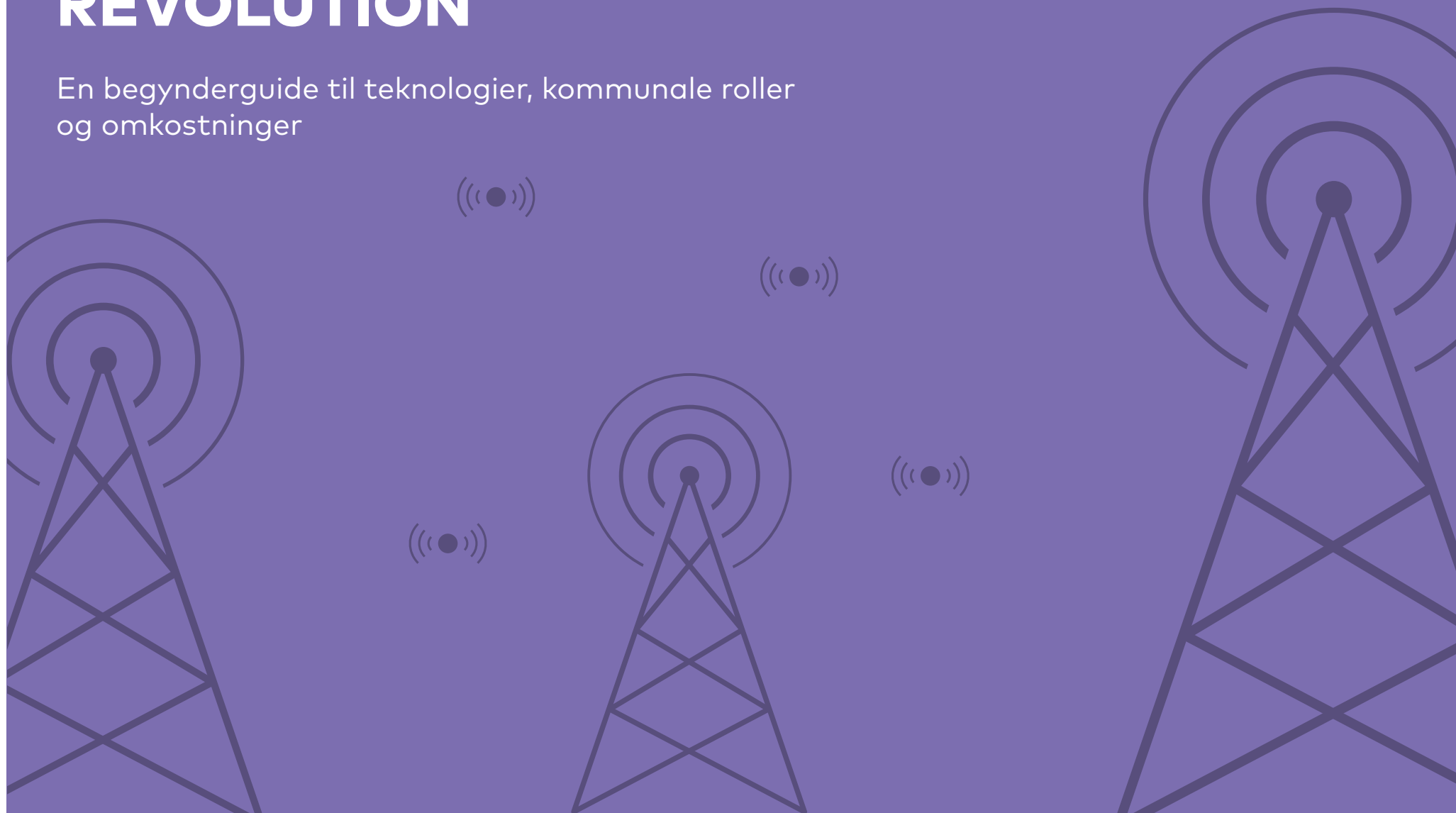


Smalbånd – eller narrowband:

DEN SMALLE DIGITALE REVOLUTION

En begynderguide til teknologier, kommunale roller
og omkostninger



INDHOLD

Tag det første skridt ind i en ny kommunal, digital verden	3
Læseguide og fokus	5
TEKNOLOGI	6
Smalbåndsteknologier – hvad og hvorfor?	6
Det smalle bånd forklaret	8
DIT IOT-ØKOSYSTEM	16
Dataenes vej fra sensor til skrivebord	16
Vejen til kommunens øvrige IT-infrastruktur	19
Roller, ejerskab og drift	21
SIKKERHED, OMKOSTNINGER OG SENSORER	24
Hvor sikkert er mit IoT-smalbåndsnet?	24
Hvad koster mit IoT-smalbåndsnet?	28
Hvordan skal jeg tænke, når jeg vælger IoT-sensorer?	30
Oh no, findes der også andre smalbåndsnet?	32
CASE	33
Sommerhuse på bornholm får bedre affaldsservice - NB-IoT	35
Brugerdreven affaldsindsamling i helsingborg - LoRaWAN	36
Ishøj Forsyning måler vandstande - Sigfox	37
Frederiksberg måler på klimaløsningerne - LoRaWAN	38
Styring af bilpark i Ballerup kommune - LoRaWAN	39
Kamstrup fjern aflæser vand i Antwerpen - Sigfox	41
SEAS-NVE muliggør lysstyring i Lolland kommune - LoRaWAN	42
HVORDAN SKAL JEG VÆLGE?	43
Hvordan skæres din IoT-kage?	44
AFLUTTENDE REFLEKSIONER	47
Kan en kommune give borgerne adgang til smalbåndsinfrastruktur?	47
Kommunens IoT-smalbåndsteknologier i fremtiden	48
SAMMENFATNING	51
Tak til	54



Udgiver **Gate 21**

Redaktion **Karina Huss, Gate21 & Bjørn-Erik Kölsch, DTU**

Udgivet **December 2018**

Layout **Kasper Lavlund Bornø Jensen**

Klar til Smart Vækst er støttet af



**GREATER
COPENHAGEN**



Partnere i Klar til Smart Vækst



TAG DET FØRSTE SKRIDT IND I EN NY KOMMUNAL, DIGITAL VERDEN

Har du en lav båndbredde inden for det digitale univers? Og er du ikke helt sikker på, hvad smalbåndsteknologier er? Godt, for så er du havnet det rette sted. Det vidste vi, der har skrevet denne guide heller ikke, da vi begyndte arbejdet for seks måneder siden. På vores rejse gennem den digitale jungle, er vi blevet bevidste om behovet for at tage et skridt tilbage til et sted, hvor tekniske gennemgange bliver til brugbar viden.

Digitaliseringen og udviklingen af nye løsninger går så hurtigt, at det kan være svært at følge med. Og hvordan skal en kommune forholde sig til nye teknologier? Hvilken rolle har kommunen? Og hvilke omkostninger er der forbundet med de nye teknologier for kommunen? Denne guide er for dig, der arbejder i en kommune – og gerne vil forstå den digitale udvikling, de nye buzz-words og kommunens rolle i den digitale fremtid.


Scenen sættes for fremtidens smalbånd

Der er en smal revolution med brede implikationer i gang. Det engelske ord "Narrow Band" har endnu ikke fundet sin plads i Den Danske Ordbog, så smalbånd er det ord, vi har valgt at kalde det her og nu.


Smalbåndsteknologi er en trådløs løsning, der bruges til at skabe forbindelse til sensorer, målestationer og øvrige Internet of Things-enheder (IoT). De to afgørende fordele med smalbånd er, at rækkevidden er meget lang, og at små datamængder kan overføres med meget lidt strøm. Smalbånd fungerer på flere kilometers afstand mellem en router og din enhed. Med smalbånd kan IoT-enheder køre på batteri i stedet for at være opkoblet til elnettet, hvilket gør det langt lettere at udrulle store mængder IoT-enheder.

Med strømforsyning på batteri kan du pludselig nå længere ud i forhold til kommunens digitaliseringsmuligheder. Du kan nå helt ud i den fjerneste skov uden mobildækning eller fast strømforsyning. Du kan måle nede i kloakken, ude på heden eller langs motorvejen. Med den 'smalle' revolution kan vi opfylde nye behov, skabe bedre service til borgere og bevæge os mod et grønnere samfund. Vi kan opdage, når vandet stiger i åerne, når det er tid til at tømme skraldespanden, dæmpe lyset, flytte køretøjet eller aktivere rottefælden.

Du kan måle hver enkelt husholdnings affaldsbeholder og optimere affaldstømning ved kun at hente, når der er brug for det. Du kan foretage vandkvalitetsmålinger uden køre ud til alle vandløb eller få en alarm på mobilen, hvis vandet stiger. Nye muligheder åbner sig for at måle indeklimaet på alle kommunens skoler og for at få information om, hvordan kommunens parkeringspladser bliver anvendt. Du kan reducere behovet for at bygge nye og dyre p-huse, optimere det trafikale flow gennem byen og dermed reducere trængsel på vejene.



Der er en smal revolution med brede implikationer i gang. De to afgørende fordele med smalbånd er, at rækkevidden er meget lang, og at små datamængder kan overføres med meget lidt strøm.



Internet of Things er forbundne elektroniske enheder, IoT-enheder, der indsamler og udveksler data. Det vil sige, at eksempelvis, køretøjer og husholdningsapparater kan forbindes, samt indsamle og udveksle data.

Indbygget teknologi i enhederne gør, at de kan kommunikere og interagere via internettet, samt overvåges og fjernstyres.

Den her guide fokuserer på 'last mile princippet', og på den nye mulighed for at bruge smalband til at opnå større rækkevidde. Selvom vi her fokuserer på smalband, findes der mange andre typer af netværk med lignende egenskaber - det kan være netværk, der i dag primært bruges indendørs til at styre smarte bygninger eller netværk, der bruges til at kommunikere mellem maskiner indenfor industrien. Forventningen er, at flere typer af netværk vil blive udviklet, og at det er netværk, som du vil kunne bruge både i byen og på heden. De spørgsmål, vi stiller os her, er fundamentale og relevante - også i den nærmeste fremtid, hvor netværkene kan have skiftet navne og teknologi.

Men hvem skal eje og drive denne nye digitale vejbane? Skal kommunerne selv gå ind og eje infrastrukturen? Eller skal vi betale en afgift per måned eller per enhed til nogen, der leverer den service til os? I dag kører mange IoT-løsninger på testbasis, du har måske ti eller hundrede enheder i din kommune. Men indenfor få år er dette sandsynligvis øget til tusindvis, hvor der indsamles rådata, som hjælper dig med at overvåge dine kerneopgaver og træffe vigtige beslutninger. Derfor er det yderst væsentligt at kende helheden, henunder også løsninger til digitaloverførsel eller transmission.

Guide til dig der udvikler og driver kommunale services

Denne guide er til dig, der arbejder med at udvikle den offentlige sektor, men ikke er ekspert på dimser og digitalisering. Måske arbejder du som udvikler i en kommune med fokus på børn, ældre, veje eller affald. Du mærker, at den "digitale arkitektur" begynder at fylde mere og mere. Målet med guiden er at give et uafhængigt og grundlæggende overblik over, hvad du kan bruge netværkene til, hvem der ejer og driver dem, og hvad det koster at bruge dem.

Selvom virkeligheden udvikler sig i et rasende tempo, og trådløse netværk til IoT ser anderledes ud om et til to år, giver vi i denne guide nogle byggeklodser og tankegods, som du kan bruge i fremtiden. For selvom typer af netværk, aktørerne, hastigheden og prisstrukturen ændres løbende, vil du for eksempel stadig have behov for at afsøge, hvem der opsamler, overfører og visualiserer dine data.

Mange kommuner står i dag over for beslutninger om at investere i en IoT-infrastruktur. Derfor vil vi med denne guide skabe vidensdeling på tværs af kommunerne. På den måde kan vi lære af hinandens erfaringer, og den enkelte kommune kan forhåbentligt spare ressourcer på at udvikle smarte løsninger. Baggrunden for guiden er projektet "Klar til Smart Vækst", hvor 23 kommuner har gennemført et kompetenceforløb inden for centrale Smart City-områder med fokus på konkrete udfordringer.

Spørgsmålene vi stiller os er, hvem der skal eje, drifte og operere den nye IoT-smalbandsinfrastruktur?

Efter 25 års offentlig-privat debat om ejerskab, finansiering og demokrati i forbindelse med udrulningen af mobildækning og fibernet, åbner der sig nu et nyt niveau - et ydre lag af den digitale infrastruktur. Hvad er omkostningerne og tidsperspektiverne for de netværk, vi ser i dag? Hvilken

kapacitet har du brug for i din kommunes digitale infrastruktur? Og sidst men ikke mindst så vil kommunens IoT-løsninger helt sikkert køre på mange forskellige netværk, hvordan kan vi som kommune understøtte, at dette hænger sammen?

LÆSEGUIDE OG FOKUS


Du skal ikke fokusere på teknologi – men det gør vi her

Et af de mest åbenlyse, men alligevel svære felter for det bæredygtige digitale samfund, er at holde fokus på at skabe værdi og service til dine borgere. Fokus på hvilket problem du vil løse, på kommunens kerneværdier, på langsigtede mål, og ikke på hvilken teknologi der skal bruges. Denne guide er baseret på denne ide – altså hvordan teknologi bliver din usynlige hjælper, når du skal skabe værdi for kommunens borgere. Men med det sagt, så er denne guide kun rettet mod én teknologi – smalbåndsteknologi - og hvordan den ser ud her og nu i Danmark. Det gør vi, fordi den nye smalbåndsteknologi både er ukendt for mange, og fordi den giver nye muligheder for services rettet mod borgerne.

Vi ønsker, at du skal læse denne guide, når du har en idé om, hvilket problem du vil løse eller hvilken service eller værdi du vil skabe for dine borgere. Vi vil inspirere dig til at have smalbåndsteknologierne på dit mentale mulighedskort - en del af din farvepalette - når du møder din næste udfordring og søger efter mulige løsninger. Vi vil give dig en indgang til et univers, du kommer at høre meget, meget mere om i fremtiden. Vi ønsker, at du bliver en klogere, mere kræsen og åben udviklingspartner, som hverken er en overbegeistret salgstaler eller en nej-siger, fordi du ikke forstår teknologien.

Fra den teknologiske skabelon til virkeligheden

Der findes flere virksomheder, der udbyder protokoller til kommunikation på smalbåndsnetværk. I denne guide har vi valgt at fokusere på de tre største spillere her og nu i Danmark: NarrowBand-LoT, Sigfox og LoRaWAN. De tre netværk er udvalgt, fordi de er de mest væsentlige alternativer for kommunen i Danmark i efteråret 2018. Denne guide tager dig med på en rejse, der skal brede din båndbredde ud. Du får et overblik over de teknologiske aspekter ved netværkene, hvad er fælles for dem og hvad adskiller dem. Vi gennemgår, hvad der sker, når din data passerer fra sensor over netværket til dit skrivebord. Vi giver dig en ramme for, hvordan du skal tænke omkring sikkerhed, omkostninger og valg af sensorer. Derefter gennemgår vi forskellige modeller for at eje og drive smalbåndsløsninger. Hvilken model, du vælger, afhænger af, hvor mange ressourcer du selv råder over til at udbygge, vedligeholde, optimere og drifte et netværk. Vi runder af med nogle eksempler på smalbåndsløsninger i brug i det virkelige liv og med en diskussion om borgeradgang og fremtiden for teknologierne.



Vi har valgt at fokusere på NarrowBand-LoT, Sigfox og LoRaWAN, da det er de tre mest væsentlige smalbåndsløsninger for kommunen i Danmark i efteråret 2018.

TEKNOLOGI

SMALBÅNDSTEKNOLOGIER – HVAD OG HVORFOR?

Du har måske hørt, at billeder, tale og lyd i det digitale univers er nuller og ettere, når de sendes og oversættes igen til et forståeligt format og når dig. Men har du nogensinde tænkt over, at disse nuller og ettere transporteres enten i et kabel eller trådløst gennem radiobølger? Hvis svaret er ja, har du så nogensinde tænkt over, hvilken trådløs teknologi det er?

Blåtand spiser strøm

Når du kobler din mobil op med din Bluetooth-højtaler derhjemme, begynder de to enheder at dele data. Til det bruges en trådløs transmissionsløsning, et digitalt netværk, en særskilt protokol (Bluetooth), der giver genkendelighed mellem din mobil og din højtaler. Bluetooth er en radiofrekvens, som din mobiludvikler og højtalerleverandør er blevet enige om. Det giver god musik.

Vores eksisterende digitale netværk som Ethernet, Wi-Fi og mobilteknologier (2/3/4G) er gode måder at overføre data på. Dem har kommunen brugt til IoT-enheder, sensorer og routere, der eksempelvis måler indeklima i skolerne, giver adgang til internet for borgere på biblioteket og slår alarmen til på ældreplejen. Det er afprøvede kommunikationsteknologier, der er gode til at overføre store datamængder nu og her. Men de bruger meget strøm. Netværkene bruger "brede" digitale overførsler, der fungerer godt på kortere afstande, og hvor du har adgang til elnettet. Tænk Bluetooth-scenariet derhjemme. Du har dine højttaler koblet til elnettet og oplader din mobil mindst én gang om dagen.

Low Power Wide Area Networks

Internationalt går smalbandsteknologierne - eller narrowband-teknologierne - under termen Low Power Wide Area Networks (LPWAN). Et LPWAN-netværk har en kraftig begrænsning i den datamængde, der kan sendes. LPWAN-netværkene kan altså ikke bruges til at overføre større datamængder, som eksempelvis at streamer musik, men de har en stor fordel, da IoT-enheden, som eksempelvis vandmåleren, ikke behøver være koblet på elnettet (low power).

Den lave kapacitet, der bruges til at overføre data, giver sensorernes batteri en lang levetid på op til mere end ti år og gør, at dataene kan transporteres over lange afstande (wide area). Selvom den datamængde, der kan overføres på smalband, er langt mindre end den mængde, vi kender fra vores bredbandsforbindelser, kan netværket fint løfte opgaven med at indhente de simple data, som sensorer typisk genererer. Det åbner op for nye digitaliseringsmuligheder i vores byer med opkoblede enheder (IoT), som ikke behøver strømforsyning eller hyppig udskiftning af batterier.



Indenfor IT-verdenen defineres "protokol" som regler, der muliggør udveksling af data mellem forskellige enheder. En protokol kan være et patenteret produkt koblet til en virksomhed. Andre protokoller er åbne og ligger klar til brug. Bluetooth protokol- len blev udviklet af blandt andet svenske Ericsson i Bluetooth Special Interest Group (SIG). I 1999 valgte SIG at udgive Bluetooth-specifikationerne til fri anvendelse på markedet. Følgelig har milliarder produkter brugt protokollen til trådløs kommunikation. Bluetooth er optimalt for høj dataoverførsel over korte afstande.

Lavere investeringsomkostninger

Den gode historie er, at vi ikke behøver udrulle de brede netværksforbindelser som Ethernet, Wi-Fi eller mobilt netværk, da de for nogle situationer er unødvendigt store og kraftige løsninger. Smalbåndsteknologier er relativt billige at installere og uden omfattende infrastrukturinvesteringer.

Vi behøver altså ikke overinvestere i digital kapacitet. Eller for at bruge en metafor fra den asfalterede verden - vi behøver ikke at anlægge en motorvej, hvis den foretrukne transportform er cyklen. Men selvom cykelstien er en mindre infrastrukturinvestering end motorvejen, skal stien stadig vedligeholdes og være brugervenlig. Den skal rengøres for buske og træer, saltes, og nye lyskryds og trafikskilte skal installeres. Hvem skal anlægge og drifte din nye cykelsti, og hvem har ansvar for at integrere den med de eksisterende lyskryds?

