



TEKNOLOGISK
INSTITUT

IoT-iTS: IoT baseret intelligent tilstands- kontrol og styring af HVAC

Title in English:

IoT-iBMS: IoT based intelligent management of HVAC

Elforsk projekt 351-033, marts 2022

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	2
1.1	Summery in English.....	2
2	Baggrund.....	4
3	Formål.....	6
4	Metode	7
4.1	Metode	7
4.2	Arbejdsplaner	7
4.3	Resumé	10
5	Koncept og kravspecifikationer	11
5.1	Workshop.....	11
5.2	Det valgte koncept og kravspecifikationer	12
5.3	Resumé	14
6	HVAC opgradering og IoT styring - prototype	15
6.1	Virksomhedens styring inden projektet startede.....	15
6.2	Nye komponenter til nyt ventilationssystem.....	17
6.3	Internet opkobling.....	19
6.4	Resumé	20
7	Demonstration i mødelokaler ifm. kontorbygning	21
7.1	Case – Mødelokaler	21
7.2	Installation af nyt ventilationskoncept.....	23
7.2.1	Pascal system	23
7.2.2	Installation af nyt wireless system i kontorbygning	24
7.3	Hjemmeside med angivelse af målte værdier.....	25
7.4	Energibesparelse.....	30
7.5	Resumé	31
8	Retningslinjer for etablering af IoT-iTS	32
8.1	Resumé	33
9	Konklusion	34
10	Formidling	37
	Artikler, indlæg og foredrag	37

1 Sammenfatning

Projektet har fokuseret på udvikling af ny teknologi, hvor man i stedet for brug af traditionelt CTS-anlæg har udviklet en fleksibel IoT-baseret løsning til intelligent tilstandsstyring af ventilationsanlæg.

Det udviklede koncept er testet i forbindelse med mødelokaler.

Der er udviklet et system, hvor følerne trådløst kan regulere og overvåge klimaet i lokalerne, og data for ventilations- og energiforhold sendes op i skyen, således at brugere og driftsansvarlige fra en PC eller telefon online, kan følge med i driftssituationen for ventilation og indeklima. Herudover indhentes automatisk vejrudsigt data og klokkeslæt for næste anvendelse af møderum inklusiv hvor mange personer, der forventes til det førstkommende møde. En konkret viden om hvornår de enkelte lokaler skal anvendes, og hvor mange personer der deltager, samt viden om vejrudsigt, giver viden om hvornår der er behov for opvarmning og ventilation af lokalerne, samt hvor længe før mødestart aircondition skal drift startes.

I kontorbygningen hvor casen gennemføres er der forhøjede energiprisen i perioden kl. 17.00 til 20.00, og i denne periode kan ventilations- og varmeanlæg helt standses, medmindre der er booket møde(r). Vedligehold af natsænkningstemperatur kan fremadrettet gøres afhængig af prissignaler fra energileverandøren (energi-fleksibilitet).

Hypotesen om, at der kan spares energi ved øget brug af data er eksemplificeret. Der vil ved øget fokusering på brug af mødelokaler og intelligent tildeling af disse kunne spares yderligere. Besparelsen er 40% til elektricitet.

Projektet er medfinansieret af ELFORSK programmet med projekt nr. 351-033, og er udført af følgende projektdeltagere:

Klemen Rupnik	Lindab A/S
Anders Vorre	Lindab A/S
Peter Svendsen	Lindab A/S
Göran Hultmark	Lindab A/S
Martin Hansen	DEAS A/S
Claus Klint	IBM Danmark Aps
Danny Olsen	Teknologisk Institut
Merete Lyngbye (Projektleder)	Teknologisk Institut

1.1 Summery in English

The project has developed a new technological for Building Management Systems. Instead of traditional CTS systems or traditional Building Management Systems, a flexible IoT solution is developed to control components in a full climate solution.

The developed concepts, read as a new climate control solution, are tested in full scale in 4 meeting rooms.

The project has developed "IoT-iBMS" – an IoT based solution for intelligent control and monitoring of climate in rooms. Data for ventilation and energy are send to the cloud, and users and maintenance responsible can from a pc or phone on-line follow the ventilation and climate. Besides that, the weather forecast is automatic locked and schedule for next meeting including number of meeting participants are incorporated in the control.

Knowledge about time for start of meeting and number of expected meeting participants together with knowledge about weather forecast, gives intelligent control of heating and ventilations of the meeting rooms, including time for start of air condition.

In the municipality, where the case building is located, the energy prices are increased in the period from 5pm to 8pm, and in this period the ventilation and heating system can be stopped completely, unless the room(s) are booked. Maintenance of night setback temperature can in the future be dependent of on-line price signals from the energy supplier (energy flexibility). The hypothesis that energy can be saved by increasing the use of data is exemplified. With increased focus of the use of the individually meeting rooms and intelligent booking of these, further savings can be made. The saving is 40% for electricity.

The project is co-founded by the Elforsk program with project number 351-033, and conducted by the participants listed below:

Klemen Rupnik	Lindab A/S
Anders Vorre	Lindab A/S
Peter Svendsen	Lindab A/S
Göran Hultmark	Lindab A/S
Martin Hansen	DEAS A/S
Claus Klint	IBM Danmark Aps
Danny Olsen	Teknologisk Institut
Merete Lyngbye (Project responsible)	Teknologisk Institut

2 Baggrund

I takt med den digitale udvikling øges kravene til HVAC-installationernes ydelser, styringsmuligheder, funktioner og drift. Nye styringskoncepter baseret på big data mulighederne vinder indpas: Prædiktiv styring (efter vejrudsigten og forventet brug), prædiktivt vedligehold og diagnosticering (realtime funktionsovervågning), fjernkontrol og -diagnosticering, behovsstyring af indeklimateilpasset brugere og bygningsfunktion.

Yderligere udvides fokus fra grøn energi og indeklimateil at omfatte stort set alle bygningsfunktioner under begrebet "Smart Building", derfor bliver IoT mere og mere nødvendigt i fremtiden, så informationer kan deles på tværs af brugere og firmaer.

Traditionelle anlæg til Central Tilstandskontrol og Styring (CTS-anlæg) udfordres af udviklingen, hvor fleksible intelligente IoT-baserede styringer forventes at overtage en voksende del af markedet for de traditionelle CTS-anlæg.

Projektet udvikler "IoT-iTS" – en IoT baseret løsning til intelligent styring og overvågning af HVAC-installationer til eksisterende og nye kontorbyggerier. IoT-iTS forventes gennem den intelligente styring, at sikre væsentlige energibesparelser og optimal udnyttelse af muligheder for energifleksibilitet.

Den IoT baserede løsning til intelligent driftsovervågning og styring baseres på en opgradering af virksomhedens HVAC-produkter, kan yderligere anvendes ved opgradering af eksisterende HVAC-løsninger, samt i forbindelse med nybyggeri. Løsningerne demonstreres i et typisk kontorbyggeri, som udgangspunkt for formidlingen af resultater til rådgivere, installatører, ejendomsadministratorer og driftsansvarlige.

Foreliggende projekt kredser omkring "IoT-iTS" – en IoT-baseret løsning til intelligent styring og overvågning af HVAC-installationer til eksisterende og nye kontorbyggerier. Som illustreret på figur 2.1, vil IoT-data fra HVAC-systemet i kontormiljøer være interessant i et langt bredere perspektiv, da de vil kunne indgå i "SMART CITY" strategier. På den korte bane kan det være interessant for eksempelvis kantineoperatøren at vide, hvor mange møder der er booket de kommende måneder. Det kan være interessant for kommunale værker at kunne forudsige behov for energi og melde data tilbage til brugeren om tidspunkt for intelligent drift, hvor energipriser og bæredygtighed inddrages. Deling af data med forsikringselskaber, tyverisikringsfirmaer, brandmyndigheder mv. er blot eksempler. Data i SMART CITY kontekst vil vokse fremadrettet. Forskere og innovators vil fremadrettet komme med endnu flere eksempler på at data er "guld" og en værdi for den grønne omstilling.



*Figur 2.1 IoT-iTS-baseret løsning til intelligent styring og overvågning af HVAC-installationer
Kilde: Big Innovation Center, London*

3 Formål

Projektets formål er at udvikle et intelligent, omkostningseffektivt IoT-baseret alternativ til traditionelle CTS-anlæg. IoT-iTS forventes gennem den intelligente styring, at sikre væsentlige energibesparelser og optimal udnyttelse af muligheder for energifleksibilitet.

IoT-systemet til driftsovervågning og styring baseres på opgradering af virksomhedens nye produkter, og kan yderligere anvendes ved opgradering af eksisterende HVAC-løsninger.

Resultaterne omfatter:

- Koncept for IoT-baseret intelligent tilstandskontrol og styring (IoT-iTS) - WP1
- Nye HVAC-produkter med digitalt interfaces – WP2
- Opgraderings-kit til eksisterende komponenter – WP2
- Optimeret indeklima styring ud fra udeklima, bygnings- og rumbrug, brugen af rummet, vejrsudsigten mv. – WP2+WP3
- Optimeret tilstandskontrol, herunder driftsoptimering og tilstandsbaseret vedligehold – WP2+WP3
- Retningslinjer for etablering af IoT-baseret intelligent tilstandskontrol og styring – WP4
- Dokumenterede IoT-baserede løsninger til intelligent prædiktiv tilstandskontrol og styring – WP2+WP4
- Formidling af veldokumenteret Case for IoT-iTS i kontorbyggeri – WP5

Hertil væsentlig videnopbygning til deltagernes videreudvikling af ydelser.

4 Metode

Kapitlet indeholder en gennemgang af anvendte metoder samt en beskrivelse af de gennemførte Arbejdspakker.

4.1 Metode

Projektteamet er sammensat så det repræsenterer opdaterede spidskompetencer indenfor forskning, udvikling og dokumentation på områderne HVAC, komponentstyring og indeklima (Lindab, Teknologisk Institut) og IoT. Hertil viden om nationale og internationale markeder, økonomi, relevante krav og standarder og den relaterede udvikling inden for EU.

Samarbejdet omfatter analyser, komponent- og systemudvikling (hardware og software), test og dokumentation af komponenter og samlede HVAC-løsninger med intelligent styring.

Green Lab for Intelligent Energy Efficient Buildings (iGLEEB) på teknologisk institut indgår i forskningssamarbejdet, herunder Teknologisk Instituts SmartDataLab. Ligeledes indgår Lindab's udviklingsfaciliteter.

4.2 Arbejdspakker

Projektet omfatter 6 arbejdspakker inkl. Formidlingsaktiviteterne. I det efterfølgende angives de 6 arbejdspakker som WP0 til WP5, og milepæle angives med MP.

WP0. Projektledelse

Projektledelsen er ansvarlig for projektets planlægning og fremdrift samt resultater i overensstemmelse med projektansøgningen, projektets ressourcer, kvalitetskrav til løsningerne, og samarbejdet mellem projektets deltagere iht. "Regelsæt for støtte fra Elforsk."

Som led i projektet etableres en projektgruppe (projektdeltagerne), som er ansvarlig for kick off møde, status møder og arbejds-sessioner i henhold til milepæle. Teknologisk Institut har været projektleder for hele projektet.

MP0. Delleverance: Projekt gennemført, resultater fra arbejdspakker foreligger

Deltagere: Lindab A/S DEAS A/S IBM Aps og Teknologisk Institut

WP1: Koncept og kravspecifikation

Intern projektworkshop til fastlæggelse af arbejdsgrundlag og skitsering af supplerende analyser til brug i udvikling af koncepter for IoT styrede HVAC-systemer til typisk kontorbyggeri i Danmark og dele af EU.

