

KØBENHAVNS KOMMUNES GUIDE TIL ARBEJDET MED FLEKSIBEL ENERGI- OPTIMERING



Forord

Denne guide er blevet til i et samarbejde med nedsående organisationer, som vi fra Projektteamet og Københavns Kommune (KK) gerne vil takke for deres deltagelse i signaturprojektet:

Projektfølgegruppen: Kommunernes Landsforening, Digitaliseringsstyrelsen, Energistyrelsen samt Styrelsen for Dataforsyning og Infrastruktur.

Teknologipartnerne: Danfoss-Leanheat og IBM.

Forsyningssamarbejdspartnerne: HOFOR, Varmelast, Energi Danmark og Energinet.

Bidragyder til udarbejdelsen af guidelines: AKiLAY.

Indledning og sammenfatning af Signaturprojektets¹ hovedresultater

Dette dokument er en guide til at bruge såkaldte digitale platformsløsninger og kunstig intelligens (AI) værktøjer til at styre og optimere bygningers fjernvarmeanlæg og eldrevne anlæg. Guiden er baseret på praktiske erfaringer i Københavns Kommunes signaturprojekt: "Energioptimering af den eksisterende bygningsmasse".

Hovedresultatet er, at projektets kunstige intelligens løsninger og platforme kan bidrage til at reducere spidsbelastninger i fjernvarmeforsyningen og elforsyningen og dermed give CO₂-reduktioner. Det gøres ved at aktivere fleksibilitet hos energiforbrugeren

Til den fleksible varme har der været foretaget test i 120 bygninger. Det samlede resultat bidrager til en potentialeanalyse, som anslår, at CO₂-udledningen i fjernvarmeproduktionen kan reduceres med 1-3 procent, ved at bruge fleksibilitet.

Til den fleksible el har der været foretaget test i 28 bygninger med 163 ventilationsanlæg. Potentialet er, at CO₂-udledning i elproduktionen kan reduceres med 50-100 tons ved at bruge fleksibilitet.

Business casen for begge fleksibilitetsløsninger er positive og baseret på potentialeanalyser, som viser besparelser på op mod et tocifret millionbeløb for kommunen, når fleksibilitet er udbredt på både fjernvarme- og el-området.

For at høste det fulde potentiale af fleksibilitet, er det også nødvendigt at ændre arbejdsgange og kommunikere mere på tværs af fagområder og forskellige interessenter. Flexibel fjernvarme og el er generelt set komplekst at forstå og kræver, at flere systemer og arbejdsfunktioner på tværs af organisationer skal spille sammen for at blive en succes.

Det er signaturprojektets endelige læring og erfaring, at den største arbejdsopgave for alle involverede parter, er kommunikation og informationsdeling på tværs af faglige områder og organisationer. Samarbejdet bør derfor drives af et ledende projektteam, der sørger for at bringe alle involverede partnere på linje med projektets mission og vision, som herefter fungerer som omdrejningspunkt for alle.

Guidens målgruppe

Målgruppen for guiden er politikere, ledere, projektledere og personer i mere tekniske driftsopgaver, der har en interesse i at styre fjernvarme og el i bygninger på en mere klimavenlig måde. Teksten i guiden er målrettet alle læsere, mens bokse, eksempler og fremgangsmåder er målrettet de personer, der er interesseret i yderligere information.

Formålet med guiden

Det er sigtet med guiden at inspirere kommuner, forsyningsselskaber og teknologileverandører til at starte lignende forandringsprojekter og indsatser i den grønne omstilling. Hermed kan fleksibilitetsløsningerne udbredes og videreudvikles ved, at flere kan samle op på de nye behov, som signaturprojektet efterlader.

Signaturprojektet er særlig drevet af klimadagsordenen i Københavns Kommune og de nye teknologimuligheder, der kan udnytte vedvarende energiressourcer endnu bedre.

¹Kommunernes Landsforenings (KL) mål for Signaturprojekter er at afprøve kunstig intelligens på områder med potentiale for at løfte kvaliteten og kapaciteten i fremtidens offentlige sektor gennem skalering af teknologien, men hvor der i dag er få, konkrete erfaringer.

Det konkrete problem med spidsbelastning i morgen og aftentimerne

Der er en konkret udfordring med et større fjernvarmeforbrug i hovedsagelig morgen og aftentimerne i husstandene i København. Det er årsag til en spidsbelastning i fjernvarmesystemet. For at balancere spidsbelastningen er fjernvarmeselskaberne ofte nødt til at tænde for en ekstra produktion, også kaldet en 'spidslastsproduktion'. Den bruger typisk dyre fossile brændsler, som gas der også udleder mere CO₂.

Ligeså er der også perioder, hvor elforbrug overstiger den producerede el, som er baseret på vedvarende energi. Der er dog ikke samme faste mønster i spidsbelastningen i morgen og aftentimerne, som for fjernvarmeforbruget.

Det er muligt at optimere brugen af fjernvarme og el, så den vedvarende energi udnyttes mere effektivt, ved at bygningers anlæg er fleksibel, med hvornår energien benyttes.

Boks 1 - Hvad er fleksibilitet i forhold til fjernvarme og el?

Flere fjernvarmeanlæg, energimålere og eldrevne anlæg er blevet koblet på internettet i de seneste år. Det gør det muligt at fjernstyre anlæg og bruge kunstig intelligens til at optimere forbruget.

Denne udvikling tillader også bygningsejere og forbrugere, at de kan stille deres bygninger og anlæg til rådighed for energiproduktionen og -distributionen. Dermed kan bygninger og anlæg være med til at balancere den fjernvarme eller strøm, der efterspørges i forsyningsnettene.

Det skyldes, at fjernvarme- og elselskaberne kan anvende bygninger og anlæg til at reducere spidsbelastninger, når der er ubalancer i forbrug og produktion. På den måde kan energiforbruget i bygningernes fjernvarmeanlæg og elektriske anlæg justeres efter mest mulig vedvarende energi, der er til rådighed i løbet af døgnet.

'Fleksibilitet' er således den tekniske mulighed for at ændre i energiforbruget for at opretholde en balance mellem energiforbrug, -distribution samt -produktion for at bedre udnytte vedvarende energi.

Fleksibelt forbrug og de tidlige erfaringer

Signaturprojektet bygger på erfaringer opnået for fjernvarme tilbage i 2015 i projektet EnergiLab Nordhavn og for el i 2019 i projektet HAL C.

Projektet i EnergiLab Nordhavn resulterede i en viden om, at det er muligt at flytte fjernvarmeforbruget i bygninger, og at der er et potentiale for at reducere spidsbelastninger. Projektet for Hal C på Amager viste, at det teknisk er muligt at tænde og slukke et ventilationsanlæg i en bygning igennem en ny teknologi, så der er et potentiale for at bruge eldrevne anlæg til fleksibelt forbrug.

Signaturprojektet fortsætter arbejdet med fleksibilitet gennem implementeringstest (Boks 2) af løsningerne i flere bygninger og blandt flere anlæg. Det gøres for at afprøve brugen af fleksibilitetsteknologierne i større skala og i en driftsmæssig hverdagskontekst, som hvis løsningerne var blevet implementeret i Københavns Kommune. Det giver vigtig læring om teknologiernes mulige anvendelse og organisationens modenhed for at tage teknologierne i brug. Den afsluttende viden giver indsigter i, om løsningernes potentiale kan indfries i virkeligheden.

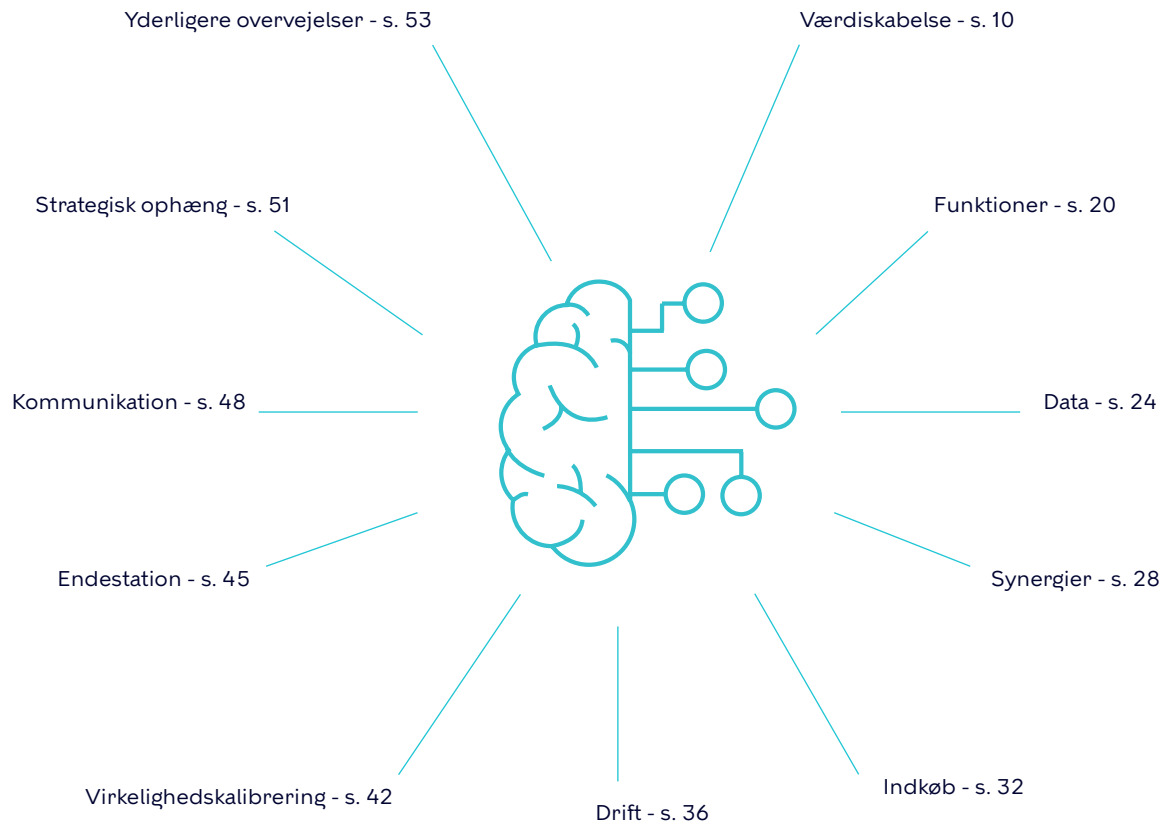
Boks 2 - Fremgangsmåden i signaturprojektet

Signaturprojektet er gennemført som en implementeringstest, der er en test af fleksibilitetsteknologierne under virkelighedsnære forhold i bygningsdriften. På den måde testes de krav, som en fremtidig og fuld implementering vil kræve. Der opnås en mulighed for at vurdere og modtage feedback på brugervenlighed, funktionalitet og effektivitet, når det demonstreres, om løsningerne virker i en driftssituation.

Signaturprojektet har testet, om fleksibilitet er pålidelig, værd at investere i og kan udbredes. Den opsamlede læring, som præsenteres i guiden, er baseret på feedback fra projektets interessenter, to afsluttende workshops og gruppeinterviews.

Guidens struktur

Guiden er inddelt i 12 afsnit og emner, som udgør guidens struktur (Figur 1). Figuren viser en model og tjekliste, der bruges til at formidle læring om teknologiprojekter i Københavns Kommune (Boks 3)



Figur 1: Guidens emner, der er relevante for at bruge kunstigt intelligente værktøjer og fleksibilitetsplatforme til energioptimering.

Boks 3 - Guidens struktur

Værdiskabelse - s. 10: Vedrører den forretnings- og samfundsmæssige værdi, som løsningerne bidrager med. **Funktioner - s. 20** Relaterer sig til de konkrete funktioner eller organisatoriske evner, som teknologierne til fleksibilitet bidrager med. **Data - s. 24:** Omhandler relevante forhold om data og forhold vedrørende det at flytte data fra eksempelvis en sensor til et datalager. **Synergier - s. 28:** Behandler relevante emner i forhold til løsningens afhængigheder og sammenhænge i både eksisterende og fremtidige teknologier, organisering og processer. **Indkøb - s. 32:** Drejer sig om kontrakter, aftaler, markedsdialog og udbud m.m. **Drift - s. 36:** Omhandler overgangen fra udvikling og til drift, herunder lovgivning og krav. **Virkelighedskalibrering - s. 42:** Vedrører kvaliteten af løsningen i forhold til, om data eksempelvis kan give objektiv og retvisende indsigt i virkeligheden. **Endestation - s. 45:** Beskriver og illustrerer den centrale fleksibilitetsløsning og resultat. **Kommunikation - s. 48:** Forklarer samarbejde, information og overdragelse af viden mellem både systemer, mennesker og organisationer. **Strategisk ophæng - s. 51:** Omhandler formål, visioner, mål og resultater, som løsningerne sigter mod at opfylde. **Yderligere overvejelser - s. 53:** Perspektiver for videreudvikling og skalering af fleksibilitet i nye projekter.

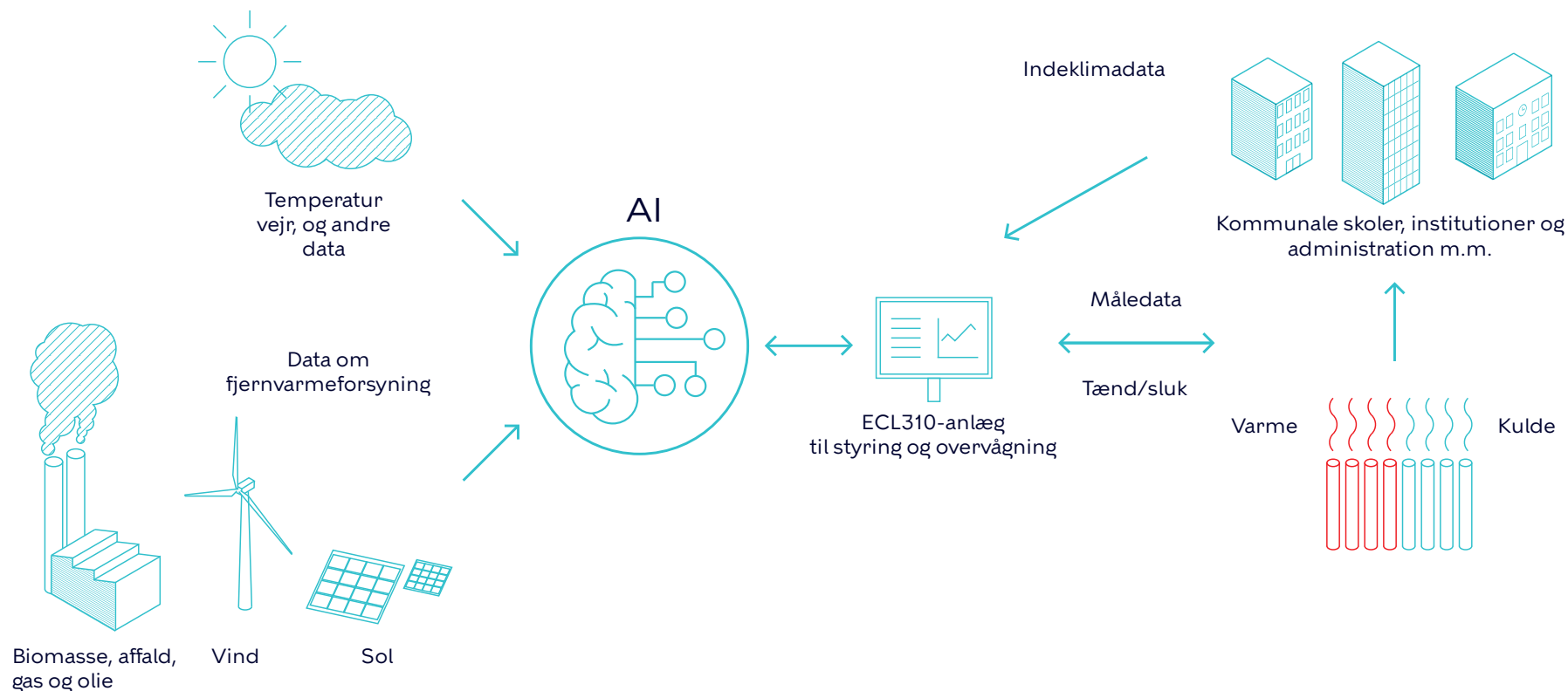
En beskrivelse af et fleksibelt fjernvarmesystem

Indledningsvis beskrives de to fleksibilitetssystemer - fleksibel fjernvarme og fleksibel el - for at give en forståelse for systemerne og sammenhænge mellem systemernes enkeltdele.

