

Aktive Bygninger

Klogere anvendelse af kvadratmeter understøttet af data om *brugeraktivitet*

Test af forskellige teknologier til indsamling af
anvendelses- og aktivitetsdata i kommunale bygninger

KL

Februar 2020

Aktive Bygninger: Klogere anvendelse af kvadratmeter understøttet af data om *brugeraktivitet*
Test af forskellige teknologier til indsamling af anvendelses- og aktivitetsdata i kommunale bygninger

Udarbejdet af fm3.dk for KL, Kommunernes Landsforening.
© fm3.dk 2020

ISBN: 978-87-971818-1-2

Rapporten kan downloades via KL's hjemmeside <https://www.kl.dk/> eller <https://fm3.dk/>
Citater skal ske med kildeangivelse.

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	5	5. Datanyttiggørelse: Forslag og eksempler.....	34
Rapportens opbygning	8	Nøgletal for benchmarking og benchlearning	34
2. Databehov.....	10	Heatmap	36
Datacirklen	10	Analyse af metadata	37
Databehov – Detaljeringsgrad	11	Nyttiggørelse på tværs af porteføljen	38
3. Pilotforsøgene: Dataindsamling - Dataanalyse.....	13	Muligheds-katalog.....	40
Teknologi og teknologi overvejelser	13	6. Konklusioner, anbefalinger og perspektiver	42
Pilotforsøg 1: Skole – Hillerød Kommune.....	16	Konklusioner	42
Pilotforsøg 2: Idræt – Gentofte Kommune	18	Anbefalinger.....	43
Pilotforsøg 3: Administration – Ballerup Kommune	20	Perspektiver for IoT til anvendelses- og aktivitetsdata: Fremtiden er nu	43
Pilotforsøg 4: Kultur – Hillerød Kommune	22	7. Rapportens tilblivelse.....	46
Pilotforsøg 5: Idræt – Ballerup Kommune.....	24	Udvalgt litteratur og websider.....	47
4. Pilotforsøgene: Udfordringer og barrierer.....	27	Udvalgte begreber og forkortelser.....	48
Organisatoriske udfordringer og barrierer.....	27	Referencer og noter	49
GDPR	27	Bilag 1: Anvendte teknologier i pilotforsøgene	51
Information til medarbejdere / MED.....	29	Gamle sensorer	51
IT-sikkerhedsregler	30	Nye sensorer - IoT	52
Tekniske udfordringer og barrierer	30	IoT- Rækkevidde og strømforsyning	53
Firewalls og porte.....	30	Anvendte IoT-enheder i pilotforsøgene	54
Datamodtagelse.....	31		
Dataformater	31		
Dataudveksling.....	31		
Opsætning og montering.....	31		

1. Indledning

1. Indledning

Indledning

"Kloge kommunale kvadratmeter" (KKM2) er et af flere initiativer i KLs fælleskommunale digitale handlingsplan fra 2016, som skal understøtte kommunernes arbejde med digitale løsninger og teknologi¹.

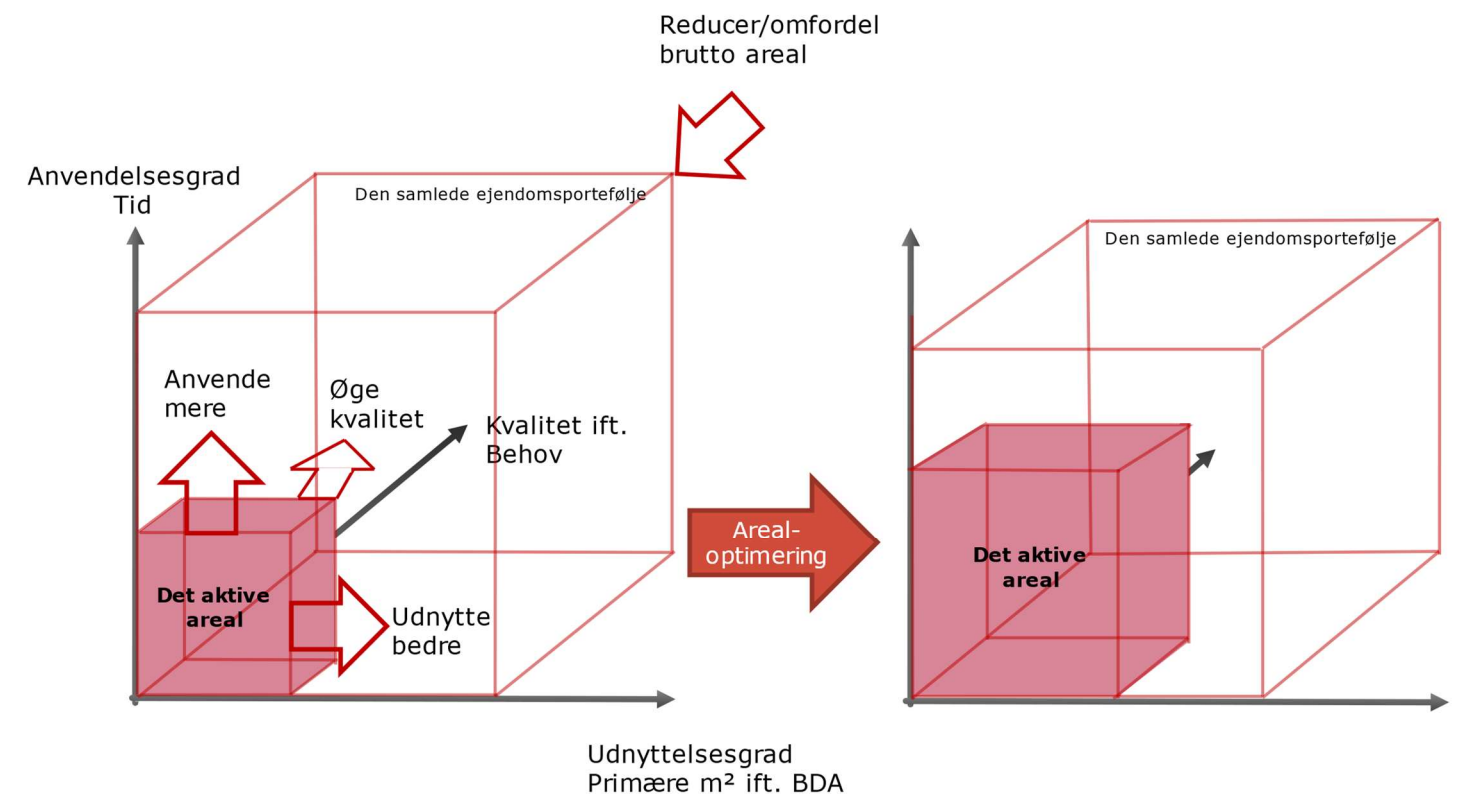
Kommunerne forvalter tilsammen en ejendomsportefølje på ca. 31 mio. m² med en værdi på mere end 200 mia. kr. Ejendommene er således af væsentlig betydning både for kommunernes økonomi og som bygningsmæssige rammer til at skabe velfærd. KKM2 har til formål at komme med anbefalinger til ejendomsporteføljen for at opnå effektiviseringer og optimering af ejendomsporteføljen.

I 2018 udgav KL rapporten *Foranalyse til projektet Kluge Kommunale Kvadratmeter* udarbejdet af Valcon og fm3.dk². I rapporten defineres kloge kommunale kvadratmeter med tre dimensioner som illustreret i figur 1.

De tre dimensioner for kloge kommunale kvadratmeter er:

1. **Arealudnyttelse:** et udtryk for, hvor mange m² af bygningens samlede areal anvendes til de primære formål og dermed er et aktiv
2. **Brugeranvendelse:** et udtryk for, hvor meget bygningerne anvendes henover døgnet og i løbet af ugen
3. **Bygningskvalitet:** en kvalitativ vurdering af, i hvor høj grad bygningen understøtter den kommunale velfærdsproduktion

Det aktive areal defineres derfor som det areal, der faktisk udnyttes i et givet tidsrum og i den nuværende kvalitet. Med andre ord – *det aktive areal* er den nuværende benyttelse af ejendomsporteføljens kapacitet (uanset, hvor optimalt dette måtte være). *Det aktive areal* er mindre end ejendomsporteføljens bruttoareal af flere årsager fx



Figur 1: De tre dimensioner i kloge kommunale kvadratmeter (Kilde: fm3).

- Ikke alle arealer kan udnyttes til det primære formål, da der vil altid være arealer anvendt til gange, toiletter, teknikrum mv.
- Bygningerne anvendes ikke 24/7
- Kvaliteten i forholdet til behovet er ikke altid optimalt.

Det aktive areal, og dermed kapaciteten, kan udvides gennem:

- **Højere anvendelsesgrad:** de tilgængelige kvadratmeter anvendes i længere tid. Mange kommunale ejendomme anvendes kun i begrænsede tidsrum. Anvendelsesgraden kan derfor øges, hvis enten andre brugere kan anvende arealer uden for dette tidsrum, eller den fælles anvendelse øges.
- **Højere udnyttelsesgrad:** udnyttelse af flere bruttoetagemeter. Arealmæssig overkapacitet til fx depoter, dårligt indrettede ejendomme mv. betyder, at det effektive primære areal ofte ligger væsentligt under bruttoarealet, hvilket indebærer et spild.
- **Højere kvalitet:** i hvilket omfang ejendommene er egnet til at understøtte aktiviteten. Et godt indeklima, for eksempel, fremmer indlæringen i folkeskolen og produktiviteten i kontormiljøer.

Den optimale kapacitet er det nødvendige aktive areal, der imødekommer behovene ved brug af færrest mulige bruttokvadratmeter. Dermed opnås de laveste bygningsmæssige udgifter og den laveste miljøpåvirkning samtidig med, at forholdende er bedst mulige ift. aktiviteterne.

I rapporten *Foranalyse til projektet Kloge Kommunale Kvadratmeter* blev det anbefalet at øge det aktive areal gennem at udnytte arealerne bedre, øge kvaliteten og ikke mindst anvende arealerne i flere timer om ugen.

Bedre udnyttelse af arealerne medfører som regel investeringer i ombygninger eller rokader og en mindre forhøjelse af driftsudgifterne (lidt mere rengøring, evt. lidt højere energiforbrug).

Forøgelsen af kvaliteten medfører som regel en investering med henblik på at skabe bedre forhold fx bedre lys, bedre akustik eller bedre adgangsforhold

Anvendelse i længere tid kræver derimod ofte kun ingen eller meget få ændringer af rummene for, at der kommer flere brugere af rummene over en større del af døgnet i alle ugens dage. Forøget anvendelse er almindeligvis derfor kun marginalt dyrere, da en stor del af driften allerede afholdes for de tomme eller lavt benyttede arealer.

Der findes mange feltstudier for en række kommunale bygninger, hvor der ved rundgang og manuelle tællinger er indsamlet data om tilstedeværelse og anvendelse.

Disse manuelle feltstudier har dog flere begrænsninger: data er begrænset til de dage og tidspunkter, hvor gennemgangen er foretaget; data er ikke altid repræsentative; brugerne har af og til ændret adfærd i forbindelse med indsamling af data.

Men fremfor manuel indsamling af data kunne alternativet være nemmere og billigere sensorteknologier til at indsamle objektive data om anvendelse.

For at undersøge de teknologiske muligheder til at kunne dataunderstøtte øget *anvendelse* af de kommunale bygninger, dvs. mere aktivitet i bygninger, iværksatte KL projektet 'Aktive bygninger', som beskrives i nærværende rapport.

'Aktive bygninger' skal afdække mulighederne for at tilvejebringe valide anvendelses- og aktivitetsdata i bygninger ved hjælp af forskellige teknologier primært sensorteknologier understøttet af konkrete, praksisnære pilotforsøg.

Dette skal ses i lyset af den hastige udvikling, der er indenfor Internet of Things (IoT) sensorer. I 2015 var der ca. 15,4 milliarder IoT-enheder på internettet mens det forventes, at der i år 2025 vil være ca. 75,5 mia. IoT-enheder tilkoblet internettet³. Dette er en femdobling på kun 10 år.

I nærværende rapport er der også medtaget "gamle" teknologier, som fx CTS, ADK, ITV, AIA og BMS. Se bilag 1 for uddybende informationer om de anvendte teknologier og tekniske udtryk.

Pilotforsøgene

I forbindelse med projektet 'Aktive bygninger' er udført fem pilotforsøg.

Pilotforsøgene tager udgangspunkt i konkrete problemstillinger med henblik på at undersøge hvilke teknologiske muligheder, der er for at frembringe brugbare data. De praksisnære pilotforsøg har fokus på følgende sektorer:

- Skoler
- Kulturbygninger
- Idrætsfaciliteter
- Administrationsbygninger

Disse sektorer dækker typisk 75-80% af det samlede kommunale areal.

Strategisk, taktisk og operationel anvendelse af data til arealoptimering

Anvendelses- og aktivitetsdata for bygningerne skal som nævnt bruges til at øge anvendelsen af bygningerne over en større del af døgnet i alle ugens dage. Dette kan ske på et strategisk, taktisk og/eller et operationelt niveau.

Strategisk niveau

Anvendelsesdata giver anledning til at overveje porteføljens sammensætning: er der for mange arealer/bygninger af en type og for få af en anden?

Taktisk niveau

Planlægges anvendelsen af arealerne optimalt, fx i forbindelse med tildeling af hal-tid til forskellige foreninger eller inddeling i skoledistrikter i forhold til antal elever.

Operationelt niveau

Hvis data modtages i realtid er der mulighed for at udpege tomme lokaler/arealer, så fx mødelokaler kan tilbydes til den lokale boligforening.

Data kan også anvendes af Facilities Management

Udover at bruge data til at øge anvendelsen af arealerne kan data også bruges af FM til en række strategiske, taktiske og operationelle opgaver fx:

Strategisk

- Udarbejdelse af en Space Management eller Workplace Strategi fx fordeling mellem kontor og mødefaciliteter og mellem fast og fleksible arbejdspladser (primært administrationsbygninger).

Taktisk

- Vurdering af indeklima og evt. behov for ændringer på ventilation og varme for energioptimering (dog ofte allerede dækket af CTS systemer).
- Overvejelser om rengøringsniveauer i forhold til belastning af området.

Operationel

- Reduktion af madspild i bygninger med kantiner, hvor informationer om tilstedeværelse af personer i en bygning giver kantinen mulighed for kun at stille mad frem i forhold til antal fremmødte.

Pilotforsøgene har strategisk og taktisk fokus

Nærværende rapport har primært fokus på de strategiske og taktiske muligheder for at øge bygningernes anvendelse i en større del af døgnet i alle ugens dage for dermed at øge det aktive areal.

Forøgelse af det aktive areal og reduktion af bruttoarealet giver den største effekt, fordi reduktion af arealer giver den fulde besparelser med hensyn til rengøring, vedligehold, forsikringer mv. fremfor de langt mindre besparelser som opnås ved energioptimering (her kan der måske spares 10-15% af 20-25% af omkostningerne, dvs. 2-4% af de samlede udgifter).

Med andre ord:

**Den dyreste m² er den, man ikke anvender
og den billigste kvadratmeter er den, man ikke længere har.**

Rapportens opbygning

Afsnit 1 giver baggrund og begrundelse for projektet 'Aktive bygninger' samt dataindsamlingens fordele og muligheder.

I *Afsnit 2* beskrives 'datacirklen' inklusiv vigtigheden af, at man inden dataindsamlingen gør sit behov klart og vælger detaljeringsgrad for indsamling af data. Der er opstillet fem forskellige niveauer for detaljeringsgrad til overvejelse.

Afsnit 3 beskriver de fem førnævnte pilotforsøg med hensyn til mål for det enkelte pilotforsøg, anvendte teknologier, uddrag af de indsamlede data og en kort analyse af de indsamlede data.

De fem pilotforsøg omfatter:

- **Pilotforsøg 1: Skole – Hillerød Kommune**
En hel fløj af en skole, dvs. ikke et enkelt lokale, men et større afgrænset, sammenhængende areal.
- **Pilotforsøg 2: Idræt – Gentofte Kommune**
En idrætshal med high-tech sensor (Wi-Fi) til dækning af hele bygningen både hal, omklædning og klublokaler.
- **Pilotforsøg 3: Administration – Ballerup Kommune**
Ét specifikt lokale i en administrationsbygning og adgang til etagen.
- **Pilotforsøg 4: Kultur – Hillerød Kommune**
Ét specifikt lokale i en kulturbygning med varierende typer af aktiviteter.
- **Pilotforsøg 5: Idræt – Ballerup Kommune**
En idrætshal med low-tech sensor (IR) til dækning af hallen.

I *Afsnit 4* beskrives en række af de organisatoriske samt tekniske barrierer og udfordringer, der blev oplevet i løbet af projektet, samt hvordan disse blev håndteret.

I *Afsnit 5* findes en beskrivelse af nyttiggørelse af indsamlede data, der gives forslag til nøgletal for benchmarking og benchlearning samt til yderligere analyse af data.

Der er et eksempel på, hvordan en meta-analyse, dvs. analyse af data om data, kan gennemføres.

Endvidere er der forslag til nyttiggørelse af anvendelses-data på tværs af porteføljen samt anbefalinger til udarbejdelse af et 'Mulighedskatalog' gennemført i fire faser.

Afsnit 6 giver konklusioner på pilotforsøgene og anbefalinger til metoder til indsamling af data.

Afsnittet indeholder også perspektiver omkring den forventede stigning i antallet af IoT-enheder med de der tilhørende øgede muligheder ikke kun for at indsamle data for optimering af arealer, men også de konflikter der kan opstå, hvis man anvender disse data til at overvåge brugerne.

Afsnit 7 beskriver kort tilblivelsen af rapporten med tidsplanen for faserne, styregruppens deltagere samt øvrige bidragsydere.

Afsnittet indeholder tillige en liste med udvalgt litteratur og referencer og udvalgte forkortelser uddybes.

Bilag 1 indeholder en samlet oversigt over de anvendte teknologier i pilotforsøgene inkl. IoT-enhederne. Dette er tænkt som uddybninger og præciseringer i forbindelse med rapportens til tider tekniske detaljer.

2. Databehov

2. Databehov

Datacirklen

Formålet med indsamling af data bør altid overvejes inden start på et projekt. Hvilke data er der behov for? Hvordan kan data indsamles og analyseres? Hvordan kan data nyttiggøres i projektet? Sammenhængene mellem behov, indsamling, analyse og nyttiggørelse er illustreret i datacirklen i figur 2.

Hvis halvtomme bygninger og bygninger, der kun benyttes få timer i døgnet, skal undgås, betyder det, at der skal tænkes i løsninger, hvor bygninger anvendes flere timer i døgnet, og hvor alle funktioner og lokaler anvendes.

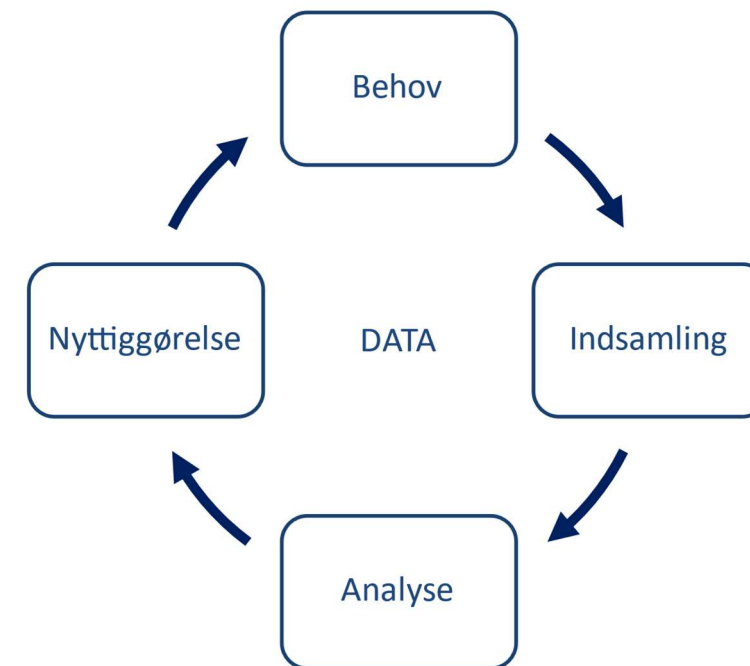
Formålet med at kunne anvende de kommunale ejendomme til flere funktioner og af flere brugere i løbet af døgnet er fx

- at rykke flere kommunale funktioner sammen på færre kvadratmeter, således at ejendomsporteføljen bliver mindre
- at finde plads til nye aktiviteter på de eksisterende kvadratmeter for at anvende arealerne mere intensivt
- at vurdere om arealerne kun anvendes i visse perioder, hvorved tidsrummet kan udvides

Afhængig af formålet kan der være forskellige behov for dataomfang og typer af data, der skal indsamles.

I pilotforsøgene er der fokus på test af forskellige teknologier til indsamling af anvendelses- og aktivitetsdata for øget anvendelse af bygninger indenfor følgende sektorer i den kommunale verden:

- Skoler
- Kulturbygninger
- Idrætsfaciliteter
- Administrationsbygninger



Figur 2: Datacirklen (Kilde: fm3).

Der er i pilotforsøgene kun fokus på indsamling af *kvantitative* data om aktuel anvendelse og aktivitet. Der er således ikke i pilotforsøgene medtaget indsamling af kvalitative data, fx om indretning og møblering evt. begrænser multifunktionalitet og deling.

Ved konkrete projekter bør man altid overveje behov for både kvantitative og kvalitative data. Det giver for eksempel ikke nødvendigvis mening, at der er plads, hvis det er meget dyrt at udnytte muligheden.

I forbindelse med overvejelserne om formål og databehov er det derfor vigtigt også at se på Business Casen. Hvilke besparelser (om nogen) skal disse data kunne understøtte? Skal gevinsterne opgøres i penge eller immateriel værdi, som fx at flere brugere får mulighed for at udøve flere aktiviteter?

Afklaring af behov og formål er derfor essentielt inden en beslutning om indsamling af data træffes.

Databehov – Detaljeringsgrad

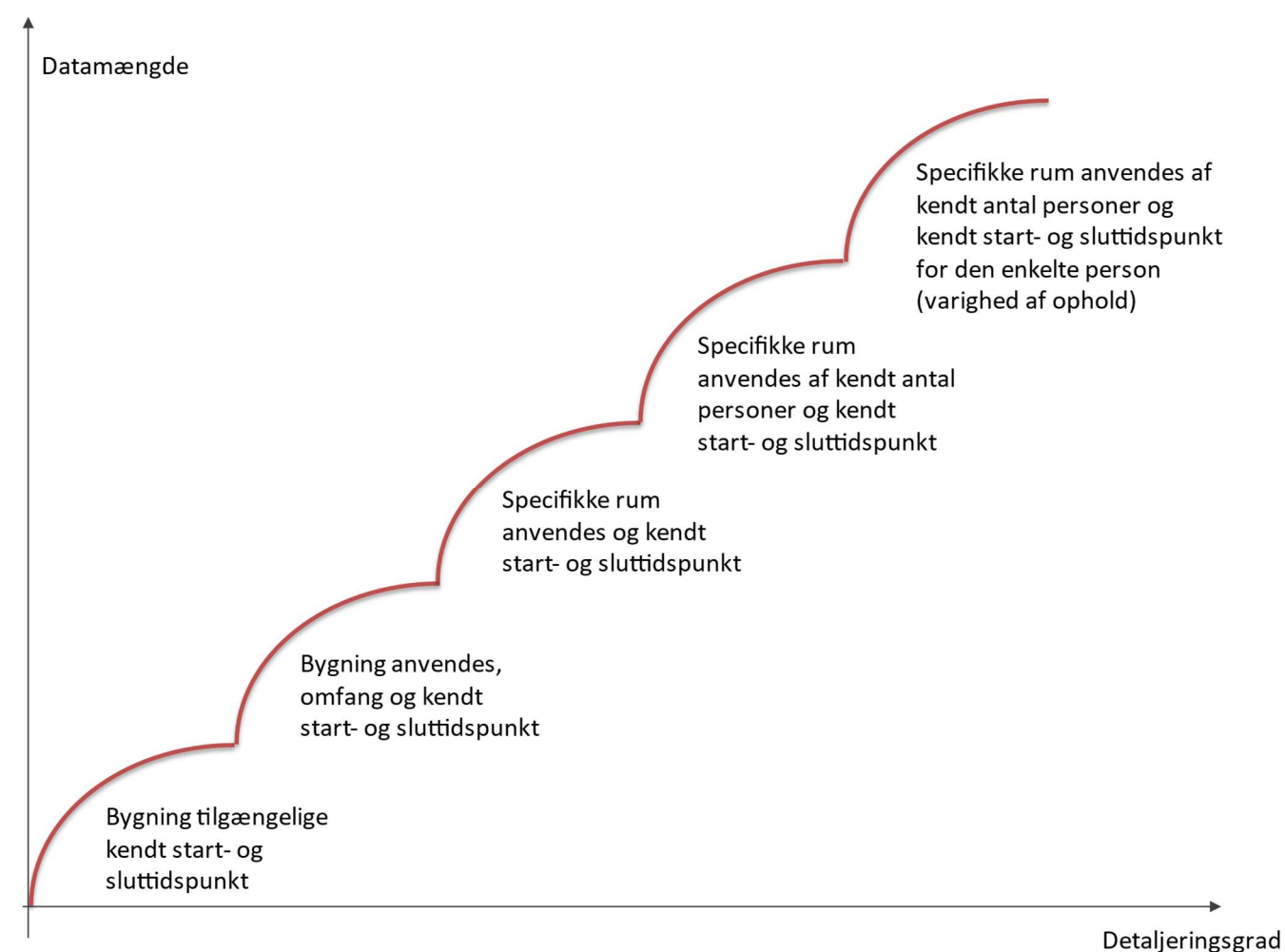
For kvantitative anvendelsesdata kan behovet for detaljeringsgraden være forskelligt. Er der fx behov for at vide, hvor mange personer der har anvendt en bygning eller blot om bygningen anvendes?

