

PEKIVE

ELFORSK projekt: 351-060

Projektperiode: 12. december 2019 – 1. marts 2021

Deltagende virksomheder: Vitani Energy Systems A/S, Priva BV

Kontaktperson: Rasmus Gorm Pedersen, 30321980, rp@vitani.com

1 Indhold

2	Projektets formål	3
3	Resume af opnåede resultater.....	4
3.1.1	Det er muligt at implementere og skalere prognosebaseret styring.....	4
3.1.2	Stort energisparepotentiale alt efter bygningens driftsform	4
3.1.3	Prognosestyring er nødvendigt for energifleksibilitet	4
3.1.4	Digital formidling er effektivt for faglig viden.....	4
3.1.5	Anbefalinger til driftsorganisationer	5
3.1.6	Værktøj til potentialescreening	5
3.2	Barrierer for udbredelse.....	5
3.2.1	Bygningernes tekniske parathed	6
3.2.2	Driftsorganisationernes evne til adaptering af ny teknologi	6
3.2.3	Bygningsejeres viden om, og kendskab til, nødvendigheden af energifleksibilitet	6
3.2.4	Implementeringsprocessens anvendelse af tværgående kompetencer.....	6
3.3	Projektets proces	6
4	Engelsk resume	8
5	Gennemgang af cases og de opnåede resultater.....	9
5.1.1	Screenings- og dokumentationsværktøj.....	10
5.2	Muligheder og potentialer for prognosestyret opvarmning	11
5.2.1	Energieffektiviseringspotentialet er størst i ældre bygninger uden sammenhængende automatik	11
5.2.2	Forskellige bygningstypologier med forskellige energisparepotentialer	12
5.2.3	Energifleksibilitetspotentialet skal indfries med digitalisering og teknologi	12
5.2.4	En forudseende, intelligent bygningsstyring kan forbedre det termiske indeklima	15
5.3	Barrierer og begrænsninger for en prognosestyret opvarmning	16
5.3.1	Bygningernes parathed.....	16
5.3.2	Markedets parathed	17
5.3.3	Implementeringsprocessen som barriere.....	17
6	Perspektivering og den videre anvendelse af resultaterne.....	19
6.1	Perspektivering af fleksibilitetspotentialet	19
6.2	Detaljerede indsigter i bygningernes reaktion	19
6.3	SRI og energifleksibilitet.....	19
6.4	Gode råd for implementeringen af prognosebaseret varmestyring	19
6.4.1	Krav til implementeret teknologi.....	19
6.4.2	Krav til organisation og interne ressourcer	20
6.4.3	Måling af effekt	20
6.4.4	Overvejelser om normalisering af et varmeforbrug	20
6.4.5	Hvornår skal man gå i gang med prognosestyret bygningsopvarmning?	21
7	Nye muligheder for faglig formidling via digitale teknologier og platforme.....	22
7.1.1	Hvor længe varer den optimale formidlingsworkshop baseret på vores erfaringer?.....	22
7.1.2	Digitale teknologier	23
8	Oversigt over formidlingsaktiviteter	24
8.1	Formidlingsworkshops	24
8.2	Anden formidling	25

2 Projektets formål

Projektets formål er at udvikle demonstrationscases og værktøjer til brug for synliggørelse af værdien af brugen af AI-styret multiforsyning af varme.

Styringsformål skal være at forbedre det oplevede termiske indeklima via prognosebaseret styring af bygningens varmeanlæg (radiatorer, ventilation, kaloriferer, gulvvarme etc.), ud fra en dynamisk el-kontrakt baseret på variable tariffer og elpriser. Dermed kan bygningen operere i fremtidens energifleksible samfund (smart grid) uden at påvirke indeklimaet og dermed bygningens anvendelse.

I projektet er der udvalgt et antal repræsentative bygninger med det til fælles, at de har både fossil og fossil-fri opvarmning samt en grad af termisk akkumulering (energilager), ligesom bygningerne skal have en vis størrelse for at kunne understøtte skalering af energifleksibilitetsløsninger på de større bygningsmasser.

Demonstrationsbygningerne er derudover blevet tilbudt en overvågning med IoT-sensorer og IoT-plattformen Omega, med henblik på at følge effekten.

Gennem projektet er der afholdt markedsformidlingsworkshops rettet mod:

- **CTS-branchen** – med formålet at opkvalificere branchen til brugen af denne type løsning
- **Energirådgivningsbranchen** – bl.a. for at skabe nye forretningsområder for denne
- **Større bygningsejere** – som via deres bygninger kan accelerere den grønne omstilling

Herigennem har projektet formidlet erfaringer på tværs af forskellige producenters løsninger med henblik på acceleration af implementeringer, således at alle nødvendige aktører i markedet involveres i formidling og opsamling af erfaringer.

3 Resume af opnåede resultater

3.1.1 Det er muligt at implementere og skalere prognosebaseret styring

Projektet har demonstreret, at det er muligt at implementere prognosebaseret styring på større bygninger med forskellige typer af CTS-anlæg. Prognosestyringen sikrer, at bygningen bruger den optimale mængde energi ud fra mængden af grøn energi, vejrudsigten, sol, vind og regnpåvirkning. Generelt set vurderes de fleste større bygninger at have en simpel tilbagebetalingstid på under 2 år ved en investering på imellem 50-150.000 DKK. Bygninger med størst potentiale er:

- Bygninger med gulvvarme og eller kombination af gulvvarme/radiatorer
- Bygninger i åbne, vindfølsomme områder
- Ældre bygninger med radiatorer eller strålevarme

I takt med, at der etableres gode eksempler på prognosestyrede bygninger, vil udbredelsen ske såvel internt i større bygningsporteføljer samt på tværs af forskellige organisationer. Det er tydeligt, at udbredelsen internt hos bygningsejere forudsætter et succesfuldt pilotprojekt.

3.1.2 Stort energisparepotentiale alt efter bygningens driftsform

Projektet har demonstreret, at der kan opnås en energieffektivisering på over 20% på allerede veldrevne bygninger med optimerede driftsmetoder. Alle cases har tilbagebetalingstider på under 3 år – visse projekter har tilbagebetalingstid på under 1,5 år. Udover energieffektiviseringsgevinsten, er det også dokumenteret, at indeklimaet er forbedret ved hjælp af den prognosebaserede styring.

Energibesparelserne svinger fra 5% til over 35%, hvilket anses som værende repræsentativt for tilsvarende bygninger.

Dog vurderes det, at energisparepotentialet kan være på op til 50% alt efter bygningens beskaffenhed, placering og nuværende teknologi, samt typen af forbrugs- og driftsovervågning.

3.1.3 Prognosestyring er nødvendigt for energifleksibilitet

Energieffektiviseringspotentialer kan realiseres med gode driftsrutiner, men energifleksibiliteten og sektorkoblingen vil kræve avancerede teknologier som internetopkobling af bygningerne samt prognosestyringer.

3.1.4 Digital formidling er effektivt for faglig viden

Projektet har formidlet resultater og erfaringer på digitale platforme, og skabt en interesse hos såvel CTS-virksomheder, energirådgivere og bygningsejere. Der er således større muligheder for at få adgang til viden omkring prognosestyrede løsninger i leverandørmarkedet end før projektet.

3.1.5 Anbefalinger til driftsorganisationer

For at driftsorganisationer skal kunne drifte bygninger i fremtidens energiomstilling, forudser vi 4 fokusområder:

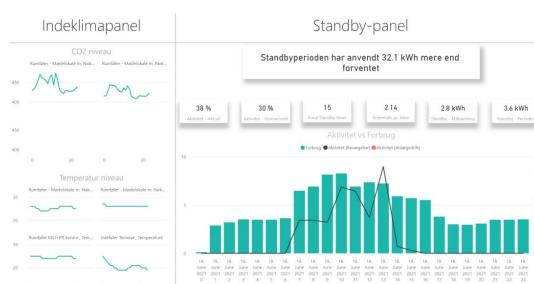


- Nødvendige **ressourcer og kompetencer** skal være tilstede – enten internt eller eksternt
- En kontinuerlig fokus på den **“rå” energibesparelse** – da bygninger stadig skal bruge mindre energi
- **Den nødvendige sektorkobling** – bygningerne skal være energifleksible og kunne interagere med forsyningssektoren
- Til stadighed sikre et godt **indeklime** – som er hovedformålet med bygningen

Bygningsejerne der har stillet bygninger og egenfinansiering til rådighed er overvejende positive, og udtrykker i artikler og pressemeddelelser tilfredshed med projektet, men samtidig gør flere det tydeligt, at de ikke havde implementeret disse løsninger på nuværende tidspunkt uden et tilskudsprojekt.

3.1.6 Værktøj til potentialescreening

Projektet har udviklet et værktøj der kan understøtte potentialescreening og efterfølgende opfølgning på effekten af den prognosebaserede styring. Dermed er det muligt at se på de opnåede resultater før og efter, samt dokumentere en række af de faktorer der har indflydelse på effekten.



