



KOMB:T

IoT muligheder i en kommunal ramme - erfaringsopsamling og perspektivering

Rapportering

København den 23. januar 2020

DANMARK
A-2 A/S - Sjælland
Jægersborg Allé 4
2920 Charlottenlund

A-2 A/S - Fyn og Jylland
Vesterballevej 5
7000 Fredericia

www.a-2.dk
Tlf.: +45 39404100

NORGE
A-2 Norge A/S
Drammensveien 173
Postboks 468 Skøyen
NO-0213 Oslo

www.a-2.as
Tlf.: +47 22550477

0. Indholdsfortegnelse

1. Introduktion
2. Hvad er en IoT løsning?
3. IoT muligheder i en kommunal ramme
4. Kommunale IoT erfaringer
5. Vurdering af IoT smalbåndsteknologier
6. Væsentlige overvejelser
7. Teknisk afprøvning
8. Konklusion
9. Forslag til beslutningsmodel
10. Gode råd

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Bilag 2: Kontaktpersoner

1. Introduktion

Baggrund

Digitaliseringen og udviklingen af nye it løsninger går hurtigt, og en af teknologierne, der vinder frem i disse år, er Internet of Things (herefter IoT).

Teknologien åbner nye muligheder for at opsamle data i det offentlige rum og koble de opsamlede data med f.eks. kommuners processer og systemer. Der kan derfor skabes nye løsninger i forhold til overvågning, styring og optimering af kommuners processer og nye muligheder for at forbedre servicen for kommunens borgere og virksomheder. Eksempler er overvågning af luftforurening, optimering af trafikstyring og vedligehold af infrastruktur.

A-2 har sammen med KOMBIT gennemført en erfaringsopsamling fra 4 kommuner med henblik på at afdække kommunernes erfaringer ved indførelse af IoT teknologi.

Der er ligeledes gennemført en vurdering af de førende IoT smalbåndsteknologier og mulighederne i en kommunal ramme. Med smalbåndsteknologien kan små datamængder overføres over lang afstand med et meget lavt strømforbrug og lave omkostninger.

Parallelt er der gennemført en teknisk afprøvning af en KOMBIT IoT løsning for erfaringsopsamling og perspektivering.

Erfaringsopsamlingen og konklusionerne påtænkes brugt i forbindelse med et OPP projekt, der gennemføres i et samarbejde mellem Kalundborg og Faaborg-Midtfyn kommuner, Delegate og KOMBIT (herefter hovedprojektet).

1. Introduktion

Erfaringsopsamlingens elementer

Nærværende erfaringsopsamling og perspektivering indeholder følgende elementer:

a) IoT muligheder i en kommunal ramme

På baggrund af dialog med tre leverandører og erfaringsopsamling fra fire kommuner er der udarbejdet en oversigt over potentielle IoT muligheder (idékatalog) i en kommunal kontekst. Der redegøres ligeledes for udfordringerne ved brug af teknologien.

b) Erfaringsopsamling fra fire kommuner

Erfaringsopsamlingen er udført hos henholdsvis Kalundborg, Odense, København og Horsens kommuner med henblik på at afdække kommunernes IoT erfaringer og planer for brug af teknologien.

c) Vurdering af IoT smalbåndsteknologier

På baggrund af dialog med én leverandør fra de tre væsentligste smalbåndsteknologier, henholdsvis Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT, er der lavet en vurdering og sammenligning af de enkelte teknologier.

d) Teknisk afprøvning

Der er gennemført en teknisk afprøvning af en IoT parkeringsløsning med henblik på at opsamle yderligere erfaringer.

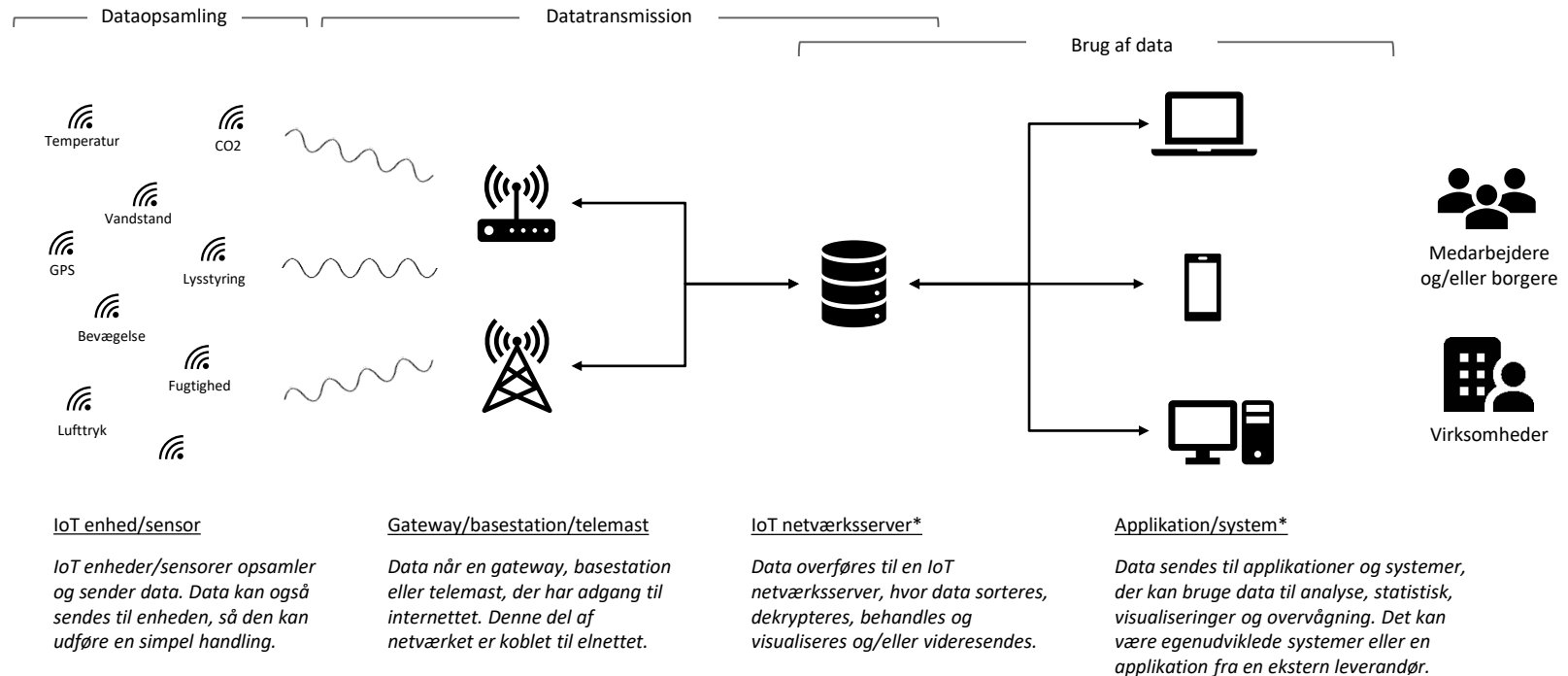
e) Samlet konklusion

Der er udarbejdet en samlet konklusion med henblik på at kunne inddrage erfaringer i fremtidige projekter. Konklusionen indeholder ligeledes en række gode råd og et forslag til beslutningsmodel.

2. Hvad er en IoT løsning?

Et IoT system

Et IoT system er grundlæggende opbygget af et antal IoT enheder, der opsamler data i den fysiske verden og sender data via et trådløst eller kablet netværk til en netværksserver, hvor data konfigureres og sendes videre til de systemer, hvor data analyseres og benyttes. Data kan på tilsvarende vis sendes til IoT enheden, hvis den skal eksekvere en handling.



* Selve IoT enhedshåndteringen (overvågning af batteritid, konfigurering af enheder og fejlmeldinger ligger enten på IoT netværksserver eller varetages i applikation/system.)

2. Hvad er en IoT løsning?

Typer af trådløse IoT netværk

Der eksisterer en række forskellige trådløse netværksteknologier, der muliggør IoT løsninger. Ideelt set vil man gerne have længst mulig rækkevidde, maksimal dataoverførsel og laveste energiforbrug, men i praksis er det en afvejning af disse parametre.

Mere data og længere rækkevidder kræver mere energi og giver lavere batterilevetider. Nedenfor ses en oversigt over de væsentligste teknologier.

	Korte afstande			Smalbåndsteknologi			Mobilteknologi			
				Lange afstande			Bredbåndsteknologi			
	NFC	Bluetooth	Wi-Fi	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT	LTE-M	3G*	4G	5G
Rækkevidde	> 1 m	10 m	100 m	20 km	5-10 km	40 km	40 km	40 km	40 km	40 km
Dataoverførsel	424 kbps	2 Mbps	3 Gbps	0,1 kbps	50 kbps	150 kbps	1 Mbps	40 Mbps	1 Gbps	1-10 Gbps

* 3G netværk forventes udfaset indenfor en årrække.

De afgørende fordele ved smalbåndsteknologien er, at små datamængder kan overføres over lang afstand med meget lavt strømforbrug. Dette giver nye muligheder for at forbinde batteridrevne IoT enheder, som kan indsamle og kommunikere data via internettet.

Smalbåndsteknologien er desuden relativt billig at indkøbe, installere og drifte. Derfor har vi i nærværende præsentation valgt at fokusere på de tre mest udbredte smalbåndsteknologier i Danmark, henholdsvis Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT.

Det er dog vigtig at understrege, at en række andre typer af netværk også understøtter IoT løsninger, og der vil komme nye til. Det kan være netværk til at kommunikere større datamængder (bredbåndsløsninger) eller indendørs netværk til styring af smarte bygninger (eksempelvis Wi-Fi).

3. IoT muligheder i en kommunal ramme

Potentielle forretningsområder

Digitalisering ved brug IoT teknologi giver kommunen en række nye muligheder for at effektivisere arbejdsgange, optimere ressourceforbrug og skabe ny værdi til kommunens borgere og virksomheder.

Med smalbåndsteknologien får kommunen mulighed for at indsamle realtidsdata om alt fra GPS data fra kommunens køretøjer til måling af indeklima i kommunens bygninger.

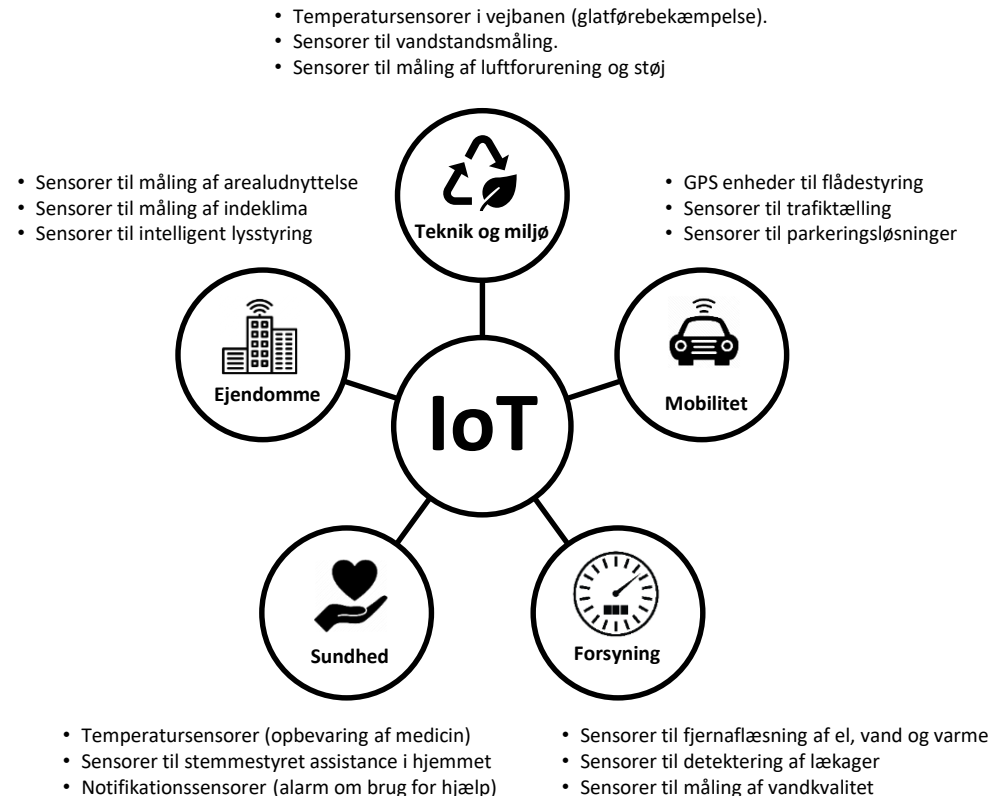
De lange rækkevidder og sensorernes lave strømforbrug giver også mulighed for at samle data fra svært tilgængelige områder uden mobildækning og fast strømforsyning.