I figur 3 er opstillet fem forskellige niveauer for detaljeringsgrad:

1. Bygning tilgængelig, kendt start- og sluttidspunkt.
Bygningens åbnings- og lukketid er kendt, men ikke om brugerne anvender ejendommen.
2. Bygning anvendes, omfang og kendt start- og sluttidspunkt.
Start- og sluttidspunkt for brugernes anvendelse er kendt, og om der er mange eller få brugere, men uden at kende et præcist antal.
3. Specifikke rum anvendes og kendt start- og sluttidspunkt
Start- og sluttidspunkt for brugernes anvendelse af et specifikt rum er kendt.
4. Specifikke rum anvendes af et kendt antal personer og med kendt start- og sluttidspunkt for anvendelse.
5. Specifikke rum anvendes af kendt antal personer og kendt start- og sluttidspunkt for den enkelte person (varighed af ophold).

Som tommelfingerregel bør man vælge den lavest mulige detaljeringsgrad. Et behov for eller et ønske, om en højere detaljeringsgrad vil have en række konsekvenser bl.a.:

- Øgede krav til den/de anvendte teknologier mht. bl.a. omfang og nøjagtighed, hvilket typisk øger udgifterne til installation og drift.
- Højere detaljeringskrav giver øgede datamængder, der skal opsamles, opbevares, analyseres og nyttiggøres, hvilket øger ressourceforbruget.



Figur 3: Sammenhæng mellem detaljeringsgrad og datamængde ved forskellige databehov (Kilde: fm3).

- Højere detaljeringsgrad betyder typisk også, at data kan blive mere henførbare til personer, og der dermed kan være krav i forhold til fx GDPR, databehandling, anonymisering og kryptering af data

En række af disse forhold er beskrevet i de efterfølgende afsnit.

3. Pilotforsøgene: Dataindsamling - Dataanalyse

3. Pilotforsøgene: Dataindsamling - Dataanalyse

Pilotforsøgene

Pilotforsøgene er udvalgt for at kunne afdække forskellige teknologiske muligheder til indsamling af valide anvendelses- og aktivitetsdata i kommunale bygninger i typiske situationer og for typiske behov:

- **Skoler**

Valide aktivitetsdata i skoler, primært til dokumentering af anvendelsesgrad, med henblik på afdækning af muligheder for fx yderligere fritidsaktiviteter og fritidsundervisning efter normal skoletid

- **Idrætsfaciliteter**

Aktivitetsmåling i idrætshaller, primært til afdækning af spidsbelastningsperioder, mulighed for udjævning eller forøgelse af aktivitet i lavt benyttede perioder

- **Administrationsbygninger**

Registrering og vurdering af arbejdsplads- og mødekapacitetsbehov, primært til afdækning af muligheder for optimering og samling af administrative arealer

- **Kulturbygninger**

Aktivitetsdata i kulturbygninger, primært for afdækning af belastning og for at kunne øge aktivitetsudbud i lavt benyttede perioder

Disse fire sektorer for pilotforsøgene dækker typisk 75-80% af den samlede kommunale ejendomsmasse, hvor skoleområdet er det største med typisk 50% af den samlede kommunale ejendomsportefølje.

Teknologier og teknologiovervejelser

Projektet med pilotforsøgene udspringer af KL's digitale handlingsplan, som skal understøtte kommunernes arbejde med digitale løsninger og teknologi, underforstået nye digitale løsninger, de såkaldte 'smarte' enheder eller 'Internet of Things', IoT-enheder.

IoT-enheder er 'dimser' ('Things' i IoT), som ikke er traditionelle computere, men som indeholder en CPU, software, en eller flere sensorer og dataoverførelse til internettet ('Internet' i IoT).

Men mens det er nyt, at fx køleskabet har en IoT-enhed, er det ikke nyt, at der i bygninger er CTS-anlæg (Central Tilstandskontrol og Styring) og BMS-anlæg (Building Management Systemer) med sensorer og styringsenheder.

Formålene med CTS- og BMS-systemer er primært at styre indeklimaet (temperatur, luftkvalitet og lys), men nogle CTS- og BMS-systemer indeholder også sensorer fx CO₂ målere, der kan give data om tilstedeværelse af personer.

Derudover er der ofte i bygninger installeret AIA (Automatisk Indbruds Alarm, tyverialarm) og/eller ADK (Automatisk Adgangs Kontrol), hvor især ADK-anlæg kan give data om tilstedeværelse af personer.

Karakteristiske for "gamle" sensorer er, at signaler mellem sensor og PC overføres gennem ledninger *hele* vejen. Endvidere indeholder gamle sensorer ikke en CPU eller software og kan derfor kun overføre målinger såsom temperatur.

IoT-enhederne kan med en CPU og den software de indeholder sende bearbejdede data som fx optælling af antal personer på et billede.

De nye IoT-enheder forsøger (som de gamle enheder) at efterligne nogle af menneskets sanser:

- Se
- Høre
- Lugte
- Føle

I relation til data om anvendelse og aktivitet er der i figur 4 opstillet *hypoteser* om, hvilken detaljeringsgrad de forskellige sensortyper kan bidrage med.

Se

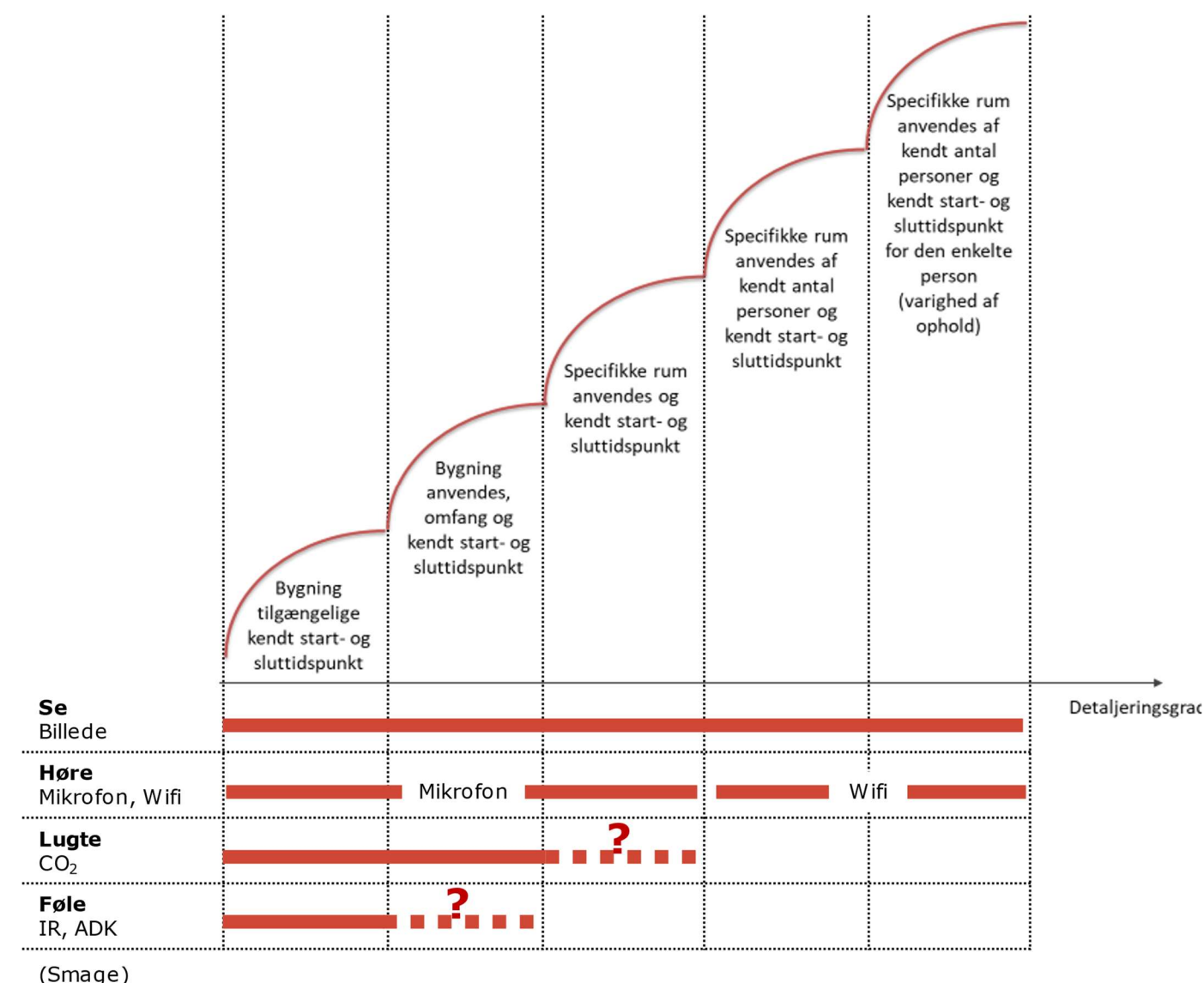
Det forventes, at sensorerne, der anvender synet (video eller stillbillede), kan give de mest detaljerede informationer om anvendelse og aktivitet. Sensorer, der måler lys, er også en se-sensor, men denne er ikke fundet relevant i nærværende sammenhæng.

Høre

Sensorer med en mikrofon, der kan høre aktivitet i rummet, forventes at dække en del af behovet. Sensorer, der lytter efter Wi-Fi signaler fra brugernes mobiltelefon, tablets og/eller PC, forventes at kunne give detaljerede informationer om anvendelse og aktivitet.

Lugte

Sensorer med lugtesans måler luftens indhold af CO₂ og de ændringer, der sker qua menneskelig tilstedeværelse. Dog er der usikkerhed om, hvor detaljerede data, der kan fås fra en CO₂ sensor.



Figur 4: Forventede sammenhænge mellem sensor-typer og detaljeringsgrad af data. Se de faktiske sammenhænge som konklusion af pilotforsøgene i figur 29 (Kilde: fm3).

Føle

En IR-sensor føler infrarød stråling, det vil sige varmestråling fra personer. Det er usikkert, hvor detaljerede data, der kan opnås med en IR sensor.

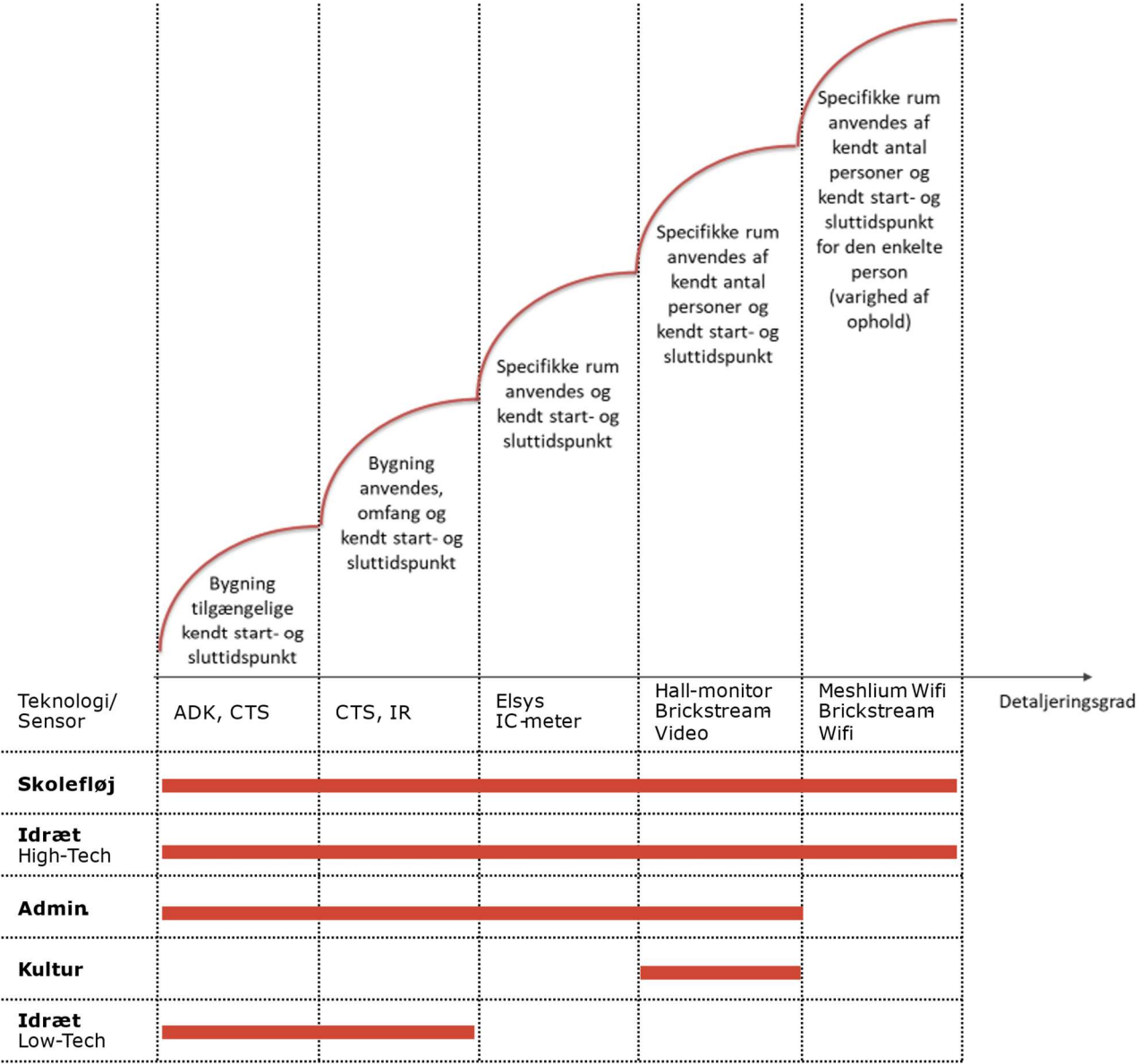
ADK-sensorer aktiveres af tryk af kode eller magnetkontakt med et adgangskort/adgangsbrik.

Sensorerne i pilotforsøget er stillet til rådighed af producenter/leverandører af sensorerne eller af de deltagende kommuner. Der har med det begrænsede antal sensorer været et ønske om at:

- 1) få afdækket de teknologiske muligheder til indsamling af valide anvendelses- og aktivitetsdata i forhold til de typiske situationer og behov
- 2) teste så mange teknologier i forhold til hinanden ved at have flere forskellige typer af sensorer eller teknologier i et koncentreret område

På den baggrund er der foretaget en række valg, der har medført en sammenhæng mellem pilotforsøg, teknologier og detaljeringsgrad, som det fremgår af figur 5. Fokus for de forskellige pilotforsøg er som følger:

- Pilotforsøg 1: Skole – Hillerød Kommune**
 En hel fløj af en skole, dvs. ikke et enkelt lokale, men et større afgrænset, sammenhængende areal.
- Pilotforsøg 2: Idræt – Gentofte Kommune**
 En idrætshal med high-tech sensor (Wi-Fi) til dækning af hele bygningen både hal, omklædning og klublokaler.
- Pilotforsøg 3: Administration – Ballerup Kommune**
 Ét specifikt lokale i en administrationsbygning og adgang til etagen.
- Pilotforsøg 4: Kultur – Hillerød Kommune**
 Ét specifikt lokale i en kulturbygning, med varieret typer af aktiviteter.
- Pilotforsøg 5: Idræt – Ballerup Kommune**
 En idrætshal med low-tech sensor (IR) til dækning af hallen.



Figur 5: Valgte teknologi/sensor i pilotprojekterne i forhold til detaljeringsgrad (Kilde: fm3).

På de efterfølgende sider og i bilag 1 er pilotforsøgene og de anvendte teknologier beskrevet nærmere.

Pilotforsøg 1: Skole – Hillerød Kommune

Frederiksborg Byskole, Carlsbergvej 13, 3400 Hillerød

Formål og databehov

Formålet var at finde valide aktivitetsdata, primært til dokumentering af anvendelsesgrad, med henblik på afdækning af muligheder for fx yderligere fritidsaktiviteter og fritidsundervisning efter normal skoletid. Det forventes, at der kan findes plads til evt. nye aktiviteter på de eksisterende kvadratmeter for dermed at anvende arealerne mere intensivt (der er dog ikke aktuelt planer herom).

I pilotforsøg 1 var fokus på at indsamle data for en hel fløj/etage, dvs. ikke et enkelt lokale, men et større, afgrænset, sammenhængende areal.

Etagen er på ca. 650 m² og består af otte klasselokaler, der i dagtimerne anvendes af udskolingen (7.-9. klasse) som almindelige klasselokaler, dvs. ikke faglokaler.

Anvendte teknologier

Adgangen er begrænset til en trappe i hver ende af etagen og er derfor oplagt til opsætning af kameratællinger ved trappedørene.

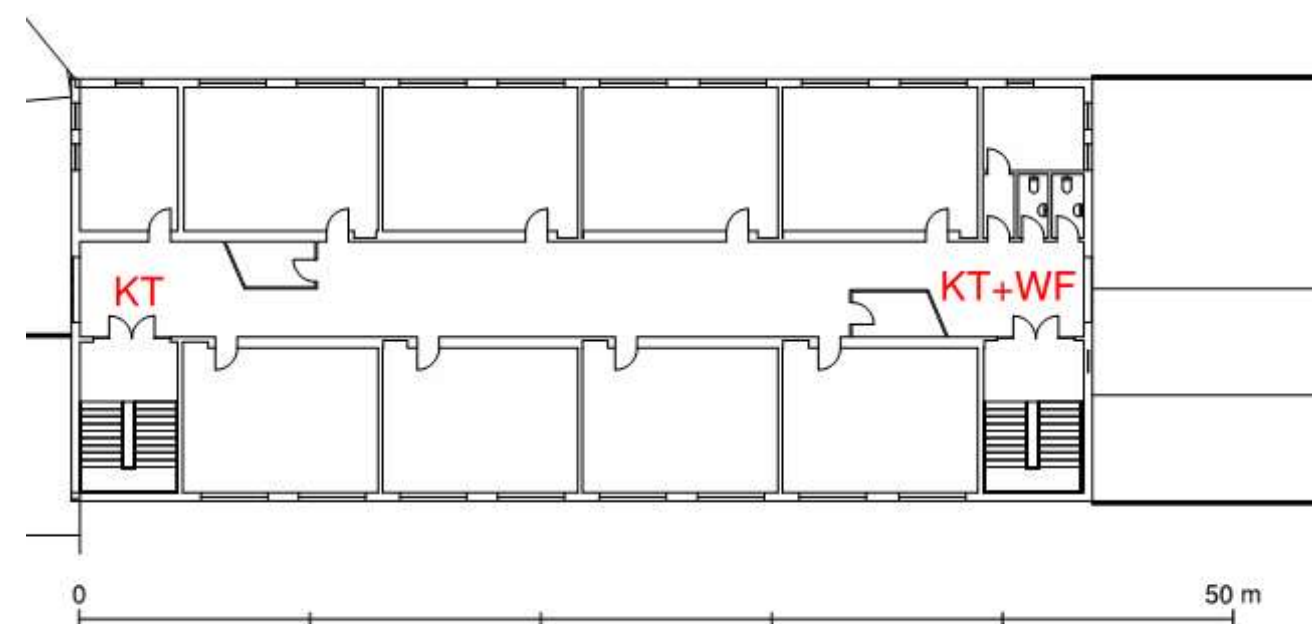
Med kameratællinger er der hele tiden en status på antal personer på etagen, da kameratælleren kan "se", om personer går ind eller ud af etagen.

Udover kameratæller er der også en Wi-Fi sensor, der kan opfange signaler fra alle tændte smartphones, tablets og bærbar PC'ere.

Der er ikke ADK, CTS eller AIA på etagen.

KT: Kameratælling ind/ud af dør

WF: Passiv wi-fi 'sniffer' for tilstedeværelse af smartphone/tablet/PC



Figur 6: Byskolen fløj 9, 2. sal med placering af sensorer (Tegning: Hillerød Kommune).

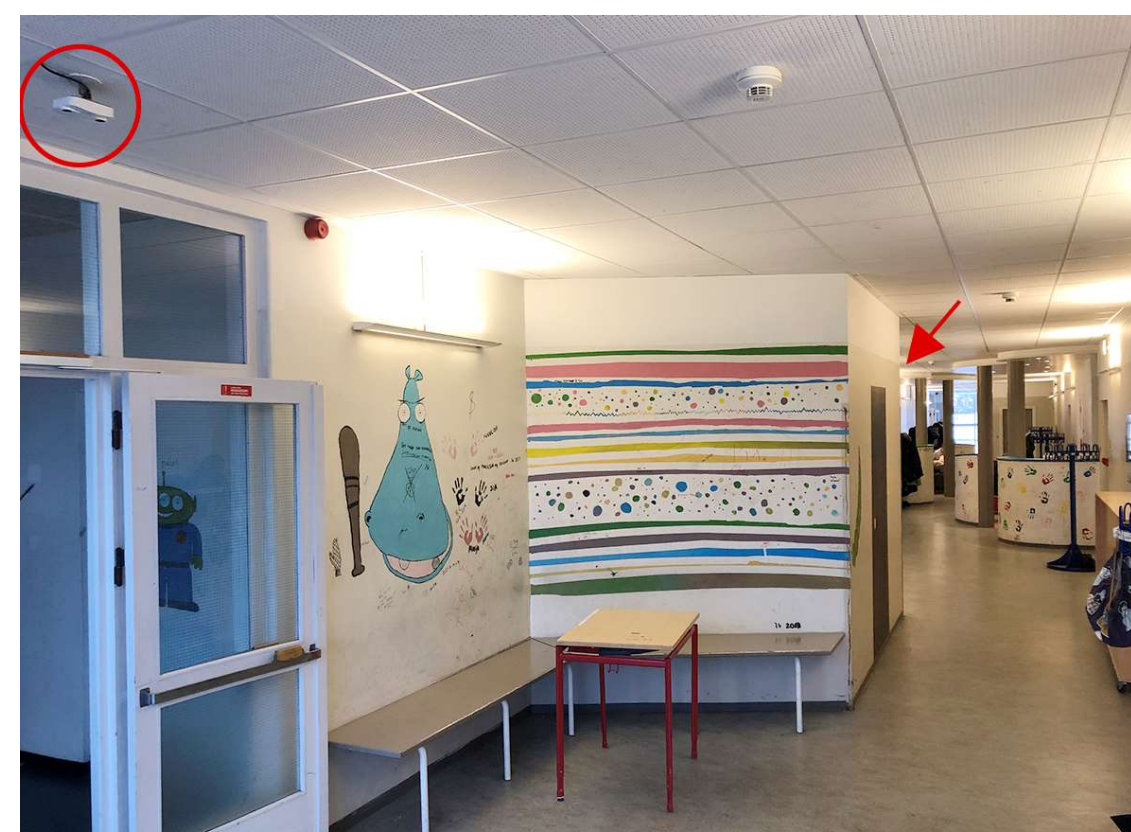


Foto 1: Placering af KT+WF-enhed, cirkel og KT-enhed, pil (Foto: fm3).

Indsamlede data

Data fra de to kameratællere (Brickstream, hvoraf én med Wi-Fi sensor) sendes via kommunens internet ved tilslutning med kabel. Brickstream-enheden er videobaseret. Den optæller antal personer i 15 minutters intervaller, og data leveres (dagligt pr. e-mail) i bearbejdet form i en Excel-fil med flere faner. Wi-Fi enheden optæller og sender data hver halve time til server om antal mobile enheder (smartphones/tablets/PC'er), der bliver registreret af Wi-Fi enheden.