En af hovedpointerne i denne guide er, at kommunen selv skal sørge for at have adgang til deres kommende IoT-data og gøre det muligt at integrere dem med den øvrige digitale infrastruktur. Derfor vil vi med denne guide give nogle teknologiske basisfakta, vi synes, du har brug for. Vi vil åbne døren for, hvem der ejer og driver de forskellige smalbåndsnetværk, se hvor langt andre kommuner er kommet, og hvordan de arbejder med LPWAN-teknologierne.

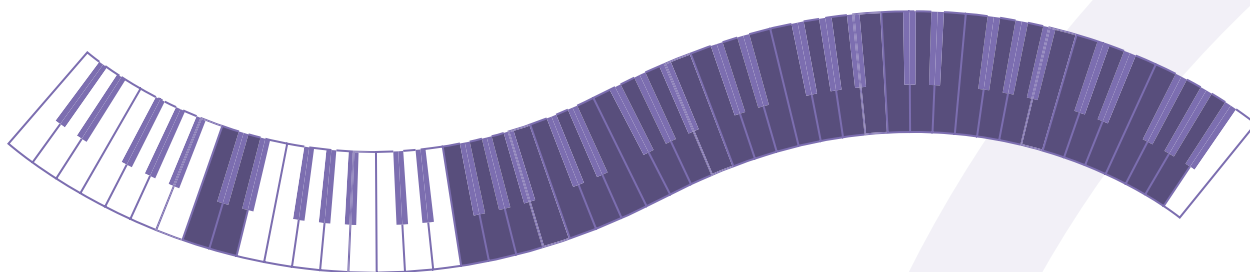
Vi behøver altså ikke overinvestere i digital kapacitet. Eller for at bruge en metafor fra den asfalterede verden - vi behøver ikke at anlægge en motorvej, hvis den foretrukne transportform er cyklen.

DET SMALLE BÅND FORKLARET

Hvorfor bliver det så kaldt smalbånd? Hvad er det specielle ved smalbåndstransmissioner sammenlignet med andre trådløse teknologier? I denne del giver vi dig et uvidenskabeligt blik på det smalle bånd.

Smalbånd, eller narrowband på engelsk, er ikke et særlig veldefineret begreb, og det bruges også lidt forskelligt af fagfolk. I hverdagen kan begrebet bruges til netværk, der kan sendes små mængder data modsat bredbånd, der kan sende store mængder data.

Der findes også en teknisk begrundelse til begrebet smalbånd. Når vi taler om bredden på et bånd, som for eksempel smalbånd eller bredbånd, refererer vi til, hvor stort radiospektrum der bruges til kommunikationen. Det korte og simplificerede svar på, hvorfor det kaldes smalbånd, er, at "antallet" af bånd, der bruges inden for et vist radiospektrum eller frekvensområde til at overføre data, er mindre (smallere) for smalbånd end bredbånd. Man kan bruge metaforen med et klaver, hvor du bruger færre tangenter – eller mindre frekvensvariation på frekvensbåndet - når der sendes data. Derfor smalbånd.



Det korte og simplificerede svar på, hvorfor det kaldes smalbånd, er, at "antallet" af bånd, der bruges indenfor et vist radiospektrum eller frekvensområde til at overføre data er mindre (smallere) for smalbånd end bredbånd

Overordnet set går verdens frekvensbånd fra en Hz til 100 GHz (eller uendeligt). Dele af båndet er beskyttet til brug af for eksempel militær og udrykningskøretøjer, og igen er andre dele forbeholdt teleselskaberne (lukkede bånd). Men en del af disse frekvensbånd er til gengæld åbne. Sigfox og LoRaWAN bruger en del af det åbne bånd mellem 863-879 MHz til at kommunikere på. Selvom det givne bånd er åbent, er der begrænsninger i forhold til international lovgivning. Den europæiske telemyndighed, ETSI, styrer over lovgivning på hyppighed og effekt på transmissionerne. Lovgivningens formål er at mindske forstyrrelser af radiofrekvenserne, når flere systemer/enheder deler frekvensen. Det er ikke hvilket frekvensbånd, men hvor stort frekvensområde (kHz eller MHz) der bruges til at overføre data, der afgør om et netværk er smalt eller bredt. LoRaWAN bruger et radiospektrum på 125 kHz til at overføre data, Sigfox anvender et radiospektrum på 192 kHz af frekvensbåndet, mens hver transmission kun fylder 100 Hz. På NB-IoT afhænger båndbredden af om man kører på inband eller guard band (180 kHz inband/200 kHz guard band). TDC bruger guard band.

Hvis vi sammenligner med den kommunikationsforbindelse din telefon bruger - eksempelvis 4G - er der en markant forskel. For 4G bruges et frekvensområde på omkring 20MHz, hvilket muliggør store datatyper som billede, lyd og film. Sammenlignet med for eksempel LoRaWAN er det 160 gange større. Udtrykt anderledes - 4G kan sende 160 gange flere data på en radiokanal indenfor samme tidsperiode. 4G og WiFi har de samme datahastigheder som det, vi kalder bredbånd, og derfor vælger vi at kalde disse energieffektive men langsomme narrowband radioteknologier for smalbånd. Sigfox anvender en simpel form for modulation, der har den fordel, at signalerne bliver meget robuste overfor forstyrrelser.

LoRaWAN bruger en mere avanceret modulationsform, der giver mulighed for større datamængder og mulighed for at skrue op og ned for overførsler i netværket, men som også kan være mere følsom overfor forstyrrelser. NB-IoT kører på licenserede bånd, og er derfor lukkede til en særskilt udbyder, og kommer ikke i konflikt med andre netværk. I øvrigt er der ingen begrænsninger på, hvor meget båndbredde du må bruge.

At sende radiobølger (data) på et smalt bånd kræver en relativ simpel radioteknologi, som dermed giver billige og batterieffektive komponenter med lang sende-afstand. Til gengæld er den datamængde, der kan overføres på det smalle bånd lav. Smalbånds fordel er derimod, at den kan sende på meget større afstande.

Et første blik på Sigfox, NarrowBand IoT og LoRaWAN

Denne guide fokuserer på tre typer af IoT-smalbåndsteknologier: NarrowBand-IoT, Sigfox og LoRaWAN. Herunder får du et første blik på de tre transmissionsløsninger hver især; aktørerne bag ved netværkene og hvor langt de er på markedet.

NarrowBand-IoT (NB-IoT)

NB-IoT udrulles i Danmark i 2018, og er teleselskabernes bud på en smalbåndsteknologi. NB-IoT opererer på traditionelle mobilnetværksfrekvenser - eksempelvis LTE/4G. Det kræver licens fra staten, og derfor er det kun teleselskaberne, der arbejder på at implementere netværk baseret på NB-IoT. I Danmark har 3, TDC, Telia og Telenor mulighed for at udbyde NB-IoT. Standarden blev lanceret i juni 2016 af mobilbranchens internationale standardorganisation 3GPP. Den baserer sig på teleselskabernes eksisterende infrastruktur - nemlig mobilnetværket - og den forventede forretningsmodel vil nok ligne teleselskabernes eksisterende tilbud. Det vil sige, at du mod betaling af et månedligt abonnement får et sim-kort, der puttes i sensoren. Dermed kan sensoren sende beskeder og data via mobilnetværket.

Sigfox

Sigfox er en fransk teknologi fra firmaet af samme navn skabt i 2009. Sigfox anvender lokale netværksoperatører i forskellige lande. Det betyder, at du skal samarbejde med den specifikke Sigfox netværksoperatør (SNO) i dit land. Din SNO installerer og opererer netværket. I Danmark er det sat op og drevet af virksomheden IoT Denmark, som lancerede netværket i Danmark i januar

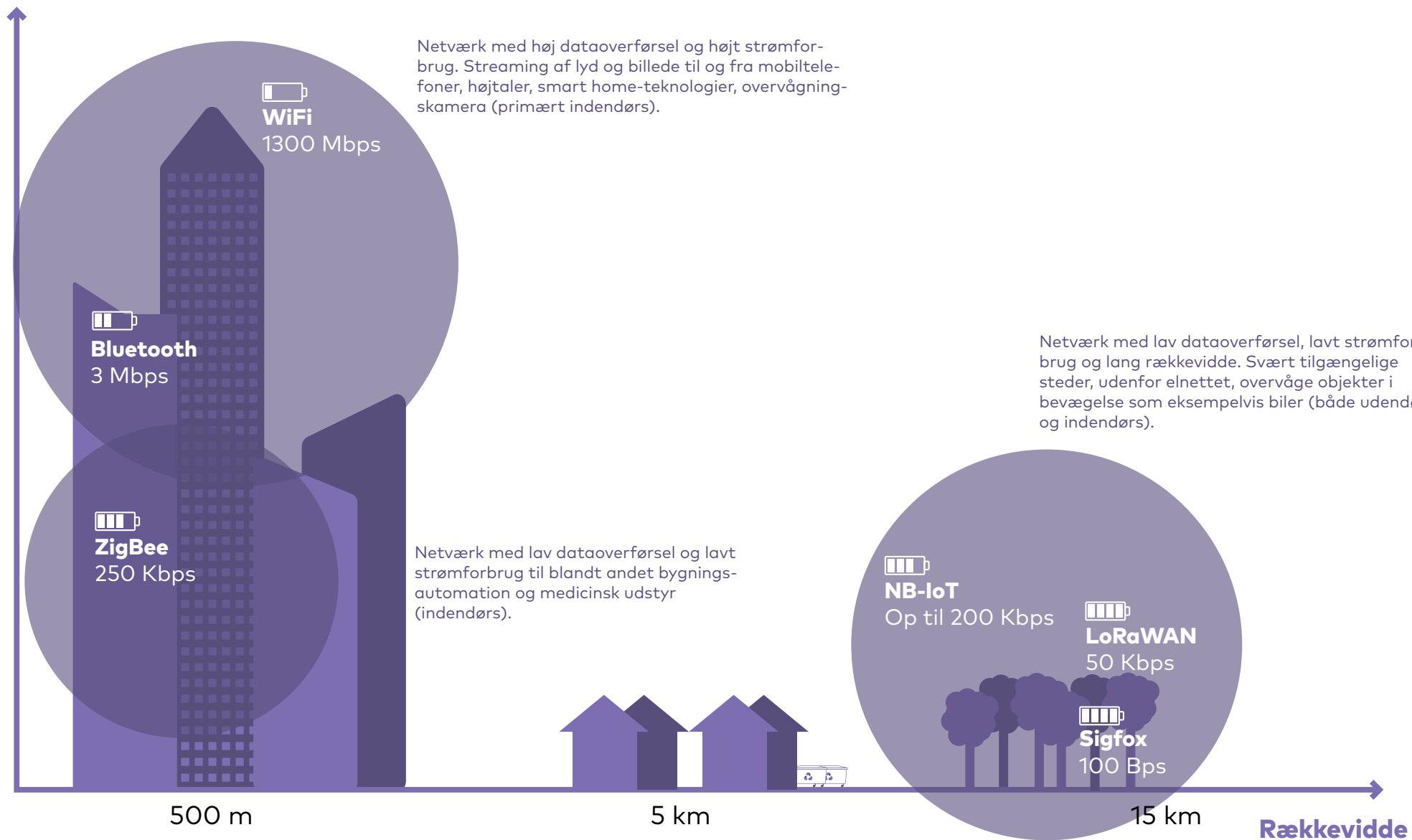
2017. Til forskel fra NB-IoT opererer Sigfox i et åbent frekvensbånd, hvor der ikke skal gives licens af staten til at etablere et netværk. Teknologi, back-end og netværk er udviklet af Sigfox, hvor de enkelte Sigfox netværksoperatører kan tilbyde forskellige services. Ligesom med din mobiltelefon, skal du have et abonnement for at benytte netværket. Du køber adgang til netværket via et abonnement per IoT-enhed, og data stilles til rådighed fra Sigfox's servere kaldet Sigfox Backend. Sigfox eksisterer i 53 lande, og der er fri roaming på tværs af landegrænser. Globalt findes der i dag mere end 3,5 millioner IoT-enheder opkoblet på det globale Sigfox IoT-netværk. Løsningerne anvendes blandt andet af kommuner og forsyning indenfor alarmering, transport og logistik.

LoRaWAN

LoRaWAN er udviklet af LoRa Alliance, der er en forening med over 500 medlemmer, som samarbejder og deler erfaringer omkring standarden. LoRaWAN er en mere åben netværksprotokol, der baserer sig på hardware fra elektronikproducenten Semtech og få udvalgte partnere, der producerer LoRa-chips. LoRa står for Long Range, og er en metode til at ændre eller modulere med en radiobølge for at sende information. LoRaWAN er den protokol medlemmerne af LoRa Alliance er blevet enige om. I denne guide henvises til protokollen LoRaWAN, når vi omtaler LoRa-netværket. LoRa er open source, det vil sige, at alle kan bygge deres egne netværksservere og gateways og selv etablere et LoRa-netværk. Derfor kan der være flere private eller offentlige netværk i et område. Det kan være meget lokalt - på en fabrik eller i en skole - eller i større skala i eksempelvis en by, en region eller endda nationalt. Virksomheder i Danmark, som ejer og driver netværk i dag er eksempelvis Teracom og SEAS-NVE. Her indgås et abonnement eller en serviceaftale, hvorefter netværket får karakter af en service på samme måde som med Sigfox og NB-IoT. Nogle kommuner ejer også egne netværk. Netværket bruges blandt andet til måling af indeklimateperatur, vandniveauer og GPS.

Smalbånd sammenlignet med andre trådløse, digitale netværk

Hastighed



Batteritid, roaming og tovejskommunikation

– vigtige aspekter ved teknologien

Vi har samlet nogle af de spørgsmål, der typisk stilles i forhold til smalbandsteknologi; Hvad skal jeg tænke på i forhold til batteritid? Kan man bruge netværkene inde i en bygning og under jorden? Kan jeg sende data tilbage til min IoT-enhed? Bits og kilobyte – hvordan skal jeg forstå mængden af data? Kan jeg roame på mit smalbandsnet?

Hvad skal jeg tænke på i forhold til batteritid?

Smalbandsteknologier gør det muligt at sende meget små datamængder over lange afstande med lavt strømforbrug. Det lave strømforbrug gør det muligt at måle og monitorere IoT-enheder på steder, hvor der ikke er elnet til rådighed - for eksempel i kloaker, på cykler, i biler eller i skraldespande, da enhederne kan køre på batteri.

Batteriers levetid på enheden er især afhængig af behovet for kommunikation til og fra enheden. Hvis enheden er i dvale og kun sender små datapakker engang imellem, kan den leve længe. Hvis den omvendt hele tiden lytter efter signaler og sender data ofte, er batterilevetiden kortere. Et dårligt signal/dækning på dit netværk kan betyde, at din IoT-enhed hele tiden søger signal og hurtigt bruger dit batteri. Med Sigfox er teknologien sat op til kun at lytte, når beskeder bliver sendt.

Den oplyste batterilevetid fra producenter og udbydere kan ikke altid tages for gode varer. Smalbandsteknologierne er meget nye, og de levetider, producenter reklamerer med på op til ti år, har endnu ikke kunnet demonstreres i virkeligheden. Casestudier viser batterilevetider ned til tre måneder.

Det er derfor vigtigt at overveje, hvor tilgængelige ens batteridrevne enheder er. Det er nemmere at sætte strøm til end at skifte batterier på sensorer, som er placeret utilgængeligt oppe i lygtepæle, under jorden eller inde i private boliger.

Kan man bruge netværkene inde i en bygning og under jorden?

Radiosignalet fra smalbandsteknologier trænger igennem bygninger og under jorden. Men alle radioteknologier har dæmpet signalstyrke, når teknologien skal anvendes inde i bygninger og under jorden (indtrængningstab). Dette er især udtalt ved nyere, klimasikrede bygninger.

Grundlæggende for radiobølger er, at jo lavere frekvensbåndet er, jo mindre er tabet. Så generelt har smalbandene nemmere vej gennem byernes mylder af konstruktioner. IoT Denmark vurderer, at Sigfox-netværket har fuld dækningsgrad (99,7 procent) udendørs i hele Danmark, mens dækningsgraden indendørs er 87,2 procent. Intet netværk trænger igennem jern eller anden konstruktion, hvor der er metal hele vejen rundt.

Sigfox og LoRaWAN har mindre gateways/basestationer til indendørs brug, der kan opstilles tæt på, hvor man ønsker et stærkere signal for eksempel ved en skole, kloakanlæg eller privatbolig. Vær opmærksom på, at det kan medføre en meromkostning i forhold til den oprindelige beregning.

Kan jeg sende data tilbage til min IoT-enhed?

I smalbåndsteknologier taler man om to retninger af datakommunikation. Data der uploades fra IoT-enhed (uplink), og data der sendes ud til IoT-enhed (downlink). Hvis en enhed kun uploader data, er der tale om envejskommunikation. For at kommunikere med en enhed, skal tovejskommunikation være muligt - såkaldt dublex.

Kort om dublex på de forskellige netværk;

- **Sigfox:** Meget begrænset mulighed
- **LoRaWAN:** Markant bedre mulighed
- **NB-IoT:** Bedste mulighed

Det er vigtigt at tænke på, hvor meget information du har brug for at sende tilbage til din IoT-enhed. Hvis du har behov for at aktivere noget ude i byen som for eksempel at åbne en ventil, tænde en kontakt eller slukke en lampe, så er muligheden for tovejskommunikation vigtig. Tovejskommunikation bruges også til softwareopdateringer af din IoT-enhed. De konkrete teknologier understøtter kun i varierende grad downlink.

En IoT-enhed skal programmeres til at være aktiveret og sende/modtage data i et tidsinterval. Hvis man opererer med centrale service-enheder, som kræver meget og stabil tovejskommunikation, bør disse være tilkoblet elnettet. Selvom det er muligt med relativt meget tovejskommunikation med LoRaWAN, har det vist sig meget strømkrævende, hvilket dræner batteriet hurtigt.

Sigfox har kun mulighed for meget begrænset tovejskommunikation; enheder kan modtage mindre datapakker på givne tidspunkter. LoRaWAN har større og mere fleksible muligheder for tovejskommunikation. Med opdelte opdateringer på LoRa har det vist sig muligt at lave større softwareopdateringer "over the air", det vil sige uden, at du behøver at pille dine IoT-enheder ned. NB-IoT har større mulig for tovejskommunikation.

Bits og kilobyte – hvordan skal jeg forstå mængden af data?

Selvom kapaciteten og dataoverførsel varierer mellem de tre netværk, har de ét vigtigt aspekt til fælles. Størrelsen på datapakken er begrænset og vil ikke kunne indeholde filer som billede, lyd eller film. Her bør kigges på bredbåndsløsninger med WiFi eller kablet netværk. Smalbåndsteknologier skal bruges til statiske enheder som for eksempel måleinstrumenter. Andre enheder, der kræver højere datakapacitet, eksempelvis selvkørende biler, er ikke aktuelt for de tre netværk i denne guide.

Sigfox kan overføre 12 bytes per datapakke, hvilket lidt forenklet svarer til cirka 12 karakterer. Dette er eksempelvis tilstrækkeligt til at sende GPS-koordinater, temperatur, luftfugtighed og vindstyrke. Lad os sige, at din datapakke er 08TE12LU12MS – altså temperatur otte grader, luftfugtighed 12 procent og vindstyrke 12 meter/sekund. Denne besked kan sendes op mod 140 gange om dagen eller én gang hvert 10. minut. LoRaWAN og NB-IoT gør det muligt at sende større datapakker oftere. Mængden af data, der kan sendes, varierer eksempelvis på LoRa-netværk med et snit på 100-200 karakter eller cirka, hvad der svarer til denne sætning.

