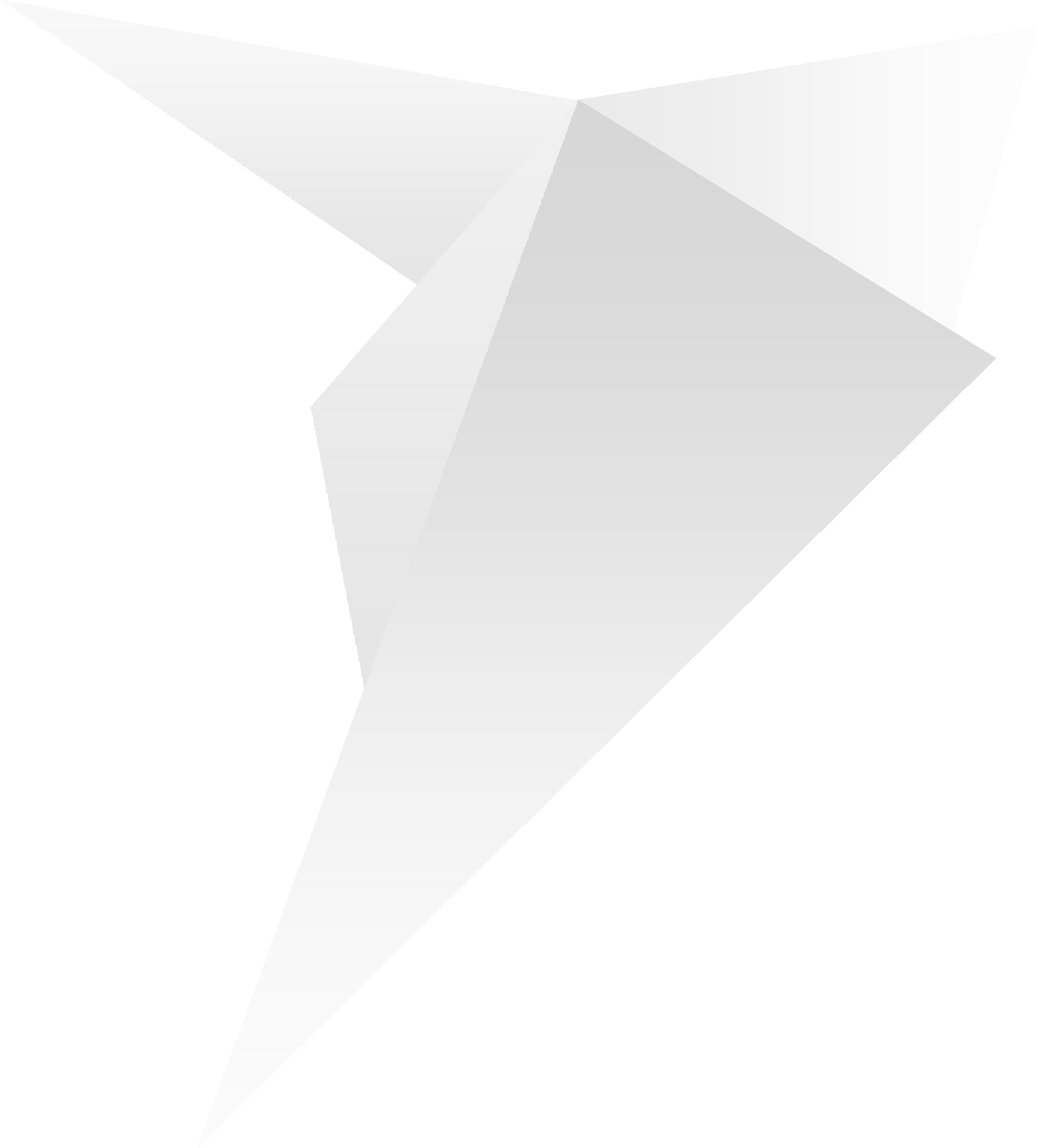
JANUAR 2018

STYRELSEN FOR DATAFORSYNING OG EFFEKTIVISERING

Analyse af Digital Infrastruktur Inden for Smart City/IoT







ADRESSE COWI A/S

Parallelvej 2

2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

JANUAR 2018

STYRELSEN FOR DATAFORSYNING OG EFFEKTIVISERING

Analyse af Digital Infrastruktur Inden for Smart City/IoT

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| PROJEKTNR. | DOKUMENTNR. |  |  |  |  |
| A103045 | 001 |  |  |  |  |
| VERSION | UDGIVELSESDATO | BESKRIVELSE | UDARBEJDET | KONTROLLERET | GODKENDT |
| 1.2 | 05-01-2018 | RAPPORT | ASBR, KJAB, BHDA, BSL | BHDA, BSL | BHDA |

ANALYSE AF DIGITAL INFRASTRUKTUR INDEN FOR SMART CITY/IOT 5

INDHOLD

1. [Sammenfatning 7](#_bookmark0)
   1. [Væsentlige begreber 11](#_bookmark2)
2. [Baggrund og formål 12](#_bookmark3)
3. [Analyse af digital infrastruktur inden for Smart](#_bookmark4)

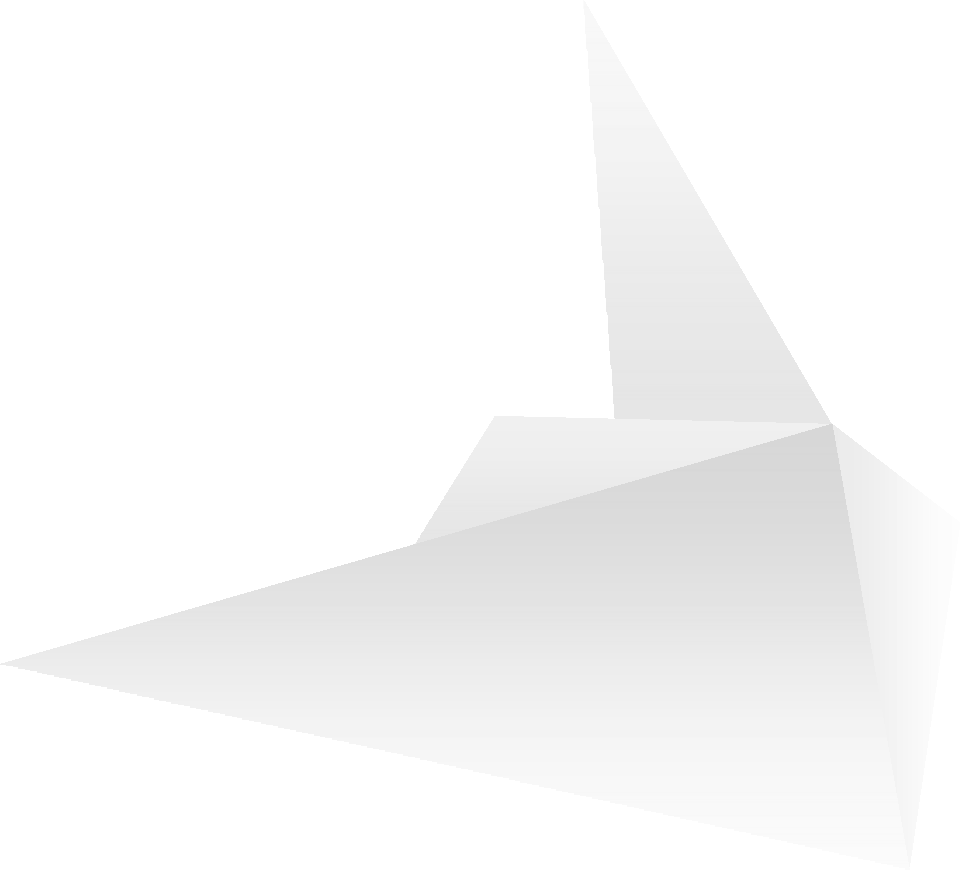
[City/IoT 14](#_bookmark4)

* 1. [Kortlægning af infrastrukturteknologier 16](#_bookmark8)
  2. [Anvendelse af referencedata 28](#_bookmark17)
  3. [Cases 31](#_bookmark19)
  4. [Barrierer for ensartet digital infrastruktur 42](#_bookmark20)
  5. [Perspektiver og anbefalinger 48](#_bookmark22)

1. [Appendiks 55](#_bookmark25)
   1. [Metodebeskrivelse 55](#_bookmark26)
   2. [Interviewliste 56](#_bookmark27)
   3. [Litteraturliste 57](#_bookmark28)

C:\Users\bhda\Desktop\BHDA\SKI - dokumenter\Kbh Kommune\SMART city & infrastruktur analyse\SDFE\Analyse af digital infrastruktur inden for Smart City\_Slutrapport final...\_.docx

# 1 Sammenfatning



Smart City/IoT-området er i hastig udvikling i disse år, og den offentlige sektor be- finder sig i en fase, hvor mange nye teknologier indkøbes og afprøves inden for en række *Smart* områder (eksempelvis Smart-Cities, -Utilities og -Energi). Disse initia- tiver betyder nye muligheder for at skabe bedre services til borgere og offent- lige/private virksomheder samt økonomisk vækst i samfundet inden for en lang række områder, som eksempelvis smarte mobilitetsløsninger, intelligent energisty- ring og bedre monitorering af kritisk forsyningsinfrastruktur.

På den anden side indebærer udviklingen også en voldsom stigning i antallet af datakilder, som igen stiller krav til den digitale infrastruktur, der skal opsamle, lagre, sammenstille, forædle og distribuere de store mængder af data fra vidt forskellige kilder. En væsentlig success-parameter i denne sammenhæng er etableringen af rammer for den digitale infrastruktur, som kan medvirke til at sikre interoperabilitet, leverandøruafhængighed og skalerbarhed af de udviklede Smart City/IoT-løsnin- ger, så de kan anvendes på tværs af sektorer, aktører og geografiske områder.

Rapporten søger at give et samlet billede af den aktuelle situation for det offentli- ges anvendelse af Smart City/IoT med fokus på infrastrukturen som det digitale fundament, og fremkommer med en række anbefalinger med henblik på at opnå en ensartet digital infrastruktur på området.

Analysen af digital infrastruktur inden for Smart City/IoT viser, at de danske løsnin- ger fortsat er i en tidlig fase. Området er præget af pilottest og eksperimenterende tilgange til de fire centrale led i den digitale dataværdikæde, som består af dataind- samling, datatransmission, dataanalyse/-lagring/-distribution og dataanvendelse.

Teknologimodenhed og -erfaring er mest udviklet på de første to led, dataindsam- ling og datatransmission.

I kommunerne foregår der test af forskellige løsninger inden for Smart City/IoT-om- rådet. Få har dog løsninger i drift, og de fleste mangler fortsat konkrete erfaringer med at udbrede Smart City/IoT-løsninger i større skala. Holdningerne til og erfarin- gerne med digital infrastruktur er præget af usikkerhed, og området rejser ofte flere spørgsmål end svar.

Usikkerheden og den ofte lidt famlende tilgang til Smart City/IoT begrænser sig ikke til kommunerne, men er kendetegnende for hele området generelt. De fleste teknologiejere har endnu ikke modnet egne teknologier og forretningsmodeller. Ho- vedparten af de løsninger, der omtales af interviewpersonerne i nærværende ana- lyse, har karakter af afprøvninger og *proof of technology*. I hovedtræk kendetegner følgende de forskellige Smart City/IoT-projekter, der omtales:

› Projekterne er etableret i mindre skala og for relativt lave omkostninger for at løse enkeltstående udfordringer

› Der er ikke etableret en egentlig driftsorganisation omkring projekterne

C:\Users\bhda\Desktop\BHDA\SKI - dokumenter\Kbh Kommune\SMART city & infrastruktur analyse\SDFE\Analyse af digital infrastruktur inden for Smart City\_Slutrapport final...\_.docx

› Der er i mindre grad fokus på at sikre en hensigtsmæssig dataopsamling, da- taanalyse og dataanvendelse i kombination med øvrige offentlige datasæt

› Projekterne er ikke forretningskritiske; hvis afprøvningssystemet bryder ned, kan opgaverne fortsat løses

› Der er ikke etableret en egentlig governance struktur omkring projekterne, og der mangler et helhedssyn mellem teknologien og den bagvedliggende data- struktur

› De etablerede data-hubs inde for området har lille fokus på datakvalitet, data- ajourføringsfrekvens, standardisering af de udstillede data samt adgangen til disse

Den digitale infrastruktur fremstår således som en slags ligning med flere ube- kendte. En række forhold går dog igen i forhold til, hvordan der sikres optimale be- tingelser for kommuner, private og andre offentlige aktører, så Danmark forbliver førende inden for udviklingen af Smart City/IoT-området.

Kortlægning af infrastrukturteknologier inden for Smart City/IoT Analysen opsummerer de løsninger, der er anvendt i de undersøgte projekter for de forskellige led i data-kæden, gående fra sensorer til dataopsamling og kommu-

nikationsnetværk til datatransmission over lagring og distribution af data til anven-

delsen af data.

De gennemførte interviews viser, at sensor-området omfatter et relativt bredt spek- trum af anvendelser inden for eksempelvis veje, vand-, el- og varmeforsyning, miljø, belysning meteorologi, klima og personers bevægelsesmønstre i byer.

På datatransmissions-siden bekræfter interviewpersonerne billedet af, at der ude- lukkende anvendes kommercielt tilgængelige teknologier og med en overvægt blandt de nye LPWAN teknologier, der er udviklet specifikt til IoT.

For den del af data-kæden, der omfatter lagring, forædling og distribution af data, viser undersøgelsen, at dette led ikke har fokus ud over lagring af de pågældende sensordata. De eksempler der findes på generelle dataplatforme er præget af pilot- projekter uden omkringliggende standarder og governance.

Interviewene viser, at anvendelsen af data næsten udelukkende er afgrænset til de opsamlede sensordata, og at de kun i mindre omfang kombineres med andre data og anvendes til for eksempel data analytics.

Undersøgelsen viser også en række karakteristika på tværs af datakæden, som eksempelvis silotænkning ved udformningen af Smart City/IoT-løsninger, så sam- menhæng på tværs ikke understøttes. Endvidere stilles der generelt kun få funktio- nelle krav til Smart City/IoT-systemerne, hvilket medfører risiko for leverandøraf- hængighed. Endelig er et gennemgående træk, at der er stor usikkerhed omkring de juridiske forhold for håndtering af personhenførbare data samt datasikkerhed generelt.

#### Anvendelse af referencedata

Ifølge en undersøgelse udført i Region Hovedstaden i 2017 anvender 35% af virk- somhederne egne data og beriger dem med eksterne data i udøvelse af deres for- retning1. Det tilsvarende tal for kommuner er 50%. Det oplyses endvidere, at 50% af kommunerne kun anvender data i forbindelse med et givet projekt (og dermed ikke på tværs af projekter).

De gennemførte interviews peger imidlertid på en endnu mindre anvendelsespro- cent. Langt hovedparten af interviewpersonerne kan ikke umiddelbart pege på løs- ninger, hvor åbne grunddata indgår i deres Smart City/IoT-løsninger. De der an- vender grunddata, peger alle på kortdata som anvendes til visualisering af senso- rernes placering. En del løsninger anvender referencedata.

Københavns Ejendomme har smart-teknologi installeret i en række bygninger, hvorfor bygningsdata i disse systemer fungerer som referencedata. Der omtales også en række løsninger, der omhandler overvågning og optimering af forsynings- net, hvor referencedata om nettets komponenter og topologi er centrale. Vejrdata nævnes som referencedata både i forhold til planlægning af vintervedligehold af veje og optimering af fjernvarmeforsyning.

#### Komparative cases

De gennemførte interviews viser, at der på nuværende tidspunkt kun findes få Smart City/IoT-projekter i kommunerne, der har bevæget sig ud over pilotprojekt- stadiet. Det betyder tillige, at der findes tilsvarende få projekter, hvor man har for- holdt sig til eksempelvis referencearkitektur, governance og business case, idet disse forhold typisk først adresseres i egentlige storskala-/driftsprojekter.

De tre udvalgte cases er kendetegnet ved at være idriftsat i større skala, og grund- laget for løsningernes implementering hviler på et forretningsmæssigt grundlag. To af de valgte cases er offentlige/halvoffentlige, mens den tredje er en privat virksom- hed, hvis kundegrundlag for en stor dels vedkommende er offentlige kunder. Gen- nem disse casebeskrivelser er der derfor opnået et indblik i forhold og overvejelser omkring blandt andet referencearkitektur, governance og business case i forhold til anvendelse af Smart City/IoT i offentlige virksomheder.

Undersøgelsen viser, at de tre Smart City/IoT-løsninger har et væsentligt højere modenhedsniveau end pilotprojekterne i undersøgelsen. Dette gælder i forhold til det organisatoriske og styringsmæssige. Og det gælder også i forhold til områ- derne strategi og business case og til dels referencearkitektur. Projekterne har hver især været opmærksomme på problematikker i forhold til deling og anven- delse af data, men dog ikke tænkt det ind i en større tværgående sammenhæng. Muligvis fordi det ikke har været påkrævet i forhold til de umiddelbare forretnings- behov.

1 Dette omfatter formodentlig alle typer data og ikke kun Smart City/IoT-relaterede data

#### Barrierer og anbefalinger for en styrket og mere ensartet digital infrastruktur

Analysen har identificeret seks nøglefaktorer omkring kommunernes arbejde med Smart City/IoT, som kan udgøre barrierer i forhold til at skabe en ensartet digital ar- kitektur på området. De identificerede faktorer knytter sig hver især til de fire led i datakæden: Silotænkning; Umodent marked og teknologi; Proprietære løsninger; Personfølsomme oplysninger; Datasikkerhed og Manglende kvalitets- og leveran- cekrav til data.

Disse barrierer leder til en række uhensigtsmæssigheder i relation til den digitale infrastruktur, som for eksempel: Ikke-kompatible snitflader; usikkerhed omkring fremtidig data-leverancesikkerhed; manglende fokus på tværgående master data management; manglende tværgående governance; manglende genbrug af eksiste- rende infrastruktur; stor usikkerhed i forhold til brugen af personfølsomme data og mangel på standarder og best practices på området. Det kontinuerligt voksende udbud af datakommunikationsteknologier bidrager yderligere til dette billede, og gør det endnu sværere at sætte standarder og dermed opnå en ensartet data-infra- struktur.

