

Faglig rapport 2023

Energioptimering af eksisterende bygningsmasse ved hjælp af kunstig intelligens

Status på Signaturprojektet "Energioptimering af bygninger ved hjælp af kunstig intelligens" i Københavns kommune marts 2024.

Fremdrift

Efter en godkendt projektførlængelse Digitaliseringsstyrelsen den 20. april 2022, som gjorde det muligt at opnå de ønskede resultater til en potentialevurdering af teknologierne for end-to-end optimering, blev projektet afsluttet i sommeren 2023. Slutproduktet blev en læringsguide, baseret på projekterfaringerne, for fremtidig praktisk implementering af lignende kunstigt intelligens løsninger.

Q1 2023

Flex-varme

I første kvartal blev der i 55 bygninger installeret indeklimamålere, som gjorde det muligt at holde nøje øje med indeklimaet i bygninger ved aktivering af fleksibel varme. Der var dog stadig ingen API integration mellem indeklimamålinger og den kunstigt intelligente løsning, hvorfor kontrol af indeklima blev gjort gennem daglige Power BI rapporter. Der blev i starten af perioden arbejdet med 10% load shifting, men da der var begrænset negativ feedback fra slutbrugere og indeklimamålingerne ikke viste nogle store problemer blev load shifting forøget til 20%. Foreløbige resultater viste også gode takter i forhold til reduktion af spidslastsfyring og energibesparelser. HOFOR og Varmelast arbejder i perioden også på at kvantificere værdien af fleksibel varme, baseret på historiske data.

Flex-el

Københavns Kommune leverede for første gang forbrugsfleksibilitet i januar 2023, og var dermed den første Flex Platform kunde som gik i produktion. I starten af året var der 56 ventilationsanlæg tilkoblet IBMs Flex Platform, som dermed kunne indgå i en samlet fleksibel el pulje for Energi Danmark at udbyde til Energinet i deres handel på markedet for manuelle reserver (mFRR-kapacitet). Dermed blev det muligt for projektet at teste udbuddet med fleksibel el og dermed drage erfaringer med de økonomiske effekter af teknologien. Derudover blev mulighederne for integration af elbilladestandere undersøgt gennem dialoger med Clever, Bravida og Spirii. Dialogerne viste dog at selvom elbilladestandere godt kan energioptimere elforbruget inden for privatbilisme, så er teknologien ikke moden nok til at gøre det for inden for den offentlige sektor. Grunden til dette er at private bilflåder er en homogen størrelse og er derfor nemmere at optimere efter mens offentlige bilflåder er forholdsvis heterogene og derfor langt vanskeligere at optimere på. Derudover kunne selskabernes digitale styreplatform ikke kommunikere med et overlæggende styresystem som Flex Platformen. Derfor blev det i stedet besluttet at udvide den pågående ventilationstest til i alt 163 ventilationsanlæg på tværs af 28 bygninger. Dels for at påvise en reduktion af onboarding omkostninger, og dermed tilbagebetalingstid, og dels få et større og dermed mere stabilt grundlag at foretage potentialevurderinger ud fra. Ønsket om en bedre potentialevurdering skyldtes også en undren over kompensationsforskelle mellem tidligere potentialetal og realiserede tal. Identificeringer pegede på at nogle anlæg ikke bød ind med fleksibilitet grundet softwarefejl i Flex Platformen, udfordringer med leverancekvaliteten og anlægsrådheder.

KL-skalering

Grundet den manglende dialog og dermed også feedback fra følgekommunerne har det været svært at finde ud af hvordan en guide for arbejdet med fleksibel energi skulle udformes. Derfor valgte det i stedet

Faglig rapport 2023

Energioptimering af eksisterende bygningsmasse ved hjælp af kunstig intelligens

at gøre brug af Københavns Kommune egen model og tjekliste, der bruges til at formidle læring om teknologiprojekter, til skabelon for guiden. Denne guideudformning ville projektet gerne trykprøve på følgekommunerne samt følgegruppen af diverse styrelser, hvorfor der den 20. marts blev afholdt en workshop hos IDA Conference. Formålet med workshopen var at få feedback på projektets udkast til guidelines, der kan bruges til at danne grundlag for vidensdeling og hjælp for andre kommuner og organisationer. Overordnet blev workshopen modtaget positivt af deltagerne. Fremstillingsformen for guidelines fungerer godt til at kunne inspirere andre med arbejdet, da det taler til flere fagligheder, der vil kunne blive involveret i eventuelt arbejde med fleksibel energi. Der var dog også nogle gennemgående pointer blandt feedbacken:

- Selvom der er overlap i arbejdsgrundlaget for flex-varme og flex-el i flere af de forskellige guidelines, er der også specifik viden relateret til hver energiform, hvorfor de generelle tilgange og specifikke informationer skal udpensles tydeligt.
- Det er vigtigt at guidelines beskriver eksempler på historier om tilgangen til opgaveløsning, som kommuner og andre interessenter kan bruge til at "spejle sig i" i forhold til hvordan de også kunne tilgå arbejdet.
- Guidelines skal også forsøge at tydeliggøre hvem, der har incitament til at påbegynde arbejdet med fleksibel energi, og hvorfor det er dette vil kunne hjælpe til at påbegynde udviklingsarbejdet.

Q2 2023

Flex-varme

I andet kvartal blev antallet af bygninger med indeklimatemåling forøget til 125 og der blev skruet op til 30% loadshifting. Derudover blev de kunstigt intelligente løsninger for både Full Leanheat (hvor indeklimatedata blev inkorporeret i algoritmerne) og Sensorless Leanheat (kun indeklimateovervågning) afprøvet, men det var svært at vurdere en forskel de to løsninger. Derudover afsluttedes varmesæsonen 2024/25, hvorfor bygningsstyresystemerne overgik til sommertilstand og derfor ikke tilbyder fleksibilitet før næste varmesæson. HOFOR og Leanheat udarbejdede et notat til Københavns Kommune med resultater og potentiale ved test af Fleksibel Fjernvarme i varmesæsonen 2022 og 2023 hos Københavns Ejendomme. Notatet indeholder information om fleksibel varme til reduktion af fossil spidslastproduktion; Værdi af fleksibel varme til reduktion af fossil spidslast; Energibesparelspotentiale ved fleksibel varme; Videre udvikling af fleksibel varme; Værdi for kunderne; Perspektivering.

Flex-el

Færdiggørelse af onboardingproces for alle 163 ventilationsanlæg samt løbende drift af anlæggene i takt med de blev integreret Flex Platformen og dermed tilbyde fleksibel el til frekvensmarkedet. Derudover blev der arbejdet intensivt på at klarlægge potentialet for teknologien gennem analyse af teoretiske og faktiske tal for at forstå sammenhængen herimellem. IBM udarbejdede på baggrund heraf et notat til Københavns Kommune med Signaturprojekt Flex Platform potentialevurdering. Notatet indeholder information om potentialet for aggregering og salg af forbrugsfleksibilitet i Københavns Kommune, grundlæggende parametre for vurderingerne, et konservativt og optimistisk scenarie, potentialevurdering for hele Københavns Kommune ejendomsportefølje samt perspektivering til andre el forbrugende anlæg og et oprids af den realiserede økonomiske gevinst for perioden januar – juli 2023.

KL-skalering

Efter workshopen i første kvartal skulle projektet udforme et skriftligt udkast af guidelines, som herefter blev delt med alle de inviterede til workshopen til kommentering. Dette valgtes gjort da guidelines skal give

Faglig rapport 2023

Energioptimering af eksisterende bygningsmasse ved hjælp af kunstig intelligens

inspiration til arbejdet med fleksibel energi, uden dog specifikt at fortælle hvordan andre kommuner og interessenter præcis skal gøre det. Dette skyldtes at der kan være stor forskel på hvor klar de forskellige kommuner og organisationer er på at påbegynde arbejdet, hvilke muligheder de har for det, samt hvor den teknologiske udvikling er nået til når arbejdet påbegyndes. Derfor var det vigtigt for projektet at vide om dette opnås med den skriftlige version af guidelines, som vil blive offentliggjort ved projektets afslutning. Det skriftlige udkast blev udformet med hjælp fra en ekstern konsulent, som hjalp til med at strukturere den fælles viden projektets mange værdikædepartnere havde, udforme relevante illustrationer, samt indarbejde den feedback som var fremstået under workshoppen. Herefter blev guiden grafisk opsat og sendt til kommentering. De kommentarer der kom tilbage var dog stort set kun rosende og de få justeringer der blev pointeret blev rettet til. Herefter var den nu 54 sider lange guide færdig og blev delt med alle projektets interessenter.