Din datamængde kan være en afgørende faktor for, hvilket system du bruger. Har du eksempelvis et ønske om at sende flere oplysninger som dato, afstand, ID-nummer eller fejlkode-acceptkode bruges typisk 30 tegn.

Har jeg signal i mit område lige nu?

Flere netværksudbydere har dækningskort på deres hjemmeside. Find eksempelvis NB-IoT på TDC's og Telias hjemmesider, LoRa på Teracoms hjemmeside og Sigfoxs dækning på IoT Denmark's hjemmeside.

Selvom en udbyder mener, at der er dækning i dit område, kan det være en god idé selv at teste, hvor god signalstyrken er. Ved hjælp af en netværks-tester kan du måle styrken for LoRaWAN, Sigfox og NB-IoT eller andre netværk i dit område.

Kan jeg roame på mit smalbåndsnet?

Du har hørt om roaming i forhold til din mobiltelefon, når du tager til udlandet, men hvad betyder det egentlig for dine IoT-løsninger?

Roaming beskriver den situation, hvor din IoT-enhed ikke har mulighed for at kommunikere med det netværk, den plejer. Enheden kommunikerer med en andens netværk, og den anden skal tillade, at dine data bliver sendt over netværket til den cloud-server, som du har adgang til.

Det er vigtigt at gøre sig klart, hvorvidt roaming overhovedet er en del af din IoT-case. Mange IoT-enheder er stationære enheder, og dermed er roaming-spørgsmålet ikke relevant. Hvis du bruger IoT-enheder til for eksempel tracking via gps-data, kan mulighed for roaming være en god idé.

Sigfox har fri roaming i alle de 53 lande, de findes i. Sigfox-roaming er muligt, da Sigfox i sidste ende er ét netværk. Derved kommunikerer du altid med det samme netværk uanset, hvorfra i verden du tilgår det. Sigfox anvender fire forskellige radiofrekvenser globalt. Enheden skal kunne kommunikere på tværs af signaler for at opnå roaming på Sigfox-netværket globalt. Kompatible IoT-enheder til dette findes allerede i dag.

NB-IoT har ikke en roaming-løsning på plads, men der arbejdes på en model, der ligner den, vi kender fra mobilbrug i dag, selvom det på nuværende tidspunkt er vanskeligt at sige, hvordan løsningen bliver. NB-IoT er dog allerede udrullet i flere lande. Potentialet for global roaming er stort med NB-IoT, da det, som del af teleselskabernes globale 3GPP standard og de eksisterende mobilnets sendemaster, har potentiale til at blive meget udbredt på verdensplan.

LoRa Alliance arbejder på, at udbygge roaming-protokoller til netværksoperatører og -serverudbydere. De har udgivet roaming-specifikationer, hvor signal mellem gateways og IoT-enhed oversættes og overføres til servere. Disse skal godkendes af ejeren af en given gateway. Roaming mellem LoRa-netværk er derved muligt, hvis forskellige brugere benytter samme netværksserver, og tillader adgang for andre brugere til netværket. Denne mulighed bruges i dag af danske kommuner gennem virksomheden Teracoms løsninger.

Oversigt over smalbåndsteknologier

Her har vi samlet en teknologisk oversigt over de mest centrale dele af smalbåndsteknologierne.

Oversigten kan være et godt sted at vende tilbage til.



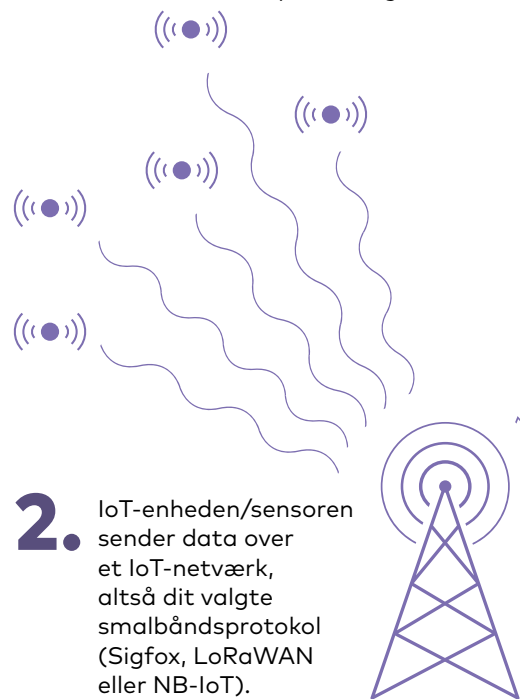
	Sigfox	NarrowBand-IoT (NB-IoT)	LoRaWAN
Frekvensbånd	Sigfox anvender i EU det åbne frekvensbånd i området 868-869 MHz (uplink/downlink). Der benyttes 192 kHz frekvensspektrum, og der sendes med en båndbredde på 100 Hz.	NB-IoT anvender forskellige licenserede frekvensbånd. Standarden fra 3GPP specificerer 14 forskellige frekvensbånd for NB-IoT, der opereres af teleselskaberne. Båndbredden er 180 kHz eller 200 kHz.	LoRaWAN anvender det åbne frekvensbånd 863-870 MHz. Der benyttes 125 kHz frekvensspektrum, og der sendes på den fulde båndbredde i frekvensområdet (125 kHz).
Modningsgrad/ Dækning	Sigfox er landsdækkende i Danmark. Der er højere dækningsgrad i byer end landområder. Der er en dækningsgrad på gadeniveau på 99,7 procent. Indendørs dækningsgrad på 87,2 procent (lidt højere i de større byer).	Spredningen af netværket varierer med udbyder, men er i princippet landsdækkende i Danmark. Telia og TDC har dækningskort på deres hjemmesider, der opdateres løbende. Der er højere dækningsgrad i byer end landområder. Der er dækningsgrad på gadeniveau på 99 procent.	LoRaWAN eksisterer allerede nu i store dele af Danmark og vil sandsynligvis blive landsdækkende på sigt, når flere og flere kommuner og private aktører opstiller netværk. Har mulighed for dyb indendørsdækning, hvor netværk (gateway) er sat op af aktør.
Dataoverførsel	Størrelse per datapakke er 12 bytes. Maksimalt antal datapakker er 140 beskeder per dag/enhed. Dataoverførselshastigheden er 100 bit/sekund. Tovejskommunikation er muligt: du kan downloade fire beskeder per dag/enhed (maksimalt otte bytes). Der kan ikke sendes og modtages beskeder på samme tid (halv-duplex).	Praktisk talt findes der ingen begrænsning på antal pakker per dag. Dataoverførselshastighed er 250 kbit/sekund upload. Tovejskommunikation er muligt. Der kan ikke sendes og modtages beskeder på samme tid (halv-duplex).	Praktisk set findes ingen begrænsning på antal pakker per dag. Dataoverførselshastighed mellem 0,3 kbit/sekund - 50 kbit/sekund (pejlemærke 10 kbit/sekund). Tovejskommunikation er muligt. Afhængigt af hvordan du bygger dit system op, kan du vælge niveau (duplex, halv-duplex).
Batteritid på enheder	1-10+ år	1-10+ år	1-10+ år
Sikkerhed	Bruger sikkerhedsprotokol for kryptering - AES128CTR. Det er muligt at kryptere data sendt fra en enhed.	Bruger sikkerhedsprotokol for kryptering 128bit EEAX. Det er muligt at kryptere data sendt fra en enhed. Mulighed for at opdatere din enhed 'over the air'.	Bruger sikkerhedsprotokol for kryptering - AES128CTR. Det er muligt at kryptere data sendt fra en enhed. Mulighed for at opdatere din enhed 'over the air'.
Roaming	Roaming er muligt på tværs af landegrænser. Der er ingen ekstra udgifter forbundet med roaming. Sigfox eksisterer i dag i 53 lande.	Roaming er endnu ikke muligt. I fremtiden forventes en roamingløsning, der modsvare den på 4G-netværket.	Roaming er kun muligt i den grad, der er aftaler herom.

DIT IOT-ØKOSYSTEM

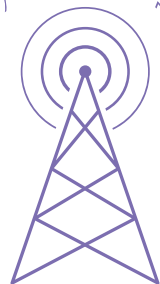
DATAENES VEJ FRA SENSOR TIL SKRIVEBORD

Kommunen har sat støjmålere op på flere veje, men hvordan får jeg dataene ind i min kommunes GIS-system? Vejen fra sensor til skrivebord kan nogle gange føles ujævn. Og det bliver ikke nemmere, fordi dine sensorer kører på smalbåndsinfrastruktur med nye fagtermer afhængigt af, hvilken leverandør du taler med. Herunder har vi delt smalbåndsinfrastrukturen op i seks niveauer. Seks niveauer dine data typisk passerer igennem. Vi beskriver dataenes vej gennem dit IoT-økosystem, hvilke teknologier der findes, samt hvilke aktører der findes på de forskellige niveauer.

1. En IoT-enhed eller en sensor er et fysisk produkt, der kan sanse det, du har brug for ude i bymiljøet, på skolen eller i kloakken. Den måler og reagerer på fysiske påvirkninger, for eksempel på lys, temperatur, lyd og luftfugtighed.



2. IoT-enheden/sensoren sender data over et IoT-netværk, altså dit valgte smalbåndsprotokol (Sigfox, LoRaWAN eller NB-IoT).



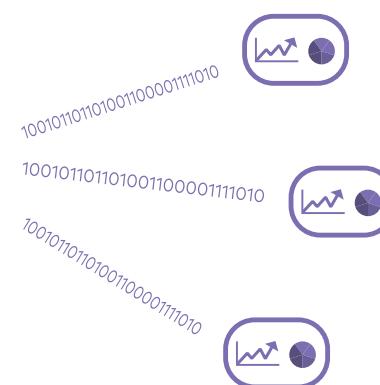
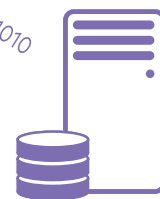
3. Via dit IoT-netværk når din data en gateway/basestation, som er koblet på internettet.



4. Derefter overføres dataene til din IoT-netværksserver. Her sker behandlingen og konfigureringen af data og sensorer afhængigt af den type netværk, du har valgt.



5. Applikation som er specifik for sensorløsning. Visualiserer og skaber mening i din data.



6. Datene konfigureres til kommunens øvrige digitale infrastruktur og bruges i kommunens allerede eksisterende applikationer.

IoT-enhed/Sensor

Din sensor eller IoT-enhed er det yderste led i din smalbåndsinfrastruktur. Det er typisk en relativt simpel hardware, hvor kun de allermost nødvendige dele indgår. Hvis din IoT-enhed er placeret i en skraldespand eller ved et vandløb, er det vigtigt, at den er modstandsdygtig mod eksempelvis regn og snavs.

Din sensor eller IoT-enhed kan have to formål; at generere data på eksempelvis trafik, temperatur og støj og/eller at udføre simple aktiveringer som at lukke/åbne et ventilationsanlæg, vandløb eller en medicinboks for en ældre dement person. Udover den elektronik der kan måle noget i omgivelserne, består din IoT-enhed typisk af et batteri, en mikrocontroller og et chipsæt, som er koblet med en indbygget antenne. For NB-IoT er enhederne også udstyret med et sim-kort. Chipsæt og sim-kort gør det muligt at sende/modtage data over smalbåndsnettet til næste niveau – din gateway/basestation/telemast.



Gateway/Basestation/Telemast

Der kræves en router, der udsender og modtager dine smalbåndsdata til og fra din IoT-enhed. En router, som kan opsamle data og sende det videre ud på det større netværk. For LoRaWAN eller Sigfox-teknologierne kaldes denne hardware "gateway" eller "basestations", og skal helst placeres højt oppe på en bygning eller i en mast for størst mulig udendørs dækning. Denne del af dit IoT-økosystem er opkoblet elnettet. NB-IoT bruger ikke termen gateway, her bruges eksisterende mobilnetværk/telemaster. En gateway/basestation/telemast modtager altså dataoverførslen fra din IoT-enhed og sender den videre til en netværksserver via internettet (IP) over enten kabel- eller mobilnetværk.

Kort om gateway/telemast for de tre netværk:

Sigfox: IoT Danmark har installeret og står for drift og vedligehold af basestations til Sigfox, som dækker hele Danmark.

NB-IoT: Teleselskaberne har licenserne til at udbyde NB-IoT i Danmark og står for drift og vedligehold af sendemaster. De bruger eksisterende mobilnetværk/telemaster – for eksempel 3G og 4G der kører på LTE-teknologi. For at gøre dem kompatible med NB-IoT kræves en omprogrammering af mobilnetværkets software og/eller installation af hardware i masten.

LoRa: Alle typer af aktører, virksomheder og organisationer kan frit opsætte, drifte og vedligeholde gateways. Der findes virksomheder, som opsætter og drifter gateways.



IoT-netværksserver

Fra gateway/basestation/telemast overføres data til en IoT-netværksserver. Her sorteres, dekrypteres, kvalificeres og visualiseres dine data afhængigt af, hvilken IoT-netværksserverløsning du har. En IoT-netværksserver er en specifik løsning, der retter sig mod dine IoT-enheder, der ligger udover din "normale" serverløsning i kommunen.

IoT-netværksserveren er med til at konfigurere og monitorere sensorerne og deres tilstand. Det er på din IoT-netværksserver, at dataene bliver tilgængelige. Typisk har din IoT-netværksserver en management-del, hvor du selv kan gå ind og indstille din sensor og opdatere dens sikkerhed, overvåge batteritid med mere. Her kan du også ændre i dine dataoverførsler, det vil sige størrelsen og hyppigheden på de datapakker, der sendes. Management af sensorer kan nogen gang varetages i næste niveau af dit IoT-økosystem, i selve applikationen (se nedenfor).

Kort om IoT-netværksserver for de tre netværk:

Sigfox: Beskeder, der kommunikerer via Sigfox, opsamles automatisk på Sigfoxs netværksserver Sigfox Cloud. Her går samtlige transmissioner igennem. Sigfox Cloud udbydes af IoT Denmark og samtlige af Sigfoxs netværksoperatører. Serverne er placeret i Frankrig. Her kan dataene tilgås på forskellige måder: via webportal, en API eller som beskeder på eksempelvis mail.

NB-IoT: Teleselskaberne har forskellige serverløsninger for NB-IoT. Din serverløsning er derfor afhængig af den teleoperatør, der opererer din IoT-enheds smalbandsnet. TDC har i øjeblikket valgt Vodafone IoT Platform, der kan tilgås via web-interface eller integreres i egne systemer (API). Telia har bygget en platform for NB-IoT baseret på Microsoft Azure.

LoRaWAN: LoRaWAN har en række servermuligheder, som du kan abonnere på, men åbenheden i protokollen giver i princippet også mulighed for at opbygge og drifte egen LoRaWAN-netværksserver. Det findes i dag hos en række virksomheder og 'first movers', som er de første til at tage den nye teknologi til sig.

Danske kommuner er i stor udstrækning opkoblede Teracom, som har opsat en Lorient-server. [Teracom](#) ejer og driver diverse IT-infrastrukturer, inklusiv fibernet og landsdækkende broadcastnetværk. [Lorient](#) er en schweizisk virksomhed, som er specialiseret i LoRaWAN's IoT-infrastruktur. SEAS-NVE og flere kommuner bruger det franske IT-firma [Actility](#) som leverandør af IoT-netværksserver.



Applikation

Dataene transporteres fra IoT-netværksserveren ind i en særskilt applikation, der visualiserer og gør din trafikdata, data om indendørsklima eller data om vandstands niveau forståelige for dig. Disse applikationer følger ofte med sensoren og er dermed optimeret til at visualisere netop det, der tilknytter sig din sensor. Applikationen kan også udvikles og drives af tredjepart med ekspertise indenfor et givet felt. Via applikationen kan du altså følge med i de målinger, din sensor foretager. Hvor avanceret databehandling, en applikation kan gøre, varierer fra produkt til produkt. Driften af disse applikationer ligger altså som regel hos en ekstern udbyder.

Kommunens øvrige IT-infrastruktur

Når man har adgang til dataene kan de indgå i den eksisterende digitale infrastruktur i din kommune. Her kan dataene bruges til visualiseringer, statistisk, beregninger og overvågning. Integrationen af rå-data i eksisterende software-infrastruktur vil kræve forskellige løsninger og skal laves specifikt til en given situation. Det kræver adgang til læsbare rådata at indarbejde disse i den eksisterende infrastruktur. Læsbarheden afhænger dels af, at dataene skal dekrypteres og dels af, at de er i et format - eller kan omskrives til et sprog - der kan læses af eksisterende it-løsninger.

VEJEN TIL KOMMUNENS ØVRIGE IT-INFRASTRUKTUR

Så hvordan får du inkluderet datene i din kommunes øvrige digitale infrastruktur? Hvordan får du din vejstøjsdata ind i kommunens GIS-system?

I forhold til de to sidste niveauer "applikation" og "kommunens øvrige IT-infrastruktur" findes der mange muligheder afhængigt af dine behov. Måske køber du en applikation fra din sensorleverandør for at visualisere data. Typisk kan du her få fagspecifik vejledning, hvor din data sættes i relation til data fra standarder, oparbejdet viden og historiske data på området. En mere direkte vej er at sende datene direkte ind på kommunens allerede indkøbte eller opbyggede applikationer, eller at dataene placeres direkte i kommunens øvrige IT-infrastruktur. Her er et forenklet billede af de fire transportveje.



- 1.** Dataene går direkte ind i den applikation, du køber sammen med sensorløsningen.

Vær opmærksom på, at flere virksomheder bygger egne platforme op, for at sammenligne og visualisere data, og derfor sælger de sensor og applikation som en pakke. Derved kan deres applikation ikke fravælges og indgår i den prisstruktur, der gælder, når du vælger løsningen.



- 2.** Dataene går direkte ind på en applikation kommunen allerede bruger eksempelvis forsyningens Microsoft Power BI eller GIS-kontorets SWECO Spatial Suite. Det kan også være open-source produkter som en database fra Grafana.



- 3.** Data fra IoT-netværksserver bliver direkte overført til kommunens mere grundlæggende IT-infrastruktur/database, som for eksempel en SQL-database eller Microsoft Business.



- 4.** Det kan også være en fjerde vej, hvor du køber en IoT-smalbåndsløsning, som både giver dig mulighed at visualisere dataene i en sensorspecifik-løsning og får rå-dataene ud til dine øvrige kommunale områder.

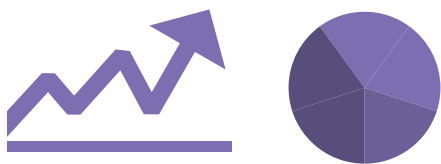
Vejen til tilgængelige data

Et af de første råd en kommune vil give videre til andre kommuner er, at når du vælger en sensorleverandør med tilhørende applikation, skal dataene være tilgængelige for dig. Det vil sige, at du skal kunne tilgå rå-data, som kan bruges i andre dele af kommunen.

Mange IoT-enheder har en applikation, som behandler og visualiserer dataene for dig. Her bliver din trafik-data, data om indeklima eller om vandstands niveau forståelige.

Vær opmærksom på, at den data, der genereres i en IoT-enhed, og som visualiseres gennem en tilhørende applikation, ikke nødvendigvis kan fås som læsbare rå-data til integration med det øvrige kommunale IT-system. Dette afhænger af din adgang til rå-dataene fra IoT-serveren. Hvis du ikke kan få datene ud, begrænses dine muligheder kraftigt for at skabe merværdi ved at integrere den nye viden i applikationer, der bruges af eksempelvis andre afdelinger og borgergrupper.