På baggrund af analysen af den digitale infrastruktur inden for Smart City/IoT-om- rådet er der udformet en række anbefalinger til, hvordan området fremadrettet kan understøttes og udvikles, så Danmark bevarer sin førerposition inden for digitalise- ring og digital infrastruktur. Anbefalingerne adresserer de listede barrierer, og de kan læses i opsummeret form i [Tabel 1](#_bookmark1) nedenfor.

|  |  |
| --- | --- |
| **Perspektiver/Anbefalinger for dansk digital infrastruktur inden for Smart City/IoT** | **Anbefalingsniveau** |
| A) Udarbejde en tværoffentlig strategi for digital infrastruktur inden for Smart City/IoT.- | Strategi, Organisatorisk |
| B) Igangsætte tværsektorielt samarbejde om tilgange til datain- frastruktur | Organisatorisk, Konceptuelt, Tek- nisk |
| C) Etablere overblik over arkitekturtilgange inden for Smart City/IoT | Konceptuelt, Teknisk |
| D) Fastlægge standarder og en fælles-offentlig referencearki- tektur for Smart City/IoT-området | Konceptuelt, Teknisk |
| E) Identificere konkrete Smart City/IoT-områder, der kræver særlig indsats for at skabe en fællesoffentlig datainfrastruktur | Teknisk |
| F) Indarbejde Smart City/IoT i forvaltningsdagsordenen | Strategi, Organisatorisk, Koncep- tuelt, Teknisk |

*Tabel 1 Oversigt over anbefalinger til styrket dansk digital infrastruktur*

1.1 Væsentlige begreber

I boksen nedenfor defineres og uddybes en række væsentlige begreber inden for Smart City-området som er centrale for forståelse af nærværende analyse.

› Smart City: Anvendelse af sensorer, IT-teknologi og data til at gøre livet i byer bedre, mere bæredygtigt og omkostningseffektivt for borgere og virk- somheder.

› IoT: Anvendelse af intelligente digitale enheder (sensorer) der kan måle/re- gistrere tilstanden for et objekt (eksempelvis en vej, vandledning, affaldsbe- holder) og kommunikere tilstanden videre til omverdenen via internettet.

› Referencedata: Datasæt der supplerer sensordata i Smart City/IoT-løsnin- gerne. Et eksempel er datasæt, der beskriver topologi og komponenter i et forsyningsnet.

› Offentlige grunddata: Offentlige grunddata er de centrale datasæt, der er til- gængelige fra eksempelvis den fællesoffentlige datafordeler.

› Referencearkitektur: Arkitektur som beskriver hvordan løsninger skal byg- ges indenfor et specifikt område med henblik på at flere anvender samme arkitektur.

› Enterprisearkitektur: Er en praksis og ramme, der har til formål at skabe sammenhæng i en virksomhed eller myndighed ("enterprise") mellem stra- tegi, forretning og teknologi.

# Baggrund og formål

Styrelsen for Dataforsyning og Effektivisering (SDFE) arbejder for at skabe et digi- talt fundament, der skal sikre, at både den offentlige og private sektor i fremtiden kan anvende data til at skabe bedre løsninger for borgerne og økonomisk vækst i samfundet. Den digitale arkitektur skal udvikles, så den imødekommer de væsent- lige effektiviseringsbehov og formes, så digitale løsninger kan anvendes på tværs af sektorer, aktører og geografiske områder.

Smart City/IoT-området er i hastig udvikling i disse år, og den offentlige sektor be- finder sig i en fase, hvor mange nye teknologier indkøbes og afprøves inden for en række *Smart* områder (eksempelvis Smart-Cities, -Utilities og -Energi). Det betyder nye muligheder inden for områder som smarte mobilitetsløsninger, intelligent ener- gistyring samt bedre monitorering af kritisk forsyningsinfrastruktur. Udviklingen in- debærer også en stigende mængde data og datakilder, som stiller krav til den digi- tale infrastruktur, der skal understøtte Smart City og øvrige IoT-løsninger.

Der er allerede igangsat mange aktiviteter, der skal understøtte Smart City-dagsor- denen. Dette gælder blandt andet initiativer under den fællesoffentlige digitalise- ringsstrategi, den fælleskommunale digitaliseringsstrategi samt i en række selv- stændige foreninger og paraplyorganisationer, som eksempelvis CLEAN og Gate21. Initiativerne har især til formål at skabe netværk, samt understøtte videns- deling om løsninger og best practice.

Den fællesoffentlige digitaliseringsstrategi om Smart City Partnerskab har blandt andet til formål at udpege områder, hvor der kan gennemføres en fokuseret indsats for at fremme udbredelsen af Smart City-løsninger. Derudover skal indsatsen fremme det erhvervsmæssige potentiale i dansk erhvervsliv2.

Den fælleskommunale digitaliseringsstrategis initiativ 3.3 *Udbredelse af Smart City* har til formål at øge anvendelse af teknologier og data til at skabe mere bæredygtig udvikling, innovation og medborgerskab. Initiativet skal sikre viden, kompetencer og tværfaglig organisering for at understøtte, at flere kommuner kan komme i gang med at arbejde med Smart City eller komme videre med eksisterende initiativer.

Det er imidlertid SDFE’s vurdering, at der er behov for et øget fokus på den under- liggende digitale infrastruktur. Særligt i forhold til at sikre en mere ensartet datain- frastruktur med henblik på at fremme interoperabilitet, leverandøruafhængighed og skalerbarhed på tværs af kommune- og landegrænser.

En mere ensartet datainfrastruktur skal sikre at enheder, der er koblet til internettet, kan udveksle data og kommunikere med andre produkter og systemer på tværs af leverandører og organisatoriske skel. Dette skal være med til at skabe effektivise- ringer og kvalitetsløft i den offentlige sektor ved blandt andet at muliggøre at:

› Den offentlige sektor omkostningseffektivt kan indkøbe nye digitale løsninger, da de kan genbruge eksisterende infrastruktur og umiddelbart kan tage løsnin- ger i brug, som fungerer i nabokommuner.

2 Udbredelse af Smart City løsninger i Danmark, Rambøll, 2017

› Den private sektor kan udvikle nye innovative services og produkter til den of- fentlige sektor, da de nemmere kan få adgang til eksisterende infrastruktur, og da de får nemmere ved at kombinere data på tværs af datakilder. Dette gør det blandt andet muligt at udnytte nye muligheder inden for eksempelvis ad- vanced analytics og automatisering.

Analysens udgangspunkt er en kortlægning af de eksisterende anvendelser af di- gital infrastruktur, der understøtter forskellige anvendelser inden for Smart

City/IoT-området. Digital infrastruktur skal i denne sammenhæng forstås som infra- strukturkomponenter inden for sikkerhed, sensorer, netværk, datalagring og data- distribution. Analysen beskæftiger sig med hele dataværdikæden fra sensor til ser- vice:



Formålet med analysen er at give et samlet billede af den aktuelle situation på Smart City/IoT-området med hensyn til offentlige myndigheders indkøb af infra- struktur, offentlige strategier for infrastruktur og sammenspillet med den private sektor, herunder nye forretningsmodeller, som kan være relevante for den offent- lige sektor.

Undersøgelsen centrerer sig derfor om den del af værdikæden, der starter med da- tafangst og ender med dataanvendelse.

I undersøgelsen vil følgende fem områder blive kortlagt og analyseret:

› Kortlægning af infrastruktur teknologier inden for Smart City/IoT

› Anvendelse af data inden for Smart City/IoT

› Komparative Case-beskrivelser af digital infrastruktur

› Vurdering af barrierer og muligheder for ensartet digital arkitektur *(reference- arkitektur)*

› Forslag til hvordan dansk myndighedsopgavevaretagelse og datatilgang kan styrke Smart City/IoT-området

# Analyse af digital infrastruktur inden for Smart City/IoT

Smart City/IoT-området er de senere år for alvor kommet i fokus, og i kommunerne er en lang række initiativer og tiltag blevet sat i værk. Det viser blandt andet en landsdækkende spørgeskemaundersøgelse fra 20173, som Kommunernes Lands- forenings (KL) har iværksat. Undersøgelsen peger på, at 72% af landets kommu- ner arbejder med Smart City, mens 55% af kommunerne har planlagt konkrete Smart City-projekter. Projekterne fordeler sig over hele Danmark, fra København til Frederikshavn.

I Region Hovedstaden er der i øjeblikket 39 aktive projekter. 30% af Region Ho- vedstadens kommuner oplyser, at de arbejder målrettet med Smart City, mens 40% oplyser, at de har enkeltstående projekter4.

Ud fra de rapporter, der er gennemgået i forbindelse med denne undersøgelse, placerer de danske kommuners Smart City-projekter sig inden for en bred vifte af emner. I [Tabel 2](#_bookmark6) ses en oversigt over de områder, som Smart City-projekterne ty- pisk placerer sig inden for.

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Område** |
| Klimavarsling | |
| Mobilitet | |
| Belysning | |
| Fodgænger-trafik | |
| Parkering | |
| Trafikstyring | |
| Trafik-flow | |
| Energi | |
| Fjernvarme | |
| Affald | |

*Tabel 2 Oversigt over områder, som kommunale Smart City-projekter typisk placerer sig inden for*

Opgjort efter antallet af kommuner med Smart City-aktiviteter inden for et givet om- råde, er det i øjeblikket projekter vedrørende belysning, mobilitet, klimatilpasning, byrum og energi, der er mest fremherskende. I forhold til kommunernes forventnin- ger til fremtidige projekter, er det områderne byrum, mobilitet, IoT og energi, der forventes fremadrettet at være mest i fokus[3](#_bookmark5). For kommunerne i Region Hovedsta- den viser undersøgelser, at det største fokusområder inden for Smart City er IT.

3 Spørgeskemaundersøgelse om kommunernes ønske til arbejdet i projektet ”Ud- bredelse af Smart City”/”Nyt Smart City Forum”, KL, 2017

4 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

Herefter følger klima- og energiområderne5. IT antages i denne forbindelse at om- fatte IT-infrastruktur i forhold til Smart City-projekter som eksempelvis data-hubs og datatransmissionsløsninger. I interviewene, der er gennemført i forbindelse med denne analyse, peges der endvidere på et stort gevinstpotentiale for Smart City/IoT-projekter inden for områder som ældrepleje og telemedicin6.

Interviewene peger også på, at Smart City/IoT-teknologierne fortsat befinder sig på et tidligt stadie. Det er først nu, den nødvendige modenhed er ved at vise sig, og det forventes at implementeringerne vil skalere sig7. Langt hovedparten af de løs- ninger, der omtales af interviewpersonerne, har karakter af afprøvninger og proof of technology8. I hovedtræk kendetegner følgende de forskellige Smart City/IoT- projekter, der omtales:

› Projekterne er etableret i mindre skala og for relativt lave omkostninger for at løse enkeltstående udfordringer

› Der er ikke etableret en egentlig driftsorganisation omkring projekterne

› Der er i mindre grad fokus på at sikre en hensigtsmæssig dataopsamling, da- taforædling og dataanvendelse i kombination med øvrige offentlige datasæt

› Projekterne er ikke forretningskritiske; hvis afprøvningssystemet bryder ned, kan opgaverne fortsat løses

› Der er ikke etableret en egentlig governance-struktur omkring projekterne. Dette medfører blandt andet, at der mangler et helhedssyn på løsningen og den bagvedliggende datastruktur

› De etablerede data-hubs inde for området har lille fokus på datakvalitet, data- ajourføringsfrekvens, standardisering af de udstillede data samt adgangen til disse

I interviewdelen af denne undersøgelse, blev interviewpersonerne bedt om at an- give de Smart City/IoT-projekter, de ved er i drift. Interviewpersonerne kunne imid- lertid kun nævne meget få projekter, som det også fremgår af [Tabel 3.](#_bookmark7)

5 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

6 Interview: Kalundborg Kommune, Lars Dittmann, DTU

7 Interview: TDC

8 Interview Kalundborg kommune; Lars Dittmann, DTU; Aarhus Kommune

|  |  |
| --- | --- |
| **Område** | **Beskrivelse** |
| Parkeringsstandere | Københavns kommune driver en større installa- tion af parkeringsstandere, hvor brugerne afreg- ner parkering via standere eller mobil-apps. I løsningen indgår endvidere en række nummer- pladescannere, der anvendes til kontrol af de parkerede biler. |
| Gadebelysning | En række af interviewpersonerne, herunder Kø- benhavns Kommune, Viborg kommune, SEAS- NVE, har store installationer af intelligent gade- belysning. De intelligente gadebelysningssyste- mer giver mulighed for at styre de enkelte gade- lamper centralt eller via sensorer samt korrigere farven i LED pærerne. De intelligente gadelam- per kan anvendes til trådløs kommunikation med andre enheder, f.eks. sensorer, men flere af in- terviewpersonerne giver udtryk for, at anvendel- sen af gadelampernes kommunikationsinfra- struktur fortsat i vid udstrækning er begrænset til lysstyring9. |
| Måleraflæsning | En række af landets forsyningsselskaber driver store installationer af målere der kan fjernaflæ- ses. Den mest udbredte kommunikationsinfra- struktur i disse systemer er Wireless M-Bus10 |

*Tabel 3 Oversigt over projekter i drift, der er nævnt i interviewdelen af undersøgelsen.*

Flere interviewpersoner nævner desuden løsninger, hvor borgernes bevægelse rundt i byen opsamles og analyseres. I nogle løsninger sker det via sensorer, der tracker de bluetooth-enheder der passerer forbi. I andre løsninger anvendes ma- stedata fra mobilnettet11.

I de følgende afsnit kortlægges og analyseres anvendelsen af infrastrukturteknolo- gier og data samt barriererne for en ensartet digital infrastruktur i de danske kom- muner.

## Kortlægning af infrastrukturteknologier

Dette afsnit ser nærmere på de enkelte delkomponenter, der udgør selve infra- strukturdelen af Smart City/IoT. Det vil sige komponenter, der anvendes til indsam- ling af data, transmission af data, lagring/distribution af data samt præsentation/an- vendelse af data.



9 Interview: Københavns Kommune, Viborg Kommune, SEAS-NVE

10 Interview: Kamstrup

11 Interview: Aarhus Kommune; TDC

Kortlægningen er udført på baggrund af en lang række rapporter inden for områ- det, interviews samt med udgangspunkt i den specialviden på området, COWI selv råder over.

### Indsamle data

I forbindelse med de gennemførte interviews, er der spurgt ind til oplysninger om anvendte sensortyper i de pågældende projekter, hvilket er gengivet i oversigts- form i nedenstående [Tabel 4.](#_bookmark9) Bemærk at der kun er tale om eksempler på an- vendte sensortyper, og ikke en udtømmende liste. Oplysningerne om, hvorvidt sen- sorerne anvendes i drift eller ej, er kun angivet i relation til de undersøgte projekter og er dermed ikke udtryk for den generelle status for anvendelse af sensortypen.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Sensortype** | **Formål med anvendelse** | **Drift/ikke drift** |
| Temperaturfølere i vej | Optimering af vintervedligehold og trafikvars- ling | Ikke drift |
| Måling af temperatur i fjernvarmenet | Optimering af fremløbstemperatur | I drift i lille skala, dog uden automatisk regulering af fremløbstemperaturen |
| Måling af fyldnings- grad i affaldsbehol- dere | Optimering af affaldshåndtering | I drift i lille skala |
| Måling af lysfarve og lysforhold | Automatisk justering af farvetone og lys- styrke (inkl. tænd/sluk) for LED gadebelys- ning | I drift |
| Bluetooth og Mobil- mast tracking af mobil- telefoner | Overvågning af rejsetider og rejsemønstre | I drift |
| Måling af luftkvalitet | Miljøovervågning og f.eks. anvisning af alter- native cykelruter | I drift i mindre skala |
| Vejrradar | Optimering af fjernevarmeforsyning | I drift i mindre skala |
| Nedbørsprognoser til forudsigelse af belast- ning af afløbs- og rensningsanlæg | I drift |
| Forbrugsmålere (el, vand, varme) | Afregning af forbrug | I drift |
| Temperaturføler i fjer- nevarmebrønde | Detektering af brud | Ikke drift |
| Niveaumåling i pum- pebrønde | Regulering af belastning i afløb og rens- ningsanlæg | I drift |
| Parkeringssensorer | Information om ledige parkeringspladser og udnyttet parkeringskapacitet | I drift i mindre skala |

*Tabel 4 Oversigt over sensortyper nævnt i interviewdelen af undersøgelsen*

Dette afsnit så nærmere på første delkomponent i selve infrastrukturdelen af Smart City/IoT, nemlig indsamlingen af data. I næste afsnit kortlægges det næste led i da- takæden, som er transmissionen af data.