Ud fra arbejdsgrundlaget - udvikles koncept med tilhørende metode for etablering af IoT-baseret tilstandskontrol og styring.

Der udarbejdes tilhørende kravspecifikationer med udgangspunkt i virksomhedens produkt- og leveringsprogram, IoT-teknologier herunder sensorer og IoT-plattformen med tilhørende software.

MP1. Delleverance: Koncept med kravspecifikationer og metode for etablering af IoT baseret intelligent tilstandskontrol og styring (IoT-iTS) udviklet.

Deltagere: Lindab A/S, Teknologisk Institut, IBM Aps, DEAS A/S

WP2: HVAC opgradering og IoT styring - prototype

Der udvikles en række "opgraderings-kit's" med software og hardware, indeholdende sensorer og digitale interfaces til HVAC-komponenter – både til indbygning i produktionsleddet og til opgradering af eksisterende udstyr. Udvikling og test sker dels i virksomhedens laboratorier, og dels i TI's laboratorier under Green Labs.

HVAC-løsningerne opgraderes til IoT tilstandskontrol og styring. Derpå udvikles og testes en kommunikationsløsning.

Intelligente HVAC-styringer tilpasses/videreudvikles og testes, herunder indgår vejruddigt, bygnings- og rumbrug, dynamiske tariffer. Fokus er på effektiv energianvendelse og energifleksibilitet.

Endelig testes og dokumenteres i IoT-løsningen.

Selve den trådløse del inkl. hardwarekomponenter til ventilationsstyringen, er udviklet hos virksomheden og IoT-delen med upload af data til net og mulighed for ændring af setpunkter er udviklet og afprøvet på Teknologisk Institut.

Der var flere udfordringer med at få adgang til mødebookingsdata (Pronestor). Pronestor havde ikke tidligere arbejdet med IoT i relation til dataudveksling med tredje part. Forskellige metoder til online træk af vejrdata blev undersøgt. Det var i der flere udfordringer ved. Valget faldt på Openweathermap.org.

MP2. Delleverance: Opgraderingskit udviklet, HVAC-komponenter opgraderet, og IoT-iTS udviklet og testet.

Deltager: Lindab A/S, Teknologisk Institut, IBM Aps

WP3: Demonstration af IoT-iTS i kontorbygning

Med udgangspunkt i WP1 udvælges en typisk kontorbygning. HVAC-komponenter opgraderes og IoT-iTS etableres til samlet styring af ventilation, varme og køling.

Demonstrationsperioden forventes at løbe over 8-10 måneder, med justeringer og automatiske opdateringer af den intelligente styring. Fokus er på HVAC-funktion og ydelser, samt løbende registrering af brugeroplevelset indeklimaet. Planen er, at IoT-styringen fortsætter efter projektets afslutning.

HVAC-funktion, drift, vedligehold, indeklima målt og oplevet, energieffektivisering og -fleksibilitet evalueres. Styring og IoT-funktionalitet evalueres.

Før og efter situationen, med metode, proces og evaluering sammenfattes i en case.

Der var udfordringer med opvarmnings- og ventilationssystem i den valgte case. Normalt er der i mødelokaler et radiatorvarmesystem, som regulerer grundvarmen i mødelokalerne, og så er der et ventilationssystem som indsender tempereret friskluft. I dette tilfælde var der ikke et radiatorbaseret varmesystem. Al opvarmningen skete via ventilationsanlægget, dvs. at ventilationsanlægget aldrig standes helt, idet den skal sikre minimumsnatsænkningstemperaturen. Ligeledes var der en varmeplade- og køleplade foran alle 4 møderum, dvs. at der ikke kunne indsendes underafkølet luft i nogle lokaler og opvarmet luft i andre lokaler. Enten er indblæsningsluften forvarmet eller afkølet og finjusteringen af rumtemperaturen sker ved volumenkontrol af luftmængden. Selvom det ikke er optimalt, er det sådan det er etableret i langt de fleste kontorlokaler. Så derfor er casen relevant.

MP3. Delleverance: IoT-iTS demonstreret og evalueret, case udarbejdet.

Deltagere: Lindab A/S, Teknologisk Institut, IBM Aps, DEAS A/S

WP4: Retningslinjer for etablering af IoT-iTS

Med udgangspunkt i resultaterne udarbejdes "Retningslinjer for etablering af IoT-iTS": Valg af løsning, indbygning af digitale interfaces, intelligent datadrevet styring, og drift og vedligehold, indeklimateknologi, muligheder for effektiv energianvendelse og energifleksibilitet.

Retningslinjerne er vendt mod bygherrer, rådgivere, installatører og driftsansvarlige, og kan ligge til grund for tilpassede versioner til den enkelte målgruppe.

Resultaterne – kit til opgradering af komponenter og eksisterende HVAC-udstyr, samt den IoT-baserede styring tilpasses virksomhedens kommercielle ydelser, og produkt- og ydelsesprogram målrettet kontorbyggerier.

MP4: Delleverance: Retningslinjer for etablering af IoT-iTS udarbejdet.

Deltagere: Lindab A/S, Teknologisk Institut, IBM og DEAS

WP5: Formidling

Formidlingen sker via virksomhedernes kommercielle aktiviteter.

Viden og erfaringer forventes at indgå i Instituttets undervisning og kompetence opbygning af SMV'er efter projektafslutning.

Teknologisk Institut formidler resultaterne videre via indlæg på Indeklima-temadage og via indlæg på eksterne arrangementer.

Resultaterne forventes publiceret i to fagblade.

MP5. Delleverance: To indlæg i i magasiner, Indlæg på Indeklima temadag og ifm. eksterne arrangementer.

Deltagere: Lindab A/S, Teknologisk Institut, IBM Aps, DEAS A/S

4.3 Resumé

Projektet består af 6 arbejdsopgaver, hvoraf projektledelse og formidling er to af arbejdsopgaverne.

Efter koncept og kravspecifikationer er udviklet på en workshop, etableres designet af IoT-baseret intelligent tilstandskontrol og styring (IoT-iTS).

Herefter følger en arbejdsopgave med udvikling af en prototype til IoT-baseret tilstandskontrol og styring (IoT-iTS), herunder udvikling af en række "opgraderings-kits" med software og hardware indeholdende sensorer og digitale interfaces til HVAC-komponenter.

Det udviklede produkt testes i en typisk kontorbygning. Endelig følger en arbejdsopgave med retningslinjer for etablering af IoT-iTS.

5 Koncept og kravspecifikationer

Da projektet startede i 2019, havde virksomheden ikke en løsning, hvor data fra klimastyring kunne læses og setpunkter kunne modificeres over internettet. Dvs. dette projekt har bidraget til virksomhedens nye IoT-løsning. Ligeledes var sensorer kablet til styringen i 2019 og i dag er de trådløst forbundet til styringen.

Dette kapitel har til formål at angive tankerne bag konceptet for udvikling af virksomhedens IoT-løsning.

5.1 Workshop

Tidligt i projektet blev der brainstormet omkring den optimale løsning for konceptet med IoT baseret intelligent tilstandskontrol og styring (IoT-iTS), og der blev afholdt en workshop, hvor alle projektdeltagere og enkelte chefer var med for at diskutere emnet set ud fra forskellige synsvinkler – brugere, bygningsadministratorer, ventilationsproducenter, net leverandører og udviklere.

Demonstrationsværtens repræsenterede brugere og bygningsadministratorer. Virksomheden repræsenterede ventilationsproducenten, IBM Aps repræsenterede net leverandøren og Teknologisk Institut havde den overordnede ledelse af workshop samt besad ideer til løsning.

Under workshoppen bidrog særligt DEAS A/S med en række punkter som øvrige partnere ikke havde tænkt på:

- Meget vigtigt at en ventilationsløsning gør det enkelt at opdele mødelokaler med vægge eller at have mulighed for at sammenlægge mødelokaler til et kæmpe møderum á la en konference-sal eller rum for en stor reception.
- Vigtigt at brugerne føler sig hørt og har mulighed for at vurdere/aflæse klimaparametre. Brugere skal til gengæld ikke have mulighed for at ændre set-punkter.
- Vigtigt at have mulighed for at aflæse historiske data ifm. en klage over det termiske og atmosfæriske indeklima. Data skal gemmes så længe at de kan anvendes som fejlsøgning i eventuelle klagesager.
- Nyt opsat udstyr skal have simultan forbindelse til data i skyen og til det eksisterende BMS-system
- Der skal være balancegang mellem energibesparelse og pris på ny teknologi.
- Brugere af mødelokalerne skal være tilfredse, og det skal være muligt at se, hvor mange der har været i rummet.
- Brugere af mødelokalerne skal foretrække udbyders bygninger, sammenlignet med andre mødelokaler
- Brand og vand skal logges mhp. alarmer

I forbindelse med workshoppen præsenterede demonstrationsværtens forskellige forslag til mødelokaler, der kunne bruges som case. Det blev valgt at anvende mødelokalerne i demonstrationsværtens hovedsæde, hvilket uddybes i kapitel 7 "Demonstration af mødelokaler ifm. kontorer".

Ofte er det den enkelte sensor (temperaturføler mv.), som sender data direkte til skyen via internettet. Virksomheden ønskede ikke at de enkelte sensorer skulle sende data direkte til nettet. I stedet foretrak de en løsning som beskrevet i følgende afsnit 5.2, hvor det er selve styringen der interagerer med internettet, og hvorigennem set-punkter på styringen kan ændres.

For at vurdere nedkøling af bygningen, og tidspunkt for start af opvarmning, er det vigtigt, at have kendskab til, hvornår det næste møde skal påbegyndes. Derfor bør ventilationsstyringen have adgang til aktivitetskalenderen for lokalerne samt vejrudsigten.

5.2 Det valgte koncept og kravspecifikationer

Virksomheden har på basis af workshop og med interaktion fra projektgruppen specificeret kravspecifikationer til den nye IoT-styring med bluetooth sensorer.

På figur 5.1 er vist et principdiagram af det nye system med cloudløsning og wireless communication. Figuren blev holdt fortrolig i løbet af projektperioden, hvor systemet blev udviklet.

Udstyrmæssigt var de to hovedmål med det nye system at få udviklet trådløs kommunikation til sensorer og få udviklet en ny styring med bl.a. adgang til en cloudløsning, så værdier kan aflæses og set-punkter kan ændres via cloud fra pc/tablet/telefon. Cloudløsningen indbefattede også, at værdier fra andre systemer kan medtages, såsom mødebooking og vejrudsigt.