3.2 Barrierer for udbredelse

Projektets overordnede identifikation af barrierer imødegås med en FAQ (Frequently Asked Questions) på projektformidlingssiden www.energifleksiblebygninger.dk, hvor der også er udviklet en række cases til inspiration for markedet. Her er det nemt for interesserede bygningsejere at komme i kontakt med leverandører af prognosestyret opvarmning, installatører og energirådgivere med erfaringer.

De mest udbredte barrierer:

3.2.1 Bygningernes tekniske parathed

For at udnytte potentialet for levering af system-/fleksibilitetsydelse til el-nettet, kræver det, at bygningen har en evne til at regulere sig selv automatisk, samt har en større eller mindre grad af termisk kapacitet. Denne automatiske regulering skal ske løbende, hvilket bedst kan løses via digitale teknologier som fx kunstig intelligens og et tæt samspil med markedets øvrige aktører. Projektet har demonstreret, at den kunstige intelligens er i stand til at flytte energiproduktion og samtidig ske en forbedring af indeklimaet. Dette er tilfældet i en casebygning med et stort (1340 m²) gulvvarmet område, der har fået mere stabile indendørs temperaturer, og dette rummer potentialet for at anvende gulvet som termisk lager.

3.2.2 Driftsorganisationernes evne til adaptivering af ny teknologi

Mange driftsorganisationer har ikke de nødvendige ressourcer til at inddrage nye teknologier, og er derfor ikke i stand til at reagere agilt på nye teknologimuligheder. Der opleves en vis skepsis overfor ukendt teknologi, hvilket er en helt naturlig reaktion, der kan ses i alle former for forandringsprojekter. Omvendt ses der en interesse for løsningerne, og når konkrete demonstrationsprojekter kan studeres, reduceres skepsis ved driftsorganisationen.

3.2.3 Bygningsejeres viden om, og kendskab til, nødvendigheden af energifleksibilitet

Generelt er bygningsejerne ikke opmærksomme på udfordringerne i el-nettet, og langt hovedparten af markedet (leverandører, bygningsejere, rådgivere) tænker på monetære tilbagebetalingstider og med økonomiske vinkler på deres investeringer, og i langt mindre grad på grønne forretningsmodeller, hvor CO₂-reduktioner er et konkurrenceparameter. Bygningsejere mangler desuden kendskab til prisdannelser og elregningens opbygning, herunder fordelingen mellem nettariffer og el-priser.

3.2.4 Implementeringsprocessens anvendelse af tværgående kompetencer

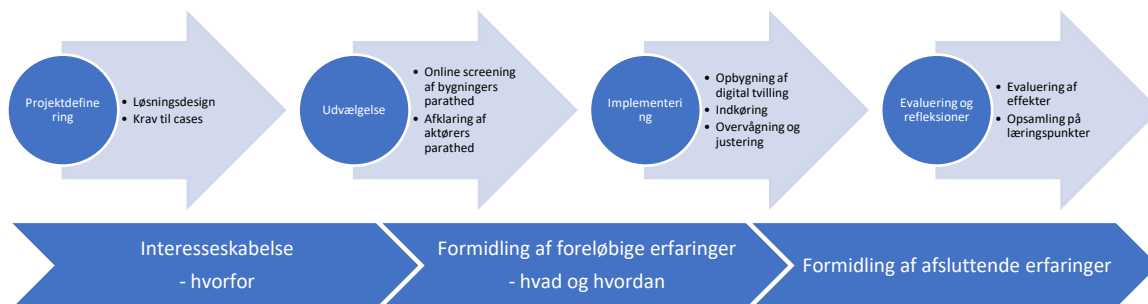
Modsat klassiske CTS/BMS projekter med ofte veldefinerede grænseflader mellem kompetencer, har implementering af prognosestyret opvarmning et markant mindre omfang og strækker sig typisk over 50-150 timer pr bygning, hvis de rette kompetencer og bygningsteknologier er tilstede i projektet. Hvis der skal for mange dedikerede kompetencer ind over projektet, opstår et koordineringsmæssigt overhead, der kan få projektets tidsforbrug til at vokse betydeligt.

3.3 Projektets proces

Projektet blev udformet i efteråret 2019, med udgangspunkt i allerede kendte udfordringer omkring udbredelsen af viden omkring kunstig intelligens til brug i bygningsdriften.

Projektet er opbygget i 4 hovedfaser:

- **Projektdefinering**
- **Udvælgelse af projektbygninger**
- **Implementering**
- **Evaluering og refleksioner**



Parallelt med dette, har et formidlingsspor løbende informeret om projektet i følgende faser:

- **Interesseskabelse** – hvordan får vi relevante bygninger med i projektet – og hvordan inspirerer projektet til at bygningsejere går i gang
- **Formidling af erfaringer** – hvilke erfaringer fra projektet kan formidles til målgrupperne
- **Afsluttende formidling** – formidling omkring barrierer, der kan overkommes samt nødvendigheden og erfaringer fra projektet

De første udbrud af COVID19 skete i Danmark i februar 2020, og påvirkningen via COVID har medført et større digitalt fokus hos bygningsejere og dermed styrket mulighederne for at formidle fagligt indhold på digitale kanaler.

4 Engelsk resume

The project have demonstrated that it is possible to gain significant energy savings and make large non-residential buildings energy-flexible, by implementing AI-based solutions for predictive energy management.

The representative buildings that participated in the project, showed better indoor climate, lower consumption (up to 26% in a specific month) and a technological ability to interact with dynamic electricity prices and CO2 emissions from electricity production in the grid. This is done by connecting a cloud-based solution to already installed BMS systems with open interfaces.

To be able to monitor impact of such solution, a simple tool to document outcome and key performance indicators have been developed using simple IoT sensors and energy data available from the cloud or from the specific utility.

Specific barriers for accelerated implementation in larger building portfolios have been identified and listed.

The findings have also been addressed to the market segments through several workshops, involving building owners, building operators and energy consultants, resulting in new solution providers in the market. By having cases that can be used for demonstrations, consultants that knows pros and cons and system integrators willing to implement new technologies, these kind of AI-driven solutions is expected to be implemented by more building owners.

Recordings and key take-aways from workshops is available on the project website www.energifleksiblebygninger.dk

5 Gennemgang af cases og de opnåede resultater

Projektet har skabt et kendskab til muligheder og potentialer og konkrete eksempler på hvorledes teknologien kan anvendes i en række forskellige repræsentative bygningstyper:

- Administrations- og undervisningsbygninger
- Skoler/daginstitutioner
- Bygninger med produktion
- Værksted- og salgsarealer

De implementerede bygninger er eksempler på en stor mængde bygninger i den danske bygningsmasse og hver især har de en størrelse, der kan give en god energispareeffekt i praksis. Hver især er de også en del af større organisationer, der vurderes at være parate til at skalere disse løsninger, såfremt de forventede resultater opnås.

Den samlede bygningsmasse der er anvendt i projektet, er på over 62.000 m² fordelt på 6 forskellige adresser.

Samlet set er den korrigerede energibesparelse på 15% relateret til PEKIVE projektet. Bygningsejernes samlede omkostninger til denne besparelse er omkring 300.000 DKK.

Generelt set, vurderes det, at med en investering på mellem 100-150.000 kroner, vil der for de fleste bygninger over 8000 m² være en simpel tilbagebetalingstid på under 2 år. Ligeledes vil det være muligt at udvikle forretningsmodeller, der giver et netto-cashflow til den enkelte bygningsejers energibudget, grundet brugen af AI-teknologier som supplement til eksisterende driftsmetoder.

I projektet er det derudover erfaret, at data og nye digitale teknologier, kan være katalysatoren for at skabe en stor energieffektiviseringseffekt med en relativ lille investering. Dette betyder, at fire af de deltagende organisationer vurderer, at de ønsker en yderligere udbredelse af teknologien.

Resultater, erfaringer og muligheder er formidlet til over 1000 deltagere via forskellige formidlingsmetoder som uddybet i bilag 1. En del af denne formidling er foretaget rent digitalt, og erfaringer og gode råd omkring dette, er separat beskrevet i afsnittet "Nye muligheder for faglig formidling via digitale teknologier og platforme" på side 22.

Langt hovedparten af danske bygninger er ikke teknisk i stand til at understøtte en større energifleksibilitet uden investeringer i lagringskapacitet. Omfanget af dette kunne med fordel undersøges i et separat projekt. Dog ser vi tiltag omkring eksempelvis SRI (Smart Readyness Indicator) som værende elementer, der kan medvirke til at skabe større fokus på området i fremtiden. De i projektet implementerede bygninger, er således tilbudt som SRI-testbygninger til Energistyrelsen.

RESULTAT FRA CASE i PEKIVE, ca. 8.000 m²:

Varmeforbrug: ca. 278.000 kr./år

Investering: 50.000 kr.