Figur 2 viser AI-løsningen. Den modtager data om fjernvarmeforsyningen. Samtidig modtager AI-løsningen data om temperaturer, vejrforhold og, hvis

ønsket, indeklimate i de bygninger, der tilbyder at stille bygningerne til rådighed for fleksibelt forbrug. AI-løsningen modtager også målerdata fra bygningens fjernvarmecedral. AI-løsningen behandler efter indsamling de mange data og flytter opvarmningen af bygningerne til andre tidspunkter ved at overstyre den lokale varmestyring. Det kan lade sig gøre, fordi varmen lagres i bygningens materialer, den såkaldte

termiske masse, og frigives over tid. Forskydningen betyder, at fjernvarmen kan gøre brug af den CO₂-neutrale fjernvarme i stedet for at starte produktionsanlæg baseret på olie og gas. Forskydes fjernvarmen inden for få timer, oplever slutbrugerne ikke en ringere komfort.



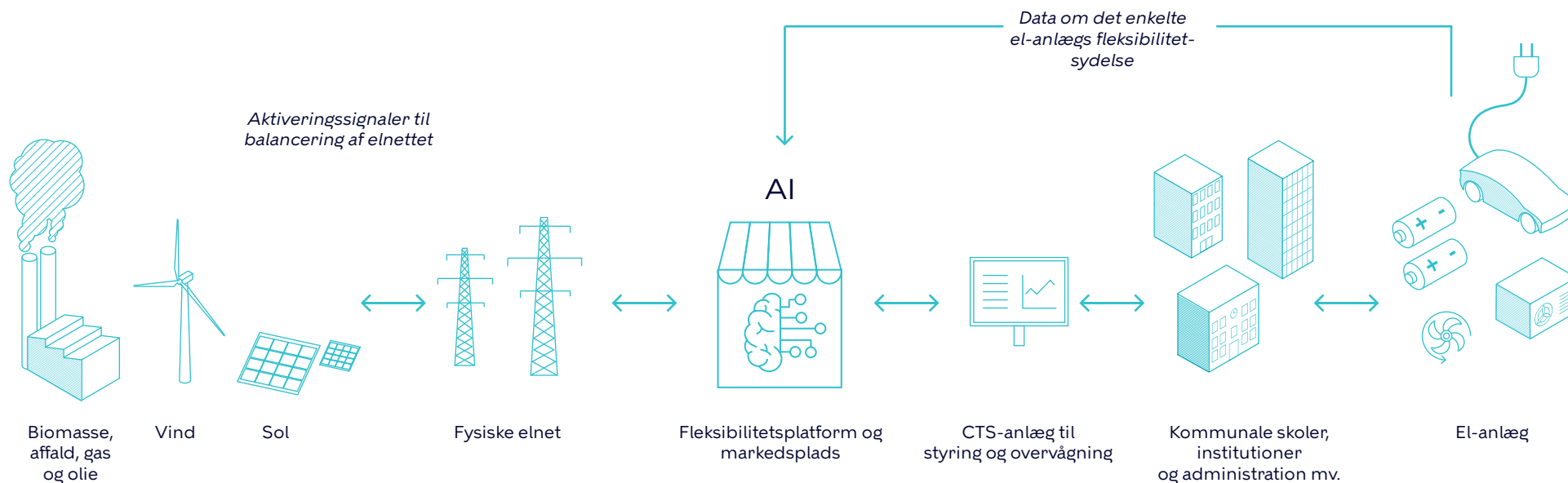
Figur 2: Et fleksibelt fjernvarmesystem.

En beskrivelse af et fleksibelt elplatformssystem

Figur 3 viser elfleksibilitetsplatformen. Den er en markedsplads for automatiseret handel med fleksibel el via den integrerede AI-løsning. AI-løsningen modtager data om spidsbelastninger i elforsyningen. Samtidig modtager AI-løsningen data om de el-anlæg, der stilles til rådighed for fleksibelt forbrug fra

styresystemerne, der på forhånd er koblet til fleksibilitetsplatformen. AI-løsningen kan derfor realisere handlen med fleksibilitet på det allerede eksisterende marked for køb og salg af elektricitet i elnettet (ikke vist i illustrationen). AI-løsningen indsamler og behandler de mange data og undgår elforbrug på tids-

punkter, hvor der er spidsbelastninger i nettet ved at slukke for el-anlæg. Det betyder, at elproduktionen baseret på kul, olie og gas kan reduceres. Slukkes ventilationsanlæg inden for korte tidsrum, bliver slutbrugerne ikke generet af en ringere komfort.



Figur 3: Et fleksibelt elplatformssystem.

Kunstig Intelligens (AI) er kernen i platformene

Kunstig intelligens (på engelsk Artificial Intelligence eller 'AI') er i praksis blot en udvikling af computere og systemer. Teknologierne bruges til at træne computere til at analysere data, identificere mønstre, træffe beslutninger og udføre specifikke opgaver. Ofte trænes AI-løsningen over tid på historiske data, så den opnår en læring om sammenhænge indenfor et område, den skal anvendes på. AI-løsningen bruger så læringen til at foretage komplekse matematiske beregninger, der gør det muligt at håndtere og finde mønstre i meget store mængder af data.

AI-løsningen kan derfor i realtid foretage de komplekse beregninger af det fjernvarme- og elforbrug, der skal flyttes eller reduceres, og hvor længe for at matche energiproduktionen. Beregningerne gør, at der kan sendes beskeder til alle de relevante anlæg om at foretage nødvendige ændringer inden for kort tid. Dermed er det også muligt at optimerer hele processen fra produktionens begyndelse og til slutforbruget i energisystemet, eller såkaldt 'end-to-end'.

I signaturprojektet bidrager anvendelsen af AI til at lære mere om teknologiens formåen i relation til bygningsdriften. AI-løsningen håndterer nemlig nogle af de store mængder energidata fra forskellige kilder og systemer, som er vanskelige at overskue for driftsmedarbejdere. Samtidig er energidata også et afgrænset område, der gennem længere tid har været databaseret og med store mængder data af høj kvalitet. Derfor er det et mere enkelt sted at afprøve AI.

Fleksibilitetsplatforme

En platform er en integreret softwareløsning eller et styresystem, der typisk omfatter en bred vifte af funktioner og services bygget på det samme teknologiske fundament.

Platformene kan indeholde flere integrationsmuligheder. Det giver mulighed for at tilslutte og udveksle data mellem flere eksterne systemer og services. I signaturprojektet udveksles for eksempel data om ejendomme, anlæg og indeklima. Platformene tilføjer også nye funktionaliteter i form af overvågningsværktøjer, så kommunen kan se status for hvert anlæg, der yder fleksibilitet.

Platformene i signaturprojektet forbinder på den ene side styresystemer for fjernvarme eller el-anlæg og på den anden side fjernvarmeforsyning eller elforsyningselskaber og bringer på den måde bruger og leverandører sammen på én og samme platform.

Værdiskabelse

Ved at tilbyde fleksibilitet

Kommuner og andre bygningsejere kan bidrage til at reducere spidsbelastninger i fjernvarme- og elforsyning ved at tilbyde fleksibilitet som en service. Den service kan bidrage til målet om at reducere CO₂-udledningen både på samfunds- og kommunalt niveau ved at balancere spidsbelastninger. Det er spidsbelastningerne, som udløser behovet for fleksibilitet i forbruget i det samlede energisystem for fjernvarme (Figur 4) og el (Figur 5).

Den fleksibilitetsservice, som kommunen tilbyder, gør, at behovet for at bruge fossile brændsler i energiproduktionen bliver mindre. Dermed øges mængden af vedvarende energi i det samlede energimix, som dog kan svinge med skiftende vejrforhold. De to AI-løsninger bidrager derfor til at optimere forbruget af fjernvarme og el i forhold til produktionen af disse energiformer.

I sammenligning med de omfattende og langsomme dataanalyser og prognoser, der bruges i dag til at estimere og forudsige produktionsbehovet, er der et stort potentiale i platformene. Her kan AI-løsningerne foretage endnu mere komplekse beregninger og finde sammenhænge på få hundredele af et sekund i anlæg, der kan yde fleksibilitetsservice.

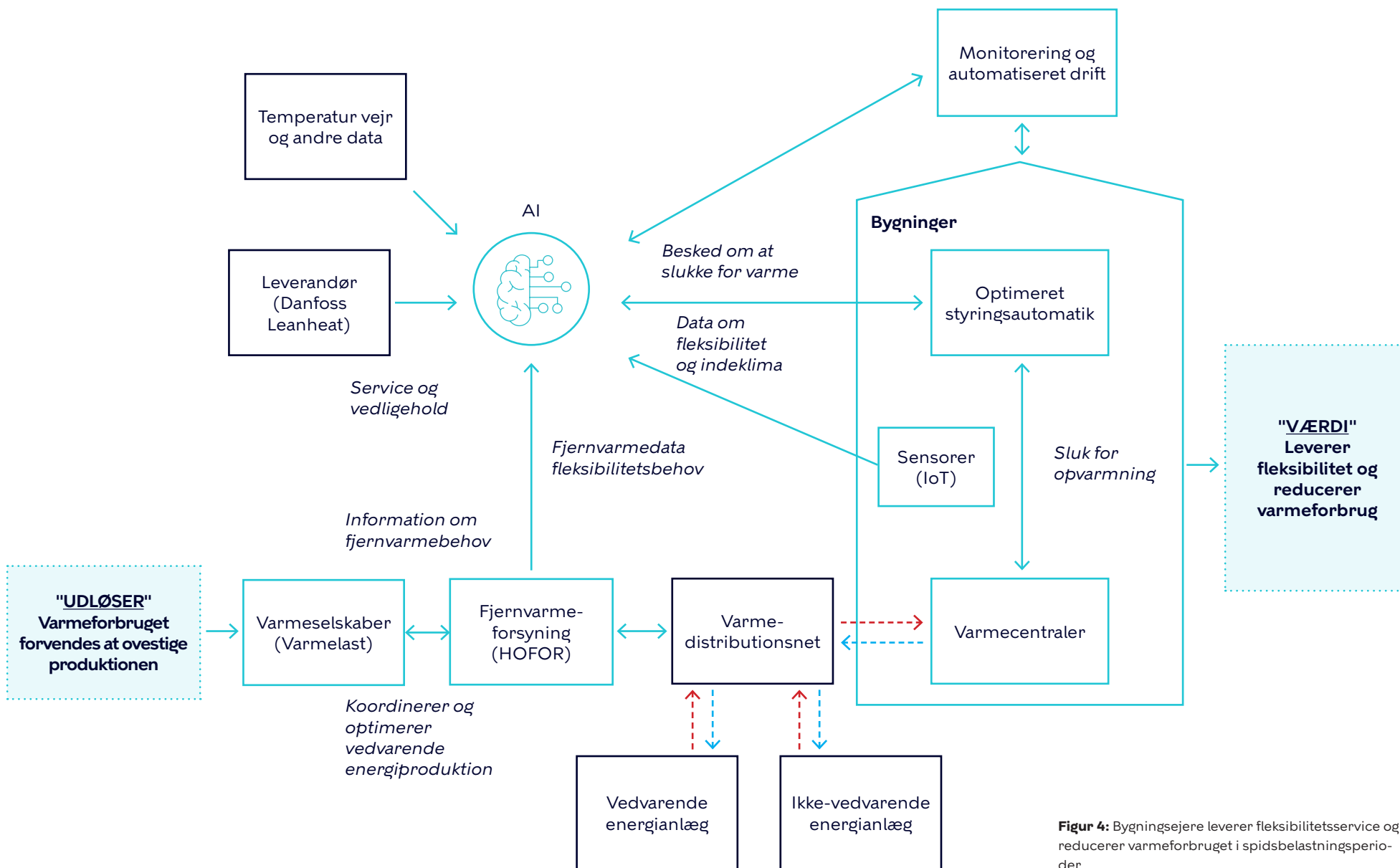
Eksempel 1: Hvordan AI balancerer spidsbelastninger i fjernvarmeforsyningen

I hovedstadsområdet estimerer og udarbejder Varmelast i dag prognoser for spidsbelastninger i fjernvarmeforsyningen. Prognosen danner grundlag for at planlægge fjernvarmeproduktionen og -distributionen.

