vi stærkere! .....	14
Engelsk resumé.....	15



## Projektets formål

I det moderne byggeri, uanset om man taler kontorbygninger, skoler, plejehjem, liberale erhverv osv., så spiller de tekniske bygningsinstallationer en central rolle. Fælles for alle bygninger er, at de skal forsynes med varme, og de stadig strengere krav til bygningernes tæthed og indeklime har ligeledes gjort elementer som ventilation til en fast bestanddel af byggeriet. Disse systemer skal styres og reguleres for at kunne levere den værdi som de oprindeligt var tiltænkt. Her er det bygningsautomatik kommer ind i billedet. Siden midt 60'erne har bygningsautomatik i form af de såkaldte CTS-anlæg (Central Tilstandskontrol og Styring) spillet en afgørende rolle i netop styring, regulering samt overvågning af bl.a. varme og ventilation. I de seneste 15 år er udbredelsen af CTS-anlæg kun blevet øget, og i dag er det mere eller mindre umuligt at bygge en bygning i Danmark uden et system der minder om CTS-anlæg. Et centralt anlæg der har til formål at styre, regulere og overvåge en lang række tekniske anlæg.

Der er et enormt fokus på etablering af CTS-anlæg. Et fokus der strækker sig fra den første tanke om en ny bygning og helt til aflevering af det færdige byggeri. Herefter overdrages bygningen og driften heraf, inklusiv CTS-anlægget, til bygningsejeren og dets driftspersonale. Her er det så at systemerne skal stå sin prøve og levere den værdi som de var tiltænkt. Varmen sikrer brugerne tempererede lokaler på de kolde vinterdage, køleanlægget sikrer selvsamme på de varme dage og ventilationen gør det behageligt at være bruger i den pågældende bygning. Alt sammen styret, reguleret og/eller overvåget af den driftsansvarliges vigtigste værktøj; CTS-anlægget. Men hvordan er det så lige man som driftsansvarlig skal arbejde med et sådan system i dagligdagen, for at det skaber maksimal værdi med minimal indsats. Det er hvad vi i dette projekt har undersøgt nærmere.

Det vi ved er, at hvis der ikke arbejdes aktivt med denne type anlæg på regelmæssig basis, så kan de i værste fald skabe større skade end gavn. Nogle af de negative effekter dette kan have er:

- ▶ Øget energiforbrug
- ▶ Forringet komfort
- ▶ Forringet drift stabilitet
- ▶ Øget behov for vedligehold

Derfor er det afgørende, i en verden hvor klimaet er en af vores store udfordringer, at vi sikrer at alt hvad vi gør, skaber maksimal værdi. For hvis ikke de systemer, som vi bruger mange tusinde kroner på, yder maksimalt og dermed skaber den maksimale værdi, er indsatsen og ressourcerne så ikke spildt?

God læselyst!

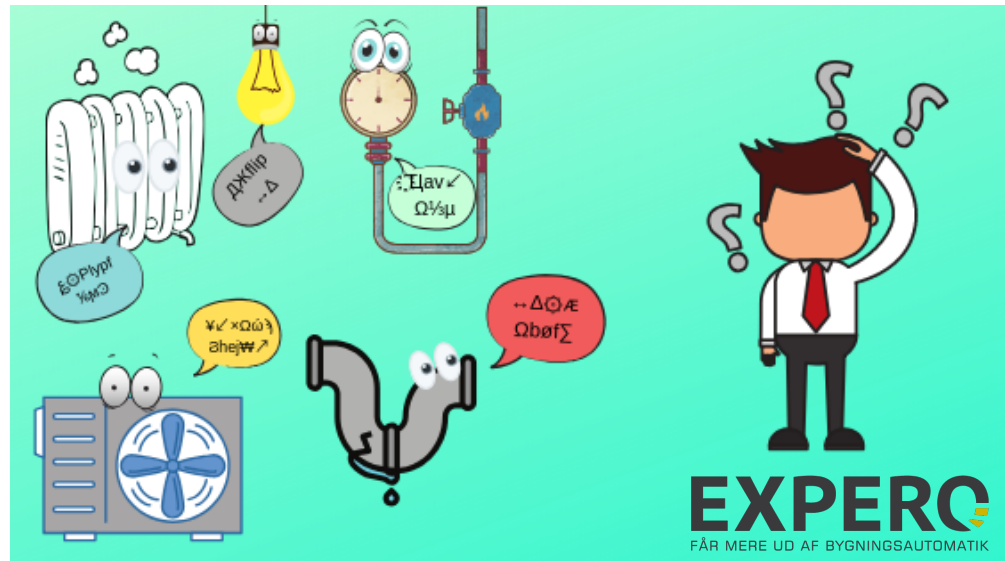


## Den gode drift

Hvad er den gode drift? Det er som sagt det spørgsmål vi i dette udviklingsprojekt har stillet os selv. Et relevant spørgsmål, som har til formål at gøre os nysgerrige på de metoder vi indtil nu har brugt. Er den måde vi alle har gjort tingene på tidligere nu også den smarteste, eller findes der andre tilgange og veje som kan skabe større resultater?