### Transmittere data

En undersøgelse fra konsulenthuset CEDI viser, at de danske kommuner forven- ter, at et af de væsentligste initiativer på Smart City-området i disse år (2014 og frem) vil være at sikre en god bredbåndsinfrastruktur (fibernet)12. Kommunerne i Region Hovedstaden oplever, at netop en utilstrækkelig fibernet dækning er en af hovedudfordringerne i forbindelse med en fortsat udvikling i digitaliseringen, hvor- for udbygning af net-dækningen anses for en vigtig opgave13. På Frederiksberg er kommunen i samarbejde med Frederiksberg Forsyning i gang med etableringen af et Smart City-Wifi-Netværk, som skal udgøre infrastrukturen for kommunens Smart City/IoT-tiltag. Netværket skal blandt andet anvendes til Frederiksberg Forsynings etablering af fjernaflæsning af vand og fjernvarme14, men også til et kommende projekt for Smart Parkering15. Tilsvarende har Aarhus og Roskilde Kommune ind- købt egne IoT-net til kommunale drifts- og forsyningsbehov[.13](#_bookmark10)

[Tabel 5](#_bookmark11) viser kortlægningen over de hyppigst anvendte teknologier til transmission af data.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Kommunikationsnetværk16** | | **Beskrivelse (små/store mængder data; lange/korte af- stande)** |
| LPWAN-  teknologier | LoRaWan | LoRaWAN er en teknologi, der understøtter lavt batteriforbrug og muligheden for at kommunikere over lange afstande. Net- værket bygges op af omkring gateways, der samler data op fra sensorerne og sender dem videre til centrale servere.  Data-mængder skal være små, og der er god sikkerhed i kom- munikationen. Understøttes af mange af de store chip- og tek- nologileverandører. Der er ikke umiddelbart planer om et landsdækkende LoRaWAN-netværk i Danmark, men der fin- des flere offentlige og private virksomheder - f.eks. Aarhus Kommune, SEAS/NVE, og Frederiksberg Forsyning - som er ved at etablere eget LoRaWAN-netværk. |
| NB-IoT | Narrow Band IoT er en teknologi, der de seneste år er blevet standardiseret af nogen af de største producenter og leveran- dører af infrastruktur. NB-IoT benytter særlige ISM-radiobånd, der ligger i yderkanten af de etablerede frekvensbånd og be- nytter disse til at sende og modtage små datapakker. TDC og Telenor er i færd med at etablere netværk af denne type. [http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-nb_iot_complete) [nb\_iot\_complete](http://www.3gpp.org/news-events/3gpp-news/1785-nb_iot_complete) |
| Sigfox | Fransk udviklet IoT netværk. Data fra sensorerne placeres i centrale datacentre, hvor kunderne har adgang og fulde ret- tigheder til egne data. Mængden af afsendte/modtagne beske- der fra/til sensorer er begrænset til hhv. 140 og 4 beskeder pr. dag. Det forventes, at et landsdækkende netværk kan etable- res med omkring 220 antenner, der også har dækning inden- dørs. |

12 Smart City i de danske kommuner – Status og initiativer, CEDI, 2014

13 Behovsanalyse for et fælles datahub… Vejen til styrket digital byudvikling i Grea- ter Copenhagen, Region H, Clean og Gate 21, 2017

14 https://[www.licitationen.dk/procurement/view/22876/etablering\_af\_wifi\_-netva-](http://www.licitationen.dk/procurement/view/22876/etablering_af_wifi_-netva-) erk\_pa\_frederiksberg

15 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

16 Smart City Infrastrukturanalyse, COWI, 2016, s. 19-20

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Silver Spring Networks | Amerikansk udviklet netværk baseret på mesh-teknologi. Net- tet tilbyder, ud over datatransport, et trådløst access point for hver node. Løsning etableres f.eks. i lysmaster med en node i hver lysmast. Under etablering i København hvor ca. 20.000 lysmaster udstyres med denne teknologi, som bl.a. kan fjern- styre lyskilden i hvert enkelt armatur, men også udbygges til generelle IoT-formål. |
| Paradox Engi- neering | Schweizisk udviklet IoT-netværk baseret på mesh-teknologi. Løsningen opbygges typisk ved at etablere noder i lysmaster, som kan kommunikere indbyrdes med hinanden og derved skabe et trådløst bydækkende kommunikationsnetværk. Bl.a. Energi Midt tilbyder at etablere Smart City infrastruktur baseret på denne teknologi, som p.t. afprøves i Viborg kommune. |
| Wireless M-Bus | Trådløs kommunikationsprotokol, der har sit ophav inden for fjernaflæsning af varme og el. Den er baseret på en Europæ- isk standard og har været anvendt i en række år inden for for- syningssektoren, hvor man kun har brug for at sende få og enkle beskeder. Har langt størst udbredelse som en-vejs kom- munikationsprotokol (fra sensor til data-hub), men kan også fungere 2-vejs. Netværk etableres typisk for det enkelte pro- jekt. |
| Wi-Fi |  | Wi-Fi er en trådløs kommunikation primært brugt indendørs i boliger og erhvervsejendomme. Benyttes også flere og flere steder i offentlige bygninger eller offentlig transport og trafik- knudepunkter. Standarder benytter to frekvensbånde, 2,4 og 5 GHz, og udvikles løbende til større båndbredder. Den fysiske rækkevidde er begrænset, og med øget båndbredde falder rækkevidden yderligere. I relation til en bydækkende Smart City-infrastruktur har Wi-Fi en række ulemper: For det første den korte rækkevidde, som vil kræve opsætning af mange tu- sinde access points i en by af f.eks. Københavns størrelse, hvilket vil resultere i høje etablerings- og vedligeholdelsesom- kostninger. For det andet trænger Wi-Fi-signaler dårligt gen- nem murværk/beton/jord, således at kommunikation med ud- styr/sensorer i f.eks. kloakker vil være et problem. For det tredje har Wi-Fi-netværk den ulempe, at der ikke er mulighed for roaming, hvilket betyder, at brugeren skal logge ind på de forskellige Wi-Fi-netværk, der findes i byen – f.eks. kommu- nens, busselskabers og DSB's netværk. Denne problematik vil kunne løses med den nye Hotspot2.0-teknologi, men det for- udsætter, at netværksejerne åbner op for dette, hvilket er usik- kert. For det fjerde kræver Wi-Fi-baseret kommunikation større energiforbrug end f.eks. LPWAN-baseret, hvilket har betyd- ning ifm. mange IoT-anvendelser. |
| Fiber/kobber |  | Kablede forbindelser, der binder centrale komponenter sam- men. På kortere strækninger benyttes kobber, og over læn- gere strækninger, samt hvor der er behov for særligt høje ha- stigheder, benyttes fiber. Teknologierne er ofte nødvendige i tilfælde, hvor f.eks. videostreaming i høj kvalitet indgår i Smart City løsninger samt til alle server- komponenter, der indgår i løsningerne. |
| Mobil-teknologier | 2/3/4/5G, LTE | 2G/3G/4G samt LTE er teknologier, som mobilteleoperatø- rerne understøtter. Teknologierne udvikler sig løbende, og den nyeste 5G standard, som forventes at være på markedet i 2020 vil specielt understøtte maskin-til-maskin kommunikation med lavt strømforbrug, hvorfor den vil være specielt egnet til IoT-formål. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | LTE MTC | Den specielle LTE variant MTC (Machine Type Communica- tion) standard er optimeret til sensorkommunikation med lavt strømforbrug. |
| WPAN (Wireless Personal Area Net- work) | ZigBee Z-Wave | Trådløse standarder inden for samme kategori som Bluetooth med meget lille rækkevidde. Teknologien er billig og kræver ingen kommunikations-infrastruktur ud over det der er indbyg- get i de enkelte sensor-enheder. De individuelle sensor-enhe- der kan kommunikere med hinanden og dermed opbygge et mesh-netværk, som samlet giver en større rækkevidde. An- vendes fortrinsvist til *Home Automation* formål – eksempelvis styring af belysning og radiatortermostater |

*Tabel 5 Oversigt over teknologier til transmission af data anvendt inden for Smart City/IoT-projek- ter.*

Størstedelen af de personer, der er interviewet i forbindelse med analysen, bekræf- ter billedet af, at fokus inden for Smart City/IoT-området er på infrastrukturteknolo- gierne til transmission af data. Størstedelen af interviewpersonerne påpeger, at de konkrete Smart City/IoT-løsninger i væsentlig grad har fokuseret på at etablere og afprøve LPWAN-teknologier. I kommunerne er der en række projekter, hvor LoRa- WAN etableres og afprøves i større eller mindre skala17. TDC arbejder desuden på at udrulle NB-IoT landsdækkende, ligesom Kamstrup også satser på denne tekno- logi sideløbende med Wireless M-Bus og SigFox.

5G-standarden nævnes18 som en vigtig komponent i fremtidens LPWAN- infrastruktur, da 5G-standarden blandt andet indeholder funktioner til low-power kommunikation. En række af de LPWAN-teknologier, der for tiden afprøves, kan betragtes som GAP-teknologier, der skal udfylde et behov, indtil 5G er klar til at tage over19.

Flere interviewpersoner forklarer, at LPWAN-teknologierne har forskellige styrker og svagheder, hvorfor der skal være plads til at implementere Smart City/IoT-løs- ninger på tværs af forskellige LPWAN-teknologier20. Endvidere nævnes det, at det er for tidligt at forudsige, hvilke LPWAN-teknologier, der vil overleve, og hvilke der vil forsvinde21. Der efterspørges derfor ikke egentlig standardisering på LPWAN- laget22.

Interviewpersonerne ser imidlertid meget forskelligt på modellerne for etablering af LPWAN-infrastruktur i stor skala. Aarhus Kommune har selv etableret LPWAN- infrastruktur, der efter planen kan anvendes til at realisere nogle af kommunens Smart City/IoT-projekter. Andre aktører efterspørger LPWAN-netværk, der udbydes kommercielt, på samme måde som det kendes fra GSM/3G/4G nettet23.

17 Interview: Aarhus kommune; Kalundborg kommune; ABB; SEAS-NVE; Køben- havns kommune

18 Interview: TDC; Lars Dittmann, DTU

19 Interview: TDC

20 Interview: Kalundborg kommune; Lars Dittmann, DTU; TDC; Kamstrup

21 Interview: TDC

22 Interview: Københavns kommune; Kamstrup

23 Interview: Københavns kommune; Kalundborg kommune

TDC er ved at etablere et nationalt NB-IoT-netværk, der vil kunne anvendes på kommercielle vilkår fra primo 2018. Endvidere findes et nationalt SigFox-netværk. TDC oplever efterspørgsel fra forsyningsvirksomheder, der ønsker at anvende NB- IoT-netværket til fjernaflæsning af forbrugsmålere. Omvendt ser en række forsy- ningsselskaber24 en forretning i at drive deres eget LPWAN. SEAS-NVE driver et LoRaWAN i Svebølle og arbejder med forretningsplan for etablering af større Lo- RaWAN-installationer. EnergiMidt driver et større netværk af Paradox Engineering- teknologi, som forventes at skulle danne grundlag for en række Smart City/IoT initi- ativer i Viborg kommune.

Kamstrup påpeger de specielle krav, der stilles til "deep indoor coverage" i net- værk, der anvendes til fjernaflæsning af forbrugsmålere, som ofte er placeret i kældre. Ved selv at etablere netværket, kan forsyningsselskabet udbygge med den dækning der er behov for.

Dette afsnit omhandlede andet led i datakæden, nemlig transmission af data. Det næste afsnit ser nærmere på det tredje delkomponent i infrastrukturdelen af Smart City/IoT, nemlig processen omkring lagring, forædling og distribution af data.

### Lagre, forædle og distribuere data

Det element i datainfrastrukturkæden, der står for modtagelse, lagring, forædling og distribution af data betegnes ofte *data-hub* og er et centralt element i infrastruk- turen. En data-hub er garanten for, at de indsamlede data fra sensorer kan anven- des som brugbar og nyttig information. Ensartethed af data, fælles åbne snitflader for adgang til data, systematisk klassifikation af data og vedvarende ajourføring af data er væsentlige krav en data-hub skal opfylde, for at kunne sikre brugbarhed og nyttiggørelse af data.

Da data-hub'en skal kunne sammenstille informationer fra en lang række forskel- lige dataleverandører er egenskaber så som etablering af fælles governance, et fælles aftalegrundlag og en klar strategi omkring data-hub'en afgørende for kvalite- ten og anvendelsen af den.

I forbindelse med den gennemførte analyse er der foretaget en kortlægning af en række projekter inden for etablering af Smart City/IoT-data-hubs, som fremgår af [Tabel 6.](#_bookmark12)

|  |  |
| --- | --- |
| **Type af databehandlingspro- gram** | **Kendetegn/ Fordele og ulemper**  **Drift/ikke drift** |
| City Data Exchange | [https://www.citydataexchange.com](https://www.citydataexchange.com/)  City Data Exchange, der er etableret af virksomheden Hitachi i et samarbejde med Københavns Kommune, indeholder omkring 100 datasæt vedr. København/Region Hovedstaden. For en del data kræves betaling for at opnå adgang. Data består dels af sta- tiske data og data der opdateres dynamisk (f.eks. forurenings- data). Eksterne virksomheder og personer har mulighed for at publicere data. Der er ingen krav om tilknytning af metadata ud  over tidspunkt, opdateringsfrekvens, pris og leverandør. Der er |

24 Interview: SEAS-NVE; Viborg kommune

|  |  |
| --- | --- |
|  | ikke en fælles struktur i data, ligesom der formodentlig ikke er no- gen krav til, hvor længe data vil være tilgængelige. Data kan kun downloades fysisk – mao. findes der ikke tilknyttet services til on- line opslag i datasæt. |
| Open Data København, | <http://data.kk.dk/>  Data-hub'en er etableret af Københavns Kommune og indehol- der ca. 240 datasæt for kommunen inden for eksempelvis trafik, parkeringsforhold, byens fysiske infrastruktur og aktuelle aktivite- ter i byen. Selv om data-hub'en udstiller kommunens data, væl- ger kommunen i visse tilfælde at udstille andre organisationer/le- verandørers data. Der forefindes ingen services til online adgang til data, hvorfor data skal downloades fysisk. Det er uklart om nogle datasæt opdateres automatisk, eller de alle er statiske.  Data-hub'en er en Beta-udgave, hvorfor kommunen tager forbe- hold for opsætning, datasæt og metadata kan ændres uden var- sel. Data er til fri afbenyttelse. Platformen er baseret på Open Source-softwaren CKAN fra Open Knowledge Foundation. |
| Select4Cities | [http://www.select4cities.eu](http://www.select4cities.eu/)  Et konsortium bestående af Københavns, Helsinkis og Antwer- pens kommune samt virksomhederne Imec, 21c og Digipolis. Ini- tiativet er støttet af EU's Horizon 2020's innovationsprogram.  Formålet er at etablere en åben IT-platform, som kan integrere mange forskellige datakilder og tilbyde services, der bl.a. mulig- gør en nem adgang til data, der understøtter datadrevet udvik- ling. Platformen skal omfatte hele IoT-værdikæden, herunder standardisering af sensor-dataopsamling, klassifikation af data, integration med offentlige data, datalagring, data-analytics værk- tøjer og API's til anvendelse af data. Udviklingen af platformen sker i form af pilotprojekter, som udvalgte virksomheder gennem- fører på basis af en afholdt konkurrence "SELECT for Cities Cha- llenge" i foråret 2017. Vinderprojekterne har på nuværende tids- punkt kun præsenteret deres tanker om løsningskoncept for plat- formen. |
| Open data Aarhus, ODAA | <https://www.odaa.dk/>  Data-hub'en er etableret af Aarhus Kommune, og konceptet lig- ner meget Open Data København. Der findes ca. 150 datasæt, som omfatter kommunens egne data samt eksterne samarbejds- partneres data vedr. kommunen. Visse af de tilgængelige data trækkes automatisk fra kommunens systemer, mens andre læg- ges manuelt op i data-hub'en. Der forefindes ingen services til online adgang til data, hvorfor data skal downloades fysisk. Alle data er statiske. Kommunen tager forbehold for, at såvel opsæt- ning, datasæt og metadata kan ændres uden varsel. Data er til fri afbenyttelse. Platformen er baseret på Open Source-softwaren CKAN fra Open Knowledge Foundation. |
| Open Data DK | <https://portal.opendata.dk/>  Data-hub'en svarer til Open Data Aarhus og Open data Køben- havn, men omfatter knapt 900 datasæt fra 26 kommuner og 3 re- gioner. Karakteristika for adgang og brug af datasæt er som for de tidligere nævnte data-hubs, og løsningen er baseret på samme platform. |

*Tabel 6 Oversigt over data-hubs anvendt af danske kommuner*

Alle de nævnte data-hubs i tabellen ovenfor har på nuværende tidspunkt karakter af pilotprojekter. Det fremgår også, at der i øjeblikket ikke er fastlagt standarder for eksempelvis tilknyttede metadata, datastruktur, datakvalitet, ajourføringsfrekvens

og leverancesikkerhed for de datasæt, der publiceres. Hertil kommer mangel på API'er og services til on-line adgang til data.

Andre undersøgelser bekræfter, at etableringen af data-hubs generelt er præget af pilotprojekter eller projekter, der endnu ikke er koordineret eller har opnået sit fulde potentiale25.

Undersøgelsen fra Region Hovedstaden26 peger desuden på, at de eksisterende fælles dataplatforme (OpenDataDK, Select4Cities og CityDataEx-change) ikke er tilstrækkeligt kendte og prioriterede i kommunerne. Udover at den manglende prio- ritering risikerer at fastholde dataplatformene i pilot-projektfasen, medfører den også, at arbejdet med at standardisere de udstillede data trækker ud. Det skal i denne forbindelse tilføjes, at Region Hovedstadens REVUS-strategi indeholder konkret mål om etablering af en fælles datahub.

En væsentlig observation er fraværet af fælles governance, et fælles aftalegrund- lag og en strategi for de nævnte Smart City/IoT-data-hubs, hvilket i sig selv kan ses som et udtryk for den manglende modenhed af dette element i data-infrastruktur- kæden.

Tidligere analyserapporter konkluderer blandt andet, at der er behov for fælles ret- ningslinjer for datastandarder og -håndtering og fælles dataplatforme, der kan bi- drage til tværgående løsninger på kommunale udfordringer. Dette er synspunkter, der deles af såvel kommuner som virksomheder og vidensinstitutioner 27.

Som det også fremgår af kortlægningen af de nuværende data-hubs, er kommu- nerne opmærksomme på disse mangler. Det der står tilbage er, hvor hurtigt mang- lerne vil blive udbedret, og om kommunerne vil anlægge en fælles tilgang til løs- ning af problemerne, så der opnås en ensartethed i løsningerne.

Stort set alle interviewpersoner i undersøgelsen har fokus på, at de Smart City/IoT- løsninger, der udvikles, skal kunne implementeres med åbne snitflader og datamo- deller, så datasæt kan deles og sammenstilles på tværs af systemerne. En del in- terviewpersoner anvender denne åbenhed som definition af Smart City/IoT, og be- tragter dermed ikke helt lukkede systemer som en del af en Smart City/IoT. På sensor- og LPWAN-laget skal der fastholdes en passende åbenhed, for at sikre in- novation og tilgængelighed af enheder og kommunikationskomponenter28.

I dette afsnit blev det tredje led i datakæden, processen omkring lagring, forædling og distribution af data kortlagt inden for Smart City/IoT. Næste afsnit ser nærmere på det fjerde delkomponent i infrastrukturdelen af Smart City/IoT, som er selve an- vendelsen af data.

25 Behovsanalyse for et fælles datahub… Vejen til styrket digital byudvikling i Grea- ter Copenhagen, Region H, Clean og Gate 21, 2017

26 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

27 Behovsanalyse for et fælles datahub… Vejen til styrket digital byudvikling i Grea- ter Copenhagen, Region H, Clean og Gate 21, 2017

28 Interview: Lars Dittmann, DTU

### Anvende data

Der er et betydeligt forbehold blandt interviewpersonerne i forhold til de tidligere beskrevne portaler, hvor der kan deles åbne datasæt29. Interessen for og anven- delsen af datasæt er ikke er så stor som forventet fortæller interviewpersonerne. Flere peger på, at datastruktur og bedre metadata kan være med til at øge anven- delsen. Bedre SLA'er efterspørges, så aftagere af data eksempelvis kender den planlagte opdateringsfrekvens på datasættet. Endvidere efterspørges fælles data- strukturer, så det bliver lettere at lave løsninger baseret på de åbne data på tværs af eksempelvis kommuner eller forsyningsselskaber30.

|  |  |
| --- | --- |
| **Smart City/IoT-projekter i hovedstaden, der har udmøntet sig i konkrete løsninger**31**, der anvender større dataset** | |
| Hitachi Big Data Lab (sundhed) | Silent City |
| Big Data Viz | Smart Cities Accelerator |
| Big Social Data Analytics | Smart Urban Services |
| CITIES (energi) | Water Smart Cities |
| D-Light | Moving People |
| ECO grid Bornholm | Lightel |
| EnergiLab Nordhavn |  |

*Tabel 7 Oversigt over Smart City/IoT-projekter i hovedstaden, der har udmøntet sig i konkrete løs- ninger32, der anvender større dataset.*

Mens nogle enkelte aktører satser på at opbygge en egentlig forretning omkring åbne data, udtaler andre at de har svært ved at se forretningsmodellen for de åbne datasæt33.