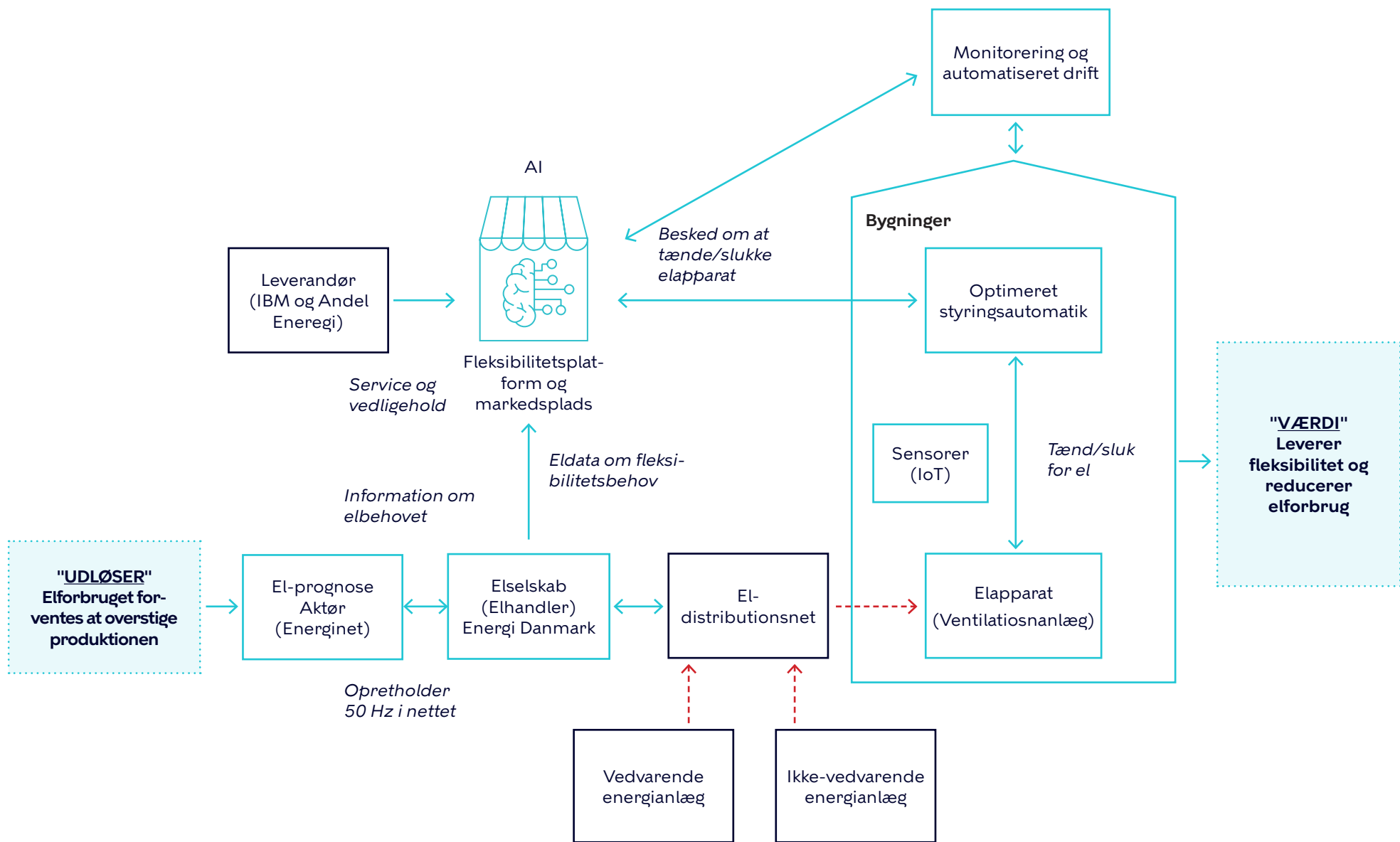
I signaturprojektet modtager Danfoss Leanheats AI-løsning data om fjernvarmeforbruget fra fjernvarmeforsyningen gennem integration til HOFOR's systemer og dermed data om behovet for fleksibel fjernvarme.

AI-løsningen modtager også data om andre forhold, blandt andet data om vejret. AI-løsningen er trænet med historiske data til at have erfaringer med bygningernes termiske forhold og tilstande. På det grundlag kan AI-løsningen finde de bygninger, der har fleksibel fjernvarme til rådighed og flytte opvarmningen til før og/eller efter tidspunktet af den mulige spidsbelastning.

Bygningsejerne, i dette tilfælde Københavns Kommune, har på forhånd bestemt om bygninger er egnet til at tilbyde fleksibel fjernvarmeservice.



Figur 4: Bygningsejere leverer fleksibilitetsservice og reducerer varmekonsumet i spidsbelastningsperioder.



Figur 5: Elanlæg leverer fleksibilitetsservice og reducerer forbruget i spidsbelastningsperioder.

Signaturprojektets hovedresultater

I signaturprojektet er der fra start defineret mål, nøgleresultater og leverancer, som er inddelt fra samfunds- og organisationsniveau og ned til projektets konkrete leverancer (Figur 6).

Resultaterne af testen af fleksibilitetsservice til at balancere spidsbelastningerne viser, at det er muligt at reducere CO₂-udledningen.

Den samlede energibesparelse for at levere fleksibilitet kan for både fjernvarme og el formentlig være et tocifret millionbeløb årligt.

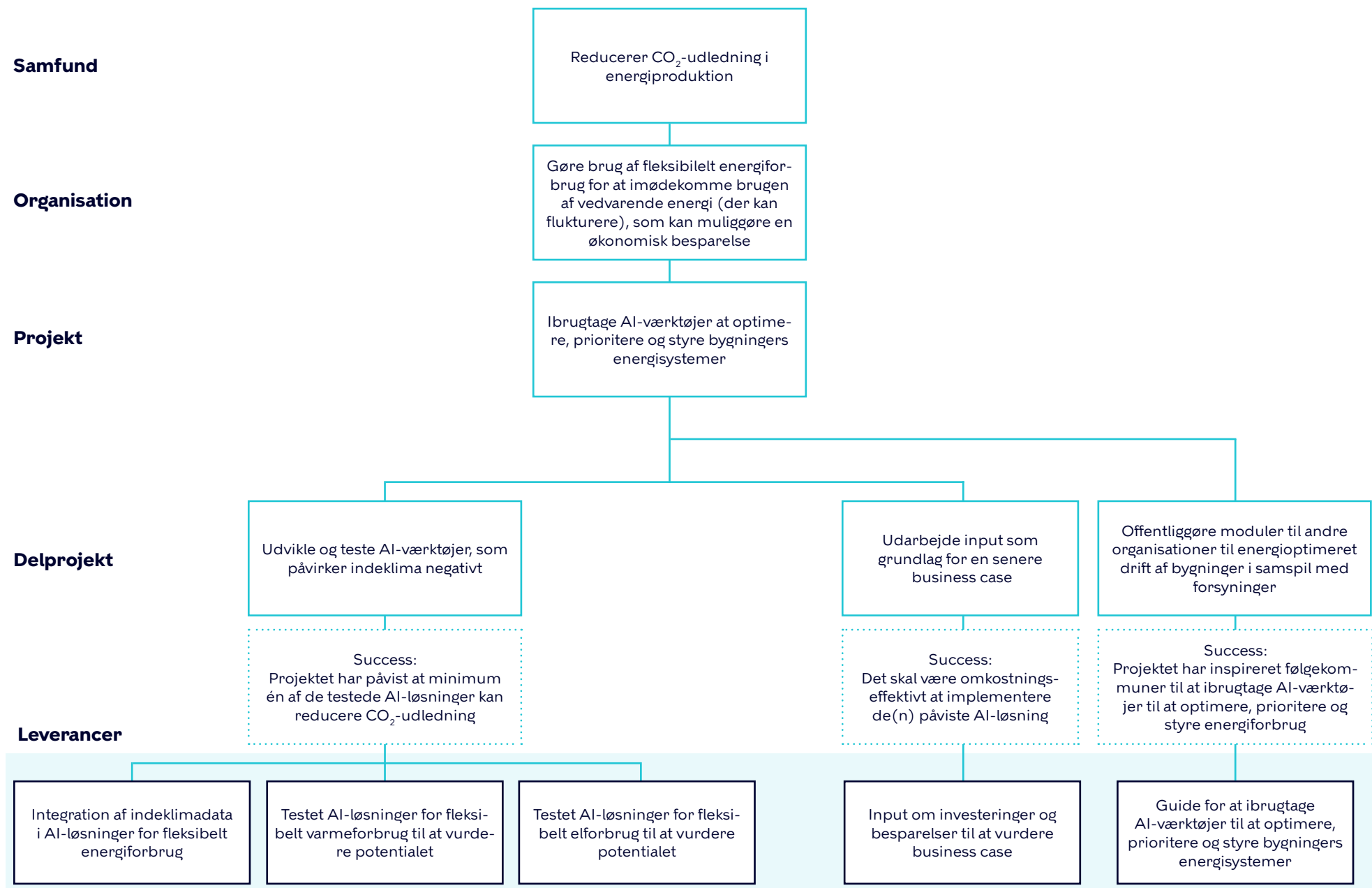
Eksempel 2: Hvordan AI balancerer spidsbelastninger i elforbruget

Energinet opsamler energidata for hele landet og estimerer og udarbejder prognoser for spidsbelastninger i elforsyningen. Prognosen danner grundlag for at planlægge elproduktionen og distributionen.

I signaturprojektet modtager fleksibilitetsplatformen, som er udviklet i et samarbejde mellem Andel Energi og IBM, data om elforbruget fra energiforsyningen gennem integration til Energi Danmarks systemer og dermed data om behovet for fleksibel el.

Det blev i projektet besluttet at afprøve fleksibilitet med ventilationsanlæg. Det var derfor nødvendigt, at styringssystemerne, som styrer ventilationsanlæg, er integreret til platformen for at kommunen kan tilbyde fleksibilitetsservice. AI-løsningen er trænet med historiske data til at have erfaringer med bygningernes ventilationsforhold og tilstande. På den baggrund kan AI-løsningen beregne, hvor meget fleksibilitet et anlæg kan stille til rådighed og reducere elforbruget i tidspunkter med mulige spidsbelastninger i forsyningen.

Bygningsejerne, i dette tilfælde Københavns Kommune, har på forhånd bestemt om bygninger er egnede til at tilbyde fleksibel el-service.



Figur 6: Signaturprojektets målhierarki, succeskriterier og leverancer.

Boks 4 - Signaturprojektets resultater med reduktion af CO₂-udledning

Fleksibel fjernvarme

CO₂-reduktion:

CO₂-udledningen i fjernvarmeproduktionen kan reduceres med 1-3 procent ved at bruge fleksibilitet, når potentialet for at aktivere flere af de mulige bygninger og fjernvarmeanlæg i København medtages i HOFOR's beregning.

HOFOR estimerer, at der kan opnås en reduktion på cirka 1.000 tons CO₂ ved en fjernvarmefleksibilitet på 100 megawatt i de 42 bygninger i signaturprojektet.

Beregningerne er forbundet med nogen usikkerhed. Testperioden er begrænset, og mængden af bygninger er lille. I perioden i 2021 var der corona-nedlukning af flere kommunale bygninger. I 2022-23 var der energikrise og et krav om at sænke temperaturen til 19 graders celsius i flere offentlige bygninger. Der er derfor behov for at validere beregningerne hen over et helt år.

Spidsbelastning:

Flyttes fjernvarmeforbruget kan det bidrage til at reducere spidsbelastninger i fjernvarmeforsyningen. Men funktionen med at koble forbrug og produktion er ikke direkte afprøvet i signaturprojektet. Høje og kortvarige forbrug i bygningen hænger heller ikke nødvendigvis sammen med spidsbelastningen i distributionen, og kan derfor ikke altid bruges til fleksibilitet. HOFOR estimerer, at det med en fleksibilitet på 100 megawatt i fjernvarmesystemet (svarende til fleksibiliteten i de

42 bygninger og behovet i cirka 1.000 etageboliger i København) er muligt, at balancere de fleste kortvarige spidsbelastninger. Men der er formodentlig behov for væsentlig mere fleksibilitet end de 100 megawatt for at balancere lokale forsyningsudfordringer. I vintermåneder med konstant spidsbelastning over lange perioder kan fleksibilitet umiddelbart ikke reducere spidsbelastninger i distributionen.

Fleksibel el

CO₂-reduktion:

I de 28 bygninger og 163 anlæg, som Københavns Kommune i dag har koblet til fleksibilitetsplatformen, estimerer IBM, at de fleksible el-anlæg kan aktiveres i, hvad der svarer til 60-120 megawatt-timer om året. Det svarer til en reduktion på cirka 50-100 tons CO₂. Det forudsætter, at fleksibiliteten erstatter produktion fra et reserveanlæg i forsyningen.

Beregningerne er forbundet med nogen usikkerhed. Testperioden er begrænset, og mængden af bygningerne er lille. Indkøringsperioden i starten har været præget af nogle anlægs- og platformsmæssige udfordringer, som dog er løst hen mod projektets afslutning. CO₂-reduktionen og kompensationen bliver også påvirket af hvor tilgængelig anlæggene er, og hvor ofte de kan bydes ind i fleksibilitetsmarkedet. Der er derfor behov for at blive ved med at validere beregningerne.

Boks 5 - Signaturprojektets resultater med business case for fleksibel fjernvarme

Energibesparelser på bygningsniveau

På baggrund af varmeforbruget i de cirka 42 bygninger med Danfoss Leanheats AI-løsning (uden rumfølere i perioden februar-april 2022 og 2023 sammenlignet med samme periode i 2021) estimerer HOFOR en energibesparelse på 3-5 procent i forbruget, der vil tilgodese kommunen. Energibesparelsen er alene forbundet med AI-løsningens optimering og intelligent varmestyring, der er uafhængig af at der ydes fleksibilitet.

Danfoss Leanheat estimerer, at der kan opnås en energibesparelse på op til 7 procent (uden rumfølere) med deres AI-løsning (uafhængig af fleksibilitetsydelsen). I en AI-løsning med rumfølere forventes en yderligere besparelse og mere præcis temperaturstyring. Men datagrundlaget i signaturprojektet er ikke stort nok til at udlede et estimat.

Potentialeberegningerne er behæftet med de samme usikkerheder, som gør sig gældende for CO₂-reduktionsberegningerne (Boks 4).

Den rene fleksibilitetsydelse i fjernvarmesystemet fører ikke umiddelbart til energibesparelser, da energiforbruget kun bliver flyttet til andre tidspunkter.

Business casen for fleksibel varme

HOFOR estimerer, at der med en fjernvarmefleksibilitet på de 100 megawatt i de 42 bygninger i signaturprojektet er en økonomisk besparelse i indkøb af fossile brændsler på cirka 4 millioner kroner, der alene gør fleksibilitet til en god business case. Der er en positiv business case for Københavns Kommune ved at tilbyde fleksibel fjernvarme. Men den konkrete kommercielle model for at yde fleksibel fjernvarme er ikke blevet fastlagt i signaturprojektet.

Der har i signaturprojektet ikke været omkostninger for kommunen forbundet med at levere fleksibilitets-service i en aftale med forsyningselskabet. HOFOR afholder udgifterne til AI-løsningen, som løsningsleverandøren leverer og vedligeholder. Det forudsætter naturligvis, at kommunens styresystemer og anlæg er tidssvarende, opdateret og online, det er omkostninger kommunen skal afholde. Der kan også være andre afregningsmodeller, som ikke er afklaret i projektet.

Ønsker kommunen i nogle bygninger at bygge oven på grundløsningen, vil der være udgifter til indkøb eller leje af indeklimasensorer, opsætning og vedligeholdelse. Kommunen kan også tilkøbe et abonnement til AI-løsningen for at optimere styringen af fleksibilitet og indeklima yderligere. Energibesparelserne mere end modsvarer omkostningerne.