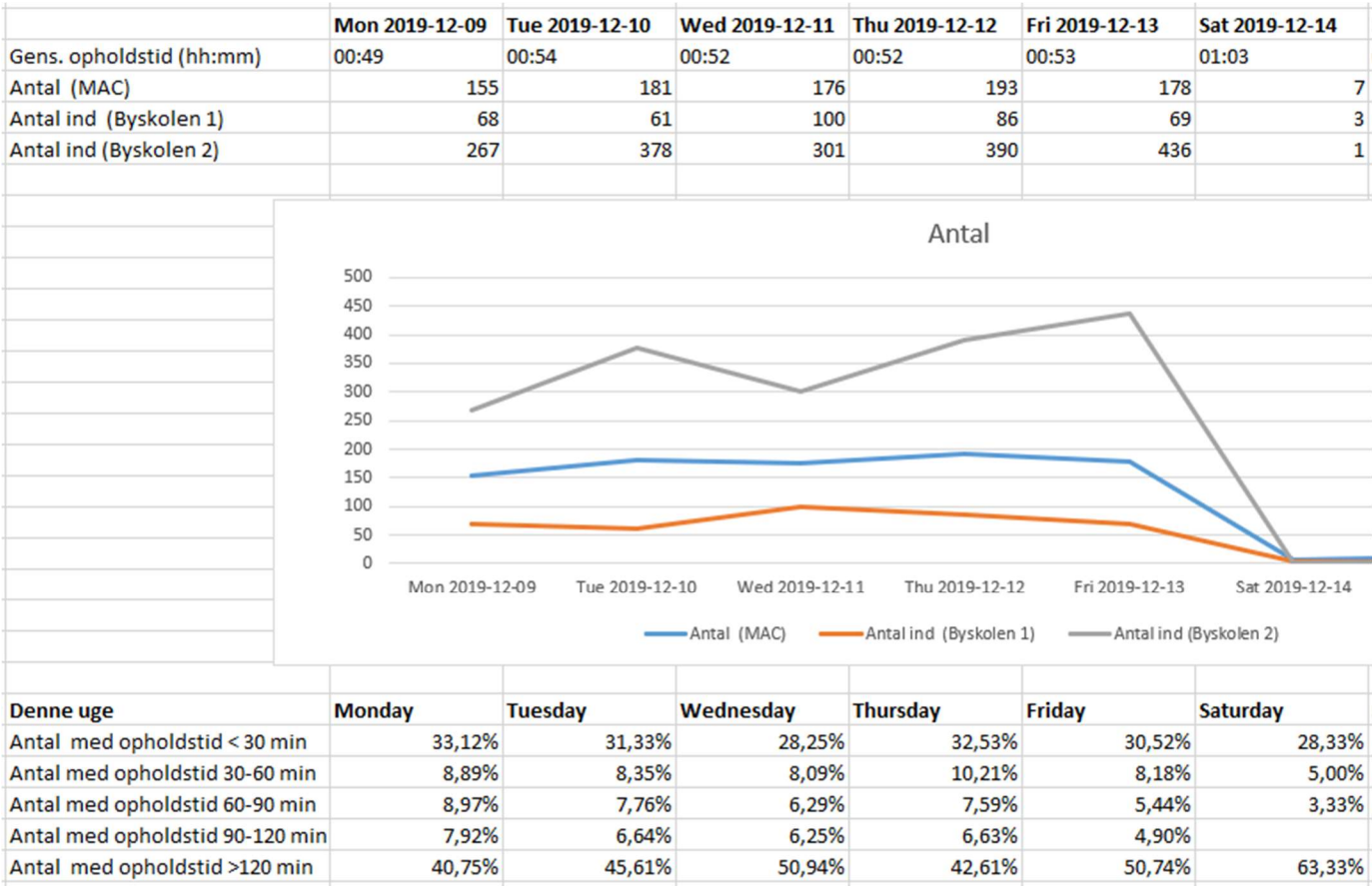
Hvis man sammenligner personantal, som kameraerne tæller i løbet af dagen, som går ud og ind af etagen (delvis medtaget i figur 7) bør summen være den samme ved dagens afslutning, da etagen er tom om natten. Over perioden med tællinger var der en fejlmargen i forskellen mellem ind/ud på etagen på mellem 0% og 10%. Det antages, at fejltælling især sker, når der er mange, der samtidig går ind/ud.

På figur 7 er også medtaget antal personer optalt med Wi-Fi (antal MAC adresser). MAC-tallet er lavere end antal personer ind/ud, da MAC-tallet er et udtryk for antal unikke Wi-Fi signaler, mens en person kan tælles flere gange ind/ud af etagen.

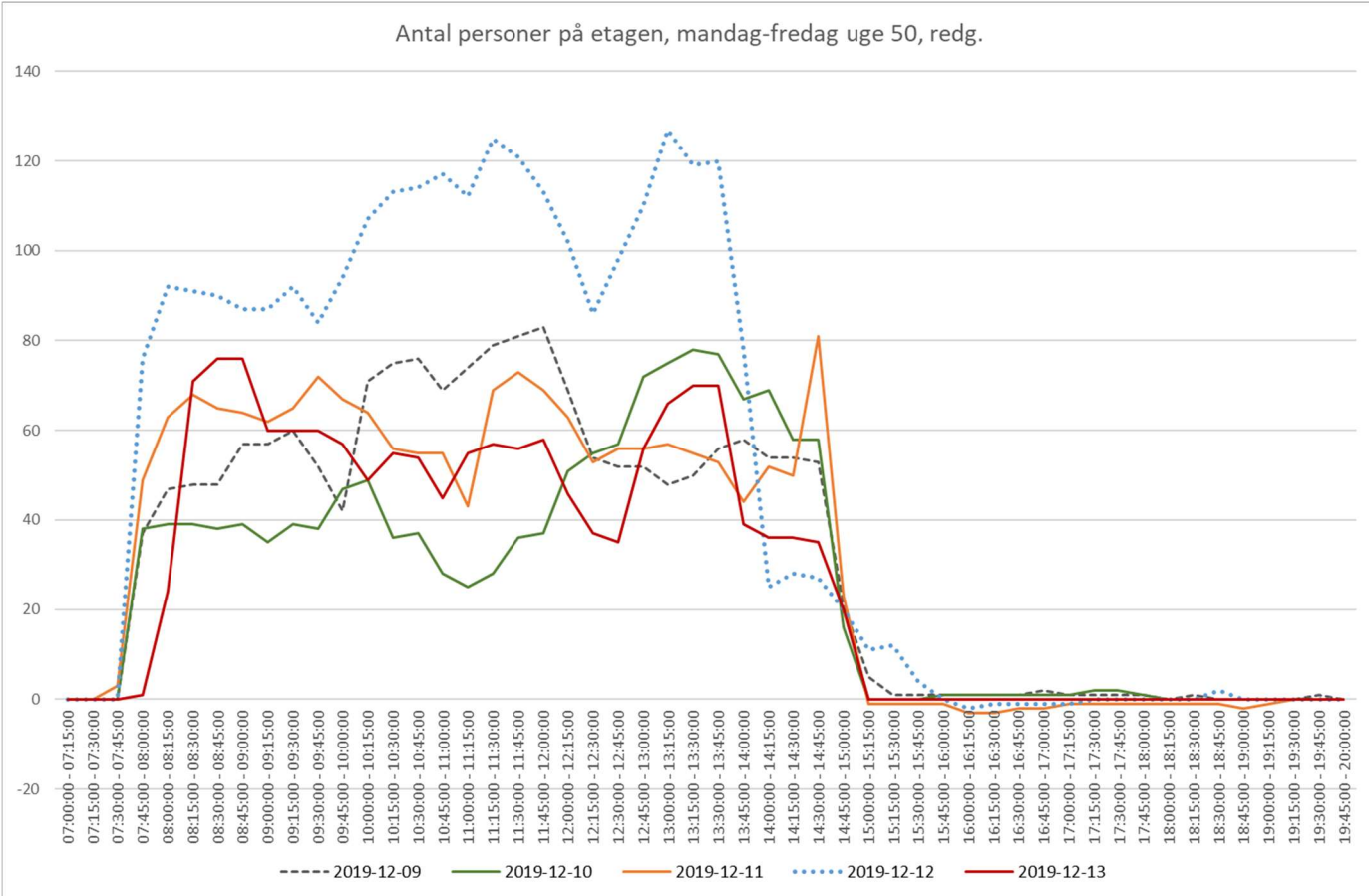
Forskellen mellem personer der går ind/ud på etagen modsvarer tilstedeværelsen, som vist i figur 8 for uge 50. Der er kun medtaget hverdage, da der ikke er registreret aktivitet for lørdag/søndag i uge 50. Data i figur 8 er kompenseret for evt. unøjagtigheder i tællingerne. Figuren viser, at der er flest personer på etagen om torsdagen, mens de øvrige fire dage er nogenlunde på samme anvendelsesniveau.

Det har ikke med de modtagne data været muligt at sammenligne, om MAC-tallet for et givet tidsrum matcher ind/ud tællingerne. Dette ville have givet en god indikation, om hver bruger havde flere enheder. Dette antages at være tilfældet, da eleverne har bærbare PC'er og de fleste af eleverne formentlig har en smartphone.

Samlet set vurderes data som valide og med et højt konfidensniveau i forhold til at kunne dække en etage, men der er ikke data om de enkelte lokaler.



Figur 7: Uddrag af data fra Excel-arket. Kilde: Brickstream IoT-enhed (Kilde: IoT-enhed).



Figur 8: Antal personer på etagen. Data bearbejdet og opstillet grafisk på baggrund af data i Excel-ark (Kilde: Brickstream IoT-enhed og fm3 bearbejdelse).

Pilotforsøg 2: Idræt – Gentofte Kommune

Byens Hus, Hellerupvej 22-26, 2900 Hellerup

Formål og databehov

Formålet var at finde valide aktivitetsdata primært til afdækning af spidsbelastningsperioder. Ønsket var, at arealerne kunne benyttes mere intensivt. Man undersøgte derfor mulighed for udjævning eller forøgelse af aktivitet i lavt benyttede perioder. Dermed kunne der anvises mulighed for nye aktiviteter på de eksisterende kvadratmeter.

Da Gentofte Kommune har meget lidt ledig byggejord, er der meget begrænset mulighed for opførelse af en ny idrætshal, hvorfor data om aktiviteter i denne hal skal ses i et bredere perspektiv for kommunens idrætsanlæg. Data har derfor også indgået i et Gate21-projekt⁴.

Idrætshallen er opført i 2001 og er på ca. 1.530 m² inklusiv hal, omklædning og klublokaler.

Der er kendt teknologi (fx HallMonitor, se pilotforsøg 4), som alene kunne dække hallen. Men i pilotforsøg 2 fokuseres der på, at dække aktivitet og anvendelse af *hele* bygningen med én high-tech sensor (Wi-Fi) dvs. hal, omklædning samt klublokaler.

Anvendte teknologier

Bygningen er fritliggende og brugerne har kun adgang via en indgang på vestsiden af bygningen. Indgangen her er også overvåget af ITV og AIA. Indgangen mod øst er aflåst og anvendes kun meget sjældent.

Med Wi-Fi sensor kan alle signaler fra tændte smartphones, tablets og bærbar PC'ere opfanges i hele bygningen.

Der er CTS til styring af temperatur, men ikke sensor for CO₂.

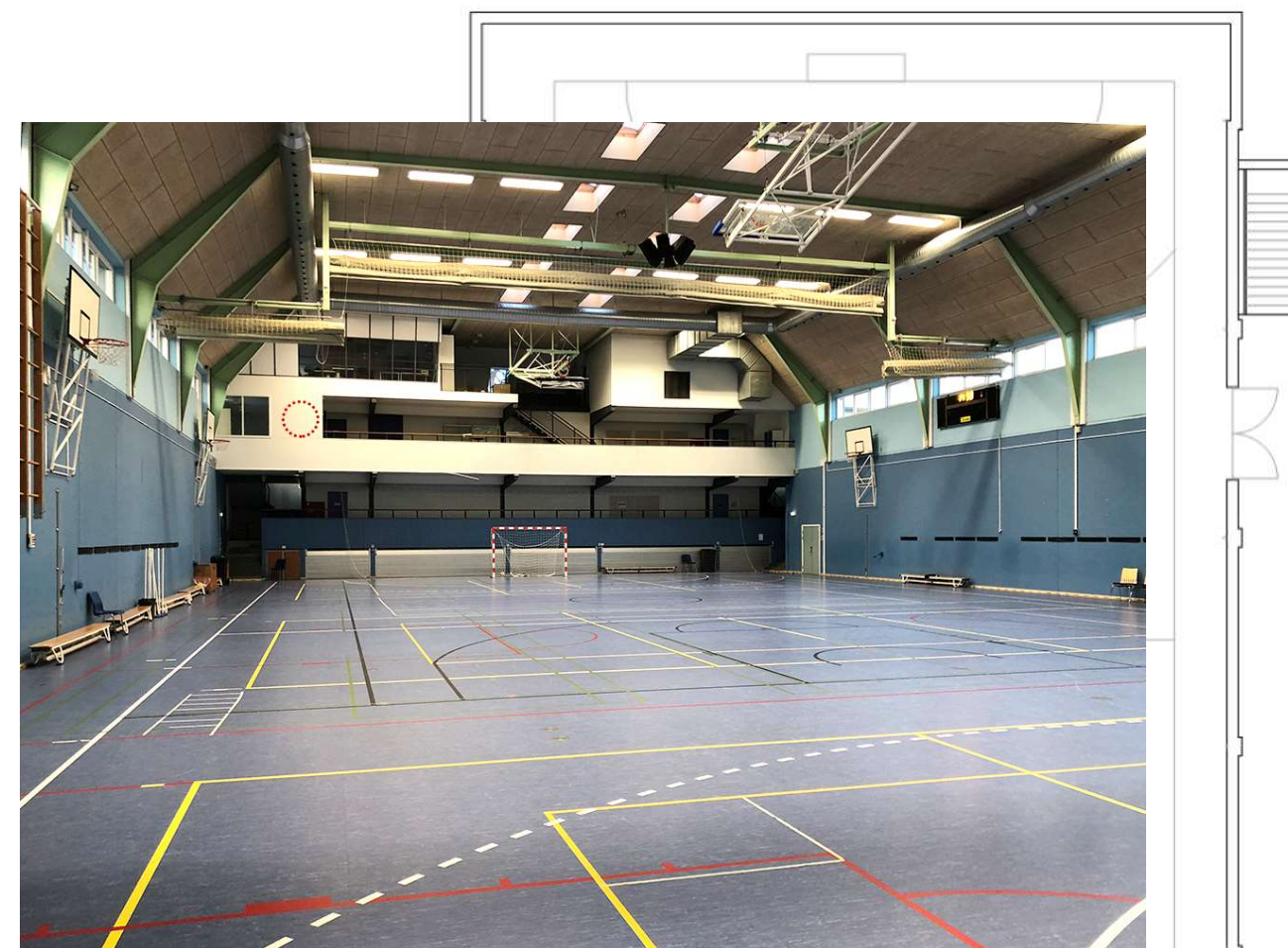
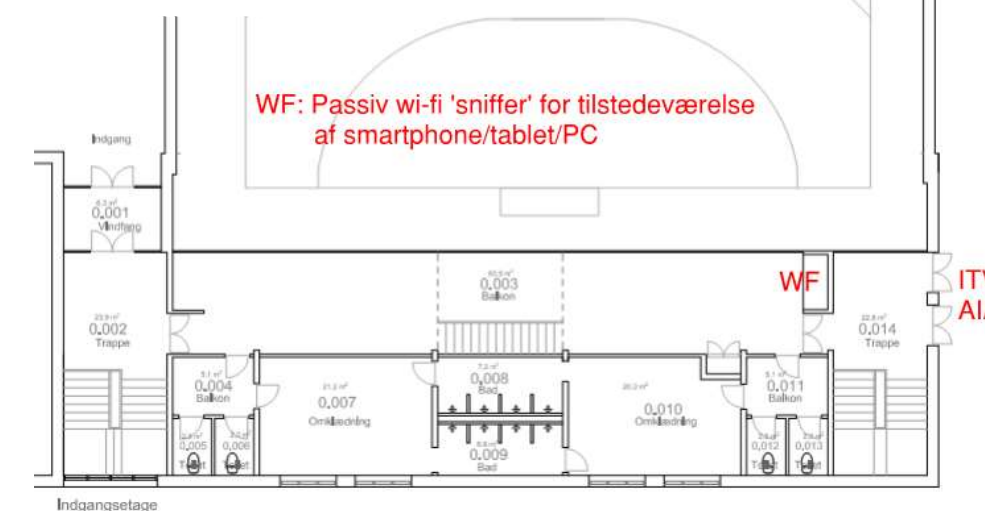


Foto 2: Placering af Wi-Fi-sensor i skab bag væg (Foto: fm3).



Figur 9: Byens Hus, Idrætshal (Tegning: Gentofte Kommune).

Indsamlede data

Denne IoT-enhed var den, der indsamlede data i længst tid fra 24. januar 2019 til 28. november 2019, hvor IoT-enheden blev slukket. IoT-enheden er en passiv Wi-Fi-sensor, der registrerede *alle* signaler indenfor rækkevidde og gemmer dem på IoT-enhedens SSD-harddisk. Hvert 6. minut hentes data over 4G til server.

I alt blev der i forsøgsperioden logget 1.373.834 signaler fra smartphone/tablets/bærbar PC jf. uddrag af data tabel i figur 10. I tabellen er bl.a. tidspunkt for registrering, MAC-adresse (delvis sløret), signalstyrke (RSSI), smartphones evt. producent, om smartphone var koblet til en af hallens Access-points (AP). Tilkobling til et Access-point viser, at smartphone/tablet/PC er kendt af Kommunens netværk.

I figur 11 er der uddrag for aktiviteten i hele bygningen for henholdsvis uge 10 (4.-10. marts) og uge 45 (4.-10. nov.).

For verificering af datavaliditet blev der foretaget enkelte stikprøver, hvor man på baggrund af tællinger fra ITV/videoovervågning kunne sammenligne med registrering fra Wi-Fi sensor. Forskellen lå indenfor +/- 15% på dagene for stikprøverne. Usikkerheden var forventet større, men hænger måske sammen med, at personer, der bruger idrætshallen kun medbringer én enhed (smartphone), da de fleste alene medbringer en idrætstaske og ikke skole/arbejdstaske med flere enheder.

Det var forventet, at signalstyrken (RSSI) kunne give informationer om personernes placering i bygningen. Men enkelte forsøg gav ikke noget brugbart resultat, hvilket tilskrives, at smartphones sender med forskellig signalstyrke og at placering i fx en taske også har en indvirkning på styrken. Der gennemførtes ikke forsøg med en Wi-Fi-enhed i hver ende af bygningen. Dette ville måske have givet et brugbart resultat.

Konklusionen af pilotforsøget er, at Wi-Fi giver pålidelige data om omfang af anvendelse for hele bygningen (ingen, lavt, mellem eller højt) samt brugbare data om længde af ophold, men Wi-Fi giver ikke valide data om anvendelse på rumniveau.

ID_frame	TimeStamp	MAC	SSID	RSSI	Vendor	Type	AP	MeshiumID
24116613	2019-11-27 22:03:00	F8:E9:4E:1B		-1	Unknown	C	04:F0:21:48:8F:AC	18324095235527
24116612	2019-11-27 22:03:00	D0:C5:F3:7C		-1	Unknown	C	00:24:21:46:2D:41	18324095235527
24116547	2019-11-27 22:02:19	46:21:FD:84		-86	Unknown	C	(not associated)	18324095235527
24116481	2019-11-27 22:01:38	F8:59:71:0B		-80	Unknown	C	F2:9F:C2:FA:7C:E8	18324095235527
24116354	2019-11-27 21:58:11	D0:C5:F3:7C		-1	Unknown	C	00:24:21:46:2D:41	18324095235527
24116288	2019-11-27 21:57:30	F8:E9:4E:1B		-1	Unknown	C	04:F0:21:48:8F:AC	18324095235527
24116157	2019-11-27 21:54:45	F4:0E:22:B7		-1	Unknown	C	04:F0:21:48:8F:AC	18324095235527

Figur 10: Screenshot med tabel af rå-data fra Wi-Fi enhed (Kilde: fm3).



Figur 11: Antal signaler opgjort hvert 6. minut, uge 10 (øverst) og uge 45 (Kilde: fm3).

Pilotforsøg 3: Administration – Ballerup Kommune

Ballerup Kommunes Hjemmepleje, Telegrafvej 4, 2750 Ballerup

Formål og databehov

Formålet var en registrering og vurdering af arbejdsplads- og mødekapacitetsbehov i administrationsbygninger primært til afdækning af muligheder for optimering og evt. samling af administrative arealer. Data skulle give grundlag for overvejelse om evt. at rykke flere kommunale funktioner sammen på færre kvadratmeter, således at ejendomsporteføljen bliver mindre.

I alt har hjemmeplejen ca. 2.970 m² fordelt på tre etager.

Lokalet anvendes af hjemmeplejens Team 2 som mødelokale i forbindelse med faglige emner, planlægning af opgaver samt til fælles frokost. Endvidere er der enkelte arbejdspladser til teamkoordinatorerne. Lokalet er ca. 80 m²

Anvendte teknologier

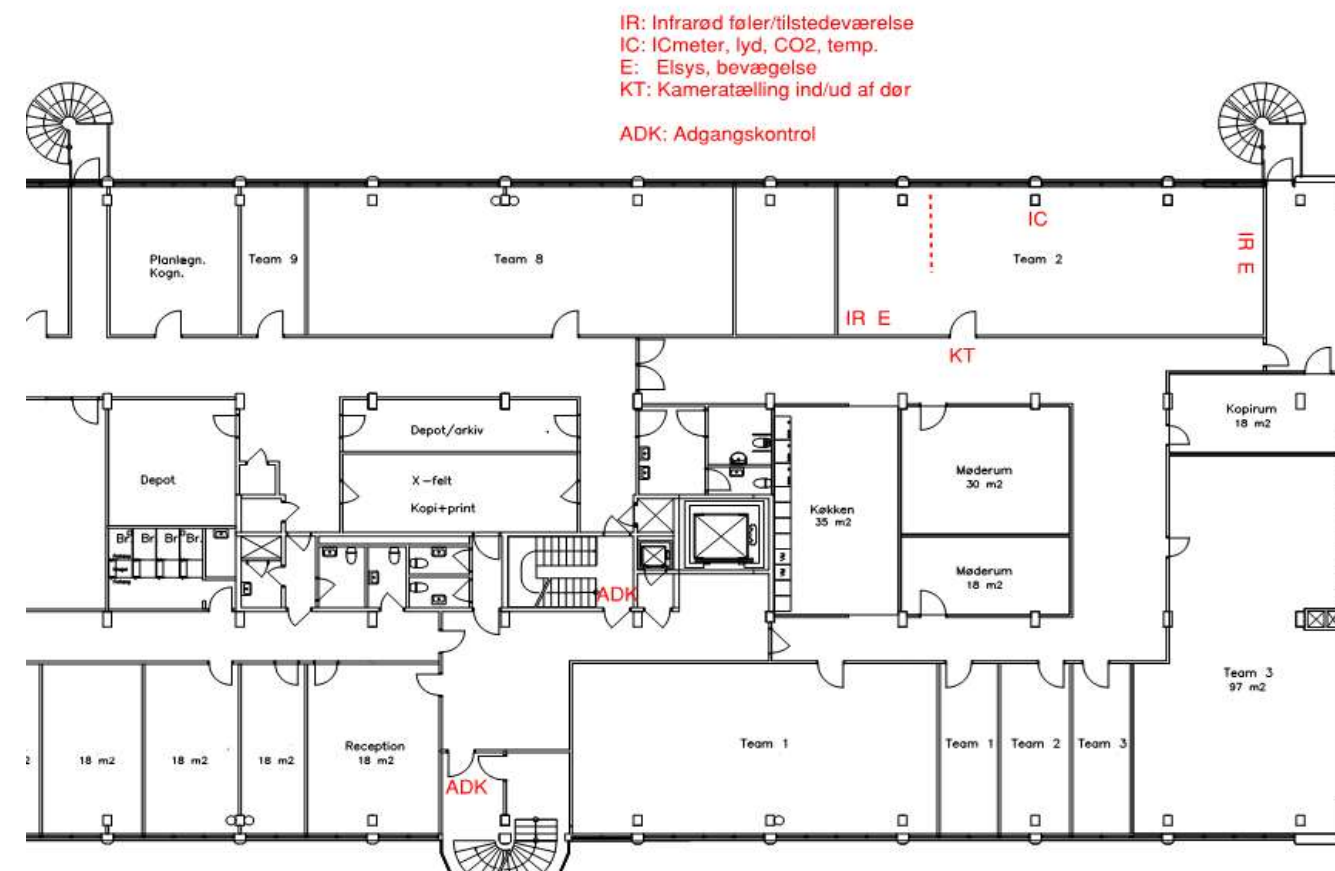
I pilotforsøg 3 fokuseres på ét specifikt lokales anvendelses- og aktivitetsdata. Det er også det forsøg, hvor der er samlet flest forskellige teknologier i et lokale, for at kunne afprøve om forskellige sensor-typer, er mere nøjagtige end andre. Endvidere er forsøget en undersøgelse af hvilke sensor-typer, der er relevante og brugbare i forhold til at indsamle anvendelses- og aktivitetsdata på forskellige detaljeringsniveauer.

Da adgang til rummet kun kan ske gennem én dør, er kameratæller opsat lige over døren ved indgang til rummet for tælling af antal personer ind/ud af rummet.

I rummet er endvidere opsat sensorer for lyd, CO₂, temperatur og bevægelse (IR).

Der er CTS for styring af temperatur af rummet.

Der er ADK med aflæsning af Id-kort for adgang til etagen.



Figur 12: Hjemmeplejens lokaler på 2. sal med placering af sensorer i rum og ADK til etagen (Tegning: Ballerup Kommune).



Foto 3: Placering af enheder på vægge og over indgangsdør, udenfor (Foto: fm3).

Indsamlede data

Data fra IR-enhederne og fra Elsys-enhederne er sendt over kommunens LoRa-WAN-netværk (se bilag 1) én gang pr. time. Data fra IR- og Elsys-enhederne er i lighed med data for pilotforsøg 5.

Data fra IR- og Elsys-enhederne har været svære at tolke. Men fjernes alle 0-aflæsninger og sorteres efter antal aflæsninger jævnt før figur 13 fås, at der er flest registreringer for såvel IR- som Elsys-enhederne kl. 11:57 (+/- 1 minut). Men tællinger kan ikke tages som et udtryk for antal personer. Da tællingen afsendt kl. 12:57 ikke er med på top-10 listen konkluderes, at aktiviteten er højst mellem 10:57 og 11:57, hvilket stemmer overens med viden om, at teamet mødes til frokost.

IC-meter sender data om indeklima via LoRaWan. IC-meter enheden er forsynet med en QR-kode, så brugerne kan få præsenteret de aflæste data på deres smartphone. Målte data er velegnede til viden om lokalets indeklima, men giver ikke valide data om aktivitet/anvendelse af lokalet.