Industrien satser på IoT teknologien, som gradvist bliver bedre, billigere og tilbyder flere muligheder for at skabe bedre infrastruktur og ressourceforvaltning.

I bilag 1 er der beskrevet en række potentielle IoT muligheder i en kommunal ramme.

Se også <https://smarterdenmark.kl.dk/> hvor der er samlet en række IoT cases fra kommuner.

Eksempler på brug af IoT



3. IoT muligheder i en kommunal ramme

Fremtidige muligheder

De fleste kommunale IoT projekter og løsninger er i pilot/afprøvningsfase. De løsninger, der er længst fremme og er en integral del af kommunens daglige drift, ligger indenfor områderne affaldshåndtering, overvågning af køretøjer og vandstandsmålinger.

Fremover vil flere IoT løsninger blive introduceret i kommunerne (se bilag 1 for potentielle muligheder), og de eksisterende løsninger, der skaber værdi, vil blive skaleret. Fremtiden vil også byde på mere integrerede løsninger med højere grad af automatisering samt udnyttelse af data på tværs af nuværende datasiloer og kommuner.

Nedenstående er tre eksempler på sådanne løsninger (som vil være realistiske at se i de første kommuner om 3-8 år) :

1. Voldsomt vejr og skybrud kender ikke kommunegrænser, og det kan være svært at forudsige og reagere på konsekvenserne på grund af manglende overblik på tværs af kommuner. Ved at indsamle og dele data på tværs af kommuner kan relevante aktører få et samlet overblik over, hvor der for eksempel er uudnyttet kapacitet til opbevaring af vand, så vandet kan samles op og dermed undgå oversvømmelser. Flere kommuner er ved at implementere tiltag, der skal minimere konsekvenserne ved skybrud, eksempelvis klimaveje med permeabel belægning, hvis formål er at forsinke og/eller nedsive regnvandet og forsinkelsesbassiner med det formål at kunne genanvende vandet til at vande byens træer. IoT teknologien kan bruges til at forhøje effekten af disse tiltag.
2. Ved at opsamle og samkøre data fra trafikovervågning, parkeringspladser, offentlig transport, anlægsarbejder og vedligehold af infrastruktur er det muligt at optimere den intelligente trafikstyring og give trafikanter/passagerer bedre prognoser og vejledning. Data kan ligeledes benyttes til styring af trafiksignaler samt dynamisk skiltning og dermed skabes et bedre flow på vejene. Data kunne med fordel også udstilles til private aktører som eksempelvis taxaselskaber og producenter af vejnavigation. Det betyder færre spildte transporttimer og mindre CO2-udledning.
3. Ved at kombinere data om kommunale ejendomme, deres vand- og energiforbrug samt benyttelsesgrad og indeklimate data, kan der skabes bedre grundlag for øget arealudnyttelse og besparelser på vand, varme, el og ventilation samtidigt med at indeklimaet forbedres.

4. Kommunale IoT erfaringer

Københavns Kommune

Nuværende løsninger

Teknik og Miljø i Københavns Kommune* har pt. to IoT løsninger implementeret, henholdsvis overvågning af køretøjer og et pilotprojekt vedr. affaldshåndtering. I forbindelse med dette har kommunen udviklet sin egen IoT platform til understøttelse af mobile arbejdsgange (herefter PUMA).

IoT platformen PUMA

PUMA er i udgangspunktet lavet til vedligeholdelse af infrastruktur og giver digital understøttelse af processen fra at fejl og mangler opdages, til forvaltningens prioritering af opgaver og kommunikation til de medarbejdere eller arbejds hold, der skal løse opgaverne. Men platformen understøtter også andre opgaver og arbejdsprocesser, hvor der er en kommunal medarbejder i felten (eksempelvis i hjemmeplejen).

PUMA består af en række (open source) standardkomponenter, der kan sammensættes til nye løsninger på forretningsmæssige behov. Med platformen er det muligt at opsætte nye typer sensorer i byen, indsamle data og bygge nye løsninger relativt hurtigt. Der indsamles pt. IoT data fra GPS enheder og sensorer, der måler fyldningsgrad i affaldsspande. Platformen er uafhængig af hvilken teknologi, der benyttes til at opsamle data, og generelt har leverandøruafhængighed været en styrende faktor for arbejdet med platformen.

Platformen (eller dele af den) kan benyttes på tværs af kommuner, og der arbejdes på at gøre PUMA tilgængelig for andre kommuner. I første omgang er der etableret et samarbejde med Region H og Hillerød Kommune som benytter løsningen.

* Erfaringsopsamlingen er alene gennemført i regi af Teknik og Miljø.

4. Kommunale IoT erfaringer

Københavns Kommune

IoT løsning ift. overvågning af rullende materiel

Kommunen har ca. 1.500 køretøjer i Teknik og Miljø, som alle har GPS enheder (2 forskellige typer) installeret. Enhederne opdaterer køretøjernes GPS position hvert 10. sek. (og hvert 3. sek. når køretøjet drejer) samt en række andre kørselsinformationer. Data sendes via et 3G netværk til PUMA, hvor positioner præsenteres i et kort, og data benyttes til at:

- Skabe bedre overblik over køretøjer.
- Effektivisere driften og forbedre udnyttelsesgraden af køretøjer.
- Optimere ruteplaner.

GPS enhederne sender også detaljeret information om køretøjernes kørsel, acceleration, nedbremsning med videre. Denne information benyttes til generel flådestyring og beregning CO2 udledning og klimabelastning.

En af de væsentligste fordele og en afgørende faktor for platformens succes er, at data og indsigt kommer tæt på beslutningsbehovet. Overblikket er tilgængeligt for alle led i kæden og ikke kun administrationen. Kommunen kalder det "co-veillance" i stedet for "surveillance".

På denne måde oplever de enkelte medarbejdere, at løsningen skaber værdi for dem, eksempelvis ift. hurtigere beslutninger, øget selvhjulpethed og bedre muligheder for at koordinere på tværs af enheder.

I forbindelse med implementeringen af løsningen blev der lavet en aftale med fagforeningerne, bl.a. i forhold til at data ikke må benyttes i personalesager.

4. Kommunale IoT erfaringer

Københavns Kommune

Pilot vedr. tømning af kommunale affaldsspande

Ud af kommunens ca. 5.700 gadeaffaldsspande er der i ca. 1.000 installeret en IoT sensor, der måler fyldningsgraden og kommunikerer data via 3G netværk til PUMA, hvor data benyttes til at optimere tømning af affaldsspandene. Målet med løsningen er at:

- Sikre at affaldsspande ikke bliver overfyldte (dette minimerer henkastet affald og arbejdet herved).
- Undgå at tømme affaldsspande med fyldningsgrad på mindre end 20%.

På grund af manglende robusthed og tekniske problemer med sensorerne (de stopper bl.a., når de bliver for beskidte, og der er problemer med sensorernes interne tidsstyring) er det kun ca. 450 ud af 1.000 sensorer, der virker efter hensigten.

Fremtidige løsninger

Forventningen er, at der over de næste år gennemføres en række større og mindre projekter. Der er pt. planer om måling af vandstand i vejbrønde og søer, tømning af vejbrønde samt "giv et praj", hvor borgerhenvendelser vedr. fejl og mangler, sendes direkte til nærmeste arbejds hold for udbedring.

På tegnebrættet ligger bl.a også planer om at udnytte data fra droner, der flyver over byen.

4. Kommunale IoT erfaringer

Københavns Kommune

Opsamling

Københavns Kommune vurderer, at det har været den rigtige beslutning at udvikle egen IoT platform. Ejerskabet til løsningen har givet mulighed for præcist at skabe de rigtige løsninger til understøttelse af forretningen. Ligeledes har beslutningen givet uafhængighed af eksterne leverandører samt skabt mulighed for at gøre platformen modulær, genbrugelig og baseret på open source.

Man har dog truffet beslutning om ikke at være ejer af infrastrukturen mellem IoT sensorer og egen platform. En af bevæggrundene for dette og for at benytte sig af teleselskabernes 3G netværk var at sikre den tilstrækkelige båndbredde for GPS løsningen. Både GPS enheder og 3G netværk har, bortset et enkeltstående netværksnedbrud, fungeret upåklageligt.

PUMA løsningen har været en succes og har på flere parametre været værdiskabende for kommunen, men der er også udfordringer og erfaringer, der skal tages højde for i det videre arbejde. De væsentligste er:

- IoT sensorerne til affaldsspandene har ikke fungeret ordentligt, enhedernes robusthed og softwaremodenhed har ikke været god nok og har ikke passeret til brugssceneriet. Grundige test af sensorer tidligt i projektet, er derfor afgørende for en succesfuld løsning.
- Det har været en større opgave end forventet at få løsningerne til at passe ind i den daglige drift, hvor der løbende er uforudsete hændelser og afvigelser. Det er derfor vigtigt, at viden fra de personer der kender den daglige drift, bliver inddraget og er med til at kvalificere løsningerne.
- Transparens har været en af de væsentligste faktorer for succesen, og det har vist sig værdifuldt, at alle relevante parter (forvaltning såvel som medarbejdere i felten) har haft adgang til data, og at data er tæt på, hvor beslutningerne skal tages og arbejdet udføres.

4. Kommunale IoT erfaringer

Kalundborg Kommune

Nuværende løsninger

Kalundborg Kommune har siden 2016 og sammen med Seas-NVE drevet et IoT pilotprojekt i landsbyen Svebølle. Med en række sensorer koblet til Wi-Fi og smalbandsnetværk i byen er der bl.a. opsamlet data fra:

- Sensorer til måling af el- og varmekonsum (30 husstande).
- Temperatursensorer i vejen (giver mulighed for behovsstyret vejsaltning).
- Sensorer til måling af luftkvalitet og temperatur på skolen (for at sikre luftkvaliteten i klasselokaler).
- Sensorer der måler af luftforurening (NOx- og CO2-værdier).
- Parkeringsensorer på P-pladsen.
- Sensorer i brønden på skolen (SMS advarsel ved fare for oversvømmelse)
- Trafikkameraer til trafiktælling (bruges til styring af vejbelystningen på indfaldsveje og i sommerhusområderne).
- Sensorer i affaldscontainere (for behovsstyret renovation).

Der er blevet eksperimenteret med en række sensorteknologier og løsninger, hovedsageligt med henblik på at blive klogere på mulighederne og høste erfaringer til fremtidige projekter.