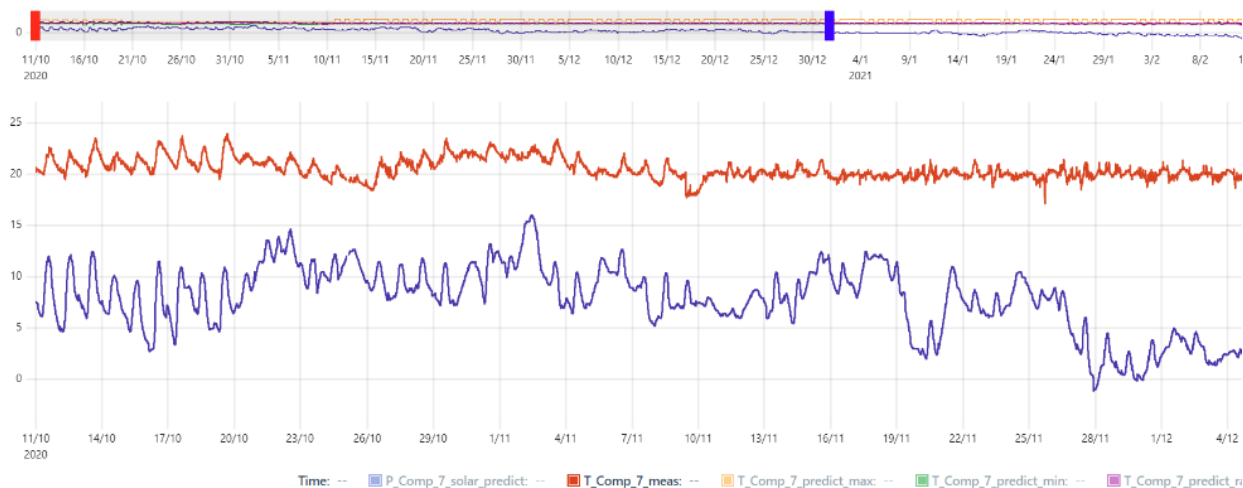
Økonomisk besparelse: ca. 69.500 kr./år (25%)

Årlige abonnementsomkostninger: ca. 20.000 kr.

Simpel tilbagebetalingstid: ca. 1 år

I ovennævnte case er ikke medregnet side-effekter fra et forbedret termisk indeklima, som også er blevet påvist i PEKIVE. Det er på flere af bygningerne konstateret et bedre indeklima efter implementeringen, og i takt med at kendskabet og mulighederne for at lave sektorkobling, vil disse demonstrationsbygninger også med fordel kunne blive anvendt i andre projekter til gavn for den grønne omstilling.

I eksemplet herunder ses indetemperaturen før og efter den kunstige intelligens er implementeret. Før implementeringen ses det at indetemperaturen varierer mellem 19-25 °C og efter implementeringen varierer den mellem 19-21°C. I hele perioden har setpunktet været 20°C. Opvarmingskilden er gulvvarme.



Data fra PEKIVE case med indetemperatur (rød kurve) før og efter implementering af prognosestyret bygningsstyring (i drift den 10/11)

I takt med at fjernvarmen elektrificeres og stiller realtidsdata til rådighed om CO₂ emissionen i den producerede varme, vil fjernvarmeforsynede bygninger også kunne udnytte denne elektrificering. For nuværende er det primært varmepumpedrevne varmeinstallationer i større erhvervsbygninger, der kan udnytte det svingende CO₂-niveau i elnettet på en økonomisk forsvarlig vis. For rent fjernvarmeforsynede bygninger, kan teknologien hjælpe til en udjævning af de tilsvarende spidsbelastninger og kapacitetsudfordringer, der mange steder er i fjernvarmeforsyningen.

Afslutningsvis er der udviklet en blivende projekthjemmeside (www.energifleksiblebygninger.dk), hvor projektets erfaringer er formidlet, samt hvor der argumenteres for muligheder og potentialer med denne nye form for styring. De i projektet identificerede oftest stillede spørgsmål besvares i en FAQ, og der er udviklet fire konkrete cases i samarbejde med bygningsejerne. Projekthjemmesiden er dermed et blivende værktøj som kan gavne og inspirere til at reducere barriererne for at anvende ny teknologi til mere energieffektiv drift.

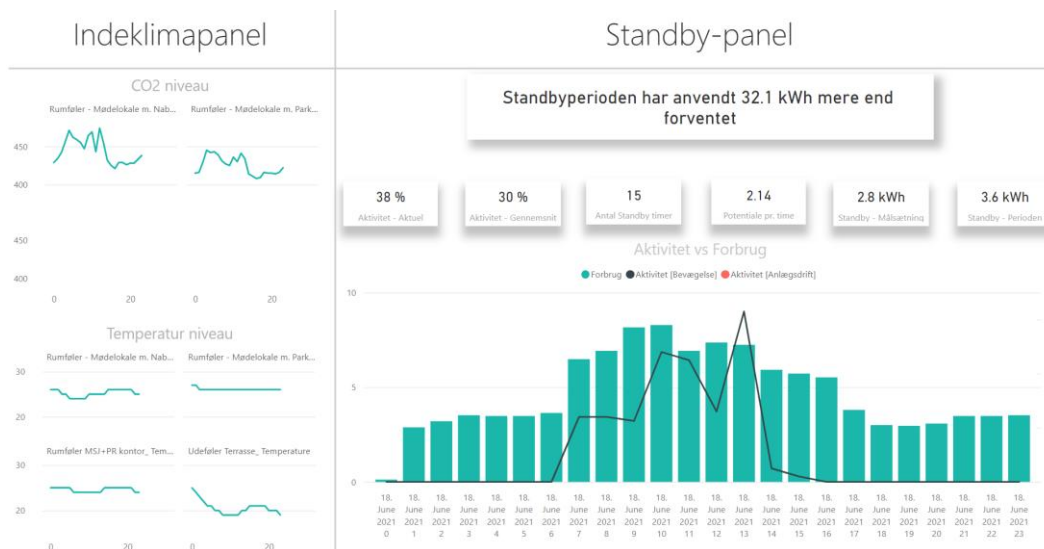
5.1.1 Screenings- og dokumentationsværktøj

Ved implementeringer af nye løsninger i bygninger, med heraf følgende ønsker og krav til effektmålinger, vil der være forskellige tilgange til dette, alt efter hvilket udgangspunkt der skal dokumenteres i forhold til. Skal der dokumenteres i forhold til ESCO-/EPC-aftaler, vil der være en række forudsætninger omkring oprindelig baseline hvorudfra effekten dokumenteres.

Med implementering af en prognosestyret bygningsstyring, der giver effekt på både indeklimaet, energieffektiviseringen og energifleksibiliteten, har det vist sig at det er svært at fokusere udelukkende på energispareeffekten. Der kan være årsager til, at energispareeffekten ikke er som forventet, grundet anlæg

der ikke tidligere har fungeret – eller der efter implementeringen er sket forandringer i eksempelvis bygningens anvendelsesgrad.

På basis af erfaringer med effektivurderinger, har vi derfor udviklet grundlaget til et datadrevet værktøj der kan anvendes af rådgivere, bygherrer, installatører m.v. der har interesse i at screene en bygnings potentiale, implementere en given prognosestyret bygningsstyring samt efterfølgende have indsigt i bygningernes reelle energiudnyttelsesevne.



Værktøjet samler data om:

- Historisk elforbrug på timebasis
- Historisk varmemeforbrug på timebasis
- Driftstider på ventilationsanlæg
- Indeklimamålinger i de enkelte zoner
- Aktivitetsmålinger i de enkelte zoner
- Udvendig temperatur målinger

Med disse datasæt 3-6 måneder før en given løsning idriftsættes, vil hovedparten af de typiske indvendinger og tvivl om en given effekt, kunne adresseres ved hjælp af datadrevne indsigter.

Værktøjet kan installeres af bygningsejeren selv, og vil kunne udlånes til interesserede bygningsejere.

5.2 Muligheder og potentialer for prognosestyret opvarmning

5.2.1 Energieffektiviseringspotentialer er størst i ældre bygninger uden sammenhængende automatik

I PEKIVE-projektet er energieffektiviseringspotentialer undersøgt på forskellige typer af bygninger med forskelligt omfang af eksisterende bygningsautomatik. Projektet har vist betydelige energisparepotentialer og lave tilbagebetalingstider i cases med mulighed for at anvende bygningernes eksisterende bygningsautomatik. I bygninger uden sammenhængende bygningsautomatik er energisparepotentialer midlertidigt størst, men samtidig kræver det også en større investering, hvorfor tilbagebetalingstiden vil afhænge af flere andre forhold.

Energisparepotentialet kan svinge mellem 5-50% alt efter bygningens beskaffenhed, placering og nuværende teknologi, samt typen af forbrugs- og driftsovervågning.