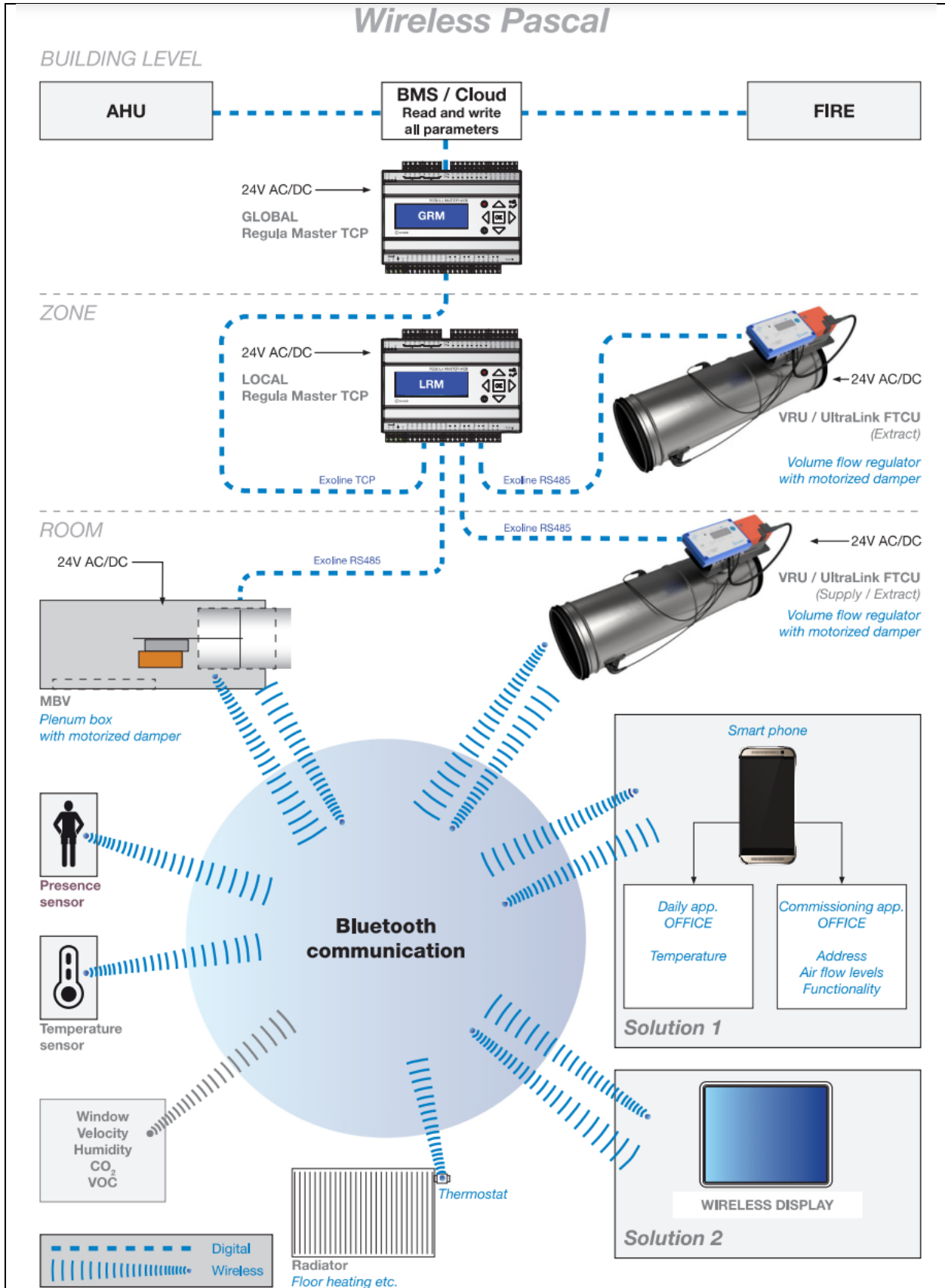
Beskrevet kortfattet er der for hvert rum en række trådløse sensorer som sender data til en rum controller (Regular Master). Den styrer klimaet ud fra brugerens ønskede settings. Det gode ved wireles kommunikation er også at styringen nu ikke behøves sidde i rummet.

Flere rum controllers og ofte alle rum controllers i en bygning har en kablet forbindelse til en Global Regular Master som er connected til internettet. Dette betyder, at der kan kommunikeres med andre systemer, som fx mødebooking og vejrudsigt med henblik på fx at tilvejebringe effektiv optimering af klima og energi besparelsesstrategier i bygningen.

Det er af sikkerhedsmæssige grunde valgt at have en styring med trådløse sensorer for hvert rum (Regular Master) som er opkoblet til en hovedcontroller med internetadgang (på figur 5.1 nævnt GLOBAL Regula Master TCP men den nye styring har fået navnet EXOcompact med nyudviklet program), fremfor udelukkende at have en enkelt styring for hele bygningen med internetopkobling. Dermed undgås risiko for nedbrud i alle rum på en gang, hvis styring går i stykker eller internet pludseligt svigter.

Det nye der skal udvikles er:

- Ny rum styring/controller, volume flow regulator og wireless sensors
- Ny system styring/controller EXOcompact med nyudviklet program
- Ny indblæsningsdiffuser med en person tilstedeværelses sensor
- Opgradering af såkaldt plenum boks – uddybes i næste kapitel
- Ny sensor med bluetooth, som inkluderer temperatur, CO₂ og relativ fugtighed
- Ny teknologi til kommunikation via internet



Figur 5.1: Principdiagram af virksomhedens nye styring med cloudløsning og wireless communication. Figuren var "confidential" i projektperioden.

På figuren står at den øverste styring, hvor rumstyringer tilkobles hedder Global Regula Master TCP. Den nye styring har siden hen få navnet EXOcompact.

5.3 Resumé

I projektet har været afholdt en workshop, hvor der blev brainstormet og fremlagt ønsker til ny IoT-iTS-styring med henblik på forbedret ventilation i mødelokaler og med henblik på besparelse af energiforbrug. Til brainstormingsmøde deltog alle projektdeltagere og enkelte chefer. Gruppen repræsenterede brugere, administratorer af kontorer, driftsansvarlige, produktleverandører og ventilationsspecialister.

På basis af workshop og efterfølgende diskussioner har Virksomheden vedtaget en udviklingsplan for udvikling af komponenter; herunder først og fremmest anvendelse af kommunikation med trådløse sensorer og en ny styring med opkobling til internet, således at andre kilder kan anvendes til styringen mhp. optimering og energibesparelsesstrategier i bygningen.

6 HVAC opgradering og IoT styring - prototype

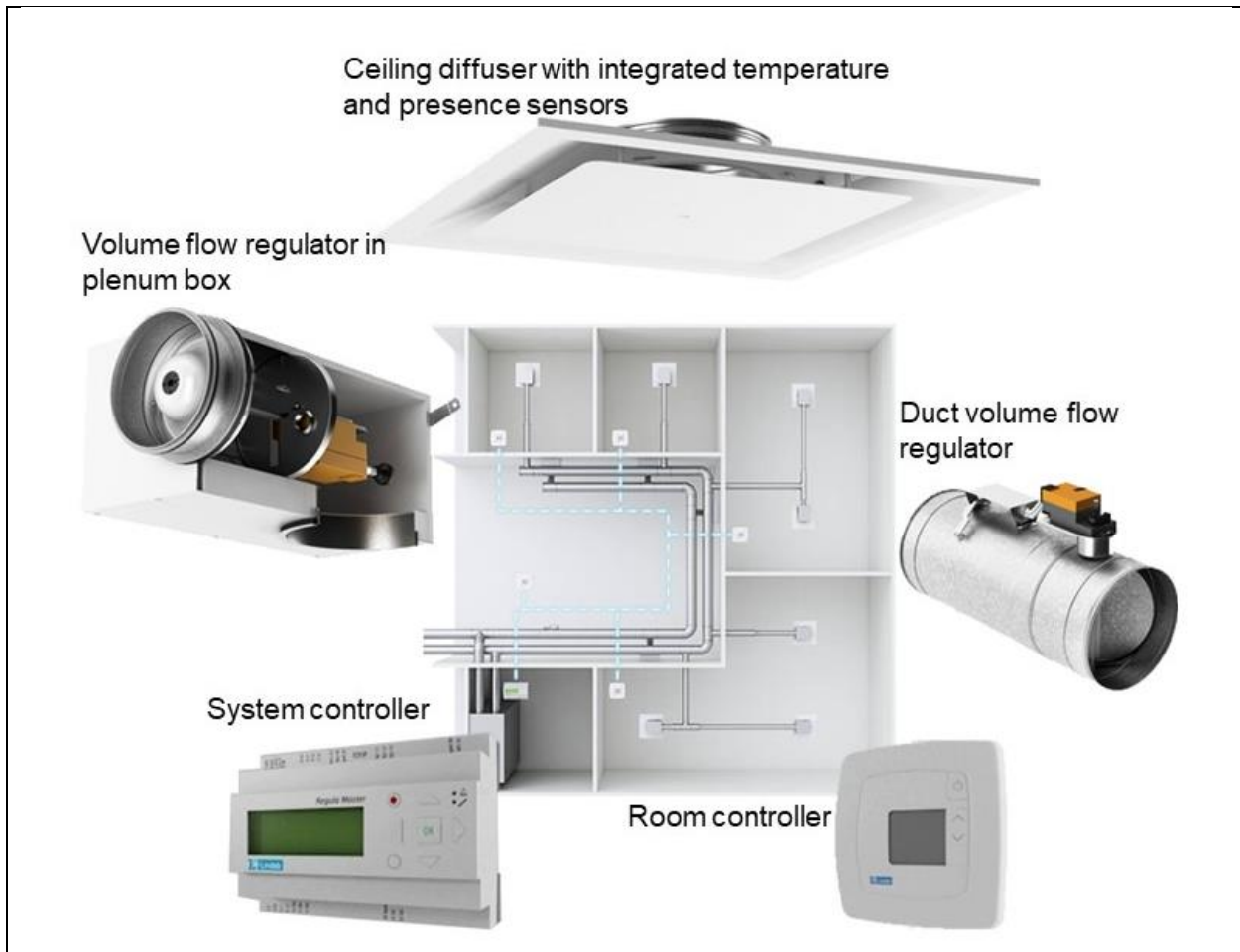
Kapitlet indeholder en beskrivelse af virksomheden's system inden projektet startede, og hvad der er udviklet under projektet. Dermed opnås en bedre forståelse af det samlede koncept. Desuden er det beskrevet, hvorledes systemet opkobles til internettet mhp. aflæsning af data og ændring af settings i styringen.

6.1 Virksomhedens styring inden projektet startede

Virksomhedens Pascal system er et avanceret Demand Controlled Ventilation (DCV) system, der sørger for ventilation, varme og køling til indendørs rum. Pascal-systemet regulerer indblæsningsluftstrømmen baseret på målte lokale indeklimaparametre (rumlufttemperatur, CO₂-niveau, relativ luftfugtighed og tilstedeværelse) for at opfylde de ønskede setpunkter, give komfort for brugerne og spare energi, når der ikke er personer til stede i rummene. På grund af det innovative design af Pascal-systemet er antallet af systemkomponenter desuden reduceret. Dermed holdes trykket i anlægget på det minimumsniveau, der følger af brugernes behov, og ventilatoren er optimeret på rumniveau, hvilket sikrer maksimal energibesparelse.

Komponenter i Pascal-systemet:

- Regula Master – en forprogrammeret systemregulator, der sørger for kommunikation mellem udsugningsenhederne og rumregulatorerne.
- Regula Combi – en rumregulator med indbygget temperaturføler. Regula Combi kan bruge input fra kablet tilstedeværelse, CO₂, fugtighed og eksterne temperatursensorer. Regula Combi monteres på væg i rummet.
- Volumenflowhastighedsregulatorer – meget nøjagtige flowregulatorer, som muliggør præcise målinger og regulering inden for hele flowhastighedsområdet, inklusive meget lave flow-hastigheder. DAV flowregulator er monteret i en MBV plenumboks, som sikrer en stabil luftstrømsfordeling til armaturet og giver lydæmpning.
- Loftsarmatur med integreret tilstedeværelse og/eller temperaturføler. Føleren er tilsluttet Regula Combi.