En af løsningerne, der har vist sig værdifuld og skalerbar, er den intelligente lysstyring, som betyder, at lyset reguleres, afhængigt af hvor megen trafik der er på indfaldsvejene og i sommerhusområderne.

4. Kommunale IoT erfaringer

Kalundborg Kommune

Fremtidige løsninger

Kalundborg Kommune har endnu ikke skaleret nogle af Svebølle-løsningerne, men vil i 2020 sammen med Faaborg-Midtfyn Kommune implementere en IoT baseret løsning på hjemmeplejeområdet (hovedprojektet).

Baggrunden for projektet er, at de ældre borgere telefonisk kontakter kommunen for at høre, hvor lang tid der er til hjemmeplejen ankommer. Denne kontakt er forståelig, men kræver opkald til hjemmeplejen og et returkald til borgeren.

Formålet med projektet er give bedre borgerservice og optimere brugen af kommunale ressourcer ved at kunne give denne information proaktivt til de enkelte borgere ved hjælp af en SMS besked. Udover dette initiativ har der været overvejelser om brug af teknologien til at binde Kalundborgs havneområde bedre sammen med bymidten eksempelvis ved intelligent eller interaktiv lysstyring, der øger sandsynligheden for, at folk bevæger sig mellem de to områder.

Opsamling

Svebølle piloten har hidtil testet de nemme områder og i et meget begrænset omfang. Komplexiteten opstår, når løsningerne skal skaleres, integreres med andre af kommunens systemer, eller der implementeres løsninger på mere komplekse områder med mere personlige data. Kommunen er i processen blevet bedre til at stille krav og har lært noget om teknologien og hvilke sensorer, der er gode til at løse bestemte opgaver.

Indtil videre har kommunen dog valgt prioritere arbejdet med de data, der allerede er tilgængelige, da det har været vurderet, at det største forbedringspotentiale ligger her. Der har været megen kreativitet på forskellige fagområder, men tid, ressourcer og økonomi skal også hænge sammen før et projekt kan startes.

Hovedprojektet, der opstartes 2020, bliver det første "ikke-pilot" IoT projekt i kommunen.

4. Kommunale IoT erfaringer

Odense Kommune

Nuværende løsninger

Odense Kommune har etableret et mindre selvstændigt LoRaWAN netværk, der ejes og driftes af kommunen, og har ligeledes udviklet egen IoT platform. Der er pt. opsat 3 gateways på kommunale bygninger, hvor der i forvejen er fibernet. Der er og bliver arbejdet med en række "proof of concepts" på IoT løsninger, herunder:

- Parkeringssensordløsninger
- Måling af luftforureningen
- Test af forskellige sensorer i nedgravede affaldscontainere
- Måling af CO2 niveauer i skoler

Drift og administration af gateways håndteres i samme proces og system som kommunens øvrige ca. 2.000 access points. Netværket er åbent til brug for alle kommunes institutioner, borgere og virksomheder, således at disse kan indkøbe IoT enheder, koble dem på netværket og modtage data til eget videre brug. Eksempelvis benytter Syddansk Universitet sig af netværket. Kommunens IoT platform kan potentielt også benyttes af andre kommuner efter aftale.

Udover ovenstående har Odense Kommune og VandCenter Syd et IoT projekt med sensorer til vandmåling, der selv sender deres data hjem hver dag via Sigfox netværket. På den måde kan kommune spare 3 dages manuel dataindsamling fra over 500 målere, desuden får man data hver dag i stedet for én gang om måneden.

Kommunen har også arbejdet med sensorer til overvågning af tekniske installationer og elforbrug. Via et overvågningssystem, sendes der alarmer ved uheldsmæssig drift og unødigt energiforbrug.

Der har ligeledes været forskellige samarbejder med Syddansk Universitet omkring en række IoT test og eksperimenter.

4. Kommunale IoT erfaringer

Odense Kommune

Fremtidige løsninger

Kommunen har indkøbt yderligere 20 LoRaWAN gateways, der er ved at blive sat op med henblik på at give fuld dækning i Odense midtby. Der er ca. 350 potentielle steder med fibernet, og hvor gateways kan tilkobles, og der arbejdes pt. på at finde de bedste steder (eksempelvis fjernvarmeskorstene) for optimal dækning af Odense midtby.

Fremover vil der i kommunen blive arbejdet med følgende løsninger:

- Sensorer til måling af vandhøjder.
- Sporing af kommunes aktiver (eksempelvis hjælpemidler og cykler).
- Støjmålinger (eksempelvis i forbindelse med festivaler).
- Løsninger til trafiktællinger hvor der benyttes kameraer med avanceret billedanalyse.

Opsamling

Kommunen har valgt LoRaWAN på grund af muligheden for at etablere eget netværk og åbne det for kommunens borgere og virksomheder samt at undgå bindinger til eksterne leverandører og abonnementsbetalinger for brug af netværk.

Kommunen har gode erfaringen med netværket og IoT platformen, mens sensorernes kvalitet, funktionalitet, robusthed og batterilevetider ikke har været som forventet. Derfor er der i arbejdet med fremtidige IoT løsninger særlig fokus på sensorernes modenhed, dataprotokoller og certificering af enheder.

Kommunen har også afprøvet løsninger der baseres sig på Sigfox og andre netværk. Erfaringerne med disse har været gode og der arbejdes videre med løsningerne.

4. Kommunale IoT erfaringer

Horsens Kommune

Nuværende løsninger

I løbet af sidste halvår 2018 etablerede Horsens Kommune i samarbejde med Alexandra Institutet, Insero Horsens og Fjernvarme Horsens et LoRaWAN netværk, der består af ca. 20 gateways opsat på kommunale bygninger. Netværket dækker kommunens geografi og er frit tilgængeligt for kommunens virksomheder og uddannelsesinstitutioner. Der blev ligeledes udviklet egen IoT platform til behandling af sensordata.

Der er siden etableringen blevet arbejdet med en række forskellige IoT løsninger baseret på LoRaWAN, herunder:

- Sensorer til målinger af indeklimate (temperatur, luftfugtighed og CO2 niveau).
- Sensorer til affaldscontainere med henblik på at kunne optimere opgaven med tømning.
- Sensorer til detektering af døråbninger.
- Temperatursensorer i køleskabe.

Processen med at etablere eget netværk, IoT platform og gennemføre en række pilotprojekter har været lærerig for de involverede part og har givet et godt indblik i teknologiens fordele og ulemper.

En af de væsentligste udfordringer har været modenhed af LoRaWAN sensorer, og det har været svært for kommunen at finde sensorer af tilstrækkelig god kvalitet, både i forhold til sensorernes hardware og software. Dette har været medvirkende til, at kommunens LoRaWAN pilotprojekter i dag er stoppet, ligesom man har droppet at arbejde videre med den IoT platform, der blev udviklet.

Selve netværket er dog stadig kørende og tilgængeligt for kommunens uddannelsesinstitutioner.

4. Kommunale IoT erfaringer

Horsens Kommune

Fremtidige løsninger

Kommunen har været i pilotfase på IoT teknologien i en periode, og i det fremtidige arbejde, er det afgørende for kommunen at arbejde med tekniske løsninger, der (med meget høj sandsynlighed) både virker, kan skaleres og giver forretningsmæssig værdi uafhængigt af IoT teknologi. Derfor kigger man også efter IoT "end-to-end" løsninger, hvor leverandørerne leverer alt fra sensorer til datatransmission og IoT platform. Det er kommunens vurdering at der findes en række "end-to-end" løsninger, som virker og kan give værdi.

I øjeblikket arbejdes der på følgende løsninger:

- Modtagelse af data fra forsyningsselskabernes sensorer (el/varme/vand) og integration med fagsystem. Der udvikles en ny kommunal IoT platform til dette formål.
- En "end-to-end" løsning der måler og dokumenterer temperaturer i kommunens køleskabe til medicin.
- Rottefælder med sensorer der registrer bevægelser i fælden og sender data til kommunens driftssystem.
- Sensorer til affaldscontainere med henblik på at kunne optimere opgaven med tømning.
- Indledende overvejelser ift. brug af GPS enheder.

Opsamling

Kommunen har etableret et LoRaWAN netværk og afprøvet en række IoT enheder. Konklusionen har været at sensorteknologiens modenhed var lav og gjorde det svært at implementere gode løsninger. Pilotprojekterne har givet værdifulde erfaringer til det fremtidige arbejde, hvor der vil blive fokuseret på, at løsningerne bringer værdi samt bliver mere forretningsdrevne og mindre teknologidrevne.

4. Kommunale IoT erfaringer

Tværgående opsamling

Der har været gennemført (og der kører) en række IoT eksperimenter og pilotprojekter i kommunerne. Flere kommuner har også udviklet egen IoT platform til opsamling og præsentation af IoT data samt levering af data til andre af kommunens fag- og driftssystemer. Det er dog kun Københavns Kommune, der har en egenudviklet løsning der er fuldt implementeret i den daglige drift.

Initiativerne har vist, at IoT teknologien kan virke i en kommunal kontekst og potentielt kan understøtte nogle af kommunens kerneopgaver og beslutningsprocesser samt skabe nye og bedre løsninger.

De kommunale pilotprojekter har dog også vist, at der er udfordringer ved brug af teknologien, som skal adresseres, såfremt løsningerne skal kunne skaleres og bringe værdi. Det er ikke svært at gennemføre et eksperiment eller en pilot, kompleksiteten opstår ved skalering og integration med eksisterende processer og systemer.

Erfaringerne fra kommunernes projekter viser, at den væsentligste tværgående erfaring er, at IoT enhederne ofte ikke virker efter hensigten, særligt ift. hardware robusthed, softwaremodenhed og enhedernes funktionalitet. Markedet er præget af mange umodne enheder, der ikke har været afprøvet over længere perioder. Derfor bør enheder testes i det konkrete brugsscenarie for at sikre, at de virker som forventet.

For at kunne understøtte de forskellige brugsscenarier i kommunerne er det vigtigt at overveje fordele og ulemper ved de forskellige netværksteknologier og ikke kun se på smalbåndsteknologien. Erfaringerne viser, at kommuner vil have behov for at kombinere forskellige netværksteknologier, alt efter hvilken teknologi der er bedst egnet til at løse et konkret problem eller tilbyde en ny service. Eksempelvis kan man have Wi-Fi baserede temperatursensorer i kommunens bygninger, en smalbåndsbaseret overvågning af vandstande og luftforurening, samt en bredbåndsløsning til at monitorere kommunens biler.

Der arbejdes også med forskellige ejerskabsmodeller i kommunerne. Der er ikke nogen facitliste i forhold til valg af ejerskabsmodel. Den rigtige ejerskabsmodel afhænger af kommunens strategi, egne ressourcer (til at udvikle, vedligeholde og drifte en løsning) samt mulighederne på markedet i forhold til hvilke løsninger der er tilgængelige, deres pris og kvalitet.

4. Kommunale IoT erfaringer

Perspektivering til hovedprojektet

I forhold til hovedprojektet findes de vigtigste erfaringer i Københavns Kommune, og fra IoT platformen PUMA som er bygget til at understøtte arbejdsgange med kørende medarbejdere og materiel. Den fungerer pt. i regi af Teknik og Miljø, men platformen vil potentielt også kunne benyttes i regi af hjemmeplejen. Men selve løsningen og forretningslogikken i forhold til at sende besked til borgere (og pårørende) om forsinkelser, skal selvfølgelig stadig analyseres, designes og implementeres.