Bygningsautomatik	Forklaring	Potentielle besparelser	Investeringsstørrelse
Bygninger uden sammenhængende bygningsautomatik	Bygninger med separate varme, køl og ventilationsanlæg	40-50%	+500.000 kr.
Bygninger med sammenhængende bygningsautomatik – <i>uden</i> løbende justeringer (min ugentligt)	Bygninger der har CTS-/BMS -anlæg installeret til tværgående styring af bygningsautomatikken	15-40%	100-200.000 kr.
Bygninger med sammenhængende bygningsautomatik – <i>med</i> løbende justeringer (min ugentligt)	Bygninger der har CTS-/BMS-anlæg installeret til tværgående styring af bygningsautomatikken	5-15%	100-200.000 kr.

Det vil i langt de fleste bygninger med CTS være muligt at opnå besparelser på ml. 5-15% alene ved en optimeret drift, med kontinuerlig overvågning af bygningsautomatik og energiforbrug. Der vil kunne opnås et lavere internt ressourceforbrug ved at anvende AI-teknologi og samtidig højere energieffektiviseringspotentiale. I et interview med een af demonstrationsbygningernes driftsansvarlige bekræfter de potentialet i dette:

”Systemet gør i princippet ikke noget anderledes end vi selv kunne have gjort – hvis vi havde tiden og ressourcerne til det. Men det har vi ikke!”

Ovenstående er set i relation til selve energisparepotentialet, hvorimod bygningens evne til at fungere energifleksibel ikke vurderes muligt ved hjælp af menneskelige ressourcer. Energifleksibilitet kræver tæt samspil mellem bygningens systemer og energiforsyningen og dette skal foregå i næsten realtid.

5.2.2 Forskellige bygningstypologier med forskellige energisparepotentialer

I PEKIVE er der arbejdet med forskellige bygningstypologier med forskellige opvarmningssystemer og potentialer for at realisere energibesparelser, og derved hæve energieffektiviteten. De mest oplagte bygningstyper til at implementere en prognosestyret opvarmning vil være:

Opvarmningssystem	Ældre bygning i åbne, vindfølsonne omgivelser	Ældre bygning i bynære omgivelser	Nyere bygning i åbne, vindfølsonne omgivelser	Nyere bygning i bynære omgivelser
Gulvvarme, 100%	Stort potentiale	Stort potentiale	Stort potentiale	Stort potentiale
Radiatorer, 50% + gulvvarme, 50%	Stort potentiale	Stort potentiale	Stort potentiale	Middel potentiale
Radiatorer, 100%	Stort potentiale	Stort potentiale	Middel potentiale	Middel potentiale
Strålevarme, 100%	Stort potentiale	Middel potentiale	Middel potentiale	Lille potentiale
Luftopvarmning, 100%	Middel potentiale	Middel potentiale	Lille potentiale	Lille potentiale
Kaloriferer, 100%	Middel potentiale	Lille potentiale	Lille potentiale	Lille potentiale

Derudover er der et fælles kendetegn for “den gode case” ved, at bygningen skal have et varierende forbrug, da en dynamisk varmestyring lærer bygningens brug at kende over tid, og den kunstige intelligens dermed kan overtage nogle af de menneskelige ressourcer til at justere og regulere varmekurver, der er tilpasset brugernes behov.

5.2.3 Energifleksibilitetspotentialet skal indfries med digitalisering og teknologi

Potentialet for at aktivere energifleksibiliteten i bygninger kræver en kombination af ingeniørfaglig viden om bygninger og lagringsteknologier samt kompetencer og viden om anvendelse af nye digitale teknologier som machine learning og kunstig intelligens.

Den ingeniørfaglige viden om samordnet bygningsstyring og lagringsteknologier (fx batterilagring, termisk lagring, buffertanke eller overdimensionerede tekniske installationer), skal i fremtiden suppleres med viden om data og digitalisering, så bygningssystemer bliver designet til en fremtid med et fleksibelt energisystem og en fremtid, hvor digitale teknologier vil overtage flere trivielle, komplekse analyseopgaver.

For at kunne udnytte de vedvarende energikilder på den mest effektive måde, så skal bygninger i langt højere grad også kunne interagere med fremtiden energisystem. For at forstå potentialet for energifleksibiliteten i relation til bygninger og bygningsdrift, er de nuværende systemydelse listet i nedenstående tabel:

Type	Formål	Aktivering	Responstid ¹	Tidsperiode ²	Mængde ³
FFR	Skal sikre den dynamiske frekvensstabilitet i situationer med lav inert i el-systemet. <i>(kun for Øst Danmark)</i>	Aktiveres direkte og automatisk på anlægget via signal om frekvens (der kommer ikke signal udefra)	1 sek	10 sek	0,3 MW
FCR	Skal stabilisere frekvensændringer i el-nettet <i>(kun for Vest Danmark)</i>	Aktiveres direkte på anlægget gennem monteret frekvensmålere for at finjustere frekvensen på de ønskede 50 Hz ved både op- og nedregulering. Aktiveres direkte og automatisk på anlægget via signal om frekvens (der kommer ikke signal udefra).	15-30 sek	15 min	1 MW
FCR-D	Skal stabilisere frekvensen ved større driftsforstyrrelser (fx udfald af store produktionsenheder) <i>(kun for Øst Danmark)</i>	Aktiveres automatisk ved et frekvensdyk under 49,9 Hz, og er aktiv til der igen er balance i systemet. 50% af ydelsen skal leveres inden for 5 sekunder og den resterende effekt inden for yderligere 25 sekunder. Aktiveres direkte og automatisk på anlægget via signal om frekvens (der kommer ikke signal udefra).	5 sek (50%) 30 sek (100%)	15 min	0,3 MW
FCR-N	Skal sikre balancen mellem forbrug og produktion over en kontinuerlig periode samt til at reducere frekvensdyk/- spring <i>(kun for Øst Danmark)</i>	Ydelsen aktiveres både ved små og store frekvensafvigelse, da funktionen aktiveres ved afvigelser fra 50 Hz. Aktiveres direkte og automatisk på anlægget via signal om frekvens (der kommer ikke signal udefra).	150 sek	60 min	0,3 MW
aFFR	Opretning af frekvensen i el-nettet	Aktiveres automatisk via centralt effektsignal fra Energinet/den balanceansvarlige	5-15 min	60 min	1 MW
mFFR	Udligning af balancen i el-nettet	Kapacitet stilles manuelt til rådighed fx ved driftsstop på et kraftværk	15 min	60 min	5 MW

For bygninger anses de mest relevante systemydelse at være FFR og FCR/FCR-D/FCR-N, da flere bygningssystemer vil kunne reagere hurtigt på signaler fra bygningsautomatik og data i den pågældende ejendom.

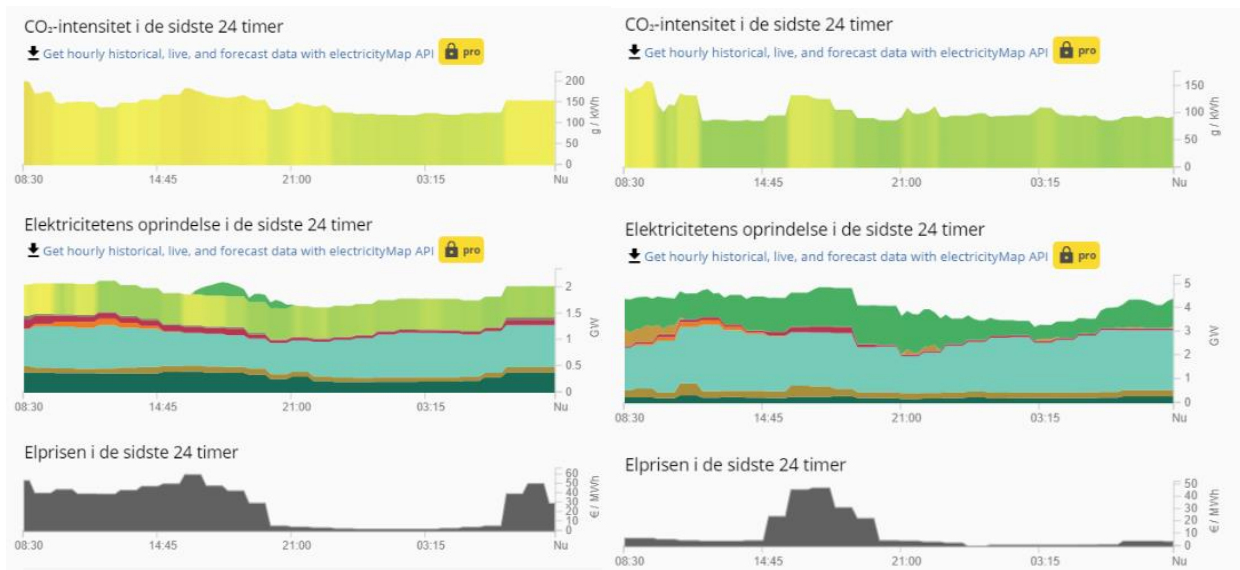
For at udnytte potentialet for levering af system-/fleksibilitetsydelse til el-nettet, kræver det, at bygningen har en evne til at regulere sig selv automatisk. Denne automatiske regulering skal ske i realtid, hvilket bedst kan løse via nye digitale teknologier som fx kunstig intelligens og i øvrigt i et tæt samspil med markedets øvrige aktører.