Adgangen til dataene, og hvem der behandler og visualiserer dem, er altså et springende punkt, når du forhandler IoT-løsninger på plads i din kommune.



Åbne data og åbne, men ikke offentlige data

Hvad menes egentlig med åbne data?

Åbne data refereres ofte som offentligt tilgængelige data. Det kan være data om vejr eller trafiktællinger, men der kan også være personfølsomme data, som er anonymiseret.

Åbne data kan også være data, som er lukket i nogle sammenhænge. Åbne data behøver ikke være dem, der er offentligt tilgængelige. Det kan være data fra din sensorleverandør, som er læsbare for dig i kommunen. Efter at du har modtaget dataene, kan du vælge om de skal være offentlige. Altså er åbne data, dem der ikke er hemmelige, låste eller lukkede inde i et system, du ikke har adgang til.

ROLLER, EJERSKAB OG DRIFT

Hvilken del af systemet kan jeg selv eje og drifte? Som kommune i Danmark har du forskellige muligheder for at eje og drive smalbåndsløsninger. Hvilken model, du vælger, afhænger af, hvor mange ressourcer du selv råder over til at udbygge, vedligeholde, optimere og drifte et netværk, samt hvilken service du ønsker. Uanset hvad du vælger, er det godt at være bevidst om muligheden for de andre modeller eller måske reflektere over, hvilke andre modeller du allerede har i gang.

Herunder tager vi dig igennem fire ejerskabsmodeller - fra "all-inclusive" til "do-it-yourself".

All-inclusive model

All-inclusive-modellen indebærer, at du køber en plug-and-play løsning, som er klar til brug.

Dette er en almindelige model for kommuner i dag. Det indebærer, at samtlige dele - fra sensor, smalbåndstransmission, serverkapacitet og eventuelt applikation - er levereret af en enkelt aktør.

Denne type af løsning tilbydes af flere sensor-leverandører som eksempelvis Sensohive, WASTECONTROL, Sweco, Kamstrup og IC-Meter. Modellen er tilgængelig på samtlige tre netværk og hos flere forskellige udbydere. Et eksempel er IoT Danmarks plug-and-play løsninger, hvor sensor og eventuel applikation kombineres med deres abonnement, der giver adgang til Sigfox-netværket.

I case-delen af denne guide kan du blandt andet læse om IoT Danmark, der leverer vandniveaumåler til Ishøj Forsyning gennem Sigfox-netværket og SEAS-NVE, som leverer styring af lys til Lolland kommune via LoRaWAN-netværket. Plug-and-play løsninger, som er relevante for kommunerne, forventes også at blive en produktkategori indenfor NB-IoT for teleselskaberne i fremtiden.

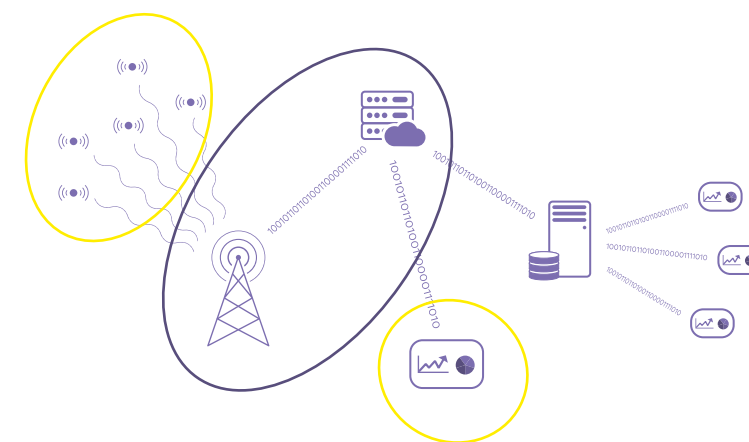
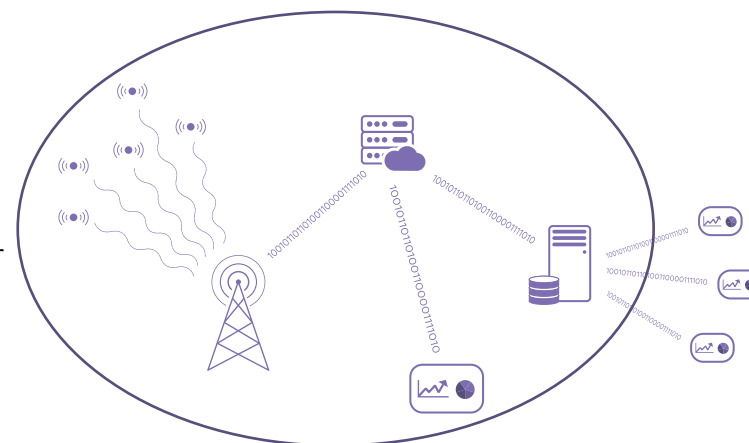
All-inclusive kræver færre kompetencer i din kommune. Du har udliciteret opgaven med at integrere og optimere delene i IoT-kæden. Du kan i stedet fokusere på det resultat, du vil opnå med din IoT-løsning.

Husk! At sikre leveranceniveau og adgang til data i kontrakten med din leverandør.

Halvpension model

Halvpension-modellen indebærer, at din leverandør af sensor og eventuel applikation og din transmissionsleverandør af gateway og netværksserver ikke er den samme leverandør. I halvpension-modellen kan du selv eje og drifte en eller begge dele af systemet eller lægge det ud til eksterne leverandører.

Et eksempel på denne model er det kommunalt ejede Öresundskraft i Helsingborg i Sverige, hvor kommunen har et LoRaWAN-netværk in-house, som de selv bygger sensorer og applikationer i. Denne model kan også bruges på Sigfox. Her vælger du selv en af de over 500 virksomheder, der er Sigfox-certificerede. Derefter køber du transmission på Sigfox-nettet fra IoT Danmarks landsdækkende netværk. På LoRaWAN er Teracom i gang med at udrulle et landsdækkende



LoRaWAN-netværk. Her tilbydes et "managed netværk", hvor Teracom står for drift og vedligehold, og hvor du selv kan vælge leverandør af din IoT-enhed og applikation.

I halvpensions-modellen har kommunen mere transparens i sine netværks-omkostninger, og der er mere fleksibilitet til at udskifte og forhandle mellem de to forskellige aktører, der leverer henholdsvis sensorer og transmissionskapacitet. Den giver mere selvbestemmelse og indblik i de forskellige led. Samtidig giver denne model dig mere ansvar for at integrere og optimere delene i IoT-leverancekæden.

Hybrid model

Hybrid-modellen indebærer, at kommunen har investeret i egne LoRaWAN-gateways, men deler kapacitet med og får service på netværket af IoT-serverleverandøren.

Flere danske kommuner ejer egne LoRaWAN-gateways – eksempelvis Høje-Taastrup, Ballerup, Horsens og Aarhus Kommune. De lokale netværk anvender Teracom-serverløsning og en fælles transmissionsinfrastruktur. Teracom har etableret LoRaWAN-gateways i master omkring København, og flere er på vej i Jylland og på Fyn - deres mål er at være landsdækkende i 2019. Kommunernes lokale LoRaWAN-IoT-netværk samles og forstærkes af Teracom's gateways i en såkaldt hybrid-model.

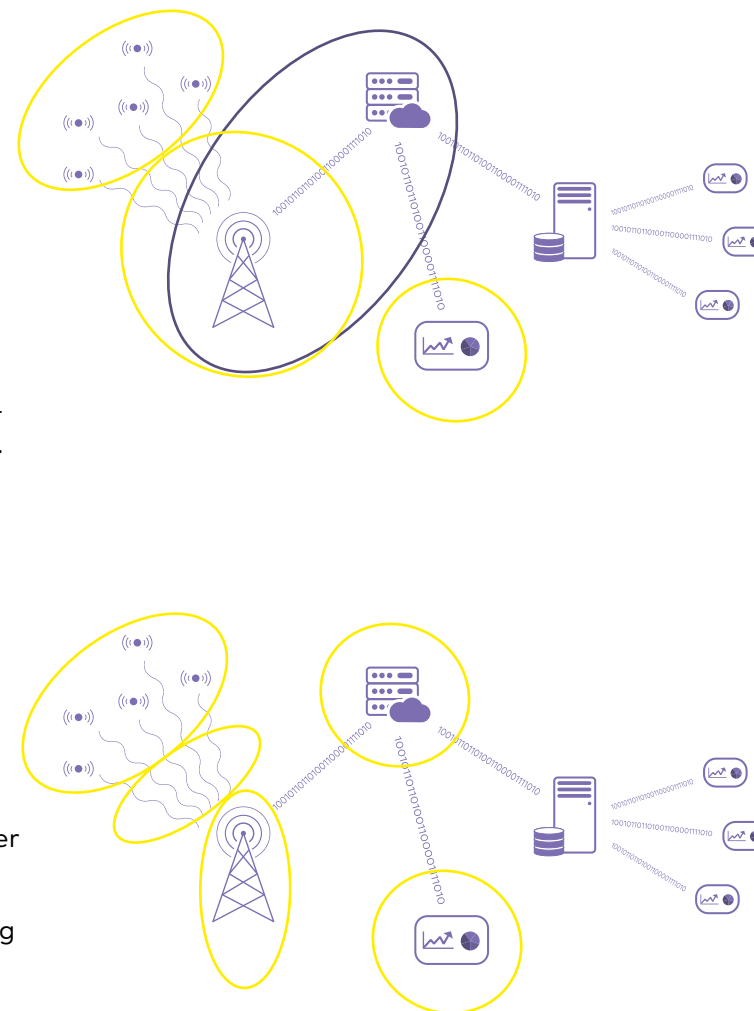
Da gateways er koblede op på samme IoT-netværksserver, muliggør det optimering og deling af netværket. Ligesom i halvpensions-modellen vælger du selv sensor med eventuel tilhørende sensor-specifik applikation. Modellen eksisterer kun på LoRaWAN, og blev lanceret af Teracom i april 2018.

Do-it-yourself model

Do-it-yourself-modellen indebærer, at du ejer, driver eller har enkeltaftaler på hvert niveau af smalbandsinfrastrukturen. Det vil sige sensor, gateway, IoT-netværksserver og eventuelt sensorspecifik applikation. Selvom en eller flere dele udføres af én og samme operatør, er det dig selv, der ejer eller styrer aftaler på hvert niveau i dit IoT-netværk. Du er selv koordinator for datapakkernes rejse gennem smalbandsteknologierne. Af de sammenlignende tre smalbandsteknologier er det kun LoRaWAN, hvor denne "do-it-yourself"-model er mulig.

Denne model giver mere fleksibilitet i hele dit økosystem:

- Du får sandsynligvis bedre forhandlingsstyrke på pris i form af lavere faktureret omkostning per unit.
- Du får sandsynligvis også mere intern vidensopbygning, da du selv skal koordinere hyppighed og størrelse af afsendte datapakker.
- Du er selv ansvarlig for, at systemerne kører sammen og din data transporteres fra sensor til gateway, IoT-database og til kommunens øvrige IT-infrastruktur.



Til gengæld kræver det væsentligt flere in-house IT-kompetencer til eksempelvis kodning, netværksdrift og integration og flere forhandlinger med forskellige underleverandører. Det kræver mere nøjagtigt leverandørstyring. Du skal selv afsætte ressourcer, da du selv sørger for, at dit IoT-økosystem hænger sammen, og at der er leverancesikkerhed og IT-sikkerhed hele vejen igennem. Det er eksempelvis vigtigt at afklare, hvem der rykker ud og servicere netværket ved tilfælde af strømsvigt.

Do-it-yourself-modellen eksisterer i dag i en række virksomheder og hos nogle privatpersoner, såkaldte "early adopters", der blandt andet har udnyttet de åbne standarder indenfor LoRaWAN og opbygget egne LoRaWAN-netværksservere.

Integration af ny IoT-infrastruktur i kommunes IT-maskinrum

Bemærk, at ingen af de modeller, vi ser på markedet, inkluderer integration af data til kommunens øvrige infrastruktur. "The missing link" når man installerer nye IoT-enheder, er ofte kommunens øvrige infrastruktur. Dette er et vigtigt aspekt at tage i betragtning, når du vælger serviceniveau på din smalbåndsteknologi. Alle tre netværk Sigfox, NB-IoT og LoRaWAN er krypteret på forskellige niveauer og kræver, at enten du selv eller din all-inclusive forhandler låser dataene op fra applikation/IoT-netværksserver. Der kan dog være forskelle i hvor let, det er at få adgang og dermed oversætte dataene til kommunens øvrige IT-system.



SIKKERHED, OMKOSTNINGER OG SENSORER

HVOR SIKKERT ER MIT IOT-SMALBÅNDSNET?

Den gode og den dårlige nyhed

Hvad er sikkerhedsrisikoen så ved at udvide mit IT-netværk med smalbåndsløsninger? En ting er klart - intet IT-system kommer nogensinde til at være helt sikkert. God sikkerhed handler ikke om nulfejlsrisiko, men om at du beskytter den digitale infrastruktur i relation til din risiko. Det indebærer, at du skal finde en balance mellem for eksempel, hvor samfundskritiske dine aktiviteter er, mulige trusler og sårbarheder i systemet.

Den dårlige nyhed er, at alle systemer har sikkerhedsrisici og kan være en indgang for uønskede aktører. Teoretisk set er den yderste del af din IT-infrastruktur, hvor du har den enkelte sensor nede i en skraldespand eller en kloak, som er opkoblet via smalbåndsnet, en indgang til dit øvrige IT-system. Den gode nyhed er, at det er meget usandsynligt.

Kritiske samfundsressourcer

I dag er der få samfundskritiske ressourcer og services, der kører på smalbånd. Der er trods alt forskel på IoT-enheder, der typisk måler affald- og vandstand og for eksempel ambulanceservice eller brandvæsen, der i dag bruger andre systemer. Mens de nye digitale netværk vinder indpas og bliver en mere og mere integreret del af vores samfund, bliver sikkerhedsaspekterne også mere og mere kritiske. Hvad ville der ske, hvis nogen gik ind og slukke al gadebelysning i en kommune, fordi de kører på et netværk, som ikke har det rette niveau af sikkerhed?

Denne guide giver dig en indledende introduktion til sikkerhed. For at kunne sammenligne de tre netværks standarder for kryptering, fejlsøgning og advarselsrutiner skal du finde kyndige personer, der kan rådgive dig yderligere. Her er fire principper, der kan hjælpe en begynder med at finde vejen gennem sikkerhedsjunglen.

1. Bliv alarmeret – men ikke lammet

Mange er bekymrede, når det kommer til IT-sikkerhed. Og det er godt! Mennesket har evolutionært klaret sig gennem historien, fordi vi kan udregne risici og derfra planlægge fremtiden. Trusler er til for at gøre os handlingsparate – ikke lammede. Der er sikkerhedsaspekter ved



Denne guide giver dig en indledende introduktion til sikkerhed. For at kunne sammenligne de tre netværks standarder for kryptering, fejlsøgning og advarselsrutiner skal du finde kyndige personer, der kan rådgive dig yderligere.

smalbåndsteknologier - ligesom ved andre IT-infrastrukturer - men ved at være en kritisk kunde, som efterspørger det rette sikkerhedsniveau, kan du undgå mange problemer. Den digitale epoke er her for at blive, så lad os smøge ærmerne op og arbejde konstruktivt med det.

2. Fokusér på dit svage punkt

I din organisation har I sandsynligvis allerede hardware/software og sikkerhedsrutiner. Hvis du udvider dit digitale økosystem med smalbåndsløsninger, skal du stille dig spørgsmålet: Hvilke nye angrebsflader skal jeg være opmærksom på?

Vi har gennemgået, hvad de nye dele i dit IoT-økosystem indebærer. Du tilføjer IoT-enheder, netværkstransmission, gateway/basestation, netværksserver og applikation. Det indebærer, at du skal vurdere nye mulige indgange, hvor nogen kan gå ind og forstyrre dit netværkssignal, aflæse eller korrumpere dine data eller lukke ned for din infrastruktur. At have en serviceleverandør af netværket, der sørger for at garantere for sikkerhedsrutiner, kan være en god foranstaltning, når du opbygger dit IoT-økosystem.

3. Forhandle

Har du nogensinde forhandlet med din bank om dit banklån? Så ved du, at fastlåste og formelle produkter som renter kan vise sig at være meget forskellige fra bank til bank. Det samme gælder for sikkerhedsniveauet i dit IoT-smalbåndsnat. Måske er standardpakken ikke for dig. Måske gemmer der sig mere bagved, hvis du ved, at man kan spørge om det.

Vær en kunde, der efterspørger sikkerhed: Får du besked fra din leverandør ved store afvigelser? Er program for sikkerhed installeret i dine enheder? Er denne enhed kompatibel med den nyeste version af protokollen? Analyseniveauet af afvigelser og huller i dine data kan nemlig skrues op og ned. Leverandøren af din IoT-enhed kan have forskellige versioner af et og samme produkt med mere eller mindre sikkerhed.

På din netværksserver kan forskellige services tilbydes, hvor du eksempelvis får meddelelser om dine enheder eller datapakker, hvis de afviger fra den normale drift. Du kan vælge serviceniveau på dit netværk i forhold til behov for databehandling og budget. Din netværksserver kan tilbyde mere eller mindre transparens, så du selv kan gå ind og kigge på status i netværket.

I LoRaWAN skal du være opmærksom på, at dine leverandører bruger den nyeste 1.0 protokol fra Lora Alliance, der har en stærkere sikkerhedsprotokol. En anden mulighed er at gøre lokalisering mulig gennem såkaldt triangulering på LoRaWAN, hvilket dog kan indebære ekstra omkostninger.

Hvis du vil have ekstra beskeder om afvigelser i dit system i forhold til Sigfox, kan det også kræve en mere avanceret og dyrere databehandling i Sigfox Cloud. Sigfox har forskellige abonnementsniveauer som platinum og silver. Ved nedbrud i driften af Sigfox-netværket, vil kunden blive informeret. Sigfox stiller services gratis til rådighed for system/applikation, der kan hjælpe til overvågningen af kundens IoT-enheder.

Vær en kunde, der efterspørger sikkerhed. Analyseniveauet af afvigelser og huller i dine data kan nemlig skrues op og ned. Leverandøren af din IoT-enhed kan have forskellige versioner af et og samme produkt med mere eller mindre sikkerhed.

4. Efterspørg tydelighed

Din leverandør skal ikke bruge deres egne terminologier. Bed din leverandør bruge ord, som du og din IT-afdeling kan forholde jer til, så I kan tage en fornuftig beslutning og sikre jeres allerede eksisterende sikkerhedskultur.

Tre tekniske områder af sikkerheden i dit IoT-netværk

1. Hardware

Her finder du nogle opmærksomhedspunkter i forhold til risikoen for, at nogen aflæser eller ændrer data, slukker din IoT-enhed eller bruger din hardware - IoT-enhed og/eller gateway - som indgang til din øvrige IT-infrastruktur.

En grundlæggende ting at være opmærksom på er, hvor du placerer din hardware. Placerer du din gateway/basestation "out of reach" for eksempel på høje bygninger, på privat firmagrund eller i datacentre er den bedre sikret. Du kan have ekstra sikkerhed på din hardware ved, at der er installeret ekstra sikkerhedschip eller software, der beskytter IoT-enheden. Andre måder at sikre dit hardware på er at have et sikkerhedsmodul, der automatisk sletter krypteringsnøgler og andre funktioner, hvis en uautoriseret bruger bryder igennem til hardwaren. Du kan også sikre din hardware ved at slå USB-porte og lignende, der ikke skal bruges, fra samt sikre, at mikroprocessorer og andre del-elementer er fra pålidelige producenter.