Arbejdet med Bæredygtig Drift af Bygningsautomation inddeles i flere delprocesser. Dette projekt omhandler den del af driftsopgaven som vi kalder dataanalyse. Forudgående for denne del er der en kortlægningsproces, som har til formål at indsamle relevante data omkring den pågældende bygning. Til trods

for dette projekts primære fokus, så kaster erfaringerne her fra også lys over nogle af problemstillingerne i kortlægningsfasen. Når man starter med at drifte en bygning, skal man opbygge et dybdegående kendskab til den givne bygning. En



umiddelbar nem opgave hvis man er driftsansvarlig på én bygning, og hvis man har arbejdet med denne bygning i en årrække. Dette var måske tilfældet for år tilbage, men virkeligheden er en anden i dag. Som driftsansvarlig har man en efterhånden driftsansvaret for større bygningsporteføljer, og hvordan bevarer man i disse tilfælde et dybdegående kendskab til dem alle? Endnu mere interessant er den nye tendens; nemlig at outsource driften af sine bygningers CTS-anlæg samt dets underlæggende tekniske anlæg. Og her er spørgsmålet endnu vigtigere. Det hele handler om at indsamle data omkring bygningerne, så man således kan opbygge en virtuel model af disse. En model som muliggør, at man på afstand kan have den nødvendige dybdegående forståelse, så man kan bevare den gode bygningsydelse. Og netop bygningsydelsen vender vi tilbage til senere.

Vi har som nævnt i dette projekt draget en masse gode erfaringer for kortlægningsfasen, som vi desværre ikke kommer nærmere ind på i dette projekt.



## Den generiske løsning

Et afgørende element for at vores arbejde i dette projekt kan skabe værdi på den lange bane, og bredt i samfundet er, at det er generisk. Med andre ord har det været afgørende at finde fællesnævnerne i bygningers tekniske installationer og adfærden, for så at kunne skabe en tilgang til driften, som kan bruges på tværs af bygninger af enhver type. Vi har dissekeret bygningernes opbygning samt driften heraf. Dissekring af bygningen er igen en del af korlægningsprocessen, mens noget af det vi har set nærmere på i dette projekt er; hvad sker der når man dissekerer driftsprocessen. Resultatet er det vi kalder 12-trins modellen, som er beskrevet senere i denne rapport.

## Bygningsydelsen

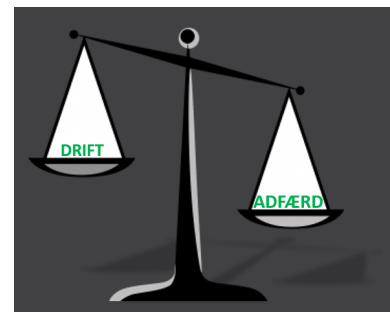
Når alt koges ned til en fond, som vi kalder ”drift af bygningsautomatik”, så har vi erfaret at det hele handler om én ting. Nemlig at øge det vi kalder bygningsydelsen. Og hvad er bygningsydelsen? Det nemmeste at sige er, at når bygningsydelsen er så høj som mulig, så har man en bygning der yder bedst muligt. Det der så dikterer, hvor godt en given bygning kan yde, er mange ting. Her spiller nuværende tilstanden af mange elementer ind. Dels har klimaskærmen en afgørende rolle, mens standen og kvaliteten af de tekniske installationer også er afgørende. At øge bygningsydelsen udover de begrænsninger der opsættes af bl.a. disse elementer, er noget der skal løses i etableringsfasen. Det vi har haft fokus på i dette projekt, er at sikre det mest afgørende i nuet. Nemlig at sikre maksimal bygningsydelse indenfor de rammer den givne bygning nu giver. Altså at sikre en så høj bygningsydelse som muligt. Det er nemlig her energiforbruget er så lavt som muligt, samtidig med at komforten for brugerne ikke kompromitteres. Én af erfaringerne er, at CTS-anlægget spiller en stor rolle ift. bygningsydelsen igennem sin afgørende rolle på især varme, køl og ventilation. Hvis man har en bygning, hvor CTS-anlægget varetager styring, regulering samt overvågning af disse tre elementer, så spiller driften af CTS-anlægget og dets underlæggende tekniske anlæg ind på over 90% af bygningsydelsen. Så det er i driften af disse systemer vi skal rette vores fokus, hvis vi skal gøre verden til et grønnere sted på den korte bane.

## Hvordan?

Opgaven er at øge bygningsydelsen, men hvordan gør man dette bedst? Et spørgsmål som dette projekt har besvaret; ved at harmonisere adfærd og drift. Hvis man opnår harmoni mellem adfærd og drift så har man en bygning der yder optimalt. Lad os se nærmere på disse to elementer, og hvad vi mener med disse:

### Drift

Her taler vi om den måde hvorpå de tekniske anlæg kører på. Her kan eks. være tale om driftstider på et ventilationsanlæg, for blot at nævne en af de mere enkle dele. Det er også her vi taler om temperaturer og eks. CO2-niveaet i et given lokale. Altså er det hvordan systemerne kører i en bygning, herunder varme, ventilation, køl mm.



## Adfærd

Og hvad menes der så med adfærden? Det er kort fortalt hvordan en bygning bruges. Det mest afgørende når man projekterer tekniske anlæg, såsom ventilation og varme, i bygninger er at forholde sig til den måde hvorpå bygningen skal bruges. Årsagen er enkel. For når de tekniske anlæg kører 100% i harmoni med den måde hvorpå lokalerne bruges, så leverer man akkurat det der skal til, hverken mere eller mindre. Vi har med andre ord den optimale drift.

## lot og kunstig intelligens

Et andet fokusområde i projektet har været at afdække de muligheder, som de nyeste teknologier har på den gode drift af bygningsautomation, og hvordan disse kan bringes i spil.