¹ Hvor hurtigt kan enheden skrue op og ned for sit forbrug eller produktion

² Hvor længe skal enheden/systemet kunne levere ydelsen

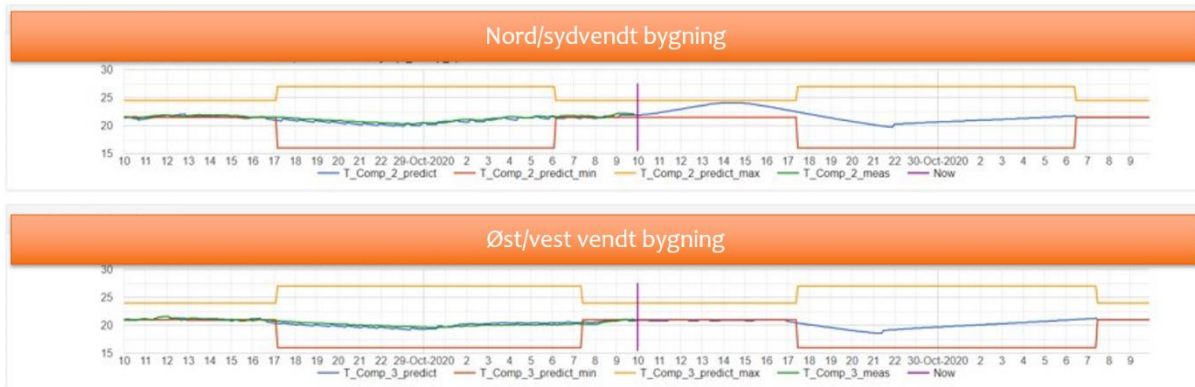
³ Hvor stor en mængde kan enheden/systemet levere i perioden

På samme dag kan der være store forskelligheder på CO₂-udledningen i øst og vest Danmark i elnettet, ligesom solen, vinden m.v. også er forskellig fra bygning til bygning. Herunder vises hvordan CO₂-niveauet i elproduktionen er forskellig hen over døgnet, samt i hhv. vest og øst-Danmark:



CO₂-indholdet i energiproduktionen i Danmark Vest (venstre) og Danmark Øst (højre) på samme dag (Kilde: www.electricitymap.org)

Derfor kræver fleksibiliteten en høj grad af automatik i bygningen, samt ikke mindst forbindelse mellem bygning og internettet (for at kunne reagere på styringssignaler).



Vejrets indvirkning på indetemperaturen på to bygninger på samme adresse (blå: den forventede temperatur, grøn: den målte temperatur)

Som det ses af ovenstående figur, vil den nord/sydvendte bygning nå den maksimale komforttemperatur hen over eftermiddagen (blå), mens den øst/vestvendte bygning vil ligge i den nedre del af komfortgrænserne (blå). Bygningerne er på samme adresse, men styres med hver sin zone, da solens vandring på himlen og vindens fremherskende retning, har en betydelig indflydelse på behovet for at få tilført energi. Den pågældende lokation har opnået en besparelse på 26% allerede få måneder efter implementeringen af den prognosestyret opvarmning. Den prognosebaseret styring opdateres hvert 30. minut for, at man kan forudsige det fremtidige energibehov. I relation til de hurtigt reagerede fleksibilitetsydelse, der anses som mest relevante for bygninger, er det desuden væsentligt at data bliver opdateret med en tilpas høj opløsning.

En del af potentialet kan realiseres via eksempelvis en løsning, som EnergiDanmark tilbyder, hvor enkelte dele af bygningens forbrug slukkes, eller via de løsninger der forventes at blive indbygget i dedikerede automatikstyringer såsom varmepumpeløsninger. Implementerer man dedikerede automatikstyringer, risikerer man dog at få en bygning med anlæg der hver især arbejder imod hinanden – nøjagtig som det ses i mange bygninger i dag, med forkert indregulerede varme- og køleanlæg.

I PEKIVE er opvarmningssystemerne i case-bygningerne blevet testet ved at regulere ud fra flere forskellige variable med henblik på at undersøge eksisterende systemers virkemåde for netop at regulere på øjeblikkelige signaler fra eksterne datakilder, og hvilken indflydelse det har haft på energiforbruget og brugernes oplevelse af det termiske indeklima. Med baggrund i de udførte test, har projektet demonstreret, at kunstig intelligens vil være i stand til at flytte energiproduktion og samtidig ske en forbedring af indeklimaet. Dette er tilfældet i en casebygning med et stort (1340 m²) gulvvarmet område, der har fået mere stabile indendørs temperaturer og dette rummer potentialet for at anvende gulvet som termisk buffer.

PEKIVE har ikke haft til formål at teste case-bygningernes egnethed ift. konkrete systemydelse, men har haft fokus på at inddrage viden fra relevante aktører i branchen til at forberede og forstå kunstig intelligens i relation til at håndtere konkrete systemydelser for bygninger. En sammenkobling af systemydelser og AI-bygningsstyring for el-opvarmede vil være et fremtidigt fokus - her vil de enkelte case-bygninger kunne anvendes direkte i sådanne projekter. Dertil vurderes det at det potentielt kommende SRI (Smart Readiness Indicator) kan medvirke til ikke blot at sætte fokus på mulighederne og kravene, idet det for nuværende op til 33% af mærkets "karakter" er relateret til energilagring og -fleksibilitet.

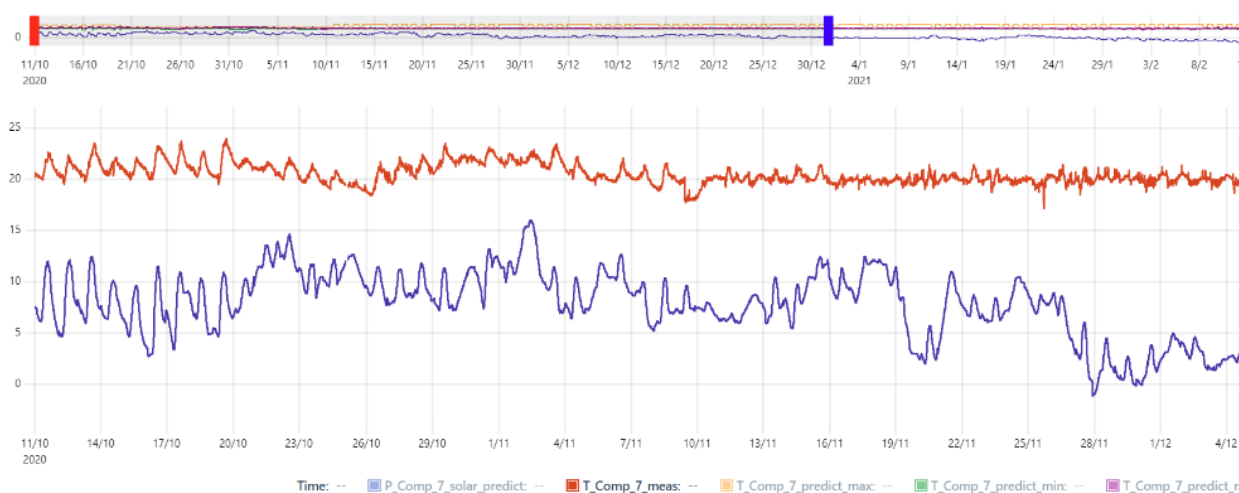
5.2.4 En forudseende, intelligent bygningsstyring kan forbedre det termiske indeklima

I den internationale ISO-standard DS/EN 7730:2006 "Ergonomi indenfor termisk miljø – Analytisk bestemmelse og fortolkning af termisk komfort ved beregninger af PMV- og PPD indekser og lokale termiske komfortkriterier" er en række kvaliteter defineret for det termiske indeklima herunder også indeklimaklasser; Indeklimaklasse A, Indeklimaklasse B og Indeklimaklasse C. Indeklimaklasserne er yderligere specificeret i DS/EN 7730, hvor følgende inddeling bl.a. fremgår:

Bygning/lokale	Kategori	Operativ temperatur [°C]	
		Sommer (kølesæson)	Vinter (fyringssæson)
Storrumskontor	A	24,5 ± 1,0	22,0 ± 1,0
	B	24,5 ± 1,5	22,0 ± 2,0
	C	24,5 ± 2,5	22,0 ± 3,0

I PEKIVE-projektet blev en bygningsstyring afprøvet, der sikrer en mere optimal styring af lufttemperaturen end tidligere⁴ da indetemperaturen kun varierer ± 1,0 °C mod tidligere ± 3,0 °C. af det termiske indeklima skyldes systemets evne til at tage højde for den ekstra tilskudsvarme, der kommer fra solens påvirkning af bygningens facade, vinduer etc. Tilsvarende tages der højde for regn og sne påvirkninger samt vind (chillfaktor). I eksemplet herunder på indetemperatur før og efter, at den kunstige intelligens er implementeret, hvor det kan ses at indetemperaturen varierer mellem 19-25 °C før og 19-21°C.