Boks 6 – Signaturprojektets resultater med business case for fleksibel el

Energibesparelser på bygningsniveau

Ved at slukke for kommunens ventilationsanlæg, når der leveres fleksibilitet, estimerer IBM, at der kan spares cirka 58 megawatt-timer i forbrug og over 100.000 kroner årligt for de 28 ejendomme og 163 ventilationsanlæg. Besparelsen kan i et mere optimistisk scenarie være mere end dobbelt så stort på ventilationsanlæggene alene.

Det reducerede energiforbrug i megawatt-timer er direkte forårsaget af, at ventilationsanlæggene bliver slukket, når der er behov for fleksibilitet.

Business casen for fleksibel el

Ud over energibesparelsen er værdien af at levere forbrugsfleksibilitet forbundet med, at fleksibilitet både kan reserveres og aktiveres i et tidsrum, hvor anlæggene er til rådighed. Det modregnes på elregningen på baggrund af aftalen mellem kommunen og elforsyningsgesellschaft, Energi Danmark.

Det kan være en større omkostning i kommunens business case for fleksibel el at koble anlæg og styresystemer til fleksibilitetsplatformen. Omkostningerne estimeres af IBM til at have en tilbagebetalingstid på mellem et og tre år for de nuværende 163 ventilationsanlæg.

Dermed er potentialeberegningerne for fleksibel el positive. Perspektiverne er særlig store, når andre el-forbrugende anlægstyper inddrages i potentialeberegninger, som varmepumper, elbilsladestander mm.

Potentialeberegningerne er også behæftet med de samme usikkerheder, som gør sig gældende for CO₂-reduktionsberegningerne (Boks 4).

Business casen er også afhængig af bygningstypen, som har forskellige tilbagebetalingstider:

Bygningstype	Tilbagebetalingstid (måneder)	Reduktion (tons CO ₂ /år)
Administration	11-22	4-9
Sport og kultur	7-22	12-35
Skoler og institutioner	15-34	27-60

Forskellen i tilbagebetalingstiderne og CO₂-reduktion skyldes forskelle i den fleksibilitet ventilationsanlæggene er indstillet til at yde og størrelsen på anlæggene i watt. Beregningerne er også afhængige af varierende priser på elmarkedet. Tallene er derfor forbundet med nogen usikkerhed, og det er vanskeligt at give eksakte tal i business casen.

Værdien af indeklima

I signaturprojektet er fleksibelt energiforbrug afprøvet med et ønske om at opretholde et optimalt indeklima i bygningerne for at undgå forringelser i slutbrugernes oplevelser, når fleksibiliteten tilbydes (eksempel 3). Derfor har projektet nøje fulgt indeklimaændringerne i testperioden.

I signaturprojektet er de tekniske fjernvarme- og el-løsninger afprøvet, så de virker i sammenhæng med energiproduktionen og -distributionen, for at kommunen kan yde fleksibilitetsservices. I det tværgående samarbejde har Københavns Kommune accepteret, at værdiskabelsen og gevinster ulige fordeles mellem parterne. Isoleret set har kommunen dog gevinster, der modsvarer investeringerne.

Det fulde potentiale høstes dog først, når andre kommuner, virksomheder og private borgere også tager fleksibilitetsteknologierne i brug. Det vil reducere den samlede mængde CO₂ og bidrage til samfundets samlede klimamål.

Eksempel 3 - Et tilfredsstillende indeklima og klimaskærm

Varme og ventilation har betydning for kvaliteten af indeklima. I testen af fleksibelt fjernvarme- og elforbrug er der brugt data fra indeklimamålere for at overvåge effekten i bygningerne, så indeklimaet ikke forringes, når der tilbydes fleksibilitet.

Det er også muligt at integrere indeklimadata i AI-løsningen for at optimere algoritmerne mest muligt i forhold til den tilbudte fleksibilitetsydelse. I signaturprojektet blev den udvidede optimering kun testet i et lille antal bygninger på grund af problemer med integrationen af data (se eksempel 15).

Arbejdet med beregninger for CO₂-reduktion og business cases

Arbejdet med at vurdere CO₂-reduktion og business cases for henholdsvis fjernvarme og el har været en løbende afklaringsproces med dialog blandt alle involverede parter.

I praksis har forløb i begge energityper fulgt følgende proces:

1. Kommunen har efterspurgt potentialeberegninger fra teknologiparterne (HOFOR, Danfoss Leanheat og IBM).
2. Teknologipartnerne er vendt tilbage med beregninger, som kommunen efterfølgende har spurgt kritisk ind til på baggrund af viden om energital og ønsker til afklaringer i forhold til strategier og klimamål.
3. Teknologipartnerne har revurderet beregninger, som igen diskuteres i en proces, som i punkt 2, til der er enighed om potentialeberegningernes nøgletal.

Generelt set er det nødvendigt at komme frem til anvendelige og sammenlignelige nøgletal for potentialeberegningerne. Tallene er dog ikke nødvendigvis sammenlignelige i udgangspunktet mellem organisationer. Det kan skyldes, at der er forskellige tal i leverandørernes beregninger, der er afhængige af deres løsninger, mål og interne nøgletal, som ikke passer ind i kommunens nøgletal.

Kommunen kan eventuelt kortlægge værdistrømme for at opnå en forståelse for sammenhænge i en ny fleksibilitetsservice, kommunen ønsker at tilbyde. Det kan også bruges til at kommunikere vision og målbilleder til interessenter internt og eksternt.

Funktioner Til at tilbyde fleksibilitet

I signaturprojektet ligger de nye funktioner eller værktøjer i AI-løsningen til fleksibel fjernvarme og fleksibilitetsplatformen til fleksibel el. Begge løsninger leveres af private teknologileverandører.

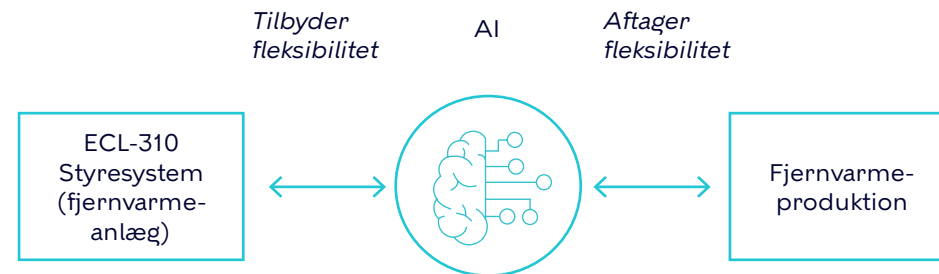
Funktioner til at tilbyde fleksibel fjernvarme

AI-løsningen, som Danfoss Leanheat har udviklet, er grundlæggende en platform, der gør det muligt at arbejde med fleksibel fjernvarme. I signaturprojektet har Københavns Kommune arbejdet med varmestyrings-systemer i forhold til AI-løsningen.

På den venstre side af AI-løsningen er kommunens ECL-310-styresystemer forbundet, som kan justere den lokale varmetilførsel. På den anden side af AI-løsningen er fjernvarmeforsyningen koblet til (i projektets tilfælde HOFOR), der ønsker at gøre brug af fleksibilitet. Bliver de fleksible fjernvarmeanlæg aktiveret, kan man undgå at bruge ikke-vedvarende varmeproduktionsanlæg i perioder med spidsbelastninger.

Løsningen er suppleret med en indeklimamåler for hver 100 m², for at kunne monitorere indeklimaændringer og eventuelt foretage yderligere optimeringstiltag. I signaturprojektet blev der indkøbt omkring 1.000 indeklimamålere. Størstedelen af disse måler temperatur og

luftfugtighed. Der er også en del, som derudover måler CO₂-niveauer for også at få læring om den påvirkning.

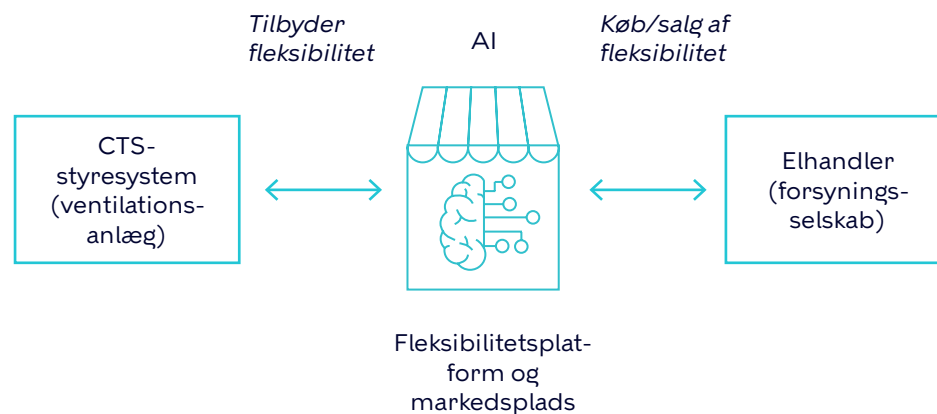


Figur 7: Sammenhængen mellem styresystemer for fjernvarmeanlæg, AI-løsning og fjernvarme, som muliggør fleksibilitet.

Funktioner til at tilbyde fleksibel el

Fleksibilitetsplatformen, som er udviklet i partnerskab mellem Andel Energi og IBM, er grundlæggende en markedsplads, hvor der handles fleksibel el. I signaturprojektet har Københavns Kommune arbejdet med ventilationsanlæg i forhold til fleksibilitetsplatformen.

På den venstre side af fleksibilitetsplatformen er CTS-styresystemer for ventilationsanlæg integreret til fleksibilitetsplatformen, som kan styre ventilationen for at tilbyde fleksibilitet. På den højre side af fleksibilitetsplatformen er koblet elforsyningselskaber, der aftager og handler fleksibiliteten (Energ Danmark i projektet). Dataanalyser af energibehov og handler på markedspladsen sker i realtid og nærmest øjeblikkeligt. Det gør det muligt at tænde og slukke for de el-forbrugende anlæg. Dermed kan det undgås at starte ikke-vedvarende elproduktionsanlæg i perioder med spidsbelastninger.



Figur 8: Sammenhængen mellem fleksibilitetsplatformen, CTS-styresystemer og el-handler, der aftager fleksibilitet.

Integration til eksisterende styresystemer – leverandørsystemerne ECL og CTS

I signaturprojektet blev det overvejet at udvikle en åbenstandard-løsning (open source) i kommunen. Eksterne teknologileverandører med kompetencer i AI blev i stedet valgt. De udviklede modeller for AI-løsningernes bagvedliggende algoritmer er derfor lukkede af hensyn til leverandørernes forretningsarbejde.

Valget har gjort det muligt at udvikle løsningerne hurtigere i samspil med energiproduktionen. De kan også bedre udbredes og sættes i drift i andre kommuner, som bruger lignende anlæg.

For at opretholde lige konkurrencevilkår vil det på sigt være nødvendigt, at flere leverandørsystemer kan integreres til platformene, eller at der samarbejdes med andre teknologiplatforme og partnerskaber fremadrettet.

Kommunen har en særlig interesse i at tilstanden og komforten i kommunens bygninger er til gavn for brugerne. Derfor har kommunen også en særlig interesse i at kunne overvåge og indsamle data fra sensorer om indeklima. Flexibilitet er derimod et område, som forsyningsselskaber og el-handlere i større grad er hovedaktør indenfor. Derfor er det mere naturligt, at de eksterne leverandører ejer og driver AI-løsninger og platforme, som også kræver specielle IT-kompetencer. Andre kommuner bør derfor også overveje, om mulighederne i flexibilitetsløsninger kan give værdi om bygningers tilstand og indeklima.

Eksempel 4 - To styresystemer til flexibilitet: ECL-310 og CTS

Der er i signaturprojektet fokuseret på de to styresystemer:

- Danfoss ECL-310 til fleksibel fjernvarme, som bruges i Københavns Kommunes bygninger på op til 3.000 kvadratmeter
- CTS (Central tilstandskontrol og styring) til fleksibel el, som bruges i bygninger på over 3.000 kvadratmeter. I signaturprojekt blev der indledningsvis pilottestet med flere CTS-systemer brugt af Københavns Kommune, men til implementeringstesten blev det valgt at gå videre med Trend IQvision og Niagara.

ECL-310 er en elektronisk styringsenhed (regulator), der er monteret på bygningens fjernvarmeanlæg til at styre brugsvands-, varme- og ventilationsanlæg. Enheden er koblet op til en onlineplatform, som giver adgang til anlægsdata gennem en leverandørportal via computer, tablet eller smartphone app. Der har i signaturprojektet ikke været behov for at tilpasse ECL-310 til AI-løsningen, der leveres af samme leverandør. Det har derfor været muligt at integrere og foretage ændringer til flexibilitet ude i bygningerne uden at ændre i den eksisterende energistyring. Leverandøren har også en hardwarepakke med mobilmodem, så de kan forbinde til styresystemer, der er produceret af andre leverandører, ligesom de også kan anvende andres sensorer i AI-løsningen.

For at tilbyde fleksibel el er det nødvendigt at kunne overstyre en eventuel intelligent energistyring af et el-anlæg (ventilationsanlæg), så anlæggets styring ikke modarbejder, at der tilbydes flexibilitet. Det har krævet, at CTS-leverandører tilpasser styringen, så den er i stand til at kommunikere med AI-løsningen.

Tekniske og organisatoriske forudsætninger for at arbejde med fleksibilitet

For at arbejde med fleksibilitet er der nogle tekniske og organisatoriske forudsætninger, som kommuner bør have eller gøre sig overvejelser om:

- Har kommunens energileverandører lyst til at indgå et samarbejde om fleksibilitetsydelse og kan de blive enige om forventninger hertil?
- Hvor mange anlæg har kommunen, som ønskes brugt til fleksibilitetsydelser?
- Har de anlæg, der ønskes benyttet en internetopkobling?
- Kan leverandører af bygningsstyringssystemerne konfigurere systemerne, så de kan integreres til en teknologileverandørs fleksibilitetsløsning?
- Har organisationen og forsyningspartneren de nødvendige ressourcer til at udvikle et fleksibilitetssamarbejde?
- Kan kommunen og forsyningspartner blive enige om en teknologileverandør, som begge parter ønsker at opstarte et samarbejde med?

Data

Overførsel mellem platform, systemer og sensorer

Data udgør det grundlag, som både AI-løsningen og fleksibilitetsplatformen bruger til at optimere hele energisystemet. Derfor har data, forhold omkring data og overførsel af data betydning for mulighederne for at tilbyde fleksibilitet.

Data og forhold omkring data

I signaturprojektet er eksisterende energidata kombineret med nye sensordata om blandt andet indeklima.

I signaturprojektet blev det besluttet at installere indeklimamålere i bygninger for at monitorere og dokumentere et tilfredsstillende indeklima i bygningerne, når der tilbydes fleksibilitet. Data bruges også i AI-løsningen til at forfine fleksibilitetsløsningen. Danfoss Leanheats AI-løsning kombinerer samtidig vejrdata og data om bygningernes termiske forhold, som giver viden om, hvor hurtigt bygninger optager eller afgiver varmeenergi.