Figur 6.1: Komponenter i virksomhedens Pascal system – dvs. komponenter der eksisterede inden projektet startede

Intelligent kommunikation

Hver rumcontroller, der betjenes af Pascal-systemet, fungerer som en selvstændig enhed. Et signal fra temperaturføler, placeret i loftsarmatur eller på væg, modtages af en rumregulator. Rumregulatoren justerer flow-set punktet for en volumenflowhastighedsregulator og dermed indblæsningsluftmængden for at imødekomme det aktuelle behov i rummet. Signaler fra separate tilstedeværelses- eller CO₂-sensorer, kan også være inkorporeret i kontrolsløjfen.

Plenumboksen er udstyret med en unik lineær keglespjældteknologi, som gør det muligt at justere i det fulde driftsområde 0-100% op til 200 Pa med lavt lydniveau.

Rumregulatorer sender konstant data fra hvert rum til en systemregulator om temperatur og spjældposition. Det rum, der kræver det største tryk - altså det, hvor spjældet er mest åbent - bestemmer blæserhastigheden i det pågældende øjeblik. Systemcontrolleren evaluerer samtidig status for de andre spjæld og styrer luftstrømmen for at sikre maksimal energibesparelse.

6.2 Nye komponenter til nyt ventilationssystem

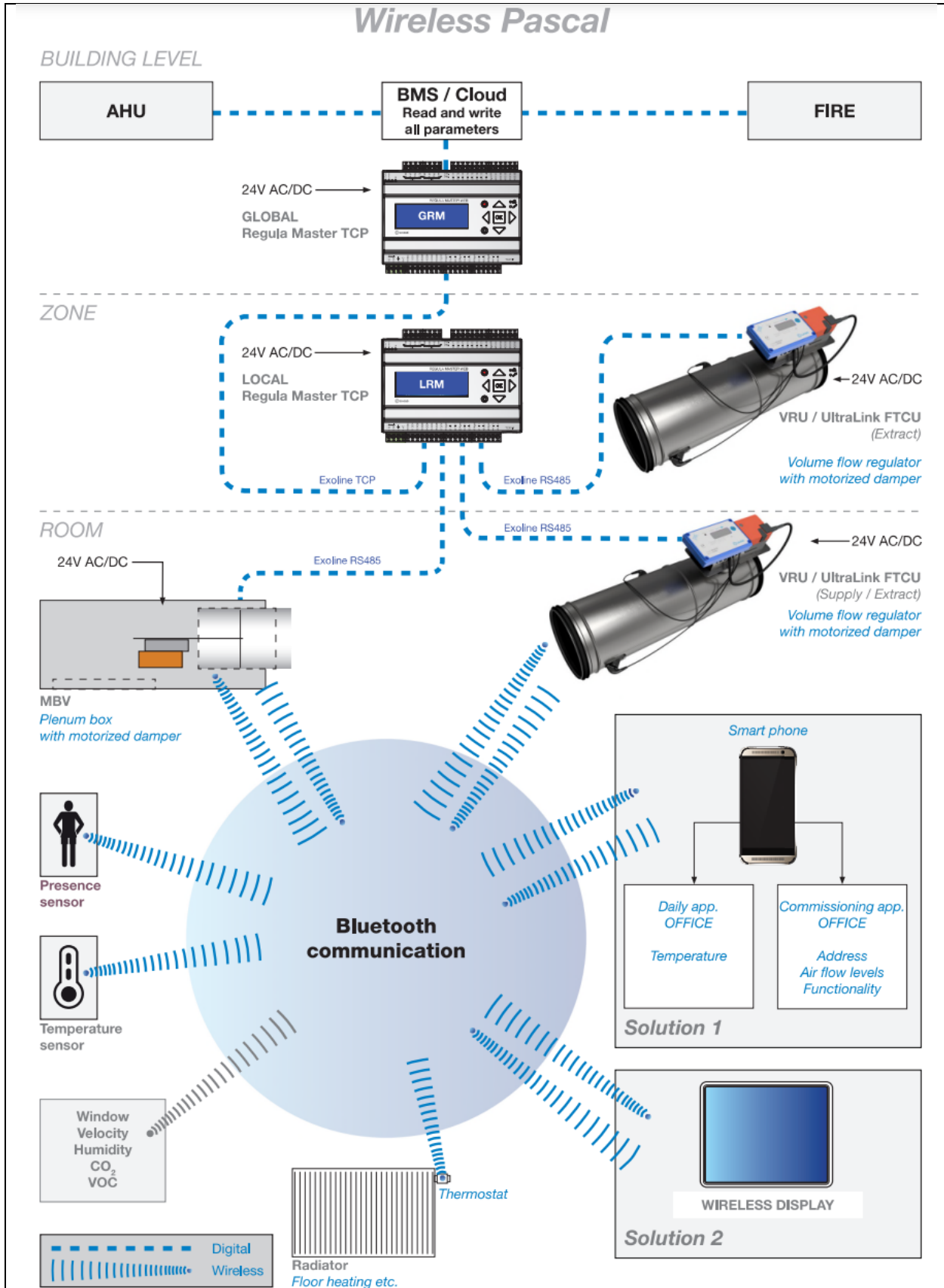
Virksomheden har udviklet et nyt system, hvor hovedmålet er implementering af trådløs kommunikation i den eksisterende virksomhedsteknologi. Udviklingen omfatter en ny rumcontroller, volumenflowregulator og trådløse sensorer. Dette giver trådløs kommunikation på rumniveau. Kablet kommunikation holdes på bygningsniveau, dvs. mellem rumregulatorer, systemcontroller og BMS-system. Figur 6.2 viser det overordnede koncept for det nye trådløse system.

Implementering af trådløs teknologi i virksomhedens nye Pascal-system muliggjorde integration af rumregulatoren i volumenstrømsregulatoren. Fordelen ved trådløst system er, at det ikke længere er nødvendigt at montere rumregulatoren i rummet. Desuden kan systemet kobles til IoT, hvilket hjælper kommunikation mellem forskellige kilder og implementering af effektive optimerings- og energibesparende strategier i bygninger.

I det nye trådløse system placeres rumregulatoren sammen med volumenstrømsregulatoren i en plenumboks i loftet. Rumcontrolleren modtager aflæsninger fra sensorerne ved hjælp af bluetooth-kommunikation.

Virksomhedens nye trådløse system giver mulighed for at placere sensorerne frit i rummet og dermed at måle indeklimaparametre i det rum, der er mest relevant for bygningens beboere, altså i opholdszonen. Flere sensorer kan tilsluttes en enkelt rumregulator, hvilket forbedrer indikationen af lokalt indeklima. Dermed kan det nye system bedre opfylde brugernes komfortbehov.

Rumcontrolleren kan nemt konfigureres ved hjælp af mobilapplikation - en idriftsættelsesapp. Trådløse sensorer kan tilsluttes eller frakobles rumcontrolleren ved hjælp af mobilapplikationen. Endvidere udvikles en brugermobilapplikation, så brugeren kan justere rumtemperaturen og se indeklimaparametre.



Figur 6.2: Principdiagram af virksomhedens nye styring med cloudløsning og wireless communication.

På figuren står, at den øverste styring, hvor rumstyringer tilkøbes hedder Global Regula Master TCP. Den nye styring har siden hen fået navnet EXOcompact.

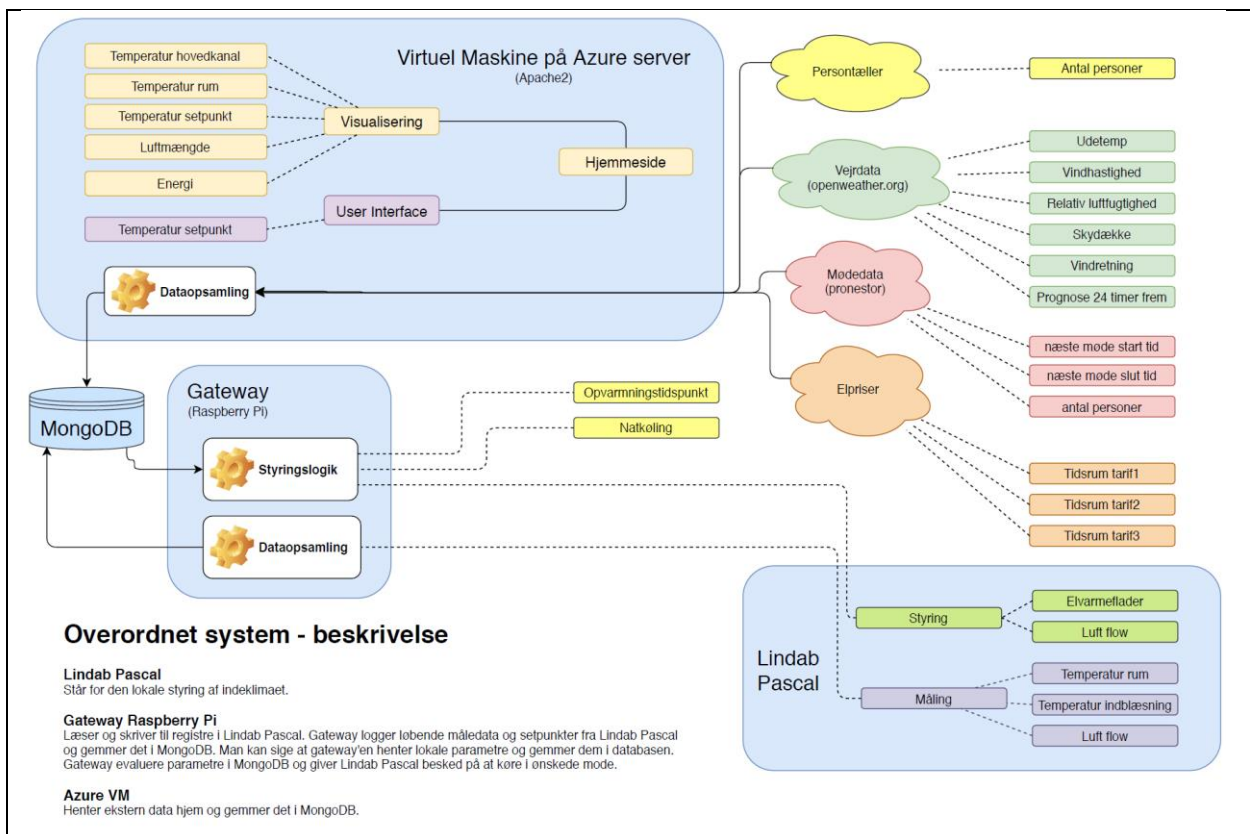
6.3 Internet opkobling

Teknologisk Institut har udviklet et system, således at man fra PC eller telefon kan kommunikere med virksomhedens styring (Regular Master). Man kan indtaste nye set-punkter og aflæse værdier over net. Ligeledes lagres historiske data på en hjemmeside. Dette blev først opbygget og testet på Teknologisk Institut med målinger i to rum. Siden er det flyttet til demonstrationsbygning; jævnfør kapitel 7.

For også at kunne inddrage vejrdata og reservationer af mødelokaler mhp. predictiv styring er der opbygget en "backend" hvor alle data lagres. Hertil er valgt Django, som er installeret på azure virtuelle maskine med tilhørende tilhørende Postgresql sql.

Programkode er skrevet så vejrdata kan hentes ind. Anvendte vejrdata hentes fra Openweather-map.org. Vejrdata fra Openweathermap.org gemmes i Django database en gang i timen.