⁴ Lufttemperaturen er den målte indetemperatur, og antages tilnærmelsesvis at være lig med den operative temperatur, da case-bygninger kun har moderate opvarmnings- og kølebehov.



Data fra case med indetemperatur (rød kurve) før og efter implementering af prognosestyret opvarmning, der er sat i drift den 10/11

En bygningsstyring baseret på kunstig intelligens vil tilmed have potentialet til at forbedre andre indeklimatiske parametre som strålingsasymmetri, vertikal temperaturgradient, luftkvalitet m.m. hvis de rette data haves og sættes i en kontekst i den pågældende bygning. Dette kan være et fremtidigt fokusområde for at bringe nye digitale teknologier i spil i bygningsdriften.

5.3 Barrierer og begrænsninger for en prognosestyret opvarmning

PEKIVE har identificeret en række barrierer og begrænsninger. Som det er med ny teknologi, vil der ofte være både teknologiske barrierer samt organisatoriske barrierer, der skal identificeres og adresseres på forskellige vis. Projektet har identificeret en række barrierer indenfor såvel den tekniske del af bygningerne, samt de organisatoriske og forretningsmæssige dele der skal imødekommes for at udbrede energifleksible løsninger i større stil.

5.3.1 Bygningernes parathed

Mange bygninger har ikke hverken de nødvendige CTS-systemer eller nødvendige data-snitflader for at kunne styres smartere. En del bygningsejere tror, at deres CTS-system har de disse snitflader, men når det undersøges i dybden, er disse enten ikke-eksisterende eller decideret umulige at få etableret.

Bygningerne mangler generelt nødvendige lagringsmuligheder udover selve bygningens termiske kapacitet. Dette reducerer bygningernes energifleksibilitetspotentiale, men er ikke nødvendig for at opnå en konkret energieffektiviseringsgevinst.

Udover de manglende snitflader og lagringskapacitet, er der også en del bygninger hvor det blev konstateret, at CTS-systemet ikke dækkede de vigtigste elementer af styringen – eks. produktion og distribution af varme og køl.

Den konkrete bygnings/virksomheds el-aftale skaber også forvirring hos en del bygningsejere. Forskellen mellem el-prisen og el-distributionstariffer er ikke alment kendt, hvorved en del bygningsejere tror at de har en fast prisaf tale, og dermed ikke er bekendte med de indførte tarif-forskelle på lav, høj og spidstariffer. Det kræver naturligvis et vist energiforbrug at blive mærket økonomisk af disse tariffer, men idet de er et udtryk for netselskabernes ønske om at flytte forbruget, vil der være et bæredygtighedselement/værdi ved at flytte sit elforbrug til tidspunkter, hvor nettet ikke er hårdt belastet.

Dette kræver en stor formidlingsopgave, som med fordel kan udføres af netselskaberne. De netselskaber projektet har været i dialog med, har ikke iværksat specifikke informationskampagner eller tilsvarende.

5.3.2 Markedets parathed

For at en teknologi skal have succes i markedet, og derigennem skabe en effekt, er der en række faktorer der skal opfyldes. For nuværende er der ingen lovgivningsmæssige krav til energifleksibilitet i bygninger, hvorfor udbredelsen kun kan ske ved at skabe den nødvendige opmærksomhed hos "køberen" (de bygningsansvarlige/driftsansvarlige), hos påvirkerne (organisationer, rådgivere) samt hos leverandørerne (dem der skal stå for at implementere teknologien samt supportere den efterfølgende).

Generelt er der en skepsis omkring nye teknologier, der ikke er afprøvet i større skala og med længere driftserfaringer. Bygningsejere/driftsorganisationer er generelt meget pressede på ressourcer samt kompetencer, da de varetager mange forskelligartede opgaver. Derfor skal en ny teknologisk løsning have en meget overbevisende businesscase/usecase for at komme i betragtning. Denne prioritering sker i praksis ofte ud fra en økonomisk tilbagebetalingsprioritering.

For CTS-installatørernes vedkommende, har mange af dem travlt med renoveringsopgaver, ny-installationer etc. De skal helst kunne se en forretning på både kort og lang sigt for at tage nye løsninger ind i deres leveranceportefølje. Et projekt som PEKIVE har været medvirkende til at flere installatører har vist interesse, og investeret tid og ressourcer i at understøtte implementeringen i bygningerne.

5.3.3 Implementeringsprocessen som barriere

Ovenstående opsummerer en række af de barrierer der er omkring selve bygningerne og markedsaktørerne. En barriere der dog er væsentlig at fremhæve, er selve implementeringsprocessen for et AI-projekt på en bygning. Som med et "klassisk" CTS-/BMS-implementering, som branchen og bygningsejere har udført i mange år, med veldefinerede entreprisegrænseflader etc., kræver et AI projekt flere forskellige faglige kompetencer involveret. Modsat disse projekter, er AI projekter mindre i omfang og strækker sig typisk over 50-150 timer pr bygning hvis de rette kompetencer er tilstede i projektorganisationen. Nedenstående tabel viser den skitserede proces for implementeringen, hvor der udover selve AI delen, også implementeres IoT-sensorer samt energiovervågning til effektmåling.

Step	Delproces	Kompetencer/opgave	Kompetence	Eksempel på tidsforbrug
1	Afklaring af tekniske forhold Screening af bygningen	Produktion, varme (gas, fjernvarme) & el (solpaneler) Varme- og ventilation produktion	Anlægsforståelse/rådgiver	2 timer
2	Indtastning af bygningsoplysninger	Zone opdeling/varme sløjfer Varmetab bygningsdele, gulv, loft, vægge og vinduer Kapacitet varme, ventilation, m.m. Orientering	Bygningskendskab/EMS konsulent/rådgiver	4 timer
3	Etablering af udstyr onsite	Opkobling af bygningen på internettet	CTS tekniker	4 timer
4	IoT installation	Opsætning af IoT sensorer i lokaler uden CTS lokale styring	Tekniker/kunde	5 timer
5	Konfiguration af CTS system	Tilretning af eksisterende CTS anlæg for overstyring	CTS tekniker	10-50 timer

6	Konfiguration af AI	Opsætning af AI til den aktuelle bygning	CTS tekniker	2 timer
7	Konfiguration af IoT infrastruktur/sensorer	Konfiguration af IoT sensorer i AI platform	CTS tekniker	1 timer
8	Test af integration	Test af forbindelser med CTS leverandøren	CTS tekniker	2 timer
9	Konfiguration af dokumentations rapporter	Tilretning af screeningsværktøj	EMS konsulent	2 timer
10	Idriftsætning - 3-4 uger	Overvåge regulering og komfortniveauet	CTS tekniker	15 timer

Vi forudser et forretningspotentiale for nye virksomheder eller services fra eksisterende, hvor disse spidskompetencer samles om at gennemføre projekterne effektivt.

6 Perspektivering og den videre anvendelse af resultaterne

6.1 Perspektivering af fleksibilitetspotentialer

Selvom der ikke er ret mange forsyningsselskaber (aggregatorer), der tilbyder systemydelser for nuværende, vil de opsamlede og genererede data om bygningernes reelle påvirkning historisk og forecastmæssigt være anvendelige for forsyningssektoren.

Den i projektet anvendte løsning giver eksempelvis mulighed for at få adgang til den konkrete bygnings forventede effektbehov fordelt på de forskellige varmekilder – hvad enten de er energiforsynet udefra (el, gas, fjernvarme) eller egenforsynede (solceller, solpåvirkning af vinduer m.v.).

Flere forsyningsselskaber har udtrykt interesse for at kunne tilgå disse data, for at kunne forbedre deres energiproduktion.

6.2 Detaljerede indsigter i bygningernes reaktion

Via de data der opsamles og bearbejdes i softwaren, dannes der en række datasæt der kan anvendes til store forbedringer og indsigter.

Har man et underdimensioneret ventilations-/varmeanlæg, vil den prædiktive styring kunne skabe et mere optimalt indeklima via en tidligere opstartstid baseret på den forventede udendørs temperatur.

Der er mulighed for at opsætte maksimal effekt på eksempelvis fjernvarmetilslutningen, således at man alt efter fjernvarmeselskab, kan få en reduktion i tilslutningsafgiften.

Der ses en forbedret afkøling, som skyldes en bedre og opdateret styring, samt større kontrol med indreguleringen i takt med bygningens påvirkning af vejr og vind.