Kommunen har været igennem en beslutningsproces i forhold til valg af netværk og en proces for udvælgelse af GPS enheder:

- *Netværk:* For at kunne opfylde målsætningen med PUMA løsningen, var der behov for frekvente GPS opdateringer og bedst mulig dækning, så derfor blev der valgt en bredbåndsløsning (3G). Netværket har fungeret som det skulle og har kun haft ét nedbrud på 3 år.
- *GPS enheder:* Kommunen valgte to typer GPS enheder og begge fungerer som de skal.

Som en del af hovedprojektet bør overvejes hvor ofte der er behov for GPS data og anden data fra bilen, samt hvor god dækningen skal være for at hjemmeplejeløsningen kan understøttes. Dette skal bruges som input til at vælge netværk og dermed også GPS enhed. Erfaringerne fra kommunerne viser at både netværksdækning og GPS enheder, bør testes tidligt i forløbet (og gerne flere typer enheder og netværk i parallel afprøvning).

Hvis valget falder på LoRaWAN netværket, er der behov for at tage stilling til om man vil etablere, vedligeholde og drifte eget netværk eller om man vil købe sig til dækningen (hvis der altså findes en leverandør der kan levere tilstrækkelig dækning). Her kan erfaringer fra Odense Kommunes etablering af eget netværk bringes i spil. Kommunen har været igennem hele processen fra indkøb til drift af netværket.

Hvis løsningen også skal benyttes til flådestyring, bør det overvejes at vælge en GPS enhed, der tilsluttes bilens OBD-stik (On-Board-Diagnostics)*. Det vil gøre det muligt at udlæse en række informationer vedr. bilens kørsel og dens tilstand.

* Siden 2001 har alle nye biler i EU (for dieslbiler 2004) skullet have et OBD-stik.

5. Vurdering af IoT smalbåndsteknologier

Kort om IoT smalbåndsteknologierne

I det efterfølgende gennemgås de forskellige smalbåndsteknologier i forhold til de væsentligste parametre, når der skal vælges en IoT løsning. Som nævnt tidligere fokuseres der på de tre mest udbredte smalbåndsteknologier i Danmark, som er:

Sigfox

Sigfox er en fransk teknologi som er udviklet og ejet af virksomheden af samme navn. Standarden er proprietær – det vil sige ejet af ét selskab. Sigfox har netværk i mere end 65 lande og samarbejder med lokale netværksoperatører i forskellige lande. I Danmark er Sigfox netværket etableret og drevet af IoT Denmark, som har rettighederne i Danmark. Et landsdækkende netværk blev lanceret i 2017.

LoRaWAN

LoRaWAN standarden (netværksprotokollen) er udviklet af foreningen LoRa Alliance og baserer sig på hardware fra elektronikproducenten Semtech, der producerer LoRa-chipset. LoRaWAN er en åben netværksstandard og alle kan i princippet bygge og bruge deres eget LoRaWAN netværk, men der er også netværksudbydere, der ejer og driver LoRaWAN netværk.

NB-IoT

Teleselskabernes smalbåndsteknologi hedder NB-IoT og blev udrullet i Danmark i 2018. NB-IoT er en global og standardiseret teknologi, der baserer sig på teleselskabernes eksisterende infrastruktur. Standarden blev lanceret i 2016 af mobilbranchens internationale standardorganisation 3GPP.

5. Vurdering af IoT smalbåndsteknologier

Sammenligning af teknologier

Nedenstående tabel er en oversigt over de væsentligste tekniske parametre, der bør vurderes i forbindelse med valg af smalbåndsteknologi.

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
Dækning	Leverandørerne af alle tre teknologier anslår, at der er tæt på fuld udendørsdækning i Danmark. Indendørs- og underjordsdækning afhænger helt af de lokale forhold, IoT enhedernes sendestyrke, placering og bygningers konstruktion. Det anbefales at teste signalstyrken af de enkelte netværk i det relevante område.		
Yderligere dækning	Hvis der lokalt er behov for et stærkere signal, skal der indkøbes ekstra basestationer.	Hvis der lokalt er behov for et stærkere signal, skal der indkøbes ekstra gateways.	Hvis der lokalt er behov for et stærkere signal, skal der indkøbes signalforstærkere.
Frekvensbånd	Sigfox opererer i et åbent frekvensbånd, som alle kan benytte (868-869 MHz).	LoRaWAN opererer i et åbent frekvensbånd, som alle kan benytte (863-870 MHz).	NB-IoT opererer på lukkede (licenserede) netværksfrekvenser.
Båndbredde	0,1 KHz.	125 KHz og 250 KHz.	180 eller 200 KHz.
Dataoverførsel	Dataoverførselshastigheden er 0,1 kbit per sekund (0,1 kbps).	Dataoverførselshastigheden er 50 kbit per sekund (50 kbps).	Dataoverførselshastigheden er 150 kbit per sekund (150 kbps).
Databegrænsning	Den enkelte enhed kan maksimalt sende 140 beskeder per dag af en størrelse på 12 bytes.	Ingen teknisk begrænsning, men er begrænset af EU regulering (fair access policy*).	Ingen begrænsning.
Adgang til netværk	Der betales et abonnement per IoT enhed, og data gøres tilgængelige via Sigfox servere.	Der betales et abonnement per IoT enhed, og data gøres tilgængelige via netværksleverandørens servere.	Der betales et abonnement per IoT enhed, og data gøres tilgængelige via teleselskabets servere.
Eget netværk	Ikke muligt.	Muligt at etablere og drive eget LoRaWAN netværk (gateways og netværksservere).	Ikke muligt.

* Da de åbne frekvenser i princippet kan benyttes af alle aktører, er der defineret en "fair access policy" med det formål, at der skal være plads til alle, også i fremtiden. I EU er dette defineret i ETSI EN300.220 standarden (afsnit 7.2.3).

5. Vurdering af IoT smalbåndsteknologier

Sammenligning af teknologier

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
Enheder	Der findes et stort udvalg af sensorer for hver af de tre netværk, fra simple temperatursensorer til komplekse vejrstationer. Og der kommer stadig flere til. IoT enheder er i udgangspunktet bygget til at kommunikere via én netværksteknologi.		
Batterilevetid	Batterilevetiden for IoT enheder er generelt lang og afhænger af enhedens batterikapacitet og strømforbrug. Der er en række parametre, der påvirker enhedens strømforbrug. Når leverandører angiver batterilevetider er disse ofte beregnet ved optimale levetidsforhold, så de angivne batterilevetider vil som oftest være lavere.		
To-vejs kommunikation*	To-vejs kommunikation er mulig, men er begrænset til 4 beskeder per dag af en størrelse på 8 bytes.	To-vejs kommunikation er mulig, men er begrænset af EU regulering (fair access policy).	To-vejs kommunikation er mulig uden begrænsning.
Sikkerhed**	Det er muligt at kryptere data sendt fra en enhed.	Det er muligt at kryptere data sendt fra en enhed og at opdatere IoT enhedens software 'over the air'.	Det er muligt at kryptere data sendt fra en enhed og at opdatere IoT enhedens software 'over the air'.
Leverandørskift	Ikke muligt, her er IoT Danmark eneste netværksudbyder.	Muligt at skifte LoRaWAN netværksudbyder eller til/fra eget netværk (kræver konfiguration af enheder).	Muligt at skifte NB-IoT netværksudbyder (kræver skift af sim-kort eller konfiguration af e-sim-kort).
Teknologiskift	Det er i udgangspunktet ikke muligt at skifte netværksteknologi uden også at skifte IoT enheder.		

* Behov for to-vejs kommunikation opstår eksempelvis hvis enheden skal kunne lukke en ventil eller enheden opdateres med nyt software 'over the air'.

** Detaljeret information kan findes i "Håndbog i Smart City sikkerhed". Håndbogen er udarbejdet af Smart City Cybersecurity Lab (SCL) og kan findes på KL videncenter.

De adspurgte kommuner har flest erfaringer med LoRaWAN, færre med Sigfox og ingen med NB-IoT som er seneste mulighed.

Det er ikke grundlag for, at sige hvilken af teknologierne der passer bedst i kommunerne, det afhænger af den løsning man vil implementere, og hvor godt den tilhørende IoT sensor/enhed virker til formålet.

6. Væsentlige overvejelser

GDPR

Med digitaliseringen stiger mængden af data markant, hvilket udviklingen indenfor IoT bidrager til. Udover at åbne muligheder for at arbejde mere dataunderstøttet, stiller det også nye krav til datasikkerhed og GDPR. Der kommer også nye etiske overvejelser eksempelvis ift. overvågning, privatliv og transparens. Det er fundamentalt for at have styr på dette for, at medarbejdere, borgere og virksomheder fortsat kan have en høj grad af tillid til kommunens måde at bruge data på.

I forhold til GDPR compliance bør kommunens Databeskyttelsesrådgiver inddrages tidligt i projektforsløbet. De væsentligste punkter, man skal forholde sig til, er følgende:

1. Omfatter IoT løsningen opsamling af personoplysninger (enhver form for information, der kan henføres til en bestemt person, også selv om personen kun kan identificeres, hvis oplysningen kombineres med andre oplysninger)? Overvej om formålet med løsningen kan nås uden opsamling af personoplysninger eller ved anonymisering af data.
2. Hvis løsningen omfatter personoplysninger, skal der være hjemmel hertil i databeskyttelsesforordningen (artikel 6), ansættelseskontrakt (ift. kommunens medarbejdere) eller ved indhentelse af samtykke. Herefter skal nedenstående afdækkes:
 - a) Hvem skal have adgang til data, og hvordan administreres adgangen?
 - b) Hvor længe skal data opbevares, og hvornår skal de slettes?
 - c) Hvem skal informeres omkring indsamlingen af data?
3. Indgåelse af databehandleraftale med eventuelle eksterne leverandører. KL og KOMBIT har udarbejdet en skabelon for databehandleraftaler til brug for kommunerne (kan hentes på <https://kl.dk/>)

6. Væsentlige overvejelser

Sikkerhed

IoT løsninger har en sikkerhedsrisiko, ligesom alle andre IT systemer. De fleste IoT løsninger, der er i drift i dag, er ikke samfundskritiske, men i takt med, at IoT bliver en stadig mere integreret del af kommunens digitale infrastruktur, bliver det stadig vigtigere, at løsningerne har det rette sikkerhedsniveau.

Hver komponent i en IoT løsning og grænsefladerne mellem dem kan betragtes som en angrebsflade. Altså en indgangsvinkel til at forsøge at kompromittere systemet. I forhold til en traditionel IT løsning, indeholder en IoT løsning også IoT enheder og datapakker der sendes via et netværk.

IoT enheder

Teoretisk set er den yderste del af en IoT infrastruktur, den enkelte sensor, en indgang til kommunens IT infrastruktur. Omend risikoen er meget lille. Risikoen for, at IoT enhederne bliver stjålet eller udsat for hærværk, er større.

IoT hardware kan sikres ved at have et sikkerhedsmodul, der automatisk sletter krypteringsnøgler og andre funktioner, hvis en uautoriseret bruger bryder igennem til hardwaren. Man kan også sikre hardware ved at slå USB-porte og lignende, der ikke skal bruges, fra. Sørg også for at placere enhederne skjult eller utilgængelige, så vidt det er muligt. Mikroprocessorer og andre del-elementer i IoT enheden bør også komme fra pålidelige producenter.