2. Transmissionssystemet

Selve transmissionssystemet kan også være et mål for uønskede gæster, der ønsker at overbelaste, bruge eller nedlægge netværket. Her findes flere tiltag; såsom at bruge unikke datastrukturer i stedet for standard, hvor du sender data på en bestemt størrelse i et fast tidsinterval og at have flere gateways/basestations til rådighed. Du kan også have adgang til detektionsmekanismer, som opdager, hvis der for eksempel ændres i frekvenskanalerne eller standarder for krypteringsnøgler. Overvågning og fejlsøgning af gateway/basestation, mast og IoT-enhed holder netværket opdateret og mindsker risikoen for uønskede gæster.

3. Datapakkerne

I forhold til dataene - eller datapakkerne - handler det om at sikre, at kun personer med tilladelse kan læse dine data. Data, der er sendt over de tre netværk Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT er krypterede, men metoden for kryptering er forskellig. Krypterede data har gennemgået en proces, hvor informationen er omskrevet, så den kun kan læses af parter, der har krypteringsnøglen. I kombination med kryptering kan sikkerheden for datapakkerne fremmes ved at bruge en unik datastruktur, anvende tidsinformationer i datapakkerne og have korrekt autorisering af dem, der har adgang til pakkerne. Det kaldes integritets beskyttelse.

Gode hackers i det offentlige tjeneste

Som kommune findes der flere steder at få hjælp og inspiration angående datasikkerhed.

HackerLab er bygget og styret af CyberSecurity-sektionen på DTU Compute. Faciliteterne er tilegnet studerende på DTU, så de kan udarbejde og eksperimentere med hacking af forskellige teknologier, netværk og hvad, der ellers kan hackes. Gennem praktiske test og fundne sårbarheder kan man dermed rådgive og give forslag til sikkerhedsløsninger, der sikrer mod mulige angribere/aktører med dårlige/onde hensigter.

For at dele erfaringer, kompetencer, forskningsresultater og best-practices på området findes Smart City Cybersecurity Lab (SCL) – et tværgående samarbejde med det formål at styrke kommunernes, byers, institutioners og markedets modenhed indenfor datasikkerhed, privacy og governance.

Hvordan sikrer jeg, at min data når frem?

En anden del af sikkerhed er driftsmæssig stabilitet eller robusthed - altså sikkerhed for, at dine datapakker når det rette sted på rette tidspunkt. Findes der en risiko for at data 'støder sammen' og mistes, så de ikke vil blive opfanget af en gateway/basestation? En anden ting du skal være opmærksom på, er ventetiden (latency) for data at nå frem.

Sigfox og LoRaWAN bruger en gateway/basestation til at oversætte signalet og videresende det til et andet netværk som eksempelvis ethernet eller 4G. Hos LoRaWAN udvælger netværksserveren den gateway, der er nærmest, og har det kraftigste signal. Data, der passerer gennem Sigfox-netværket, kommer frem ved, at sendte data bliver modtaget af op til flere basestations på én gang. Der sendes reelt tre beskeder ved hver dataoverførsel, så der kan differentieres på radiofrekvens og tid. Dermed er sandsynligheden for, at en besked kommer igennem stor. LoRaWAN giver også mulighed for, at dataene opfattes af flere gateways, hvis netværket sættes op til det.

NB-IoT kommunikerer via sim-kort på en specifik kanal for hver enhed. Det gør, at din sikkerhed for, at kommunikationen forgår, når du ønsker det, er stor. Der opstår ikke interferens på NB-IoT-netværk, da din enhed er opkoblet på en mast med dedikeret plads til netop din enhed - og hvis masten er fuld, opkobles der en anden mast.

Hvilket netværk er mest robust? Det afhænger af, hvilket behov du har, og hvem du spørger. Her har du fået en kort introduktion til de to måder, data kan overføres på fra IoT-enhed til gateway/basestation.

A



100101110100110011101

B

HVAD KOSTER MIT IOT-SMALBÅNDSNET?

Den rette data til den rette pris

Økonomisk rationale er meget relevant, når der skal ledelsesmæssig og politisk opbakning i kommunen. Og det er der god grund til, da det er borgernes penge, vi bruger. Generelt kan smalbånd få mange enheder til at kommunikere til en lavere pris end andre tilsvarende løsninger på eksempelvis bredbånd. IoT-enheder på smalbånd har en mere simpel hardware-konstruktion og det er billigere at overføre data end over det brede mobilnet. Du skal have den rette data til den rette pris.

Måske vil du som læser gerne have et svar på, hvor meget det koster at monitorere 15.000 parkeringspladser, 5.000 affaldscontainers eller 30.000 lyspunkter? Denne guide har delt dit IoT-netværkssystem op i forskellige byggeklodser som eksempelvis sensorer, gateways/basestationer, netværksservere og applikation, og giver dig et vejledende sprog/tankesæt at begynde at regne udefra. Du kan simpelthen tage pris for sensor, gateway/basestation, (hvis relevant) og databehandling/servertkapacitet (se nedenfor) og sætte et plustegn imellem dem.

Det vigtigste budskab her er dog, at prisstrukturer, som de ser ud i dag, forventes, at ændre sig meget snart, og at der også er andre omkostninger. Markedet er endnu umodent. Ændrede prisstrukturer om lidt er dog ikke et argument for, at du skal vente med dit smalbåndseventyr. Det er en god idé at gå ind på markedet på et niveau, hvor du begynder at prøve ting af, og hvor du er bevidst om byggeklodserne i dit IoT-økosystem. Start småt og opbyg den rette viden og kapacitet til at blive en god kunde på fremtidens marked.

Priser for IoT-enheder/sensorer

Prisen for en IoT-enhed varierer meget afhængig af funktion og teknologi. En IoT-enhed kan være alt fra en simpel termometer til en avanceret indendørsmåler med mange forskellige parametre som eksempelvis lyd, lys, fugt og CO2 til 5.000 kroner. Der findes mere eller mindre avancerede IoT-enheder indenfor alle tre smalbåndsudbydere Sigfox, NB-IoT og LoRaWAN.



Priser for transmission, netværksdrift og databehandling

Der er en pris for at få data fra din IoT-enhed overført og behandlet. Data skal sorteres, dekrypteres, kvalificeres og visualiseres afhængigt af, hvilken IoT-netværksserverløsning du har. Ved mange typer af løsninger kan du selv vælge serviceniveau på dit netværk afhængigt af behov og budget. Vi har opstillet cirkapriser for 2018 for at overføre og behandle data for de tre netværk - se næste side.



Ny sensorløsning – ny applikation?

Hvis du ønsker at købe en brugerflade eller en applikation, som er direkte koblet til din sensorløsning, skal du medregne dette som en ekstra udgift.

Sigfox - fast pris per dataoverførsel

IoT Denmark, som er netværksejer/operatør for Sigfox i Danmark, har forskellige abonnementer i fire priskategorier. Prisen varierer i forhold til brugsmønstret for IoT-enheden.

Abonnementstyperne varierer mellem 2 til 140 beskeder om dagen, og prisen ligger mellem 0,63 ører til 5,78 kroner per måned (gennemsnitlig månedspris ved indgåelse af en aftale på mellem tre og fem år).

NB-IoT - model for fast pris per enhed

TDC og Telia lancerer deres første kommercielle løsninger på NB-IoT i efteråret 2018. Der eksisterer endnu ikke en endelig prismodel. Denne forventes udviklet i 2019. Indtil videre har prisen ligget på 4-5 kroner per IoT-enhed per måned.

NB-IoT-nettet lanceres nu i hele verden, og det medfører også flere interessante prismodeller. Deutsche Telecom er gået ud med en tiårig-løsning, hvor du betaler ti euro for overførsel per enhed i hele denne periode. Databegrænsningen for hele perioden er 500 Mbit per enhed, hvilket er mere end tilstrækkeligt for dagens løsninger.

LoRaWAN – varieret model per enhed

Til forskel fra Sigfox og NB-IoT giver LoRaWAN dig mulighed for selv at behandle data eller købe servicen eksternt. I dag kører samtlige kommuner i Danmark med ekstern LoRaWAN-netværk og databehandling. Prisen per enhed varierer afhængig af serveroperatør, antal IoT-enheder og netværk. Priser ligger mellem 0,5-4 kroner per enhed per måned.

Se nedenfor et eksempel på LoRaWAN's prisstruktur fra serviceudbyder Teracom:

<i>Antal enheder</i>	<i>Pris per enhed/måned</i>
<100	4,10 kroner
100-1000	3,35 kroner
1000-5000	2,62 kroner

Total Cost of Ownership

Det er vigtigt at skabe et billede af de totale omkostninger for at installere, bruge og servicere dit netværk. Du skal tænke Total Cost of Ownership (TCO), når det kommer til dit IoT-økosystem. Du har omkostninger udover sensorer, transmission, netværksdrift og databehandling. Her kan du se tre vigtige ekstra omkostninger:

- 1.** Omkostninger til at få placeret/installeret dine IoT-enheder. Er din IoT-enhed placeret under vejbanen eller i en lygtepæl? Eller skal nogen ud og installere dem på kommunens biler eller i affaldscontainere? Det er vigtigt at indregne omkostninger for installation. Hvis din IoT-enhed skal placeres under jorden eller inde i lysarmaturer giver det sandsynligvis bedst mening at installere løsninger, når grave- eller udskiftningsarbejdet alligevel skal gennemføres.
- 2.** Den tidsperiode du er bundet til at betale for løsningen. Skal du skrive kontrakt med din applikationsejer, netværksoperatør og/eller serveroperatør over en bestemt periode? Som vi kender det fra den øvrige detailhandel, giver længere bindingsperioder ofte en lavere pris per måned, men nogen gang kan det alligevel give en højere totalpris. Kan du skifte leverandør den næste dag, måned eller år – eller er du bundet for en længere periode?
- 3.** Hvad er omkostningerne ved at bruge dine data? Omkostningerne for at afkode og integrere data fra dine IoT-enheder til kommunens øvrige infrastruktur er en væsentlig del af kæden, som ofte går tabt eller ikke præsenteres af leverandørerne. Overvej her, om du har kompetencer internt, der kan løse disse opgaver, eller om de skal købes ude i byen.

At bygge dit eget LoRaWAN-net

Som du har læst i guiden her, giver LoRaWAN-netværket større valgfrihed til selv at bygge de forskellige dele af din IoT-smalbåndsinfrastruktur. Med LoRaWAN har du mulighed for selv at opsætte, eje og drifte gateways. Før du placerer dine gateways, skal du typisk lave en analyse af, hvilke højt placerede steder i din kommune der egner sig, og derefter bruge for eksempel 10-20 gateways for at få en god dækningsgrad i din kommune. Indendørs dækning kan kræve ekstra gateways.

Antallet af gateways er afhængigt af geografisk størrelse, men også af hindringer for signalet såsom huse, skove og andre fysiske objekter. En gateway fra virksomheden Kerlink koster omkring 12.000 kroner, dertil kommer omkostninger til installation. For at opnå en dækningsgrad på cirka 90 procent skal du sætte en gateway i en radius på to kilometer i bebyggede områder og i en radius på fem til syv kilometer i ikke bebyggede områder. Husk at opsætningen og installationen af netværket er en relativ lille investering, men hertil kommer driftsomkostninger – så husk at beregne Total Cost of Ownership.

Et omkostningsprincip ved LoRaWAN er, at hvis du deler din signalstyrke fra gateways med andre brugere, så kan du i nogen tilfælde få en billigere pris på din netværksserver. Dette er et princip som LoRa Alliance promoverer for at skabe en helhed i netværket.

HVORDAN SKAL JEG TÆNKE, NÅR JEG VÆLGER IOT-SENSORER?

Din sensor har på forhånd indbygget kapacitet til at transmittere data på et - og oftest kun ét - netværk. De dele, som chipsæt og antenne, der muliggør radiokommunikation, er forskellige alt efter, hvilken teknologi der bruges. De øvrige dele til monitorering af eksempelvis temperatur, vandstand eller GPS-koordinater kan være de samme uanset netværk.

I fremtiden vil vi formentlig se sensorer, der kan køre på flere netværk. Men sådan ser markedet ikke ud i dag. I forhold til de tre netværk Sigfox, NB-IoT og LoRaWAN findes der et univers af sensorer, der kører på netop kun et af de tre. En vigtig pointe er, at du kun kan bruge en sensor på et net, selvom du har flere net-abonnementer eller egne net tilgængelige. Hvis du vil skifte abonnement, kommer du sandsynligvis ikke til at kunne bruge dine IoT-enheder, hvis du ikke manuelt går ind og skifter chipsæt eller sim-kort.

Hvad skal du bruge din sensor til?

Selvom der er usikkerheder for batterilevetid og valg af netværksudbyder, skal dette sættes i relation til, hvor lang tid du forventer at bruge din sensor. Udruller du hundredvis af målere i svært tilgængelige områder som vandbrønde eller i din belysningsinfrastruktur? Eller skal dine målere eksempelvis indsamle støjdata til at udvikle kommunens støjkort med dataindsamlingsperiode på tre måneder? Levetiden for den infrastruktur hvor du placerer din IoT-enhed, tidsperioden for

Sim-kort i din IoT-enhed

NB-IoT-sensorer kommunikerer til netværket med et sim-kort. Hvis du har sim-kort i din sensor, hvad sker der så, hvis du vil skifte teleoperatør?

For relativt simple smalbånds IoT-enheder skal du sandsynligvis ind i hver enhed og udskifte sim-kortet manuelt, hvis du skifter teleoperatør. Der findes dog også en mulighed for at bruge programmérbare e-sim-kort eller indbyggede sim-kort, som ikke kræver udskiftning. Der er stor efterspørgsel på e-sim-kort til NB-IoT-produkter, så det forventes at være noget, som alle operatører vil tilbyde i løbet af 2019. Det vil dog betyde en meromkostning for kunden, da de er dyrere end traditionelle sim-kort.

Det er naturligt for en kommune at skifte teleleverandør - typisk løber et kommunalt udbud over fire år. I dag er NB-IoT-løsninger dog ikke omfattet af kommunens almindelig telekontrakt.

Det bedste råd, der kan gives i dag, er: Afvej din risiko for, om du kommer til at skifte netværks-operatør under din IoT-enheds levetid og undersøg muligheden for, at dit NB-IoT-produkt har et programérbart sim-kort, der kan skiftes til anden teleudbyder.

måling og ressourcer til at udskifte og vedligeholde sensorer, er afgørende, når du træffer dit valg af sensor. Husk! Du også kan lease sensorer og indgå aftaler, hvor sensorudbyder har ansvar for vedligeholdelse af batteri, netværk og dækker uforudsigelige påvirkninger som stormvejr eller hærværk.

Samarbejde mellem netværksoperatører og sensorudvikler

For at skabe et marked for sensorer og andre IoT-enheder, der kører på deres system, har de tre netværk forskellige strategier.


- **Sigfox** stiller protokollen for kommunikation på deres netværk til rådighed for alle producenter af elektronikkomponenter, der ønsker at udvikle antenner eller radiochips til Sigfox-enheder. Alle Sigfox-enheder skal have gennemgået en certificeringsproces hos Sigfox for at kunne komme på netværket. Det gør de for at sikre høj radioteknisk kvalitet på produkterne. Enheden får en mærkning, der fortæller, hvor god enheden er til at udstråle radiosignalet. Sigfox har forskellige fora, hvor udviklere, leverandører og brugere kan mødes, for eksempel det årlige [Sigfox Connect](#) og en række lokale udviklings meet-ups.
- **NB-IoT** har udviklet antenner og radiochips på baggrund af standarden fra 3GPP. Enheden skal monteres med et sim-kort, der identificerer enheden overfor teleselskabet. Lige nu foregår der en udvikling mellem teleselskaberne og sensorudviklerene. For eksempel har TDC nu samarbejde med mere end 60 virksomheder, hvor de laver meet-ups og uddeler sim-kort og guider om teknologien.
- **LoRaWAN** protokollen er udviklet af den californiske virksomhed Semtech, og deres radiochip indbygges i sensorer og gateways. Serverprodukterne er patentfrie. Flere steder i verden har Semtech agentsamarbejder med lokale virksomheder, for eksempel med danske Indesmatech, som arbejder med IT-strategi og teknisk rådgivning. På [LoRa Alliances](#) eller [Indesmatechs](#) hjemmesider kan du finde produktkataloger over sensorer og gateways til LoRaWAN. IoT-enheder kan være certificerede efter LoRaWAN-standarden. Der gennemføres jævnligt konferencer og meet-ups mellem udviklere, leverandører og brugere. På LoRa Alliances hjemmeside findes en oversigt over nationale og internationale events.



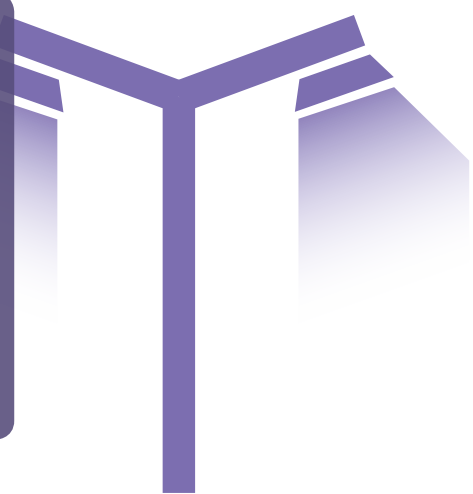
En vigtig pointe er, at du kun kan bruge en sensor på ét netværk, selvom du har flere netværks-abonnementer eller egne netværk tilgængelige. Hvis du vil skifte abonnement, kan du sandsynligvis kun bruge dine IoT-enheder, hvis du manuelt går ind og skifter chipsæt i hver enhed og om-programmerer nødvendige dele af softwaren.

OH NO, FINDES DER OGSÅ ANDRE SMALBÅNDSNET?


Er du begyndt at have en bedre forståelse af de tre smalbåndsløsninger, LoRaWAN, Sigfox og NB-IoT og kan slappe lidt af? Godt - for så tænker vi, at vi vil komplicere billedet endnu mere. Der eksisterer nemlig flere alternative IoT-netværk. Hvis du afsøger markedet indenfor dette felt, vil du måske finde virksomheder, som kører på helt andre net. En del systemer bygger på allerede eksisterende infrastruktur – for eksempel GSM-nettet. Nogle net er uden regulering eller operatører med egen teknologi, og ligger åbne til at eksperimenteres på. Nogle virksomheder sælger en hel plug-and-play løsning baseret på deres eget system. Her er et par eksempler, som du måske vil holde dig opdateret på.



Virksomheden [NET 1](#) har købt Danmarks første mobilnet - Nordisk Mobil Telefonsystem (NMT) - som blev bygget i Danmark i 1982. NMT-nettet benytter frekvensen 450 MHz og dækker i dag 98 procent af Danmark samt Sverige og Norge. Dette lave frekvensbånd har en betydelig længere geografisk rækkevidde og kan nå områder, hvor hverken 2G, 3G eller 4G på 900 MHz-båndet rækker. På NMT-nettet tilbydes nu moderne drift og sikkerhed til trådløs datatrafik. Fokus her er på maskine til maskine.



I 2013 besluttede Københavns Kommune at skifte hele byens udendørsbelysning. Udbuddet blev vundet af franske Citelum, der bruger [Silverspring](#) (Itron) til at monitorere og styre infrastrukturen. I alt skal 20.000 LED-lamper være opkoblet, som giver realtidsstyring og overvågning af hele systemet. På baggrund af input fra sensorer, skal der implementeres intelligent lysstyring over tid. Silverspring er åbne for at udvikle andre løsninger på netværket.