En udfordring i forbindelse med de åbne datasæt er anonymisering af data34. Selvom et datasæt er anonymiseret, kan det i mange tilfælde de-anonymiseres ved en samkøring med andre åbne datasæt. Området forudsætter bistand i form af ak- tører med specialiserede kompetencer, der kan vejlede om anonymisering i forbin- delse med øget dataindsamling samt om de øgede krav, der bør sættes til data- sæt, der stilles åbent til rådighed[34.](#_bookmark13)

Der er i de gennemførte interviews kun fundet få eksempler på anvendelse af data- hub-teknologi. TDC har kørt test med middle layer-teknologi til dataopsamling, men har endnu ikke fundet en optimal løsning. De oplever heller ikke den store efter- spørgsel efter denne type teknologi, formentlig på grund af den silotænkning, der

29 I interviewene nævnes bl.a. Open Data DK (opendata.dk), Open Data Aarhus (odaa.dk) og Open Data København (data.kk.dk).

30 Interview: Aarhus kommune

31 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

32 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

33 Interview: Københavns kommune

34 Interview: Christian Probst, DTU

fortsat præger implementeringen af Smart City/IoT. Københavns Kommune har an- vendt Microsofts Azure IoT Suite, men kun til afprøvning og ikke egentlig drift. Aar- hus Kommune har afprøvet LORIOT-teknologien, men har heller ikke teknologien i drift i forhold til konkrete anvendelser.

Flere interviewpersoner peger på, at de datasæt, der indsamles i Smart City/IoT- projekter, ikke stiller specielle krav til analyseplatformen, hvorfor de etablerede tek- nologier til eksempelvis big data analyse kan anvendes35. TDC har erfaringer med at udføre analyser på store Smart City/IoT-datasæt. Til dette formål er eksisterende værktøjer anvendt, som eksempelvis værktøjer fra Microsoft.

I dette samt de foregående afsnit er hvert af de fire led i datakæden gennemgået. Næste afsnit omhandler de tendenser, der viser sig på tværs af de fire delkompo- nenter i infrastrukturdelen af Smart City/IoT.

### Findings på tværs af datakæden

I forbindelse med kortlægningen af den digitale infrastruktur inden for Smart City/IoT, viste både gennemgangen af rapporter samt interviewdelen af undersø- gelsen en række gennemgående kendetegn for området.

#### Fælles standarder

En spørgeskemaundersøgelse blandt flere kommuner viser, at flere oplever udfor- dringer i form af manglende fælles standarder for at kunne anvende løsninger nati- onalt/internationalt. Dette omfatter emner som datatilgængelighed og –kvalitet, etablering af IT-infrastruktur, der kan opsamle og håndtere data fra mange datakil- der/sensorer, manglende standarder for snitflader og data, afgrænsning af datasæt og håndtering af store mængder data36.

Internationale studier37 peger på lignende problemstillinger. Her nævnes det blandt andet, at data ikke deles og hardware/IT-løsninger inden for forskellige områder ikke kan kommunikere med hinanden og dermed forhindrer, at byernes Smart City/IoT-løsninger kan fungere som en samlet enhed på tværs af institutioner og of- fentlige funktioner. For at opnå dette kræves standarder og fælles protokoller, hvil- ket opleves komplekst og forværres af, at området er i konstant bevægelse.

I Storbritannien har staten støttet udviklingen af standarder inden for IoT med om- kring 50 mio. kr. gennem *HyperCat* initiativet, hvor 40 teknologivirksomheder er gået sammen om at udarbejde en specifikation for fælles standarder vedrørende sikkerhed og interoperabilitet af IoT-løsninger38.

På globalt plan har FN's standardiseringsorgan inden for telekommunikation, ITU-T etableret en fokusgruppe specifikt for Smart City/IoT-området, *Smart Sustainable*

35 Interview: Københavns kommune

36 Spørgeskemaundersøgelse om kommunernes ønske til arbejdet i projektet ”Ud- bredelse af Smart City”/”Nyt Smart City Forum”, KL, 2017

37 Growing Smart Cities in Denmark, Arup, 2016

38 Se endvidere: [http://www.hypercat.io/.](http://www.hypercat.io/)

*Cities*, som har udarbejdet en række tekniske specifikationer, der skal fungere som vejledninger i at integrere smart teknologi i byer39.

#### Udpræget silotankegang

Der ses en overvægt af afprøvninger af Smart City/IoT-løsninger, der udspringer fra de tekniske forvaltninger i kommunerne40. Flere omtaler dog et stort Smart City/IoT-gevinstpotentiale i områder udenfor de tekniske forvaltninger, som eksem- pelvis telemedicin. Interviewpersonerne har dog ikke være bekendt med storskala implementeringer41.

#### Få tekniske krav til Smart City/IoT-løsningerne

Mange oplever, at der kun stilles funktionelle krav til Smart City/IoT-systemerne. Nogle organisationer er nervøse for at træffe beslutninger omkring teknologi, hvil- ket ellers er en forudsætning, hvis der skal stilles tekniske krav til de Smart City/IoT-løsninger, kommunerne indkøber[41.](#_bookmark14)

Aarhus Kommune har etableret et kommunalt LoRaWAN-netværk, men ønsker ikke i fremtiden at stille tekniske krav om, at dette netværk skal anvendes til imple- mentering af kommunens Smart City/IoT-projekter. I Københavns Kommune hjæl- per KoncernIT med at opstille krav, herunder tekniske krav, til løsningerne, men da KoncernIT kun har en rådgivende rolle i forhold til de andre forvaltninger, oplever de, at der bliver indkøbt Smart City/IoT-løsninger primært på baggrund af opfyl- delse af funktionelle krav i de individuelle kommunale forvaltninger.

#### Smart City/IoT-strategi

Få kommuner har formuleret egentlige Smart City/IoT-strategier, og blandt de der har, er det ikke altid, at de enkelte Smart City/IoT-projekter er forankret i strategi- erne. I Københavns Kommune er IoT, herunder Smart City, et af fire strategiske områder udpeget af KoncernIT[40](#_bookmark15). Aarhus Kommune har en strategi for området, der hedder Smart Aarhus. Kalundborg kommune forventer at påbegynde arbejdet med en central Smart City-strategi indenfor et halvt år42.

#### Udfordringer i forhold til persondata og privatliv

Flere interviewpersoner peger på persondata- og privatlivsbeskyttelse som udfor- dringer i deres Smart City-initiativer[40.](#_bookmark15) Der hersker en udpræget usikkerhed om, hvilke grænser den nye persondataforordning opstiller, samt hvilke krav der er til beskyttelse af persondataoplysninger. Mange vælger derfor at anlægge et forsig- tighedsprincip, hvor man slet ikke opsamler og håndterer personhenførbare data i Smart City-systemerne, hvilket begrænser både systemets umiddelbare anven- delse og muligheden for tværgående analyser. Andre steder løses udfordringen ved at få dispensation fra persondataloven, når der køres en afprøvning i en be- grænset periode, hvor alle data efterfølgende slettes[41.](#_bookmark14)

39 Se endvidere: <http://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>

40 Interview: Københavns kommune

41 Interview: Lars Dittmann, DTU

42 Interview: Kalundborg kommune

#### Udfordringer i forhold til sikkerhed

Sikkerhed i sensorlaget udpeges af flere som en udfordring43. I takt med at udbud- det af sensorer til f.eks. LoRaWAN-økosystemet vokser, bliver det udfordrende at evaluere sikkerheden af de enheder, der er på markedet. Der efterlyses derfor en form for certificering, hvor et centralt certificeringsorgan evaluerer blandt andet sik- kerhed i komponenterne44.

Risiko for aflytning, blokering af signal eller indsendelse af falske datapakker på netværket er blandt de sikkerhedsudfordringer, der nævnes. TDC påpeger, at NB- IoT-teknologien anvender samme mekanismer som almindelig mobilkommunika- tion til at beskytte radiokommunikationen.

Det kan imidlertid være svært at vurdere, i hvilket omfang en enhed i fremtiden kan forventes at modtage sikkerhedspatchs indenfor rimelig tid45. Mange komponenter til Smart City/IoT sælges billigt og af mindre selskaber. Det øger risikoen for, at der ikke er indregnet fremtidig patching i komponentens pris eller at selskabet forsvin- der, og der derfor ikke er nogen til at patche komponenten.

En mulighed i den forbindelse er at indkøbe komponenter, der anvender åbne tek- nologier som f.eks. Linux som en sikkerhed for at patches vil være til rådighed[45.](#_bookmark16) Endvidere bør man sikre sig, at enheden kan "fjern-patches" på en sikker måde. Denne problematik vil også kunne indgå i en sikkerhedscertificering.

TDC nævner Device Management Systemer som en central komponent i en Smart City-infrastruktur, hvilket blandt andet vil gøre det muligt at overvåge patchniveau af alle enheder centralt. Ingen kommuner nævner anvendelser af Device Manage- ment Systemer, hvilket kan skyldes, at de fleste systemer kun er etableret i lille skala.

Den risiko, der er forbundet med at kunne indsende falske data, f.eks. falske målin- ger fra en sensor, undervurderes generelt. Det mener lektor ved DTU Christian Probst, der også er en del af det nyopstartede initiativ Smart City Cybersecurity Lab (SCL), der arbejder på at styrke blandt andet kommunernes modenhed inden for datasikkerhed. Selvom målingen ikke umiddelbart er følsom, kan konsekvensen af en falsk måling være stor, hvis det f.eks. bevirker at en lås åbnes eller at en alarm ikke udløses.

En central datahub, hvor datasæt fra mange forskellige kilder opbevares, sammen- stilles og distribueres stiller store krav til sikkerhedsmodellen, da de forskellige da- tasæt ofte vil være belagt med forskellige restriktioner. Denne problematik er dog ikke unik for Smart City-data, men gælder generelt. Interviewpersonerne46 peger derfor på, at der mange steder allerede er etableret teknologier, politikker og orga- nisationer der kan håndtere denne problematik.

43 Interview: Christian Probst, DTU; Kalundborg kommune

44 Interview: SEAS-NVE

45 Interview: Christian Probst, DTU

46 Interview: Københavns kommune

Det påpeges, at netop sikkerhedsaspektet stiller store krav til kompetencerne i den organisation, der implementerer og driver Smart City-løsningerne, og at der fortsat udestår meget arbejde på dette område47. Dette kan formentlig løses med central, specialiseret rådgivning på sikkerhedsområdet48.

Københavns kommune efterlyser standarder for data og adgang til disse. Christian Probst fra DTU betoner risikobetragtninger om sikkerhed som et væsentligt fokus- område. TDC nævner lovgivning og samtykker som væsentligt, ligesom de frem- hæver behov for Smart City-kompetencer i organisationerne fremadrettet, da mange både offentlige og private brugere af data mangler viden og overblik over data, teknologistandarder, muligheder og begrænsninger/risici.

De foregående afsnit har handlet om hvert af de fire led i datakæden samt de ten- denser, der viser sig på tværs af de fire delkomponenter i infrastrukturdelen af Smart City/IoT. Det næste kapitel beskæftiger sig med anvendelsen af reference- data inden for Smart City/IoT.

## Anvendelse af referencedata

Ifølge en undersøgelse udført i Region Hovedstaden i 201749 anvender 35% af virksomheder egne data og beriger dem med eksterne data i forbindelse med udø- velse af deres forretning50. Det tilsvarende tal for kommuner er 50%. Det oplyses endvidere, at 50% af kommunerne kun anvender data i forbindelse med et givent projekt og dermed ikke på tværs af projekter.

Det er muligt at få et indtryk af værdien af at have referencedata til rådighed samt anvendelsen af disse, ved at se på en beregning fra Erhvervs og Byggestyrelsen, der i 2010 beregnede, at udstillingen af de danske adressedata har resulteret i en samlet samfundsøkonomisk gevinst på 471 mio. kr. i perioden 2005 til 200951. I [Ta-](#_bookmark18) [bel 8](#_bookmark18) nedenfor er oplistet forskellige eksempler på brug af referencedata. Listen er ikke udtømmende, men indeholder forskellige eksempler identificeret via desk re- search og interviews.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Type data** | **Kilde** | **Eksempler på anvendelse** |
| Baggrundskort | Kortforsyningen eller kommercielle udby- dere | Visualisering af sensorplaceringer og målinger |
| Adressedata | Danmarks Adresser eller kommercielle geokodere | Optimering af ruter til f.eks. affaldsafhentning el- ler vintervedligehold. Stedfæstelse af hændelser f.eks. i trafikken. |

47 Interview: SEAS-NVE; TDC

48 Interview: Christian Probst, DTU

49 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

50 Dette omfatter formodentlig alle typer data og ikke kun Smart City-relaterede data

51 Analyse af efterspørgsel og markedstendenser inden for offentlige data, Deloitte, 2017

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Vejnet | Kortforsyningen eller kommercielle udby- dere | Optimering af ruter til f.eks. affaldsafhentning el- ler vintervedligehold. |
| Komponenter i forsyningsnet | Forsyningsselskabet | Drift og optimering af forsyningsnettet |
| Topologi af forsyningsnet | Forsyningsselskabet | Drift og optimering af forsyningsnettet |
| Vejrprognoser | Vejrtjenester | Optimering af varmeforsyning eller vintervedlige- hold |
| Bygningsdata | Bygningsejere | Optimal udnyttelse af bygningen. Overvågning af tekniske installationer. |
| Motorregisteret | Skat | Identifikation af modtagere af parkeringsafgifter |

*Tabel 8 Eksempler på brug af referencedata.*

#### Datatyper

En analyse fra Deloitte af efterspørgslen på offentlige data inddrager internationale analyseresultater fra Storbritannien, USA og Norge. I de tre lande identificerer rap- porten fem områder, inden for hvilke der ses en særlig høj grad af efterspørgsel på referencedata. Det drejer sig om geo-, transport-, miljø-, socioøkonomi- og er- hvervsdata.

Hvad angår mængden af offentlige data, så omfatter USA's datahub *Data.gov*

193.000 datasæt, hvoraf 40% af disse, svarende til 100 petabytes, er miljø-/vejr- data. I Storbritannien og Norge findes tilsvarende henholdsvis 42.000 og 6.000 of- fentlige datasæt.

Rapporten identificerer også de væsentligste datatyper i Danmark (rangordnet ef- ter forventet potentiale), som beskrives at være sundheds-, transport-/mobilitets-, energi- og vejrdata. Her vurderes sundhedsområdet specifikt som et område med særlig stor efterspørgsel, men også et med særlig høje barrierer på grund af juridi- ske og tekniske begrænsninger. OIS-data vurderes også som en vigtig kilde.

I de gennemførte interviews kan langt hovedparten af interviewpersonerne ikke umiddelbart pege på løsninger, hvor åbne grunddata indgår i deres Smart City/IoT- løsninger52. De, der bruger grunddata, peger alle på kortdata som anvendes til vi- sualisering af sensorernes placering.

En del løsninger anvender referencedata. Københavns Ejendomme har smart-tek- nologi installeret i en række bygninger, hvorfor bygningsdata i disse systemer fun- gerer som referencedata53. Der omtales også en række løsninger, der omhandler overvågning og optimering af forsyningsnet, hvor referencedata om nettets kompo- nenter og topologi er centrale.

Vejrdata nævnes som referencedata både i forhold til planlægning af vintervedlige- hold af veje og optimering af varmeforsyning.

52 Interview: TDC

53 Interview: Københavns kommune

#### Aftagere af data

De primære aftagervirksomheder for offentlige data er data-/teknologivirksomheder (UK + USA), finansvirksomheder (USA) og rådgivnings-/vidensvirksomheder (UK). I USA udgør vejrdata en væsentlig datakilde for eksempelvis energiselskaber. Data om myndigheders drift og forretningsgange er også i høj kurs hos private virksom- heder i USA, eksempelvis til planlægning af markedsføring overfor offentlige kun- der. Måske lidt overraskende (med udgangspunkt i omfanget af landbrug i USA) er der observeret en lav efterspørgsel på landbrugsdata. Generelt for de tre under- søgte lande udgør aftagervirksomhederne både mindre virksomheder, der baserer deres forretning på offentlige data, samt veletablerede virksomheder, som integre- rer offentlige data i deres ydelser for at tilbyde bedre services til deres kunder eller træffe bedre forretningsbeslutninger.

Fire dominerende forretningsmodeller i aftagervirksomheder er dataprocessering, produktudvikling, udvikling af datainfrastruktur og forretningsanalyser.

#### Barrierer for anvendelse af offentlige data

Deloittes rapport nævner en række barrierer for anvendelse af offentlige data i USA, Storbritannien og Norge. Det drejer sig primært om:

› Varierende datastandarder for forskellige myndigheder, der gør det svært for virksomhederne at samkøre data

› Antallet af dataportaler og indgange er stort, hvilket gør det uoverskueligt at lokalisere relevante data

› Datakvalitet og -formater er svingende, hvilket giver dårlige forudsætninger for at anvende data. Det konkluderes i denne forbindelse, at når offentlige data- sæt har flere dataejere, og dermed flere dataindgange, så falder virksomhe- dernes tillid til dataenes kvalitet og aktualitet.

Undersøgelsen nævner en række danske barrierer for anvendelse af offentlige data, som de opleves af data-aftagerne. For at få et indtryk af spektret af oplevede barrierer, listes de her:

› Manglende vejledning i brugen af offentlige data

› Utilstrækkelige løsninger for distribution af eksisterende data, herunder tekni- ske udfordringer omkring kobling og distribution af forskellige datakilder

› Manglende overblik over relevante offentlige data

› Data er vanskeligt tilgængelige (eksempelvis svære formater og fortolknings- udfordringer)

› Manglende adgang til en række relevante offentlig data, eksempelvis anony- miserede sundhedsdata, energimærker og hydrokort

› Forskellige licensbetingelser for anvendelse af betalingsbelagte offentlige data

› Manglende viden i den offentlige sektor om regler og rammer for at give ad- gang til data på områder, der ikke er omfattet af grunddataaftalen

› Uklare regler for anvendelse af persondata til kommercielle formål

› Uklar definition og fortolkning af rammer for anvendelse af forbrugersamtykke (opt-in, opt-out modeller)

› Manglende viden om behov for cybersikkerhed

I de foregående afsnit er hvert af de fire delkomponenter i infrastrukturdelen af Smart City/IoT blevet kortlagt og anvendelsen af referencedata beskrevet. I det næste kapitel uddybes tre cases, der hver især er udvalgt som eksempler på Smart City/IoT-løsninger, der ikke blot er i opstartsfasen, men allerede i drift.