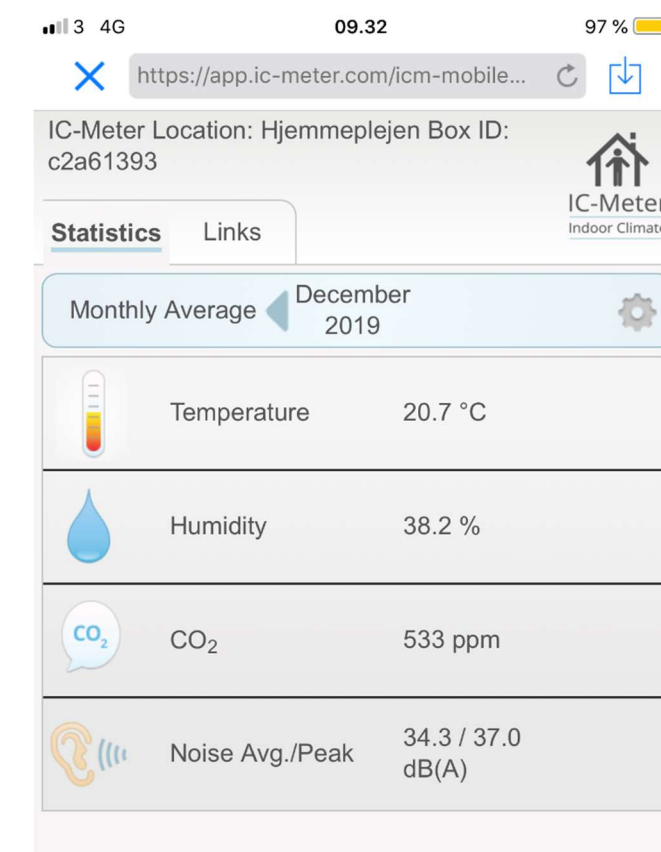
Brickstream-enheden er videobaseret. Der optælles antal personer i 15 minutters intervaller og sendes data via internet (kablet forbindelse). I modsætning til IoT-enhed i pilotforsøg 1 er denne med et objektiv og i et plan (2D). Dette stiller større krav til software til billedgenkendelse, for at kunne skelne bevægelser ind/ud af dør.

Data for en periode er vist i figur 15, hvor forskelle i ind-/udgang er udregnet. Som det fremgår, er der for enkelte dage store afvigelser. Det vurderes, at dette ikke kun skyldes, at kamera er med et objektiv, men også at kamera er placeret ca. 40-50 cm. udenfor døren, hvorfor passage forbi dør formentlig også medtælles.

Det har ikke været muligt at udarbejde en figur tilsvarende figur 8 i pilotforsøg 1 med antal personer i teamrummet, men en gennemgang af data viser, som for IR-sensor, størst aktivitet omkring frokosttid.

eui	ts	motion
A81758FFFE030D79	09-10-2019 11:59	16
A81758FFFE030D79	24-10-2019 11:57	15
A81758FFFE030D79	17-10-2019 11:58	13
A81758FFFE030D79	01-11-2019 11:57	12
A81758FFFE030D79	30-10-2019 11:57	12
A81758FFFE030D79	22-10-2019 11:57	12
A81758FFFE030D79	10-10-2019 11:59	12
A81758FFFE030D79	16-10-2019 11:58	11
A81758FFFE030D79	04-10-2019 11:59	11
A81758FFFE030D79	18-10-2019 04:58	10
A81758FFFE030D79	25-09-2019 11:50	10
A81758FFFE030D79	14-10-2019 11:58	9
A81758FFFE030D79	11-10-2019 11:59	9

Figur 13: Sorteret liste for antal Elsys registrering i teamlokale (Kilde: Ballerup Kommune).



Figur 14: Screenshot fra smartphone ifm. QR kode aflæsning af IC-meter (Kilde: IC-meter)

	2019-12-01	2019-12-02	2019-12-03	2019-12-04	2019-12-05	2019-12-06
	Sunday	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday
Sum Ud	91	171	182	164	177	138
Sum Ind	97	226	214	212	197	150
Forskel	6	55	32	48	20	12
Forskel-%	6,2%	24,3%	15,0%	22,6%	10,2%	8,0%

Figur 15: Tællinger ind/ud af teamlokale med tilføjet forskel (Kilde: Brickstream enhed).

Det er derfor nærliggende at konkludere, at data fra sensorerne dokumentere, at teamrummet primært anvendes ved frokosttid, og man derfor kunne overveje forskudt frokost for, at to team kunne anvende samme teamlokale og dermed reducere arealforbruget.

Pilotforsøg 4: Kultur – Hillerød Kommune

Fredensvej 12 B, 3400 Hillerød

Formål og databehov

Formålet var, at finde valide aktivitetsdata i en kulturbygning primært for afdækning af belastning og for at kunne øge aktivitetsudbud i lavt benyttede perioder. Dermed kan der findes plads til evt. nye aktiviteter på de eksisterende kvadratmeter så arealerne kan anvende mere intensivt.

Lokalet på ca. 80 m² er beliggende i Kedelhuset, som er en del af Viden- og Kulturparken i tilknytning til Hillerød Hovedbibliotek.

I pilotforsøg 4 fokuseres på at få valide aktivitets- og anvendelsesdata i et rum, hvor anvendelsen til stadighed varierer. Ét arrangement kan være et foredrag, et andet arrangement kan være en udstilling og et tredje arrangement en forestilling.

Der er således en stor variation i opstilling af møbler, udstyr mv. og i antal personer i lokalet.

Anvendte teknologier

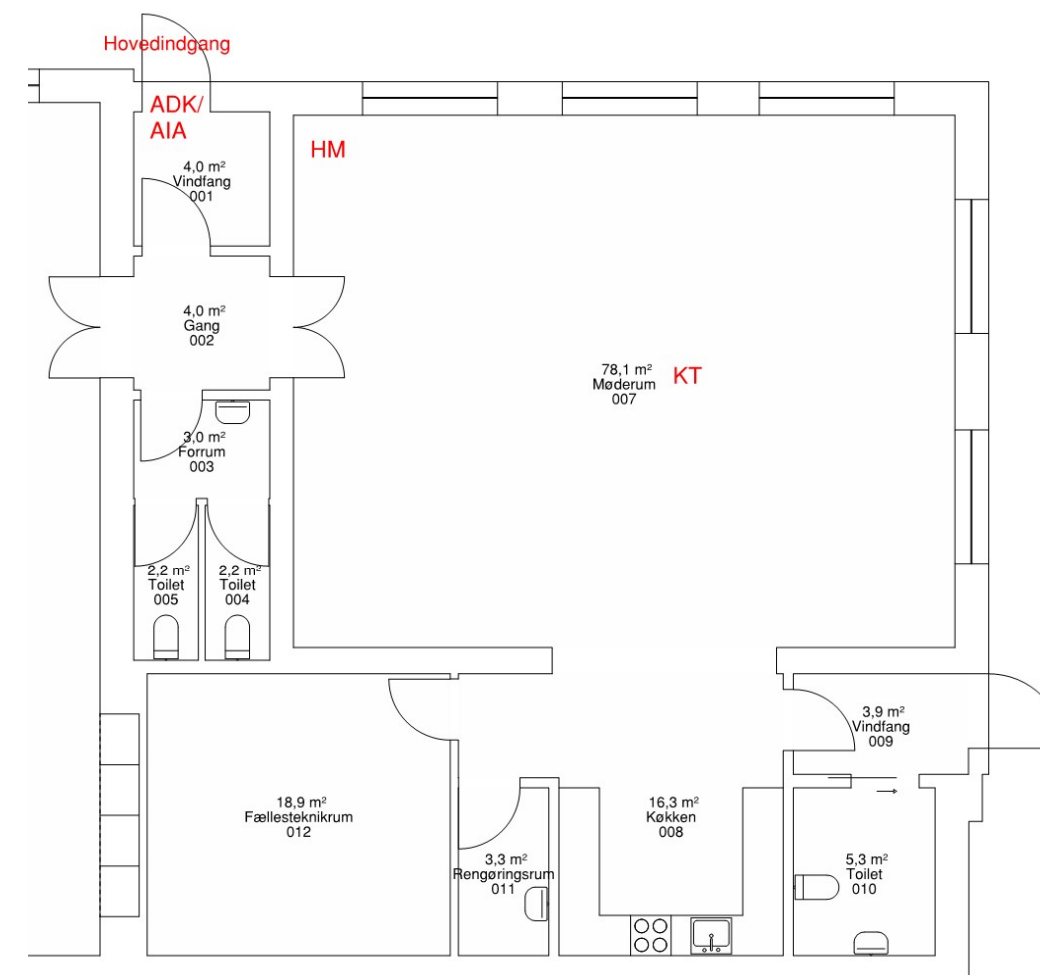
Adgang til lokalet kan ske gennem to døre, men den primære adgang er via hovedindgangen, vindfang og entre. Sidedøren anvendes kun undtagelsesvis fx ved leverancer til køkkenet.

Der er opsat to se-sensorer inde i rummet.

På væggen i hjørnet er opsat en HallMonitor, der er udviklet til brug i idrætshaller. Sensoren er udfordret pga. det mindre rum og en større tæthed.

Midt i rummet lige under loftet er opsat en kameratæller. Udfordringen her er dels en loftshøjde på ca. 6 m., hvilket er betydeligt højere end over en døråbning ca. 2,5 m. over gulv (som i pilotforsøg 1). Dels, at kameratælleren ikke kun skal dække et dørfelt, men hele rummet. For at kompensere for dette sker optællingen i to zoner.

Der er opsat AIA, men der er ikke CTS.



Figur 16: Kedelhuset, østlige del (Tegning: Hillerød Kommune).

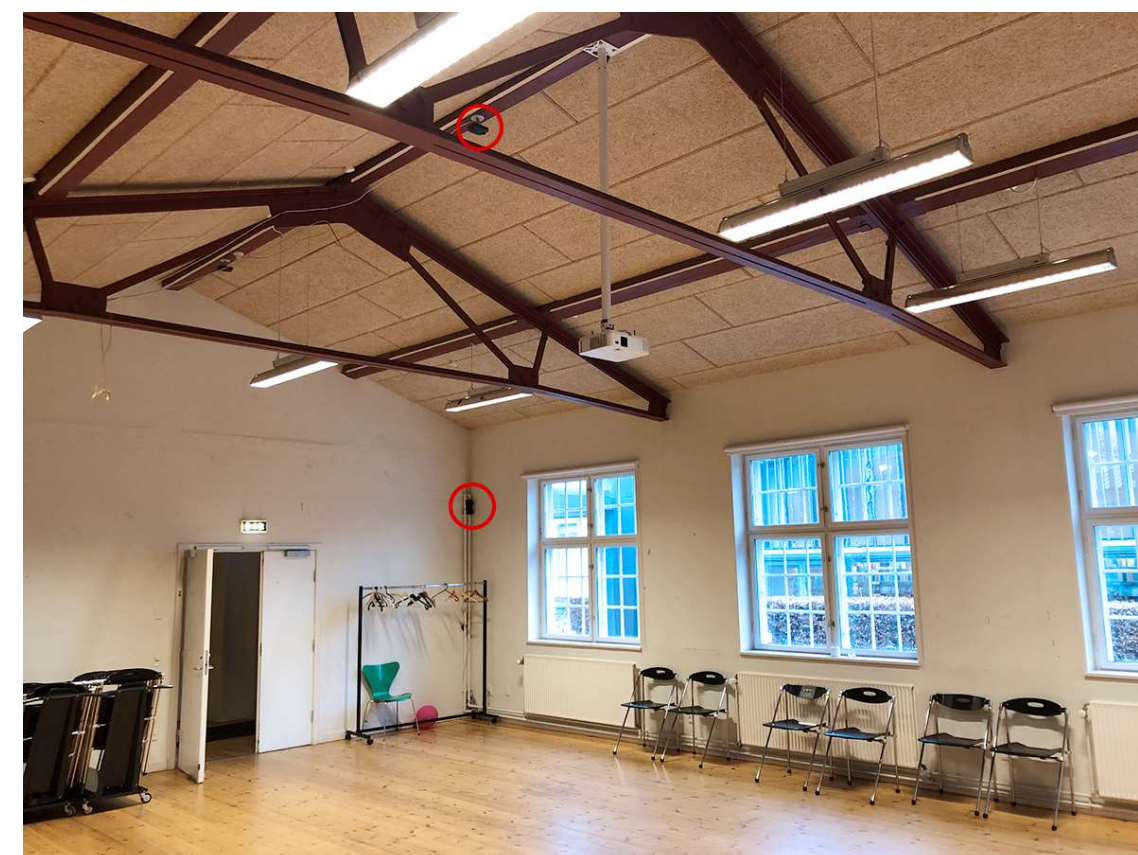


Foto 4: Markering af sensor, dels i hjørne, dels under loftet (Foto: fm3).

Indsamlede data

Data fra de to kameratællere (hhv. HallMonitor og Brickstream) sendes via kommunens netværk/internet ved tilslutning med kabel.

HallMonitor optager billeder hvert 30. minut, overfører billedet til server, hvor der sker en anonymisering og optælling af antal personer på billedet. Data præsenteres i et dashboard fra leverandøren som vist for uge 51 i figur 17.

I dashboard har man mulighed for også at se en sløret udgave af billedet anvendt til optælling. Dette billede er fra onsdag d. 18. december kl. 10:30, hvor der er optalt 50 personer. Bemærk at billedet ikke dækker en 90 graders vinkel, men en vinkel på ca. 70 grader, hvorfor ikke hele rummet er med.



Brickstream-enheden er videobaseret. Der optælles antal personer i 15 minutters intervaller og data leveres i bearbejdet form i en Excel-fil. Eksempel for data for uge 51 i 15-minutters interval for zone 1 og zone 2 er vist i figur 18.

Sammenligner man de to tællinger har Brickstream-enheden typisk talt flere personer (5%-20%) end HallMonitoren. Det kan evt. skyldes HallMonitorens mindre dækning eller, at de to zoner i Brickstream-enheden overlapper. Forskellen kan måske også skyldes, at der i optællingsintervallet for Brickstream-enheden går personer gennem feltet og dermed bliver talt flere gange, mens de ikke er i billedfeltet, når billede optages af HallMonitoren. Uagtet at begge sensorer er udfordret mht. placering og rummets størrelse, opnås der valide anvendelsesdata, og på billederne kan man se type af aktivitet. Hvis dette manuelt skal aflæses systematisk, vil det dog medføre et stort tidsforbrug.

Ugeskema		Udnyttelsesgrad		Diagram			
Uge: 51, 2019	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag	Lørdag	Søndag
07:00	0	0	0	0	0	0	0
07:30	0	0	-	0	0	0	0
08:00	0	0	-	0	0	0	0
08:30	1	0	-	0	0	0	0
09:00	0	0	-	0	0	0	0
09:30	0	0	38	15	0	0	0
10:00	1	0	36	33	0	0	0
10:30	0	0	50	32	0	0	1
11:00	0	0	48	32	0	0	0
11:30	0	0	37	32	0	0	0
12:00	0	0	45	27	0	0	0
12:30	0						
13:00	0						
13:30	0						
14:00	0						
14:30	0						

		Mon 2019-12-16		Tue 2019-12-17		Wed 2019-12-18	
		Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2
07:00:00 - 07:14:59							
07:15:00 - 07:29:59							
07:30:00 - 07:44:59							
07:45:00 - 07:59:59						1	
08:00:00 - 08:14:59						2	
08:15:00 - 08:29:59						2	
08:30:00 - 08:44:59			1			1	

Figur 17: HallMonitor

	Mon 2019-12-16		Tue 2019-12-17		Wed 2019-12-18		Thu 2019-12-19		Fri 2019-12-20	
	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2
07:00:00 - 07:14:59										
07:15:00 - 07:29:59										
07:30:00 - 07:44:59										
07:45:00 - 07:59:59					1	2				
08:00:00 - 08:14:59					2	2				
08:15:00 - 08:29:59					2	2				
08:30:00 - 08:44:59		1			1	2				
08:45:00 - 08:59:59	1	1	1		1	4				
09:00:00 - 09:14:59	1				10	16	1	1		
09:15:00 - 09:29:59		1			16	48		1		
09:30:00 - 09:44:59					16	48	5	5		
09:45:00 - 09:59:59					16	44	4	13		
10:00:00 - 10:14:59	1			1	16	46	7	20		
10:15:00 - 10:29:59	1	1			12	38	6	27		
10:30:00 - 10:44:59					15	38	4	18		
10:45:00 - 10:59:59			1		15	38	5	23		
11:00:00 - 11:14:59					15	39	6	29		
11:15:00 - 11:29:59					12	22	5	24		
11:30:00 - 11:44:59					12	36	5	29		
11:45:00 - 11:59:59			1	1	11	53	5	26		
12:00:00 - 12:14:59					12	50	7	25		
12:15:00 - 12:29:59					11	48	6	26		
12:30:00 - 12:44:59					11	45	5	26		
12:45:00 - 12:59:59					11	40	6	20		
13:00:00 - 13:14:59					9	30	6	25		
13:15:00 - 13:29:59					10	40	7	28		
13:30:00 - 13:44:59					8	26	7	30		
13:45:00 - 13:59:59	1				3	6	7	26		
14:00:00 - 14:14:59					1	3	6	12		
14:15:00 - 14:29:59					1	2	1	1		
14:30:00 - 14:44:59					1		1	1		
14:45:00 - 14:59:59							1	1		
15:00:00 - 15:14:59							1			
15:15:00 - 15:29:59										

Figur 18: Data fra Brickstream IoT-enhed, bearbejdet af fm3.

Pilotforsøg 5: Idræt – Ballerup Kommune

Ballerup Kommunes Sundhedshus, GI Rådhusvej 13, 2750 Ballerup

Formål og databehov

Formålet var at finde valide aktivitetsdata primært til afdækning af spidsbelastningsperioder med mulighed for udjævning eller forøgelse af aktivitet i lavt benyttede perioder. Derved vil der kunne være mulighed for nye aktiviteter på de eksisterende kvadratmeter så arealerne anvendes mere intensivt.

Idrætshallen er en del af Sundhedshuset i Ballerup Kommune i en bygning, der tidligere var skole.

Idrætshallen er opført 2002 og er på ca. 535 m².

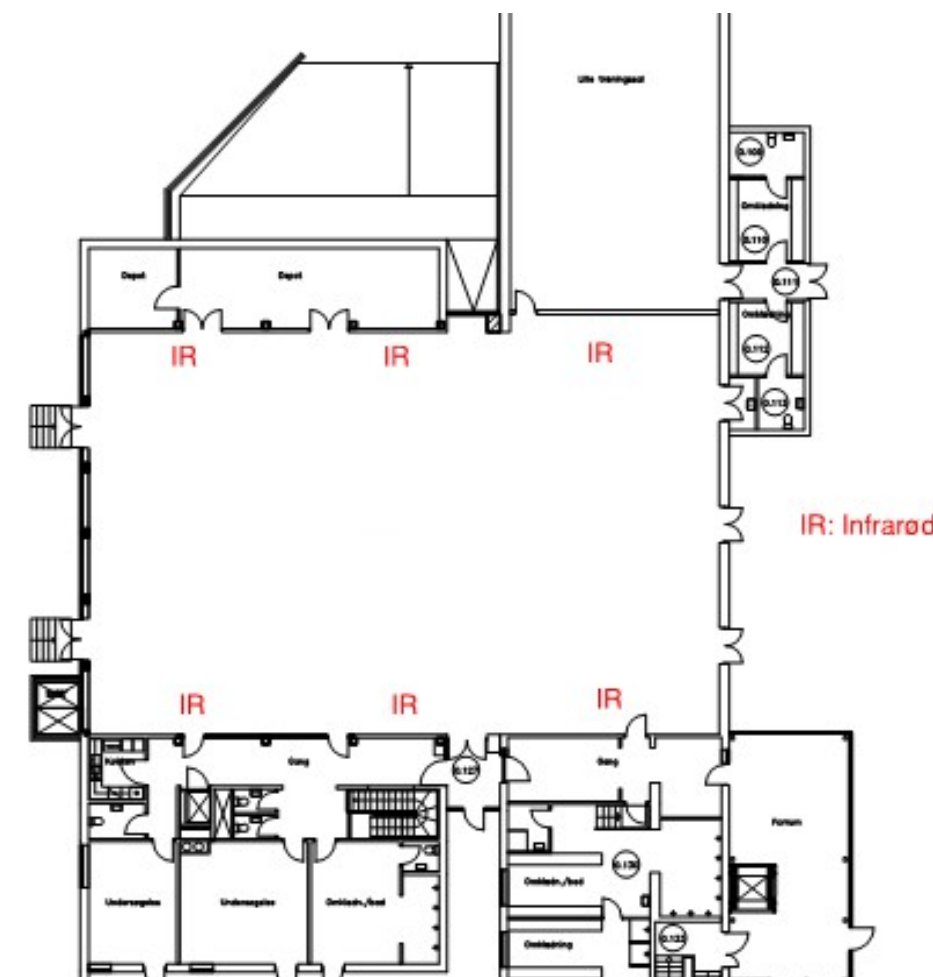
I pilotforsøg 5 fokuseres på, om en low-tech sensor (IR) kan give valide aktivitets- og anvendelsesdata for en idrætshal.

Anvendte teknologier

Der er opsat 6 IR-sensorer i hallen. De sidder parvis overfor hinanden og i hallens længderetning. IR-sensorerne er opsat med dobbeltklæbende tape ('elefantsnot').

Ved at placere dem overfor hinanden sikres den nødvendige rækkevidde på tværs af hallen. Ved at placere dem i hallens længderetning udnyttes det faktum, at IR-sensorer fungerer bedst, når personer bevæger sig på tværs af sensorernes dækningsfelt.⁵

Der er ADK og lysstyring.



Figur 19: Udsnit af plantegning af Sundhedshuset (Tegning: Ballerup Kommune).

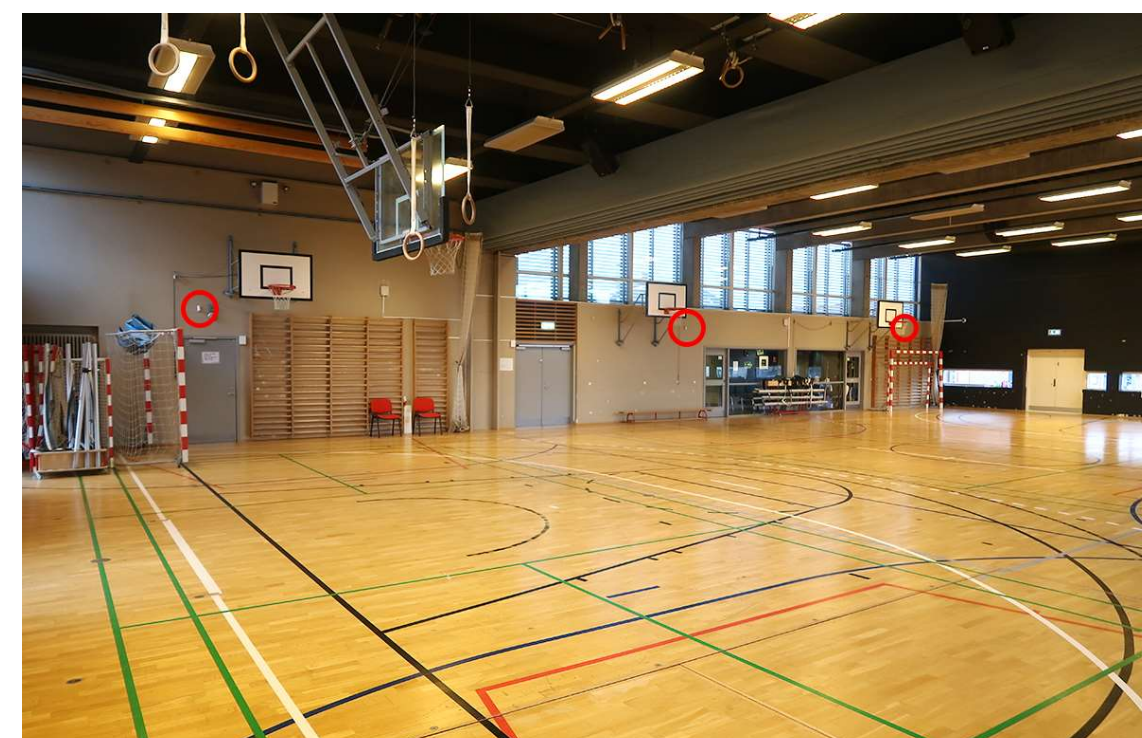


Foto 5: Markering af IR-sensorer på syd-væg (Foto: fm3).

Indsamlede data

Data fra IR-enhederne er sendt over kommunens LoRaWAN-netværk, hvor enhederne med mellemrum sender et radiosignal med måledata. Data fra IR-sensorerne modtages med en identifikationskode for enheden (eui), et tidsstempel for afsendelse og aflæste data for bevægelse.

Som nævnt ovenfor var IR-følerne opsat i 3 par. I figur 20 er vist et bearbejdet udtræk fra databasen, hvor aflæsninger er sorteret i forhold til tidsstempel.

Det anførte antal i kolonne C (motion) har svært at fortolke meningsfuldt. I perioden fra 24. september til 2. november er modtaget 203, 99 og 34 signaler fra henholdsvis IR-par 1 (ved indgang), IR-par 2 (midt i hal) og IR-par 3 (modsat indgang). Af disse signaler var henholdsvis 37, 28 og 7 med aflæsninger for bevægelse større end 0.

Der er mange dage, hvor der ikke modtages data om bevægelse (dvs. motion=0). I perioden 24/9 til 2/11, en periode på 40 dage modtages der ikke data i 19 af dagene, heraf er 8 lørdage eller søndage (ud af 11 lørdage og søndage i perioden).

Man kan komme ind i hallen uden konsekvent at skulle anvende ADK-adgangsbrik og typisk åbner person (fx fysioterapeut) med adgangsbrik for den/de personer, der skal ind i hallen. Så data fra ADK-system har ikke kunnet give yderligere indsigt. Lysstyring sender tænd/sluk-signal til kontakt i tavlen, men data opsamles ikke.