Det primære i projektet har her været at fokusere på eksisterende løsninger, og hvordan man kan løfte niveauet på disse. For hvis det er muligt at øge en bygnings ydelse med små indgreb, som ikke kræver større udskiftninger med store økonomiske udskrivninger som resultat, så er det efter vores mening at fortrække.

Ét af CTS-anlægget helt store udfordringer har vi erfaret er mængden af data. Som tidligere nævnt handler dette projekt om dataanalyse. At bruge de data som et CTS-anlæg jo er sat på jorden for at opsamle, til en efterfølgende værdiskabelse på den ene eller anden måde. Vi har i projektet arbejdet med flere testcases, hvor vi desværre har måtte erfare at mængden af data ofte ikke har været tilstrækkelige i CTS-anlægget, eller hvor de data CTS-anlægget har opsamlet har være af en dårlig kvalitet. En større afdækning af årsagen har vist en enorm problemstilling ved etablering af CTS-anlæg. Man har tidligere ofte bestykket disse anlæg med sensorer ud fra en tese om, at sådan har man altid gjort, så det er det bedste at gøre igen. Det mener vi er en forkert tilgang. I stedet bør man kigge på hvilke data der er mest værdiskabende at opsamle, og hvordan man sikrer at eks. temperaturmålinger er så valide som muligt. En vigtig erfaring som man kan bringe udover grænserne i dette projekt, og tilbage til etableringsfasen.



*Figur 1 - Måske ikke nemt at se, men dette er en føler placeret i umiddelbar nærhed af et TV. Varmeudvikling fra skærmen påvirker temperaturmålingen, og gør de pågældende data ubrugelige.*

Men hvad gør man ved disse anlæg, som leverer for få data af tvivlsom kvalitet?

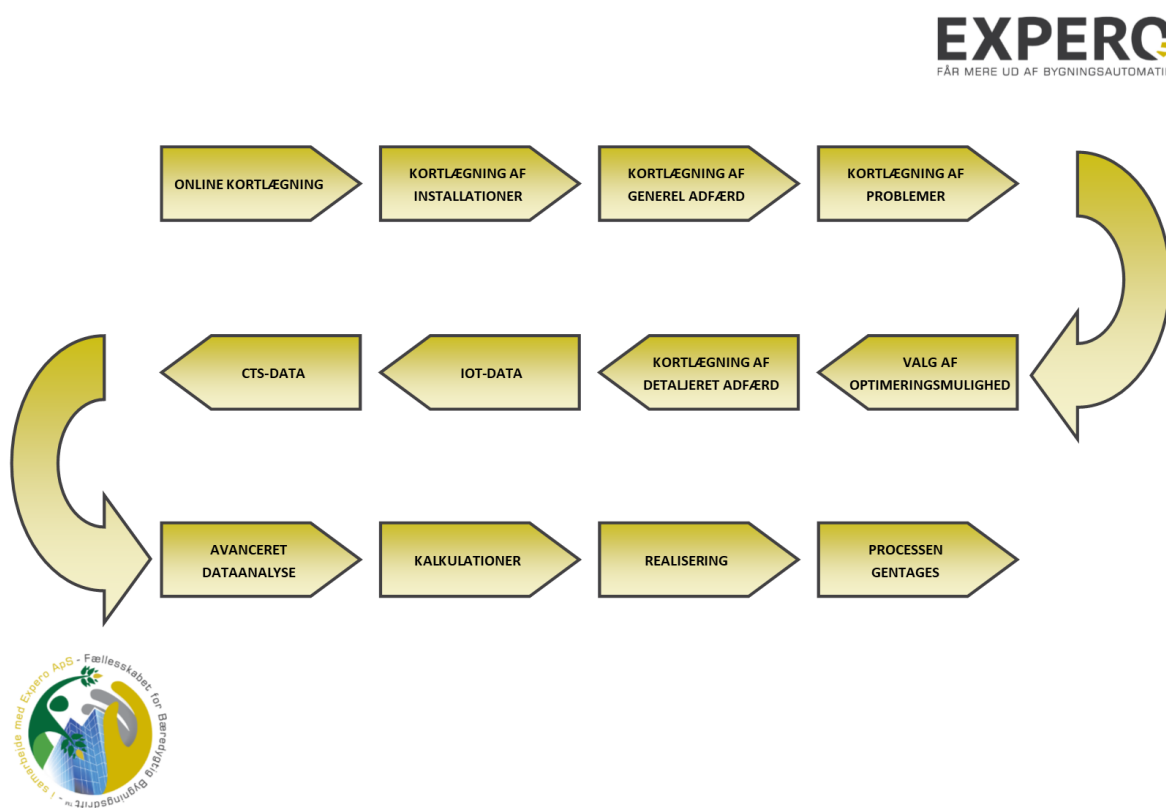
Svaret er at finde i netop den IoT-bølge som vi ser i markedet. Problemet er netop at få de rette data leveret til dataanalyseprocessen uden store nye investeringer som følge. Det kan være dyrt at etablere nye punkter i et CTS-anlæg, og når det kommer til dataanalyse i driftsfasen, så er det ofte data der skal bruges i en kort periode imens analysearbejdet udføres. Med de nye teknologier der findes i markedet, kan man få data til en brøkdel af den pris man tidligere har skulle betale. Vi har i flere af vores testcases benyttet os af især temperatursensorer, som et supplement til netop CTS-anlæggets data. Derudover har vi kunne benytte os af IoT-sensorer til at verificere CTS-sensorer, som har vist sig at være defekte.