Datapakker

I forhold til data - eller datapakkerne - handler det om at sikre, at kun personer med tilladelse kan læse data. Data, der er sendt over de tre netværk Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT er alle krypterede (metoden for kryptering er dog forskellig). Krypterede data har gennemgået en proces, hvor informationen er omskrevet, så den kun kan læses af parter, der har krypteringsnøglen. I kombination med kryptering kan sikkerheden for datapakkerne fremmes ved at bruge en unik datastruktur og anvende tidsinformationer i datapakkerne

6. Væsentlige overvejelser

Sikkerhed

Netværk

Selve netværket kan også være et mål, hvis man ønsker at overbelaste, bruge eller nedlægge netværket. Her findes flere tiltag, såsom at bruge unikke datastrukturer i stedet for standard. Det forøger også sikkerheden at have flere gateways/basestationer til rådighed. Man kan implementere detektionsmekanismer, som opdager, hvis der for eksempel ændres i frekvenskanalerne eller standarder for krypteringsnøgler. Opdatering, overvågning og fejlsøgning af netværket mindsker også risikoen for uønskede gæster.

Placer også gateways/basestationer så de ikke kan tilgås, eksempelvis på høje bygninger eller indhegnede grunde.

Yderligere information vedrørende IoT sikkerhed kan findes i "Håndbog i Smart City sikkerhed". Håndbogen er udarbejdet af Smart City Cybersecurity Lab (kan hentes på <https://videncenter.kl.dk/>).

6. Væsentlige overvejelser

Omkostninger

Et IoT projekt er et digitaliseringsprojekt, og indkøb af IoT enheder samt netværksdækning udgør kun en (ofte lille) delmængde af de samlede omkostninger ved at implementere og drifte et IoT system.

Med smalbåndsteknologien kan mange enheder sende og modtage data til en lav pris, og i takt med, at der kommer flere og flere IoT enheder vil enhedspriserne falde på både enheder og netværksdækning.

For et retvisende billede af omkostninger er det vigtigt at medregne de væsentligste omkostningselementer, herunder projektledelse, forandringsledelse og administration.

Omkostningselementerne og størrelsen af disse afhænger selvsagt af det konkrete projekt, men til inspiration er der nævnt en række nedenfor:



Analyse

- Kravspecifikation.
- **Valg af sensor(er).**
- **Valg af netværk.**
- **Valg af IoT platform.**
- Pilotprojekt eller test.



Indkøb

- **Indkøb af sensorer.**
- **Indkøb af netværksdækning.**
- **IoT platform.**
- Software og licenser.
- Eventuel konsulentbistand.



Implementering

- **Udvikling af IoT platform**
- Udvikling af applikation(er).
- System integration.
- **Installation af enheder.**
- Test af systemet.
- Organisatorisk implementering.



Drift & vedligehold

- **Transmissionsomkostninger.**
- Overvågning og drift af netværk.
- Fejlfinding og udbedring.
- **Udskiftning sensorer og batterier.**
- Opdatering af software.
- Softwarelicenser.

Flere af ovenstående omkostningselementer er generiske for et digitaliseringsprojekt, de fremhævede er specifikke for IoT projekter. De generiske elementer som eksempelvis projektledelse, organisatorisk implementering og forandringsledelse, fylder hverken mere eller mindre end for andre typer projekter, men afhænger af projektets kompleksitet og omfanget af ændringer til processer og arbejdsgange.

6. Væsentlige overvejelser

Gevinster

Der er på nuværende tidspunkt få kommunale IoT løsninger med gode business cases og gevinstrealisering. Men potentialet er der, og i takt med at teknologien udvikler sig, vil der komme flere (se eventuelt idékatalog i bilag 1).

Kommunerne vurderer selv at IoT rummer et stort potentiale og er klar til implementering indenfor fagområderne Teknik og Miljø samt Social og Sundhed, mens teknologien ikke vurderes moden til implementering indenfor de andre fagområder (jf. Kommunernes Teknologiradar 2020*).

Den bedste mulighed for at realisere gevinster ved brug af IoT opnås ved, at starte med en klar definering af hvilket problem man vil løse eller hvilken service man vil forbedre eller introducere. Fremfor at starte med at definere en teknisk løsning og så forsøge at finde et problem den kan løse.

Det kommunen gerne vil opnå (altså gevinsten) ved en IoT løsning, vil som oftest falde i en af følgende kategorier:

1. Procesoptimering.

2. Bedre udnyttelse af aktiver.

3. Forbedring af eksisterende service.

4. Ny service.

Hvis man ikke kan placere sit projekt i en af kategorierne med en stærk argumentation, er der en risiko for at man ikke er på rette vej.

Som en del af erfaringsopsamlingens konklusion, er der givet et forslag til beslutningsmodel samt en række gode råd, der kan være med til at sikre realiseringen af IoT gevinster.

* KL Teknologiradar 2020 kan ses på <https://videncenter.kl.dk/teknologier/kommunernes-teknologiradar/>

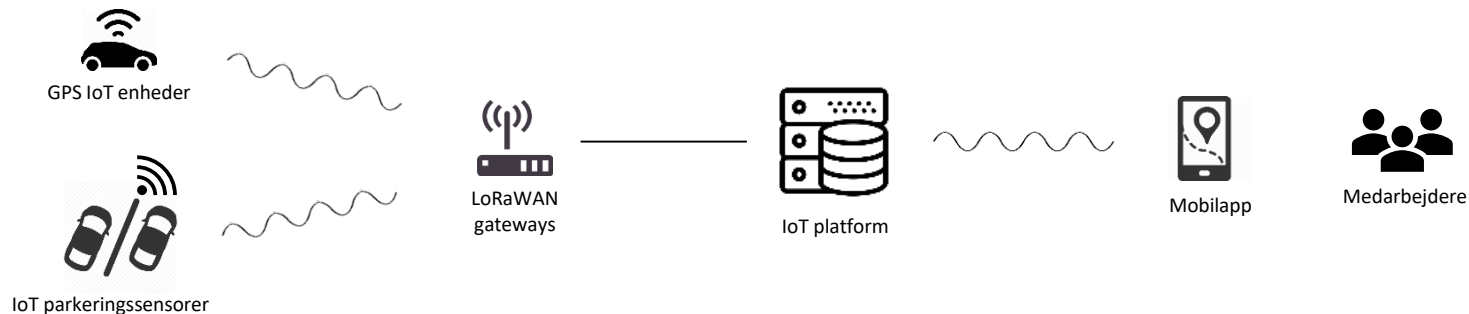
7. Teknisk afprøvning

Introduktion

KOMBIT har gennemført en teknisk afprøvning af en IoT løsning for P-plads tilgængelighed. Formålet var at indsamle viden og erfaringer i forhold til tekniske, juridiske og organisatoriske aspekter ved anvendelse af IoT teknologi.

Den tekniske afprøvning skulle ligeledes vise, om teknologien var moden til at understøtte hovedprojektet i Kalundborg og Fåborg-Midtfyn kommuner.

Den tekniske løsning



Der blev opsat en KOMBIT LoRaWAN gateway for at sikre fuld dækning på KOMBITs parkeringsplads. Denne gateway blev koblet sammen med en leverandørs netværk.

10 af P-pladserne blev udstyret med IoT sensorer (2 forskellige typer), der registrerer, om pladsen er fri eller optaget. Derudover blev 10 af KOMBITs medarbejders biler er udstyret med en GPS IoT enhed.

Data fra GPS enhederne og parkeringssensorerne blev sendt over netværket til en IoT platform, som via en app på medarbejdernes mobiltelefoner viste en oversigt over tilgængelige p-pladser og sendte besked om ledige pladser til medarbejdernes mobiltelefon, når de nærmede sig parkeringspladsen.

7. Teknisk afprøvning

Parkeringsensorer

Selve testforløbet varede 8 uger og undervejs blev henholdsvis GPS enhed, parkeringssensor (to typer), netværk, IoT platform og mobil app vurderet på en række parametre i forhold til kvalitet, opsætning/konfiguration og stabilitet.

Nedenstående er de væsentligste erfaringer med brugen af de to typer parkeringssensorer beskrevet:

Parkeringsensor type 1

Sensorerne er nemme at sætte op, konfiguration er dog langsom og medfølgende app til konfiguration virker "umoden", men giver sikkerhed for at sensoren virker, når opsætningen er fuldført. Fysisk virker sensoren robust og passer til formålet.

Sensorerne detekterede pålideligt (få fejlregistreringer), når en bil parkerer. Men når informationen sendtes fra sensorerne, var der i testperioden et datapakketab på ca. 5%. Dette skyldtes sandsynligvis, at sensorerne kræver særdeles god LoRaWAN dækning for at fungere optimalt, og at datapakker ikke gendes ved fejl.

Sensorerne var konfigureret til at sende parkeringsstatus ved parkering samt én gang i timen, hvilket gjorde at ét datapakketab i forbindelse med parkering, kunne betyde 1 times forsinkelse for korrekt parkeringsstatus.

Hvis problemet vedr. pakketab kan løses med bedre LoRaWAN dækning, kan sensoren anbefales.

Parkeringsensor type 2

Sensorerne er nemme at sætte op og kan nemt udskiftes om nødvendigt. Sensorerne er selv-konfigurerende, hvilket giver en hurtig installation og giver sikkerhed for at sensoren virker når opsætningen er fuldført. Fysisk virker sensoren robust og passer til formålet.

Sensorerne detekterer ikke pålideligt nok ved parkering og 2 ud af 7 sensorer var defekte og måtte udskiftes. Sensorerne genstartede selv i testperioden (problematisk da op til 10 parkeringer efter genstart bruges til at kalibrere sensoren). Sensorerne er robuste i forhold datatransmission, og der var intet datapakketab.

Sensorerne sendte parkeringsstatus ved parkering samt én gang i døgnet, hvilket gjorde at ét genstart og manglende detektering, kunne betyde 1 døgns forsinkelse for korrekt parkeringsstatus.

Denne type parkeringssensor kan ikke anbefales.

7. Teknisk afprøvning

GPS enheder

I hele testperioden var 10 medarbejders biler udstyret med en batteridrevet GPS enhed (der var samme type enhed i alle biler). Enhederne sendte GPS informationer via LoRaWAN netværk i hele testforløbet. Nedenstående er de væsentligste erfaringer ved brugen af GPS enheden beskrevet.

GPS enhed

Opsætning og konfiguration af enheden foretages med tilhørende software samt et specielt USB kabel. Processen er nem og understøtter ibrugtagning af mange enheder hurtigt. Alternativt kan enheden opdateres via LoRaWAN netværket, hvilket blev testet med succes på én enhed. Fysisk virker sensoren robust og passer til formålet.

GPS enheden bestemmer automatisk, om den er i bevægelse og derfor skal sende GPS positioner. Denne automatik kunne være mere robust.

Enheden etablerer nemt satellitsignal og kan bestemme GPS positionen som forventet, men den kræver god LoRaWAN dækning for at fungere optimalt og kunne sende data konsistent. Indenfor en radius af 2 km fra KOMBITs gateway var der et datapakketab på 5-8%, og indenfor 1 km var datapakketabet på 3-6%.

Den anvendte GPS enhed er designet til batteridrevet "overvågning af aktiver" med relativt få GPS beskeder i døgnet. Den fungerer ikke optimalt i forhold til den "live" kørselsovervågning med GPS beskeder hvert 2. minut, som konfigureret i testperioden. Med denne konfiguration er batterilevetiden langt fra de 5 år, som leverandøren angiver, og "fair access policy"* bliver overskredet.

Ved permanent installation af GPS enhed i biler kan der vælges en type, der tilsluttes strøm, så man undgår problemer med lave batterilevetider. Det åbner mulighed for at vælge sensorer, der i højere grad er designet til "live" kørselsovervågning og anvende bredbåndsteknologi, der giver bedre dækning og ingen databegrænsninger. På denne måde kan der også opsamles mere detaljerede kørselsdata.