Det der forsigtigt kan konkluderes af IR-data er, at hallen kun er anvendt i begrænset omfang og mest i den ene ende af hallen, tættest på indgangen. Dette kan måske også skyldes, at hallen bliver anvendt som gennemgang til træningsrum/kontor, der støder op til hallen.

Dette pilotforsøg var specifikt designet til at undersøge, om en billig low-tech teknologi kunne give valide anvendelses- og aktivitetsdata.

	A	B	C		A	B	C
1	eui	ts	motion	1	eui	ts	motion
2	0E7E346433309CBD	25-10-2019 21:52	261,4	2	0E7E346433309CD3	25-10-2019 04:55	0
3	0E7E346433309CBD	25-10-2019 15:58	258	3	0E7E346433309CD3	24-10-2019 18:57	75,2
4	0E7E346433309CBD	25-10-2019 08:58	0	4	0E7E346433309CD3	24-10-2019 16:59	72,8
5	0E7E346433309CBD	24-10-2019 02:57	0	5	0E7E346433309CD3	24-10-2019 08:55	0
6	0E7E346433309CBD	23-10-2019 22:47	0	6	0E7E346433309CD3	24-10-2019 03:55	0
7	0E7E346433309CBD	23-10-2019 21:57	0	7	0E7E346433309CD3	23-10-2019 02:55	0
8	0E7E346433309CBD	23-10-2019 19:59	246,8	8	0E7E346433309CD3	22-10-2019 21:55	0
9	0E7E346433309CBD	23-10-2019 17:57	244	9	0E7E346433309CD3	22-10-2019 17:54	66,5
10	0E7E346433309CBD	23-10-2019 11:57	0	10	0E7E346433309CD3	22-10-2019 16:57	66
11	0E7E346433309CBD	23-10-2019 01:57	0	11	0E7E346433309CD3	22-10-2019 06:55	0
12	0E7E346433309CBD	22-10-2019 20:57	0	12	0E7E346433309CD3	21-10-2019 15:55	0
13	0E7E346433309CBD	22-10-2019 15:57	0	13	0E7E346433309CD3	21-10-2019 10:57	60,2
14	0E7E346433309CBD	22-10-2019 12:58	238,9	14	0E7E346433309CD3	21-10-2019 05:55	0
15	0E7E346433309CBD	22-10-2019 11:57	237,9	15	0E7E346433309CD3	21-10-2019 00:55	0
16	0E7E346433309CBD	22-10-2019 10:58	237,3	16	0E7E346433309CD3	20-10-2019 19:55	0
17	0E7E346433309CBD	22-10-2019 05:57	0	17	0E7E346433309CD3	20-10-2019 14:55	0
18	0E7E346433309CBD	22-10-2019 01:47	0	18	0E7E346433309CD3	20-10-2019 04:55	0
19	0E7E346433309CBD	22-10-2019 00:57	0	19	0E7E346433309CD3	19-10-2019 18:55	0
20	0E7E346433309CBD	21-10-2019 20:47	0	20	0E7E346433309CD3	19-10-2019 13:55	0
21	0E7E346433309CBD	21-10-2019 19:57	0	21	0E7E346433309CD3	19-10-2019 08:54	0
22	0E7E346433309CBD	21-10-2019 14:57	0	22	0E7E346433309CD3	19-10-2019 03:54	0
23	0E7E346433309CBD	21-10-2019 04:57	0	23	0E7E346433309CD3	18-10-2019 17:54	0
24	0E7E346433309CBD	20-10-2019 18:57	0	24	0E7E346433309CD3	18-10-2019 12:55	0
25	0E7E346433309CBD	20-10-2019 13:57	0	25	0E7E346433309CD3	18-10-2019 07:54	0
26	0E7E346433309CBD	20-10-2019 08:57	0	26	0E7E346433309CD3	17-10-2019 21:54	0
27	0E7E346433309CBD	19-10-2019 22:57	0	27	0E7E346433309CD3	17-10-2019 18:59	56,5
28	0E7E346433309CBD	19-10-2019 17:57	0	28	0E7E346433309CD3	17-10-2019 12:57	55,6
29	0E7E346433309CBD	19-10-2019 12:57	0	29	0E7E346433309CD3	17-10-2019 11:54	0
30	0E7E346433309CBD	19-10-2019 07:57	0	30	0E7E346433309CD3	16-10-2019 20:54	0
31	0E7E346433309CBD	19-10-2019 02:57	0	31	0E7E346433309CD3	16-10-2019 15:54	0
32	0E7E346433309CBD	18-10-2019 21:57	0	32	0E7E346433309CD3	16-10-2019 10:54	0
33	0E7E346433309CBD	18-10-2019 16:57	0	33	0E7E346433309CD3	16-10-2019 05:54	0
34	0E7E346433309CBD	18-10-2019 14:58	225,3	34	0E7E346433309CD3	16-10-2019 00:54	0
35	0E7E346433309CBD	18-10-2019 11:57	0	35	0E7E346433309CD3	26-09-2019 05:52	0
36	0E7E346433309CBD	18-10-2019 01:57	0	36			
37	0E7E346433309CBD	17-10-2019 16:47	0				
38	0E7E346433309CBD	17-10-2019 10:57	0				

Figur 20: Udtræk fra database for IR-sensorer i Sundhedshuset for en måned. Liste til venstre er for sensor-par midt i hallen, og liste til højre er liste for IR-par i enden af hal længst væk fra indgang (Kilde: Ballerup Kommune, fm3 bearbejdning).

Ved denne meget billige og hurtige opsætning af IR-sensorer er der nu et grundlag for at overveje, om man skal undersøge hallens anvendelse mere detaljeret ved brug af fx IoT-enheder med kamera eller Wi-Fi.

4. Pilotforsøgene

Udfordringer og barrierer

4. Pilotforsøgene, Udfordringer og barrierer

I forbindelse med etableringen af pilotforsøgene opstod en række udfordringer og barrierer, som det har været nødvendigt at håndtere. Nogle af disse var forudsete, men omfanget og tidsforbruget har alligevel i flere tilfælde overrasket.

Nedenstående er medtaget de væsentligste udfordringer og barrierer af både organisatorisk og teknisk karakter:

- Organisatoriske
 - GDPR
 - Information til medarbejdere / MED
 - Godkendelser
 - IT-sikkerhedsregler
- Tekniske
 - Firewalls, porte
 - Datamodtagelse (hvor, hvordan)
 - Dataudveksling (API, webservice)
 - Dataformater
 - Opsætning og montage

Organisatoriske udfordringer og barrierer

En meget stor del af årsagen til de organisatoriske udfordringer har været, at indsamling af data om brugernes anvendelse af lokaler er nyt tema som ofte går på tværs af de organisatoriske strukturer.

GDPR

GDPR (General Data Protection Regulation) eller Databeskyttelsesforordningen handler kort fortalt om, hvordan personoplysninger må indsamles, registreres, organiseres, systematiseres og opbevares.

Den ene af de deltagende kommuner ønsker kun at anvende sensorer, der ikke er omfattet af GDPR. Dette gav nogle begrænsninger i valg af sensorer.

For en række af de anvendte sensorer i pilotforsøgene er GDPR ikke et problem, da fx data fra en CO₂-måler eller en IR-føler ikke kan henføres til enkeltpersoner. Derimod kan sensorer, der bygger på video/still-billeder eller opfangelse af Wi-Fi signaler måske godt være omfattet af GDPR-reglerne.⁶

I pilotforsøg 1 (skole), 3 (administration) og 4 (kultur) anvendes der sensorer med indbygget kamera til tælling af personer.

Den ene af sensorerne, der har været anvendt til kameratælling, er baseret på to objektiver, der sidder i et kryds i forhold til hinanden og filmer passage af døren. I sensoren sker der en billedbehandling med den indbyggede software, der dels optæller antal personer og dels afgør, om personen bevæger sig ind eller ud af døren. Optagelserne gemmes ikke, men anvendes alene til billedbehandlingen. Derfor modtages fra kameratællingen alene et tal om, hvor mange der er gået ind/ud af døren jf. eksempel figur 21.

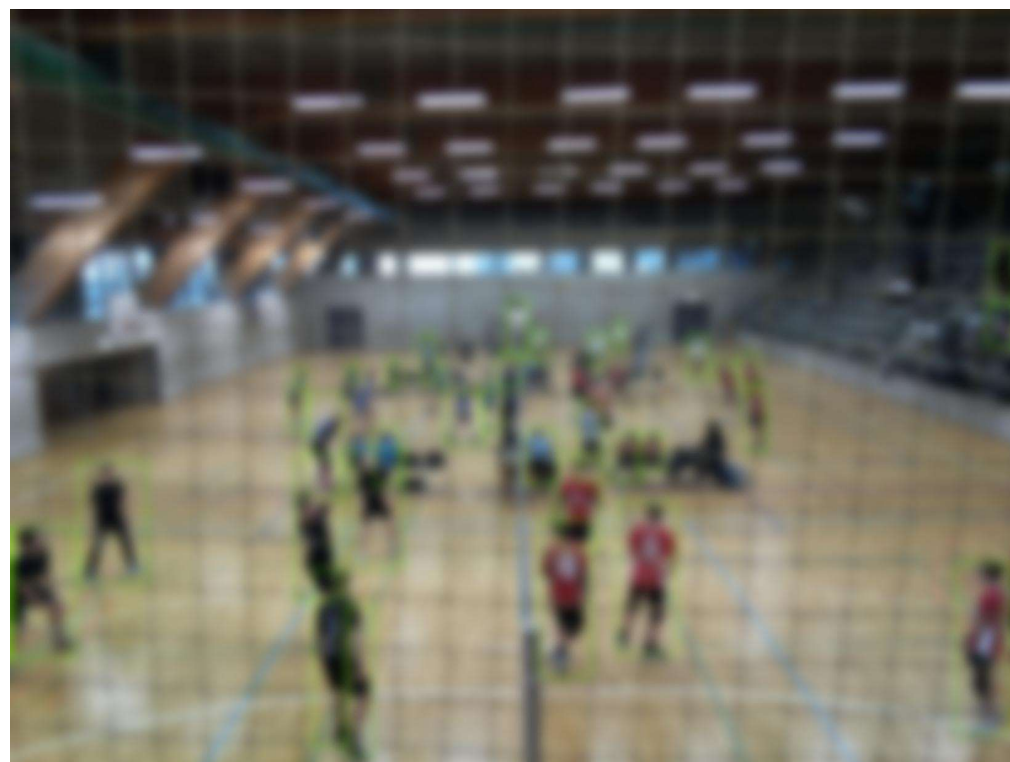
Indgang 1										
2019-10-01		2019-10-02		2019-10-03		2019-10-04		2019-10-05		
Tuesday		Wednesday		Thursday		Friday		Saturday		
FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	FW	BW	
Total	450	454	396	348	481	443	621	620	0	0

Figur 21: Uddrag af tælling på Byskolen. FW går ind. BW går ud. Der er to indgange, så derfor er tal ikke ens (Kilde: IoT-enhed, Byskolen).

Dette kaldes 'privacy-by-design', fordi sensoren ikke sender data om enkeltpersoner men bearbejdede og anonymiserede data. Derfor er denne type sensor ikke omfattet af GDPR.

Den anden sensor, der har været brugt til kameratælling, fotograferer rummet og sender via en krypteret internetforbindelse billedet til leverandørens server. Her sker inden for maksimalt 30 minutter en bearbejdning af billedet, dels ved en optælling af antal personer på billedet jf. eksempel figur 22, dels ved en sløring af personer på billedet.

Da leverandøren modtager et foto, hvor man kan genkende personerne, er disse billeder omfattet af GDPR-reglerne.

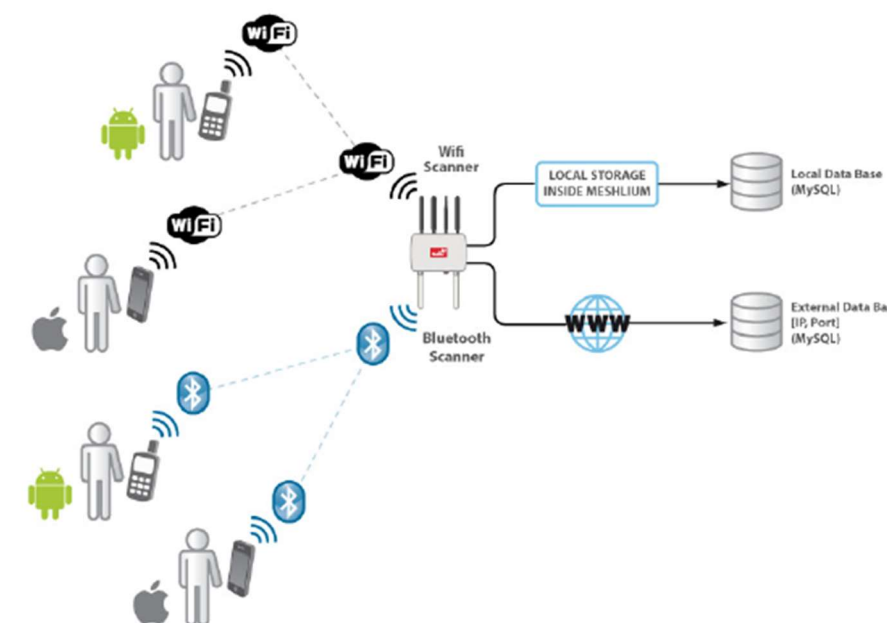


Figur 22: Eksempel på sløret billede med optælling (Kilde: HallMonitor).

Som det fremgår i eksemplet ovenfor er data, som modtages af kunden, anonymiseret gennem sløring. Fordelen ved denne metode er dels at optællingerne bliver ganske nøjagtige, dels at man, hvis man vil, kan se, hvad der foregår i rummet.

I pilotforsøg 1 (skole) anvendtes en sensor med indbygget kamera i kombination med sensor til at opfange Wi-Fi signaler. I pilotforsøg 2 (idræt) anvendes en sensor alene til at opfang Wi-Fi signaler i kombination med eksisterende ITV-anlæg.

En smartphone/tablet/PC udsender hele tiden et signal for at komme i kontakt med et access-point, der giver adgang til internettet. Wi-Fi sensoren fungerer ved, at den passivt opfanger dette signal og gemmer metainformationer om signalet



Figur 23: Princip for Wi-Fi sensor (Kilde: Libelium, Technical Guide).

Meta-informationerne om signalet er bl.a. tidspunkt, signalstyrke og MAC-adressen for den pågældende smartphone/tablet/PC. Alle enheder, der er på internettet, har en unik MAC-adresse (kan fx sammenlignes med stelnummeret på en bil).

MAC-adressen knytter sig til den fysiske enhed, men med de modtagne meta-informationer kan man ikke koble MAC-adressen til et telefonnummer eller vide, hvem der bærer rundt på smartphone/tablet/PC⁷.

Med meta-informationer om en MAC-adresse kan man dels se varigheder af ophold indenfor Wi-Fi sensorens rækkevidde, dels om meta-informationer for den pågældende enhed (men ikke nødvendigvis den samme person) er blevet gemt tidligere.

Der er delte holdninger til om data fra en Wi-Fi-sensor skal omfattes af GDPR. Wi-Fi-sensoren anvendt i pilotforsøgene blev *ikke* betragtet som værende omfattet af GDPR, men det bør afklares i den konkrete situation.

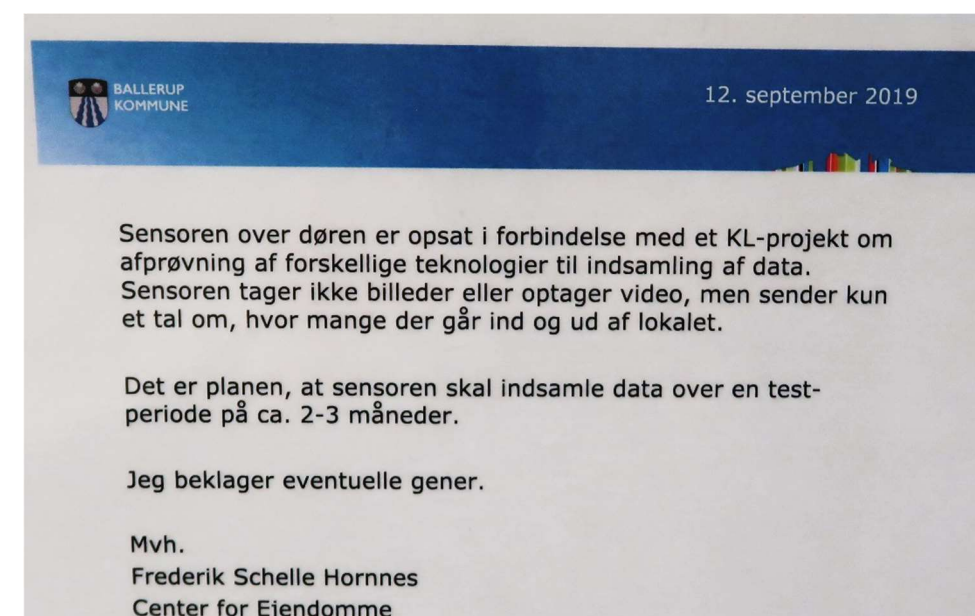
I pilotforsøg 2 (idræt) indgik også eksisterende ITV-anlæg. Reglerne for TV-overvågning (TVO/ITV), som typisk bliver anvendt i forbindelse med kriminalitetsbekæmpelse, fremgår af *Bekendtgørelse af lov om tv-overvågning* LBK nr. 1190 af 11.10.2007 og efterfølgende ændringer⁸.

Information til medarbejdere / MED

Hvor pilotforsøg 1, 2, 4 og 5 målte borgernes anvendelse af lokaler, målte pilotforsøg 3 i Ballerup Kommunes Hjemmepleje medarbejdernes anvendelse af arealerne i et administrationsområde, hvor der ikke er borgeradgang.

I det konkrete pilotforsøg blev der derfor afholdt møde i MED-udvalget, hvor formålet med projektet blev forklaret og drøftet. Dette medførte, at en bekymring om hvorvidt data skulle anvendes til fx at reducere arealer eller på anden måde at gennemføre besparelser kunne afkræftes.

Udover mødet i MED-udvalg blev der udsendt information til medarbejderne, opsat skilt med information ind til team-lokalet samt sat labels på alle sensorer, så man kunne se, at sensoren er en del af et forsøg.



Figur 24: Information til medarbejderne (Kilde: Ballerup Kommune).

Som krævet i lov om TVO⁹ blev der opsat informationsskilte i den bygning (pilotforsøg 4), hvor der blev sendt foto til leverandøren for efterbehandling (sløring og optælling).

Godkendelser

Hvem er det, der kan give lov til at opsætte sensorer og indsamle data på en skole? Er det skolelederen, skoledirektøren eller kommunens ejendomschef?

Indsamling af data om brugernes anvendelse af lokaler er nyt og går ofte på tværs af de organisatoriske strukturer, hvorfor man skal være ekstra opmærksom på dialog og accept af opsætning af IoT-enhederne.

I de konkrete pilotforsøg er der sket en orientering på ledelses- og medarbejderniveau om forsøgenes formål og varighed forinden igangsættelse af forsøgene. Men da det var pilotforsøg var dialog- og acceptperioden antagelig mindre, end hvis det have været en permanent opsætning af IoT-enheder.

IT-sikkerhedsregler

Alle IoT-sensorerne anvender kommunens eksisterende netværk, på nær én der er monteret med et SIM-kort. Dette sker enten ved direkte tilslutning til kommunens kablede netværk, der via et x-felt forbinder til internettet, eller via tilkobling på kommunens LoRa-netværk.

LoRa-netværket er sikkerhedsmæssigt beskyttet i modtagelsen af signal fra IoT-enhederne, der i øvrigt kun sender rå-data.

Derimod er IoT-enheder, der er udstyret med CPU og software tilkoblet direkte til kommunens netværk bagved kommunens firewall, en potentiel risiko af mindst to årsager:

- IT-afdelinger har ikke testet IoT-enheden og kender ikke dens funktioner
- Når IoT-enheden sender informationer over internettet kan den potentielt også modtage informationer og er dermed i risiko for at blive hacket.

Som konsekvens heraf har der i pilotforsøgene være tæt dialog med IT-afdelingerne om de opsatte IoT-enheder således, at IT-afdelingen og IT-sikkerhedskoordinator har kunnet få afdækket spørgsmål og behov for tilslutninger, installationer mv. Denne dialog tog længere tid end forventet, da IT-afdelingerne forinden opsætning – forståeligt nok – ville have vished for, at IoT-enhederne ikke udgjorde en sikkerhedsrisiko.

Tekniske udfordringer og barrierer

Den største årsag til de tekniske udfordringer har været at sammenkoble forskellige typer af IoT-enheder til den eksisterende infrastruktur. Det skyldes, at eksisterende strøm, internet og dataservere har været installeret med andre formål end til understøttelse af IoT-enheder.

Nedenfor beskrives en række af disse udfordringer. Fremover vil en del af problemerne kunne undgås gennem bedre forberedelse og dialog med IT-afdelingerne og de lokationer, hvor IoT-enhederne opsættes. Ved at vælge én eller få bestemte typer IoT-enheder, kan en del af disse problemer også reduceres, da mange var typiske opstarts-problemer.

Firewalls og porte

Firewalls er 'sikkerhedshegnet' mellem Internettet og kommunens eget internet, netværk og servere. Porte er 'åbninger' i sikkerhedshegnet, hvorigennem der kan sendes data. Af sikkerhedsmæssige grunde åbnes alene de porte, der er nødvendige for at være i kontakt med omverdenen, fx til at sende og modtage e-mails.

IoT-enhederne, som fx kameratællere, er tilsluttet kommunens netværk, dvs. på indersiden af firewall og skal sende data til leverandørens servere. Derfor er der behov for at flere porte åbnes for at muliggøre denne datatrafik.

Det var essentielt med et tæt samarbejde med IT-afdelingerne for at få åbnet disse porte i forbindelse med pilotforsøgene. I enkelte tilfælde var det tillige nødvendigt for leverandøren at ændre opsætningen i IoT-enheden, da den ønskede port allerede var optaget.

I pilotforsøgene gik der for enkelte af IoT-enhederne 3-4 uger fra opsætning, til at det var muligt at få skabt en sikker dataforbindelse mellem IoT-enhederne til leverandørens server. Dette kunne muligvis have været gjort hurtigere, hvis vi fra

starten havde været opmærksom på de eksisterende specifikke tekniske krav gennem en tidligere inddragelse af IT-afdelingerne.

Datamodtagelse

Data tilhører uomtvisteligt kommunen. Alle sensorer sender først de indsamlede data til leverandørens server, hvorefter man via fx et dashboard har adgang til at se disse data. Dette medførte udfordringer, idet den ene de deltagende kommuner ønskede, at alle data *først* skulle sendes til kommunens egen server, og derfra kunne leverandørerne så modtage data. Men IoT-enhederne er som udgangspunkt opsat til at kommunikere med leverandørens server og lægge data i et valgt format i leverandørens database.

Ændringen af dette – både i forhold til at sende data et andet sted hen først og dernæst at oprette en database på kommunes server til modtagelse og opbevaring af disse data – var tidskrævende. I et tilfælde betød det, at en udvalgt IoT-enhed ikke kunne anvendes i et givent pilotforsøg, fordi datastrømmen ikke kunne omdirigeres.

Dataformater

Der var ingen lighed mellem dataformaterne på tværs af IoT-enhederne, idet hver enhed har sit eget dataformat. For nogle af enhederne var der adgang til rå-data, dvs. hver eneste registrering af enheden. For andre af enhederne var der alene adgang til bearbejdede data præsenteret via et dashboard.

Nogle enheder aflæste hvert 5. minut, andre hvert 15. minut, og andre igen hver halve eller hele time.

Et IC-meter er forsynet med en QR-kode. Det er en fin funktionalitet, idet brugerne kan få præsenteret de aflæste data på deres smartphone. Dette er med til at gøre opsamling af data mere transparent og vil derfor opleves som mindre 'fremmede' af brugerne.

Forskellene i dataformater gav udfordringer i forhold til at sammenligne målingerne på tværs af enhederne. Dette vil være en potentiel udfordring for en kommune, hvis man har forskellige enheder på forskellige lokationer.

Der er ingen fælles datahub, hvor alle enhederne kan tilkobles eller som kan anvendes til at få et samlet billede af en ejendomsporteføljes anvendelsesdata på tværs af rum og bygninger. Derfor modtages data enkeltvis fra hver sensor og der skal bruges megen tid på at sammenstille og skabes overblik over data.

Dataudveksling

I og med, at der ikke er noget fælles dataformat, bliver udvekslingen af data kompliceret, fordi datasættet fra den enkelte IoT-enhed skal fortolkes forskelligt.

Nogle af leverandørerne giver mulighed for at downloade data i regnearksformat (.csv). Derudover har enkelte af leverandørerne en webservice eller API, hvorigennem der er adgang til enhedens data.

Hvis der ikke er en webservice/API, kan enheden ikke kobles på en datahub, og man bliver begrænset til at anvende leverandørens dashboard for adgang til enhedens data. Man er derudover begrænset til kun at se leverandørens fortolkning af data, hvis man ikke har adgang til rå-data.

Opsætning og montering

I forbindelse med opsætning og montering af IoT-enhederne stødte vi på tre udfordringer: placering, tilslutning og registrering.

Placeringen af IoT-enhederne er afgørende vigtig for et brugbart resultat. Hvis fx kameratællerne ikke placeres korrekt i forhold til indgangsdøren eller med bedst mulig oversigt over rummet uden blinde vinkler, bliver validiteten af data mindre, end de kunne have været.