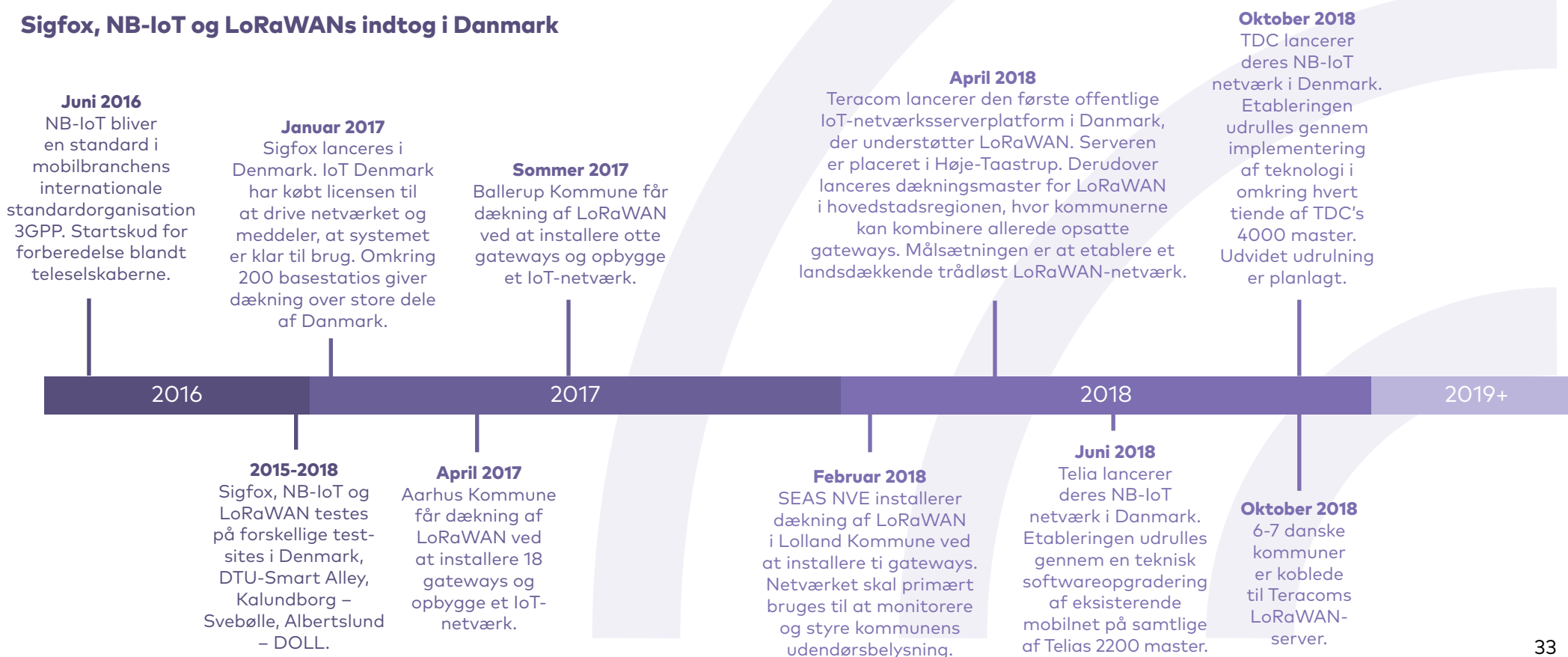
[Telensa](#) er en britisk virksomhed, der leverer helhedsløsninger på deres eget Ultra Narrow Band (UNB). De kører på en del af de åbne licensbånd 868,0-868,9 MHz. De tilbyder at opsætte basestations, som kan dække en hel by. De løsninger og applikationer de leverer, er fokuserede på belysning, men virksomheden er også på vej ind på områder som affald. Telensa leverer alt fra enheds- til softwareløsning og skaber dermed et IoT-netværk uafhængigt af andre. Dog integreret i eksisterende netværk ifølge virksomheden.

CASE

Hvem er allerede i gang med at bruge Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT i Danmark? Og hvilke kommunale opgaver kan teknologierne være med til at løse?

I denne del giver vi dig et indblik i, hvordan smalbånd bruges ude i det virkelige liv. Vi beskriver nogle væsentlige kommunale opgaver, du måske kender fra før, men med et nyt perspektiv. Vi udvider beskrivelsen af, hvad der laves til, hvordan det laves. Her kan du for eksempel læse om, at Bornholms Regionskommune er i gang med at effektivisere deres affalds-afhentningsservice i sommerhusområder gennem en IoT-smalbånds plug-and-play løsning på NB-IoT. Du kan også læse om, at Ballerup Kommune arbejder på skabe bedre styring af deres bilflåde med en IoT-smalbånds hybrid-løsning på LoRaWAN. Men først en lille historisk gennemgang af smalbåndenes indtog i Danmark.

Sigfox, NB-IoT og LoRaWANs indtog i Danmark



SMALBÅND ÅBNER FOR EN NY EPOKE I KOMMUNAL AFFALDSHÅNDTERING

Kommunen har ansvaret for, at husholdningsaffald indsamles og behandles på en bæredygtig og effektiv måde. I de fleste kommuner er affaldsindsamlingen baseret på, at husholdninger har et abonnement, som sikrer tømning af affaldsbeholdere efter faste tidsintervaller. En traditionel model der ikke åbner op for individuelt, tilpassede løsninger. Oftest har kommunen en forudbestemt rute for at tømme husholdningernes affaldsbeholder cirka hver eller hver anden uge. Den faste rute er gældende, uanset om borgeren er på ferie, har fået tvillinger eller børnene er flyttet hjemmefra. Det skaber unødvendig kørsel og overkapacitet med hentning af tomme, halv- eller overfyldte beholdere.

Driftsstandarder indenfor affaldssektoren har ikke været under meget udvikling de sidste par årtier. I dag er mange systemer ressourcetunge og ineffektive, hvilket i høj grad skyldes forældede manuelle indsamlingsmetoder og logistiske processer, der mangler effektive datastyrede løsninger.

Mere fleksible, kundenære og behovsnære affaldsløsninger kan muliggøre målrettede priser og servicefunktioner, som gør det attraktivt for borgere at sortere affald og derved mindske mængden af affald til forbrænding. Øget digitalisering, der indebærer øget monitorering af affaldsmængder, forventes at have store besparelspotentialer i forhold til støjgener og CO₂-udledning fra kørsel og penge, samt ikke mindst at give bedre service til borgerne.

De seneste år er flere tests af husholdningernes affald blevet gennemført med transmissionsløsninger over mobilnettet (GSM). Udfordringerne har været for høje hardwareomkostninger og ikke tilstrækkelige batterilevetider. Smalbåndsteknologi åbner for en ny epoke i kommunens affaldshåndtering, som er værd at tænke på, når man slukker natlampen, hvis man er kommunal affaldsplanlægger. De små datamængder, som kan sendes over lange afstande med lavt strømforbrug, åbner nemlig nye muligheder for affaldsbeholdere til enkelte husholdninger.

Fleksibel ruteplanlægning – affaldet hentes, når der er brug for det

Vi har fundet to cases, hvor digitalisering gennem nye smalbåndsløsninger muliggør optimeret ruteplanlægning, øget service til borgere og besparelser på miljø og økonomi.



Tre grunde til ny epoke

Smalbåndsteknologierne giver nye muligheder for at måle, styre og give feedback på husholdningernes affaldshåndtering. Her er tre grunde til at smalbåndsteknologi er godt nyt for affaldsbranchen:

1. Antal Vi har alle en affaldsbeholder ved vores hus. Det giver en kommune titusindvis af affaldscontainere, der skal tømmes. Skal der nu købes teknologi til hver eneste affaldsspand med risiko for snavs, regn og hærværk? Ja måske - smalbåndsløsningerne er i hvert fald teknologisk mere simple og en relativt billig hardware at installere.

2. Lokation Affaldsbeholderne står geografisk spredt ud i alle hjørner af kommunen - på gadehjørner og ved busstoppesteder uden elnet og nogle gange med lav mobildækning. Smalbåndsløsningerne har god batteritid og lang rækkevidde.

3. Data Den type information, du har brug for fra affaldsbeholderen, er ret simpel. Overførsel af data som fylde, lokation og temperatur er tilstrækkeligt for at planlægge en ny rute. Dette kan sagtens klares med smalbåndsløsningernes begrænsede overførselskapacitet.

SOMMERHUSE PÅ BORNHOLM FÅR BEDRE AFFALDSSERVICE - NB-IOT

Solskinsøen Bornholm har særdeles mange beboere, der ikke bor fast på øen - herunder gæster i 4.500 sommerhuse. Affaldsservicen for sommerhusejerne er en mulighed for afhentning fra påske til efterårsferien. Ønsket fra Bornholms Affaldsbehandling (BOFA) er nu at udvide servicen og give sommerhusejere mulighed for afhentning af affald gennem vinterhalvåret.

Tanken om at kunne tilbyde affaldshentning i vinterhalvåret passer også godt ind i Bornholms ønske om at tiltrække flere gæster i lavsæsonen.

I et års tid fra oktober 2018 til 2019 får 68 sommerhuse i Dueodde på det sydlige Bornholm mulighed for at få affaldet hentet hele året. Fyldemålere er installeret af firmaet [WASTECONTROL](#). Data fra deres IoT-målere sendes til [BOFA](#) via [Telias NB-IoT-net](#).

Transportørerne, der henter affald for BOFA, får på den måde dag for dag viden om det præcise renovationsbehov i området og kan planlægge de daglige ruter optimalt. De kan derfor se frem til at spare skraldevognene for unødvendige kilometer. Dermed giver den intelligente renovationsordning mulighed for at spare både tid, slitage og CO2-udledning.

Det er endnu for tidligt at aflæse resultater fra testen. På den lange bane er pejlemærket fra BOFA at give en bedre service til kunder for den samme pris. Den øgede service i vinteråret skal udjævnes af en mindsket tømning om sommeren, da flere sommerhuse ikke er beboede i alle sommerugerne. Derfor køres der i dag frem og tilbage til tomme og halvtomme affaldsbeholdere.

All-inclusive model i praksis

Test af fyldemåler på affald i sommerhuse på Bornholm er en af de første test af NB-IoT i Danmark. Set fra kommunens perspektiv kan denne smalbåndsløsning betragtes som en test af en fremtidig plug-and-play løsning – en all-inclusive-model. Kommunen køber hele løsningen af en aktør, som har ansvar for hele leverancekæden.

Telia har sørget for at etablere NB-IoT-netværk på Bornholm og deres serverløsning bruges til databehandling. WASTECONTROL leverer IoT-enhed/sensoren, og er i dette tilfælde kommunens indgang til løsningen og koordinerer i forhold til de forskellige niveauer - sensor, smalbåndstransmission, serverkapacitet og applikation. De sørger for, at det rette NB-IoT sim-kort bliver installeret i fyldemåleren.

I forhold til kommunens øvrige IT-infrastruktur er det centralt, at WASTECONTROL leverer brugbare data til BOFA's transportører, der kan indgå i allerede etablerede applikationer, der optimerer ruterne.

I forhold til valg af IoT-netværk, har mængde data per overførsel/datapakke været central i valg af netværk for WASTECONTROL. For at overføre dato, afstand, sensorens ID-nummer, fejlkode-acceptkode ville man bruge et system, som mindst tillader 30 bytes per datapakke.

BRUGERDREVEN AFFALDSINDSAMLING I HELSINGBORG - LORAWAN

Det kommunale affaldsselskab [NSR \(Nordvästra Skånes Renhållnings AB\)](#), der samler affald i seks kommuner i det nordvestlige Skåne, afprøver en "on-demand" løsning til den fremtidige digitaliserede affaldssektor. Initiativet er baseret på det potentiale, der ligger i at undgå at hente tomme og halvt fyldte affaldsbeholdere.

Hvordan ville det fungere, hvis borgerne selv kunne indikere, hvornår de vil have deres affaldsbeholder tømt? En markedsdialog har ledt frem til et Offentligt-Privat Innovations samarbejde (OPI) mellem NSR og virksomheden [Bintel](#). I samarbejdet testes LoRaWAN baseret på sensorteknologi, der gør affaldsbeholdere til serviceenheder, hvor kunden kan afgøre, hvornår beholderen skal tømmes.

Når husstanden indikerer, at affaldsbeholderen er fyldt op, sendes et signal til ruteplanlægningssystemet, der bruges af renovationsselskabet. Ud fra dette planlægger NSR dag for dag ruter baseret på borgernes behov. Løsningen gør derved brogerne, det vil sige husholdningerne, til en aktiv part.

Sensordløsningen er afprøvet på 250 husstande i Helsingborg under en seks måneders periode i 2018. Prisen er den samme uanset, hvor ofte du bestiller afhentning af dit affald - så selvom borgerne har mulighed for oftere at få tømt deres skraldespande, viser de første resultater alligevel, at NSR gennemfører 50 procent færre antal tømninger. Når man medregner et øgede antal kilometers kørsel, er den totale miljø- og omkostningsbesparelse på omkring 20 procent. Der er mange miljømæssige aspekter, der er interessante at evaluere i dette projekt - tømningens frekvens, mængden af affald, antal affaldsbiler, borgertilfredshed og arbejdsmiljø. Der er stor interesse for applikationen, som i øjeblikket bliver videreudviklet hos andre affaldsselskaber.

Halv-pension model i praksis

NSR afprøvede en sensorløsning, hvor borgerne selv afgør, hvornår deres affald skal hentes. Det er en af de første use-cases på LoRaWAN i Sverige.

Set fra kommunens perspektiv kan denne smalbåndsløsning betragtes som en test af en fremtidig halv-pensions-model. Helsingborg Stad har nemlig som en af de første kommuner i Sverige installeret sit eget LoRa-Wan-netværk. Deres gateway ejes af den kommunale virksomhed Øresunds-kraft. Kommunen ejer og drifter netværk, gateway og har [Actility](#) som underleverandør af IoT-netværks-server. Sammen med en række andre kommunale selskaber indgår Helsingborg i en fælleskommunal LoRaWAN-udviklingsplatform, [StadshubbsAlliansen](#).

Bintel og B&M Systemudvikling er leverandører af sensor og applikationsdelen. Data fra LoRaWAN-sensorer overføres til NSR's applikation for ruteoptimering, som indgår i den nyligt etablerede virksomhed Bintel.

ISHØJ FORSYNING MÅLER VANDSTANDE - SIGFOX

[Ishøj Forsyning](#) valgte i 2018 at implementere IoT-løsninger i deres daglige arbejde omkring skybrudssikring. Forsyningen har monteret niveaumålere i vandløb og åer rundt omkring i kommunen. Overvågningen via IoT-enheder giver et hurtigere overblik over, hvordan virkeligheden ser ud, og kommunen sparer tid og ressourcer i forhold til at gå ud og måle vandstanden manuelt.

Over de seneste år har blandt andet klimaforandringer og hyppige oversvømmelser langs St. Vejleå skabt udfordringer i området. Klimaforandringerne er kommet til udtryk i form af ændret nedbør, kraftigere sommerregn, vådere vintre og stigning i havniveau.

Ved at sætte vandstandsmålere på strategiske steder, skaber Ishøj Forsyning et overblik over vandstanden, og er dermed bedre forberedt ved skybrud. Vandstandsdata kombineres blandt andet med regndata fra DMI og fra fysiske regnvandsmålere fra både DMI og IoT Denmark.

Data fra vandstandsmålerne øger muligheden for at tilbageholde og styre regnvandet ved eksempelvis at åbne og lukke sluser og på den måde aflede vandet gennem pumpestationer. Overvågningen er også med til at skabe grundlag for den langsigtede planlægning af indsatser for klimasikringsløsninger, for eksempel større regnvandsledninger og integration af vand som et rekreativt element i by- og parkmiljøer.

All-inclusive model i praksis

Ishøj Forsyning overvåger vandniveauer i kommunens naturlige vandløb med Sigfox-netværket. Set fra Ishøj Forsynings perspektiv er dette en plug-and-play løsning leveret af den danske Sigfox-udbyder [IoT Denmark](#). Det indebærer, at samtlige dele - fra sensor, smalbandstransmission, serverkapacitet til applikation - er integreret og klar til brug. Målere kommer fra den franske sensorproducent [HumBox](#) og leveres af IoT Denmark. Ishøj Forsyning har selv sat målerne op. Drift, sikkerhedsrutiner og vedligeholdelse af hele løsningen og netværket står IoT Denmark for. Løsningen kan også integreres i Ishøj Forsynings egen platform, hvis dette ønskes.

FREDERIKSBERG MÅLER PÅ KLIMALØSNINGERNE - LORAWAN

Frederiksberg kommune har været nogle af de første til at teste og udrulle digitale netværk. Gennem mange år har kommunen blandt andet testet, hvordan de kan bruge forskellige digitale netværk til at løse kommunale udfordringer. Som testarena har de brugt en gade i kommunen – Hollændervej.

I slutningen af 2016 tog [Frederiksberg Forsyning](#) initiativ til at udrulle et by-dækkende Wi-Fi-netværk (City Wi-Fi) - de installerede 850 access-punkter, der blev hængt op med omkring 100 meter mellem hinanden, samtidig med at der blev udrullet nyt fibernet. I 2017 valgte kommunen, at udvide netværket med en række LoRaWAN-gateways.

Et af de områder, hvor Frederiksberg har brugt de nye LoRaWAN-gateways er på klimaområdet. Kommunen afprøver sensorløsninger, hvor de overvåger klimatilpasningsprojekter, optimerer services til borgere og undgår oversvømmelser ved skybrud. Klimaforandringsprojekterne sker i samarbejde mellem Frederiksberg Kommune og Frederiksberg Forsyning. Gennem LoRaWAN-baserede sensorer måles vandgennemstrømning i kommunens klimatilpasningsprojekter. Gennem sensorløsningerne får kommunen et overblik over niveauet af regnvand, spildevand og drænvand, der skal ledes væk til rensesanlæggene Lynetten og Damhusåen.

Kommunen er engageret i en række klimatilpasningsprojekter sammen med en række andre kommuner, som skal gøre byerne mere robuste og i stand til effektivt at håndtere voldsom regn. LoRaWAN-netværket har givet nye muligheder i forhold til det allerede eksisterende City Wi-Fi. Smalbåndet har gjort det muligt at udvide kommunens digitale målepunkter til områder under jorden og til løsninger, der kører på batteri. Løsninger for lokal afledning af regnvand – LAR-løsninger, havde ikke været mulig uden et netværk med lang rækkevidde og lavt strømforbrug.

Frederiksberg Kommune og Frederiksberg Forsyning ejer selv netværket, gateways og sensorer. De sørger selv for at integrere dataene i kommunens øvrige IT-systemer.



STYRING AF BILPARK I BALLERUP KOMMUNE - LORAWAN

Kommunens eget LoRaWAN-netværk

Ballerup Kommune har deres eget LoRaWAN-netværk og otte gateways, som blev sat op i sensommeren 2017. Arbejdet med at sætte netværket op startede med en analyse af mulige placeringer af gateways, hvor man identificerede højtbeliggende bygninger. Installationen af netværket blev gennemført med hjælp fra virksomheden Indesmatech. En af de centrale use-cases for kommunen i denne forbindelse er styring af kommunens bilpark. I dag testes også løsninger med trafikmålinger og monitorering af køleanlæg til fødevarer indenfor ældreplejen.