** Da de åbne frekvenser i princippet kan benyttes af alle aktører, er der defineret en "fair access policy" med det formål, at der skal være plads til alle, også i fremtiden. I EU er dette defineret i ETSI EN300.220 standarden (afsnit 7.2.3).*

7. Teknisk afprøvning

Netværk og IoT platform

Der blev opsat én udendørs og én indendørs KOMBIT LoRaWAN gateway for at sikre netværksdækning på KOMBITs parkeringsplads. For at opnå dækning i de områder hvor bilerne kørte på vej til KOMBITs parkeringsplads, blev der indkøbt LoRaWAN netværksdækning samt brug af netværksserver fra en ekstern leverandør.

Netværksdækning

Analysen af netværksdækningen er alene baseret på data, der er opsamlet af GPS enhederne i testperioden. Analysen viste, at der konsekvent var datapakketab, men at netværket var stabilt i hele testperioden.

Hvis der kræves fuld eller bedre LoRaWAN dækning, eksempelvis til en decideret kørselsovervågning, bør der opsættes yderligere gateways. Analysen viser også, at bebyggelse kræver, at gateways er placeret tættere.

Det anbefales, at netværksdækningen testes tidligt i projektførløbet og i kombination med de sensorer, man påtænker at benytte.

IoT platformen

I testperioden blev data fra GPS enhederne og parkeringssensorerne opsamlet på IoT platformen (baseret på Microsoft Azure teknologi), som via en app på de enkelte medarbejders telefon viste parkeringsoversigten. Når bilen var ca. 2 km fra parkeringspladsen blev der sendt en besked til telefonen. I starten blev der sendt push beskeder, men dette blev undervejs ændret til sms beskeder for at sikre rettidig levering.

Selve IoT platformen fungerede fint i hele perioden (bortset fra én mindre hændelse). Løsningen kørte i et demonstrationsmiljø, og hvis den skulle bruges i et produktionsmiljø, skulle der tilføjes mere overvågning og mulighederne for fejlsøgning skulle forbedres. Eksempelvis bør logdata fra push/sms udbyder sammenkøres automatisk med IoT platformens log.

7. Teknisk afprøvning

Mobilapp og brugererfaringer

Mobilapp

I testperioden har testpersonerne haft adgang til en mobilapp, der har vist en oversigt over ledige/ikke-ledige parkeringspladser. Testpersonerne har ligeledes modtaget en sms besked med parkeringsstatus, når deres bil (med GPS enhed) har bevæget sig gennem en zone omkring KOMBIT (ca. 2 km radius),

Ibrugtagningen af mobilappen gav udfordringer, og flere testpersoner havde behov for hjælp til installationen. Selve mobilappen har med enkelte undtagelser fungeret efter hensigten, dog har en række fejl i de bagvedliggende komponenter påvirket brugeroplevelsen af mobilappen i en negativ retning:

- 2 defekte parkeringssensorer (og genstart af sensorer) gav i længere perioder forkert parkeringsstatus i appen.
- Pushbeskeder blev i visse tilfælde forsinket (10-30 minutter) i forbindelse med ankomsten til KOMBIT. Levering af denne type beskeder sker uden tidsleveringsgaranti af Apple eller Google.
- Kortet i appen, der viser GPS enhedens seneste position, har været påvirket af datatab fra GPS enheden.
- Mobilappen stoppede med at opdatere parkeringsoversigten, når appen havde kørt i baggrunden i mange timer (f.eks. natten over). Dette blev mitigeret ved at tilføje en knap, der tillader brugeren at hente seneste oversigt.

Derudover har der været en række kommentarer i forhold til brugervenligheden i appen, som kunne være mere logisk opbygget.

7. Teknisk afprøvning

Samlet vurdering og perspektivering til hovedprojekt

I det følgende vurderes, hvordan erfaringerne fra P-plads piloten kan bruges i forhold til hovedprojektet hos Kalundborg og Fåborg-Midtfyn kommuner, samt hvilke overvejelser der er væsentlige for den videre proces.

- Prototype tilgangen har været god og kan med fordel tænkes ind i hovedprojektet.
- I forhold til løsningarkitekturen for hovedprojektet bør følgende spørgsmål indgå tidligt i analysearbejdet:
 - Hvilke data er tilgængelige i dag, og hvordan er "køreplanen" digitaliseret i dag (i EOJ)?
 - Bør GPS funktionaliteten følge bil eller hjemmeplejer?
 - Hvordan skabes digitalt link mellem bil og hjemmeplejer?
 - Hvordan skal reglerne/logikken for udsendelse af beskeder være?
- Det bør overvejes hvorvidt, LoRaWAN teknologien bør benyttes i hovedprojektet, da den giver begrænsninger i dataopsamlingen, ved "live" kørselsovervågning. I P-plads projektet blev GPS positionen sendt hvert 2. minut, men leverandøren vurderer, at "fair acces policy" begrænsningen gør, at der formodentligt kun kan sendes GPS beskeder hvert 10. minut.
- Det bør ligeledes overvejes, om batteridrevne GPS enheder er den rigtige løsning i forhold til hovedprojektet, da dataopsamlingen er begrænset, og batterilevetiden bliver kort med høj frekvens af GPS beskeder. Der eksisterer en række GPS enheder, der kan tilsluttes bilens strømforsyning og kan give en mere detaljeret opsamling af kørselsdata.
- Netværksdækningen bør testes tidligt i projektforsløbet, f.eks. ved brug af "netværkstestere" eller GPS enheder placeret i hjemmeplejebilerne i en testperiode. Alternativt bør der konsulteres eksperter, der kan måle radiodækningen.
- Piloten viste en del problemer med sensorerne, hvorfor grundig test af sensorer er afgørende. Gerne test af forskellige typer.

7. Teknisk afprøvning

Samlet vurdering og perspektivering til hovedprojekt

- SMS beskeder vil virke for hovedprojektet (det vil pushbeskeder ikke).
- Det er vigtigt at den faglige viden inddrages i forhold, til hvordan der skal kommunikeres til borgerne (og eventuelt pårørende) i forhold til SMS frekvens, indhold af SMS mv.
- Leverandøren skal være med til planlægning af testforløbet.
- Forventningsafstemning i forhold til brugere, der deltager i testen, er vigtig.
- En længere testperiode med en bedre intern test bør prioriteres i hovedprojektet.
- I hovedprojektet bør logdata fra SMS løsning sammenkøres automatisk med IoT platformens logdata.

Væsentligste tekniske, organisatoriske og juridiske udfordringer:

Tekniske	Organisatoriske	Juridiske
<ul style="list-style-type: none"> • Netværksdækning. • Modenhed og kvalitet af sensorer. • Valg af teknologi før forretningsmæssig løsning. • Benyt kun batteridrevne sensorer, hvor det er nødvendigt. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kommunikation med og til projektets interessenter. • Forventningsafstemning og inddragelse af brugere (bl.a. i projektforløb og design af løsning). • Brugere oplever det som overvågning. • Drift af løsning - roller og opgaver (hvem overvåger og drifter). 	<ul style="list-style-type: none"> • GDPR. • Samtykkeerklæringer. • Liste over brugere og data. • Databehandleraftaler, særligt i et flerleverandør miljø. • Brug af data til andre formål end det det er opsamlet til.

8. Konklusion

Samlet konklusion

IoT og smalbåndsteknologien er på agendaen i kommunerne, og der er over de seneste år gennemført adskillige IoT initiativer, og flere kommer til. Kendetegnende for initiativerne er, at mange er eksperimenter og pilotprojekter, men der findes også enkelte løsninger, som er skaleret og bringer værdi for kommunen, dens borgere og virksomheder.

Ligesom KOMBITs eget pilotprojekt rammes mange initiativer af problemer med IoT enheders manglende modenhed og udfordringer, når løsningerne skal skaleres og forretningsværdien høstes. Derfor kommer mange initiativer aldrig længere end pilotfasen. På trods af disse udfordringer er der stadig grund til at være optimistisk i forhold til den teknologiske udvikling indenfor IoT området, og kommunerne vurderer selv, at IoT rummer et stort potentiale.

Udviklingen går stærkt og er præget af et marked med mange små og store aktører, der satser massivt på IoT området og arbejder med konkurrerende teknologier. Der er stor forskel på, hvordan kommunerne har forholdt sig til IoT teknologierne, og hvor langt man er. Nogle kommuner har gjort sig erfaringer på enkelte fagområder, mens teknologierne er nye for andre kommuner eller på andre fagområder.

På tværs af kommunerne har man opnået nedenstående:

1. De mange IoT eksperimenter og pilotprojekter har givet værdifuld indsigt i muligheder og udfordringer, der kan udnyttes i det videre arbejde i kommunerne.
2. Flere kommuner har udviklet egne IoT platforme, der potentielt kan bruges på tværs af kommuner.
3. Der er etableret løsninger, der efterviser, at IoT teknologien kan virke og benyttes til at skabe værdi for kommunen.

Med dette er der skabt et grundlag for, at kommunerne kan implementere værdiskabende løsninger, og jagten bør gå ind på IoT løsninger med den bedste kombination af forretningsværdi, lav projektkompleksitet og efterprøvede løsninger i et afgrænset og fokuseret område.

8. Konklusion

Samlet konklusion

Erfaringsopsamlingen viser, at nedenstående tre parametre er væsentlige for at kunne implementere, skalere og levere værdi med IoT:

1. IoT enhederne skal fungere. Der er i kommunerne mange eksempler på IoT enheder, der ikke virker godt nok. Dette skyldes blandt andet robusthed af hardware, modenhed af software og manglende funktionalitet.
2. Vælg den rigtige netværksteknologi til løsningen (de forskellige teknologier giver forskellige muligheder og begrænsninger).
3. En stærk business case eller grund til at implementere løsningen (uden dette forbliver løsningerne i pilotfase).

For at udnytte potentialet optimalt og nå ambitionerne om benytte IoT til at udvikle bedre service, mere effektiv sagsbehandling og administration, er det vigtigt, at IoT løsningerne i højere grad end nu bliver drevet af forretningen og i mindre grad af teknikken.