Med IoT-sensorernes data, som et supplement til CTS-anlæggets data, er det muligt at øge bygningsydelsen, og dermed værdien af CTS-anlægget uden store ekstra omkostninger som følge.

## Driftsprocessen

Med disse erfaringer i rygsækken har vi kunne arbejde os dybere ned i materien, for at finde denne tidligere omtalte generiske tilgang til driften. Vi har som nævnt arbejdet med at dissekere driften af en bygning, for så at kunne fokusere mere på de enkelte delelementer og optimere disse mest muligt. Overordnet er det afgørende at have en struktureret og analytisk tilgang til bygningsdriften. Struktur er virkelig et centralt og vigtigt emne. Derfor har det også været afgørende at finde en struktureret og enkel tilgang til driften. Hvordan ser den optimale driftsproces så egentlig ud? Den er inddelt i 12-trin, som vist herunder.



Figur 2 - 12-trins modellen

Overordnet set kan den samlede proces inddeles i 3 dele.

1. Kortlægning
2. Dataanalyse
3. Realisering

Selvom der i dette projekt primært er fokuseret på dataanalyse-delen, så har det været afgørende at opbygge denne samlede model. En model som er udgangspunktet og fundamentet i den



Bæredygtige Drift af bygningsautomation. Vi vil her gennemgå fase 1 og 3 helt kort, og grave dybere ned i dataanalyse-delen.

## Kortlægning

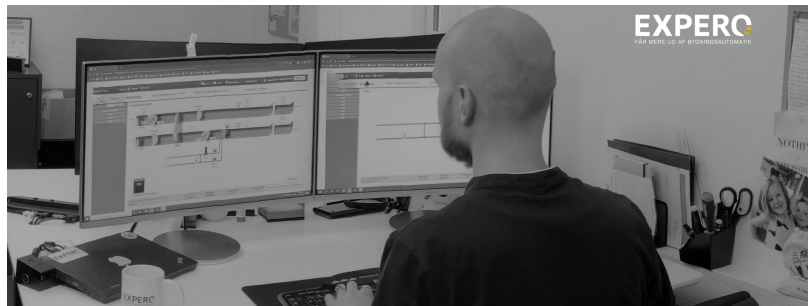
En afgørende proces som har til formål at opbygge dybdegående forståelse for en bygnings beskaffenhed. Denne dybdegående forståelse af en bygnings opbygning og brugen heraf er altafgørende for den gode drift. Der er mange måder at gribe denne an på, og man vil i EXPERO fremadrettet arbejde videre med at udvikle de enkelte delelementer. Dette vil i fremtiden ske via andre udviklingsprojekter. Her arbejdes der bl.a. med aktiv brug af Facility Management systemer, som et supplement til CTS-anlægget. Hvordan man kan skabe større værdi af disse systemer, ved at arbejde på tværs af disse.

## Dataanalyse

Efter en grundig gennemgang af bygningen påbegyndes den del vi kalder driftsanalysen. Det er her der arbejdes dybdegående med en eller fleres konkrete udfordringer eller optimeringsmuligheder.

### Valg af optimeringsmulighed

Det at arbejde med bygningsdrift kan være en stor opgave, især hvis man driver en større bygningsmasse fordelt på adskillige lokationer. Derfor har det vist sig afgørende at opdele sine indsatser, og dermed fokusere på enkelte delelementer. Hvis ikke dette respekteres vil man risikere at drukne i opgaver, der gør de nødvendige indsatser uoverskuelige med dårligt resultat som følge. Et afgørende punkt som vi har set, er årsag til faldende bygningsydelse i mange bygninger. Det handler om at fokusere på små elementer, som man umiddelbart ikke vurderer, vil gøre den store forskel på bygningsydelsen. Sandheden er dog en anden! Hvis man gør det til en vane at fokusere småt nu, og så have flere små fokusområder over tid, så vil dette give et stort afkast på bygningsydelsen på den lange bane. Tålmodighed og fokus er nøgleordene i denne proces. Et andet og meget afgørende element er at prioritere sine indsatser. Find de optimeringer/udfordringer der gør størst skade på bygningsydelsen, og fokuser på disse først.



### Kortlægning af detaljeret adfærd

Når der er prioriteret i de mulige udfordringer/optimeringer der er, så skal der graves dybere i adfærden. Det er her IoT-dataene kan bringes i spil. En af udfordringer i dette arbejde er som før nævnt den til tider begrænsede mængde af kvalitetsdata fra CTS-anlægget. Det der har vist sig at være en yderligere udfordring i dette er, at de data CTS-anlægget leverer ofte ikke fortæller os særligt meget om adfærden i de pågældende lokaler. Altså data der viser hvordan lokalerne er blevet brugt. En afgørende viden når nu målet er at harmonisere adfærd og drift. I næste punkt er der en mere detaljeret beskrivelse af brugen af IoT-sensorer.





## IoT-data

Vi har i projektet set at få IoT-sensorer kan give os den nødvendige viden om netop adfærden. Det kan være sensorer der måler CO<sub>2</sub>-koncentrationen eller blot simple tilstedeværelsesfølere såsom bevægelsessensorer. Man kan også med fordel, når detaljerede data er nødvendige, bruge persontællere. Fælles fordel for dem alle er, at disse sensorer monteres midlertidigt indtil optimeringen, er gjort eller udfordringen er løst, og herefter kan man flytte sensorerne til et nyt sted.