## Cases

Formålet med dette afsnit er at gå mere i dybden med en række cases, for at opnå større indblik i forholdene omkring de valg, der er truffet med hensyn til blandt an- det referencearkitektur, governance og business case.

De gennemførte interviews har vist, at der på nuværende tidspunkt kun findes få Smart City/IoT-projekter i kommunerne, der har bevæget sig ud over pilotprojekt- stadiet. Det betyder tillige, at der findes lige så få projekter, hvor man har forholdt sig til de nævnte forhold, idet de typisk først adresseres i egentlige storskala-drifts- projekter.

De tre udvalgte cases er kendetegnet ved at være idriftsat i større skala, og grund- laget for implementering af løsningerne hviler på et forretningsmæssigt grundlag. To af de valgte cases er offentlige/halvoffentlige, mens den tredje er en privat virk- somhed, hvis kundegrundlag for en stor dels vedkommende er offentlige kunder. Virksomheden har derigennem opnået en stor indsigt i netop offentlige kunders be- væggrunde og prioriteringer i forhold til de valgte løsninger.

De tre cases er:

› Miljøstyrelsen

› Kamstrup A/S

› SEAS/NVE

### Miljøstyrelsen

Miljøstyrelsen (tidl. Naturstyrelsen) har blandt andet ansvar for overvågning af det danske vandmiljø. I forbindelse med en kraftig udvidelse af overvågningsprogram- met, besluttede Miljøstyrelsen sig i 2012 for at gennemføre en effektivisering og et kvalitetsløft af overvågningen ved at satse på dataopsamling ved hjælp af intelli- gente sensorer og automatisering af dataindsamling og overvågning i et centralt

system. Systemet kaldet *AMO, Automatisk Miljø Overvågning* har været i drift si- den foråret 2014 og indsamler på nuværende tidspunkt data fra ca. 600 miljøsen- sorer placeret over hele Danmark. Sensorerne måler primært vandstand og tempe- ratur, men for en dels vedkommende også surhedsgrad, iltindhold m.m.

AMO-systemet er tænkt som Miljøstyrelsens standardplatform for on-line dataop- samling, hvilket har haft betydning for kravene til løsningen. Løsningen er derfor udviklet specifikt til Miljøstyrelsens krav.

#### Organisation og styring

Miljøstyrelsen har etableret en organisation til varetagelse af support, vedligehold og videreudvikling af AMO bestående af en driftsleder og en lokal repræsentant for hver af de syv geografiske enheder. De overordnede forretningsmæssige retnings- linjer varetages af Miljøstyrelsens Overvågnings Data Arbejdsgruppe, ODA, der har ansvar for digitalisering inden for overvågningsområdet. Lederen af ODA refererer til gruppen med ansvar for det samlede nationale overvågningsprogram, der er for- ankret på vicedirektørniveau i Miljøstyrelsen. ODA fastlægger eksempelvis krav til nye sensor-typer og kommunikationsprotokol for nye måleprogrammer. Den orga- nisatoriske forankring af måleprogram-området afspejler hermed, at indsamlingen af måledata udgør en central del af Miljøstyrelsens forretning.

Sikkerhedsaspektet i forhold til AMO varetages af Miljøstyrelsens digitaliseringsen- hed, mens driften varetages af Statens IT. Miljøstyrelsen har fravalgt at opbygge sit eget kommunikationsnet, og baserer sig i stedet på de kommercielt udbudte mobil- netværk.

#### Strategi

Miljøstyrelsens strategi tager udgangspunkt i et ønske om at standardisere ind- samlingen af måledata – både hvad angår felt-udstyr og den fælles løsning til ind- samling af data. Standardiseringen skal omfatte alle enheder i Miljøstyrelsen. En- delig skal dataindsamlingen automatiseres med henblik på effektivisering.

Miljøstyrelsen har valgt en strategi, hvor man ønsker at have ejerskab til systemet

– dvs. den software, der anvendes til kommunikation med sensorer, lagring, præ- sentation og distribution af måledata. Løsningen består derfor udelukkende af soft- ware, hvor Miljøstyrelsen har en ubegrænset brugsret samt adgang til kildekoden. Dette med henblik på at være leverandøruafhængig, have mulighed for at videre- udvikle løsningen og genanvende dens komponenter efter behov.

Data-infrastrukturen igennem hele kæden har været tænkt ind i kravene til syste- met fra start af. Dette omfatter krav til udvekslingen af data med sensorer, den cen- trale lagring af data, integrationen mod referencedata, distributionen af data samt adgangsstyring. Datadistributionen til slutbrugerne foregår dels via de autoritative systemer for miljødata, Jupiter og Hymer, som AMO integrerer op mod og dels AMO-services.

Miljøstyrelsen drøfter i øjeblikket strategien om ensartede standarder inden for alle forretningsområder, idet man inden for visse forretningsområder må konstatere, at det kan være svært at få opfyldt både de teknisk-faglige krav til måleudstyret og de generelle krav til kommunikationsprotokol med videre. Dette gælder eksempelvis inden for det maritime område, hvor off-shore industrien i høj grad bestemmer

standarderne. Det overvejes derfor om minimumskravet skal være "robuste" proto- koller, som er udbredte, og hvor erfaringen er stor.

#### Brugen af referencedata

AMO anvender en række fagspecifikke referencedata: Stationsdatabasen (måle- stationer) samt Stancode-lister for måleenheder og Stofparametre. Hertil kommer kortdata. Referencedata trækkes via udstillede services fra de pågældende an- svarlige organisationer.

Modsat genererer AMO selv referencedata gennem overførslen af data til de auto- ritative fagsystemer inden for miljøområdet, Jupiter og Hymer. Dette foregår via services udstillet af Jupiter og AMO.

#### Referencearkitektur

AMO er baseret på Miljøstyrelsens arkitekturprincipper, som blandt andet lægger vægt på serviceorienteret arkitektur, anvendelse af Open Source og minimering af proprietær software.

Et af Miljøstyrelsens grundlæggende krav til AMO var, at systemet skulle opbygges med en serviceorienteret arkitektur. Dette omfattede også udstilling af diverse ser- vices for systemets interne komponenter til eksempelvis oprettelse/redigering af sensorer og status på udløste alarmer. Tanken bag dette krav var blandt andet et ønske om at kunne bygge sensorløsninger inden for andre af Miljøstyrelsens for- retningsområder baseret på AMO's komponenter. Det lader dog ikke til, at Miljøsty- relsen har aktuelle planer om at benytte sig af denne mulighed blandt andet på grund af for store forskelle i standarder inden for forretningsområderne.

Kommunikationen med de forskellige typer sensorer er baseret på den industri-ba- serede kommunikationsprotokol MODBUS over TCP/IP på mobil-netværk. Her har Miljøstyrelsen været nødt til at tage udgangspunkt i de pågældende sensor-leve- randørers teknologivalg – blandt andet for at kunne få opfyldt fagtekniske krav til sensorernes målekvalitet og –standard. MODBUS er oprindeligt udviklet omkring 1980 til brug for kommunikation mellem industriens SCADA-systemer og PLC- enheder. Beskederne er ekstremt simple og består af en række læse/skrive-beske- der, der kan læse fra et memory-register eller skrive en værdi i det, hvorudfra sen- sorens logik bestemmer, hvilken funktion der udføres. Der er tale om tovejskommu- nikation, hvor data sendes til AMO, og hvor AMO kan opdatere en række konfigu- rationsparametre i sensoren. På grund af sensorernes placering på svært tilgæn- gelige steder (eksempelvis vandløb) er batterilevetiden væsentlig. Afhængig af hyppigheden af kommunikation mellem AMO og sensorerne kan batterilevetiden være op til fem år.

Problemer med dårlig mobildækning på visse lokaliteter har Miljøstyrelsen klaret ved enten at montere bedre antenner på sensorerne eller ved at skifte mobilabon- nement til en teleoperatør med bedre dækning i området.

Et yderligere arkitekturprincip for AMO er anvendelsen af Danmarks Miljøportals fælles single sign-on løsning til adgangskontrol. Webservices til udstilling af de ind- samlede måledata er ligeledes omfattet af dette sikkerhedssetup. Specifikke sik- kerhedskrav til sensorer var ikke fremtrædende i 2012, hvor kravene til løsningen

blev stillet. Det er vurderingen, at dette aspekt i fremtiden vil indtage en mere væ- sentlig rolle.

Open Source-principperne udmøntes i blandt andet valg af databasesoftware og kortkomponent.

#### Anvendelser

De indsamlede data anvendes primært til løbende opdatering af de autoritative da- tabaser inden for miljøområdet, Jupiter og Hymer, hvorfra offentlige myndigheder anvender data til analyser og redegørelser. Herudover anvendes data lagret i AMO-systemet til overvågning af tilstanden af de danske søer og vandløb, hvilket foregår i regi af de syv lokale enheder under Miljøstyrelsen.

Aktuelt har en række kommuner fået direkte adgang til AMO's dataservices for blandt andet at kunne hente vandstandsdata med henblik på klimavarsling.

#### Bagvedliggende business case

Efter kommunalreformen påbegyndte Miljøstyrelsen (daværende Naturstyrelse) at gennemgå de forskellige vandmiljøovervågningsprogrammer i regioner og på landsplan med henblik på at skabe en ensartet tilgang til overvågningen. To af de væsentlige parametre for arbejdet var for det første at effektivisere processerne i forbindelse med indsamling af data og for det andet at opnå et højere kvalitetsni- veau for måledata.

Der er udarbejdet en business case, som blandt andet ser på reduktionen i antallet af årsværk og udgiftsbesparelser i forbindelse med indsamling af data gennem en automatiseret dataindsamling. I denne forbindelse betragtes AMO ikke kun som et indsamlingssystem, men også et internt servicesystem, der hjælper felt-folkene i planlægningen af deres service-opgaver, idet AMO leverer information om senso- rernes fejltilstand. Standardiseringen af indsamlingssystemet medfører endvidere behov for færre superbrugere, da superbrugerne kun skal supportere ét i stedet for flere systemer.

### Kamstrup A/S

Virksomheden Kamstrup A/S udvikler komplette løsninger til fjernaflæsning af vand, varme og el. Virksomhedens første målere til fjernaflæsning kom på marke- det i 1990'erne, hvor man anvendte en bærbar enhed til at aflæse husstandenes forbrug. Først de seneste 8-10 år er man begyndt at bygge radio-netværk op til fjernaflæsning.

Produktsortimentet omfatter sensorer (målere/meters), datatransmission (Wireless M-Bus) og back end-løsninger til lagring og anvendelse af data. Salget spænder fra rent komponentsalg af målere til totalløsninger bestående af målere, transmis- sion og back end-løsning.

Kamstrups løsninger markedsføres og sælges over hele verden. Løsningerne er implementeret hos en lang række offentlige og private forsyningsselskaber i ind- og udland. Kamstrup besidder derfor stor viden om de offentlige kunders beslutnings- situation i forbindelse med anskaffelse af denne type Smart City-løsninger, ligesom de har dybtgående viden om den tekniske opbygning af løsningerne. På trods af at

Kamstrup repræsenterer leverandørsiden, repræsenterer de derfor også - på spe- cielt den tekniske side – indirekte et stort antal offentlige kunder, hvilket er årsagen til, at de er medtaget i denne sammenhæng.

I Danmark har Kamstrup leveret løsninger, der håndterer fjernaflæsning af varme- og vandmålere for 50.000 husstande. På elmåler-området er de i øjeblikket ved at udrulle en løsning med 1 mio. målere i København.

#### Organisation og styring

Kamstrup leverer som nævnt både sensorer, kommunikationsnetværk og meter- data management systemer. Virksomheden oplever, at forsyningsselskaberne har forskellige politikker for, hvilke områder af deres fjernaflæsningsløsning, de ønsker at varetage selv. Nogle ser sig selv som en ren forsyningsvirksomhed og ønsker eksempelvis ikke selv at opbygge et eget kommunikationsnetværket. Andre ser etableringen af deres eget kommunikationsnetværk som en mulighed for at under- støtte en generel Smart City-infrastruktur. Der er også eksempler på nogle, der lægger sig et sted imellem. I de tilfælde, hvor kunden ikke ønsker at anskaffe et kommunikationsnetværk, er det i Danmark Kamstrup, der står for etablering og drift af dette, mens det i udlandet også kan være en partner, der står for driften (gælder eksempelvis i USA). I disse tilfælde tager Kamstrup sig af at stille antennesites til rådighed og sikre tilstrækkelig netværksdækning. I modsatte fald leverer Kamstrup blot udstyret og kunden står selv for opsætning og drift.

Tilsvarende gør sig gældende for kundens valg af model for driftsorganisationen; enten outsourcer kunden driften til Kamstrup (eller en partner), eller også etablerer kunden selv en organisation. I disse tilfælde er der typisk tale om små organisatio- ner, idet der ikke er store krav til tilgængelighed/oppetid, da man ikke laver realtids- styring baseret på måleraflæsningerne. Erfaringen viser dog, at der stilles noget større krav til ens organisation, eksempelvis hvad angår specialistviden, når man bevæger sig fra et mindre pilotprojekt over i en driftsløsning, hvor blandt andet fejl i datatransmissionen har konsekvenser.

Forretningsområder vil blive omfattet af GDPR (General Data Protection Regula- tion), EU's databeskyttelsesforordning. Kamstrup har derfor iværksat en række pro- duktændringer for at være forberedt på disse krav. På policy-siden findes der end- videre EU-lovgivning på el-området, der foreskriver at elforbruget skal kunne aflæ- ses hvert 15. minut for at understøtte energioptimering og Smart Grid. I Danmark er der kommet konkrete anbefalinger fra Sikkerhedsstyrelsen til Energi-, Forsy- nings- og Klimaministeriet om, at tilsvarende bør gælde for vand- og varmeforsy- ning.

Kamstrups ser fælles standarder/retningslinjer for hele Smart City/IoT-området un- der ét som en udfordring, hvor det vil blive svært at rumme alle Smart City/IoT-løs- ningernes forskelligheder i ét rammeværk. Eksempelvis hvis NB-IoT eller SigFox blev valgt som kommunikationsstandard, så ville anvendelser til Smart Metering- formål lide under dette, da business-casen forudsætter meget lang batterilevetid og hyppig måleraflæsning. Standarder vil dermed kunne få den utilsigtede virkning at begrænse anvendelsen/udbredelsen af IoT inden for visse områder.

For ikke at hæmme udbredelsen og gevinsterne af Smart City/IoT-tiltag, skal stan- darder derfor i givet fald understøtte en meget bred vifte af forskellige business ca- ses. Kamstrup stiller spørgsmål ved, om det giver mening af lave fælles standar- der, når mangfoldigheden er så stor. Som leverandør til et internationalt marked har Kamstrup behov for at kunne standardisere sine egne produkter på tværs af landegrænser, hvilket vil blive væsentligt kompliceret af også at skulle standardi- sere i forhold til en lang række andre Smart City/IoT-produkttyper.

Kamstrup har ikke kendskab til, hvor langt man er gået i andre lande med at for- søge at udstikke fælles retningslinjer og standarder på Smart City/IoT-området. Der, hvor de oplever en art af standardisering, er inden for netværksteknologier så som SigFox, NB-IoT og Wireless M-Bus.

#### Strategi

Kamstrup oplever, at kundernes krav til bestemte infrastrukturteknologier, er styret af, hvorvidt kunden skal være en ren forsyningsvirksomhed, eller de også ønsker at drive en kommunikationsinfrastruktur. Kundernes krav til anvendelsen af måler- data kan også være styrende for valg, afhængigt af faktorer som hvorvidt de kun vil kunne aflæse forbruget i forbindelse med afregning, eller de vil have realtidsmålin- ger af forbruget for aktivt at kunne styre forsyningsnettet.

Efter Kamstrups opfattelse er der er kun få af kunderne, der ser fjernaflæsning som værende en del af en Smart City-tankegang. Nogle forsyningsselskaber har rullet LoRaWan ud i et Smart City-perspektiv og ønsker at fjernaflæsning også kommer ind under dette.

Kamstrups forretningsmodel bygger på salg af komponenter, softwarelicenser og tilhørende services. Datatransmission er en mindre væsentlig del af forretningen. Det forventes, at man i fremtiden vil kunne opbygge en forretning omkring analyse og forædling af de indsamlede data, eller som det udtrykkes fra Kamstrups side: *"For 10 år siden solgte vi målere, nu sælger vi løsninger og snart vil vi sælge data og viden på toppen af dette"*.

#### Referencedata

Brugen af referencedata er ikke særligt udbredt hos Kamstrup, bortset fra kortdata. Der findes eksempler, hvor forsyningsnettets topologi indgår med henblik på opti- mering af kildepladser, pumpestyring og trykstyring. Disse løsninger befinder sig endnu i pilotfasen.

Det vurderes, at brugen af referencedata bliver mere aktuel, når flere begynder at interessere sig for analysedelen. Her er man i øjeblikket på udviklingsstadiet. Der ses dog eksempler, hvor måledata kombineres med andre data for at kunne analy- sere på blandt andet vandbalance, tabsberegninger og lækageanalyser. Kamstrup kan endvidere forestille sig, at kunder vil anvende de indsamlede data til at fore- tage analyser af vandkvalitet og risikoberegninger for forsyningssikkerhed.

Løsningerne anvendes primært til fjernaflæsning af målerdata med henblik på af- regning af forbrug. Fælles platforme/infrastrukturer for forskellige typer data er endnu ikke set. Man laver i stedet integrationer på databaseniveau mellem forskel-

lige infrastrukturer, eksempelvis ved at målerdata indsamles via Kamstrups infra- struktur, mens SRO-data fra vandværket indsamles via en anden. Dette har indtil videre været den mest operationelle tilgang.

Som tidligere nævnt ser Kamstrup et forretningspotentiale i at forædle, analysere og kombinere data. Dette sker dog kun i meget begrænset omfang på nuværende tidspunkt.

#### Referencearkitektur

En løsning består af måler, netværkstransmission og meter datamanagement (lag- ring af data, og integration til afregningssystem og eventuelt analysesystem. På tværs af dette findes blandt andet et sikkerhedslag.