Eksempel 5 - Datasæt i signaturprojektet

Eksisterende datasæt omfatter:

- Fjernvarmeanlæggets (ECL-310) data om frem- og tilbageløbstemperatur
- Ejendomsdata (antal anlæg, kvadratmeter m.m.)
- Anlægsdata (effekt, mærke, størrelse, mm.)
- Anlægsforbrugsdata om hvert ventilationsanlæg (direkte fra anlæggenes CTS-styresystem)
- Energiforbrugsdata til analyse, potentiale og beregning af energidata

Nye datasæt omfatter:

- Data om handel med fleksibilitet i watt og kroner (el)
- Data om nye opvarmningsmønstre for at levere fleksibilitet (varme)
- Energibesparelser (igennem AI-løsningen)
- Indeklimadata fra sensorer i ventilationsanlæg (temperatur, luftfugtighed, CO₂).

Ejendomsdata og anlægsforbrugsdata er først brugt til at træne AI-modeller til fleksibilitetsplatformen for at forudsige (beregne) den fleksibilitetsmængde, kommunen kan tilbyde. Derefter hentes anlægsforbrugsdata direkte fra anlæggets styresystem og til fleksibilitetsplatformen til at optimere AI-algoritmerne.

Boks 7 - Dataformater og certificering

I signaturprojektet er der brugt forskellige typer af dataformater, som afhænger af de brugte systemer og energiområder. For eksempel bruger energisektoren primært dataformaterne: JSON, XML, og CSV til tekst og numerisk datadeling mellem forskellige systemers grænseflader og letvægtskommunikationsprotokoller (MQTT, Eksempel 6).

Det kan være nødvendigt at behandle de forskellige formater fra forskellige enheder og systemer, så de kan konverteres og integreres sammen med andre data, eventuelt til et senere tidspunkt, hvor de kan blive anvendt i andre sammenhænge.

Platformen bør også kunne håndtere certificering af data, som kan sikre datakvalitet, og at data er korrekte og pålidelige. Datacertificering kan omfatte forskellige teknologier og metoder, såsom blockchain, digital signering med videre.

Det bør fra start overvejes, om der er behov for ejerskab til data i de forskellige energisystemer.

Dataoverførsel, integration og standarder

I signaturprojektet er bygningens CTS-anlæg primært integreret med AI-løsningen ved at bruge en standard til at sende og modtage de mange data mellem enheder i bygningerne og til AI-plattformen.

Eksempel 6 - Protokol til at sende små beskeder, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

I signaturprojektet for fleksibel el er der gjort brug af den åbne og såkaldte letvægtsprotokol, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT). Det er en standard kommunikationsprotokol, der er designet til at fungere effektivt og have et lavt ressourceforbrug. Den er beregnet til for eksempel trådløse sensorer og små enheder i netværk, såkaldte Internet of Things (IoT)-enheder med en begrænset båndbredde, strømforbrug og hardwarekapacitet.

MQTT-standardens fungerer ved hjælp af et såkaldt 'publish-subscribe'-mønster, hvilket betyder, at enheder sender data (kaldet 'beskeder') til et centralt datalager (en såkaldt 'broker'-server). Derefter distribueres beskederne til andre enheder, der er sat op til at modtage beskederne. Det gør det muligt for enheder at sende og modtage data på en asynkron og decentral måde. Asynkron vil sige, at afsendelsen og modtagelsen ikke sker samtidig eller i realtid. Decentral vil sige, at data sendes til flere forskellige fysiske eller virtuelle steder. MQTT understøtter også forskellige niveauer for kvalitet i servicen (QoS) for beskeder. Det giver større sikkerhed for, at data om el-anlæg sendes og modtages korrekt mellem CTS-system og fleksibilitetsplatformen.

Infrastruktur, telekommunikationsnet og teknologier til at overføre data

Der er i signaturprojektet benyttet forskellige teknologier til at overfører data mellem systemer og sensorer hos bygningsejere, forsyningsselskaber og leverandører. Kommunikationsstandarderne er markedsbestemt af de standarder, som leverandørerne har valgt at anvende i deres løsninger.

Boks 8 - Anvendte teknologier og standarder til at overføre data i signaturprojektet

For fleksibel fjernvarme og el er følgende kommunikationsteknologier og et API brugt. Et API er ikke i sig selv en kommunikationsteknologi, men et værktøj der bruges til at kommunikere og udveksle data mellem forskellige applikationer, systemer eller tjenester:

Enhed	Kommunikationsteknologi	Ansvarlig aktør (ejer)	Anvendelse
AI-løsning	API (Åben snitflade)	Danfoss Leanheat	Danfoss Leanheat Foretager ændringer på ECL-310 baseret på AI-løsningens udregninger
Indeklimasensorer	SigFox (Telekommunikationsnet)	Danfoss Leanheat	Data fra rumfølere til Danfoss Leanheats datalager (cloud løsning)
Indeklimasensorer	M-Bus (Protokol)	København	Data fra rumfølere til energidatasystem (EnergyKey)
ECL-310	API (Åben snitflade)	København	Data fra fjernvarmecentraler i bygninger til AI-løsning
AI-løsning	MQTT (Protokol)	IBM	Aktivere fleksibilitet på el-anlæg baseret på bestillinger fra el-leverandør
CTS	MQTT (Protokol)	København	Data fra CTS-styresystem og til fleksibilitetsplatform

Kommunen arbejder med de nye fleksibilitetsdata igennem de to brugergrænseflader, der er til AI-løsningen og fleksibilitetsplatformen. De erstatter ikke de nuværende overvågnings- og driftsopgaver i den centrale enhed for ejendomsdrift i kommunen.

Kommunen har ejerskab til de data, der leveres ind i AI-løsningerne. De nye data om handel med fleksibilitet på fleksibilitetsplatformen har kommunen også adgang til, men kommunen har endnu ikke gjort sig overvejelser om deres værdi, og hvordan de eventuelt kan bruges.

Nye databaserede systemer og brugergrænseflader udfordrer driftsmedarbejdere, hvis systemerne ikke kan integreres og spille sammen. Det er ressourcetrækkende for driftsmedarbejdere at arbejde i flere forskellige systemer for at vedligeholde og løse problemer. Derfor arbejdes der i projektet med at integrere styringssystemerne i de eksisterende brugergrænseflader.

Eksempel 7 - Kommunens arbejde med nye data og fleksibilitet

Der skal udvikles en funktion i CTS-systemet, så driftspersoner kan se, når der ydes fleksibilitet. I det øjeblik at fleksibilitetsløsningerne implementeres i driften, vil der være en opgave med at håndtere fleksibilitetsprofiler i AI-løsningerne, for eksempel i tilfælde af reovering i bygninger, nybyggeri og lignende.

Over en længere periode undersøger kommunen om indeklimaet påvirkes, og om det medfører behov for tilpasninger i fleksibilitetsprofilerne. Kommunen undersøger også, om der er behov for nye arbejdsgange og funktioner.

Synergier

Sammenhænge mellem aktører og systemer

El- og fjernvarmeproduktionen er under udvikling mod et mere distribueret produktionssystem, med fleksibilitetskunder der understøtter energiproduktionen. Signaturprojektet har demonstreret, at kommuner kan fungere som fleksibilitetskunder gennem kommunale bygninger, der kan indgå i fremtidens energiproduktionssystem.

Kritiske sammenhænge i fleksibilitetssystemerne

Det er dog nyt for Københavns Kommune at yde fleksibilitet som en service, der er drevet af digitaliseringen af de fysiske fjernvarme- og el-anlæg. Denne kommunale fleksibilitetsservice gør forsyningsnettet mere distribueret og udviser skillelinjerne mellem forbrugere og leverandører, og hvem der leverer service til hvem.

Det er komplekst, når bygningsstyringssystemer, sensorer og mennesker skal spille sammen på tværs af organisationer og teknologier. Det kræver både mere og bedre kommunikation og samarbejde, på tværs af kommuner og leverandører, for at fleksibilitetsservices hænger sammen end-to-end. Det er netop det, AI-løsningen og fleksibilitetsplat-

formen hjælper med ved at automatisere dele af kommunikationen og samarbejdet.

Boks 9 - Kritiske sammenhænge i et fleksibelt fjernvarmesystem

Anlægsleverandørers styringsautomatik er med til at realisere AI-løsningen, udviklet af Danfoss Leanheat. Styringsautomatikken er en forudsætning for, at AI-løsningen kan virke, og der kan kommunikeres med de mange fysiske anlæg. AI-løsningen benyttes til at aktivere fleksibilitetsydelsen og energioptimere.

Der eksisterer endnu ikke et marked for at udbyde fjernvarmefleksibilitet, men AI-løsningen kan påvirke udviklingen af et automatiseret marked for fjernvarmefleksibilitet. I opstarten er det helt afgørende og kritisk at få et tilstrækkeligt stort antal fjernvarmeanlæg på platformen, der kan modsvare den manglede produktionskapacitet, når der er spidsbelastninger. Dette er fuldstændig kritisk for, at AI-løsningens kan samle den fleksibilitet fra anlæg, der leverer værdi i det samlede fjernvarmesystemet.

Boks 10 - Kritiske sammenhænge i et fleksibelt el-system

Fleksibilitetsplatformen er en ny 'evne' eller 'kapabilitet', der er udviklet af IBM i samarbejde med Andel Energi. Et allerede eksisterende marked, hvor elproduktionselskaberne i dag handler med fleksibilitet, realiserer og er drivkraften for at udvikle platformen. CTS-systemerne, der kan kommunikere med de fysiske el-anlæg, er en forudsætning for, at platformen kan virke og aktivere fleksibilitetsydelse.

På længere sigt er det ambitionen, at elproduktionssystemet automatiseres på en sådan måde, at den vedvarende energi imødekommer det fulde energibehov.

Det er fuldstændig kritisk, at tilstrækkelig mange el-anlæg kobles til fleksibilitetsplatformen, så platformen kan samle en stor nok mængde af fleksibel el, der har værdi for det samlede el-marked.

Ændringer i arbejdsgange og organisering

Københavns Kommune har allerede en central enhed for bygningsdrift. Det betyder, at der er mindre behov for driftsmedarbejdere til hver enkelt bygning. Organiseringen understøtter allerede ændringer i de arbejdsgange, som følger med de nye fleksibilitetsredskaber. Centrale driftsmedarbejdere kan fx overvåge og løse fleksibilitetshændelser i bygningerne gennem platformen og styringssystemerne, hvorfor flere bygninger også kan håndteres samtidig.

Kobling af fleksibel fjernvarme og el

I signaturprojektets begyndelse blev det diskuteret, om fleksibel fjernvarme og fleksibel el også kunne kombineres. Det blev dog opgivet for i stedet at afprøve teknologierne enkeltvis. Dermed opnåedes et mere stabilt fundament af velprøvede og modne teknologier, som en senere kobling kan bygge oven på. Det forventes, at en sammenkobling, i nogle situationer, vil give yderligere gevinster i forhold til CO₂-reduktion, bedre service og større økonomiske besparelser.

Eksempel 8 - Centraliseret bygningsdrift gennem Københavns Ejendomme

Den centraliserede bygningsdrift i Københavns Kommune har overordnet betydet, at der er en bedre videndeling og kompetenceudvikling til blandt andet at arbejde med AI-løsninger og fleksibilitet.

Centraliseringen giver stordriftsfordele i bygningsdriften. Den understøtter tværgående samarbejde og kommunikation fx central energiovervågning, fælles applikationssystemer, fælles Asset Management systemer, tekniske bygherrestandarder og løsninger til at overvåge indeklimaet.

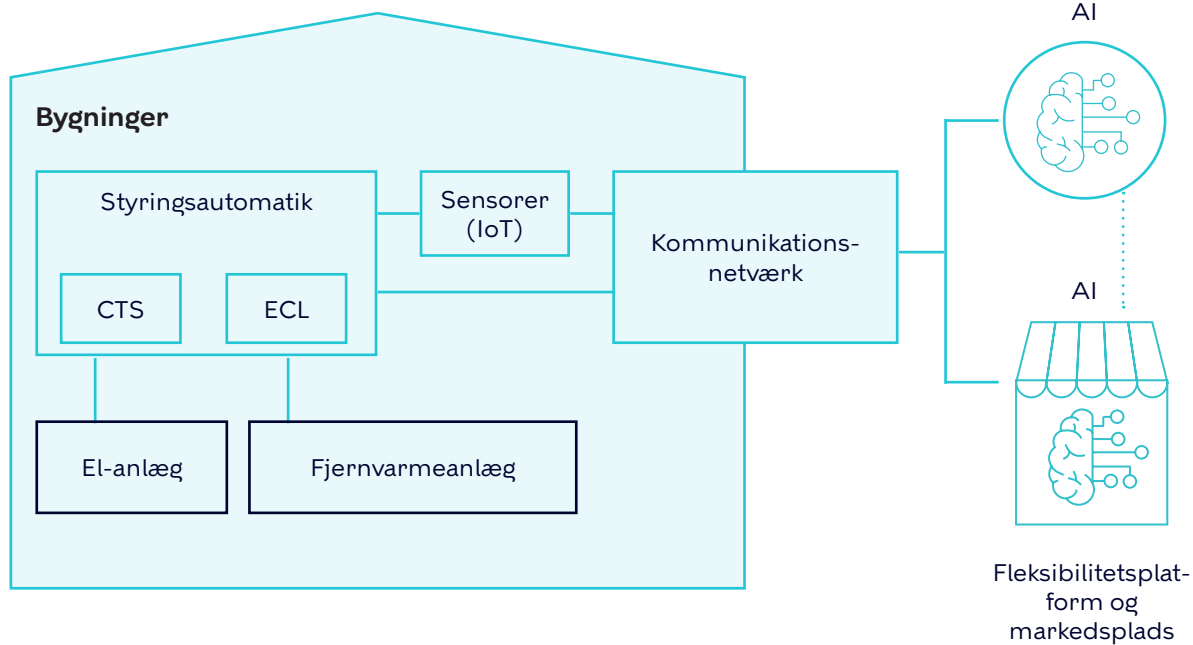
Den centrale bygningsdrift øger behovet for kompetencer i bygningsstyringssystemer i takt med, at der kommer flere såkaldte intelligente bygninger med anlæg opkoblet til platforme. Det er også nødvendigt med kompetencer, som kan få styr på bygnings- og energidata. Den centrale bygningsdrift kan bidrage til, at flere driftsmedarbejdere kan uddannes i bygningsstyringssystemer fx ved sidepersonsoplæring.

Sammenhænge til eksisterende og nye teknologier

For at kunne tilbyde fleksibilitet har Københavns Kommune fokuseret på bygninger, der allerede har bygningsstyringsudstyr, som er forbundet til internettet. De eksisterende styringssystemer kan stille data til rådighed om indstillinger for varme- og ventilation. De nye AI-teknologier kan også overstyre styresystemerne.

I signaturprojektet har det været kritisk, at de underliggende teknologier bag ved styringssystemerne og sensorer kan spille sammen og kobles til AI-løsningen eller fleksibilitetsplatformen.