Der var derfor en 'trial-and-error'-proces med kameratællerne og Wi-Fi-enhederne i forhold til en optimal placering og dækningsområde.

Især kameratællerne over dørene, var følsomme overfor små ændringer i den vinkel de var opsat med. Selv få graders forskel i forhold til vandret giver fejl i tællinger, ligesom vi fandt at afstand fra gulv til kamera er vigtigt.

Desuden var den vandrette afstand fra døren til kameraet vigtigt. Placeres kameraet for tæt på, dækker det ikke hele dørbredden. Placeres det for langt væk, kan personer gå ind i rummet uden at blive registreret, fordi der bliver et 'blindt felt' indenfor døren.

Endelig skulle enhederne være udenfor rækkevidde for ikke at position mv. kan ændres af rummets brugere.

For Wi-Fi-enhederne var det vigtigt at sikre, at signaler kun kom fra det valgte område og uden 'baggrundsstøj'. Der blev gennemført forsøg med Wi-Fi-enheden i pilotforsøg 2 (idrætshal i Gentofte), idet hallen ligger tæt på en trafikeret vej og tæt på en ejendom med en række andre aktiviteter, der ikke er relateret til idrætshallen.

Ved en placering i et skab i idrætshallen – tæt på idrætshallens hovedindgang og væk fra en trafikeret vej og omkringliggende bygninger – sikredes både beskyttelse mod irrelevante signaler og beskyttelse af enheden mod vildfarende håndbolde.

Pilotforsøgene viste også vigtigheden af at registrere nøjagtigt, hvilken sensor, der sidder hvor, referencenummer, intern MAC-adresse mv. I pilotforsøgene blev enhederne indtegnet på en grundplan. Dette er dog relativt tungt at vedligeholde og opdatere.

Der kan derfor, især hvis man har mange IoT enheder og flere sensorer i samme rum, være behov for et dynamisk værktøj til registrering af placeringen af sensorerne. Det kunne fx være asset-registrering i et CAFM-system, selvom dette er også tungt at etablere.

5. Datanyttiggørelse: Forslag og eksempler

5. Datanyttiggørelse: Forslag og eksempler

Efter dataindsamlingen skal data nyttiggøres i forhold til de behov, som var opstillet før dataindsamlingen. En udfordring i forhold til både analyse og nyttiggørelse af data er, at man ofte i forbindelse med opstilling af behovet også har opstillet hypoteser for den bygning/de rum, som man vil indsamle data omkring. Man skal derfor have for øje, at der er en risiko for, at man leder efter data for at understøtte hypotesen i stedet for at foretage en objektiv vurdering af data, samt hvilke informationer disse data giver.

Nedenfor er en række eksempler på nyttiggørelse af data anvendt både i forbindelse med pilotforsøgene og for andre projekter om kapacitet og anvendelse, hvor fm3 har deltaget. Disse er tænkt som inspiration til at nyttiggøre de indsamlede data i et bredere perspektiv.

Eksemplerne er inddelt i tre afsnit:

1. Nøgletal for benchmarking og benchlearning
2. Yderligere dataanalyse
3. Nyttiggørelse på tværs af porteføljen

Nøgletal for benchmarking og benchlearning

Pilotforsøgene har haft fokus på *omfanget* af anvendelse, dvs. hvor mange personer der var i et lokale/områder og i hvilket tidsrum.

De IoT-enheder, der har været anvendt i pilotforsøgene, har alle på nær én (Hall-Monitor i pilotforsøg 4) ikke kunnet give data, om *hvilke* aktiviteter der foregik i rummet. Indsamling af data om type af aktivitet (som i pilotforsøg 4) vil kræve stort ressource/tidsforbrug.

Der har været gennemført forsøg, hvor man med billedanalyse af optagelser med termiske kameraer, har kunne bestemme, hvilken sportsgren (badminton, håndbold, basketball mv.) der blev udøvet i idrætshallen¹⁰. Disse teknologier er pt. ganske kostbare, men der vil sikkert komme nye IoT-enheder med kunstig intelligens og billedgenkendelse, der vil kunne give valide data om, *hvilke* aktiviteter, der er i rummet, (se mere om fremtidsperspektiver i efterfølgende afsnit).

Pilotforsøgene giver grundlag for tre mulige nøgletal:

1. Anvendelsesgrad
2. Kapacitetsanvendelse
3. Kapacitetsanvendelsesgrad

Anvendelsesgrad

I indledningen blev Kloge Kommunale Kvadratmeter defineret med tre dimensioner, som vist i figur 1, hvor aksen anvendelsesgrad er et udtryk for, hvor meget bygningerne anvendes henover døgnet og i løbet af ugen.

Et forslag til definition af anvendelsesgrad er derfor at udregne en %-sats i forhold til anvendelsen af rum/bygning set over hele døgnet i en hel uge dvs.

$$\text{Anvendelsesgrad} = \frac{\text{Sum anvendte timer for en uge}}{24 * 7} * 100\%$$

I pilotforsøg 1 (Skole i Hillerød) viste data, at etagen blev anvendt hverdage fra 07:30 til 15:30, dvs. 8 timer i 5 dage, eller 40 timer på en uge:

$$\text{Anvendelsesgrad, Pilotforsøg 1} = \frac{40}{24 * 7} * 100\% = 23,8 \%$$

En højere anvendelsesgrad er bedre, men en 100% anvendelsesgrad er næppe praktisk mulig.

Man kunne overveje anvendelsesgrader i forhold til fx åbningstid af en bygning. Dette vil dog betyde, at man ikke ville kunne foretage meningsfuld benchmarking på tværs af bygninger med forskellige åbningstider.

Anvendelsesgraden er det nøgletal fm3 vil anbefale, at en analyse tager udgangspunkt i. Dels er det nemt at udregne anvendelsesgraden, når man har data fra IoT-enhederne. Dels kan man, ved at inddеле bygninger i forskellige sektorer, få et grundlag for benchmarking (sammenligning) og benchlearning (forstå og lære af sammenligningen).

Ved indsamling fra flere porteføljer og kommuner ville man *eksempelvis* kunne få nøgletal som nedenfor. Dette ville give et grundlag for benchmarking og ikke mindst benchlearning imellem kommunerne og indenfor de enkelte sektorer.

Sektor - Anvendelsesgrad	Min.	Max.	Gennemsnit
Skole	19,5%	42,0%	30%
Kulturbygninger	10,5%	36,0%	20%
Idrætsfaciliteter	25,0%	55,0%	40%
Administrationsbygninger	22,5%	30,0%	25%

Det kan fx vise sig, at det er optimalt at have fx 2 skoler med maksimal anvendelsesgrad, mens de resterende af kommunens skoler er med minimal anvendelsesgrad fremfor at alle skolerne er med middel anvendelse. Herved kan energiforbrug mv. for de mindst anvendte skoler reduceres, mens forbrug på de mest anvendte skoler kun er marginalt højere.

Dette er blot et eksempel på overvejelser, man ville kunne gøre med et validt grundlag om anvendelsesgrad.

Kapacitetsanvendelse

Anvendelsesgraden siger dog ikke noget om, hvorvidt lokalets kapacitet er fuldt udnyttet. I en del tilfælde vil Kapacitetsanvendelse også være misvisende eller irrelevant. Eksempelvis vil Kapacitetsanvendelse for et klasselokale være irrelevant. Kapaciteten i lokalet kan være 29, mens klassen kun er på 17 elever. Dermed giver det ikke umiddelbart mening, at tale om at forøge Kapacitetsanvendelsen af klasselokalet.

Et eksempel, hvor Kapacitetsanvendelse kan give mening er i en idrætshal, hvor fx to ud af fire badmintonbaner bliver anvendt i et givet tidsrum.

Et forslag til definition af Kapacitetsanvendelse er således:

$$Kapacitetsanvendelse = \frac{\text{Faktisk aktivitetsomfang}}{\text{Maksimal kapacitet for aktivitet}} * 100\%$$

I ovenstående eksempel med badmintonbanerne bliver Kapacitetsanvendelsen:

$$Kapacitetsanvendelse, idrætshal = \frac{2}{4} * 100\% = 50,0\%$$

En højere Kapacitetsanvendelse er bedre og en 100% Kapacitetsanvendelse er både teoretisk og praktisk mulig i nogle tilfælde.

Indsamling af data om den maksimale kapacitet for en aktivitet er i eksemplet med badmintonbanerne relativ nem at optælle, men i andre tilfælde vil den maksimale kapacitet være styret af en række andre faktorer som fx flugtvejsforhold eller grænseværdier for indeklima.

Kapacitetsanvendelsesgrad

Kapacitetsanvendelsesgraden er et potentielt 3. nøgletal, der kombinerer Anvendelsesgrad og Kapacitetsanvendelse:

$$Kapacitetsanvendelsesgrad = Anvendelsesgrad * Kapacitetsanvendelse$$

Hvis to ud af fire baner badmintonhallen i ovenstående eksempel blev anvendt 40 timer om ugen, ville kapacitetsanvendelsesgraden blive følgende

$$Kapacitetsanvendelsesgrad = \frac{40}{24 * 7} * 50,0\% = 11,9 \%$$

Kapacitetsanvendelsesgraden opgjort på tværs af en sektor i en portefølje er meget sigende for, størrelsen af det aktive areal er, og hvor godt porteføljen er optimeret.

Yderligere dataanalyse

Med de indsamlede data er der mulighed for at gennemføre yderligere analyser af data. Der er ikke for nuværende en 'best practice' for yderligere analyse og de leverandører, der deltog i pilotforsøgene, stiller også i varierende grad databehandlingsværktøjer/dashboard til rådighed jf. ovenstående afsnit.

Muligheden for yderligere dataanalyse er også begrænset af mulighederne for at få adgang til rå-data og rå-datas omfang.

November 2019							
	ma	ti	on	to	fr	lø	sø
44					1	2	3
45	4	5	6	7	8	9	10
46	11	12	13	14	15	16	17
47	18	19	20	21	22	23	24
48	25	26	27	28	29	30	

Total antal brugere på lokation



Figur 25: Eksempel heatmap (Kilde: fm3).

Heatmap

Et eksempel på en dataanalyse, der giver et hurtigt og visuelt billede af data er udarbejdelse af et heatmap. Et eksempel fra pilotforsøg 2 (Idræt – Gentofte) er vist nedenfor i figur 25. Her er der for en 14 dages periode dagligt opgjort det totale antal brugere på lokationen.

Analyse af metadata

Et andet eksempel, som ikke indgik som en del af pilotforsøgene, er en analyse af anvendelse af mødelokaler i en administrationsbygning. Her blev foretaget en analyse af meta-data, dvs. en analyse af data om bearbejdede rå-data.

Data blev indsamlet for 17 mødelokaler over en periode på to måneder. På en af de meste travle dage i denne periode blev der registreret i alt 338 møder. Fordeling af antal personer pr. møde og mødets varighed fremgår af figur 26, som ses til højre.

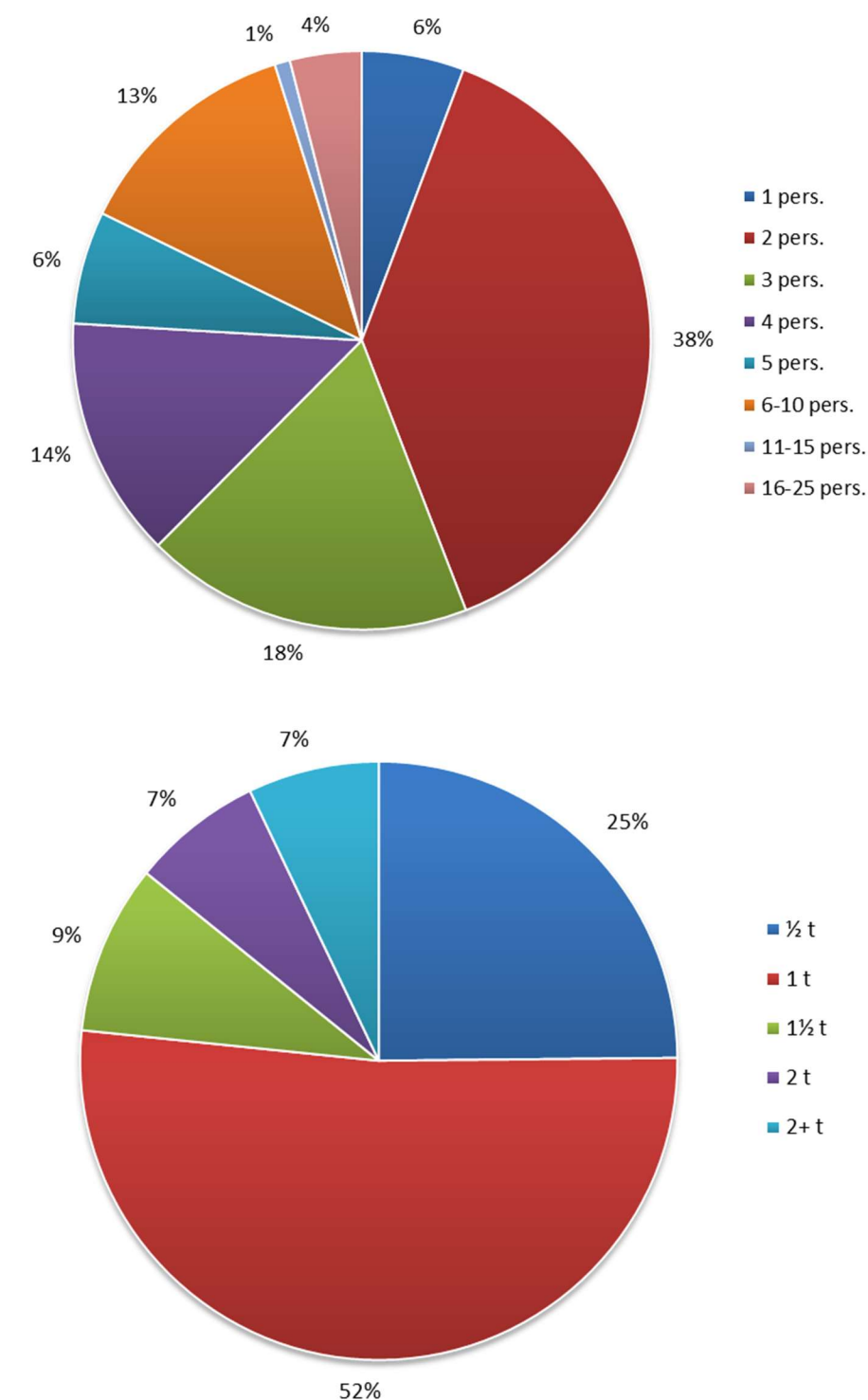
Analysen viste, at andelen af 'små' møder med 2-5 personer udgjorde 82,2% af møderne, hvorimod kun 6% af møderne var med 11 eller flere deltagere. Endvidere viste analysen, at små møder også typisk er korte møder. 85,5% af møderne har en varighed på mellem ½-1½ time, men der er en tendens til, at møderne med mange deltagere er længerevarende.

Ved at koble data fra bookingkalenderen kunne det konstateres, at en stor del af møderne var planlagte på forhånd og bookede i god tid – typisk mindst et par uger før mødet.

Hvad blev denne analyse af meta-data brugt til?

Kendskabet til at mødelokalerne i langt de fleste tilfælde havde en kapacitet på 12 personer eller flere, gjorde det værd at overveje at opdele nogle af mødelokalerne i mindre møderum. Dette – i kombination med at langt de fleste møder var planlagt og bookede – indikerede, at spontane møder foregik andre steder (fx ved den enkelte medarbejders arbejdsplads), hvilket ikke nødvendigvis var optimalt.

Data gav derfor grundlag til på både et taktisk og strategisk niveau, at overveje en ændret indretning af kontorarealerne med flere små mødelokaler. Heraf skulle en del ikke kunne bookes, men anvendes når behov opstod. Dette var også, hvad der faktisk skete i det konkrete projekt.



Figur 26: Figurer for hhv. antal deltagere pr. møde (øverst) og varighed af møde (nederste) (Kilde: fm3).

Metoden med analyse af meta-data af relativt simple data (anvendelsestid og antal personer pr. møde) kan således give megen indsigt, der kan anvendes som strategisk og taktisk beslutningsgrundlag.

Nyttiggørelse på tværs af porteføljen

Behov for lokaler er typisk i en af følgende tre situationer til brug i forbindelse med:

- *Enkeltstående* aktiviteter, fx møde i en beboerforening
- *Frekvente* aktiviteter, fx kursus i italiensk for begyndere hver tirsdag aften
- *Konstante* aktiviteter, fx kontor for områdeledelsen af daginstitutionerne

Behovet for lokaler er også tidsmæssigt enten:

- *Samtidig* med den primære anvendelse, hvor primær anvendelse er i forhold til bygningens formål, fx en skole, hvor det primære formål er undervisning
- *Forskudt* i forhold til den primære anvendelse

For sektorerne Skoler og Administrationsbygninger er der en meget tydelig primær anvendelse. For Kulturbygninger og Idrætsfaciliteter er den primære anvendelse ofte bredere og ofte anvender den samme gruppe af brugere kun disse bygninger i få timer af gangen.

Disse tre aktivitetstyper og tidsmæssige behov er sammenstillet i figur 27 med en farveangivelse af, hvor 'tungt' det kan være at finde, men ikke mindst få opfyldt behovet for lokaler/areal.

At finde et egnet lokale til enkeltstående aktiviteter forskudt for den primære anvendelse (øverste venstre hjørne) er som regel ganske nemt. At finde et egnet areal til en frekvent aktivitet i en bygning, hvor der på samme tidspunkt allerede foregår aktiviteter (nederste højre hjørne) er typisk ganske tidskrævende.

I kapitel 3 om dataindsamling og dataanalyse blev det beskrevet, hvordan pilotforsøgene var blevet udvalgt og IoT-enheder opsat til at indhente valide anvendelses- og aktivitetsdata i kommunale bygninger i typiske situationer og for typiske behov:

	Behov udenfor 'primær' anvendelse - Forskudt	Behov samtidig med 'primær' anvendelse - Samtidig	
Enkeltstående aktiviteter	- Finde egnet lokale	- Finde egnet lokale - Koordinering	Primært flere nye aktiviteter på samme plads – Enten nye aktiviteter eller flyttet fra anden lokation
Frekvente aktiviteter	- Finde egnet lokale - Evt. skabs/depotplads	- Finde egnet lokale/areal - Koordinering - Evt. skabs/depotplads	
Konstante aktiviteter	- Finde egnet lokale - Koordinering - Evt. skabs/depotplads	- Finde egnet areal - Frigørelse af areal / Rokade	Primært flere funktioner på færre kvadratmeter - Enten nye funktioner eller fx hjemtagelse af lejemål

Figur 27: Aktivitetstype ift. behov og primær anvendelse samt typiske nødvendige handlinger (Kilde: fm3).

- Valide aktivitetsdata i skoler, primært til afdækning af muligheder for yderligere fritidsaktiviteter og fritidsundervisning efter normal skoletid
- Registrering og vurdering af arbejdsplads- og mødekapacitetsbehov i administrationsbygninger, primært til afdækning af muligheder for optimering og samling af administrative arealer
- Aktivitetsmåling i idrætshaller, primært til afdækning af spidsbelastningsperioder, mulighed for udjævning eller forøgelse af aktivitet i lavt benyttede perioder
- Aktivitetsdata i kulturbygninger, primært for afdækning af belastning, at optimere antallet af udbud og at kunne øge aktivitetsudbud i lavt benyttede perioder

Hvis der skal findes et 'egnet lokale' (jævnfør figur 27) vil data om anvendelse give de første informationer om mulighederne. Men udover anvendelsesdata er der ofte også behov for informationer om lokalets:

- Størrelse (længde, bredde, evt. højde)
- Indretning (fx møblering)
- Udstyr (fx projektor)
- Tilgængelighed (adgang for gangbesværede)
- Beliggenhed (offentlig transport, P-plads)

Desuden skal der ofte også tages hensyn til flere forskellige barrierer som:

- Praktiske
 - Lås/aflåsning*
 - Tilgængelighed
 - Brandforhold
 - Vagt/bemanding*
 - Oprydning efter aktivitet*
 - Skabs/depotplads*
 - Flere bookingsystemer, der ikke deler data
- Opfattelse/forståelse
 - Begrænsning i frihedsgrader*
 - Øget krav til planlægning*
 - Ændring i tildelingsregler* (hal-udvalg)

Der kan ofte være en fordel at udarbejde en aftale/kodeks for anvendelse, hvor en række principper for anvendelse bliver fastlagt (ovenfor markeret med *).

Hvis der skal findes et 'egnet areal' (jævnfør figur 27) vil data om anvendelse være en begyndelse. Men også her vil der være behov for yderligere data, da en opgave med at finde et egnet areal, næsten altid bliver et projekt af større eller mindre omfang.

Nogle af de øvrige data vil derfor blandt andet være:

- Størrelse
- Beliggenhed
- Tilgængelighed
- Udstyr
- Planløsning / Indretning

Når der skal findes egnede arealer indenfor ejendomsporteføljen, vil der også her være en række barrierer som fx:

- Udarbejdelse af rokadeplan
- Projekt for ombygning og indretning
- "Ejerskab til areal" mellem nuværende brugere og "de nye"
- Fokus på at fremme "egen forretning" fremfor fællesskabet
- Begrænsning i frihedsgrader
- Øgede krav til planlægning og koordinering
- Alternative muligheder/ønsker

Muligheds-katalog

For at opnå succes med at finde egnede arealer og at gennemføre ændringer i anvendelsen af kommunalt ejede arealer, vil der være brug for både at sikre ændringer i brugernes adfærd og i ledelsens håndtering af forandringer. Begge faktorer er essentielle at adressere som bl.a. beskrevet i *Inspirationsmateriale – Dataunderstøttet arealoptimering*¹¹.

En af de helt store faktorer ved ændringer er tid. Når man som porteføljeforvalter får en henvendelse om at finde et egnet lokale eller et større areal, er der oftest en forventning om, at dette kan ske indenfor kort tid.

Et godt råd er derfor på forhånd at opbygge et Muligheds-katalog over egnede lokaler og arealer, så man når (og ikke hvis) der bliver behov for flere arealer, har oversigten klar.

Et Muligheds-katalog indeholder en oversigt pr. ejendom over lokaler og arealer, der enten umiddelbart er velegnet, de velegnede med mindre justeringer eller som kræver mindre ombygninger. Et uddrag fra et Muligheds-katalog er vist i figur 28.

De 'nemme' lokaler (som vist med grønt i figur 27) kan brugerne ofte selv håndtere via et online bookingsystem. De mere komplicerede lokaler/arealer (gule og røde felter) har en række barrierer, der kræver ændringer og dermed tager tid.

Opbygning af et Muligheds-katalog er tidskrævende og bør opdeles i faser fx:

Fase 1:

Udvælgelse af bygninger, hvor der er kendskab til, at der er muligheder (også uden konkrete data). Dette vil ofte være Skoler, Administrationsbygninger og større kulturejendomme og idrætsfaciliteter. Et sted at starte er fx alle ejendomme i porteføljen på 2-4.000 m² eller derover.

	Muligheder udenfor 'primær' anvendelse - dvs. før 8 og efter kl. 17 - Forskudt	Muligheder samtidig med 'primær' anvendelse – dvs. fra kl. 8-17 - Samtidig
Enkeltstående aktiviteter	Umiddelbar velegnet - Dramasal (170 m ²) - Husgerningslokale (90 m ²) - IT-lokale (58 m ²) - Fællesareal/lærerværelse (187 m ²) - Diverse klasseværelser i hovedbygningen (fra 25-35 m ²) - Kemilokale, mellemrum (52 m ²) - Natur & Teknik lokale (32 m ²) Mindre justeringer - Billedkunst 'kvisten' (i alt 214 m ²)	Umiddelbar velegnet - Musikhuset (137 m ²) Mindre justeringer - Formning/Design (4 lokaler i alt 202 m ²)
Frekvente aktiviteter	Umiddelbar velegnet - Dramasal (170 m ²) - Husgerningslokale (90 m ²) - IT-lokale (58 m ²) Mindre justeringer - Billedkunst 'kvisten' (i alt 214 m ²)	Umiddelbar velegnet - Musikhuset (137 m ²) Mindre justeringer - Formning/Design (4 lokaler i alt 202 m ²)
Konstante aktiviteter	Mindre justeringer - IT lokale (58 m ²) Mindre ombygninger - Billedkunst 'kvisten' (i alt 214 m ²)	Mindre ombygninger - Mediatek (238 m ²) - Fællesrum og lærerværelse (228 m ²)

Figur 28: Uddrag fra et Muligheds-katalog (Kilde: fm3).

Fase 2:

Gennemgå de udvalgte ejendomme med fokus på lokaler større end 25-30 m². Det er ofte foreninger (min. 10-12 personer), der efterspørger lokaler og der er derfor behov for lokaler af en vis størrelse, hvilket reducerer undersøgelsesomfanget.

Fase 3:

Indsamling af data om de lokaler, der umiddelbart virker mest velegnede. Data er både anvendelsesdata (brug IoT-enheder som beskrevet her i rapporten) og øvrige data som beskrevet ovenfor (side 39).

Fase 4:

Udbyg Muligheds-kataloget med flere og flere lokaler og arealer i prioriteret rækkefølge i forhold til ressourcer. Anvend gerne Muligheds-kataloget i en årlig dialog med de nuværende brugere for at få kataloget opdateret, men ligeså meget som forberedelse til, at det ikke en overraskelse for de nuværende brugere af arealet, at lokaler/arealer er med i Muligheds-kataloget.