Vandmålere adskiller sig blandt andet fra elmålere ved, at de er batteriforsynede. Da det ofte er tidskrævende at få fysisk adgang til vandmålere, skal batteriet gerne kunne holde 10-15 år, hvilket stiller særlige krav til lavt strømforbrug, også ved transmission af data. Dette er en udfordring for mange IoT-kommunikationstekno- logier så som SigFox, LoRaWAN og NB-IoT, selv om de karakteriseres som low- power-kommunikation. Kamstrup anvender derfor kommunikationsstandarden Wi- reless M-Bus. Til sammenligning kan SigFox sende 1 datapakke à 12 byte pr. døgn ved en batterilevetid på 16 år, hvor Wireless M-bus kan sende datapakker på 20-25 bytes hvert 16. sek. i 16 år. Forskellen i mængden af data har blandt andet betydning for, hvad man kan få ud af data.

Wireless M-Bus bygger på en fælles europæisk standard for måler-systemer. Stan- darden definerer sendefrekvenser (de fri ISM bånd, som eksempelvis SigFox også anvender), sikkerhedslag og struktur af datapakker. Dette betyder blandt andet, at strukturen af datapakkerne er nøje afstemt til kravene til målerdata, og derfor er den ikke velegnet til generelt Smart City-brug. Kamstrup har dog anvendt Wireless M-Bus til andre formål eksempelvis tryksensorer og har i den forbindelse udtrykt trykmålinger ved hjælp af standardstrukturen. Wireless M-Bus ses ikke udbredt som generelt dækkende netværk, men etableres i forbindelse med det enkelte pro- jekt.

Kamstrup har på det seneste udviklet et Sigfox-baseret vandmålerprodukt, som har skabt stor interesse nationalt og internationalt. Derfor ser Kamstrup SigFox som en af de teknologier, der måske kan blive fremtrædende inden for de næste år. Kam- strup står bag et af de første stor-skala SigFox-projekter, hvor 100.000 vandmålere skal sættes op i Antwerpen inden udgangen af 2018. Løsningen omfatter målere og styrede ventiler (fra en anden leverandør), så der kan aflæses forbrug og åb- nes/lukkes for vandet via SigFox-netværket. SigFox-netværket, der dækker Ant- werpen, er leveret af en teknologileverandør.

NB-IoT-teknologien anvendes i dag i en række pilotprojekter i Latinamerika. I Dan- mark laves i øjeblikket tests i samarbejde med TDC. NB-IoT forudses primært at være relevant på el-målerområdet, men teknologien vurderes nøje på grund af de stærke kræfter bag den (TDC, Huawei, Telefonica).

Kamstrup har ingen løsninger baseret på LoRaWAN, hvilket skyldes, at der indtil nu ikke har være efterspørgsel på løsninger med denne teknologi.

Kamstrup forudser, at markedet vil stille krav om målere, der kan kommunikere via forskellige protokoller (så som Wireless M-Bus, SigFox, NB-IoT) for at fremtidssikre deres investering i målere mod netværksteknologier, der ikke overlever på sigt.

Herudover ønsker en del af de kunder, der ikke selv vil anskaffe kommunikations- netværk, at basere sig på eksempelvis SigFox frem for Wireless M-Bus.

At basere måleraflæsning på kommercielle teleselskabers netværk frem for Kam- strups egen netværksteknologi (Wireless M-Bus) giver den specielle problematik, at det kan være svært at opnå den tilstrækkelige netværksdækning i kældre og lig- nende steder. Det skyldes, at teleselskabernes netværks-udbygningsplaner base- res på stor efterspørgsel frem for et bestemt anvendelsesbehov. Endvidere har te- leselskabernes brugere mulighed for at bevæge sig derhen, hvor der er dækning, mens dette ikke er muligt for en fastmonteret måler. Generelt forudses IoT-netvær- kene at komme til at gennemgå samme udvikling som mobil-netværkene har gjort det siden 90'erne, med en stadig udbygning for at give en tilfredsstillende dækning. Meter-datamanagement-løsningen er Kamstrups egen løsning, men dedikerede metering-platforme fra leverandører som IBM og SAP kan også anvendes.

Med hensyn til sikkerhed så har alle målere indbygget datakryptering, så data transmitteres krypteret, og kun kan dekodes med de rette nøgler i backend-syste- met. Kamstrup står således for sikkerheden fra måler til lagring af data centralt.

Målerne kan ikke patches med henblik på at lukke eventuelle sikkerhedshuller, idet der kun anvendes envejskommunikation. Dette fremhæves dog ikke som et afgø- rende problem af kunderne for deres anvendelse af Kamstrups løsninger.

#### Business case

For forsyningsselskaberne bygger business casen på at effektivisere driften. Dels ved at reducere administrationen omkring måleraflæsning, dels gennem mulighe- derne for at optimere udnyttelsen af forsyningsnetværket og produktionsfacilite- terne, og dels minimere omkostningerne i forbindelse med nedbrud på forsynings- nettet.

Kontinuitet i driften af kommunikationsløsningen er vigtig, når løsningen gerne skal have en levetid på 10-15 år. Dette kan man ikke forvente med teknologier fra ek- sempelvis teleselskaber og andre, der leverer transmissionsløsninger på rene mar- kedsvilkår. Disse virksomheder vil ikke forpligte sig til at tilbyde bestemte teknolo- gier så langt ud i fremtiden. Kamstrup ser derfor fordele i at etablere egne netværk, så de er "herre i eget hus".

### SEAS-NVE

SEAS-NVE er en moderne andelsejet energi- og fibernetkoncern med en mission om at være den ansvarlige pioner, der sikrer andelshaverne energi og fibernet54.

SEAS-NVE har arbejdet med Smart City/IoT i ca. syv år. Grundtanken i deres Smart City/IoT-tiltag er at skabe en platform, der på intelligent vis kan indsamle data fra forskellige sensorer i byen og levere de data på en måde, så brugeren kan skabe mening ud af de data.

54 https://[www.seas-nve.dk/om-seas-nve/koncernen/om-seas-nve/hvem-er-vi](http://www.seas-nve.dk/om-seas-nve/koncernen/om-seas-nve/hvem-er-vi)

SEAS-NVE's Smart City/IoT-initiativer har indtil videre primært udmøntet sig i for- skellige pilotprojekter i Svebølle i samarbejde med Kalundborg kommune. Projek- terne i Svebølle er i høj grad fokuseret på afprøvning af sensorer og radioteknologi med det formål at undersøge, hvordan det rent praktisk virker i byrummet. SEAS- NVE ønsker at opbygge erfaring med, hvordan data kan flyde fra sensorer over lange afstande til modtagerudstyr. Der er etableret både LoRaWAN-netværk og WIFI.

Der har været mindre fokus på data-hub- og analyse-delen af datakæden, men der er dog arbejde i gang omkring data-hub med teknologier fra ABB og Microsoft. Initi- ativerne i SEAS-NVE's største teststed, Svebølle, omfatter følgende cases55:

› Parkeringspladser

› Intelligent lysstyring

› Data fra vand, varme og el - ca. 100 sensorer

› Intelligent trafiktælling

› Trafikkamera

› Måling af vandniveau

› Miljøsensorer, der skal registrere luftforurening

› Vejtemperatur

› Mængden af skrald i affaldsbeholdere

› Temperatursensorer i fjernvarmenettet til intelligent optimering af varmevær- kets drift

› Indeklima

Den første fuld-skala Smart City/IoT-løsning, som SEAS-NVE vil udrulle, er i Lol- land Kommune, hvor 7000 ældre gadebelysningsarmaturer skal udskiftes med mo- derne LED-armaturer, der kan styres centralt via et LoRaWAN-netværk, som dæk- ker hele kommunen56.

#### Organisation og styring

SEAS-NVEs Smart City/IoT-initiativer er i disse måneder ved at transitere fra af- prøvninger til første fuld-skala produktionsløsning i Lolland Kommune. SEAS-NVE er derfor efter eget udsagn i "fuld speed" med at etablere egentlige governance-

55 <http://www.ktc.dk/artikel/smart-village-sveboelle-smart-society-loesninger-paa-> landet

56 https://[www.seas-nve.dk/offentlige/nyhedsbrev/nyhedsbreve-2017/septem-](http://www.seas-nve.dk/offentlige/nyhedsbrev/nyhedsbreve-2017/septem-) ber/energibesparelser-finansierer-led-lys-paa-lolland

strukturer for Smart City/IoT-initiativerne og har en forventning om, at arbejdet kan være afsluttet i februar 2018 for herefter at kunne godkendes af koncernledelsen. Arbejdet med governance-strukturen i SEAS-NVE omfatter blandt andet forret- ningsgrundlag, forretningsmodel, etablering af driftsorganisation og kortlægning af de kompetencer, der skal være til rådighed i organisationen.

Med hensyn til kompetencer, ser SEAS-NVE specielt et behov for bred viden om radiokommunikation, og de risici der relaterer sig til det.

#### Strategi

SEAS-NVE har en strategi om at blive operatør på LoRaWAN-netværk, der skal stilles til rådighed på kommercielle vilkår på samme måde som eksempelvis mobil- netværk. Generelt ser SEAS-NVE energidistributions- og forsyningsvirksomheder som IoT-leverandører på linje med teleselskaber, da disse virksomheder har arbej- det med radioteknologi i lige så lang tid som teleoperatørerne.

Initiativerne i Svebølle er ikke ophængt i en egentlig strategi, men er etableret bot- tom-up som mindre afprøvninger med fokus på, hvad der kan lade sig gøre rent teknisk. Kalundborg kommune planlægger at lave status over Svebølle-projekterne om et halv år, hvor erfaringerne fra det arbejde SEAS-NVE og Kalundborg kom- mune har haft, skal danne grundlag for en form for kommunal strategi på Smart City-området57.

#### Referencedata

I Svebølle-projekterne anvendes kortdata som baggrundskort til visualisering af sensorplaceringer. Endvidere anvendes referencedata om fjernevarmenettets kom- ponenter og topologi, som sammenstilles med sensormålinger af frem- og tilbage- løbstemperaturer for derved at optimere fjernvarmeforsyningen. På lidt længere sigt er der planer om også at inddrage vejrdata, vejrprognoser og aktuelle elpriser i optimeringen af fjernvarmeforsyningen.

I Svebølle er der iværksat et forsøg, hvor skoleelevers transport til og fra skole kortlægges med RFID-sensorer for at optimere trafiksikkerheden for eleverne. I dette forsøg er det bevidst fravalgt at koble transportmønstrene til den enkelte elev, for derved at undgå at opsamle personfølsomme data.

#### Referencearkitektur

Der er ikke anvendt en egentlig referencearkitektur i SEAS-NVEs Smart City/IoT- initiativer, men der er stort fokus på åbenhed, sikkerhed og deling af data, hvorfor tilgangen stemmer godt overens med de otte principper i den fællesoffentlige digi- tale arkitektur.

SEAS-NVE henviser til åbenhed i datakæden som definerende for, hvornår et initi- ativ kan kaldes Smart City. De har store installationer af målere og gadelamper, der kommunikerer over lukkede, proprietærnetværk, som de ikke betragter som

57 Interview: Kalundborg kommune

Smart City/IoT-initiativer. Særligt fremhæves den åbenhed der er "indbygget" i Lo- RaWAN-teknologierne, da LoRaWAN styres at en sammenslutning af mange aktø- rer, kaldet LoRa-alliancen.

På datahub- og analyse-delen af datakæden har SEAS-NVE ikke kunne finde eg- nede standarder specifikt til Smart City og anvender derfor proprietærsoftware fra ABB og Microsoft. Der lægges vægt på, at der er åbne snitflader til disse systemer i form at service- eller web-API'er.

SEAS-NVE har stort fokus på sikkerhed og privatlivsbeskyttelse, hvor kompetencer og best practices fra deres drift af proprietærsystemer til eksempelvis elforsyning kan bidrage til Smart City/IoT-initiativerne. Specielt i forhold til at udstille åbne data- sæt, ser de en udfordring i forhold til privatlivsbeskyttelse og anonymisering.

SEAS-NVE påpeger, at det er en udfordring at vurdere sikkerheden i hver enkelt sensor på markedet, da udbuddet af komponenter til LoRaWAN-økosystemet vok- ser hurtigt.

#### Business case

SEAS-NVE kan lave en værditilvækst af de rådata (sensordata) der indsamles. Det er deres forventning, at der kan skabes en forretning omkring de berigede data, enten i samarbejde med kommuner og forsyningsselskaber eller ved videresalg af data.

Som eksempel på denne model nævner SEAS-NVE optimering af fjernvarmeforsy- ningen i Svebølle. Her vil man på sigt etablere et datasæt baseret på sensormålin- ger af frem- og tilbageløbstemperaturer, forbrugsdata, vejrdata, vejrprognoser og aktuelle elpriser, som forventes at kunne optimere fjernvarmeforsyningen væsent- ligt. Gevinsten vil altså i sidste ende komme fra en optimering af driften af fjernvar- meværket.

Kalundborg Kommune forventer, at når/hvis nogle af afprøvningerne i Svebølle skal skaleres op til fuldskala løsninger, vil langt det meste i sidste ende skulle fi- nansieres via den almindelige drift58.

Etablering af LoRaWAN-netværk og LED-gadebelysning i Lolland Kommune er li- geledes finansieret over driftsbudgettet via energibesparelser59.

SEAS-NVE har et samarbejde med Easypark, hvor data fra parkringssensorer an- vendes til at skabe et datasæt, der indeholder prognoser for, om en parkerings- plads er optaget eller ej.

Endvidere forventer SEAS-NVE at kunne sælge adgang til deres LoRaWAN-net- værk på kommercielle vilkår.

58 Interview: Kalundborg kommune

59 https://[www.seas-nve.dk/offentlige/nyhedsbrev/nyhedsbreve-2017/septem-](http://www.seas-nve.dk/offentlige/nyhedsbrev/nyhedsbreve-2017/septem-) ber/energibesparelser-finansierer-led-lys-paa-lolland

De tre cases illustrerer, at Smart City/IoT-løsninger, der har bevæget sig ud over pilotprojekt-fasen har et væsentligt højere modenhedsniveau. Dette gælder i for- hold til det organisatoriske og styringsmæssige. Og det gælder også i forhold til områderne strategi og business case og til dels referencearkitektur. Projekterne har hver især været opmærksomme på problematikker i forhold til deling og anven- delse af data, men dog ikke tænkt det ind i en større tværgående sammenhæng.

Muligvis fordi det ikke har været påkrævet i forhold til de umiddelbare forretnings- behov.

I dette kapitel samt de foregående kapitler er hver af de fire delkomponenter i infra- strukturdelen af Smart City/IoT blevet kortlagt og anvendelsen af referencedata be- skrevet. Der er desuden sat fokus på tre cases, der hver især er udvalgt som ek- sempler på Smart City/IoT-løsninger, der ikke blot er i opstartsfasen, men allerede i drift. Det næste kapitel beskæftiger sig med de barrierer, der igennem undersøgel- sen er identificeret for en ensartet digital infrastruktur.

## Barrierer for ensartet digital infrastruktur

Der er igennem interviewene identificeret en række forhold omkring kommunernes arbejde med Smart City/IoT, som kan udgøre barrierer i forhold til at skabe en ens- artet digital arkitektur på området.

I afsnit 3.1.5 blev en række tværgående forhold i datakæden kortlagt, som efterføl- gende blev udforsket yderligere i afsnit 3.2 og 3.3. I dette afsnit klarlægges de væ- sentligste barrierer, og årsagen til dem udfoldes. De identificerede barrierer knytter sig hver især til de fire led af den datakæde, der tidligere er præsenteret, og som kan ses nedenfor.



Mens nogle barrierer kun knytter sig til et enkelt led, dækker andre flere led i kæ- den og ikke mindst snitfladerne mellem leddene. De identificerede barrierer er:

1. Silotænkning
2. Umodent marked og teknologi
3. Proprietærløsninger
4. Personfølsomme oplysninger
5. Datasikkerhed
6. Manglende kvalitets- og leverancekrav til data

I [Tabel 9](#_bookmark21) nedenfor ses en oversigt over de identificerede barrierer, samt hvordan de hver især knytter sig til de fire led i datakæden.

|  |  |
| --- | --- |
| **Led i datakæde** | **Barrierer for ensartet digital arkitektur** |
| Indsamle data | Silotænkning |
| Umodent marked og teknologi |
| Proprietære løsninger |
| Personfølsomme oplysning |
| Datasikkerhed |
| Sende data | Silotænkning |
| Umodent marked og teknologi |
| Proprietære løsninger |
| Personfølsomme oplysninger |
| Datasikkerhed |
| Lagre, forædle og distribuere data | Silotænkning |
| Umodent marked og teknologi |
| Proprietære løsninger |
| Personfølsomme oplysninger |
| Datasikkerhed |
| Manglende kvalitets- og leverancekrav til data |
| Anvende data | Silotænkning |
| Proprietære løsninger |
| Personfølsomme oplysninger |
| Datasikkerhed |
| Manglende kvalitets- og leverancekrav til data |

*Tabel 9 Oversigt over datakæde og de barrierer, der knytter sig til de enkelte led*

### Silotænkning

Hos de kommuner, der indgår i analysen, centrerer Smart City/IoT-projekterne sig oftest om, hvordan Smart City/IoT kan bruges til at skabe mere ressourceeffektive løsninger, oftest inden for et givent forvaltningsområde.

Kommunernes Smart City/IoT-projekter er typisk forankret i de individuelle forvalt- ninger og ofte kommer investeringerne i området fra de enkelte forvaltninger selv. Investeringen knytter sig til forventningen om, at den på sigt vil vise sig som bespa- relser/optimering for den enkelte forvaltning60.

For en stor del af de kommuner, der indgår i analysen, er de omtalte Smart City/IoT-projekter konkret forankret i de tekniske forvaltninger61. Smart City anven-

60 Interview: Lars Dittmann, DTU

61 Interview: Københavns Kommune; Aarhus Kommune; Kalundborg Kommune; Viborg Kommune

des her som et led i optimeringen af forsyningsområdet. Kommunernes samar- bejdspartnere er derfor også typisk forsyningsselskaber, som i Kalundborg, der har etableret samarbejde med SEAS-NVE omkring en række områder inden for forsy- ningssektoren62.