6.3 SRI og energifleksibilitet

SRI (Smart Readiness Indikator) er netop blevet introduceret i Danmark og forventes at blive implementeret som mærkningsordning indenfor en årrække. Havde SRI været alment kendt og anvendt ved projektets opstart, ville det have været mere effektivt at udvælge relevante bygninger. For nuværende er 33% af SRI-”karakteren” relateret til bygningens evne og muligheder for at lagre og anvende energi fleksibelt, og når dette muligvis implementeres i fremtiden, skabes en opmærksomhed omkring nødvendigheden af dette. Denne erfaring er medtaget ifm. Energistyrelsens overvejelser omkring indføring af SRI i Danmark.

6.4 Gode råd for implementeringen af prognosebaseret varmestyring

6.4.1 Krav til implementeret teknologi

For at kunne implementere og udnytte enhver form for overordnet styring fra andre ”systemer” – det være sig prissignaler fra energinettet, prædiktive løsninger, SCADA-systemer etc., er det nødvendigt med en moderne og sammenhængende bygningsautomatik. Har man ikke udbyggede CTS-installationer, kan man typisk opnå 5-10% effekt ved at anvende styring på hoved-blandesløjfen og styre dennes fremløbstemperatur i forhold til vejrudsigten. Den optimale effekt opnås først når alle de primære anlæg integreres og zoneopdeles samt udbygges med lagringskapacitet:

- Varmesystem, varmt brugsvand og køl
- Ventilation
- Solafskærmning

- El-installation (lys, procesudstyr, batterier, ladestandere)

6.4.2 Krav til organisation og interne ressourcer

En løsning med kunstig intelligens har potentialet til at frigive ressourcer ved driftspersonalet ved at algoritmer udfører store dele af det menneskelige analysearbejde ved samtidig at tage hensyn til væsentligt flere parametre (fx pris- og CO2-signaler, vejrudsigt og bygningens varmekapacitet). Der kan derfor også være et behov for at driftspersonalet har kendskab til og tryghed i nye digitale teknologier som fx kunstig intelligens, og hvordan bygningens brug indgår i det samlede energisystem.

I implementeringsfasen er det vigtigt, at driftsorganisationen kan stille med nødvendige tekniske ressourcer for at få adgang til bygningen og bygningens automatik-system. I PEKIVE projektet er de driftsansvarlige blevet interviewet for at undersøge, hvilken indvirkning en implementering af en dynamisk varmestyring har haft på den daglige drift. I case-projekterne har driftspersonalet ikke oplevet, at implementeringsfasen har givet anledning til udfordringer i den daglige drift. Dog har implementeringen flere steder taget længere tid end forudsat, hvilket primært skyldes, at der er blevet fundet fejl i det eksisterende CTS-anlæg, der har skullet rettes op.

6.4.3 Måling af effekt

Ved implementering af prædiktiv styring, vil man ofte som "bi-produkt" ofte se en reduceret drift af ventilationsanlæggene. Dette skyldes, at der i forbindelse med implementeringen defineres komfort-perioder, der er tilpasset brugen af bygningen – ofte et område som forglemmes i den daglige drift af CTS-anlæg.

Modsat, kan der ske et forøget elforbrug på tidspunkter af døgnet, hvor strømmen er grøn, hvorved systemet vil opvarme bygningen til et niveau, der gør at komfort-grænserne er overholdt, når medarbejdere møder ind om morgenen. Dette er med til at forskyde elforbruget, og dermed undgå spidslast-perioder, men totalt set, forventes der et svagt stigende totalt elforbrug.

Som et resultat af de mere komplicerede måder at måle "effekten" har projektet udviklet et datadrevet værktøj, der kan skabe et billede af hvilke faktorer der kan have påvirket effekten såvel positivt som negativt. Dette er skabt som resultat af den begrænsede værdi en klassisk graddagekorrigeret normalisering har givet i projektet her.

6.4.4 Overvejelser om normalisering af et varmeforbrug

For at kunne sammenligne varmeforbrug for forskellige år anvendes der traditionelt en simpel graddøgnskorrektur til at normalisere det graddøgns-afhængige forbrug (GAF):

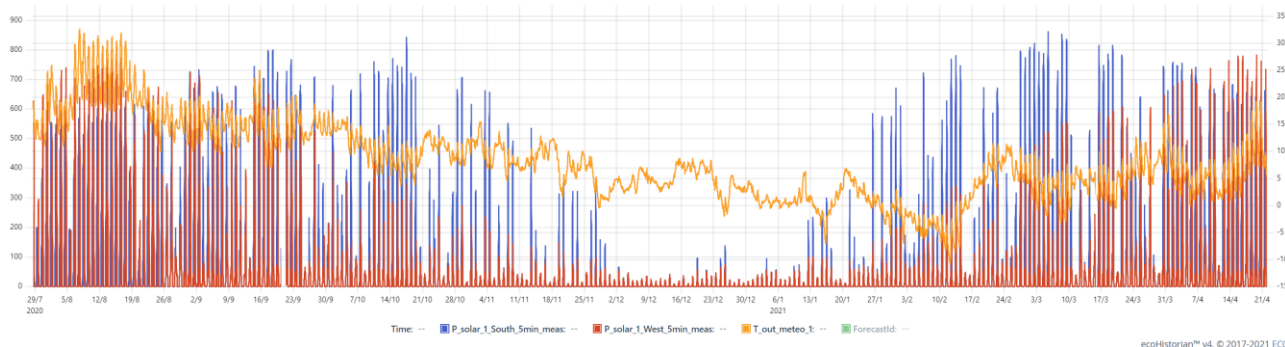
$$GAF_{\text{normal}} = [GD_{\text{normal_år}} / GD_{\text{aktuelt_år}}] \cdot GAF_{\text{aktuelt_forbrug}}$$

Graddagene (GD) er defineret som følger:

$$GD = [T_{\text{inde_gennemsnit}} - T_{\text{ude_gennemsnit}}] \cdot \text{Antal dage}$$

Det vil sige, at den meste gængse måde at betragte graddagsbegrebet på udelukkende tager hensyn til ude- og indetemperaturer, og fx ikke solindstråling og vindforhold. Den forsimplede metode er god at anvende til at normalisere et årsforbrug, men når man har data på timeniveau og et system med dynamiske egenskaber, har vi erfaret, at der er behov for en mere detaljeret beregning af et normaliseret varmeforbrug, der også tager hensyn til effekten fra andre vejrforhold end blot udetemperaturen.

Her ses et eksempel på solindstråling og udendørs temperatur fra en case i dele af perioden:



Samlet visning af udendørs temperatur (gul kurve) og syd (blå kurve) + vestlig (rød kurve) solpåvirkning

Solindstrålingen (rød: vestlig, blå: sydlig) har stor betydning for bygningens varmebehov, og med nye offentlig tilgængelige data fra fx DMI, er det muligt at indregne disse faktorer i en bedre normaliseringsalgoritme, der vil give et markant mere retvisende korrigeret varmeforbrug på tværs af geografisk placering.

Der er med andre ord derfor behov for at udvikle en standardiseret metode til at håndtere normalisering af varmedata baseret på en machine learning model, der bør udvikles til fælles brug som supplement for graddøgnsberegningen.

6.4.5 Hvornår skal man gå i gang med prognosestyret bygningsopvarmning?

Energifleksibilitet forventes først for alvor at blive relevante for bygninger indenfor de næstpar år, men ved at planlægge det i forbindelse med renoveringer, CTS-opgraderinger etc. er det forventeligt at der sker både en effekt på indeklimaet, energiforbruget og dermed er bygningen bedre forberedt til fremtidens fleksible energisystem.

For nye bygninger bør det være et element, som den rådgivende ingeniør eller bygherre tænker ind fra start, idet omkostningerne ved at få opsat de nødvendige anlæg (lagringskapacitet, sammenhængende bygningsautomatik, (over)dimensionering af anlæg) vil være minimale i forhold til en senere udvidelse.

Det vurderes, at der forefindes de nødvendige løsninger på markedet for nuværende, således at der ikke er tale om "pilotprojekter" når disse nye bygninger skal stå klar til anvendelse. Udviklingen indenfor energilagring er høj, men der findes en række løsninger på markedet allerede nu, der kan anvendes uden at skulle påtage sig større risici rent teknologisk.

7 Nye muligheder for faglig formidling via digitale teknologier og platforme

Med COVID som ekstern årsag til en tvungen omlægning til digitale formidlingsmetoder, formåede projektet igennem hele dets periode at fastholde formidlingsniveauet. Nedenfor konkretiseres de fordele og ulemper, der er ved at afvikle formidlingsworkshops via digitale teknologier og platforme. Derudover stilles der skarpt på, hvad vi har lært gennem processen og hvilke gode råd, der kan gives videre.