I projektet er opgraderingskit til software skrevet og hardware er opbygget og systemets data bliver indlæst til en hjemmeside.



Figur 6.3 Overordnet systembeskrivelse af internetopkobling

6.4 Resumé

Virksomhedens ventilationssystem er udviklet så det nu har trådløse sensorer og har adgang til internet, således at flere kilder kan inddrages mhp. bl.a. energibesparelser, og målte værdier kan aflæses og setpunkter kan ændres på styringen over internettet.

Der var store overvejelser ifm. diskussion af det overordnede koncept. Mange forstår IoT ved, at det er den enkelte sensor (Temperatur, Relativ fugtighed og CO₂) der trådløst sender data op i en sky. Men her blev det besluttet, at de enkelte sensorer via bluetooth skal kommunikere med rum styringen, og at de enkelte rum styringer skal tilkobles en master der er forbundet med internettet og kan sende data op i skyen samt modtage data herfra. Dette valg blev foretaget for at gøre systemet 100% driftssikker i områder selv med dårlig dækning. Bliver der en kort periode med netudfald, vil det ikke påvirke klimastyringen af mødelokalerne.

Udviklingen i dette projekt omfatter:

- En ny rumcontroller/styring,
- Volumenflowregulator og
- Trådløse sensorer (Temperatur, Relativ fugtighed og CO₂)
- Opkobling af dataudveksling over nettet IoT
- Træk af IoT data fra andre operatører (Pronestor møde data og Openweather vejr data)

7 Demonstration i mødelokaler ifm. kontorbygning

Det udviklede system er først afprøvet i forbindelse med SmartDataLab på Teknologisk Institut og efterfølgende er det monteret i mødelokaler i forbindelse med demonstrationsværtens hovedsæde.

Dette kapitel beskriver installeringen af det nyudviklede system i 4 mødelokaler, samt eksemplificering af energibesparelsen.

7.1 Case – Mødelokaler

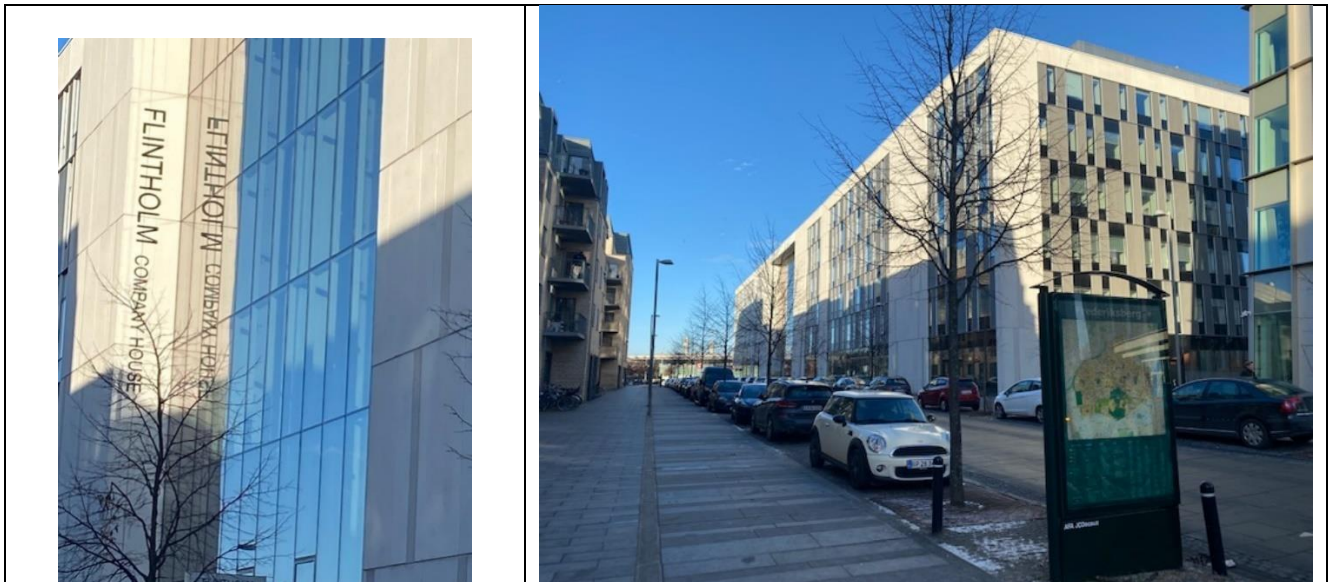
Test og demonstrationssted er 4 mødelokaler på tilsammen ca. 400 m².

De 4 møderum har henholdsvis 8, 12, 8 og 12 siddepladser.

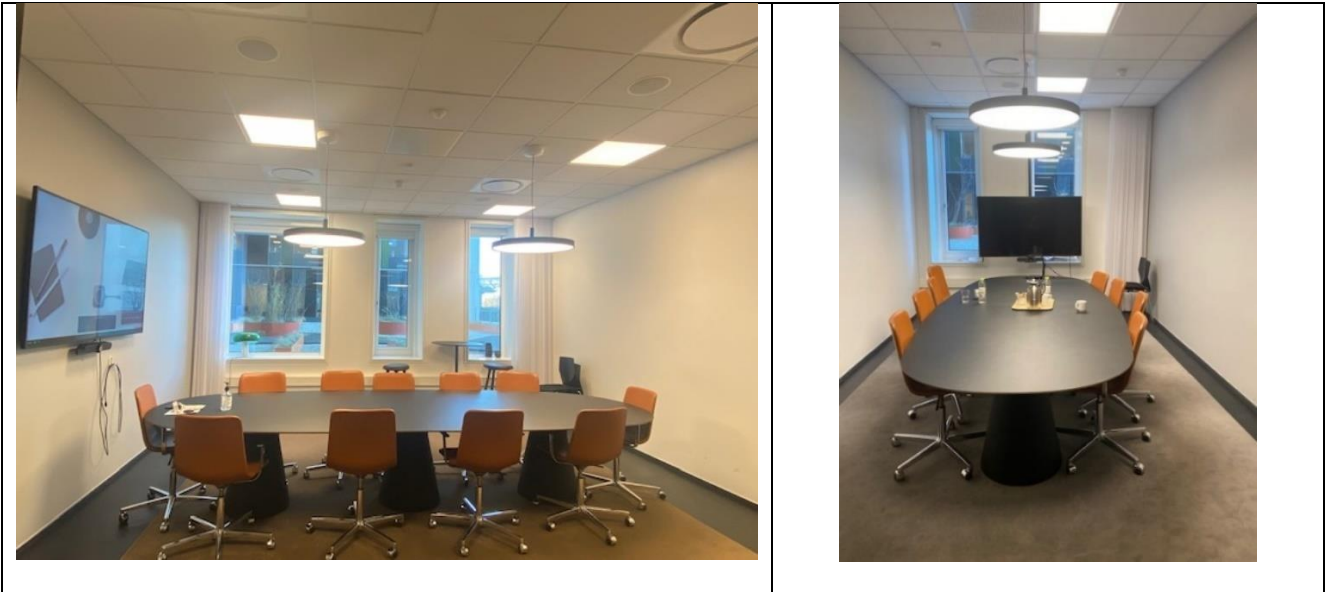
Der er ingen radiatorer eller gulvvarme, men i stedet foretages al opvarmning med ventilationsluften.

Der er i et tilstødende lokale et teknikrum, hvor der er placeret et centralaggregat som forsyner køkkenet og de 4 mødelokaler. Indblæsningstemperaturen efter centralaggregatet er sat til 17 °C, dvs. der er en efterfølgende køle/varmeplade som regulerer indblæsningstemperaturen til mødelokalerne. Inde i mødelokalerne regulerer et spjæld samt indblæsningsventiler luftmængden.

Der er en udfordring med regulering af temperaturen på denne måde, hvis der fx er mange mennesker i ét rum, hvis der er en reception, mens der i et andet rum kun er 2 personer. Vi har valgt at se bort fra denne u hensigtsmæssighed, som bygningen havde fra start.



Figur 7.1 Mødelokaler valgt som case



Figur 7.2 Mødelokaler - I alt er 4 mødelokaler – 2 lokaler med 12 siddepladser og 2 lokaler med 8 siddepladser.



Figur 7.3 Gangarealer udenfor de 4 mødelokaler

I de store mødelokaler er 4 indblæsningsenheder og i de små mødelokaler er 2 indblæsningsenheder. Udsugning foretages dels fra gangareal og dels fra møderum.

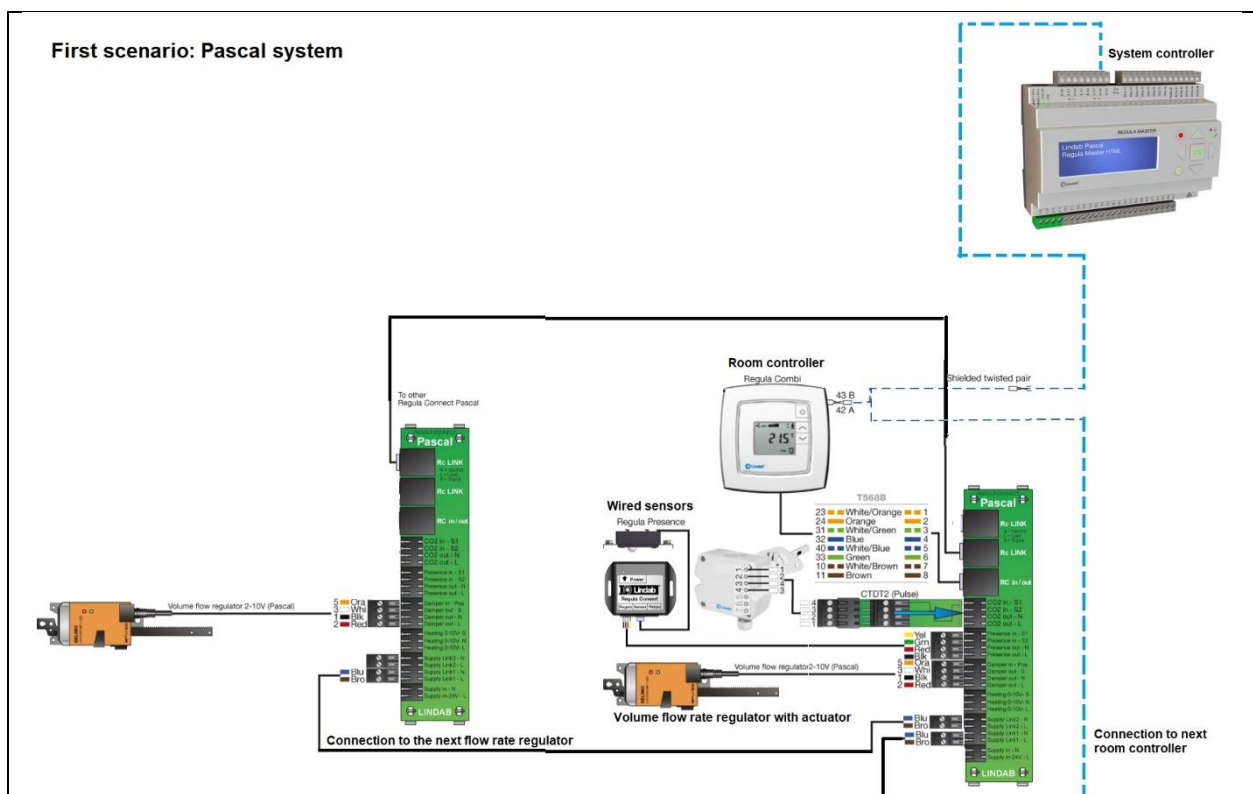
7.2 Installation af nyt ventilationskoncept

Der blev af to perioder foretaget installation og ændringer af ventilationssystem i de 4 mødelokaler. I første omgang (2020) blev virksomhedens eksisterende Pascal system installeret. Efter det havde været oppe at køre en periode, blev de nye produkter med trådløse sensorer og ny styring installeret (2021).