Kun få interviewpersoner indikerer, at kommunerne har gjort sig overvejelser om de overordnede strategiske rammer for brugen af Smart City/IoT, og om hvordan området integreres i forvaltning af samfundet og udnyttelsen af de fælles ressour- cer. Aarhus Kommune har formuleret strategien Smart Aarhus, som indebærer et samarbejde på tværs af offentlige organisationer, samt på tværs af de kommunale magistrat-afdelinger (Kultur samt Teknik og Miljø). De konkrete igangværende pro- jekter i Aarhus Kommune, der omtales i interviewene, blev imidlertid ikke umiddel- bart beskrevet som et led i denne strategi. Også Københavns Kommune har for- muleret en Smart City-strategi – men heller ikke her blev der umiddelbart præsen- teret en sammenhæng mellem strategien og de konkrete projekter i kommunen, som interviewpersonen omtalte63. I Kalundborg Kommune er der i samarbejde med SEAS-NVE gennemført en række pilotprojekter inden for Smart City/IoT, men kom- munen har først om et halvt år en egentlig strategi på plads for området64.

Det umiddelbare indtryk er, at kommunernes initiativer sker på individuel basis, som nålestik, frem for som en del af en strategi for, hvordan Smart City/IoT kan bi- drage til den overordnede forvaltning af samfundet og udnyttelsen af samfundets ressourcer. Ingen interviewpersoner har berettet om samtænkning af projekter eller erfaringsudveksling på tværs af forvaltninger.

Den udprægede silotænkning inden for området kan gøre det udfordrende at ind- føre tværgående standardiseringer for en ensartet digital infrastruktur. Uden sam- tænkning og koordinering sker investeringerne i udvikling af Smart City/IoT-projek- ter i kommunerne i forskellige retninger eller på tværs – og ofte kun med optime- ring af egen drift for øje. Uden blik for eller erfaring med samarbejde om løsninger på tværs af forvaltninger, er udgangspunktet for en ensretning af de digitale infra- strukturteknologier udfordrende. For med begrænset indsigt og erfaring med tvær- gående løsninger, er der langt mellem de gode eksempler, som en ensartet digital infrastruktur kan bygges videre på.

Silotænkningen resulterer i, at den offentlige sektor indkøber end-to-end-løsninger, hvor det er svært at genbruge og udskifte enkelte infrastrukturkomponenter i løs- ningen. Den manglende interoperabilitet gør det omkostningstungt for den offent- lige sektor at tage ny teknologi i brug og skaber grobund for leverandørafhængig- hed. Det betyder, at staten går glip af en del af de samfundsøkonomiske gevinster ved at kunne anvende Smart City-/IoT-teknologi på tværs af sektorer.

62 Interview: Kalundborg Kommune; SEAS-NVE

63 Interview: Københavns Kommune

64 Interview: Kalundborg Kommune

### Umodent marked og teknologi

Det samlede indtryk fra de gennemførte interviews med kommuner, IT- leverandører og forsyningsvirksomheder er, at der fortsat er langt igen, før Smart City/IoT-løsninger er i drift i kommunerne.

Smart City/IoT-området er stadig ved at finde sine ben. Langt størstedelen af Smart City/IoT-løsningerne er på forsøgsstadiet, hvor målet er at teste forskellige sensorer og afprøve netværk. Ingen af interviewpersonerne nævnte anvendelse af data-hubs65 dedikeret til Smart City/IoT-løsninger, som kan håndtere de store og ofte komplekse mængder data, parre data med forskellige relevante referencedata samt indsamle data fra forskellige typer netværk. Derved mistes muligheden for at kunne tilgå, kombinere og anvende data i beslutningsprocesserne på tværs af sek- torer, hvilket er helt centrale elementer for at kunne få værdi ud af Smart City-/IoT- løsninger.

I rapporten *Growing Smart Cities in Denmark* (Arup, 2016) anføres det, at de nu- værende Smart City-projekter ikke bevæger sig ud over pilot-fasen på grund af kommunernes mangel på færdigheder, viden og tværgående organisationer, der formår at videreudvikle projekterne. Ifølge rapporten sender denne "ubeslutsom- hed" overfor at videreudvikle projekter et signal til teknologi-virksomhederne om, at det er både risikabelt og uforudsigeligt at investere i Smart City-teknologi, hvilket hæmmer den samfundsøkonomiske udvikling.

Stort set ingen af interviewpersonerne kunne pege på Smart City/IoT-løsninger i drift. De få projekter, interviewpersonerne pegede på, var Københavns Kommunes ordning med lysmaster og p-sensorer66 samt Kamstrups projekt med fjernaflæsning af målere67.

Udfordringen er, at Smart City/IoT-området fortsat befinder sig i en tidlig teknologi- udviklingsfase med et fragmenteret marked, hvor det endnu ikke er muligt at af- kode, hvilke teknologier der bør satses på. Eksempelvis nævnes det, at der stadig mangler viden om sensorers kvalitet og sikkerhed68.

Med et så umodent marked og teknologi er det frygten blandt størstedelen af inter- viewpersonerne, at centralt formulerede standarder vil fastholde Smart City/IoT- området i Danmark ét sted, mens verdenen rykker i en anden retning. Flere har i interviewene nævnt, at det ikke bliver de løsninger, vi vælger i Danmark, der bliver afgørende for, hvem der internationalt set vinder kampen om standarder69.

I et internationalt perspektiv er Danmark ikke blandt de lande, der er længst fremme i forhold til den teknologiske udvikling inden for Smart City/IoT. Byer som Moskva, Beijing og Singapore har eksempelvis udviklet avancerede løsninger, der i

65 Som eksempelvis Azure IoT Suite 66 Interview: Københavns Kommune 67 Interview: Kamstrup

68 Interview: Kalundborg Kommune; DTU/CP

69 Interview: Martin Brynskov, Aarhus Universitet; TDC; Lars Dittmann, DTU

omfang og udnyttelse af teknologiernes muligheder langt overgår dem, der anven- des i Danmark, men som ser stort på beskyttelse af individets privatsfære. Der hvor Danmark imidlertid er længere fremme end mange andre lande, er i forhold til at sikre den rette balance mellem smarte løsninger inden for digital infrastruktur og beskyttelse af personfølsomme oplysninger70.

Desuden pointerer flere, at der muligvis slet ikke bør ske en ensretning/standardi- sering. Særligt på netværksniveau understreges det af flere interviewpersoner, at det kan være problematisk med standarder, da forskellige netværk understøtter for- skellige Smart City/IoT-initiativer/løsninger. I stedet for at anvise standarder for de mange forskellige kommunikationsprotokoller, der anvendes, bør det være op til markedskræfterne at udvælge de levedygtige teknologier71.

Et argument for alligevel at tænke i standarder, handler om muligheden for at ens- rette og drage stordriftsfordele af de investeringer, der lægges i at udvikle området. I dag sker der investeringer for milliarder i forskellige systemer inden for eksempel- vis togdrift, beredskab og politi med det fælles formål at opbygge pålidelige og sta- bile systemer. Ved at kanalisere pengene over i en fælles infrastruktur, som både understøtter eksisterende tjenester, men også udvikling af nye tjenester, vil der kunne opnås betydelige samfundsgevinster. Dette forudsætter på nuværende tids- punkt samarbejde mellem kommuner og regioner, hvilket vurderes ikke at være en realistisk løsning. I stedet bør arbejdet overlades til en styrelse eller et udvalg, der kan sætte retning på området72.

### Proprietære løsninger

Flere interviewpersoner beskriver faren for, at kommuner vælger at anvende Smart City/IoT-lignende løsninger, der er udført som proprietære løsninger73. I sådanne løsninger har kommunerne kun adgang til en begrænset del af de data, som ind- samles, og adkomsten til data gør det svært/umuligt at anvende data i andre sam- menhænge. Løsningerne kommer ofte i form af en pakkeløsning, hvor et firma le- verer, monterer og står for selve styring og vedligehold af produkterne. I sådanne tilfælde, vil det ikke være muligt at gennemføre standarder for området, da adgan- gen til systemerne ikke er i kommunale hænder.

### Personfølsomme oplysninger

Der hersker hos både kommuner, forsyningsselskaber samt teknologileverandø- rerne stor usikkerhed i forhold til Smart City/IoT-løsninger, der involverer brugen af personfølsomme data74.

70 Interview: Martin Brynskov, Aarhus Universitet

71 Interview: TDC; Lars Dittmann, DTU

72 Interview: Lars Dittmann, DTU.

73 Interview: Viborg Kommune

74 Interview: TDC; Viborg Kommune; SEAS-NVE

Interviewpersonerne er enige om behovet for et stærkt fokus på persondata og pri- vatliv, men efterlyser standarder og best practices på området75. Martin Brynskov fra Aarhus Universitet76 nævner, at netop Danmark og resten af Skandinavien er meget langt fremme med at skabe smarte byer i balance med privatlivsproblema- tikker. Byer i eksempelvis Kina og Rusland er på mange områder længere fremme rent teknologisk, da hensyn til privatliv ikke prioriteres så højt, og man derfor kan anvende eksempelvis videoovervågning, ansigtsgenkendelse og nummerplade- genkendelse i udpræget grad.

### Datasikkerhed

Det påpeges, at netop sikkerhedsaspektet stiller store krav til kompetencerne i den organisation, der implementerer og driver Smart City/IoT-løsningerne, og at der fortsat udestår meget arbejde på dette område77. Som beskrevet, er der med det øgede udbud af sensorer og LPWAN-teknologier også kommet flere sikkerhedsri- sici. Kommunernes mulighed for selv at sætte sig ind i og evaluere produkter, og de risici, der er forbundet med brugen af dem, er udfordret af den hastige stigning i udbuddet af løsninger. Kommunerne har svært ved at sikre løsninger, der indebæ- rer tilstrækkelig datasikkerhed78. En mulighed for at imødekomme denne udfor- dring er oprettelsen af en central, specialiseret rådgivning på sikkerhedsområdet- enten i form af bistand fra private eller ved oprettelse af en central statslig in- stans79.

### Manglende kvalitets- og leverancekrav til data

Der er bred enighed om, at åbne offentlige data har et værdifuldt potentiale, men det er også bredt anerkendt, at frigørelsen af potentialet forudsætter, at en række barrierer fjernes. Uanset om data skal anvendes kommercielt af private virksomhe- der eller af offentlige myndigheder80.

Mangel på standardisering af data, herunder krav om metadata og beskrivelse af datastruktur, besværliggør ibrugtagning af nye datasæt og kombination af forskel- lige datasæt.

Spredning af datasæt på mange forskellige dataplatforme besværliggør adgangen til data, og forskellige muligheder for at tilgå data (fra manuel datadownload over dataabonnement til online dataservices) forudsætter opbygning af komplicerede data-opdateringsrutiner hos anvenderen for at ajourføre og kombinere datasæt.

Det vil ikke være muligt at drive kommercielle løsninger og driftsløsninger medmin- dre data opfylder faste kvalitetskrav, og leverancesikkerheden garanteres på helt

75 Interview: Aarhus Kommune; Kalundborg Kommune; Københavns Kommune

76 Interview: Martin Brynskov, Aarhus Universitet

77 Interview: SEAS-NVE; TDC

78 Interview: Kalundborg Kommune

79 Interview: Christian Probst, DTU

80 Udbredelse af Smart City løsninger i Danmark, Rambøll December 2017, EVM

almindelige drifts-vilkår (Service Level Agreement). Dette inkluderer også at distri- butionsplatformenes kapacitet kan skaleres til de løbende behov.

## Perspektiver og anbefalinger

Veje mod en styrket dansk digital infrastruktur - Dette afsnit beskæftiger sig med perspektiverne for en central håndtering og koordinering af Smart City/IoT-områ- det. Perspektiverne tager udgangspunkt i kortlægningen og analysen af den digi- tale infrastruktur og anvendelsen af referencedata inden for Smart City/IoT-områ- det, samt barriererne der knytter sig til de enkelte led af datakæden.

Analysen viser, at koordinering, teknisk vejledning og regulering fra centralt hold af en række forhold inden for Digital Infrastruktur under Smart City/IoT-området vil kunne styrke udviklingen af området i Danmark.

[Tabel 11](#_bookmark23) nedenfor giver et overblik over analysens identificerede nøglebarrierer med tilhørende korte problembeskrivelser. Endvidere er barriererne grupperet i tre overordnede områder for handling og fremadrettede anbefalinger.

|  |  |
| --- | --- |
| **Identificerede barrierer** | **Problem beskrivelse** |
| **Silotænkning og manglede interoperabilitet**  1) Silotænkning  6) Manglende kvalitets- og leverancekrav til data | Lukkede snitflader og manglende tilgængelighed  Manglende brug af referencedata/manglende fo- kus på tværgående master data management  Manglende tværgående governance, og mang- lende genbrug af eksisterende infrastruktur |
| **Datasikkerhed og privacy**   1. Personfølsomme oplysninger 2. Datasikkerhed | Stor usikkerhed i forhold til brugen af personføl- somme data. Efterlysning af standarder og best practices på området  Øget udbud af sensorer og LPWAN-teknologier gi- ver flere sikkerhedsrisici, hvilket udfordrer kompe- tencer. |
| **Leverandørafhængighed**   1. Umodent marked og teknologi 2. Proprietærløsninger | Fare for proprietære løsninger, der gør det svært/umuligt at sætte standarder og dermed an- vende data i andre sammenhænge.  Få aktører der er langt og dermed ubalance i for- hold til store globale teknologiejere |

*Tabel 10 Oversigt over nøglebarrierer og problem beskrivelse identificeret i analysen*

Barriererne leder frem mod følgende perspektiver og anbefalinger i forhold til en styrket dansk digital infrastruktur – jævnfør [Tabel 11.](#_bookmark23) Hovedtesen er, at en styrket offentlig central myndighedskoordinering af digital infrastruktur på Smart City/IoT- området i form af forskellige tiltag/perspektiver kan imødekomme de barrierer og udfordringer, der er identificeret i analysen. Tabellen angiver desuden på hvilket ni- veau (Strategi, Organisatorisk, Konceptuelt og Teknisk), de forskellige barrierer kan imødekommes:

|  |  |
| --- | --- |
| **Perspektiver/anbefalinger for**  **dansk digital infrastruktur inden for Smart City/IoT** | **Anbefalingsniveau** |
| A) Udarbejde en tværoffentlig strategi for digital infrastruktur inden for Smart City/IoT | Strategi, Organisatorisk |
| B) Igangsætte tværsektorielt samarbejde om tilgange til datain- frastruktur | Organisatorisk, Konceptuelt, Tek- nisk |
| C) Etablere overblik over arkitekturtilgange inden for Smart City/IoT | Konceptuelt, Teknisk |
| D) Fastlægge standarder og en fælles-offentlig referencearki- tektur for Smart City/IoT-området | Konceptuelt, Teknisk |
| E) Identificere konkrete Smart City/IoT-områder, der kræver særlig indsats for at skabe en fællesoffentlig datainfrastruktur | Teknisk |
| F) Indarbejde Smart City/IoT i forvaltningsdagsordenen | Strategi, Organisatorisk, Koncep- tuelt, Teknisk |

*Tabel 11 Oversigt over mulige centrale tiltag til styrkelse af smart city-området*

### Udarbejde en tværoffentlig strategi for digital infrastruktur inden for Smart City/IoT

Mange af de Smart City/IoT-projekter, der indgår i denne undersøgelse, er enkelt- stående projekter, der ikke har rod i en overordnet strategi. Undtagelserne er blandt andet Københavns Kommune og Aarhus Kommune, der begge har igangsat initiativer, der skal sikre tværgående ideudvikling og koordinering af området. De projekter, interviewpersonerne i undersøgelsen har omtalt i hhv. Aarhus Kommune og Københavns Kommunes blev imidlertid ikke præsenteret som del af en strategi eller som led i et samarbejde med andre forvaltninger. I alt har syv kommuner i Re- gion Hovedstaden formuleret en Smart City/IoT-strategi, mens seks kommuner er i gang81.

Martin Brynskov fra Aarhus Universitet argumenterer for, at tiltag der ligger under eller i forlængelse af en større strategi, har størst effekt. Han påpeger, at det ek- sempelvis i Aarhus Kommune har haft en betydning, at man under overskriften Smart Aarhus har sikret en mere eksplorativ tilgang til Smart City/IoT og blandt an- det har ladet kulturudviklingen drive den digitale logik. Mens Smart City/IoT i mange byer tager udgangspunkt i de enkelte forvaltningers dagsorden, kanaliseres mange af investeringerne i udviklingen af Smart City/IoT i Aarhus til institutioner og organisationer, der i stedet er organiseret omkring en innovations- og datadagsor- den[82.](#_bookmark24)

En tværgående offentlig strategi for digital Smart City/IoT-infrastruktur vil dels kunne bidrage til en større effekt af de iværksatte initiativer og dels sikre at initiati- verne vil kunne udbredes på tværs af kommuner, regioner og stat. Strategien vil bi- drage til en samtænkning af Smart City/IoT-området på tværs af forvaltninger, hvil- ket igen vil bidrage til en optimering af udnyttelsen af de ressourcer, der kanalise- res ind i området.

81 Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

Arbejdet med strategien bør blandt andet forholde sig til emner som fælles data-in- frastruktur, åbne snitflader mellem de enkelte dele af data-kæden, fælles referen- cearkitektur og organisering/governance. Endvidere bør strategien samtænkes i forhold til andre offentlige strategier for etablering af fælles standarder på dataom- rådet, som eksempelvis Datafordeleren og Grunddataprogrammet.

### Igangsætte tværsektorielt samarbejde om tilgange til datainfrastruktur

Indeværende analyse viser, at Smart City/IoT kommer til at udgøre væsentlige da- takilder i fremtiden, hvor data fra sensorer registreres og distribueres via en datain- frastruktur. Det medfører, at områder som lagring, analyse, sammenstilling og di- stribution af data fra en lang række nye datakilder bliver centrale at forholde sig til for at kunne udnytte potentialet i data.

Der må derfor forudses behov for øget fokus på den digitale infrastruktur med hen- blik på at fremme interoperabilitet, leverandøruafhængighed og skalerbarhed på tværs af kommuner, regioner og stat.

Målbilledet for et samarbejde vedrørende datainfrastruktur er at sikre en værdi- kæde fra datafangst til dataanvendelse, hvor den nødvendige harmonisering og standardisering muliggør adgang, sammenstilling og analyse af en mængde for- skelligartede data. Ud over standardisering og harmonisering har flere af interview- personerne peget på områderne omkring datasikkerhed og håndtering af person- følsomme oplysninger, som væsentlige at få fælles retningslinjer for.