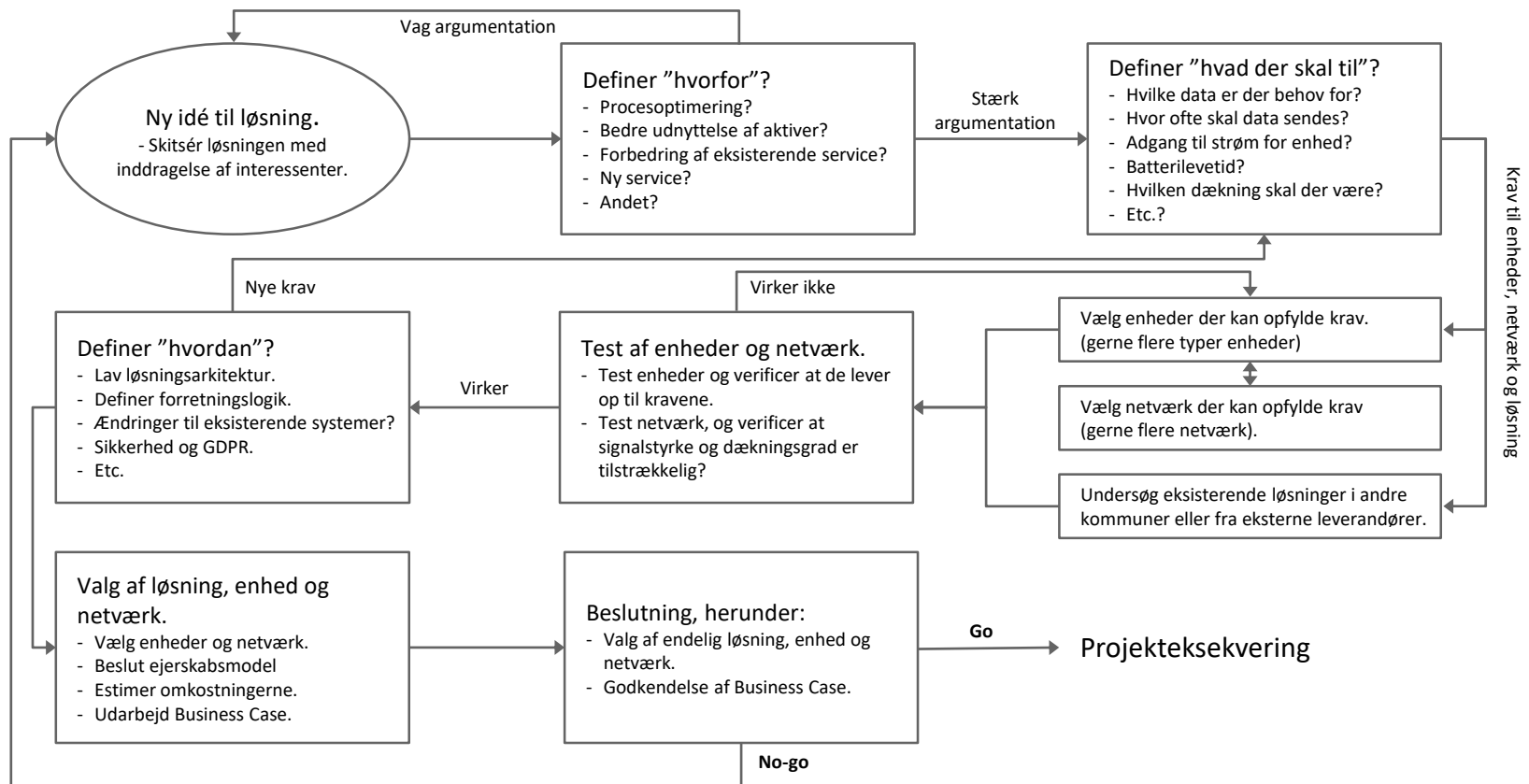
Selvom sensorerne er blevet relativt billige, er en af udfordringerne for kommunerne, at det kan kræve en ret avanceret og dyr teknisk løsning for at kunne indsamle, transmittere, sortere, analysere og fortolke store mængder af realtidsdata (dette kræver en IoT platform og applikationer). Flere kommuner efterspørger en fælleskommunal IoT platform, der kunne lette implementeringen af IoT løsninger, og som er uafhængig af netværksteknologi, så man kan vælge den sensor og det netværk, der passer til opgaven.

Det er dyrt at spille tid og ressourcer på at få sat sensorer op, som viser sig ikke at virke i driften. Og på at have investeret i teknologier, der ikke kan løfte opgaverne i kommunen. Derfor efterspørgeres der tværkommunal indsigt i de tekniske løsninger, der virker, og hvad der ikke virker. Der er stort potentiale i at udnytte erfaringer på tværs af kommuner og skabe løsninger på tværs af kommuner, der kan skalere og bringe værdi til kommunen og dens borgere.

9. Forslag til beslutningsmodel

Centrale punkter i anskaffelsesovervejelserne

Erfaringerne fra Kommunerne og den tekniske afprøvning i forhold til valg af sensorer, netværkstyper og ejerskabsmodeller kan udmøntes i nedenstående forslag til beslutningsmodel:



10. Gode råd

10 gode råd

1. Tag udgangspunkt i værdi for borgerne og kommunens strategi samt behov for optimering/digitalisering af faglige og administrative processer (gør så vidt muligt projekterne forretningsdrevne).
2. Start med at anvende IoT på et afgrænset og veldefineret område med god datakvalitet. Udnyt andre kommuners erfaringer og vær bevidst om kompleksiteten i at udvikle og drive en IoT løsning.
3. Bliv præcis på hvilket problem der skal løses og hvordan man vil gøre det. Definer hvilke IoT data der er behov for, hvor ofte data skal sendes, vurder hvorvidt datapakketab kan accepteres og hvor lang tid sensorerne skal virke samt under hvilke forhold.
4. Overvej om løsningen kan implementeres ved analyse af eksisterende data eller midlertidige sensorer, som kan benyttes i en periode med henblik på at undersøge et problem eller finde et mønster.
5. Undersøg hvilken teknologi der passer bedst til løsningen, tag flere teknologier med i overvejelserne. Overvej også "end-to-end" løsninger, hvis disse findes i markedet.
6. Afprøv potentielle sensorer der kan løse problemet, helst flere typer der kan opfylde kravene og gerne forskellige teknologier. IoT sensorer der på papiret kan det samme, er designet/konstrueret forskelligt og varierer i forhold kvalitet, pålidelighed og funktionalitet.
7. Test at der er tilstrækkelig dækning til at understøtte løsningen, dette bør gennemføres sammen med afprøvningen af sensorer, da forskellige typer af sensorer kræver forskellige grader af signalstyrke for at virke optimalt.
8. Hvis strømforsyning til IoT enheden er mulig så gå efter dette og vurder den batterilevetid leverandøren anviser kritisk, den er ofte beregnet under optimale forhold og (for batterilevetiden) bedste konfiguration.
9. Data transparens er vigtig når der vælges IoT løsning. Sørg for at kommunen har adgang til al data fra IoT enheder/sensorer/servere fra eksterne leverandører, dette bør sikres ved indgåelse af aftaler.
10. Overvej muligheden for tværkommunale løsninger (flere kommuner har bygget IoT platforme der potentielt kan genbruges) og styrk samarbejdet med andre kommuner.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

50 potentielle IoT muligheder i en kommunal kontekst

I det følgende er der beskrevet en række eksempler på mulige IoT løsninger, der kan være relevante i en kommunal kontekst. De nævnte løsninger kan implementeres med den nuværende grad af teknologimodenhed, ud fra en generel betragtning. Men det er vigtigt at forholde sig til, at der indenfor de enkelte områder er forskellige netværks- og sensor løsninger, der har forskellige grader af modenhed og har forskellige muligheder og begrænsninger.

Listen skal opfattes som et idékatalog og er ej udtømmende.