6 Konklusioner, anbefalinger og perspektiver

6. Konklusioner, anbefalinger og perspektiver

Konklusioner

På baggrund af erfaringerne fra pilotforsøgene er der i figur 29 et overblik over hvilke sensortyper og teknologier, der kan anvendes til valide anvendelses- og aktivitetsdata i forhold til databehov og ønsket detaljeringsgrad.

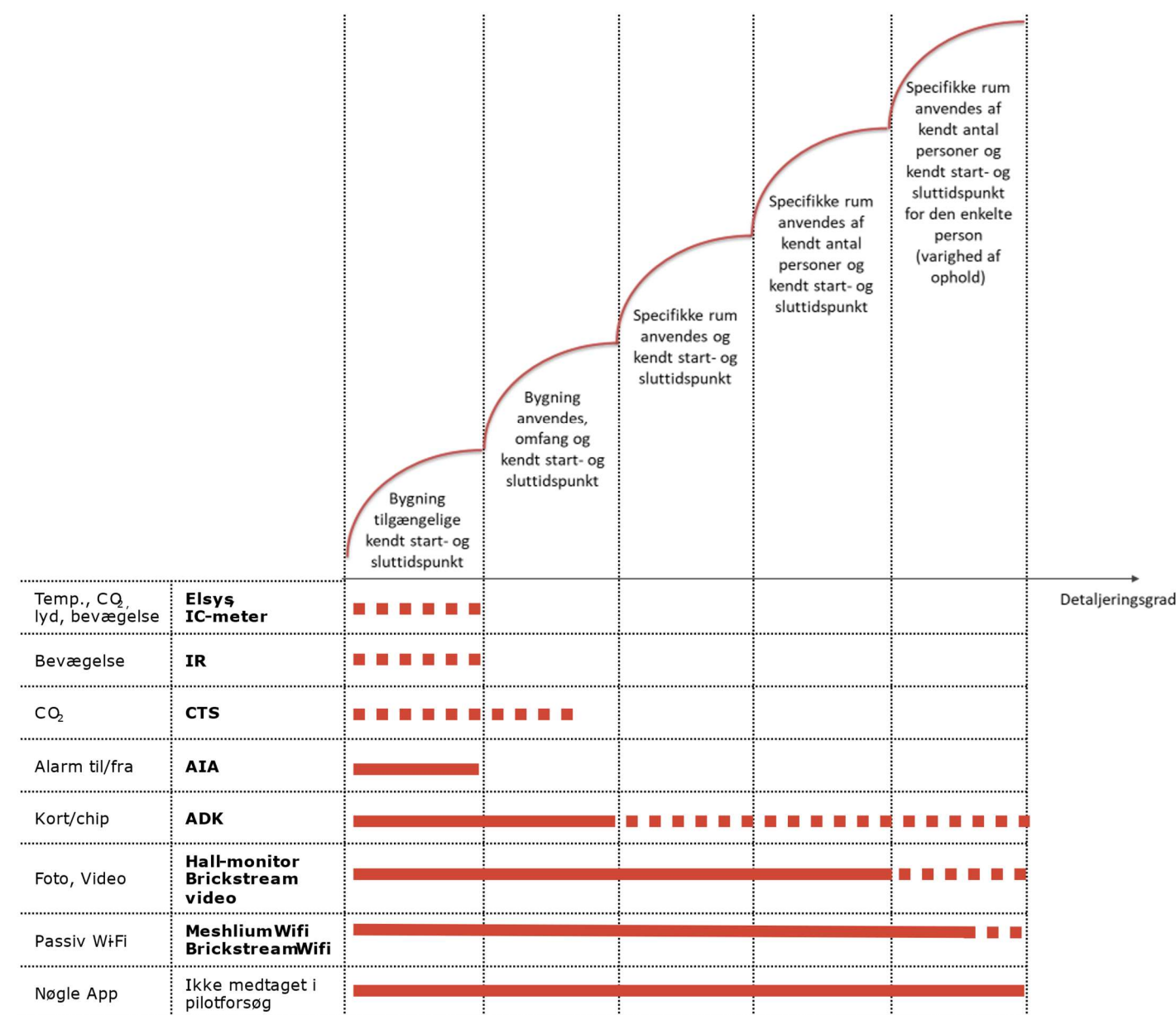
Pilotforsøgene er gennemført fra medio til ultimo 2019 og indeholder ikke en undersøgelse af alle IoT-enheder på markedet. Endvidere sker der også en hurtig teknologisk udvikling af IoT-enhederne, hvorfor rapportens konklusioner mht. IoT-enhederne skal betragtes som et øjebliksbillede.

Rapportens anbefalinger mv. om databehov, -indsamling, -analyse og -nyttiggørelse, barrierer og udfordringer samt mulighedskatalog er almenlydige uanset valg af teknologi.

Pilotforsøgene viser, at hvis man ønsker data med høj detaljeringsgrad og højt konfidensniveau, skal man enten anvende sensorer med kamera (video/stillbillede) for enkelte rum/haller eller passiv registrering af Wi-Fi for en bygningsfløj/område.

ADK-anlæg kan også levere data med en høj detaljeringsgrad og et højt konfidensniveau. Dette er dog afhængig af, hvorledes anlægget er bestykket med læseenheder ved døre, og hvorledes der er mulighed for 'tail-gating' (dvs. flere kan gå igennem en dør på samme kort).

Sensorer, der er baseret på at måle temperatur, lyd, lys, luftfugtighed, CO₂ eller Infrarød (bevægelse), giver ikke tilstrækkelige valide data om anvendelse og aktiviteter. Temperatur, lyd, CO₂ og luftfugtighed kan fx påvirkes ved at åbne et vindue. Lyd kan påvirkes fra fx en radio eller et fjernsyn. Endelig er dækningsområdet for disse sensorer ofte begrænset til få meter.



Figur 29: Pilotprojektets sensortyper ift. valide anvendelses- og aktivitetsdata ved forskellig detaljeringsgrad (Kilde: fm3)

IC-meter måler temperatur, lyd, lys, CO₂ og luftfugtighed, hvilket er godt til at bestemme rummets indeklima. Men pilotforsøgene viser ikke, at de kan give meget valide data om anvendelse og aktivitet.

Målinger fra Elsys-sensor og IR-sensorerne kunne ikke 'oversættes' til meget valide data om anvendelse og aktivitet, men kun give indikationer.

Data fra AIA (skalsikring) har begrænset detaljeringsgrad i forhold til tidspunkter for tilkobling/frakobling af alarm, men ikke aktivitetsdata derudover.

En teknologi, som ikke var mulig at medtage i pilotforsøgene, er anvendelse af en App til booking og som adgang/nøgle til bygningerne. Denne teknologi giver en meget stor detaljeringsgrad, som beskrevet nedenfor i afsnittet 'Perspektiver'.

Anbefalinger

Det kan lade sig gøre at skaffe troværdige objektive anvendelses- og aktivitetsdata ved hjælp af IoT sensorteknologier. Men formål og behov skal vejes op imod besvær, omkostninger og ressourceforbrug.

Indsamling af data om anvendelse og aktivitet kan være besværet værd som grundlag for overvejelser på strategisk niveau til optimering af ejendomsporteføljens sammensætning (fx antal af idrætshaller) eller på taktisk niveau (fx fordeling af arealer og optimering af FM services). Anvendelsesdata er dog ikke det eneste datasæt, der kan være nødvendigt at indsamle jf. også rapporten *Inspirationsmateriale – Dataunderstøttet arealoptimering*¹¹.

Data er kun en begyndelse, der kan *understøtte* forandringen. De mest efterspurgte tider i idrætshallerne vil stadig være tirsdage, onsdage og torsdage 17:00-22:00. Kulturtilbud topper typisk torsdag, fredag og lørdag. Skole, SFO og fritidsklub vil stadig typisk være åben fra kl. 07:00 – 17:00 og kontorets almindelige åbningstid er fortsat hverdage kl. 08:00 – 16:00 (med lang torsdag).

Det vil være en stor opgave at ændre denne kollektivt indgroede adfærd.

På andre områder kan man se, at de rette incitamenter kan ændre adfærd. I de større byer er der delebiler, hvor man nemt, hurtigt og billigt kan få adgang til en el-bil når der er behov. Flyrejser kan ske både tidligt og sent med lavprisselskaberne.

Men mange ser adgang til kommunale arealer som et 'frit-gode' og er ikke bevidste om udgifterne.

Det er formentlig de færreste der tænker på, at den årlige drift til 1 m² modsvarer 2-3 timers hjemmehjælp og at arealet desuden belaster miljøet med et stort CO₂ fodaftryk både ved opførelse og når det kommer til det årlige energiforbrug.

Så hvis anvendelses- og aktivitetsdata skal have en betydelig indvirkning på optimering af det aktive areal i den kommunale ejendomsportefølje og samtidig medføre markante ændringer i porteføljens størrelse og nye anvendelsesmønstre, er der bl.a. behov for at koble forbrug med omkostninger, at vise at det ikke er gratis hverken økonomisk eller klimamæssigt, samt at ændre opfattelse af arealerne fra *mit* areal til *vores* areal.

Der er et stykke vej endnu. Men heldigvis skal der kun små forbedringer til med de mange kvadratmeter og de store beløb kommunerne anvender hvert år på bygninger: 31 mio. kommunale m², et årligt driftsbudget på skønnet kr. 15-18 mia.¹² og en anlægsramme i 2020 til bygninger og veje på i alt kr. 19,1 mia.¹³.

Perspektiver for IoT til anvendelses- og aktivitetsdata: Fremtiden er nu

I år 2025 forventes der at være ca. 75,5 mia. IoT-enheder tilkoblet internettet, hvilket er en femdobling siden 2015.

Disse IoT-enheder vil komme til at indeholde kraftigere CPU'er og dermed mulighed for bedre software til kunstig intelligens og – i relation til aktivitets- og anvendelsesdata – bedre software til fx ansigtsgenkendelse.

Der findes allerede IoT-enheder på markedet (som ikke var med i pilotforsøgene), hvor der anvendes samme ansigtsgenkendelsesteknologi, som fx også bruges som adgangskode til iPhone X. Disse sensorer kan på personniveau blandt andet

anvendes til at tracke bevægelsesruter, opholdstid og formentlig også snart typer af aktivitet.¹⁴

Udover IoT-enheder sker der allerede nu – via en række forskellige apps på ens smartphone – en registrering af hvor man er, hvornår og sammen med hvem, samt en registrering af lokalisering og bevægelsesmønstre. Dette sker hele tiden, uanset hvor man er.

Apps er bl.a. Google Maps, Facebook, Instagram, Waze, WhatsApp, Wallet og Kamera/fotos blot for at nævne nogle få apps, der hele tiden (i visse tilfælde også når appen ikke benyttes) registrerer GPS-lokation for den pågældende smartphone. I appen er smartphonen endvidere koblet med e-mail, telefonnummer og/eller navn, således at man ikke længere er anonym¹⁵.

Så fremtiden er nu. Meget præcise data om anvendelse og aktivitet findes på person-niveau. Disse data kan købes hos firmaer specialiseret i indsamling af data og anvendes allerede nu af virksomheder og politiske organisationer til at målrette reklamer og 'nyheder' til den enkelte¹⁶.

Hvis man derfor anvender en app, som 'adgangskort' til en bygning, til booking af lokaler eller som nøgle til skabet i omklædningsrummet behøver bygningsejeren ikke IoT-enheder for at få data om anvendelse og aktivitet. For disse data haves allerede fra appen¹⁷. Hvis brug af lokalerne er betinget af brug af appen, kan man end ikke slukke for eller lade smartphonen blive hjemme for at forblive anonym.

Aktivitetsdata kan medvirke til at optimere vores fælles formue bundet i ejendomsportefølje for derved at bruge færre penge på opførelse samt drift af bygninger.

Dette kan ske hvad enten man vælger en analog metode med en studerende med papir og blyant, om man anvender IoT-enheder som præsenteret her i rapporten eller om man vælger en App-løsning.

Ethvert valg af teknologi (analog som digital) vil medføre en række udfordringer, barrierer og dilemmaer, som man må tage stilling til og håndtere i den konkrete situation.

7. Rapportens tilblivelse

7. Rapportens tilblivelse

Projektet 'Aktive Bygninger' blev introduceret på workshoppen 'Smarte Kommunale Kvadratmeter' afholdt 19. december 2018. Her var en række kommuner, rådgivere og teknologileverandører samlet for at drøfte behov for indsamling af data til effektivisering af de kommunale bygninger og status på de teknologiske muligheder med forskellige IoT-enheder. Alle deltagere var blevet inviteret til at deltage i 'Aktive Bygninger'.

Ballerup, Hillerød og Gentofte kommuner har deltaget og lagt bygninger til pilotforsøgene. Pilotforsøget i Gentofte Kommune var påbegyndt af fm3 inden projektet 'Aktive Bygninger' påbegyndtes, men blev medinddraget som en del af dette større projekt.

Syv forskellige IoT-enheder blev anvendt i pilotforsøgene. Tre af enhederne blev stillet til rådighed af leverandøren, en enhed blev stillet til rådighed af fm3, og de resterende tre enheder blev indkøbt af Ballerup Kommune ifm. projektet.

Projektet har været inddelt i tre faser:

1. Planlægning (februar – maj)

Udvælgelse af pilotforsøg, dialog med deltagende pilotkommuner, dialog med teknologi samarbejdspartnere

2. Pilotforsøg (maj – december)

Opsætning af teknologier (i det omfang dette ikke allerede var sket), opfølgning på dataindsamling, test af datavaliditet

3. Rapportering (november 2019 – januar 2020)

Udarbejdelse af foreløbig rapport, styregruppens gennemgang af rapport, endelig rapport samt opfølgende konference/præsentation (planlagt til primo/medio 2020)

Styregruppe, følgegruppe og øvrige bidragsydere

I tilblivelsen af denne rapport har det været en fornøjelse at arbejde sammen med en række engagerede, inspirerende og kompetente personer.

Styregruppen fra KL:

Kristoffer Slotved, Konsulent, Teknik og Miljø, KL

Frederik Schelle Hornnes, Space Manager, Center for Ejendomme, Ballerup Kommune

Aidin M. Irandoust, BIM-specialist, Ejendomme, Hillerød Kommune

Derudover har en række personer på forskellig vis bidraget til rapporten bl.a.:

Kim Hannibal, Key Account Manager, ATKI A/S

Jakob Lose, CEO, Webital A/S

Göran Wilke, CEO, IC-meter

Karen Dilling, Ejendomschef, Hillerød Kommune

Claus Roikjer, Chef Gentofte Ejendomme, Gentofte Kommune

Mads Bo Bojesen, Chef for Center for Ejendomme, Ballerup Kommune

Heidi Tiedgen Svejgaard, Projektleder, Ejendomme, Hillerød Kommune

Anders Nyholt, Koordinerende TSM, Gentofte Kommune

Fortolkninger og analyser er foretaget efter bedste evne på baggrund af det foreliggende grundlag og evt. fejl, mangler og udeladelser er undertegnedes.

Februar 2020

Preben Gramstrup, fm3.dk

<https://dk.linkedin.com/in/prebengramstrup>

Udvalgt litteratur og websider

Litteratur

Nedenfor er udvalgte relevante referencer, som udgør en del af den anvendte litteratur. For yderligere referencer se også fodnoterne.

Kurt Lundgren, Bengt & Marie Edenfeldt Froment Karlöf (2001) *Benchlearning - Forbilleder som løftestang for udvikling*

Danske Regioner, Erhvervs- og Byggestyrelsen, Finansministeriet, KL, Slots- og Ejendomsstyrelsen, Velfærdsministeriet (2008): *Ejendomsadministration i kommuner og regioner – Bedre rammer for velfærd*.

fm3.dk og MUUSMANN (2018): *Inspirationsmateriale – Dataunderstøttet arealoptimering*, for Finansministeriet og KL.

fm3.dk og Valcon (2018): *Foranalyse til projektet 'Kloge kommunale kvadratmeter'*

Rikke Gade, Cecilie Breinholm Christensen, Rasmus Krogh, Thomas B. Moeslund og Henrik Harder (2016) *Analyse af adfærd i idrætsfaciliteter*

IRIS Group for Erhvervsstyrelsen (2016) *Forbundne muligheder. Analyse af danske virksomheders brug af Internet of Things*.

Mirko Presser (2017), Aarhus University *The Internet of Things*, https://www.it-forum.dk/files/Diverse_pdf/20170316_IoT_Forum_IoT_Introduction.pdf

Washington Post (2019) *Colleges are turning students' phones into surveillance machines, tracking the locations of hundreds of thousands*, <https://www.washingtonpost.com/technology/2019/12/24/colleges-are-turning-students-phones-into-surveillance-machines-tracking-locations-hundreds-thousands/>

Udvalgte websider

Nedenfor er udvalgte links anvendt i forbindelse med rapporten

<https://energiforskning.dk/da/project/iot-baseret-dataopsamling-til-bedre-bygnings-drift-og-design>

<https://fm3iot.dk/site/101/viewusage.php>

<https://www.gate21.dk/>

<https://grazper.com/>

<https://www.kl.dk/politik/teknologispring/>

<http://kommunernes-teknologispring.dk/teknologi/internet-of-things/>

<https://www.ubiqisense.com/en/>

Udvalgte begreber og forkortelser

Nedenfor en kort liste over de væsentligste anvendte begreber og forkortelser.

ABA/ABDL: Automatisk BrandAlarmanlæg - Automatisk BrandDørLukningsanlæg.

Access-point: Adgangspunkt til internettet for en trådløs enhed fx mobiltelefon, tablet eller PC. Access-point forbinder (ofte via kabel) den trådløse enhed med routeren.

ADK: Automatisk Adgangs Kontrol

AIA: Automatisk Indbruds Alarm, tyverialarm

BMS: Building Management System - samlet betegnelse for CTS- og IBI-anlæg.

CAFM: Computer Aided Facilities Management. En fællesbetegnelse for et IT-system, der helt eller delvist understøtter planlægning, design, styring og anvendelse af en organisations bygninger, arealer og services. Andre betegnelser for IT-værktøjer til FM er IWMS (Integrated Workplace Management System) og CMMS (Computerised Maintenance Management System), hver med deres formål og fokus.

CPU: Central Processing Unit eller blot processor. CPU'en er den centrale regneenhed, der udfører alle de beregninger, der skal udføres i en computer eller IoT-enhed. Populært kan man sige, at CPU'en er enhedens hjerne.

CTS: Central Tilstandskontrol og Styring til overvågning og styring af tekniske anlæg for varme, ventilation og køling.

Firewall: 'Sikkerhedsfilter' mellem internettet og det lokale netværk. Kan være indbygget i en router.

FM: Facilities Management understøtter virksomhedens kerneforretning gennem planlægning og ledelse af virksomhedens fysiske rammer og services. På europæisk plan defineres FM således: *“Facilities Management is the integration of processes within an organisation to maintain and develop the agreed services which support and improve the effectiveness of its primary activities”*

IBI: Intelligent Bygningsinstallation, fx for at styre solafskærmning og mørklægning.

IoT: Internet of Things er enheder ('Things' i IoT), som ikke er traditionelle computere, men som indeholder en CPU, software, sensor og dataoverførelse til internettet ('Internet' i IoT). Så det første stykke vej fra IoT-enheden til et access-point/router tilkoblet internettet er trådløst.

IoT-enhederne kan være mere eller mindre smarte. En enhed kan sende rå-data, fx aflæsning af en energimåler – ikke særlig smart. En anden enhed kan sende bearbejdede data, fx antal personer, fordi enheden indeholder software, der kan aflæse billeder og genkende personer – ganske smart.

ITV/TVO: Internt TV til overvågning også kendt som CCTV

PIR: Passive InfraRed sensor, nok mest kendt fra indbrudsalarmer og føler til tænd af lys på toiletter

Router: Enhed for sammenkobling af det lokale netværk med internettet

Wi-Fi: Wireless fidelity - trådløst netværk, der ved anvendelse af radiobølger muliggør dataoverførsel over kortere afstande mellem fx IoT-enhed og access-point.

Referencer og noter

¹ KL Den fælleskommunale digitaliseringsstrategi og handlingsplan 2016-2020 – afsnit 5.2 <https://www.kl.dk/okonomi-og-administration/digitalisering-og-teknologi/digitaliseringsstrategier/den-faelleskommunale-digitaliseringsstrategi-og-handlingsplan-2016-2020/>

² fm3.dk og Valcon (2018): Foranalyse til projektet 'Kloge kommunale kvadratmeter' https://kkm2.fm3.dk/Foranalyse_til_KKM2_Afrapportering_fm3_valcon_FI-NAL_17marts2018.pdf

³ Statista (2019): Internet of Things (IoT) connected devices installed base worldwide from 2015 to 2025 <https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

⁴ Teknik & Miljø (nov. 2019) Smart brug af data giver bedre udnyttelse af kommunale haller.

⁵ EVU (2017) Energioptimering med IBI

⁶ GDPR er ikke en del af rapporten. De fleste kommuner har en jurist, der kan bistå med dette

⁷ Man kan nemt finde egen MAC-adressen på smartphone eller tablet. Søg instruktion på Google.

⁸ Regler om ITV/TVO kan bl.a. findes hos Datatilsynet <https://www.datatilsynet.dk/emner/over-vaagning-og-sporing/tv-overvaagning/>

⁹ Bekendtgørelse af lov om tv-overvågning, Lovbekendtgørelse nr. 1190 af 11. oktober 2007

¹⁰ Forsøg udført af Aalborg Universitet som beskrevet i artikel Rikke Gade, Cecilie Breinholm Christensen, Rasmus Krogh, Thomas B. Moeslund og Henrik Harder (2016) Analyse af adfærd i idrætsfaciliteter

¹¹ fm3.dk og MUUSMANN (2018): Inspirationsmateriale – Dataunderstøttet arealoptimering, for Finansministeriet og KL https://fm3.dk/Strategi_for_digitalt_byggeri/Skab-bedre-drift-baeredygtig-vedligehold-og-optimale-tilstandsvurderinger-TBST-fm3-okt2019.pdf

¹² EY 2017 *Kortlægning af FM i kommunerne* vurderer beløbet til drift til ca. 15. mia. kr. pr. år. fm3 vurderer beløbet til 18 mia. pr. år for de samlede totalomkostninger (TCO) ved at eje og drifte bygninger. I dette beløb indgår ikke afskrivninger på anlægsudgifterne

¹³ Aftale om kommunernes økonomi for 2020, <https://www.regeringen.dk/media/7248/aftale-om-kommunernes-oekonomi-for-2020.pdf>

¹⁴ Get people translated to data points <https://www.modcam.com/>

¹⁵ Læs mere i The NewYork Times (dec. 2019) *Twelve Million Phones, One Dataset, Zero Privacy* <https://www.nytimes.com/interactive/2019/12/19/opinion/location-tracking-cell-phone.html>

¹⁶ Facebook og Cambridge Analytica anvendte fx indsamlede data til målretning af informationer ifm. kampagne for Trump og Brexit <https://www.france24.com/en/20191128-interview-brit-tany-kaiser-cambridge-analytica-targeted-ads-facebook-democracy-under-threat>

¹⁷ I mit lokale træningscenter kan man anvende en app til at booke træningshold og åbne/lukke skabsdør i omklædningsrummet <https://apps.apple.com/us/app/wellcome-fitness-spa/id1459837941>

Bilag 1 Anvendte teknologier i pilotforsøgene

Bilag 1: Anvendte teknologier i pilotforsøgene

Projektet med pilotforsøgene udspringer af KLs digitale handlingsplan, som skal understøtte kommunernes arbejde med digitale løsninger og teknologi, underforstået nye digitale løsninger.

Dette skal ses i lyset af den hastige udvikling, der er indenfor Internet of Things (IoT). I 2015 var der ca. 15,4 milliarder IoT-enheder på internettet. Det forventes, at der i år 2025 vil være ca. 75,5 mia. IoT-enheder tilkoblet internettet, dvs. en femdobling på kun 10 år.

Mens det er nyt, at fx køleskabet har en IoT-enhed, er det ikke nyt, at der i bygninger er AIA-, ADK-, CTS-anlæg og/eller BMS-anlæg med sensorer og styringsenheder som vist til højre i figur 30.