Fælles governance-principper vil være en nødvendig forudsætning for etablering og opretholdelse af en ensartet datainfrastruktur, herunder eksempelvis håndtering af nye datatyper, efterlevelse af vedtagne standarder, implementering af ændrede krav og kompatibilitet med øvrige offentlige data-infrastrukturer. Governance-prin- cipperne skal blandt andet skabe:

› Sikkerhed for rammer, så tilgængelighed af data sikres over en længere tids- horisont

› Harmonisering og skaleringsmuligheder, så løsninger kan anvendes på tværs af kommune- og landegrænser

› Tilgængelighed og åbne snitflader, så nye løsninger kan bygges oven på eksi- sterende infrastruktur, hvilket også er en væsentlig forudsætning for leveran- døruafhængighed

› Interoperabilitet, så data kan kombineres på tværs af datakilder for at kunne understøtte nye muligheder inden for eksempelvis advanced analytics og au- tomatisering

Som det fremgår af analysen, er der meget få erfaringer fra eksisterende Smart City/IoT projekter vedr. etablering af governance-principper. Uden for Smart City/IoT-området findes der imidlertid en række eksempler for den del af datakæ- den, der vedrører data-hubs, hvor governance-principper er blevet etableret, og

hvor forretningsprocesser og data er standardiseret i et fælles modellag. GeoDan- mark, Energinet Datahub, Danmarks Statistikbank og Datafordeleren er eksempler på sådanne data-hubs. Sådanne eksempler kan eventuelt tjene som inspirations- kilder i forbindelse med arbejdet med governance inden for Smart City/IoT-områ- det.

For brugerne (kommuner, regioner, stat, virksomheder) skal samarbejdet omkring en fælles datainfrastruktur, gerne resultere i, at det bliver enklere at opstille krav til fremtidige Smart City/IoT løsninger, som sikrer sammenhæng på tværs af forvalt- ninger og administrative niveauer og åbne snitflader mellem de enkelte led i data- forsyningskæden.

### Etablere overblik over arkitekturtilgange inden for Smart City/IoT

Flere interviewpersoner, særligt i kommunerne, gav udtryk for, at de var interesse- ret i at høre om andre kommuners arbejde med arkitektur på Smart City/IoT-områ- det. Det anbefales derfor at skabe et centralt overblik over arkitekturtilgange, gerne med eksempler på konkrete løsninger både på forsøgsstadie og i drift.

Det anbefales at gruppere overblikket efter de otte arkitekturprincipper i den fælles- offentlige digitale arkitektur og yderligere uddybe, hvordan de fælles arkitekturreg- ler håndteres / ikke håndteres i de forskellige tilgange.

I de gennemførte interviews har COWI specielt oplevet efterspørgsel efter informa- tion om:

› Nyeste standarder (AR 2.2)

› Sikkerhed (AR 3.1, AR 4.1, AR 4.2)

› Data-hubs og tværgående brug af åbne offentlige data (AR 2.5, AR 8.1)

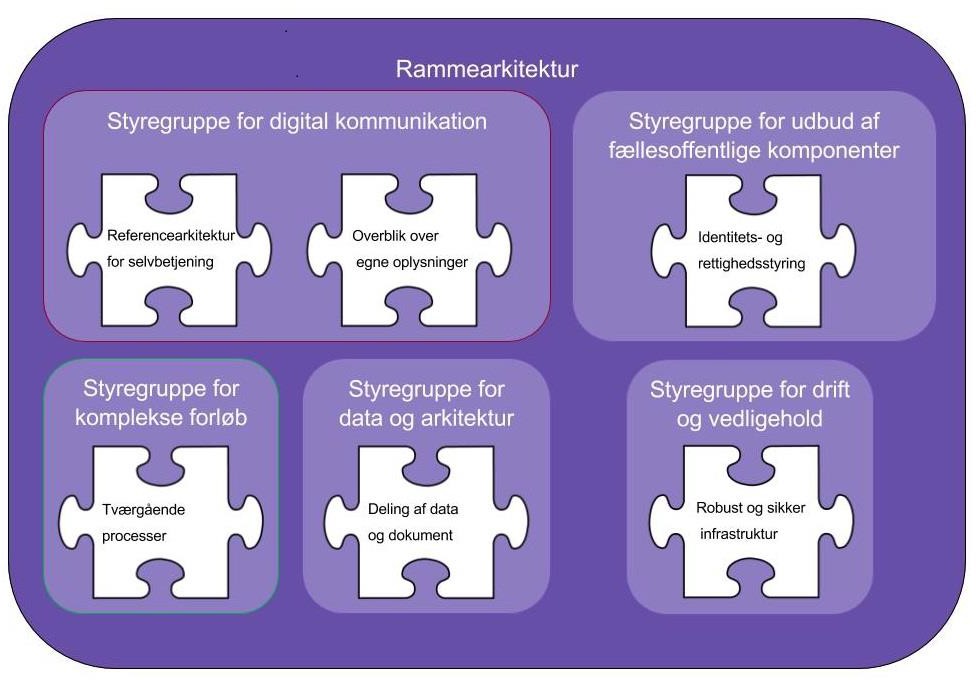
› Brug af referencedata/grunddata (AR 6.1, AR 6.2, AR 6.3, AR 6.4)

AR-numrene henviser til arkitekturreglerne i "Den digitalt sammenhængende of- fentlige sektor – hvidbog om fællesoffentlig digital arkitektur".

Overblikket vil også tjene til at sikre opmærksomhed omkring værdien af et holi- stisk arkitekturperspektiv, så elementer som interoperabilitet, deling og genbrug af data samt leverandøruafhængighed tages i betragtning, også selvom en løsning i første omgang kun skal løse en begrænset opgave.

### Fastlægge standarder og en fælles-offentlig referencearkitektur for Smart City/IoT-området

Der viste sig blandt hovedparten af interviewpersonerne et ønske om, at der fra centralt hold blev fastsat standarder og retningslinjer for datakvalitet, dataudstilling og datasikkerhed i alle led af datakæden. En mulighed er derfor, at der udarbejdes en fællesoffentlig referencearkitektur på området, der kan danne grundlag for of- fentlige Smart City/IoT-løsninger i Danmark.

Referencearkitekturen for Smart City/IoT-området bør organiseres og beskrives på samme måde som de øvrige referencearkitekturer under den fællesoffentlige ram- mearkitektur.

*Figur 1 Aktuelle kandidater til referencearkitekturer i den fællesoffentlige rammearkitektur. Kilde: https://arkitektur.digst.dk/rammearkitektur/introduktion-til-rammearkitekturen*

I interviewene er der udtrykt efterspørgsel efter rammer og vejledning inden for disse områder af rammearkitekturen:

› Identitets- og rettighedsstyring

› Deling af data og dokument

› Robust og sikker infrastruktur

Det forventes at de byggeblokke, der dels findes i den eksisterende referencearki- tektur for fællesoffentlig brugerstyring og dels vil blive beskrevet i kommende refe- rencearkitekturer inden for de øvrige nævnte områder, vil kunne refereres og gen- anvendes i en referencearkitektur for Smart City/IoT-området. En del af arbejdet med denne anbefaling vil være at beskrive, hvordan byggeblokkene i de andre re- ferencearkitekturer udnyttes i en digital infrastruktur for Smart City/IoT.

Et andet initiativ i denne anbefaling vil bestå i at identificere og beskrive de arkitek- tur- og løsningsbyggeblokke, der knytter sig specifikt til Smart City/IoT-området. I de gennemførte interviews har følgende emner blandt andet været nævnt:

› Tekniske krav og specifikationer af sensorer og snitflader til sensorer – både i forhold til sikkerhed og datakvalitet. Ønsket blev formuleret i forlængelse af diskussionen om, hvordan det øgede udbud af teknologier bidrager til udfor- dringer i forhold til datasikkerhed.

› Device management platform til overvågning, administration og patching af en

stor Smart City / IoT udrulning med mange sensorer. Herunder en fælles be- grebsmodel for device management området.

Overordnet set er det dog, som tidligere beskrevet, opfattelsen blandt et flertal af interviewpersonerne, at der for de fleste led i datakæden ikke bør ske en standardi- sering, dog særligt i forhold til netværksniveauet. Opfattelsen bygger på, at forskel- lige netværk understøtter forskellige Smart City-initiativer/løsninger, hvorfor det kan være problematisk at sætte egentlige standarder for disse. En mulighed er at ar- bejde med udarbejdelse af en referencearkitektur for Smart City/IoT-området, der primært beskrives via arkitekturbyggeblokke og snitflader mellem disse, mens det nok er for tidligt at udarbejde egentlige fællesoffentlige løsningsbyggeblokke på dette område.

Den udarbejdede referencearkitektur tænkes anvendt i forbindelse med det anbe- falede strategiarbejde i afsnit 3.5.1, hvor referencearkitekturen bidrager til at defi- nere det mål, der skal arbejdes frem mod.

### Identificere konkrete Smart City/IoT-områder, der kræver særlig indsats for at skabe en fællesoffentlig datainfrastruktur

Etableringen af en fællesoffentlig datainfrastruktur inden for Smart City/IoT-områ- det udgør et omfattende domæne, der strækker sig fra dataindsamling via sensorer over datatransmission til forædling, lagring, distribution og anvendelse af data.

Smart City/IoT-området udvikler sig hastigt og en lang række (pilot-)projekter er al- lerede gennemført. For en dels vedkommende må de tillige forventes at blive vide- reudviklet til egentlige drifts-løsninger inden for kort tid. Dette forhold kalder på en prioritering af de områder af størst betydning for opbygningen af en fælles-offentlig datainfrastruktur, der opfylder de opstillede krav vedrørende eksempelvis interope- rabilitet, leverandøruafhængighed, skalerbarhed og sikkerhed.

Med udgangspunkt i de informationer, der er indsamlet i forbindelse med nærvæ- rende rapport, er data-hubs til lagring, forædling og distribution af data et område, mange mener, der bør prioriteres. Modsat ser området vedrørende data-transmis- sion ud til at være helt styret af markedskræfterne og præget af en række sideord- nede teknologier, hvoraf kun nogle vil overleve på sigt. Det taler for, at området ikke behøves prioriteret lige så højt i offentligt regi.

Et andet område, der i de gennemførte interviews blev anset for at være af høj pri- oritet, er hensynet til sikkerheden og spørgsmålet om, hvordan data, som kan være personhenførbare, skal beskyttes (privacy).

De enkelte led i den overordnede datakæde bør nedbrydes i en række underlig- gende komponenter, for at kunne identificere de specifikke indsatsområder. Aktivi- teterne bør kortlægges forud for prioriteringen af indsatsområderne.

### Indarbejde Smart City/IoT i forvaltningsdagsordenen

Kommunernes tilgang til Smart City/IoT-projekter har i dag meget forskellig karak- ter. Der arbejdes med Smart City/IoT på forskellige niveauer i samfundet samt på tværs af disse niveauer. Det er ikke kun kommunerne, der spiller en rolle i udviklin- gen af byen frem mod smartere løsninger. Regionale, nationale, overnationale samt private organisationer og institutioner er også dybt involveret i udviklingen.

Projekterne kan eksempelvis beskæftige sig med optimering af forsyningsområdet, håndteringen af åbne data, eller de kan indgå som en del af en forvaltningsdagsor- den. I sidstnævnte er målet integrationen af Smart City/IoT i selve forvaltningen af samfundet og de fælles ressourcer gennem en udvikling af myndighedsfunktionen, herunder organiseringen og den strategiske brug af offentlige midler82.

I nærværende undersøgelse har størstedelen af de inddragede interviewpersoner givet udtryk for en Smart City/IoT-tilgang, der primært omhandler håndteringen af åbne data samt optimering af forsyningsområdet, typisk forankret i kommunernes Teknik- og Miljøforvaltninger. Det er også kommet til udtryk ved kommunernes tætte samarbejde på Smart City/IoT-området med netop forsyningsselskaber83 samt teleoperatør(er)84.

Martin Brynskov fra Aarhus Universitet nævner, at Smart City/IoT imidlertid også kan indtænkes som en integreret del af selve forvaltningen af samfundet og de fæl- les ressourcer. Ved en sådan tilgang til Smart City/IoT-området er fokus på udvik- lingen af myndighedsfunktionen, herunder organiseringen og den strategiske brug af offentlige midler85. Det samme påpeger Lars Dittmann fra DTU, der mener, at det ikke bør være op til regioner og kommuner alene at regulere området, da det blot vil resultere i forskellige løsninger, hvor man sandsynligvis vil modarbejde hin- anden.

En mulig tilgang kunne derfor indebære etableringen af et centralt placeret udvalg, der koordinerer, udvikler og kommer med retningslinjer/lovgivning for området på tværs af fagområder. Nedsættelsen af et tværgående (koordinerings-) udvalg ville kunne gøre op med den forvaltningsspecifikke nålestiks-tilgang, ofte drevet af for- syningsselskabernes dagsorden. Forankringen af udviklingen centralt i statsforvalt- ningen vil tillige kunne give området den politiske tyngde, der skal til for at sikre en sammentænkt og koordineret udvikling på tværs af niveauer i samfundet – herun- der kommunalt, regionalt, nationalt og på EU-niveau.

82 Interview: Martin Brynskov, Aarhus Universitet 83 Interview: Kalundborg Kommune; SEAS-NVE 84 Interview: Aarhus Kommune; TDC

85 Interview: Martin Brynskov, Aarhus Universitet

# Appendiks

## Metodebeskrivelse

COWI noterede sig SDFE's ønske om aktiv involvering i processen og mulighed for at få indblik i det udarbejde materiale.

Der blev i tidsplanen planlagt en række workshops og arbejdsmøder mellem SDFE og COWI. SDFE deltog i øvrige udvalgte. COWI oprettede et projektsite for opsam- ling af projektmateriale og udarbejdelse af rapport. SDFE fik adgang til dette pro- jektsite med mulighed for at kommentere direkte i materialet.

#### Overordnet proces

Fase 1: Afklaring og afgrænsning - Projektet startes med en afklarings- og af- grænsningsfase hvor indhold og omfang endeligt fastlægges i samråd med SDFE. I denne fase gennemføres:

› Kick off

› Workshop med SDFE til afklaring og afgrænsning af indhold og omfang af analysen herunder i forhold til delanalysen:

› Identifikation og shortlisting af respondenter der ønskes inddraget i for-

bindelse med indsamling af empiri

› Uddybelse af analysespørgsmål

› Udarbejdelse af disposition for afrapportering (rapport og præsentation) således at afrapportering kan foretages løbende.

› Etablering af projektinfrastruktur bl.a. styringsdokumenter; kontaktlister til re-

spondenter, spørgeguides og skabeloner for interviews og workshops

Fase 2: Indsamling af empiri - Indsamling af empiri gennemføres på tværs af del- analyser med henblik på at effektivisere indsamlingen og undgå at "forstyrre" re- spondenterne mindst muligt. I denne fase gennemføres:

› Desktop-studier

› Information til respondenter og indbydelse til interviews og workshops

› Gennemførelse af interviews og workshops

› Dokumentation af interviews og workshops samt indtastning af observationer i tabeller og skemaer

› Interviews til beskrivelse af cases

Interviews vil enten foregå pr. telefon eller hos respondenten.

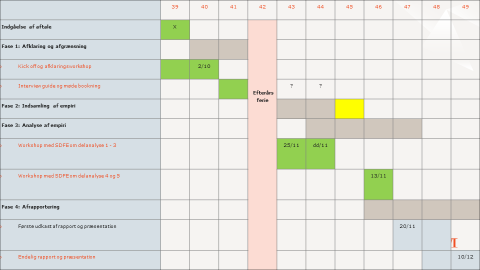
Fase 3: Analyse af empiri - Analysen gennemføres ved kvalitativ og kvantitativ gennemgang af den indsamlede empiri. I tilfælde der er behov for afklaring af op- lysninger samt validering af observationer gennemføres kortfattede supplerende telefoninterviews.

I denne fase inddrages SDFE aktivt som sparringspartner og til drøftelse af resulta- ter herunder i prioritering af analyseemner, dvs. hvilke emner SDFE ønsker speci- elt fokus på i analysen.

Fase 4: Afrapportering - Projektet afsluttes med afrapportering (udarbejdelse af rapport og præsentation baseret på de under fase 1 udarbejde dispositioner). SDFE inddrages til kommentering af rapporteringen.

Afrapporteringen kvalitetssikres i COWI i henhold til vores kvalitetssikringsproce- dure.

**Tidsplan:**



## Interviewliste

Oversigt over interviewpersoner:

› Anders Breinholt, Planlægger inden for Water Smart Cities, HOFOR

› Christian Fosvang, Projeketleder, SEAS-NVE

› Christian Probst, lektor ved Institut for Matematik og Computer Science på DTU og tilknyttet Smart City Cybersecurity-Lab

› Johan Ib Hansen, Projektleder, Kalundborg Kommune

› Lars Dittmann, Professor i Networks Technology and Service Platforms, Insti- tut for Fotonik, DTU

› Martin Brynskov, lektor ved Institut for Kommunikation og Kultur – Informati- onsvidenskab, Aarhus Universitet

› Ricki Korsholm, Heas of Product Management, Kamstrup A/S

› Svend Müller, Segmentchef Power Service, ABB

› Per Larsen, Teknologi- og digitaliseringsdirektør, ABB

› Søren Dall-Hansen, Digitaliseringschef (CDO), Teknik og Miljø, Aarhus Kom- mune

› Søren Nørgaard Madsen, Internet of Things and Smart City Strategist, TDC

› Jesper Kølbæk Faldt, Senior Product Manager, TDC

› Thorkild Vestergaard, Trafikplanlægning, Viborg Kommune

› Torben Liltorp Møller, IoT-arkitekt, Specialkonsulent, IT Arkitektur, Køben- havns Kommune

› Flemming Nørgaard, IT-ansvarlig, Miljøstyrelsen Fyn

› KL, Chefkonsulenter Teknik og Miljø, Camilla Rosenhagen og Digitalisering og borgerbetjening, Kirsten Elsbo

## Litteraturliste

› Analyse af efterspørgsel og markedstendenser inden for offentlige data, Delo- itte, 2017

› Behovsanalyse for et fælles datahub og kompetencecenter. Vejen til styrket digital byudvikling i Greater Copenhagen, Region H, Clean og Gate 21, 2017

› Kortlægning af Hovedstadens Smart City kompetencer og initiativer, Region H, Clean og Gate21, 2017

› Growing Smart Cities in Denmark, Arup, 2016

› Smart City i de danske kommuner – Status og initiativer, CEDI, 2014

› Smart City Infrastrukturanalyse, COWI, 2016

› Spørgeskemaundersøgelse om kommunernes ønske til arbejdet i projektet ”Udbredelse af Smart City”/”Nyt Smart City Forum”, KL, 2017

› Udbredelse af Smart City løsninger i Danmark, Rambøll, december 2017

› Den digitalt sammenhængende offentlige sektor. Hvidbog om fællesoffentlig digital arkitektur, Digitaliseringsstyrelsen, juni 2017