7.2.1 Pascal system

I kapitel 6 afsnit 6.1 blev virksomhedens eksisterende Pascal system beskrevet. Det blev installeret i sommeren 2020 i de fire mødelokaler.

I figur 7.4 er et skematisk diagram af installationen af Pascal system i de 4 mødelokaler.

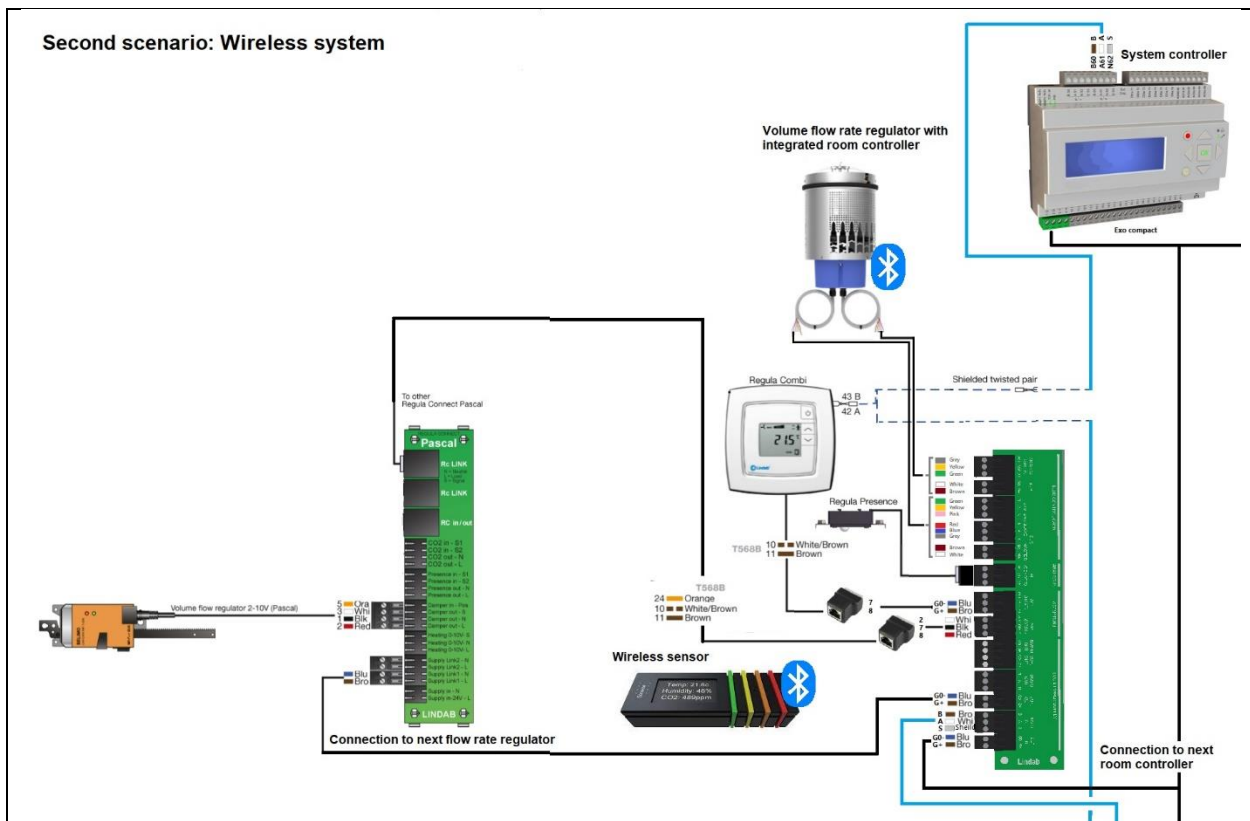


Figur 7.4 Skematisk diagram af virksomhedens Pascal system, der installeres i 4 mødelokaler. Virksomhedens oprindelige system

7.2.2 Installation af nyt wireless system i kontorbygning

Virksomhedens Pascal system, der blev installeret i kontorbygningen i sommeren 2020, blev opgraderet til det nyudviklede trådløse system i 2021. Opgraderingen omfattede ændring af:

- Systemcontroller (fra Pascal Regula Master til ny styring med specialdesignet program til opgaven).
- En forsyningsarmaturfrontplade i hvert rum med ny tilstedeværelsesføler (passer til nye spjæld).
- Opgradering af plenumboks (MBV-BT) i hvert rum, som nu omfatter både en volumenstrømsregulator og en rumregulator. Spjældenheden har bluetooth-kommunikation. Regula Combi rumregulator forbliver på væggen, bruges nu kun til brugerændring af (køling) sætpunktet ($\pm 1^{\circ}\text{C}$; standard kølesætpunkt er 23°C). De øvrige forsyningsventilationsaggregater i rummene (en eller tre) styres af den nye MBV-BT trykfordelingsboks.
- En ny sensor med bluetooth, som omfatter temperatur-, CO_2 - og fugtmålinger – giver værdier til rumregulatoren i spjældenheden.



Figur 7.5 Skematisk diagram af nyudviklet wireless system installeret til test i kontorbygning i 4 mødelokaler i 2021 – Den færdige installation

7.3 Hjemmeside med angivelse af målte værdier

Ud over at brugere/driftsansvarlige/serviceteknikere/teknologileverandør fra styringen kan tilgå data, er der et link, hvor brugere og andre med rettigheder online løbende kan følge måleparametre. Linket er:

<https://lot-bms.vtech.teknologisk.dk>

Der er også adgang til, at teknikere kan ændre set-punkter.

I efterfølgende figur er et eksempel på et screen billede fra hjemmesiden.



Figur 7.6: Eksempel på screen dump for hjemmesiden.

I venstre side ses en oversigt over lokaler (Alle lokaler, Lokale 1, Lokale 2, Lokale 3 og Lokale 4). Ved at trykke på et af disse angiver lokalenumre ændres skærmbilledet til at vise data fra det aktuelle lokale.

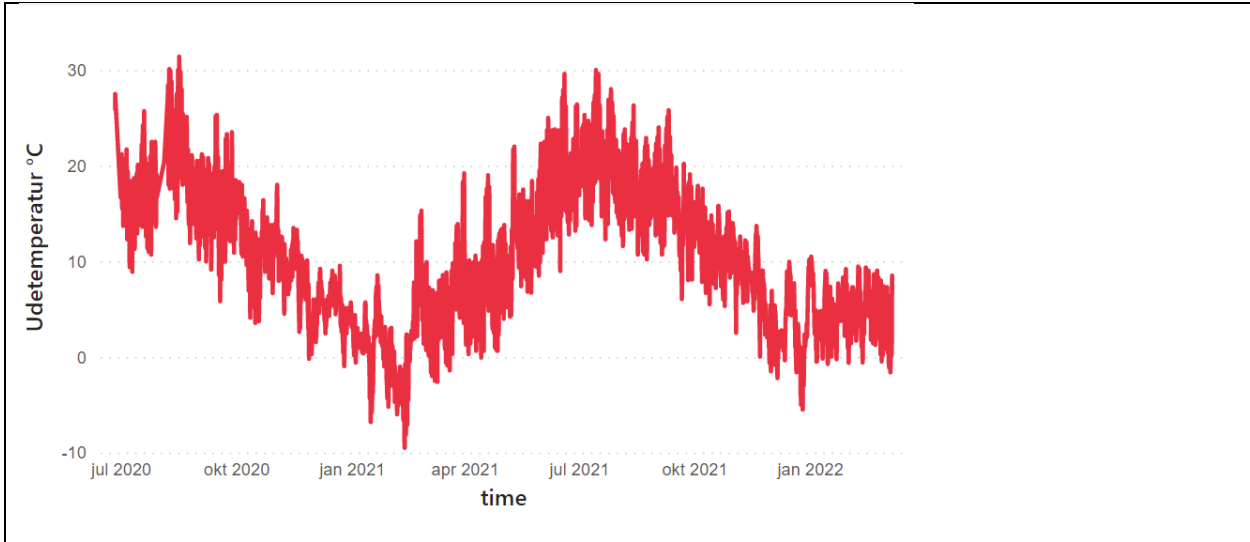
Øverst i højre hjørne ses, at grafer er baseret på 7 dages målinger. Ved at taste på "7 dage" kan man ændre grafvisningen til 5 min, 15 min, 30 min, 1 time, 3 timer, 6 timer, 12 timer, 24 timer, 2 dage, 30 dage, 6 mdr., 1 år og 2 år.

Målinger i mødelokalerne blev opstartet september 2020. Der ligger grafer fra hele perioden. I maj 2021 var samtlige komponenter i det nye system indkøbt, og der blev foretaget kontrollerende målinger af flow mv. Der var fin overensstemmelse mellem indstillede værdier og kontrollerende målinger.

I projektperioden har parterne i projektet været udfordret af Corona epidemien. Det har været yderst vanskeligt at få udviklede og designede produkter fremstillet, og der har mest-end-dels været afholdt Teams møder fremfor fysiske møder. Ligeledes stod mødelokalerne, hvor produkterne skulle afprøves, ubenyttede hen en stor del af tiden.

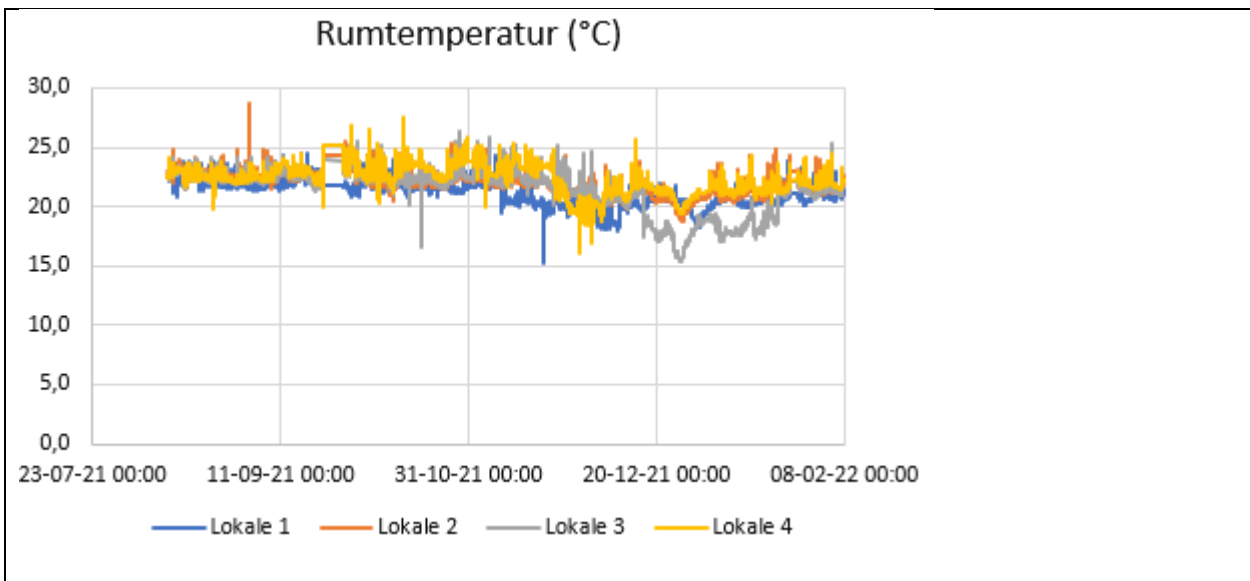
Det er valgt at genevaluere produkternes performance og anvendelse efter sommerferien 2022, hvor de fleste i Danmark havde fået deres anden vaccination. Her var de fleste kommet retur på arbejde, selvom mødefrekvenser stadig for manges vedkommende ikke blev foretaget på tværs af firmaer. Det ville ikke give mening at foretage evalueringen i tomme mødelokaler.