Det er derfor nødvendigt at have et fælles digitalt teknologigrundlag, hvorfor parterne bør samarbejde om den infrastruktur og de teknologier, der er behov for i fremtiden.



Figur 9: Bygningsteknologier skal spille sammen for at kunne tilbyde fleksibilitet.

Kritiske sammenhænge og afhængigheder

Kommuner bør identificere og undersøge:

- Anlæg, der kan tilbyde fleksibel energi, og i hvilken udstrækning der kan findes nok til at kunne tilbyde tilstrækkeligt med fleksibilitet.
- Bygningsstyringssystemer, der skal kobles til fleksibilitetsløsningerne og deres væsentlige sammenhænge til andre systemer, teknologier.
- Forsyningsselskab, der kan samarbejdes med gennem en fleksibilitetsplatform.
- Leverandører af sensorudstyr, kommunikationsnet og standarder, der skal fungere med platformen.
- Perspektiver for platformens succes og kobling til andre anlægsejere.
- Eventuelt kortlæg afhængigheder mellem anlægssystemer og andre systemer.

Indkøb

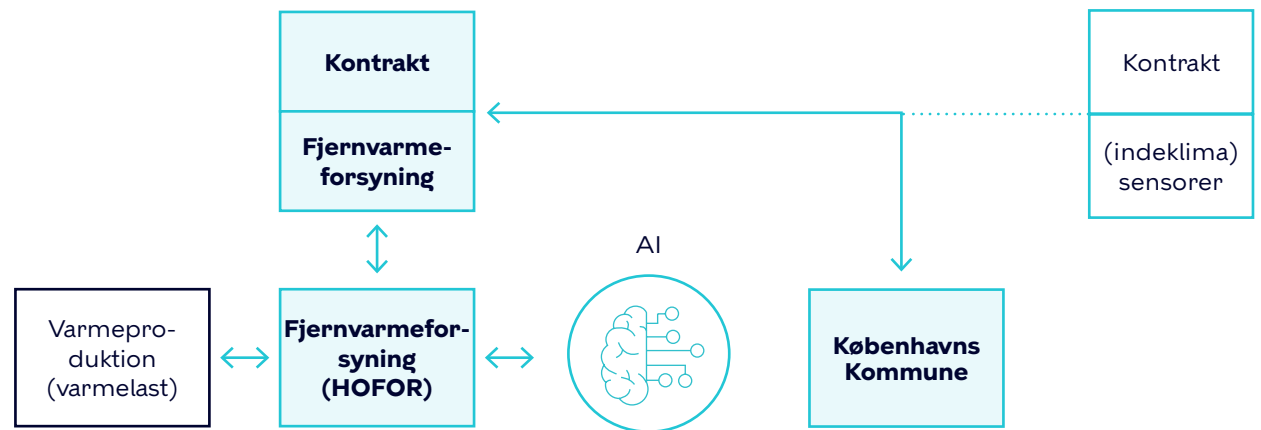
Samarbejde og komplekse aftaler

Signaturprojektet er et udviklingsprojekt, der endnu ikke er i drift. Derfor har projektet benyttet markedsdialog med flere leverandører for at afprøve fleksibilitet hele vejen fra fjernvarme- eller elproduktionen og til slutkunden, Københavns Kommune. De aftaler, der er indgået, har derfor en mere midlertidig karakter end i en driftssituation. Modeller for fremtidige driftsaftaler er også overvejet i projektperioden.

Aftalemodeller for fleksibel fjernvarme

På fjernvarmeområdet har Københavns Kommune en aftale med HOFOR om fjernvarmeforsyning. Under projektet, har der været en fælles forståelse af, at en aftale med teknologileverandør om fleksibilitet gennem forsyningsselskabet er mere enkel for alle parter.

Kommunen samarbejder dog stadig direkte med leverandøren Danfoss Leanheat om en aftale for indeklimasensorer, der bidrager til at finde yderligere fleksibilitet. I en senere skalering og større udbredelse til kommunens bygninger kan det være nødvendigt at indgå en direkte aftale med andre leverandører af udstyr og services.

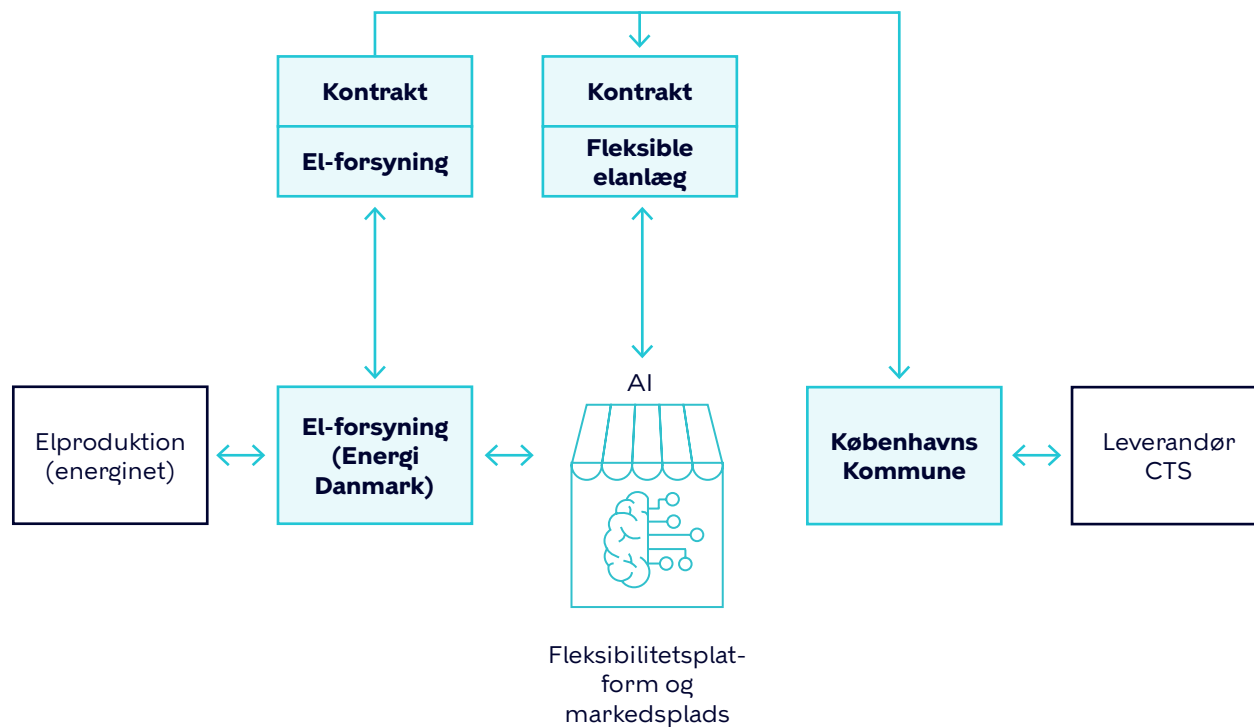


Figur 10: Aftaler og kontrakter om fleksibel fjernvarme og styringsystemer i signaturprojektet.

Aftalemodeller for fleksibel el

På el-området har Københavns Kommune en aftale med IBM om at få koblet ventilationsanlæg til platformen. Det har været muligt gennem et kontraktligt samarbejde afstedkommet fra Statens og Kommunernes Indkøbsservice (SKI), som IBM tidligere har vundet. Det er Andel Energi og IBM, der i samarbejde driver fleksibilitetsplatformen med hver deres ansvarsområder. IBM er ansvarlig for design, udvikling, drift og vedligehold af fleksibilitetsplatformen, ligesom IBM er ansvarlig for den tekniske opkobling af store el-forbrugere, såsom Københavns Kommune, til fleksibilitetsplatformen. Andel Energi er som partner ansvarlig for den kommercielle udbredelse og anvendelse af platformen fra el-selskaber og store el-forbrugere. I relationen vil Andel Energi give input til de funktionelle krav og forretningsprocesser, som fleksibilitetsplatformen skal understøtte. Aftaleforholdet i en driftssituation er derfor mellem platformsejer og elforsyningselskabet, (Energi Danmark i signaturprojektet). Aftaler om fleksibilitet indgås derfor mellem kommunen og forsyningselskabet i deres fælles el-aftale, som er en del af den tilbagevendende udbudsproces i kommunen.

I dag er det også nødvendigt for kommunen at have aftaler med leverandører af de styresystemer, kommunen benytter til el-anlæg. Det er muligt, at leverandørerne af styresystemer og anlæg i fremtiden alene kommer til at indgå aftaler direkte med platformsejeren.



Figur 11: Aftaler og kontrakter om fleksibel el og styringssystemer i Signaturprojektet.

Forretningsaftaler for fleksibilitetsydelse

Københavns Kommune kan som offentlig myndighed ikke spekulere i økonomiske gevinster og mulighed for at tjene penge ved at tilbyde fleksibilitet. I signaturprojektet er afregning for fleksibilitetsydelserne derfor udformet som en rabatordning for fjernvarme og modregning på elregningen.

Kommuner kan eventuelt bruge andre aftalemodeller til at udbyde fleksibilitet, baseret på forskellige forretningsmodeller. Derfor kan der ikke gives et konkret svar på en fremgangsmåde for andre kommuner.

Krav i aftaler kan påvirke aftaler og forventninger, der kan være en barriere for at udnytte læring undervejs. Det gælder især for udviklingsprojekter. En mere bøjelig tilgang til kontrakter kan give større værdi for alle partnere på både kort og lang sigt.

Eksempel 9 - Krav til leverandører fra start og til slutkunde

I signaturprojektet har kommunen i kravene til teknologileverandører fokuseret på at aftale minimumskrav. Det har været et krav at kunne gennemføre afprøvnings- og energiproduktion til slutkundens anlæg, såkaldt 'end-to-end'.

Der er indgået en aftale om at modregne for kommunens fleksibilitetsydelser efter en fastsat afregningsmodel. Aftalen tillader at ændre og genforhandle i takt med, at fleksibilitet udbredes til flere bygninger, områder og partnere over tid.

Der er fordele forbundet med at indgå i de fælles partnerskaber om platformene. Der er omkostningsbesparelser at hente for leverandører af styringssystemer og udstyr, når opkoblinger til fleksibilitetsplatformen placeres samtidig med eventuelle etablerings- eller vedligeholdelsesopgaver. Kommunen har også en fordel i at indkøbe anlægs- og serviceydelser parallelt med, at styresystemer integreres til fleksibilitetsplatformen.

Det er en fordel for forsyningsselskabet og platformslieferandøren at få rådighed over flere og større fleksibilitetslagre, som kan øge forsyningssikkerhed ved at bruge fleksibilitet.

Kontraktlige aftaler

Kommuner kan gå i dialog med deres forsynings-selskaber om muligheder for at afprøve fleksibilitet. I den forbindelse vil det være nødvendigt, at både kommunen og forsynings-selskabet kan blive enige om en fælles teknologileverandør for fleksibilitetsydelser.

Kommunen kan også overveje:

- Hvilken part der skal have den kontraktlige kontakt til teknologileverandørerne.
- Hvordan kontrakter kan skrives med mere løse målsætninger, som tillader et vist råderum for udviklingssamarbejdet af teknologierne.
- Hvilken compensation hver part skal have for at stille fleksibilitet til rådighed, og om compensationen kan genforhandles i takt med yderligere læring.
- Hvilke kontraktlige krav, der skal udformes til leverandører om dataejerskab, og hvordan data kan håndteres og deles.
- Om kontrakterne med teknologileverandører skal indeholde en kommunikationsprocedure og arbejdsgang i tilfælde af, at indeklimaet påvirkes negativt.
- Hvilken part der står for at opretholde et tilfredsstillende indeklima, og hvordan det kan dokumenteres.
- Hvilken part der ejer og drifter eventuelle supplerende sensorer til måling af eksempelvis indeklima.

Drift

Overgangen fra udvikling til skalering

Efter signaturprojektets afslutning starter et arbejde i Københavns Kommune med at tilbyde den nye fleksibilitetsservice i bygningsdriften. Det forudsætter, at teknologisystemer, medarbejdere og ledere udfylder de roller og arbejdsgange i bygningsdriften, som den nye service kræver.

Nye opgaver og arbejdsgange skal integreres i organisationen

Derfor har ledere, projektleder og driftsmedarbejdere fra den centraliseret bygningsdrift været involveret i afprøvningen af fleksibilitet gennem løbende dialog om afprøvning og udvikling. Det har resulteret i en større forståelse for de nye opgaver, som fleksibilitetsservicen medfører i kommunen.

Der har gennem projektet været en dialog om de nye opgaver og arbejdsgange, der er behov for i driftsorganisationen, så medarbejdere tager ejerskab til de nye opgaver. Der har også været en tværgående dialog med andre forvaltninger for at afstemme de støttefunktioner, der er behov for i andre forvaltninger.

I signaturprojektet har ledelsen været forankret i en styregruppe med ledelsesrepræsentanter fra Københavns Ejendomme (Energi og Teknik samt Ejendomsdata og -digitalisering) under Økonomiforvaltningen. Her vil den fremtidige drift blive forankret. Copenhagen Solutions Lab, under Teknik- og Miljøforvaltningen, har haft den overordnede projektledelse.

Eksempel 10 - Risici og håndteringen i signaturprojektet

I signaturprojektets opstart vurderede kommunen projektets risici, sandsynligheden for deres opståen og konsekvenserne. Processen blev gentaget løbende igennem projektets 2,5 år. Der blev fra projektets start identificeret 66 risici, som omhandlede samarbejde og tekniske integrationsproblemer, uforudsete omkostninger, tilgængelige driftsressourcer og muligheder for at tilbyde fleksibilitet til energisystemerne.

Minimering af risici

De identificerede risici blev inddelt i en grøn (lav), gul (middel), rød (høj) kategorisering. Risikovurderingerne blev præsenteret for styregruppen med forslag til forebyggende håndtering af risici og nødplaner, hvis risiciene blev aktuelle. Risici blev også italesat overfor projektpartnerne, hvilket bidrog til at minimere risici.

Sammenhænge mellem teknologier

De kritiske teknologisammenhænge i forhold til drift har hovedsagelig været mellem kommunens CTS-systemer, der skulle integreres med fleksibilitetsplatformen, som illustreret i Figur 9 ovenfor. På fleksibel fjernvarmeområdet leverer leverandøren både platform og styresystemer, der er mere modent og udviklet til at fungere sammen.

Eksempel 11 - Fokus på at demonstrere fleksibel el i bygningers ventilationsanlæg

I signaturprojektet blev det demonstreret, at fleksibilitet kan fungere med bygningernes ventilationsanlæg.

På fleksibilitetsplatformen oprettes en profil for ventilationsanlæg, som bestemmer den fleksibilitet, der kan leveres. Blandt andet sættes indstillinger for:

- Hvor meget fleksibilitet der samlet kan leveres.
- Hvor meget fleksibilitet er muligt at bruge.
- Hvor længe og ofte kan fleksibilitet bruges.
- Hvor hurtigt kan fleksibiliteten genereres.