En yderligere gevinst der har vist sig ved brugen af midlertidige sensorer, er som brug for at understøtte eks. ønskede udvidelser af eksisterende CTS-anlæg. I en konkret case, hvor vi brugte 12-trins modellen, havde vi en mistanke om unødigt drift på et ventilationsanlæg i en kantine. En mulig løsning var at etablere behovstyring på ventilationsanlægget, som i dette tilfælde blev styret af det eksisterende CTS-anlæg i bygningen.

En sådan løsning vil koste Kr. 10.000 - 15.000.

Ved hjælp af en midlertidig IoT-baseret CO<sub>2</sub>-sensor, kunne det konkrete behov afdækkes. Her blev den konkrete belastning i lokalet afdækket, og en efterfølgende beregning kunne dokumentere en forventet reduktion af driftstimerne på ventilationsanlægget på +60%, hvilket ville resultere i en tilbagebetalingstid på under 1 år. På denne måde brugte vi data som grundlag for både udbygning af CTS-anlæg, samt reduktion af energiforbrug uden at kompromittere komforten.

## CTS-data

Efter en mere detaljeret viden om adfærden skal driften afdækkes. Altså hvordan kører anlæggene. Her har CTS-dataene vist sig at være tilstrækkelige i alle tilfælde. Dog har der i flere af vores testcases, som er repræsentative for den gængse bygningsmasse i Danmark samt diversiteten i CTS-anlæg, vist sig dårlige muligheder for udlæsning af historiske data. Igen et sted hvor projektet har bidraget med afgørende viden om den gode CTS-løsning (læs mere under punktet [historiske logdata](#)). Vi har også her benyttet os af IoT-sensorer, som et supplement til CTS-data, og herved opnå øget værdi af den samlede løsning.

## Realisering

Den sidste fase i 12-trins modellen. Her er formålet at realisere de optimeringer/forbedringer man i de foregående trin har afklaret. Det er i denne proces der skal kalkuleres på rentabilitet mm. Kan det med andre ord svarer sig at foretage denne forbedring? Mange af de forbedringer man finder i processen, kræver blot justering af parametre i CTS-anlægget. Andre tiltag kræver en større eller indre investering, og det er her afgørende at have sine beregninger på plads. En opgave der ofte bygger på teoretiske data, men med denne tilgang til driften har man de data der skal bruges for at opnå en langt mere præcis beregning. En indirekte gevinst af denne måde at drive sin bygning på. En anden fordel er at når tiltaget kræver involvering fra eks. CTS-leverandører, så har man et større datagrundlag at bygge på, hvilket har vist sig at gøre opgaven nemmere at løse.



## Historiske logdata

Vi ser at muligheden for at udlæse historiske data i CTS-anlæg bliver nedprioriteret mange steder, hvilket ødelægger mulighederne for at bruge CTS-anlæg, som et aktivt værktøj i kampen om energireduktion og forbedret indeklima. Et resultat af dette projekt er en belysning af vigtigheden af kvalitetsdata med lang historik. Vi kan kun appellere til et øget fokus på dette, for uden dette kan der spildes mange penge på CTS-løsninger, som ikke skaber den værdi de var tiltænkt. I Figur 3 ses vores anbefalinger til logdata i CTS-anlæg, som er skabt ud fra erfaringer i fra projekt.

## Anbefalinger til historiske logdata i BMS-anlæg

For at data fra eks. et BMS-anlæg kan bruges til optimering igennem dataanalyse, skal disse lagres. Det anbefales at der som minimum logges på alle fysiske ind- og udgange. Dvs. at data fra alle sensorer og aktuatorer lagres i systemet. Nedenstående oversigt skal betragtes som et minimum ift. lagring af data.

### Analoge ind- og udgange

Eks.: Temperaturer, CO<sub>2</sub>, fugt, ventilmotorer, spjældmotorer, ventilatorer

PERIODE 1 14 DAGE EFTER LOGTIDSPUNKT		EFTER ENDT PERIODE SKIFTES TIL PERIODE 2	PERIODE 2 6 MDR. EFTER LOGTIDSPUNKT	
LÆNGDE	14 DAGE		LÆNGDE	6 MÅNEDER
INTERVAL	HVER 5. MINUT*		INTERVAL	PR. TIME*
TYPE	AKTUEL VÆRDI	TYPE	GENNEMSNIT	

\* **Reduktion af diskplads:** Intervallet skal betragtes som korteste periode mellem hver logning. Det er acceptabelt udelukkende at logge når den respektive værdi ændres X enhed (eks. +/- 0,3°C for temperaturer, +/- 15 ppm for CO<sub>2</sub>, +/- 2%RH for fugt), med det omtalte interval som den korteste periode mellem hver logning. Denne metode kan med fordel anvendes for at reducere mængden af diskplads.

### Digitale ind- og udgange

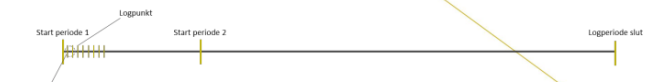
Eks.: Pressostater, driftssignaler, alarmsignaler, start-/stopsignal

PERIODE 1 14 DAGE EFTER LOGTIDSPUNKT		EFTER ENDT PERIODE SKIFTES TIL PERIODE 2	PERIODE 2 6 MDR. EFTER LOGTIDSPUNKT	
LÆNGDE	14 DAGE		LÆNGDE	6 MÅNEDER
INTERVAL	HVER 5. MINUT*		INTERVAL	PR. TIME*
TYPE	AKTUEL VÆRDI	TYPE	AKTUEL VÆRDI	

\* **Reduktion af diskplads:** Intervallet skal betragtes som korteste periode mellem hver logning. Det er acceptabelt udelukkende at logge når den respektive værdi ændres, med det omtalte interval som den korteste periode mellem hver logning. Denne metode kan med fordel anvendes for at reducere mængden af diskplads.