Endelige resultater

I første halvår af 2023 lykkedes det endelig projektet at gennemføre storskalademonstrations afprøvning for henholdsvis fleksibel varme og el da alle tekniske aspekter for end-to-end test kom på plads. Derudover lykkedes det også at få udarbejdet en guide der indeholdte alt den relevante læring fra projektet, som dermed blev et produkt for udbredelse af projektets resultater. Mere konkret er det lykkedes at opnå følgende:

- Integration af indeklima
 - Installere alle 750 indeklimamålere i bygninger til monitorering af indeklimaforhold gennem daglige Power BI rapporter.
 - Installere 200 indeklimamålere i bygninger til integration af indeklimadata i de kunstigt intelligente algoritmer.
- Flexibelt varmekonsum
 - Udvide storskalademonstration til 125 bygninger.
 - Idriftsætte indeklimaovervågningssystem.
 - Udarbejde potentialeanalysen der anslår at CO₂-udledningen i fjernvarmeproduktionen kan reduceres med 1-3 procent.
 - Estimere at der kan opnås 100 megawatt fjernvarmefleksibilitet for de 42 bygninger der viste sig sammenlignelige igennem projektets to varmesæsoner.
 - Estimere en energibesparelse på 3-7 procent i varmekonsumet alene forbundet med AI-løsningens optimering og intelligent varmestyring uafhængig af at der ydes fleksibilitet.
 - Estimerer at der med en fjernvarmefleksibilitet på de 100 megawatt er en økonomisk besparelse i indkøb af fossile brændsler på cirka 4 millioner kroner - den konkrete kommercielle model for at yde fleksibel fjernvarme er ikke blevet fastlagt i projektet.
- Flexibelt elforbrug
 - Udvide storskalademonstration til 163 ventilationsanlæg på tværs af 28 bygninger.
 - Få Københavns Kommune til at være blandt de første i verden, der i praksis har givet sig i kast med at teste fleksibel el i en end-to-end værdikædesamarbejde.
 - Udarbejde potentialeanalysen der anslår at CO₂-udledning i elproduktionen kan reduceres med 50-100 tons.

Faglig rapport 2023

Energioptimering af eksisterende bygningsmasse ved hjælp af kunstig intelligens

- Estimere at de fleksible el-anlæg kan aktiveres i, hvad der svarer til 60-120 megawatt-timer om året.
 - Estimere at der kan spares cirka 58 megawatt-timer i forbrug og over 100.000 kroner årligt for de 28 ejendomme og 163 ventilationsanlæg.
 - Estimeres en tilbagebetalingstid på mellem et og tre år for at koble nuværende anlæg og styresystemer til fleksibilitetsplatformen.
 - Konkludere at værdien i at levere forbrugsfleksibilitet, ud over energibesparelsen, er forbundet med, at fleksibilitet både kan reserveres og aktiveres i et tidsrum, hvor anlæggene er til rådighed.
- KL-skalering
 - Gennemføre workshop for projektets interessenter blandt følgekommunerne og diverse styrelser i følgegruppen.
 - Udarbejde en 54-siders guide for Københavns Kommune arbejde med fleksibel energioptimering.

Udfordringer for idriftsættelse, skalering og udbredelse

Forstå sammenhæng mellem vision, potentiale og realitet

Et tema, der ofte går igen, er, hvorvidt de afprøvede tekniske og økonomiske besparelspotentialer, også gælder, hvis løsningerne idriftsættes og/eller udbredes til resten af Københavns bygninger eller andre byer i Danmark og omverden. Løsningsproducenterne, der indgår i forsøgsprojekterne, hvor smart teknologi/IoT/AI afprøves, har i sagens natur en egeninteresse i at konkludere, at løsningen og fleksibilitet generelt er til gavn. Derfor er det vigtigt at foretage løbende valideringer af potentiale i forhold til realisering og gerne benytte uvildige rådgivere til dette.