I signaturprojektet er der udviklet fleksibilitetsprofiler, som passer til forskellige bygningstyper og -anlæg. Alligevel var det nødvendigt at justere indstillinger i profiler eller tage anlæg helt ud af fleksibilitetsservicen, fx når en skole skulle afholde eksamener.

Der har henad vejen været færre rettelser og koordinering mellem partnerne. Tekniske problemer er blevet løst med blandt andet dataoverførsler og kommunikationsstandarder i forhold til IT-sikkerhed.

I projekts sidste del var det således muligt at koble flere el-anlæg til fleksibilitetsplatformen samtidig, efter at processen blev mere strømlinet. Det redu-

cerede omkostningerne for systemleverandørerne, som skulle gennemføre færre tilpasninger.

Det kan også lette koblingen til fleksibilitetsplatformen, hvis der i kommunen er dokumentation af anlæg og data, som fx hvor de er, er de online, hvad er systemnøgler m.m.

Kommunikationsgange

Kommunen har udarbejdet et sæt kommunikationsgange for at håndtere problemer med fleksibilitet. De bruges, hvis systemer ikke virker, som forventet. Der kan således hurtigt foretages ændringer, hvis fleksibiliteten påvirker nogle af de andre services, kommunen tilbyder, fx uddannelse, børnepasning og sportsudøvelse.

Eksempel 12 - Problemer med varmen i flere bygninger i testforløbet

I slutningen af projektets første år i 2021 var der tilsluttet over 100 bygninger til at yde fleksibel fjernvarme. Igennem cirka seks uger blev der skruet op for den fleksibilitet, bygningerne kunne yde. I testforløbet blev en håndfuld bygninger ramt af flere uheldige omstændigheder, som gjorde, at der opstod problemer med varmen.

I juleferien var der med ferie og nattesænkning skruet ned for varmen i bygningerne. Samtidig var varmetilførslen ændret med ydelsen af fleksibilitet. Derfor var bygningerne i dagene efter ferien – i den første uge af det nye år – ekstra kolde. Nogle brugere oplevede, at bygningerne føltes mere kolde end normalt og klagede over tilstanden. Testforløbet blev derfor bremset, indtil årsagen til problemet var fundet. Testforløbet blev også nedjusteret frem til, at der kunne demonstreres en effektiv kommunikationsgang til at håndtere lignende problemer.

Fleksibilitet og begrænsninger i lovgivningen

De lovgivningsmæssige begrænsninger i Varmeforsyningsloven er baggrunden for, at HOFOR netop har ønsket at udvikle en fleksibilitetsløsning uden rumfølere. HOFOR er nemlig begrænset fra at kontrollere forbrugernes varmecentral i bygningen, som betyder, at der er grænser for hvor langt HOFOR kan komme med fleksibilitetsløsningen.

Boks 11 - Varmeforsyningsloven har betydning for fleksibilitet

Den gældende lovgivning, som har betydning for fleksibilitet, omhandler flere aspekter, som ikke fremlægges i sit fulde omfang i guiden. I andre lignende projekter bør det konkret undersøges, om der er særlig lovgivningsaspekter, der skal overholdes.

I signaturprojektet er der en særlig aftale for at levere forbrugsfleksibilitet over en såkaldt 'virtuel måler', efter aftale med Energinet i 2021. Den bliver brugt til at beregne fleksibiliteten, der leveres, ved at sammenligne et basisforbrug med elforbruget, når der tilbydes fleksibilitet. Forbrugsfleksibilitetsmetoden skal anmeldes til og godkendes af Forsyningstilsynet, før det implementeres i driften.

Varmeforsyningsloven

Efter Varmeforsyningsloven kan det ikke være den samme aktør, der både sælger varme og kontrollerer forbruget af varme. Fjernvarmeforsyningsselskaberne er derfor begrænset fra at kontrollere forbrugernes varmecentral i bygningen.

I signaturprojektet har HOFOR derfor indgået en aftale med bygningsejeren (Københavns Kommune) om at kunne forskyde fjernvarmeforsyningen til bygningen. HOFOR har også indgået en aftale med Danfoss Leanheat (energitjenesteleverandør) om at overstyre bygningsejerens varmecentral på HO-

FOR's anmodning. HOFOR kan ikke selv få adgang til Danfoss Leanheats styresystemer og sensorer i bygningerne. Samtidig er det nødvendigt, at Danfoss Leanheat indgår i aftale mellem fjernvarmeforsyning og bygningsejeren vedrørende fleksibilitetstjenesten. Det er derfor komplekst at tilbyde og indgå aftale om fleksibilitetsservice.

Anden regulering

Energisystemerne skal også overholde forskellige standarder og reguleringer inden for energisektoren, blandt andet IEC 61850 og EU's energimarkedslovgivning.

IT-sikkerhed og beskyttelse af private oplysninger

Teknologileverandørerne følger allerede de seneste regler og retningslinjer om IT-sikkerhed og EU-regler om beskyttelse af personlige oplysninger (GDPR) på deres respektive områder. I signaturprojektet er der dog ikke tale om data, som falder under GDPR-regelsættet. Men IT-sikkerhed er generelt et område, der bør have fokus fra starten og løbende igennem teknologiprojekter.

IT-sikkerhed er i projektet håndteret ved at involvere Københavns Kommunes Koncern IT. Det har betydet, at leverandører i dialog med kommunens IT, måtte foretage ændringer i koblingerne til fleksibilitetsplatformen for at opfylde kommunens IT-sikkerhedskrav og standarder.

Etiske overvejelser om AI

Kommunen har som krav bedt teknologileverandørerne om at forholde sig til etiske principper i forhold til AI-løsningernes mulighed for at stille fleksibilitet til rådighed. Overvejelserne er blandt andet baseret på den viden, der er tilgængelig i den Nationale strategi for kunstig intelligens.

Overvejelser om uddannelse og træning i nye opgaver og arbejdsgange

Når fleksibilitetssystemerne er klar til at blive rullet ud i organisationen, er der behov for at uddanne og træne driftsmedarbejder i den centrale bygningsdrift og ude i bygningerne. Medarbejderne skal nemlig have den nødvendige specialviden for at kunne forstå at bruge de nye fleksibilitetsstyringssystemer. Andre relevante medarbejdere skal også kunne tilgå systemerne.

Overgangen til drift

Overgangen fra udvikling til drift er en udfordring. Organiseringen skifter fra den tværgående netværksorganisering til driftsorganisationens mere fagligt opdeltede driftsområder med standardiserede arbejdsgange. Derfor er det kritisk, at alle relevante medarbejdere løbende involveres i udviklingsprocessen og giver feedback til teknologiudviklingen. Det gør, at enkeltdele og større sammenhængen i arbejdsfunktioner kan fungere i den fremtidige driftsorganisation.

Eksempel 13 - Etiske overvejelser

Leverandører bør som udgangspunkt overholde etiske principper for at bruge AI-løsninger. Københavns Kommune har formuleret egne principper for AI. De stemmer overens med de seks etiske principper i den Nationale strategi for kunstig intelligens, som signaturprojektet har benyttet. Principperne omhandler:

1. Selvbestemmelse
2. Værdighed
3. Ansvarlighed
4. Forklarlighed
5. Lighed og retfærdighed
6. Udvikling

Fra et fleksibelt udviklingsprojekt til bygningsdrift

Kommuner kan overveje kritiske forhold mellem udvikling af fleksibilitetsløsninger og overgangen til drift ved at undersøge:

- Om fleksibilitet kan fungere i egne driftsorganisation ved at igangsætte en implementeringstest for at afprøve teknologierne i organisationens virkelighedsnære drift og arbejdsgange.
 - Undersøge hvad en idriftsættelse kræver i forhold til ændringer i arbejdsgange og samarbejder på tværs både internt og eksternt.
 - Inddrage slutbrugerne i udviklingen af teknologierne for at modtage feedback om eksisterende arbejdsgange og processer, som bør tænkes ind i løsningen.
 - Overveje og afdække reguleringer og andre relevante krav og politikker, herunder IT-sikkerhed og GDPR.
 - Identificere risici og gruppere dem, fx efter om i) de er eller kan løses; ii) de er ejet af nogen; iii) om de er et vilkår; eller iv) der skal igangsættes en plan for at minimere risici.
- Overveje forhold om uddannelse og træning ved overgangen til drift.
 - Eventuelt gennemføre forløb til organisationsændringer, der forbereder anlægsovervågning, fjernkontrolopgaver og funktioner.

Virkelighedskalibrering

Mening i data

Det er hovedsagelig teknologileverandørerne, der bruger rådata i fleksibilitetsløsningerne (Eksempel 5) til at optimere den fleksibilitet, der tilbydes. Derudover afgør kvaliteten i de enkelte datasæt også kvaliteten i den samlede fleksibilitetsløsning. Det styrker kvaliteten, når flere data kombineres fra forskellige kilder.

Nøgletal og beregninger af potentialer ved fleksibilitet

I signaturprojektet bruges hovedsagelig rådata, der er indsamlet og afprøvet i eksisterende styresystemer til fjernvarme og elforbrug. Forskellige leverandører, fabrikanter og udstyr kræver dog, at data gøres sammenlignelige, så det er muligt for AI-løsningen at optimere fjernvarme og el til fleksibilitet.

Boks 12 - Objektive data og 'virkeligheden'

Leverandørerne står for at sikre kvaliteten i de rådata fleksibilitetsløsningerne bruger. Data kan indeholde fejl eller være mangelfulde. Det kan føre til misvisende estimater i AI-løsningen. Derfor er der nogle automatiske metoder, AI-løsningen bruger til at fejlrette og kvalitetssikre rådata. Afprøvningerne og menneskelige observationer i signaturprojektet er også brugt til at fejlrette og justere de algoritmer, som løsningerne benytter til at styrke kvaliteten i data.

Eksempel 14 - Nøgletal og potentialer

Data er sammenføjet for at opbygge nøgletal for blandt andet potentialeberegninger. De involverer data fra forskellige kilder, systemer eller opsummerede data på tværs af forskellige tidsperioder.

For at få en forståelse for, hvor meget af hele ejendommens elforbrug som stammer fra ventilationsanlæg, måtte der installeres bimålere i nogle ejendomme. En bimåler er en måler, der kan måle elektricitet i det enkelte anlæg. Data fra bimålere er grundlag for nøgletallene, som er brugt til at beregne potentialet for fleksibilitet i bygninger og el-anlæg. Nøgletallene er brugt til at beregne en prognose for den værdi, der forventes ved en skalering til flere bygninger og el-anlæg. Potentialeberegningerne kan bruges til den business case, der er nødvendig for at beslutte den videre udbredelse af fleksibilitet i kommunen.

Nøgletal er også udregnet for anlæg, der ikke har tilgængelige bimålerdata. Ved at samle store mængder data om energiforbruget for lignende bygningstyper med bimålere, kan der gives et teoretisk bud på potentialet. Data er regelmæssigt opdateret, så nøgletal, mål og resultater er aktuelle og relevante.

Involvering af driftsspecialiser

Der er i signaturprojektet indhentet råd fra driftstekniske specialister til at forstå og få indsigt i mere tekniske forhold om rådata. Fx om dataværdier der afviger fra det normale. Specialisterne har også været med til at definere nøgletal for estimering af potentialer ved en mulig skalering af fleksibilitetsløsningerne til flere bygninger og anlæg.

Mening i nøgletal, data og 'virkelighed' og fleksibilitet, der virker

For at der er sammenhæng mellem data, løsninger og systemer, der virker, kan kommuner overveje:

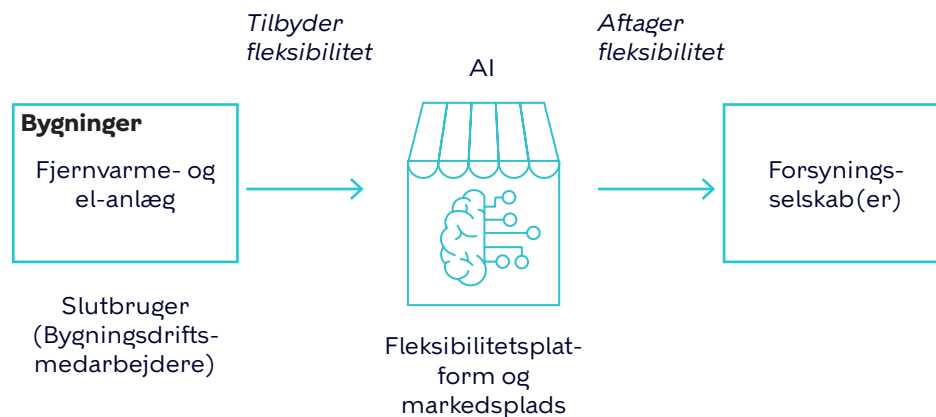
1. Formålet med data, så data er relevante.
2. Identificere de mest hensigtsmæssige metoder til at indsamle data, der er relevante for formålet.
3. Designe en hensigtsmæssig dataindsamlingsmetode, så data er repræsentative for 'virkeligheden'.
4. Sikre, at de indsamlede data er af høj kvalitet ved at validere og verificere dataene.
5. Overveje måledata og andre relevante data, til potentialeberegninger.
6. Validere resultaterne af AI-løsning og sensorer, der bruger data, om de be- eller afkræfter hypoteser eller spørgsmål til ønskede resultater.
7. Eventuelt involverer eksperter i komplekse situationer.

Endestation Leverancerne

Signaturprojektets overordnede slutprodukt er nye værktøjer til at stille bygningers anlæg til rådighed for energiproduktion gennem fleksibilitet. Dertil kommer en ny organisatorisk evne til at forstå og håndtere de nye værktøjer i forhold til fremtidige arbejdsgange.

Platformene samler flere bygningers anlæg med fleksibilitetspotentiale til en energistørrelse, som der blandt forsyningsselskaber kan gøres brug af. Det reducerer behovet for at starte de ikke-vedvarende produktionsanlæg i perioder med spidsbelastninger og kan derfor bidrage til CO₂-reduktion.

I signaturprojektet er det dokumenteret, at det kan koste op til 5 procent mere energi at reventilere den efterfølgende time, fra fleksibilitet er aktiveret. Problemstillingen gør sig ikke gældende for varme-forbruget.



Figur 12: Signaturprojektet resulterer i et nyt redskab til at levere fleksibilitet, som driftsorganisationen bruger.

Boks 13 - Driftsmedarbejderen identificerer bygninger og el-anlæg

Bygningsdriftsmedarbejdere (slutbrugeren) identificere de bygninger og el-anlæg (Figur 12 venstre side), der er egnet til fleksibilitet. I praksis samarbejder driftsmedarbejderen med leverandører om at koble styringssystemerne til platformen. Den fleksibilitet, bygningsejeren (kommunen) tilbyder, samles (aggregeres) igennem de to fleksibilitetsløsninger: AI-løsningen og fleksibilitetsplatformen.