Helt konkret er evalueringen foretaget fra den 12. august 2021 til den 7. februar 2022, dvs. der er målinger fra både sommerperioden og fra vinterperioden. I figur 7.7 ses udetemperaturen og i forannævnte periode var maksimumtemperaturen 26,3°C og minimumtemperaturen -5,5°C.



Figur 7.7: Udetemperatur sommeren 2021 til vinteren 2022.

Temperaturen i de fire mødelokaler er vist i figur 7.8. I sommerhalvåret ligger temperaturen indenfor det acceptable område. Betragtes perioder, hvor der er personer i mødelokalet, er der kun over 26°C i 6,5 time i de 4 lokaler samlet set i perioden fra 12 august. Til gengæld er der en del timer, hvor temperaturen er under 20°C, det skyldes dels, at lokalet ikke har været benyttet grundet julen, men for lokale 3's vedkommende skyldes det også, at føleren var lagt over i vindueskarmen, hvorfra der er kuldenedfald. Fremadrettet er det ikke hensigtsmæssigt at lægge "temperatur+fugtighed+kuldioxid føleren" på bordet uden bemærkning om, at den ikke må fjernes/flyttes.



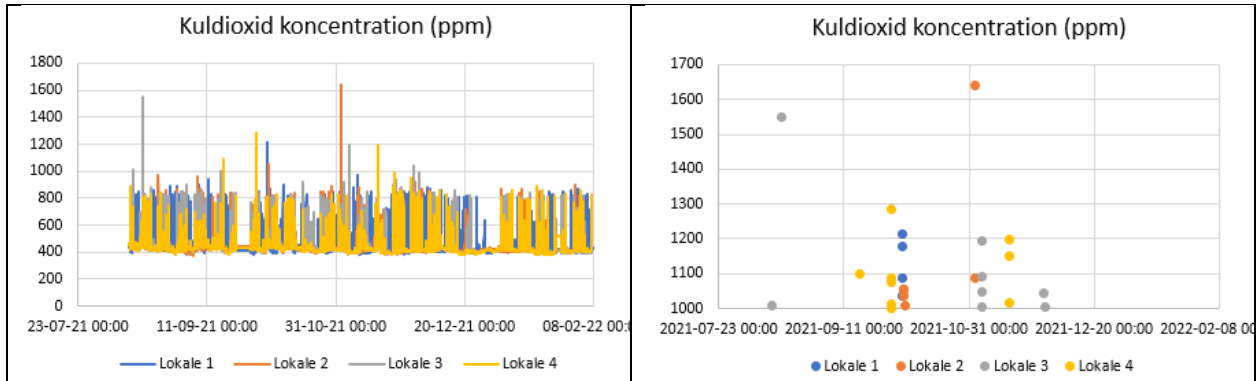
Figur 7.8: Temperaturen i de 4 mødelokaler



Figur 7.9: Placering af føler(e).

Følere for henholdsvis temperatur, relativ fugtighed og kuldioxid er samlet i en enhed. Fremfor at hænge på væggen er den lagt på bordet, så klimaforholdene måles, hvor personerne sidder. Men der skal gøres noget aktivt for at sikre, at følerboksen ligger, hvor personerne opholder sig. Ellers er der en risiko for, at personerne ligger den væk, og at den regulerer ventilationen ud fra en forkert placering. På billedet øverst til venstre ses, at føler er lagt på bordet, hvor personerne opholder sig. På billedet til højre ses, at føleren er lagt over i vindueskarmen og dermed reguleres ventilation forkert.

Som sidebemærkning henledes opmærksomheden endvidere på, at der bliver meget tør luft i lokalerne om vinteren. På billedet ses at den relative fugtighed aktuelt er 20%. Normalt foretrækkes 40-60%, og 30-70% er tåleligt for de fleste. Men 20% er for lavt og er en konsekvens af de høje anbefalede minimumsluftmængder. Det er dog en konsekvens af krav til minimumsventilation i Bygningsreglementet.



Figur 7.10: Kuldioxidkoncentration i de 4 mødelokaler.
 Figuren til højre viser kun målte værdier over 1000 ppm.

På figur 7.10 til venstre ses kuldioxidkoncentrationen i de 4 mødelokaler. Niveaue er mellem udekonzentrationen på 400 ppm og 1000 ppm. Det anbefales, at kuldioxidkoncentrationen er under 1000 ppm, og på grafen til højre er målingerne gentaget, men akse starter ved 1000 ppm. Som det ses, er det kun få gange at kuldioxidkoncentrationen er over 1000 ppm. Kuldioxid er en indikator for god luftkvalitet. Det er ikke fordi det er arbejdsmiljømæssigt farligt. Den hygiejniske grænseværdi er 5000 ppm.

I indblæsningsenheden er en PIR sensor der registrerer om der er personer i lokalet. Det er beregnet til at styre indblæsningsspjældet, men det er også yders relevant, når man skal vurdere klager eller se mulighed for nedlukning af et rum, fordi der er begrænset brug af dette, og der dermed kan opnås en energibesparelse.

I forbindelse med "energy flexibility" kan rumtemperaturen over natten opretholdes intelligent – dels efter energiselskaberne og den grønne strøm, og dels efter forventet brug af lokalet den efterfølgende dag.

7.4 Energibesparelse

De fire mødelokaler der er anvendt i casen er som nævnt i afsnit 7.1 opvarmet med luftvarme og har et samlet areal på 400 m².

Det årlige energiforbrug til opvarmning, ventilation, køling for de fire mødelokaler er skønnet til 75 kWh/m² opvarmet etageareal i 'før' situationen. Det giver et samlet energiforbrug på 400·75 = 30000 kWh pr. år.

Driftstiden for ventilationsanlægget (udeluft + recirkulering) er omkring (225·24) + (365-225)/7·45 = 5400 + 900 = 6300 timer pr. år.

Om vinteren vil ventilationsanlægget også i praksis være i drift i weekenden i de koldeste perioder med hård frost, idet det opvarmes med luftvarme.

Det udviklede prædiktive vejrmodul vurderer om ventilationsanlægget også skal køre i weekenden.

Driftstiden for bygningen er omkring 45 timer pr. uge svarende til (45·52) = 2340 timer pr. år. Det vil sige at anlægget kører 6300-2340 = 3960 timer per år uden der er mennesker i bygningen.

Det nuværende VAV-anlæg har en SEL-værdi på 2100 J/m³ og en varmegenvinder med en tør virkningsgrad på omkring 70%.

De 4 mødelokaler er indrettet til (12 + 8 + 12 + 8) = 40 personer. Der er indreguleret en ventilationsluftmængde på til 10 l/s pr. person svarende til 400 l/s (1440 m³/h).

Varme- og elforbruget til ventilation udgør omtrentlig:

$$E_{\text{opvarmning}} = 130 \cdot 400 \cdot (1 - 0,70) \cdot (2340/8760) = 4167 \text{ kWh pr. år } \{\text{opvarmning af kold udeluft!}\}$$

$$E_{\text{elektricitet}} = (2100/1000) \cdot (400/1000) \cdot 6300 = 5292 \text{ kWh pr. år.}$$

Energifordelingen er således: 20541 + 4167 + 5292 = 30000 kWh/år.

Udførte registreringer i projektet har vist, at de 4 mødelokaler er meget tilfældigt brugt og ofte på en ikke energivenlig måde, da mødefrekvensen i middel er relativ lav. Der bruges med andre ord meget energi på at holde 4 mødelokaler på standby, uden der altid er behov for det.

Algoritmen som er udviklet i projektet, hvad angår booking af mødelokaler forsøger altid at "stakke" et mødelokale fuldt ud inden næste mødelokale tages i brug. Ved booking af lokale bør brugeren altid anbefales et lokale og et tidspunkt. Hvis det ikke passer ind i kalenderen, går bookingsystemet videre til næste lokale. Herved kan mødelokalerne udnyttes mere effektivt.

Energiprisen er mellem kl. 17.00 og 20.00 maksimal, og i denne periode kan helt slukkes for ventilationen, medmindre der er personer, der holder møde.

Med baggrund i registreringer er det vurderet, at besparelsen ligger på omkring 50% ved at tomme mødelokaler ikke ventileres med udeluft.

Energibesparelsen ved natsænkning kan variere fra ca. 0% (meget tung bygning) til ca. 25% (meget let bygning). Denne bygning er vurderet til at være en middel tung bygning og energibesparelsen er derfor anslået til 10%. Brug af luftvarme er her en fordel, da luftvarme hurtigere kan genopvarme et lokale sammenlignet med radiatorvarme.

	Førsituation kWh/år	Natsænkning kWh/år	Behovsstyring kWh/år
Varmetab	20541	-2054 \times^1	0
Ventilationstab	4167	0	-2084 \times^3
Ventilatorforbrug	5292	-1188 \times^2	-983 \times^4
Total	30000	-3242	-3067

Tabel 7.1 Overordnet systembeskrivelse af internetopkobling

Bemærkninger til besparelser:

- $\times 1$: $20541 \cdot (10/100) = 2054 \text{ kWh/år} = \text{varmetab ifm. natsænkning}$
- $\times 2$: $3960 \cdot (30/100) = 1188 \text{ kWh/år} = \text{ventilationsforbrug ifm. natsænkning}$
- $\times 3$: $4167 \cdot (50/100) = 2084 \text{ kWh/år} = \text{ventilationstab ved behovsstyring}$
- $\times 4$: $5292 \cdot (2340/6300) \cdot (50/100) = 983 \text{ kWh/år} = \text{ventilatorforbrug ifm. behovsstyring}$

Den samlede for el og varme er 21%. For el alene er besparelsen 41%.

7.5 Resumé

Det udviklede system er installeret i kontorbyggeri ifm. 4 mødelokaler.

Installationen blev foretaget over to omgange. Først blev virksomhedens oprindelige Pascal system installeret til ventilation. Da det havde kørt en periode, blev det opgraderet med det nyudviklede wireless system med IoT-opkobling.

Målinger foretaget med de IoT-opkoblede sensorer viser tilfredsstillende indeklimaforhold i sommerhalvåret. Kun få timer om året skred temperaturen over 26°C. Anlægget lukkede fint ned i perioder, hvor der kunne tillades lavere rumtemperaturer som følge af juleferier mv., men det kunne også observeres, at flytning af den trådløse sensor til vindueskarm havde negativ indflydelse, idet er derved blev målt for lav temperatur og fejlagtig regulering af ventilation. Der skal gøres mere for at sikre at den trådløse sensor, virkelig få sin placering på bordet.

Der kan ved mere intelligent lokale booking og samkøring af denne med ventilationsstyring samt natsænkning opnås en energibesparelse på 21% samlet set, og hvis udelukkende elforbrug betragtes er energibesparelsen 41%.