Styring af kommunens bilpark

Ballerup Kommunes bilpark består af cirka 150 tjenestekøretøjer. Bilerne er både ejet og leaset og administreres decentralt af centre og institutioner.

Ballerup har gennem test med GPS-trackere i dele af bilflåden påvist, at der kan ligge store besparelser ved bedre at udnytte brugen af bilerne. Over de næste par år fra 2019 til 2022 udrulles GPS-sensorer i hele bilparken - fra vagt, til hjemmeplejen og til teknisk forvaltning.

Arbejdet med at monitorere, hvordan køretøjerne udnyttes på tværs af hele kommunen, skal give datagrundlag for at højne udnyttelsesgraden. Når kommunen ved, hvilke biler der bruges hvornår, kan man få en højere udnyttelsesgrad og bedre/billigere leasing- og serviceaftaler. Den forventede effekt er færre køretøjer, viden om det er mest rentabelt at eje, lease eller leje og udvikling af et booking-system på tværs af afdelinger.

Økonomi

Trods udgifter til halvandet årsværk til omlægningen af bilparken og oprettelse af et bookingsystem, samt investeringer i GPS'er til alle kommunens biler, forventer Ballerup en nettogevinst på omkring en halv million kroner over en periode på fire år. Besparelserne sikres gennem effektiv styring af kommunens bilpark, billigere administration og en mindre bilpark med en højere udnyttelsesgrad. Omstillingen forventes også at skabe miljøgevinster og sociale gevinster gennem flere miljøbiler og bedre samarbejde mellem afdelinger.

At skabe værdi ud fra data kræver arbejde

En vigtig pointe er, at værdien af din nye IoT-data varierer afhængigt af dit øvrige dataarbejde. Den relativt enkle del er at få gateways og sensorer/IoT-enheder sat op. Den svære del er at få det indarbejdet og omsat i og til kommunens øvrige systemer. At få matchet data og sat det op på den rette måde kræver oftest lavpraktisk arbejde. Hvis din kommune for eksempel vil bruge data til at vise køremønstre, og hvor meget kommunens bilflåde bruges, så kræver det, at en medarbejder finder en liste over samtlige registrerede biler i kommunen, en oversigt over hvilke biler der ejes, lejes og leases af kommunen, og hvilken tracker, der er placeret i hvilken bil.

Hybrid-model i praksis

Ballerup Kommune har i dag en såkaldt hybrid-model for deres LoRaWAN-netværk. Hybrid-modellen indebærer, at et lokalt net er koblet sammen med et andet LoRaWAN-netværk, og muliggør optimering af signaler og deling af signaler. Ballerup Kommune ejer selv gateways, som er koblet op på Teracom.

Teracom har to roller; for det første er de driftsansvarlige for det overordnede netværk, for det andre er de IoT-netværks-serveroperatør. Dette indebærer blandt andet roaming mellem netværk, der er koblet op på samme hybrid model. Hvis en af Ballerup Kommunes biler kører til Aarhus, kan den fanges af Aarhus' lokale LoRa-signaler.

Hybrid-modellen er i dag mulig, når du har tilladt deling af dine gateways og har den samme IoT-netværks-serveroperatør. Der arbejdes på flere modeller for at koble LoRa-netværk sammen, og det forventes, at der kommer flere modeller for netop det i den nærmeste fremtid.

Ballerup Kommune arbejder selv med at afkode data og gøre LoRa-datastrengerne læsbare og få dem lagt over i kommunens database. Internt har kommunen haft fokus på helheden - hvad er det for nogle arbejdsgange, man som kommune vil gå ind og holde styr på, og hvem er brugerne, der skal have adgang til dataene.

Trafikmålinger

Ballerup Kommune har besluttet selv at gennemføre en del af kommunens trafikmålinger. Planen er, at kommunen indkøber kameraer, der kan måle trafikken og sende data via kommunens eksisterende LoRaWAN. I dag betaler kommunen omkring 150.000 kroner om året for omkring 115 årlige tællinger hos en ekstern leverandør. Ved selv at udføre en tredjedel af tællingerne kan kommunen spare penge.

Første år sker en mindre besparelse på grund af investering i kamera og programmering på 40.000 kroner. Derefter forventes en besparelse på 50.000 kroner per år.

År	2019	2020	2021	2022
Driftsbesparelse (i kroner)	50.000	50.000	50.000	50.000
Driftsudgift (i kroner)	40.000	0.00	0.00	
Nettobesparelse (i kroner)	10.000	50.000	50.000	50.000

Beregningerne bygger på, at Ballerup Kommune allerede har investeret i LoRaWAN-gateways og oparbejdet erfaringer og rutiner indenfor dette. Omkostninger til at installere egne kameraer, er ikke en del af beregningen, men det bør der også tages højde for.

KAMSTRUP FJERNAFLÆSER VAND I ANTWERPEN - SIGFOX

Den belgiske forsyningsvirksomhed [Water-link](#) leverer vand til knap 650.000 kunder i Belgiens næststørste by, Antwerpen. Fra 2017 til 2020 installeres fjernaflæsning af vandmålere hos 200.000 af Water-links kunder - disse vandmålere leverer den danske virksomhed [Kamstrup](#). Vandmålerne, MULTICAL® 21, kommunikerer over Sigfox-netværket.

Vandmåleren er oprindeligt udviklet med den trådløse, europæiske standard wireless M-Bus, en teknologi der har været anvendt til måler aflæsning i en årrække. Ved at benytte Sigfox til fjernaflæsning af målerne mindskes mængden af data, der kan overføres - til gengæld får man adgang til et trådløst Sigfox-netværk med stor rækkevidde fra en ekstern leverandør, hvilket betyder, at kunden ikke selv skal installere et netværk. Sigfoxs datakapacitet matchede behovet, da en eller få aflæsninger per dag er relevante for Water-link. Ved screening af forskellige muligheder i 2016 faldt valget på Sigfox på grund af, at de tilbyder et robust netværk, en høj indendørs dækningsgrad og konkurrencedygtige radiochips.

Prototypeudvikling og tests af den nye Sigfox-baserede MULTICAL® 21-vandmåler blev gennemført i et samarbejde med Hydroko, som producerer en ventil, der gør vandværker i stand til at kontrollere mængden af vand, som kunden modtager.

Ved at udskifte de gamle mekaniske vandmålere og ventiler uden elektronisk styring, behøver kunderne ikke længere selv at lave den årlige vand aflæsning og indsende den med post eller i en formular på nettet. Water-link kan automatisk få besked om lækager, og give et bedre overblik over, hvor mange penge der skal opkræves for det leverede vand hos kunden. Tidligere har Water-link haft personale ude mange gange om året for manuelt at åbne for vandforsyning hos forbrugerne.

Alternative IoT-netværk

Kamstrup tilbyder flere forskellige trådløse netværk til deres kunder. De har udviklet netværket Wireless M-Bus sammen med en række europæiske samarbejdspartnere. Netværket kan blandt andet bruges der, hvor kunden har brug for at sende mere hyppige data, eksempelvis på timebasis eller oftere.

For at bruge Wireless M-Bus skal der installeres et netværk. De intelligente målere forbindes med en "koncentrator", der groft kan sammenlignes med LPWAN's gateway/basestation. Hvis Wireless M-Bus-målerne er inden for rækkevidde af koncentratoren, så identificerer, forbinder og aflæser den automatisk data fra de forskellige målere.

SEAS-NVE MULIGGØR LYSSTYRING I LOLLAND KOMMUNE - LORAWAN

Andelselskabet [SEAS-NVE](#) har udviklet lysstyring for udendørsbelysning baseret på LoRaWAN-netværket. I deres IoT-økosystem indgår gateways, IoT-enheder til lysarmaturer og udvikling af SEAS-NVE's egen lysstyringsapplikation, Street Light Vision.

Med det primære mål at skabe bedre mulighed for lysstyring afprøver SEAS-NVE Udelys A/S, den del af SEAS-NVE med ansvar for lysinfrastruktur, en udrulning af LoRaWAN-netværket i Lolland Kommune. Bedre lysstyring skal gerne bidrage til både bedre udnyttelse af energien, bedre overvågning og kundeservice. Omkring ti gateways er sat op på højt beliggende steder i kommunen. Det er det franske firma Atctility, der leverer netværksserveren.

Et vigtigt parameter, der muliggør udviklingen, er, at SEAS-NVE ejer lysarmaturerne og har en driftsaftale med Lolland Kommune i forhold til belysningsinfrastrukturen. I driftsaftalen fremgår reducere af energi. Lysstyring indføres nu, samtidig med at belysningsarmaturer skiftes til LED. IoT-enheden, der styrer lyset, er bygget ind i armaturerne allerede, når de installeres og er derfor koblet på elnettet.

Udviklingen giver mulighed for bedre at tilpasse lyset til borgernes behov for eksempel gennem situationsspecifikke dæmpninger af lyset. Hvis der for eksempel er fest på en af byernes skoler, og du vil derfor gerne vil have fuld lysstyrke på hele tide i stedet for den sædvanlige dæmpning på 50 procent mellem klokken 23.00-01.00, så er det muligt. Derudover kan man skabe væsentlige forbedringer i overvågningen af infrastrukturen med fejmeddelelser, hvis lamperne ikke fungerer, som de skal. Teknologi, der muliggør dæmpning af lyset, forventes at skabe væsentlige forbedringer for både miljø og økonomi. Kommunen regner med at kunne spare 30 procent af strømforbruget, hvilket er en besparelse på cirka en million kroner på elregningen om året.



Plug-and-play løsning som en del af en servicekontrakt

SEAS-NVE er ansvarlige for drift og vedligeholdelse af udendørsbelysning i Lolland Kommune. Opsætning og vedligeholdelse af et LoRaWAN-netværk er iværksat og koordineret af SEAS-NVE. Lolland Kommune modtager således en service – de får en ny plug-and-play løsning som en del af deres servicekontrakt. Kommunen har ingen aktørrolle i IoT-økosystemet, men får nye services i applikationen Street Light Vision, som for eksempel muligheden for at styre lyset i hver lygtepæl.

LoRaWAN er valgt som netværk dels på grund af god dækningsgrad i det landsbybaserede område, og dels på grund af muligheden for at dæmpe, slukke eller tænde lyset.

HVORDAN SKAL JEG VÆLGE?

Nu er vi igennem de mest grundlæggende elementer af smalbånd som teknologi og hvilke dele og roller, der typisk findes inden for dit IoT-netværk. Du føler dig forhåbentlig bedre klædt på og måske spørgsmålslysten i forhold til, hvordan dit IoT-økosystem skal se ud og drives. Nedenfor har vi samlet en række spørgsmål, der hjælper dig med at vurdere, hvilket netværk der passer bedst til dine behov. Det er en overordnet guide til, hvilken type af sensor du behøver, og om hvorvidt du har kapacitet til at arbejde selvstændigt med de forskellige IoT-niveauer, eller om du skal købe en plug-and-play løsning. Spørgsmålene skal også ses i forhold til valg af andre IoT-netværk som blandt andet Wi-Fi og Bluetooth. Eksempelvis hvis du starter med spørgsmål 1, og har brug for at overføre meget mere data end antallet af tegn i denne sætning, er smalbånd sandsynligvis ikke den rette teknologi for dig.

Vigtige spørgsmål til en kommune ved valg af IoT-infrastruktur

1. Hvor meget data har jeg brug for at overføre?
2. Hvor mange IoT-enheder/sensorer har jeg behov for at tilkoble?
3. Hvor skal mine IoT-enheder/sensorer placeres? Udendørs, inde i bygninger, i kælderniveau, under gadeplan/jorden?
4. Hvem er leverandør af kommunens øvrige IT-infrastruktur? Hvem er din server- eller cloudoperatør i dag? Det er et kritisk punkt for at kunne lagre og behandle data i kommunens eksisterende digitale infrastruktur. Uden denne integration får du ikke noget ud af din IoT-løsning.
5. Vil dine IoT-enheder blive udsat for eksempelvis regn, kraftige temperaturudsving eller hærværk?
6. Bliver IoT-enhederne placeret i nærheden af el, eller skal enhederne køre på batteri?
7. Hvor mange interne ressourcer i kommunen har jeg til rådighed til IT-integration?
8. Hvor mange ressourcer råder jeg over til at udbygge, vedligeholde, optimere og drifte et eventuelt lokalt IoT-netværk, herunder IoT-enheder/sensorer?
9. Hvilken type af serviceaftale har jeg brug for fra blandt andet applikations-, cloud- og netværksejer?
10. Hvem har ansvaret i de forskellige led, hvis der opstår brud i leverancekæden?
11. Har jeg de rette kompetencer internt, der kan udtrække og analysere data?

Husk at valget af IoT-løsning først bliver relevant, når du har en god idé om, hvilket problem du vil løse, eller hvilken service eller værdi du vil skabe for dine borgere.

Hvis du har brug for at overføre informationer, der indeholder flere tegn end denne sætning, er smalbånd sandsynligvis ikke den rette teknologi for dig.

HVORDAN SKÆRES DIN IOT-KAGE?

Brug lagkagemetaforen til at vælge dit trådløse netværk

Ligesom med en lagkage er du nødt til at vælge, hvilke ingredienser du vil bygge dit trådløse netværk på. Vælger du chokolade frem for hindbær? Vælger du hastighed frem for svartid?

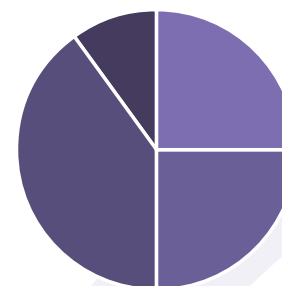
En grundlæggende tommelfingerregel, når du vælger IoT-netværk, er, at du skal vælge mellem følgende:

- **Hastighed** (hvor hurtigt du vil sende data)
- **Rækkevidde** (hvilket område du vil dække)
- **Strøm** (hvor hurtigt du bruger batteriet)
- **Svartid** (hvor lang tid det tager at klargøre datapakker)

Lagkagemetaforen illustrerer dine valgmuligheder i dit IoT-netværk. Hvis du kun vælger chokoladen, er der mindre plads til hindbær - hvis du vil sende data hurtigt, bruger du mere strøm. Det ene valg er på den måde også et fravalg, som du skal være bevidst om.

Hvis vi ser på de netværk, der er sammenlignet i denne guide, gælder de samme principper - vælger du Sigfox er hovedingrediensen i din kage rækkevidde, og du får lidt lavere hastighed. Vælger du LoRa-WAN, der er en fleksibel protokol, bliver hovedingrediensen højere hastighed, mens du får lidt mindre rækkevidde.

Spørgsmålet er, hvilken kage du bedst kan lide?



Skal jeg vælge Sigfox, NB-IoT eller LoRaWAN?

Vi kan vist lige så godt afsløre, at vi ikke kommer til at svare dig på, hvilket netværk du skal vælge, men vi har samlet nogle elementer, der kan hjælpe dig til selv at finde svaret. Formentlig kommer flere af netværkene til at eksisterer parallelt og sammen med andre netværk. Det vigtigste for os er ikke, hvad du vælger, men at du vælger. Og du kan vælge flere netværk. Tiden er inde til at eksperimentere og afprøve flere løsninger.

Med **Sigfox** undgår du den indledende investering i kommunikationsinfrastrukturen, der er nødvendig for at opbygge dit eget dedikerede IoT-netværk. Du kan få en plug-and-play løsning, hvor du ikke skal bruge ressourcer på at udbygge, vedligeholde, optimere og drifte et netværk. Opstarten bliver dermed ofte billigere. Sigfox er et relevant valg, hvis du ønsker at undgå at installere og drive dit eget netværk, samt at små dataoverførsler med lav hyppighed er tilstrækkeligt til at tilfredsstille dine behov for data. Hvis du vælger en Sigfox-løsning, ejer du ikke infrastrukturen. Du er derfor afhængig af Sigfox, hvis du vil opdatere eller udskifte dele af dit IoT-økosystem. Husk at efterspørge udtræk af rå-data fra systemet af din sensor/applikations-leverandør.

Med **NB-IoT** har du en lignende netværksmodel som med Sigfox. Netværksudbyderen, i dette tilfælde et licens-indehavende teleselskab, tager sig af den daglige drift og vedligeholdelse, mens du tegner abonnement på netværket. Teknologien er stadig under udvikling, og telekommunikationsudbydere er i øjeblikket ved at udvide dækningen. Ligesom med Sigfox er der ingen opstartsinvestering for at tilgå IoT-økosystemet. NB-IoT understøtter tovejskommunikation i højere grad end Sigfox, hvilket kan være nødvendigt for opdateringer af IoT-enhedens software. NB-IoT kan overføre større datamængder end Sigfox. På netværket har hver IoT-enhed en "egen kanal" til transmission - det minimerer risikoen for forstyrrelser. Du ejer ikke infrastrukturen og er derfor afhængig af din telekommunikationspartner for at sikre, at dine krav overholdes. Hvis dine IoT-enheder skal fungere på et NB-IoT-netværk, skal de udstyres med et sim-kort. Det er endnu ikke klarlagt, hvorvidt dette skal indgå i kommunens teleudbud. Data bliver aflæst via en IoT-netværksserver, der stilles til rådighed af operatøren, hvorfra data kan udtrækkes og overføres. Batteritiden på NB-IoT forventes at være lavere end for Sigfox – og sammenlignet med LoRaWAN er det afhængigt af LoRa-netværkets opsætning.

Med **LoRaWAN** findes alle typer af netværksmodeller. Du kan selv eje infrastrukturen og tage dig af den daglige drift og vedligeholdelse. Alternativt kan du købe dig ind hos en LoRaWAN-netværksudbyder og være abonnementskunde på samme måde som ved Sigfox og NB-IoT. LoRaWAN opererer på et åbent frekvensbånd, men protokollen er koblet til Semtechs radiochip-teknologier. LoRaWAN er det mest fleksible system blandt de tre, vi har gennemgået i denne guide - du kan opskalere dækning efter behov, udskifte operatør på netværk og netværksserver, og du kan justere, hvilken databehandling du vil have i dit IoT-økosystem. Men det kræver også større viden og flere ressourcer at opsætte og drive et netværk selv. Der er store muligheder i at trække data ind i din øvrige IT-infrastruktur, men du skal have viden og ressourcer for at opnå værdi. LoRaWAN understøtter flere niveauer af tovejskommunikation, hvis netværket er sat op til det. Problemet er,

at denne funktion bruger strøm og indebærer måske, at dine IoT-enheder skal være opkoblede til elnettet. LoRaWAN har større kapacitet til at overføre data end Sigfox og beregnes for at være på samme niveau som NB-IoT, men det er afhængigt af, hvordan netværket er sat op.



AFLUTTENDE REFLEKSIONER

KAN EN KOMMUNE GIVE BORGERNE ADGANG TIL SMALBÅNDSINFRASTRUKTUR?

Vores case-gennemgang har forhåbentligt givet dig et billede af, at kommunen kan skabe direkte værdi for borgerne gennem løsninger med smalbåndsteknologi. Men kan en kommune give direkte adgang til netværket for borgere og virksomheder? Og ville adgang til et smalbåndsnet øge innovation og engagement hos borgere, virksomheder og boligforeninger? Ville nye initiativer til at dele transport, mindske CO2-udledning og spare på vandet opstå?

Vi starter med spørgsmålet, om kommunen kan give adgang. Hvis vi sammenligner med Wi-Fi fra mobilnetværket, er det offentliges mulighedsrum ret begrænset. Flere byer i Europa har prøvet, men her er det tydeligt, at loven siger, at det er en kommerciel og ikke offentlig opgave at sprede de licenserede mobile båndbredder videre. Men hvad med smalbåndsteknologierne? Er det muligt at skabe et licensfrit community-netværk? Privatpersoner kommer sandsynligvis ikke til at installere egne gateways/basestations inden for en overskuelig fremtid, så kan de bruge kommunens? Hvilke netværk ville være mest gavnligt til at skabe borgeradgang til? Af de tre smalbåndsprotokoller Sigfox, NB-IoT og LoRaWAN er det kun LoRaWAN-netværket, der giver mulighed for "do-it-yourself".