Modenhed og forberedelser

Det er en erfaring i signaturprojektet, at teknologierne stadig er under udvikling og endnu ikke hyldevarer, der kan købes og implementeres. Det kan ses ved, at de første end-to-end test var gennemført mod udgangen af 2022 i slutningen af projektets andet år.

Det var en fordel, at kommunens fjernvarmeanlæg allerede var klar og forbundet til internettet. Derimod var arbejdet med aftaler og kontakter med fjernvarmeproduktionen langsommelig, så det tog tid at kunne opnå en end-to-end driftstest.

Det har taget tid at forberede bygninger, styresystemer og el-anlæg, på trods af at anlæggene også var forbundet til internettet fra start. Her var der også kontraktforhold, der måtte afklares med energiforsyningen. Begge dele gjorde, at en end-to-end driftstest på el-området også tog tid at opnå.

Partnerne i signaturprojektet har for både fleksibel varme og el modnet nye og tværgående måder at samarbejde på mellem organisationerne.

Potentialet for at optimere energiproduktion og forbrug forventes at blive større, når teknologierne er mere velafprøvede og udbredt til tusinder af bygninger og anlæg. Det vil resultere i, at energiproduktionen kan balancere spidsbelastninger.

Eksempel 15 - Udfordringer med fleksibilitetsteknologiernes modenhed

For fleksibel fjernvarme var der udfordringer med at opnå komfort og dokumentere ændringer i indeklimaet under fleksibilitet. Det var også en udfordring, at integrere indeklimadata i AI-løsningen som et parameter til at optimere.

For fleksibel el var der udfordringer med at integrere CTS-styresystemer til fleksibilitetsplatformen, fordi CTS-leverandørerne ikke havde prøvet det før. Selvom processerne blev forbedret undervejs i projektføreløbet, skal hvert anlæg stadig kobles til platformen hver for sig. Usikkerhed om teknologiens modenhed påvirker det kontraktlige grundlag for at tilbyde fleksibilitet, blandt andet ved, at der i kontrakten er ansvarsfraskrivelse ved fejl i fleksibilitetssystemerne.

Bygningsejerens (kommunens) forståelse af fleksibilitetsværktøjer

I arbejdet med at forstå fleksibilitetsværktøjer kan kommuner overveje forhold om:

- At få overblik over modenheden af markedsløsninger til fleksibilitet og relaterede løsninger og anvendelsesmuligheder.
- At forstå hvordan teknologierne fungerer i praksis, fx i forhold til bygningstilstande og måder til at opretholde indeklimaet, når der tilbydes fleksibilitet.
- At kortlægge og opnå indsigt i eksisterende og fremtidige arbejdsgange for bygningsdrift.
- At foretage potentialeanalyser for besparelser i kroner og CO₂-udledning ved fleksibilitetsservice.

Kommunikation

Mellem interessenter og systemer

Der er fra projektets begyndelse udarbejdet en interessentanalyse og kommunikationsstrategi for at sikre samarbejdet på tværs af projektets deltagere, organisationer og systemer. Det udgangspunkt har vist sig at være en succes.

Ledelsesforankring og ansvar

Ledelsen for signaturprojektet har været forankret i en styregruppe med ledelsesrepræsentanter fra de involverede faglige områder. Styregruppen har understøttet projektteamets arbejde med visionen for fleksibilitet og stærke relationer. Det har styregruppen blandt andet gjort ved at kommunikere visionen til den øverste og politiske ledelse samt til de drivende medarbejdere i kommunen. Det har været afgørende for projektets fremdrift og budgetmæssige beslutninger. Den forankring er også altafgørende i den kommende skalering af fleksibilitetsløsningerne, som parterne skal i gang med.

Eksempel 16 - Interessentanalyse i signaturprojektet

For at få et overblik over alle relevante interessenter gennemførte Københavns Kommune en interessentanalyse. Analysen tydeliggør de interessenter, der bør involveres i projektets demonstrationer og udviklingsbeslutninger. Analysen viser, i hvilken grad interessenter medvirker eller har indflydelse på projektet. Interessentanalysen har dannet udgangspunkt for signaturprojektets kommunikationsplan for at imødekomme interessenters informationsbehov.

Analysen blev revurderet løbende igennem projektets 2,5 år samtidig med risikovurderingen og milepælsplanen. Dermed blev interessenter identificeret og håndteret i takt med ændringer i projektet eller omgivelserne.

Åbent samarbejde og gennemsigtig kommunikation

Københavns Kommune etablerede en projektor- ganisation på tværs af kommunen i form af et pro- jektteam. Teamet bestod af en overordnet projekt- leder, faglige projektledere og bygningsspecialister, der kender til anlægssystemer og digitaliseringen af bygninger. Der har været en fast mødestruktur med ugentlige ansigt-til-ansigt eller onlinemøder med partnere. Derudover har der været gentagne halv- og heldags workshops internt i projektteamet for at opnå en fælles afstemning om projektfrem- skridt i forhold til projektets overordnede målsæt- ning.

Kommunikationsopgaven har været omfattende allerede fra begyndelsen med flere fleksibilitets- løsninger, partnere og leverandører. Det gjorde projektet komplekst at forstå og arbejde med. Der- for valgtes det fra projektteamets side at have en åben, gennemsigtig og tværgående kommunika- tion med alle involverede parter. Det har bidraget til, at organisering, arbejdsgange og systemer har hængt sammen i projektet.

Tidligt i projektføreløbet afholdtes også et stormøde med alle interessenter og relevante kommunale medarbejdere for at opnå en fælles forståelse for mål og ønskede resultater.

Kommunikationsplan

Interessenterne i signaturprojektet har været håndteret på forskellige måder på baggrund af aftaler om, hvem der har haft ansvaret for at kom- munikere. Aftalerne har dannet grundlag for en kommunikationsplan i projektet.

Blandingen af fysiske møder og online møder har været en succes i projektet. De fysiske møder har været brugt, når komplekse emner skulle vendes for at fornemme, hvordan parterne har det med de diskuterede emner. Onlinemøder har været brugt til hurtigere statusopdateringer og sikring af generel fremdrift.

Eksempel 17 - Stormøde giver alle interessenter fælles forståelse af målbillede og opgaver

Projektet startede i Københavns Kommune med en mindre projektor- ganisation med kun fire medarbej- dere. De identificerede, afprøvede og testede anlæg i de første tre bygninger på fleksibilitetsplatformen. Læring blev samlet til den videre udbredelse til flere bygninger. Før udbredelsen til 28 bygninger og 163 ventilationsanlæg blev der arrangeret et fælles stor- møde for samtlige interessenter internt i Københavns Kommune. Der var deltagere fra alle niveauer, fra ledelse over projektledelse og til driftsmedarbejdere.

På mødet præsenterede og forklarede enhedsledel- sen for ejendomsområdet visionen, strategien og for- målet med fleksibilitet. Leverandøren præsenterede fleksibilitetsplatformen, aktivitetsplaner, og hvem der havde ansvar for at gøre hvad. Til slut var der mulig- hed for at afklare spørgsmål i plenum. Stormødet resulterede i, at alle gik derfra med en fælles forståel- se af retningen og egne opgaver nu og i fremtiden.

Stormødet gav et fælles referencepunkt for, hvorfor og hvordan arbejdet skulle gennemføres, der har væ- ret af afgørende betydning for succes med imple- menteringstesten.

Kommunikationsplan for forskellige interessenter og tiltag

Alle interessenter har behov for en vis forståelse for projektets formål og ønskede nøgleresultater for at forstå deres egen rolle.

Projektgruppen og organisation (ansvar for bygningsdriften): Inddrages i planlægning og koordinering (internt/eksternt), i demonstrationer og tilbageblik på fremdriften ved at give feedback til projektteam og beslutningstagere.

Driftsmedarbejdere (specialviden om bygningsdrift, styring og installationer): Involveres tidligt i projektet for at sparre om konkret viden om driften, fx de arbejdsgange der bruges til at levere bygningservice. Involveres også med den specialviden, der er nødvendig i krav til løsninger, som fastsættes af kommunen.

Tekniske medarbejdere (i bygninger): Involveres i information om projektet, orienteres og involveres eventuelt i demonstrationer i deres bygning. Orienteres løbende om ændringer efter behov.

Fagforvaltninger i kommunen: Orienteres om projektet og sammenhæng til kommunens strategi. Orienteres om risici og procedurer til at håndtere fx ændringer i bygningers komfort.

Forsyningssektoren: Gør det klart, at kommunen ønsker at tilbyde fleksibilitet til forsyningen i et samarbejde om behov i spidsbelastningsperioder.

Leverandører af anlæg: Tydeliggør, at kommunen ønsker at tilbyde fleksibilitet og ønsker at samarbejde og sparre om behov, så anlæg kan understøtte fleksibilitet.

Leverandører af styresystemer: Tydeliggør, at kommunen ønsker at udvikle og teste løsninger til fleksibilitet i samarbejde med andre partnere og teste styresystemerne i samspil med forsyningssektoren.

Lokale ildsjæle, budgetansvarlige, faglige videnspersoner og andre kan også være nødvendige at involvere.

Strategisk ophæng

Visioner for fleksibilitet

Det strategiske grundlag for signaturprojektet er overordnet set Københavns Kommunes klimaplan, der har en indsats om fleksibilitet.

Klimaplanen er også yderligere udfoldet i Københavns Ejendommers energistrategi fra 2022, der sigter mod at reducere energiforbruget i kommunens bygninger. Samtidig har digitaliseringsområdet generelt en ambition om at indsamle og bruge data i kommunens drift, som kan understøtte klimaplanen og energistrategien.

Overensstemmelse mellem interessenternes visioner og mål

Der har i signaturprojektet været en fælles vision blandt alle involverede, om at etablere fleksibilitetsplatforme for både fjernvarme- og el-området. Alle aktører har også ønsket at bidrage til reduktionen af CO₂ igennem platformene.

I signaturprojektets begyndelse gennemførte projektteamet et grundigt arbejde med at definere vision, mål, nøgleresultater og succeskriterier. Det har været afgørende for at samle interessenter og partnerne om en fælles vision. Dette udgangspunkt har været et gennemgående grundlag og en rød tråd i hele projektets løbetid, som løbende er genbesøgt og justeret med viden og læring, der er opnået undervejs.

Boks 14 - Energifleksibilitet i Københavns Klimaplan

På fjernvarmeområdet ønsker kommunen at reducere de fossile brændsler, der i dag bruges i fjernvarmesystemet. Derfor ønsker kommunen at reducere spidslastbelastningen ved at bruge varmelagre og fleksibelt forbrug.

På elforbrugsområdet ønsker kommunen at fjernstyre elforbrug i kommunens bygninger i større skala. Dermed kan der skrues op eller ned for elforbruget i kortere perioder, når elektriciteten produceres med fossile kilder, eller når der er behov for at sænke elforbruget i elnettet. Det bidrager til den grønne omstilling i el-markedet. Det er et konkret mål at etablere en fleksibilitetsplatform, for at fjernstyrede el-forbrugende anlæg, som fx ventilationsanlæg, kan tilbydes på et marked for fleksibilitetsydelse.

Fleksibilitet indgår også i perspektiverne, efter CO₂-neutralitet er opnået og videre mod 2035. Her er perspektivet, at bygningernes forbrug er mere fleksibelt, så det kan tilpasses variationerne i produktionen fra grønne energiformer som vindmøller og solceller.

Forankring af et fleksibelt energiprojekt

På baggrund af den fælles forståelse af behovet for at reducere CO₂-udledning kan et fleksibilitetsprojekt fx igangsættes ved at:

- Identificere en strategisk nøgleperson i organisationen med stærke relationer på tværs af det politiske og administrative lag, samt dem der rent faktisk ved, hvad der foregår ude i bygningerne.
- Formulere en fælles vision, indsatser og nøgleresultater, som tænkes ind i budgetprocesser.
- Samle en kreds af partnere fra varme/elforsyning, leverandører og kommune, der kan bakke op om visionen og indsatser.
- Kommunikere visionen og fjerne eventuelle hindringer ved fx at ændre på systemer og strukturer, der underminerer forandringer.
- Planlægge og skabe hurtige resultater, fx ved et 'analogt' projekt, der ikke bruger teknologi, men manuelle processer og opgaver, der justeres end-to-end i en bygning eller et anlæg med videre.
- Udvikle i små skridt og demonstrere systemer, der virker for alle projektets interessenter.
- Skalere den afprøvede og fejlrettede teknologiløsning og udbrede nye arbejdsgange og tænkemåder i organisationens drift og kultur.

Yderligere overvejelser

Om videreudvikling af fleksibilitet

Markedet for fleksible energisystemer er på nuværende tidspunkt i udvikling. Med der er et kritisk behov for at udbrede fleksibilitet til flere bygninger og anlæg i andre kommuner, blandt virksomheder og til private borgere. Bidraget fra flere fleksibilitetskunder gør det muligt at udvikle et mere distribueret energisystem og derigennem fremskynde den grønne omstilling. Udbredelsen vil gøre det muligt at teste flere forskellige forretningsmodeller til godtgørelse for den fleksibilitet, der leveres.

Rent teknologimæssigt er der også behov for videreudvikling af løsningerne, der er testet i signaturprojektet. Der er fortsat behov for at udvikle fjernvarme- og fleksibilitetsteknologierne, så de virker med CTS-anlæg, men også så de kan integrere til den daglige fjernvarmeproduktionsplanlægning. Ligeledes er der behov for at udvikle el-fleksibilitetsteknologierne til at virke med elbilsladestander, varmepumper og andre typer el-forbrugende anlæg. Derudover kan der også være andre udviklingsbehov, der ikke er afdækket i signaturprojektet. Derfor anbefales det at stille krav til teknologileverandørerne om, at deres løsninger tillader et vist råderum til yderligere udvikling.

Nødvendigheden af kommunikation

I signaturprojektets begyndelse blev der indledningsvist brugt et halvt år på at opnå en fælles forståelse af

mål og ønskede resultater på alle niveauer internt i kommunen og blandt alle eksterne interessenter. Det var tidskrævende for projektteamet at kommunikere og samle partnerne om projektets vision på tværs af aktører. Men det har været værdifuldt for at gennemføre projektet, idet den fælles forståelse har været pejlemærke for alle projektets partnere.

Det er således en samlet læring i signaturprojektet, at kommunikation er en vigtig del af processen for et succesfuldt udviklings- og forandringsprojekt, da det bidrager til, at alle forstår missionen og visionen.

Mere information om signaturprojektet

Overordnet projektleder:

Christian Gaarde Nielsen, Copenhagen Solutions Lab,
Teknik- og Miljøforvaltningen, H22N@kk.dk,
tlf.: 51 89 08 13

Faglig projektleder, Energi og Teknik:

Veronica Späth, Københavns Ejendomme, Økonomi-
forvaltningen, RB6N@kk.dk, tlf: 24 41 95 69

Faglig Digitaliseringskonsulent,

Ejendomsdata og -digitalisering:

Sebastian Bruhn, Københavns Ejendomme, Økonomi-
forvaltningen, P59H@kk.dk, tlf: 21 53 78 62