Kategori	Område	Beskrivelse
Teknik og miljø	Overvågning af vandstand.	Sensorer kan løbende foretage målinger af vandstanden i vandløb, kloakker, havne eller andre steder, hvor opsamling af vandstandsdata er relevant. Data kan benyttes til at kortlægge overløbsproblemer, planlægge indsatser samt at forudsige fremtidige problemer. Informationerne kan deles med interesserede borgere, eksempelvis husejere i lavtliggende områder og landmænd der har interesse i at følge den lokale vandstand. Den løbende manuelle dataopsamling kan ligeledes minimeres og dokumentationen bliver billigere og bedre.
Teknik og miljø	Optimering af glatførebekæmpelse.	Med temperatur sensorer i veje og cykelstier kombineret med sensorer til måling af luftfugtighed, kan risikoen for glatte veje og cykelstier beregnes præcist og lokalt. Med denne information kan glatførebekæmpelsen målrettes og optimeres, hvilket kan give besparelser på snerydning, materiel, vejsalt og følgeskader på biler, veje og bygninger. Informationen kan ligeledes benyttes til automatiserede advarsler til bilister, cyklister og fodgængere. På denne måde kan trafiksikkerhedsniveauet forhøjes og ulykker undgås.
Teknik og miljø	Udskiftning af lyskilder.	Med information om hvornår der skal skiftes lyskilder i kommunens gadebelysning, kan behovet for løbende fysisk kontrol på stedet minimeres, sensorer kan hjælpe med dette.
Teknik og miljø	Måling af luftforurening.	Luftforurening giver massive helbredsmæssige problemer. Sensorer til måling af CO2, NOx og skadelige partikler kan bruges til at opsamle og kortlægge luftforureningen i kommunen. Data kan benyttes til at kortlægning af problemerne, planlægning indsatser og at estimere fremtidige problemer.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Kategori	Område	Beskrivelse
Teknik og miljø	Overvågning af mobilt materiel.	Med GPS enheder i kommunens køretøjer og andet mobilt materiel, kan der skabes et realtidsoverblik over placeringen. Data kan benyttes til planlægning af opgaver og optimering af ressourcer. Visse GPS enheder kan ligeledes tilsluttes køretøjernes OBD port, hvorfra der kan trækkes detaljeret information om køretøjernes kørsel og tilstand. Data kan benyttes til flådestyring og optimering af vedligehold.
Teknik og miljø	Bedre støjmålinger.	Indsamling af støjdata fra IoT sensorer kan benyttes til at forbedre kommunens støjkort og prioritere indsatser.
Teknik og miljø	Rengøring af offentlige toiletter.	IoT sensorer der tæller antallet af besøg på kommunens offentlige toiletter, kan give information om hvornår toiletterne bør rengøres. Dermed kan rengøringsfolkene bedre planlægge indsatsen og der kan spares tid på kørsel. Kommunen kan ligeledes benytte brugsdata til eventuelt at aflåse toiletter, i de perioder de ikke bliver benyttet.
Teknik og miljø	Måling af vandkvalitet.	Sensorer kan give realtidsmålinger af kommunens vandkvalitet, eksempelvis PH værdier og indhold af udvalgte stoffer. På denne måde kan mere data indsamles med færre ressourcer og informationen kan benyttes til at målrette indsatser, så kommunens vandkvalitet sikres. Man ville også kunne advare borgere om dårlig vandkvalitet i realtid.
Teknik og miljø	Bedre og billigere gadebelysning.	Sensorer kan benyttes til at styre gadebelysning. Eksempelvis kan udvalgte veje og stier have behovsstyret belysning, så lyset tænder når en bil, cyklist eller fodgænger færdes på de pågældende veje og stier. Løsningerne kan også muliggøre automatisk regulering af lysintensiteten, afhængig af om der er meget eller lidt trafik på strækningen. Det er med til at øge sikkerheden og spare energi. LED teknologi kombineret med intelligent lysstyring har potentiale til at spare op til 80% af energiforbruget sammenlignet med traditionel udendørsbelysning.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Kategori	Område	Beskrivelse
Teknik og miljø	Overvågning af vejbrønde.	En lang række vejbrønde bliver i dag manuelt overvåget. Vejbrøndene kan blive overfyldte, hvis sandfanget ikke tømmes, og det kan få alvorlige følger, når der kommer kraftige regnskyl, og vandet ikke kan løbe bort. Ved hjælp af en IoT sensor der måler fyldningsgraden, kan tømningen gøres mere intelligent og der kan sendes advarsler til driftspersonalet når en brønd bør tømmes.
Teknik og miljø	Advarsel om løftet kloakdæksel.	En måde at sikre at folk ikke falder ned i kloakken i forbindelse med, at kloakdæksler er løftet af (hærværk eller ved skybrud) er at sætte en sensor på kloakdækslet, der registrerer og sender en advarsel når et kloakdæksel løftes.
Teknik og miljø	Minimere risiko for naturbrande.	Ved hjælp af sensorer der måler fugtighed i skov og naturområder, kan risiko for naturbrande kortlægges og nødvendige tiltag effektiviseres (eksempelvis påbud om brug af åben ild og gasbrændere).
Teknik og miljø	Bedre naturoplevelser.	Ved af hjælp persontællere placeret ved naturstier, mountainbikeruter og legepladser, kan kommunen få indblik i brugsmønstret. Information kan bruges i forbindelse med fremtidig planlægning, eksempelvis etablering af stier og legepladser, så de matcher borgernes behov
Teknik og miljø	Optimering af vanding.	Sensorer til måling af jordfugtighed kan måle om ny beplantning, fodboldbaner, mv. har behov for at blive vandet. Med denne information kan der spares på vandet, vandes mere effektivt og plantedødeligheden kan nedbringes.
Teknik og miljø	Bedre arbejdsmiljø.	Måling af eksempelvis svovlbrinte i kloakker kan forebygge farlige arbejdssituationer, lugtgener, tæring og korrosion i kloaknettet.
Teknik og miljø	Effektiv skadedyrsbekæmpelse.	Med IoT sensorer indbygget i rottefælder kan rottebekæmpelsen effektiviseres. Der kan gives besked når fælden skal tømmes, når fælden er klappet uden at fange rotten eller når der har været besøg uden af rotten har taget lokkemidlet (og det derfor bør skiftes). På denne måde kan rottebekæmpelsen gøres billigere og mere effektiv.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Kategori	Område	Beskrivelse
Teknik og miljø	Optimering af affaldshåndtering.	Med sensorer i kommunens affaldscontainere og -spande kan det detekteres, hvornår og hvilke der er ved at være fyldt op. En anden mulighed er en IoT notifikationsknap, hvor borgerne kan give besked om, når en skraldespand skal tømmes. Denne viden giver nye muligheder for at optimere ruteplanlægningen for kommunens renovationsmedarbejdere og gøre tømninger behovstyret. Det kan spare tid, brændstof og slitage på køretøjerne.
Sundhed	Digital fødevarerkontrol.	Sensorer til temperaturmåling af fødevarer på skoler og institutioner kan sikre at fødevarerne opbevares korrekt og dokumentationen heraf kan automatiseres.
Sundhed	Hjælp i hjemmet.	Med sensorer og stemmestyrede assistenter, der kan styre ting i hjemmet, kan man give mere tryghed for ældre eller svage borgere og deres pårørende.
Sundhed	Smarte senge.	Der kan være en gevinst at hente ved senge, der ved hjælp af en sensor, sender data om hvorvidt de er optagede, eller en patient forsøger at rejse sig fra sengen.
Sundhed	Assistance til ældre og svage borgere.	Ældre og svage borgere kan "monitoreres" ved hjælp af sensorer, der registrerer fald eller inaktivitet i en længere periode. På denne måde kan hjælp sikres når det er nødvendigt.
Sundhed	Hjertestartere.	IoT sensorer kan overvåge hjertestartere og give besked hvis de skal serviceres, for at sikre funktionsdygtighed, når de skal benyttes
Sundhed	Kontrol af medicinskabe.	IoT løsninger kan måle og dokumentere temperaturer i kommunens køleskabe til opbevaring af medicin.
Sundhed	Forbedring af indeklima.	IoT overvågning af indeklimaet i kommunens bygninger (eksempelvis på skoler og institutioner) hvor trådløse enheder måler og kontrollerer temperaturer, luftfugtighed og CO2 kan give et bedre indeklima. Bedre indendørsklima giver bedre helbred, højere effektivitet/indlæring og færre sygedage
Sundhed	Hjælp til demente.	Demente kan få en GPS enhed for egen sikkerhed. Fjernstyret åbning af medicinskabe for demente er også en mulighed.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Kategori	Område	Beskrivelse
Sundhed	Forbedring af arbejdsmiljø.	Støjmåling på kontorer og arbejdspladser kan være med til identificere problemer og målrette tiltag.
Sundhed	Hjælp til ældre og svage borgere.	Ved brug af en IoT notifikationsknap kan borgere der har specielle behov sende en alarm om at de har brug for hjælp.
Sundhed	Sundhedsdata.	IoT enheder kan hjælpe med at opsamle sundhedsdata, som kan sendes til lægen eller bruges som input til medicinering (eksempelvis for personer med sukkersyge eller højt blodtryk).
Mobilitet	Bedre trafikstyring.	IoT enheder til realtidsovervågning af biltrafikken åbner nye muligheder for intelligent trafikstyring og lysregulering. Data kan bruges til at optimere trafikens flow gennem byen, reducere trængsel og give kortere ventetid for trafikanter. Data vil også kunne benyttes til at forudsige trafikbelastningen ved lokalplansændringer eller ved større anlægsarbejder og give mulighed for at agere på eventuelle problemer før de opstår.
Mobilitet	Parkeringspladser.	Parkeringsensorer på kommunens parkeringspladser kan registrere parkeringsmulighederne som eksempelvis kan vises via en mobilapp eller på skiltning ved indkørsel.
Mobilitet	Kommunens cykler.	Enheder til geotracking på cykler kan give information om brug af cyklerne, data kan benyttes til at sikre bedre tilgængelighed af cyklerne og de kan findes hvis de forsvinder
Mobilitet	Offentlig transport.	Persontællere kan give mere og bedre data til analyse brugsmønstre i offentlig transport og være med til at effektivere driften.
Mobilitet	Variabel hastighedsbegrænsning.	Skift af hastighedsbegrænsning afhængigt af antal trafikanter og tidspunkt på dagen. Lav hastighed ved skoler og når der er megen trafik og højere tilladt hastighed om aften når skolen er lukket og antallet af trafikanter er lavere. Udover skiltning, kunne intelligent gadebelysning også benyttes til at kommunikere med.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Kategori	Område	Beskrivelse
Mobilitet	Offentlig transport.	GPS enheder i busser kan forbedre overvågning af den offentlige transport og give bedre information vedrørende ventetider.
Ejendomme	Lavere vandforbrug.	Sensorer kan detektere løbende toiletter i offentlige bygninger, så der kan gives besked til driftspersonale for udbedring.
Ejendomme	Optimering af rengøringsarbejde.	Via sensorer er det muligt at måle, hvornår og hvor meget et rum har været brugt og derfra vurdere, hvorvidt der skal gøres rent og hvor meget rengøringspersonale der er behov for.
Ejendomme	Bedre udnyttelse af lokaler.	IoT enheder kan understøtte smart lokaleudnyttelse, eksempelvis i forhold til brugen af mødelokaler i kommunen. Mangel på mødelokaler er ofte en udfordring og mødelokaler står ofte ledige på grund af manglende fremmøde. En løsning kan være at mødelokalet frigøres til ny booking hvis mødedeltagere ikke er fremmødt efter eksempelvis 10 minutter.
Ejendomme	Energioptimering i bygninger.	Sensorer kan monitorere systemer som varme, ventilation og aircondition. Data giver endvidere mulighed for at kontrollere indeklimaet og opnå energibesparelser.
Ejendomme	Bedre indendørs belysning.	Sensorer kan benyttes til styring af indendørsbelysning afhængigt af konkret brug.
Ejendomme	Optimering af vedligehold	IoT enheder kan detektere begyndende bygningskader. Data kan bruge til at planlægge forebyggende vedligeholdelse og forbedringer
Ejendomme	Bedre arealudnyttelse.	Ved brug af sensorer kan kommunen få indsigt i hvordan faciliteter bliver benyttet i forhold til det forventede brug. Dermed har kommunen datagrundlag til at kunne optimere brugen af faciliteterne, eksempelvis skoler, idrætshaller fodboldbaner, mv.
Forsyning	Optimering af vandforbrug og lækage detektering.	IoT enheder kan monitorere vandforbrug og sende en alarm eller lukke for vandet ved uregelmæssigt forbrug (detektion af vandlækage). Dette giver besparelser på vandforbrug og udbedringer af vandskader.

Bilag 1: Eksempler på IoT løsninger

Kategori	Område	Beskrivelse
Forsyning	Besparelser på elforbrug.	Der er typisk el-forbrugende enheder i kommunerne, der er i drift uden, at der er et behov, og dermed bruger unødigt strøm. Eksempelvis lys og ventilationsanlæg, der kører om natten. IoT enheder kan overvåge dette og data kan benyttes til at give informationer og alarmer ved uhensigtsmæssig drift og unødigt energiforbrug.
Forsyning	Fjernaflæsning af varmekonsum.	Sensorer kan sende data i realtid, og på den måde kan manuel dataindsamling spares og datakvaliteten forbedres.
Andet	Bevægelser i byen.	En IoT persontæller kan registrere forbigående personer i området og kan anvendes til at kortlægge adfærd i byrummet. Alternativt kan sensorer tælle antallet af Wi-Fi-signaler fra mobile enheder for at blive klogere på, hvordan byen bliver brugt i hverdagen og i forbindelse med arrangementer i byen. Data kan eksempelvis hjælpe byens butikker med markedsføring og åbningstider.
Andet	Vigtige ting på deres plads.	IoT løsninger kan sikre at byens vigtige ting, er hvor de skal være (eksempelvis redningskranen ved søen eller hjertestarterne på gågaden).
Andet	Bedre udnyttelse af byrum.	IoT enheder giver nye muligheder for at opnå mere udendørs leg og aktivitet hele året rundt, og dermed få mere tryghed og liv i byrummene i de mørke vintermåneder. Eksempelvis ved interaktive lys- og lydarrangementer, der kan gøre byrummet mere attraktivt. Lys og lyd kan lokke borgere og forbigående til at benytte byrummet på nye måder.
Andet	Sporing og tyverisikring.	IoT enheder kan spore kommunens aktiver, såsom arbejdsredskaber, maskiner, køretøjer og meget mere. Sporingseenhederne giver ikke kun indblik i, hvor en genstand befinder sig, data kan også bruges til at forstå brugs mønstre og reelle behov.
Andet	Turisme.	IoT enheder kan benyttes til at sende push beskeder til smartphones baseret på lokation og give information til kommunens turister vedr. seværdigheder og historie.
Andet	Kunst og kultur.	IoT kan bruges til kunstoplevelser, events, interaktive installationer, incitamenter til motion og meget mere.

Bilag 2: Kontaktpersoner

Nedenstående personer har deltaget i erfaringsopsamlingen:

Organisation	Kontaktperson	Stilling	Email	Telefon
KOMBIT	Inge Speiermann-Vognsen	Markeds- og innovationschef	isp@kombit.dk	7268 8123
KOMBIT	Jens Kastenskov	Chefkonsulent / Forretningsudvikler	jka@kombit.dk	3334 9425
Odense Kommune	Niels Henrik Demant Rasmussen	Chef for Support og Infrastruktur	nhdr@odense.dk	2120 6303
Odense Kommune	Michael Wulff Nielsen	Teamlead	mwn@odense.dk	-
Horsens Kommune	Lars Faurholt	It- og Digitaliseringschef	lasf@horsens.dk	2046 9780
København Kommune	Rolf Vibe Rønnow Foxby	Digitaliseringskonsulent	b61s@tmf.kk.dk	2977 5069
Kalundborg Kommune	Anne C. Dandanell	Digitaliserings- og IT-chef	anne.dandanell@kalundborg.dk	2261 2250
KL	Jacob Høffer Larsen	Specialkonsulent	jahl@kl.dk	5170 5926
Cibicom (LoRaWAN)	Paul Martin Schwartz	Business Development Manager	paul.schwartz@cibicom.dk	4020 8150
IoT Denmark (Sigfox)	Karina Holmegaard	Business Development Manager	kh@iotdk.dk	2714 0720
Telia (NB- IoT)	Michael Kørlov	Senior IoT Sales Manager	michael.koerlov@teliacompany.com	2324 2626
Delegate	Simon J. K. Pedersen	CTO	skp@delegate.dk	5360 0140
Delegate	Poul Kjeldager	Managing Consultant	pks@delegate.dk	6061 3151
A-2	Kenneth Flex	Partner	kf@a-2.dk	6128 0191
A-2	Rune Mikkell Jensen	Chefkonsulent	rmj@a-2.dk	4240 3737