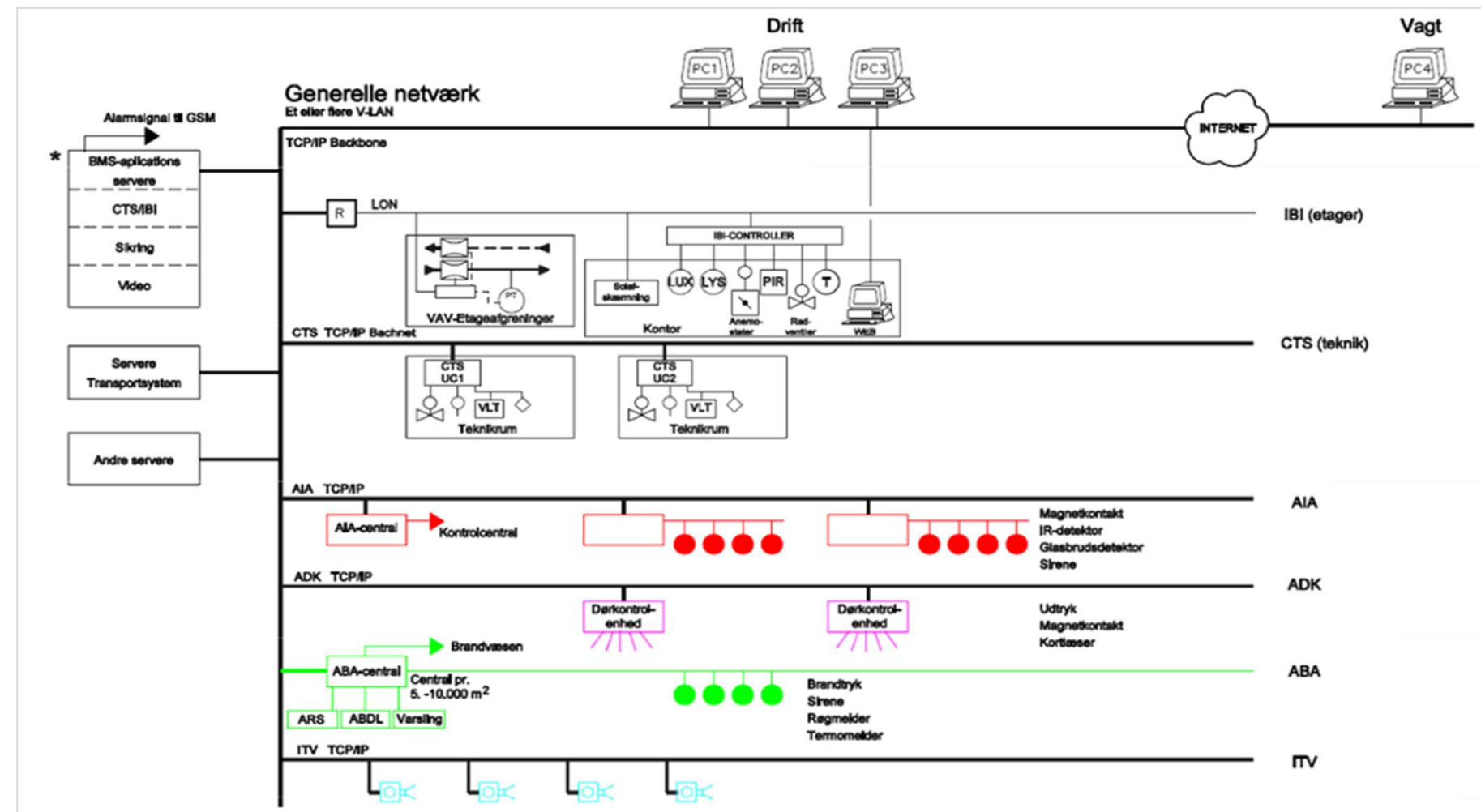
Gamle sensorer

Karakteristiske for 'gamle' sensorer er, at signaler mellem og PC'ere overføres gennem ledninger *hele* vejen fra sensoren til PC'en. Endvidere indeholder 'gamle' sensorer ikke en CPU eller software og kan derfor kun overføre rå-data.

Der findes også IoT sensorer, der indgår i CTS-, BMS- og AIA-anlæg, men i rapporten skelnes 'ny' og 'gammel' sensor i forhold til om den er med CPU og med trådløs forbindelse eller om den er uden CPU og er forbundet med ledning.

I pilotforsøgene er der også anvendt data fra 'gamle' sensorer i det omfang, de har været installeret allerede.

De 'gamle' sensorer er primært CO₂ målere, der kan give data om tilstedeværelse af personer samt AIA (Automatisk Indbruds Alarm, tyverialarm) og/eller ADK (Automatisk Adgangs Kontrol), hvor især ADK-anlæg kan give data om åbningstider og tilstedeværelse af personer.



Figur 30: 'Gamle' ledningsforbundne sensorer (Kilde: ukendt).

Nye sensorer - IoT

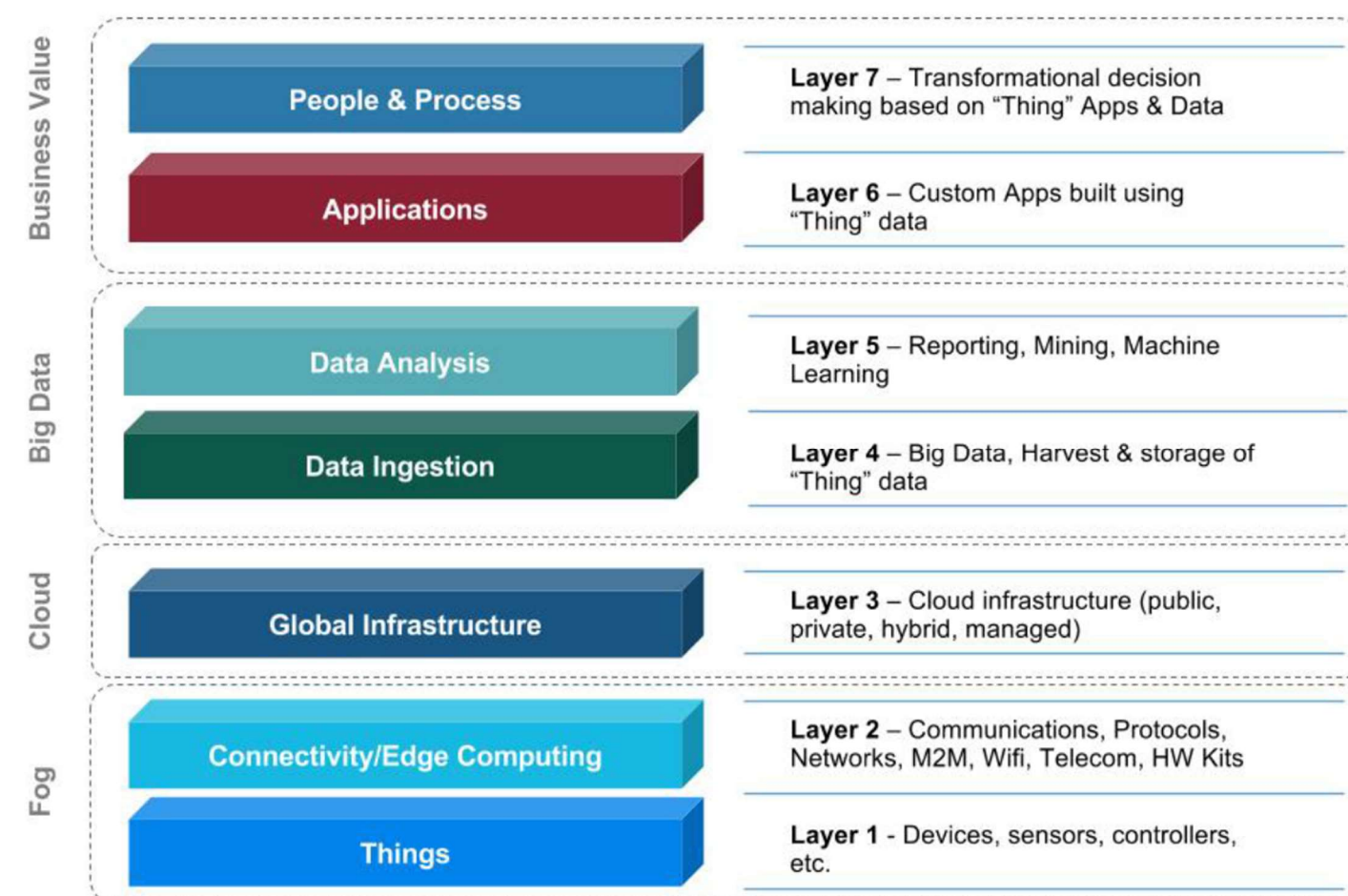
IoT er enheder ('Things' i IoT), som ikke er traditionelle computere, men som indeholder en CPU, software, sensor og dataoverførelse til internettet ('Internet' i IoT). Så det første stykke vej fra IoT-enheden til et access-point/router tilkoblet internettet er trådløst (derfra er det via ledninger).

IoT-enhederne kan være mere eller mindre smarte. En enhed kan sende rå-data, fx aflæsning af en energimåler – ikke særlig smart.

En anden enhed kan sende bearbejdede data, fx antal personer optalt på et foto, hvor der er antallet af personer og ikke billedet, der bliver overført. Enheden indeholder således software, der kan aflæse billeder og genkende personer – ganske smart.

IoT-enhederne er, som det også fremgår af figur 31 (til højre), det første led i kæden ('Things') for at kunne indsamle og anvende data.

Rapporten dækker i større eller mindre grad alle syv lag.



Figur 31: Syv lag fra indsamling af data til beslutninger baseret på disse data (Kilde: Mirko Presser).

IoT- Rækkevidde og strømforsyning

I pilotforsøgene blev der anvendt tre forskellige teknologier til at overføre data (communications) fra IoT-enhederne til internet/server:

1. LoRaWAN, radiosignal
2. Kablet internetforbindelse
3. Mobiltelefon/dataforbindelse 4G

Flere af enhederne kan anvende forskellige typer af signaler

1. LoRaWAN, radiosignal

LoRaWAN er forkortelsen for “Long Range Wide Area Network” og baserer sig på radiosignaler fra IoT-enheden til en antenne i LoRaWAN -netværket.

Flere kommuner, herunder Ballerup Kommune, har etableret deres eget LoRaWAN netværk til at opsamle disse signaler. Da IoT-enhederne kun kan sende radiosignaler er mængden af data, der kan sendes fra en IoT-enhed, begrænset. IoT-enheder på LoRaWAN er primært batteribaserede, og derfor bør der af hensyn til batteriets levetid ikke sendes data for ofte.

IoT-enheder af denne type er derfor gode til at sende informationer punktvis, fx når en affaldscontainer er fyldt, men ikke hvis der er behov for store datamængder om anvendelse og aktivitet.

I pilotforsøgene anvendte IR-sensor, IC-meter og Elsys enhederne opsat i pilotforsøg 3 (administration – Ballerup) og pilotforsøg 5 (idræt – Ballerup) alle LoRaWAN til at sende data til servere. En fordel ved alle disse enheder var en hurtig opsætning, ofte blot med dobbeltpåklæbende tape.

Etablering af eget LoRaWAN netværk er bekosteligt, men udgifterne til sensorer er lave og datasignalerne er næsten gratis.

2. Kablet Internetforbindelse

Pilotforsøg 1 (Skole – Hillerød) og pilotforsøg 4 (Kultur – Hillerød) sendte data via kabel direkte til skolens netværk og videre over internettet til server.

Disse IoT-enheder var Brickstream (video og Wi-Fi), samt HallMonitor. Disse enheder har behov for 220V tilslutning til kameraer og til CPU-enhederne.

Da netværk for internet allerede er etableret, er dette uden ekstra omkostninger, men der kan være omkostninger ved etablering (ekstra kabler, strømtilslutning mv.) ligesom der var en række opstartsproblemer som nævnt i tidligere afsnit.

3. Mobiltelefon/dataforbindelse 4G

Data via telefon har nu en sådan hastighed, at det er muligt at overføre store mængder data, herunder også billeder. Mobiltelefon forbindelse hed oprindeligt GSM (Global System for Mobile Communication) og var 2. generation af mobiltelefonnetværk. Dette er siden blevet opdateret til 4G, ligesom 5G er på vej flere steder.

I pilotforsøg 2 (idræt – Gentofte) anvendte Wi-Fi enheden 4G data forbindelse via et SIM-kort. Strømforsyning var 220 V.

Denne IoT-enhed kunne have anvendt lokalt internet, både til dataforbindelse og til strømudtag (PoE - Power over Ethernet), men da den optimale placering ville kræve udbygning af det lokale netværk valgtes en 4G dataforbindelse i stedet.

4G dataforbindelser er relativt dyre i månedsabonnement (pt. ca. 50-60 kr. pr. måned for 10 Gb data).

Anvendte IoT-enheder i pilotforsøgene

Produkt navn: HallMonitor

Produkt formål: System til vurdering af udnyttelsesgrader i indendørs idrætsfaciliteter

Produkt beskrivelse: HallMonitor-platformen er et system til vurdering af udnyttelse af idrætsfaciliteter.

Løsningen består af et antal små hardware-enheder, som monteres i indendørs idrætsfaciliteter og en cloud-platform til præsentation af data.

Enhederne vil igennem en krypteret dataforbindelse levere billeder til webplatformen, hvorpå man kan logge ind og se data for de enkelte faciliteter. Data samles i et dashboard pr. enhed, hvor man kan aflæse antal personer pr. time. Det er muligt at hente anonymiserede (slørede) billeder, hvis man ønsker at tage stikprøver af de fundne resultater.

Inden man får adgang til billedindhold på webplatformen, er billederne blevet analyserede og slørede. Det er således ikke muligt, at se uslørede billeder på webplatformen. Billedbehandlingen består af et neuralt netværk, som analyserer billederne for fundne personer. Disse personer markeres og optælles. Herefter sløres billedet uigenkaldeligt og det oprindelige billede findes derfor ikke længere.

Systemet fungerer bedst i almindelige brugssituationer, hvor personer udfører idrætsaktiviteter i idrætshallen. Systemet kan blive udfordret, hvis der er rigtigt mange personer i hallen, eller hvis de befinder sig i positioner, hvor de ikke løber, spiller bold eller lignende. Det kunne være, hvis mange personer eksempelvis ligger på gulvet.

Taldata kan udlæses fra platformen via et API.

Udviklings år /seneste opdatering: Udviklet efterår 2017, opdateres 6-12 gange/år med bl.a. integrations-mulighed og forbedret kunstig intelligens

Anvendte teknologier: Hardware-platform: kamerateknologi + 4G-transmission (standard, men alternativ mulighed for opkobling på netværk). Software-platform: AI/neuralt netværk

Data fangst / data output: Produktet registrerer antal personer i en idrætsfacilitet i et givet tidsinterval. Dataoutput kan leveres på forskellig vis:

- dashboard med ugeskema
- dashboard med vilkårligt til-fra-tidspunkt
- mandag-morgen-mail med sidste uges aktivitet
- API med mulighed for vilkårligt til-fra-tidspunkt

Data nøjagtighed ift. formål: Ca. 85-95% ved almindelig anvendelse af idrætshallen.

Data forbindelse: Løsningen leveres som standard med en 4G-forbindelse. Der er ligeledes mulighed for både Wi-Fi og LAN.

Krav til installation: 220V

Webservice / open source: SAAS-løsning med mulighed for udlæsning af data via API

Data ejerskab Fælles dataejerskab, idet Webitall anvender aggregerede tal-data på tværs af alle enheder til at lave analyse af udnyttelsesgrader på landsplan. Kommunen har ligeledes ejerskab over egne tal- og anonymiserede billeddata

GDPR: Der er indarbejdet forskellige privacy-elementer i løsningen. Data transmitteres fra hardware-enhederne via en krypteret forbindelse, og kommunen får ikke adgang til billedmaterialet, før dette er sløret/anonymiseret. Der leveres et klistermærke med teksten "Statistisk optælling" samt et forslag til en lille flyer, som kommunen kan udarbejde og lægge i idrætshallen.

Producent:

HallMonitor ApS

Mukkerten 21, Tarp 6715 Esbjerg N

tlf. 70266263

info@hallmonitor.dk.

Forhandler: Samme som producent

Pris indkøb og drift:

Hardwarepris: 3.500,-/stk. (1 pr. hal)

Abonnementspris: 250,-/md pr. enhed

Mulighed for individuelle priser ved større ordrer

Web-side: www.hallmonitor.dk

Produkt navn: ATKI Person og objektregistrering/analyse

Produkt formål:

- Tælling/registrering af personer eller objekter.
- Måling af opholdstid for en eller flere personer i en eller flere zoner.
- Måling af aktuel personbelægning (antal personer) i en eller flere zoner.
- Måling af personer (skan af telefoner) tilstedeværelse i en eller flere zoner over tid.

Produkt beskrivelse: Projektets produkt er baseret på videoteknologi i 2 generationer (2D=2. generation og 3D=3. generation).

3D (stereokamera) er generelt meget mere nøjagtig end 2D, og giver mulighed for måling i en rumlig dimension (længde, bredde og dybde).

Der kan også udføres måling med termiske sensorer (2D og 3D), radar eller laser. Vi tilpasser løsningen efter det aktuelle behov. Analyse gennem video gennemgår aktuelt en stor udvikling, og ATKI sikrer sig en plads blandt de fremmeste. AI analyse skal præsenteres, så det giver mening for beslutningstagere.

Video har en begrænsning ved totalt mørke, lav loftshøjde eller blokering (objekter) mellem kamera og objekt. Mac adr. skan kan ikke udføres på alle telefoner (randomiseret MAC adresse, eller fuld blokering af Wi-Fi, personer uden telefon).

Udviklings år /seneste opdatering: Produktet udvikles løbende for at fastholde bedste kvalitet og økonomi

Anvendte teknologier: Tælling via normale 2 dimensionale ip-kamera med indbygget tællealgoritme

Tælling/registrering via normale 3 dimensionale ip-kamera med indbygget tællealgoritme
Skanning af mobiltelefoners MAC adresse via acces point indbygget i kamera (3D)

Data fangst / data output:

Data registrering:

- Indgang pr. minut
- Udgang pr. minut
- Beregnet belægning = indgang minus udgang pr. minut
- Målt belægning (antal personer tilstede) i afgrænset geografisk område (indenfor zone) pr. sekund
- Målt opholdstid (persons tilstedeværelse) i afgrænset geografisk område (indenfor zone) pr. person
- Skanning af telefoners MAC adresser (Wi-Fi og Bluetooth) og signal styrke hvert 5 sek.
- Beregnet Belægning baseret på MAC adresser
- Beregnet Opholdstid baseret på MAC adresser
- Beregnet Genbesøg baseret på Mac adresse

- Vejrinformation for lokationen

Rå dataoutput:

Timestamp, data, datatype

Rapportering kan skræddersyes til det enkelte behov (webportal, Excel, dashboard, e-mail, SMS etc.)

Data nøjagtighed ift. formål:

- 2D ca. 80-85%
- 3D min. 95%
- Mac skan ca. 50-60% dækning

Data forbindelse: Netværk / kabelforbindelse (kombineret strøm og data forbindelse / Power over Ethernet). Kan alternativt foregår via mobildatanetværk

Krav til installation: Netværkskabel tilsluttet internet-router (RJ45-stik). Kamera skal side over målested med fuldt udsyn til de objekter, der måles på. Dette gælder dog ikke i lige så høj grad ved skanning af telefoners MAC adresse.

Webservice / open source: Data kan leveres til ftp-server, via API eller som en webservice

Data ejerskab Data kan placeres hvor det ønskes (som udgangspunkt på server hos ATKI A/S eller dennes samarbejdspartnere). Data ejes af kunden.

GDPR: Foretrukne løsninger er med "Privacy by design" (no stream – video processeres i kamera og resultatdata leveres til serveren)

Producent:

ATKI A/S, Kim Hannibal, hannibal@atki.dk, 23 92 85 45

Forhandler: Samme som producent

Pris indkøb og drift:

2D kamera koster ca. 9.000,- inkl. opsætning/installation eksklusiv moms (særlig lang kørsel og evt. broafgifter, materialer til fremføring af kabler m.m. afregnes særskilt). Rapportering ca. 1000,-/år. 3D kamera koster ca. 12-25.000 inkl. opsætning/installation eksklusiv moms (særlig lang kørsel og evt. broafgifter, materialer til fremføring af kabler m.m. afregnes særskilt).

Web-side: <https://persontæller.dk/> <https://www.atki.dk/>

Produkt navn: IC-Meter måleboks og Cloud-tjeneste

Produkt formål: IC-Meters kombinerede måle- og analysetjeneste leverer en fjerndiagnose af en bygnings indeklime, aktuelle brug og energiforbrug. Sidstnævnte ved at analysere fjernaflæste varme-, el- og vandmålere.

Produkt beskrivelse: IC-Meter Cloud opbygger en model af en bygning og de relevante rum, hvor sensorer såvel som 2D-tegninger, fotos og dokumenter kan tilknyttes. Der er udviklet et Activity Index, som beregner den aktuelle menneskelige aktivitet – dvs. estimat af antal personer til stede – alene ud fra indeklime målinger.

Måleboksen måler temperatur, relativ fugt, CO₂, støj og lys hvert 5. min. I Cloud analyserer indeklime ift. til det lokale vejr med estimering af luftskifte og energiforbrug. I lyset af at personers tilstedeværelse har stor betydning for energiforbrug (øget el- og vandforbrug, behov for mere ventilation etc.) er der udviklet et Activity Index, som estimerer den menneskelige aktivitet/tilstedeværelse.

Activity Index algoritmen opstiller og kalibrerer en model for tilstedeværelse ud fra 2 måneders data (5 min. værdier dvs. ca. 15.000 observationer), hvor den menneskelige aktivitet/tilstedeværelse klassificeres som Meget Høj, Høj, Lav eller Meget Lav. Denne skala kan kombineres med brugerinput om lokalets forventede maksimale antal personer (ca. 95% fraktil), hvorefter resultatet kan udtrykkes om antal personer.

Activity Index bliver gemt sammen med indeklime og energimålinger, således at indeklime og energiforbruget ved varierende aktivitetsniveau automatisk bliver analyseret og visualiseret.

IC-Meters koncept kan herudover agere Cloud-platform for andre teknologier såsom 'intelligente kameraer', der online estimerer antallet af personer i et lokale.

Udviklings år /seneste opdatering: IC-Meter lancerede sin første version i 2012. Activity Index blev oprindelig lanceret i 2015.

Anvendte teknologier: Der anvendes sensorer for måling af temperatur, relativ fugt, CO₂, støj og lys. IC-Meter-boksen har en åben import-/eksport-port, som kan anvendes til at hente data fra eksterne sensorer eller til at sende styresignaler til eksternt udstyr.

Data fangst / data output: Alle måledata dvs. inde- og ude-klimadata, energiforbrug samt det beregnede Activity Index præsenteres i standard rapporter og kan herudover trækkes via API.

Data nøjagtighed ift. formål: IC-Meter-måleboks er ved flere lejligheder udpeget som den bedste måleenhed i relation til indeklime. Omvendt vil kameraer med præcise algoritmer give et mere præcist billede af aktivitetsniveauet.

Data forbindelse: IC-Meter uploader måledata til IC-Meter Cloud via GSM eller LoRa hvert 5. min. I Cloud beregnes Activity Index for hver time.

Krav til installation: IC-Meter GSM bruger en 230 V adapter, mens IC-Meter LoRa kører på batteri eller adapter.

Webservice / open source: API

Data ejerskab Kunden ejer alle data og kunden alene har adgang til egne data. Ved at data registreres i relation til bygninger og lokaler kan disse integreres med andre IoT enheder og GIS-systemer.

GDPR: IC-Meter Cloud gemmer ikke persondata, men kan dog personhenføre data, idet modellen registrerer data for bygninger og lokaler. Af samme grund behandles data fortroligt, hvor det alene er brugeren, som har adgang til Cloud og til de bygninger og lokaler, der har tilknyttede data.

Producent:

IC-Meter har selv udviklet sin professionelle sensor, samt algoritmer der opbygger og kalibrerer en model for menneskelig aktivitet i hvert enkelt lokale.

Forhandler: IC-Meter har en række forhandlere, der sælger IC-Meter konceptet. Ved større ordre kontaktes IC-Meter direkte.

Pris indkøb og drift: Ved køb af 10 IC-Meter er indkøbsprisen 1.995 kr. per styk. Månedsudgift for Cloudservices, der omfatter datawarehouse med 100.000 obs. per år, analyseværktøjer, rapporter og alarmer koster 20 kr. per boks og måned.

Web-side: www.ic-meter.com

Cases: IC-Meter bruges i ca. 2.000 lokaler, herunder af en række kommuner.

Produkt navn: Ascoel, IR868LR

Produkt formål: Registrering af personaktivitet med Infrarød sensor.

Udviklings år /seneste opdatering: Ukendt

Anvendte teknologier: Infrarød registrering af varmesignatur med mulighed for zoneopdeling.

Data fangst / data output: rådata i form af hexadecimaler som skal 'oversættes' til antal hits, batteristatus mv. på server eller ifm. databehandling

Data nøjagtighed ift. formål: Kan ikke tælle antal personer, men kun registre om der er aktivitet i et rum.

Data forbindelse: LoRa

Krav til installation: Batteridrevet med LoRa-signal til gateway

Webservice / open source: LoRa-protokollen er open source

Data ejerskab Server hos eksterne kan fungerende som bro til kundens egen database hvor al data opsamles og lagres.

GDPR: Data kan ikke henføres til personer og er derfor ikke personfølsomme data.

Producent:

www.ascoel.it

http://www.ascoel.it/images/Datasheets/IR868LR_eng.pdf

Forhandler:

Indesmatech ApS

DTU Science Park

Diplomvej 381

2800 Kgs. Lyngby

Pris indkøb og drift: Enhedspris ca. kr. 700,- Drift: 10-60 kroner månedligt.

Produkt navn: Elsys ERS CO2

Produkt formål: Måling af CO₂, temperatur, luftfugtighed, bevægelse og lys.

Udviklings år /seneste opdatering: Ukendt

Anvendte teknologier: Sensorer til målinger af CO₂, temperatur mv. og Infrarød registrering af varmesignatur

Data fangst / data output: rådata i form af hexadecimaler, som skal 'oversættes' til antal hits, temperatur, lysniveau mv. på server eller ifm. databehandling

Data nøjagtighed ift. formål: Kan ikke tælle antal personer, men kun registrere om der er aktivitet i et rum.

Data forbindelse: LoRaWan

Krav til installation: Batteridrevet med LoRa-signal til gateway

Webservice / open source: LoRa-protokollen er open source

Data ejerskab Server hos eksterne kan fungere som bro til kundens egen database hvor al data opsamles og lagres.

GDPR: Data kan ikke henføres til personer og er derfor ikke personfølsomme data.

Producent:

<https://www.elsys.se>

https://elsys.se/public/datasheets/ERS_CO2_datasheet.pdf

Forhandler:

Indesmatech ApS

DTU Science Park

Diplomvej 381

2800 Kgs. Lyngby

Pris indkøb og drift: Enhedspris ca. kr. 1.500,- Drift: 10-60 kroner månedlig (ved egen server).