### Eksempler

Antal logpunkter for en analog værdi der logges med ovenstående interval i de første 14 dage: 4032 logpunkter  
Antal logpunkter for en analog værdi der logges med ovenstående interval i total 6 mdr. (183 dage): 4392 logpunkter



Figur 3 - Anbefalinger til logdata i CTS-anlæg

## Hvad er det vi jagter?

Et interessant spørgsmål! Hvad er det man som driftsansvarlig skal være opmærksom på når man arbejder med data og analyse heraf. Hvad er det egentlig vi leder efter? Hvad fortæller os om vores bygnings drift er i harmoni med adfærden?

Noget af det der kan afsløre, at en bygning yder dårligt, er anomaliteter, og det er netop det som vi skal lede efter i vores data. Måske tager man det for givet når man arbejder med drift af bygningsautomatik, men det er først når vi bringer bevidsthed om emnet, at vi for alvor kan bruge det til vores fordel. Og netop at bevidstgøre de små afgørende elementer er kernen i dette projekt. Hvordan arbejder vi med vores data fra bygningsautomatikken? Hvordan bruger vi dem klogt? Alt drejer sig om data. Et CTS-anlæg har det ene formål at indsamle data for så at bruge dem til styring, regulering og overvågning. Men hvordan er det lige man gør det?

Når man arbejder med kunstig intelligens, arbejder man ofte med at identificere disse anomaliteter i dataene, og her er det åbenlyst.

Men kan dette gøres uden kunstig intelligens? Svaret er ja! Og det er enkelt.



Vi har i projektet arbejdet med at strukturere processen om at jage anormaliteter, og i dette arbejde har vi set at det er små afgørende ting i dataene man skal være opmærksom på. Samtidig har det vist sig at der skal mange flere data til, og det er der de tidligere beskrevne processer kommer ind i billedet. Vi kan ikke, uanset om det er med menneskelig eller kunstig intelligens, nøjes med de data vores bygningsautomatik bringer os. Der skal mange flere data ind i denne ligning, før vi kan drage værdiskabende konklusioner omkring vores bygning. Det er mere et koncept vi skaber end én stor værdiskabende opdagelse. Ved at samle data fra alle facetter af en bygning, og strukturere dem korrekt for så til sidst at arbejde med at granske dem for anormaliteter, så er det magien opstår. Mange af de mest værdiskabende opdagelser sker når man har et samlet overblik over en bygning, hvilket efter vores mening er et tydeligt bevis på, at der kan være større fordele ved at lade den menneskelige intelligens være den dominerende i driften, fremfor det modsatte scenarie.

Der skal i kølevandet af dette projekt arbejdes meget mere med at dissekere arbejdet med identifikation af anormaliteter, men det hele starter med den grundlæggende forståelse for data, som vil dette projekt har givet.



## Opnået resultat

Der er opnået flere resultater i projektet. Resultater som direkte vedrører drift af CTS-anlæg, men samtidig er der også opnået flere positive erfaringer omkring eks. etablering af CTS-anlæg, som vil tilgodese den efterfølgende driften. Herunder har vi opsamlet nogle af de resultater der er beskrevet i denne rapport.

- Drift kræver en struktureret og analytisk tilgang
- Værdien af IoT-sensorer i samarbejde med CTS-anlægget
- Det handler om at øge bygningsydelsen igennem harmonisering af adfærd og drift
- Driften af CTS-anlæg er afgørende at bringe i spil i projektering- og etableringsfasen.
- Der skal tænkes mere i drift når man udformer sit CTS-anlæg
- Data bør spille en stor rolle i udformning af CTS-løsninger.
- Brugen af en bygning er afgørende for den gode CTS-løsning

Det primære resultat er dog 12-trins modellen. Det store spørgsmål er dog hvor stor en værdi man kan forvente ved at arbejde ud fra denne model. Flere af vores cases indikerer, at der kan forventes en energireduktion på min. 15% når man over en periode på min. 12 måneder arbejder med driftsmodellen på ugentlig basis (4-7 timers arbejde pr. arbejdesuge\*).



\*Afhænger af størrelse og kompleksitet på bygning og systemer



## Fremtidigt perspektiv

Fundamentet er bygget og projektet har kastet et vigtigt lys over de faktorer, der er afgørende ift. at opnå den gode drift af sin bygning. Vi har bl.a. implementeret denne tilgang til driften i en efteruddannelse, som vi allerede nu afholder for adskillige driftsansvarlige landet over. Vi ser en stigning i interessen for at lære at arbejde smartere med de CTS-anlæg der allerede sidder mange af derude. Med en ny tilgang til driften, kan vi reducere energiforbruget betragteligt i alle typer af bygninger, helt uden at investere i nye systemer. Flere og flere har set gevinsten i at få mere ud af det man allerede har siddende, i stedet for at købe nyt. Det mener vi er Bæredygtighed!

Derudover stiger interessen for at få uvildige partnere til at drifte sine systemer, hvilket dette projekt har åbnet muligheden for.

Projektet har tydeligt bevist at menneskelig intelligens stadig er en vigtig faktor i bygningsdrift, og at kunstig intelligens lige bør handle mere om prognosestyring og automatisering af processer. At fokus for de driftsansvarlige bør ligge i at avancere kompetencemæssigt, og sætte drift af bygningsautomation på dagsordenen, så dette bliver prioriteret i dagligdagen.