Der er en række fordele forbundet med at afvikle konferencer/workshops digitalt. En fordel er, at det er muligt at samle flere deltagere fra hele landet - også med kort varsel. En workshop af en varighed på 1,5-2 timer kan nemmere passes ind i en travl hverdag set i forhold til en fysisk workshop, og da tid som bekendt er en væsentlig faktor i det moderne arbejdsliv minimeres mængden af spildtid - både for deltagerne og indlægsholdere.

En online afvikling gør det ligeledes nemmere at tiltrække kompetente indlægsholdere, der på kort tid kan bidrage med høj faglig viden. Det ville eksempelvis ikke have været muligt at have de forskellige indlægsholdere til 10-15 minutters indlæg til afslutningskonferencen, da de i så fald skulle afse 3-5 timer samlet set i transport og tid til selve konferencen.

En yderligere fordel ved at afvikle online formidlingsworkshops er, at koordineringen og planlægningen af de praktiske ting, der ligger ud over selve formidlingen forsvinder (leje af lokale, frokost m.v.). Den digitale løsning er dermed både lettere samt et billigere alternativ til de fysiske workshops. Derudover er det også en fordel i og med, at seancen kan optages og dermed genses på et senere tidspunkt samt bibringe faglig viden til de interesserede, der ikke havde mulighed for at deltage herpå. På denne vis lever den faglige viden videre efter workshopens afslutning. De optagede dele af afslutningskonferencen, har således været vist over 140 gange.

Selvom fordelene er mange, er der naturligvis også nogle elementer, der fungerer bedre, når der afholdes fysiske konferencer og workshops. Heraf kan der bl.a. nævnes sparring, netværk og dialog mellem deltagere. For at overkomme dette sørgede vi for, på de forskellige workshops, at indlægge pauser samt blev "hængende" efter workshopens afslutning for herved at svare på yderligere spørgsmål. Den interaktive del er dermed sværere ved online platforme og stiller i den grad krav til moderatoren/ordstyreren. Gennem de seks afholdte formidlingsworkshops blev der lavet refleksionsøvelser, hvor deltagerne fik til opgave at identificere muligheder og barrierer ved bl.a. kunstig intelligens for herved at fremme interaktionen og dialogen. Derudover blev der anvendt online poll-analyse på første formidlingsworkshop, som ligeledes gav udgangspunkt for dialog og efterfølgende prioritering af indhold.

7.1.1 Hvor længe varer den optimale formidlingsworkshop baseret på vores erfaringer?

Den første formidlingsworkshop havde en varighed på 4 timer og på baggrund af det efterfølgende deltagerfeedback, blev varigheden for de efterfølgende workshops justeret ned til 1,5-2 timer.

Den afsluttende konference blev delt op i tre målrettede spor, hvor det var muligt for de enkelte deltagere at tilvælge hvilke dele af konferencen de ønskede at deltage i. På denne måde deltog over 130 deltagere på dagen, og dette ville ikke have været muligt at gennemføre med tilsvarende grad af "segmentering" til en fysisk traditionel konference. Indlægsholderne på dagen var typisk med i 15-30 minutter, og dermed kunne relevante indlægsholdere deltage med budskaber rettet mod den målgruppe og det tema der var omdrejningspunkt for den pågældende workshop.

7.1.2 Digitale teknologier

En online afvikling af workshops stiller krav til de digitale teknologier. Gennem projektets forløb er der anvendt Zoom som online platform, hvilket har fungeret rigtig godt. Zoom blev valgt som platform, idet denne egner sig særligt godt til kommunikationsformen: one to many. De erfaringer vi har gjort os er, at der har været en stor tilfredshed med anvendelsen af Zoom, hvilket bl.a. er blevet tilkendegivet ud fra evalueringerne. Zoom giver mulighed for, at deltagerne kan interagere på forskellig vis bl.a. via en chat, Q&A og funktionen "raise hand", som er en feature, der blev hyppigt anvendt på de afholdte workshops. Et godt råd er derfor at have en moderator, der løbende holder øje med spørgsmål og "raise hand". Der er i skrivende stund en lang række nye platforme der kan anvendes, og hver platform har typiske visse styrker. Det kan være i form af håndtering af tilmeldinger, opdeling i grupper undervejs, understøttelse af professionelt udstyr, mikrofoner etc., ligesom der er virksomheder der tilbyder at stå for facilitering af den digitale del. Med udgangspunkt i bl.a. erfaringer fra nærværende projekt, har Energiforum Danmark gennemført en uges live formidling af relevante faglige emner omkring energieffektivisering og den grønne omstilling. Som en udløber at dette, tilbyder Energiforum eksempelvis sine medlemmer at leje nødvendigt udstyr samt de tekniske kompetencer der skal til for at gennemføre professionelle formidlingswebinarer.

8 Oversigt over formidlingsaktiviteter

Projektets havde som primært formål at identificere og formidle muligheder, begrænsninger m.v. baseret på konkrete demonstrationsbygninger.

Med udgangspunkt i dette, anvendes de formidlingsnetværk vi er en del af, hvorved vi nemmere rammer den konkrete målgruppe, samt skaber værdi for de enkelte formidlingsnetværk og deres medlemmer. Disse formidlingsnetværk er bl.a.:

- Energiforum Danmark
- Dansk Facility Management Netværk (DFM)
- Gate21
- Energy Cluster (tidl. CLEAN, House of Energy m.v.)
- We Build Denmark
- TEKNIQ Arbejdsgiverne
- Proptech Danmark

Der har via disse netværk været anvendt en kombination af nyhedsbreve, artikler, Facebook og LinkedIn opslag samt hjemmesider.

Den samlede (målte) målgruppe på de indledende invitationer til opstartworkshops, var på over 4.700 modtagere fordelt på de enkelte kanaler.

Udover eksterne formidlingsplatforme, har vi anvendt eksisterende kanaler og opbygget nye:

- Nyhedsbreve
- LinkedIn på tværs af vores 3 forretningsområder (ca. 1000 følgere p.t.)
- Hjemmeside
- Nyoprettet LinkedIn gruppe PEKIVE (74 medlemmer)

Al præsentationsmateriale samt cases forefindes i projektets LinkedIn gruppe:

<https://www.linkedin.com/groups/8914277/> samt på projekthjemmesiden:

<https://energifleksiblebygninger.dk/>



8.1 Formidlingsworkshops

Før COVID-nedlukning, var der planlagt en række klassiske workshops, med gruppearbejde, facilitering m.v., men på grund af COVID kunne disse ikke gennemføres som planlagt.

Vi vurderede at vi ikke ønskede at udskyde projektet, men derimod tackle de nye muligheder og begrænsninger COVID-restriktionerne ville give projektet.

Vi omlagde derfor de fysiske workshops til digitale workshops hvilket gav værdifuld viden omkring potentialet for formidling af faglig viden via digitale medier. Se dedikeret afsnit omkring dette tema.

Deltagerne i de forskellige workshops kan opdeles i 4 primære typer:

- Bygningsejere med større porteføljer – typisk +200 bygninger
- Driftsorganisationer med ansvar for større porteføljer – eksempelvis facility management udbydere
- Systemintegratorer – dvs. de virksomheder der skal implementere teknologierne i bygningerne
- Påvirkere
 - Brancheorganisationer og interesseorganisationer
 - Rådgivere indenfor byggeri, anlæg og energi

Der var inviteret en række leverandører af AI teknologier samt services indenfor energifleksibilitet og energieffektivisering af større bygningsmasser.

8.2 Anden formidling

I takt med at projektet er blevet udbredt, er vi blevet inviteret til at afholde indlæg og formidle omkring resultaterne og mulighederne i en række andre sammenhænge. Dette er bl.a. sket via formidling på Green Building Summit (Ghana) hvor vi var inviteret af Udenrigsministeriet, samt artikel og case på innovationssiden <https://www.privalabforinnovation.com/en/case-studies> :

AI comes of age for commercial buildings in ambitious HVAC trial

Vitani Energy Systems is using Priva Lin's ecoBuilding software as part of the PEKIVE project – which is part-funded by Denmark's ELFORSK organization – to demonstrate the benefits of AI-driven climate control.

The PEKIVE project aims to build showcases for the use of AI-based HVAC management and accelerate rollouts in Denmark

Projects are now taking place at five large existing public and non-residential/commercial buildings in Denmark, with full results expected to be released later in 2021

Project leader Vitani is using premises with both fossil-based and sustainable heating

Priva Lab for Innovation's AI-powered ecoBuilding software is managing the climate and collecting data

I forbindelse med de årlige konferencer og kick-off fra følgende interesseorganisationer/klynger, har der været afholdt indlæg med fokus på erfaringer og muligheder med energifleksible bygninger i samspil med forsyningssektoren og smart city:

- Energy Cluster Denmark
- We Build Denmark
- IDA Connect
- Building Green Learning Session

Som bilag er vedlagt oversigt over de gennemførte aktiviteter med anførsel af hvilke der er medfinansieret af projektet, og hvilke der er egenfinansieret.