Dette projekt illustrerer, at energibesparelser til ventilation ikke alene opnås på adfærd og tekniske forhold i relation til ventilationsanlæg. Nu skal besparelser ske gennem SMART cities (Dataudveksling på tværs), vejrudsigt, folks kalendere ("stacking", så et lokale er fuldt booket fremfor en række er halvt booket), styring og tildeling af mødelokaler, energiforsyningspriser og øvrige SMART data på tværs af systemer er et "must" for styring af mødelokaler mhp. energireduktioner.

8 Retningslinjer for etablering af IoT-iTS

I dette kapitel opsættes en række retningslinjer, som fremadrettet kan overvejes i forbindelse med etablering af IoT-iTS i forbindelse med ventilation.

Valg af løsning

Nogle firmaer vælger at lade deres sensorer sende data direkte op i skyen og trække på dem i forbindelse med anvendelse af IoT-teknologi.

I dette projekt blev det valgt at have en decentral styring for hvert rum med bluetooth opkoblede trådløse sensorer. De decentrale styringer er forbundet til en styring for hele bygningen. Den centrale styring er koblet op på nettet og kan hente IoT-styringsparametre fra andre kilder – fx mødebooking (i dette tilfælde Pronestor) eller vejrudsigten (i dette tilfælde Openweathermap)

Indbygning af digitale interfaces

Det vil være relevant at indbygge digitale interfaces eller lægge data direkte op i en cloud fra styringen, så data kan udveksles med andre. Eksempelvis kan det være relevant for arbejdsmiljøansvarlige at trække indeklimadata på tværs af en række mødelokaler.

Det vil især af hensyn til natdrift og opstart af anlæg om morgenen være relevant at have udveksling af data med fjernvarme- og elforsyning, således at der etableres energi vedligehold i perioder med overproduktion af hhv. elektricitet og/eller varme.

Intelligent datadrevet styring

Særligt når det gælder ventilation af mødelokaler, er det vigtigt at have en intelligent datadrevet styring, således at forstå at der kan trækkes på historiske data:

- Er der et mønster i brug af lokaler? Hvor lang tid tager det at varme et lokale op?
- Er der et særligt behov for tildeling af ekstra luft i nogle situationer – fx ifm. overbooking ved receptioner og fødselsdage?
- Kan historiske data forudsige, at det i nogle tilfælde om vinteren bliver for tørt i lokalet, og man så skal reducere luftmængden i disse perioder?

Drift og vedligehold

Ved at montere en række IoT-baserede vedligeholdelsessensorer og lade deres værdier tilgå facility managers, service firmaer, filterproducenter mv., kan der etableres en mere målrettet service, som også kan reducere vedligeholdelsesudgifterne. Fx kan tryktab for filtre og dato for skift tilgå filterleverandører direkte, så de kan effektivisere filterskift fx hvis de i forvejen er i området.

8.1 Resumé

Det er vigtigt at brugere, administratorer, serviceansvarlige, projekterende, teknologileverandører og projekterende sætter sig sammen og diskuterer retningslinjer for etablering af IoT-iTS.

Emner man kan komme ind på er:

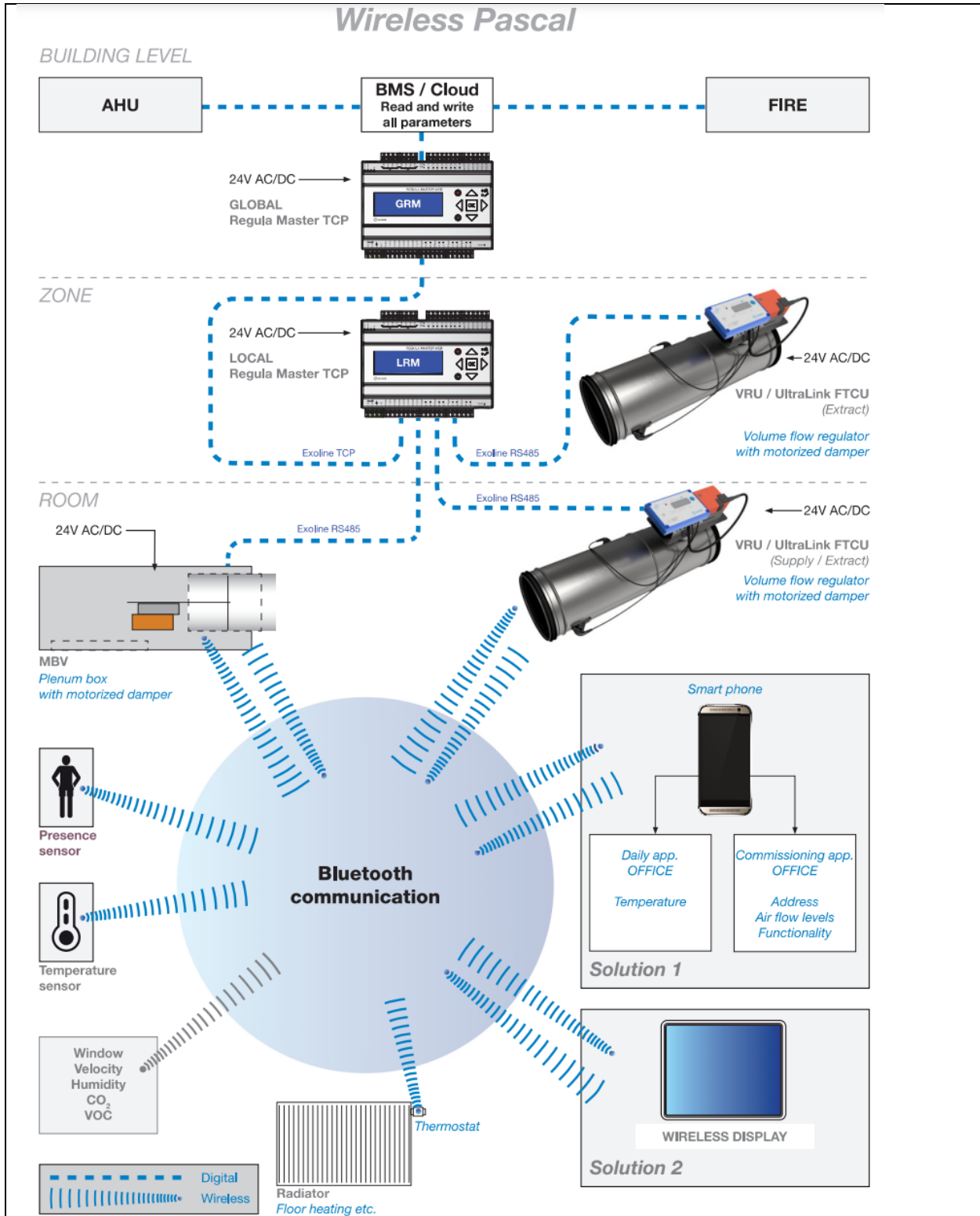
- 1) Valg af løsning
- 2) Udover ventilationen er der andre produkter, hvor man ønsker indbygning af digitale interfaces, som kan bruges til ventilationsforbedringer og energireduktion
- 3) Er der nogle forhold, hvor man mener, at styringen kan blive bedre med tiden – fx ved intelligent brug af historiske data – det selvlærende system
- 4) Drift og vedligehold – vil online monitorering kunne beskrive hvor der pludselig sker ændringer i lyd, temperatur, flow eller andet, som indikerer, at et produkt skal serviceres og kan data på tværs af installationer, give forslag til serviceintervaller
- 5) Indeklimafølere opkoblet til net kan give et overblik over hvor investeringer er vigtigst eller hvor service akut skal foretages
- 6) Hvilke IoT-sensorer skal anvendes mhp. effektiv energianvendelse og energifleksibilitet.

9 Konklusion

I projektet er der udviklet en IoT-baseret løsning til intelligent styring og overvågning af HVAC-installationer til eksisterende og nye kontorbyggerier.

Den IoT-baserede løsning til intelligent driftsovervågning og styring er baseret på en opgradering af virksomhedens HVAC-produkter, og kan yderligere bruges ved opgradering af eksisterende HVAC-løsninger.

Der er udviklet sensorer der via bluetooth kommunikerer med en rum styring. Rum styringer kommunikerer med en central styring, der er opkoblet på en cloudløsning. Der kommunikeres med andre cloudkilder i form af mødebooking (Pronestor) og vejrudsigt (Openweathermap.org).



Figur 9.1 Ny løsning med wireless sensorer og styring der kommunikerer med andre cloudkilder

Data fra sensorer fra clouden er tilgængelige på denne hjemmeside:
<https://lot-bms.vtech.teknologisk.dk>

Der er også mulighed for at ændre setpunkter og indstillinger samt følge driftsoptimering og vedligeholdstilstanden.

Systemet er testet i SmartDataLab på Teknologisk Institut og efterfølgende i kontorbyggeri ifm. fire mødelokaler.

**Projektet har haft succes med
at få udviklet en driftssikker model for trådløse sensorer og
kommunikation over cloud**

Hypotesen fra indledningen om, at der kan spares energi ved øget brug af data er eksemplificeret. Der vil ved øget fokusering på brug af mødelokaler og intelligent tildeling af disse kunne spares yderligere. Besparelsen er 40% til elektricitet. Energibesparelser ved mødelokaler kan opnås ved prædiktiv vejrmødelokaleanvendelse, således at det samme lokale bruges mest muligt (reducerer også rengøringsudgift), styring efter energipriser og "energy flex", hvor priserne er billigst (billig el fra blæst).

**Der kan i det aktuelle opnås en 40% energibesparelse til
elektricitet**

Projektet blev afsluttet med retningslinjer for etablering af IoT-baseret intelligent tilstandskontrol og styring. Det er vigtigt at brugere, administratorer, serviceansvarlige, teknologileverandører og projekterende sætter sig sammen og diskuterer retningslinjer for etablering af IoT-iTS. Alt for ofte er det set, at data ikke anvendes, da de ikke er gjort brugertilgængelige.

Der kan være forskellige holdning ift. udformning af ventilation mht. IoT-baseret tilstandskontrol og styring af HVAC. For gruppen har energibesparelser og sikkerhed stået øverst på dagsordenen, og derfor er der valgt en styringsboks pr. rum. Det er klart, det ville være billigere at have alle fire mødelokaler tilkoblet en styringsboks. De seneste tiders konflikter i Verden, illustrerer vigtigheden af at man ved internet nedbrud og lign. stadig skal kunne drifte sit firmas ventilationsanlæg.

Smart data er vejen frem for "energy flexibility" og den nyudviklede styring og data opsamlingsværktøj vil kunne udveksle data med fx energiforsyningen.

10 Formidling

Artikler, indlæg og foredrag

- Linked-In posts
- Kurser ved Teknologisk Institut
- Årligt indeklimaseminar på Teknologisk Institut, februar 2019
- Årligt indeklimaseminar på Teknologisk Institut, 2020 (aflyst på grund af corona)
- 3. marts 2020 - Temadag for VELTEC . Indlæg "Inspiration til Teknologi", hvor CTS til IoT projektet blev fremlagt. Målgruppe var ventilationsfirmaer og rådgivere.
- 27-29 oktober 2020 – Airconditions kursus. Indlæg "Praktisk implementering af IoT ifm. eksisterende ventilation". Målgruppe var rådgivere og VVS-installatører samt servicemedarbejdere
- Fleksibel kontorindretning med trådløse sensorer, IoT programmerede stand alone ventiler. Artikel til HVAC magasinet. Forfatter Merete Lyngbye Teknologisk Institut, april 2022