Sidst med ikke mindst har projektet givet en enorm viden omkring den gode CTS-løsning. Viden om hvordan man etablerer nye bygninger og løsninger, som kan skabe værdi nu og langt ind i fremtiden.

Vi arbejder forsat med udviklingen af denne tilgang til drift af bygningsautomation, hvilket bl.a. sker med hjælp fra yderligere udviklingsmidler, og herigennem ønsker vi at sprede budskabet om at drifte Bygningsautomation Bæredygtigt.

## Formidling af projektets resultat

Vi ønsker at dele projektets resultat med så mange som muligt, og derfor har vi valgt at sprede det primært igennem vores efteruddannelsesforløb. Her kan alle der arbejder med bygningsautomation, få denne tilgang til driften helt ind under huden. I et modulopbygget forløb kan vi formidle alt den afgørende viden om den gode drift, som dette projekt har medbragt. Herunder er en opsummering af forløbets opbygning, og hvordan EFORSK midler kan bidrage til at reducere el-forbruget:

### *Modul 1 - Introduktion til Bæredygtig Bygningsdrift™*

Her introduceres det vi kalder Bæredygtig Bygningsdrift™, som er fremtidens måde at drifte bygningsautomatik på. Vi gennemgår de grundlæggende principper i Bæredygtig Bygningsdrift™ og forbereder dig herigennem til de kommende 5 moduler, hvor vi går i dybden med processerne og værktøjerne. Struktur er et af de bærende elementer i denne måde at drifte på, og efter dette modul vil du allerede have en større forståelse for de mekanismer der gør denne tilgang til drift så unik. Du vil derfor kunne gå hjem allerede efter den først dag og påbegynde arbejdet med at optimere dit CTS-anlæg. Du vil altså løbende kunne implementere det du lærer, og allerede fra start påbegynde besparelser.

### *Modul 2 - Forstå dine anlæg*

For at kunne optimere en bygnings ydelse, igennem driften af dit CTS-anlæg, er det afgørende at forstå de tekniske anlæg og installationer der styres, reguleres og overvåges af netop CTS-anlægget. I dette modul vil vi med små kraftfulde virkemidler hjælpe dig med at forstå dine tekniske anlæg endnu bedre. En forståelse som vil være enorm værdiskabende senere i processen, og som vil gøre arbejdet bag ved CTS-skærmen meget nemmere og mere meningsfyldt. Efter dette



modul vil du opleve, at det allerede giver mere mening, når du arbejder med dit CTS-anlæg, og derved vil værdien af CTS-anlægget allerede her forøges.

### *Modul 3 - Adfærd*

Vi graver os her ned i begrebet adfærd, for at give dig en forståelse for hvad det er for størrelse, og hvordan dette hidtil usete element kan skabe enorm værdi ifm. driften af dit CTS-anlæg. Det er samtidig også i dette modul, at vi ser nærmere på IoT (Internet-of-Things), og den bølge der lige nu skyller ind over os med nye hidtil usete løsninger til konkurrencedygtige priser. Vi lærer dig, hvordan disse teknologier kan gøre din hverdag nemmere og sjovere, og hvordan alt dette bringes i spil uden at gøre det hele mere kompleks. Der vil i dette modul åbne sig en spændende verden af muligheder, for dig der varetager driften af de tekniske installationer i en bygning. Efter denne dag vil du med et nyt syn på tingene være klar til at implementere denne i jeres bygning. Det er vigtigt at følge med tiden, og bygge ovenpå den viden man allerede har, for at kunne stå stærkere i sit arbejde og måske fremtidige jobmuligheder. Og her er adfærd en af de helt store nye ting, som man ikke kan komme uden om i fremtiden.

### *Modul 4 - Kortlægning*

Overblik over din bygnings tekniske installationer er altafgørende ift. at få bygningen til at yde optimalt.

Dette modul fokuserer på den mest afgørende proces i Bæredygtig Bygningsdrift™, nemlig processen der har til formål at skabe overblik. Et overblik der senere vil give enorm mening for dig som driftsansvarlig. Den viden der opbygges her, er altafgørende ift. at kunne drage de rette konklusioner senere i processen. I dette modul lærer vi dig vigtigheden af de grundlæggende data, som opstår i kølevandet af en kortlægningsproces. Derudover vil vi selvfølgelig også lære dig, hvordan du griber denne proces rigtigt an, så du ikke kører fast. Efter dette modul vil du kunne skabe overblik over din bygnings tekniske installationer på en helt ny måde, og vi giver dig de konkrete værktøjer, som vi bruger i EXPERO når vi drifter med omtanke og gør Danmark grønnere.

### *Modul 5 - Dataanalyse*

Her er det vi for alvor kigger ned i maskinrummet på CTS-anlægget, og drager nytte af de fantastiske værktøjer et sådan anlæg indeholder. Det du har lært i de foregående moduler, vil i kombination med det du lærer i dette modul få tingene til at gå op i højere enhed. I dette modul lærer vi dig, hvordan et CTS-anlæg bliver meget mere end blot værende et værktøj, hvor man stiller drifttid og gennemgår alarmer. Her bringer vi begrebet data i spil, og vi viser dig hvordan du, ved at kombinerer forskellige typer af data, kan trimme dit CTS-anlæg. I denne proces begynder tingene for alvor at give mening, og der vil opstå en følelse af synergi mellem de ting du har lært i de foregående moduler. Efter dette modul vil du se anderledes på CTS-anlægget, og du vil her opdage det enorme usete potentiale et CTS-anlæg indeholder. Det er nærmest et nyt sprog du lærer at læse, og det vil gøre en verden til forskel i din hverdag, fordi du lige pludselig med lethed kan se, hvor din bygning ikke yder som den skal.