Valideringer vil formentlig påpege en diskrepans på en række væsentlige områder mellem resultaterne og forudsætningerne i potentiale vurderingerne. Denne viden er vigtig for at give en ærlig status for den nuværende konkrete teknologiforståelse og dermed skabe et styrket fundament for udvikling af de fremtidige fleksible energikapabiliteter.

Valideringerne skal dog også ses i lyset af vision for det samfundsmæssige arbejde med energifleksibilitet. For ved afprøvning af fleksibel energi, for henholdsvis varme og el, er det vigtigt at forstå det ikke kun omhandler en teknisk test af løsningerne men også skabe en forståelse for brugen heraf blandt alle værdikædepartnerne i forhold til ændrede arbejdsgange. Dette betyder at validering af potentialeopgørelserne og testforløb af forbrugsfleksibilitet for ventilationsanlæg bør læses og forstås i lyset af, at der er tale om ubetrådt land.

Københavns Kommune er blandt de første i verden, der i praksis har givet sig i kast med at teste energifleksibilitet. Projektet har været og er fortsat et innovations-, test- og læringsforløb, hvor Københavns Kommune med værdikædepartnere har haft et tæt samarbejde, og hvor parterne har foretaget løbende forandringsledelses, procesmæssige og tekniske tilpasninger.

Arbejdet med energifleksibilitet handler jo om at sikre en høj grad af energiforsyningssikkerhed, som kræver et komplekst samarbejde gennem hele energisektorens værdikæde. Dette samarbejde omfatter energiproducenter, det fysiske distributionsnet og forbrugerne samt kontraktlige og økonomiske forhold mellem disse parter. Det afgørende for energiforsyningssikkerhed er, hvor effektiv energiproduktion og -forbrug kan

Faglig rapport 2023

Energioptimering af eksisterende bygningsmasse ved hjælp af kunstig intelligens

balanceres både geografisk og tidsmæssigt så det kan transportere energien effektivt og være robust nok til at håndtere eventuelle fejl.

Andre byers og interessenters vision og formål med implementering af forbrugsfleksibilitet bør derfor være at understøtte forsyningssikkerheden ved at imødekomme et forventet stigende energibehov. Gennem et tæt samarbejde med andre aktører på markedet kan ejendommejerere stille deres bygningsmasse til rådighed for test og udvikling af nye tekniske løsninger, og herigennem bidrage til udviklingen og implementering af forbrugsfleksibilitet til yderligere inspiration for andre ejendommejerere.

Når det er sagt, er der fortsat læringspotentialer og forbedringsmuligheder, som bør medregnes i vurderingen når man skal tage skridtet fra innovations-/pilotprojekt og vurdere skaleringspotentialer.

Projektrelaterede problemstillinger

Dialog med følgekommuner

Gennem hele projektets forløb har videndeling og udbredelse af tekniske løsninger vist sig vanskelig til andre kommuner. Dialogen med følgekommunerne var sparsom og selvom der undervejs har været stor nysgerrighed for projektet, har det vist sig svært at finde ud af hvordan projektresultaterne skulle offentliggøres i nogle guidelines til overtagelse af andre organisationer til energioptimeret drift af bygninger i samspil med forsyninger.

Problematikken kom især til udtryk under den endelige udarbejdelse af guiden da kun én kommune deltog i workshoppen, på trods af at alle følgekommuner havde bekræftet deres ønskede deltagelse, og ingen kommuner gav feedback på de skriftlige udkast.

Løbende dialoger peger på en argumentation om at de andre kommuner ikke havde de samme infrastrukturelle og digitale forudsætninger for at kunne påbegynde arbejdet med energifleksibilitet i samarbejde med produktionen og distributionen. Derfor var det også ærgerligt ikke at få feedback på om de i guiden beskrevne forudsætninger og refleksionshistorier var af værdi for følgekommunerne.

Etiske dilemmaer og juridiske overvejelser

Etiske dilemmaer

Projektet har ikke oplevet nogle etiske dilemmaer i 2023, men står til rådighed, hvis der skulle være spørgsmål til teknologierne eller andre henseender.

Juridiske overvejelser

Projektet har ikke haft nogle juridiske overvejelser i 2023, idet de kontraktlige opgaver har omhandlet forlængelse af projektperioden samt underskrivelsen af samarbejde med ekstern konsulent i forbindelse med udformning af guide.