### *Modul 6 - Sådan implementerer du det i din bygning*

I det sidste modul bringer vi alle de nye ting du har lært i spil. Vi går fra ord til handling, og konkretiserer den nye viden. Vi ser ned i hvordan du implementerer din nye viden i dagligdagen. Du får konkrete værktøjer til, hvordan din dagligdag kan skrues sammen, så du via dit CTS-anlæg kan bringe din bygnings ydelse op på et højere niveau. En stor del af arbejdet med Bæredygtig Bygningsdrift™ ligger i, at få implementeret værktøjerne og processerne i dagligdagen, og det er det du lærer i dette modul. Vi åbner samtidig muligheden for at se ned i deltagernes CTS-anlæg, og tale om de konkrete behov og udfordringer du møder i dagligdagen. Udover at du får et bevis





på at have gennemført vores Master i Bæredygtig Bygningsdrift™, vil du også gå hjem med en samlet pakke, som indeholder viden der er lige til at implementere i din dagligdag. Dette vil reducere energiforbruget i din bygning samtidig med at komforten forbedres, og dette vil tilsammen resultere i en lettere hverdag for dig, hvor du vil opleve at være på forkant med tingene.

## Sammen står vi stærkere!

Vi er i dialog med centrale personer i branchen, som deler vores fælles interesse for at gøre dette lidt smartere. Ved at dele sikrer vi, at midler fra ELFORSK kommer så mange til gavn som overhovedet muligt.





## Engelsk resumé

After a year of work with the development of the ELFORSK project 351-063 "Sustainable Operation of building automation", this has now been completed, and the following resume document the achieved results and experiences.

The aim of the project has been to develop basic tools and processes that aims to make the operation of building automation / BMS systems simpler and more efficient. This goal is crucial in terms of achieving maximum value from the money, which is invested in building automation. It is all about increasing the performance of the building as much as possible, and in that matter building automation plays a crucial role.

In this project, we have dissected the process of operating primarily heating and ventilation, to find the approaches that creates the most optimal operational conditions. At the same time, this dissection also aims to make the developed processes generic. Buildings are very different, but in this project, we have identified those similarities which occurs across buildings. The secret here has been to work our way far enough into the matter of the buildings. The experiences regarding this particular subject now enables the possibility for us to roll these methods out on all types of buildings.

Next, with this experience as a fundamental starting point, we have developed a model which operations managers can use as their framework, when they operate buildings of any type and size. We call it the 12-step model. It has been crucial for us to create a model that operations managers can work with regardless of their competence level. The 12-step model is simple and easy to learn, and therefore, as a parallel project, we have developed a complete training program that aims to teach operation managers to work with the method. It is crucial for us that the experiences we have gained in this project can be used by anyone who has an interest in optimizing buildings through operations. The result of working with our developed 12-step model for a period of a minimum 12 months and therefore also the result of this project is;

- ▼ reduction of energy consumption (electricity and heat) of min. 15%
- ▼ improved comfort / indoor climate
- ▼ Reduction in time consumption regarding operation and maintenance of the building's technical installations.

Results that take both economy and user satisfaction into account.

In the project, in addition to the development of this overall operating model, we have worked in depth with the individual phases in the 12-step model, including primarily data analysis. However, it should be mentioned that one of the great extra benefits of this development work is an increased understanding of correct and value-creating data collected in screenings of buildings. An understanding of which data is crucial to invest time and thus money in collecting. Huge amounts of money spent on these screenings, which are intended to collect data, but many of the data are often not used, which leads to money flushed out the drain. With these experiences in the backpack, we can now save the building owners huge sums on this kind of consultant tasks, as we now only need to collect the data that creates value. An important step towards a more efficient approach to operate, build and optimizing buildings. Experiences of which we can take with us into other projects, with the goal of streamlining consulting and project management so the process of establishing and optimizing buildings is made more efficient.





In the individual phases, we have tested several approaches regarding data analyzing, in order to decode the most value-creating approach. That is, where do you need to spend the time in operating a building in question to work most efficient. We have developed the basic tools and processes that take this into account, and this understanding is crucial in relation to achieving the previously mentioned value creations.

There is no doubt that the future offers new technologies that will make much of the manual work, that lies in the daily operation of building automation, redundant. Several of these technologies are already available in the market. In this project, we have learned that as long as there is no greater understanding of what good and value-creating building operation are, we will never get maximum value out of these new technologies. We can see that the value creations that are presented in many of these cases, including by using eg. Weather Forecast can be achieved by simply working more structured with the operation in the setup you already have. That is, without buying new equipment and new technologies. This thus requires that time is being dedicated to this work on a weekly basis, which of course costs money, but conversely you save large sums by not establishing the new technologies and solutions. The conclusion is that we can optimize a lot on our buildings, and thereby reduce CO2 emissions, without investing large sums in new solutions and technologies. Just by working more efficient with the BMS systems we already have installed. With this approach to the operation of building automation, and thanks to this enormously instructive and value-creating development project, we will already now be able to take a big step towards a greener planet.

We thank Dansk Energi for a good collaboration and for making this project a reality.