Muligheden for adgang kommer ikke alene til at skabe brugeraktivitet, det vil kræve en samskabelsesproces, hvor borgere og virksomheder klædes på til at indgå i smalbåndsteknologiernes mulighedsunivers. Og selvom netværket er frit, er der omkostninger til netværksserver og databehandling. At kommunale ressourcer giver muligheden for, at borgere kobler sig op på et smalbåndsnet, vil nok kræve lidt mere forklaring, kommunikation eller uddannelse end nye lys på legepladsen eller reduceret tandlægeregning for borgere på over 65 år.

Ville et kommunalt tilgængeligt IoT-netværk skabe mere aktivitet, flere og anderledes løsninger? Selvfølgelig findes der intet klart svar her, men svaret er muligvis ja, hvis det følges op med et kommunalt initiativ om at inspirere borgerne til det. En landmand kunne for eksempel selv tage ejerskab over indsamling af realtidsdata om rørlækage og afgrøder. En boligforening kunne inspireres til at måle og ressourceoptimere vand-, el- og varmekonsum. Smalbåndsnettet kunne skabe incitament for borgervidenskab (citizen science), hvor borgere indsamler data, som derefter bearbejdes af forskere. Hvis borgere, der selv sætter mål op, og for eksempel monitorerer eller styrer vandstand eller energi, vælger at dele den data med kommunen, bliver kommunen mere finmasket ved, at de private haver og huse indgår i den samlede data.

KOMMUNENS IOT-SMALBÅNDEKNOLOGIER I FREMTIDEN

Denne guide har været en rejse ind i det ukendte land. Der vælter smalbåndoperatører og -løsninger frem. Vi kan ikke spå om, hvad der kommer til at ske i fremtiden. Kommunens rejse mod smalbåndsteknologierne er stadig drevet af et lille community blandt GIS-medarbejdere, ildsjæle og IT-udviklere med indblik i teknologierne, som for nuværende kører forskellige test. Alt peger på, at kommunens drift og service til borgere med stigende behov i reducerede økonomiske rammer, til dels kan løses med øget digitalisering. At udnytte digitaliseringen er ren overlevelse for kommunen. For at gøre dette skal den viden og de erfaringer, der findes, bredes ud og bygges op. Myter skal overvindes, og vi skal turde at prøve ting af og lære af de ting, der ikke lykkes.

Helt overordnet er digitalisering ikke et valg. Vi kan vælge, hvordan vi vil digitalisere, men ikke om vi vil digitalisere. Digitaliseringen er kommet for at blive, men det er ikke det samme som, at skærme og dimser skal fylde din hverdag. Digitale produkter, brugt hensigtsmæssigt, kan bruges til at lægge skærmene væk og fokusere på de relationer, der er vigtige for dig. Men hvis vi ignorerer de digitale muligheder og siger, at vi ikke behøver at lære noget nyt, prøve ting af eller finde kommunens rolle i den nye teknologi, risikerer vi at miste chancen for at være med til at opbygge rammerne, som vi synes, de skal være i forhold til miljø, etik og moral, demokrati og relationer mellem mennesker.

Udover den store fortælling om, at smalbånd indgår som en del af samfundets digitale reinkarnation, er der direkte økonomiske gevinster forbundet med smalbånd. Ved at få bedre styr på hvilke biler der egentlig bruges hvornår, kan Ballerup Kommune spare penge ved at investere i et system, der fortæller dem, hvor bilerne er, og hvem de bruges af. Systemet muliggøres af LoRaWAN og forventes at spare kommunen en halv million kroner over en fireårsperiode. Aarhus Kommune har monteret LoRaWAN-baserede sensorer i 80 fjernvarmebrønde, som giver besked, hvis der er problemer under opsejling. Det forventes at spare kommunen 400.000 kroner om året i undgået nedbrud, lækage og spild.

Smalbåndsteknologiernes indtog i den kommunale sfære er ikke mere end to år gammel. Men hvor hurtigt bevæger det sig? Vi tror på, at ti eller hundrede af IoT-enheder i en kommune i dag kommer til at mangedobles i den nærmeste fremtid, men samtidig giver flere kommuner udtryk for, at den nuværende prisstruktur, hvor man betaler per enhed eller per overførsel ikke er holdbar, hvis udviklingen går fra de små hundrede til flere tusinde enheder.

Du får et funktionelt og fleksibelt IoT-netværk, når du har forskellige teknologier og netværk. Sandsynligvis vil kommunerne i fremtiden have flere netværk, hvor Sigfox, LoRaWAN og NB-IoT indgår som vigtige dele af den samlede IoT-løsning. I dag har kommunen dog svært ved at undgå forskellige IoT-serverløsninger, for eksempel hvis en vandmåler er koblet op på Sigfox-netværket, kører den på Sigfox Cloud, hvis en skraldespandssensor er på NB-IoT, kører det på TDC's serverløsning ved Vodafone, og en LoRa-indeklimasensor i skolen er sat op med Teracoms serverløsning. Det vil kræve mange ressourcer for kommunerne at navigere mellem forskellige løsninger, og der er risiko for, at der skabes datasiloer, løsninger mod en leverandør med for store omkostninger og ineffektivitet som resultat.

At bygge en fælles platform, hvor data fra forskellige IoT-netværk kan samles og deles, er en tanke under opsejling blandt de danske kommuner. En mission med Aarhus Kommune i spidsen. Ideen er at have en modtagecentral, som tager imod data uafhængigt af transmissionstype. Derved kan man undgå at lukke leverandører ude og få en nem måde at offentliggøre data, der ikke er personhenførbare.

I dag findes der allerede store og små spillere, som prøver at bestige bjerget af data, der kommer fra forskellige IoT-kilder i kommunen. Der er mange forskellige niveauer af integration af IoT-data, der gør det muligt at samle data genereret af IoT-enheder fra for eksempel bygninger, belysning, trafik, offentlig transport og affaldshåndtering. Der udvikles nu tværgående platforme, som kan behandle data fra flere af kommunernes systemer. Fra de helt store multinationale virksomheder som Kinetic for Cities fra Cisco, Google Cloud IoT og IoT Azure fra Microsoft til Københavns Kommune egenudviklede platform PUMA. Svenske iYggio fungerer som et mellemliggende lag mellem sensorer og netværk, der gør det muligt for flere brugere og tjenester at samles.

Men hvad er rollerne, omkostningerne og de forskellige funktioner mellem platforme, der samler forskellige IoT-netværk? Denne guide dækker ikke det næste skridt - at få dine forskellige IoT-netværk koblet sammen. Her er kun et ydmygt opråb om ønske og behov for en fremtidig guide på dette område. Et andet område, der er blevet omtalt under udviklingen af denne guide, er ønsket om en specifik guide til, hvordan man selv opbygger og driver et LoRa-netværk, eller et lignende netværk der muliggør en 'do-it-yourself' model. I dag arbejder flere kommuner, eksempelvis Frederiksberg og Ballerup med at dele måden de koder og integrerer deres LoRaWAN-netværk på open-source-fællesskabet GitHub. Flere kommuner overvejer også open-source-produkter som The Things Network, der kan bruges som byggeklodser i et IoT-økosystem. Der er ingen tvivl om, at der er behov for flere fællesskaber og et udviklingslandskab mellem kommuner, organisationer og virksomheder.

Der dukker også flere forskellige typer af netværk op, som fokuserer på 'the last mile' i din IT-infrastruktur. Netværk der er bygget op anderledes end LPWAN. Et eksempel er såkaldte mesh-netværk, hvor kommunikation mellem enheder er mulig. Tidligere har mesh-teknologien primært været brugt indendørs på løsninger med begrænset rækkevidde, eksempelvis smart styring af bygninger. Men disse teknologier gør nu entré i svært tilgængelige områder uden for elnettet. Et eksempel er danske NeoCortec, der lige nu tester sit netværk, NeoMesh, sammen med Røde Kors på Filippinerne på IoT-enheder der kan bruges til katastrofehjælp. Hvis vi kigger lidt længere ud i fremtiden, er det muligt, at databehandling ikke skal ske på separate netværksservere, men ude ved IoT-enhederne. Teknologier som "edge-computing", hvor behandling af data i større udstrækning kommer at ske mere decentralt, kan mindske behovet for IoT-netværksservere. Et andet meget omtalt område er 5G. Den første version af standarden er lige blevet færdig, og 5G-udstyr og -netværk forventes tilgængelig omkring 2020. Samarbejder bliver en paraply af frekvenser og metoder, der muliggør kombination af netværk, som kun bliver relevant for telenetoperatørernes smalband - NB-IoT. Hvordan og hvorledes, det kommer at spille sammen, er alt for tidligt at sige endnu.

SAMMENFATNING

- Denne guide er til dig, der arbejder med at udvikle den offentlige sektor, men ikke er ekspert på dimser og digitalisering. Et af de mest åbenlyse, men alligevel svære felter for det bæredygtige digitale samfund er at holde fokus på værdi og service til dine borgere. Du kan ikke vælge teknologi, før du ved, hvilket problem du vil løse. Hav smalbåndsteknologierne på dit mentale mulighedskort, men lad ikke teknikken styre.
- Med smalbånd kan vi opfylde nye behov, skabe bedre service til borgere og bevæge os mod et grønnere samfund. De sidste par år har skabt muligheder for dataforbindelse helt ud i den fjerneste skov, nede i kloakken, ude på heden eller langs motorvejen. Vi kan opdage, når vandet stiger i åerne, når det er tid til at tømme skraldespanden, dæmpe lyset, flytte køretøjet eller aktivere rottefælden. Der er en smal revolution med brede implikationer i gang.
- Smalbånd er ikke et særledes veldefineret begreb, og bruges også lidt forskelligt af fagfolk. Det korte og simplificerede svar på, hvorfor det kaldes smalbånd, er, at antallet af bånd, der bruges inden for et vist radiospektrum eller frekvensområde til at overføre data, er mindre (smallere) for smalbånd end for bredbånd. Internationalt går smalbåndsteknologierne - eller narrowband-teknologierne - under termen Low Power Wide Area Networks (LPWAN).
- Smalbåndsteknologier gør det muligt at sende meget små datamængder over lange afstande med lavt strømforbrug. Et smalbånd kan ikke bruges til at overføre større datamængder, som eksempelvis at streame musik eller lyd. Men de har en fordel, da et smalt bånd kræver en relativt simpel radioteknologi, som dermed giver billige og batterieffektive komponenter med lang rækkevidde. Ved at bruge smalbånd kan vi nå længere ud med vores digitalisering og undgå at overinvestere i digital kapacitet.
- Vi har valgt at fokusere på tre smalbåndsnetværk, NarrowBand-IoT, Sigfox og LoRaWAN, da det er de tre mest væsentlige løsninger for kommunen i Danmark i efteråret 2018. Netværkene adskiller sig væsentligt teknisk, og denne guide giver dig en introduktion til nogle af de elementer, du skal være opmærksom på, når du sammenligner systemer - eksempelvis: Hvem udbyder og udfører service på netværkene? Hvor meget data du kan sende? Hvor god er dækningsgraden? Kan jeg bruge mine sensorer til at roame?
- Udover smalbånd eksisterer der flere nye IoT-netværk. En del systemer bygger oven på allerede eksisterende infrastruktur – for eksempel GSM-nettet, som tilbyder det såkaldte mesh-netværk, hvor kommunikation mellem enheder er mulig.
- Vi har opdelt dit IoT-økosystem i seks niveauer;
1) IoT-enhed/sensor er en hardware, der kan "sans" det du har brug for i bymiljøet, eksempelvis lys, temperatur, lyd, støj eller luftfugtighed.

- 2) Trådløs overførsel af dit valgte smalbands-netværk (Sigfox, LoRaWAN eller NB-IoT).
- 3) Gateway/basestation/maste - hvor din data kobles op på internet.
- 4) IoT-netværksserver hvor behandling og konfiguration af din data gennemføres.
- 5) Applikation som er specifik for din sensorløsning.
- 6) Kommunens øvrige IT-infrastruktur.

- Som kommune i Danmark har du forskellige muligheder for at eje og drive smalbandsløsninger. Hvilken model, du vælger, afhænger af, hvor mange ressourcer du selv råder over til at udbygge, vedligeholde, optimere og drifte et netværk, samt hvilken service du ønsker.
- All-inclusive-modellen indebærer, at du køber en plug-and-play løsning, som er klar til brug. All-inclusive kræver færre ressourcer og kompetencer i din kommune. Du har udliciteret opgaven med at integrere og optimere delene i IoT-kæden. Du kan i stedet fokusere på det resultat, du vil opnå med din IoT-løsning.
- I halvpensions-modellen er dit system opdelt i to - en leverandør af IoT-enhed/sensor og eventuelt applikation og en transmissionsleverandør af gateway og netværksserver. Modellen giver kommunen mere transparens i sine netværks-omkostninger, og der er mere fleksibilitet til at udskifte og forhandle mellem de to forskellige aktører.
- Do-it-yourself-modellen indebærer, at du ejer, driver eller har enkelte aftaler på hvert niveau af din smalbandsinfrastruktur. Denne model giver mere fleksibilitet i hele dit økosystem, inklusiv forhandling på priser og intern vidensopbygning. Til gengæld kræver det væsentligt flere in-house IT-kompetencer. Af de tre sammenlignede netværk, er do-it-yourself-modellen kun mulig på LoRaWAN netværket.
- Ingen af de modeller, vi i dag har observeret på markedet, inkluderer integration af data til kommunens øvrige infrastruktur. Dette er et vigtigt aspekt at tage i betragtning, når du vælger serviceniveau på din smalbandsteknologi.
- Smalband muliggør en ny epoke for en række løsninger, der ligger uden for rækkevidden af den nuværende digitale infrastruktur. Indenfor affaldshåndtering åbner den relativt set billige hardware og lange rækkevidde en ny samfundsmæssigt businesscase - at sætte sensorer på affaldsbeholdere, der står geografisk spredt ud uden for elnettet. I dag afprøves IoT-baserede løsninger med fyldemålere i et sommerhusområde på Bornholm, og sensorer der giver mulighed for husholdningerne selv at indikere, hvornår det er tid til at hente affald i Helsingborg. Andre områder, der hjælper kommunerne til at spare ressourcer og give bedre borgerservice, er styring af kommunens bilflåde i Ballerup og måling af vandniveauer i kloak og klimatilpasningsløsninger i Frederiksberg. Den økonomiske gevinst af din IoT-løsning er vigtig for at kunne give overblik og styre beslutningsprocesserne, men som flere kommuner udtaler, så handler gevinsten også meget om fleksibilitet og kvalitet af data. Kommunen får bedre overblik over, hvad er det egentlig for data, vi har at gøre med derude, og hvordan kan vi bruge den internt.

Baggrunden for guiden er Gate 21-projektet "Klar til Smart Vækst", hvor 23 kommuner har gennemført et kompetenceforløb inden for helt centrale Smart City-områder med fokus på konkrete udfordringer.

- Det er vigtigt at skabe et billede af de totale omkostninger for at installere, bruge og servicere dit netværk. Total Cost of Ownership (TCO) af dit IoT-økosystem indebærer, at du har omkostninger udover sensorer, transmission, netværksdrift og databehandling. Nogle eksempler er omkostninger til at få placeret/installeret dine IoT-enheder, den tidsperiode du er bundet til at betale for løsningen og omkostningerne for at afkode og integrere data fra dine IoT-enheder til kommunens øvrige infrastruktur.
- En vigtig pointe er, at du som udgangspunkt kun kan bruge en IoT-enhed eller sensor på et netværk. Din sensor har på forhånd indbygget kapacitet til at transmittere data på et - og oftest kun ét - netværk. De dele, som chipsæt og antenne, der muliggør radiofrekvenser, er forskellige alt efter, hvilken teknologi der bruges.
- Selvom virkeligheden udvikler sig i et rasende tempo, og trådløse netværk til IoT ser anderledes ud om et til to år, giver vi i denne guide nogle byggeklodser og et tankegods, som du kan bruge i fremtiden. For selvom typer af netværk, aktørerne, hastigheden og prisstrukturen ændres løbende, vil du for eksempel stadig have behov for at afsøge, hvem der opsamler, overfører og visualiserer dine data.
- I dag kører mange IoT-løsninger på testbasis, du har måske ti eller hundrede enheder i din kommune. Men indenfor få år er dette sandsynligvis øget til tusindvis, hvor der indsamles rå-data, som hjælper dig med at overvåge dine kerneopgaver og træffe vigtige beslutninger. Derfor er det yderst væsentligt at kende helheden, herunder også transmissionsløsningerne. Markedet i dag er umodent og modeller for betaling per enhed eller per datapakke vil blive justeret når, kapaciteten og kundegrundlaget øges.
- Sandsynligvis vil kommunerne i fremtiden have flere netværk, hvor forskellige smalbånd- og bredbåndsløsninger indgår som vigtige dele af den samlede IoT-løsningen. I dag har kommunen dog svært ved at undgå forskellige IoT-serverløsninger. Hvis integrationen mellem forskellige løsninger ikke øges, vil det skabe store ressourcer at navigere mellem løsninger med risiko for datasiloer og ineffektivitet som resultat. At udbygge en fælles platform, hvor data fra forskellige IoT-netværk kan samles og deles, er en tanke under opsejling blandt de danske kommuner.

Her er nogle læsetips, og andre henvisninger til videre inspiration

[Kim Stannovs linkedIn blog - IoT og LPWAN demystificeret](#)

[Kamstrup sammenligning mellem Sigfox og NB-IoT](#)

[The Things Networks guide til at sætte et LoRaWAN-netværk op](#)

[Telias dækningskort for NB-IoT](#)

[Telia artikel om arbejdet med BOFA og WASTECONTROL](#)

[Kamstrup fjernaflæsning på vand i Antwerpen](#)

[TDC om Narrowband-IoT](#)

[Mark Rewers blog på LinkedIn om lagkagemodellen](#)

[Öresundskrafts samarbejde med Actility](#)

[Ballerup Kommunes omstillingsarbejde med bilflåde](#)

[Om Aarhus og SEAS-NVE LoRaWAN-netværk i Ingeniøren, fra april 2018](#)

[LinkLabs – der har lavet et white-paper og sammenligner forskellige IoT-netværk](#)

[NeoCortec samarbejde med LinkAiders i Filippinerne](#)



I [DOLL Living Lab](#) i Albertslund arbejdes der på at udvikle og udbygge det digitale byrum i samarbejde med en lang række nationale og internationale aktører. Det betragtes som et førende Living Lab i Europa, hvor der testes og demonstreres forskellige IoT-baserede use-cases i skalaen 1:1 på tværs af forskellige sektorer i byrummet (eksempelvis gadebelysning, affaldshåndtering, parkering og vand).

For at kunne forbinde og styre de forskellige løsninger har DOLL Living Lab siden 2014 arbejdet med den digitale infrastruktur, herunder forskellige typer af smalband eller LPWAN. I DOLL Living Lab vil arbejdet med disse netværk fortsætte i samarbejde med førende aktører, især med fokus på at udbygge en række use-cases, der skaber større gennemsigtighed og demonstrerer den samlede løsningsarkitektur fra IoT-enheder over netværksinfrastruktur til IoT-platforms miljøer.

TAK TIL

Denne guide er baseret på interview, snakke, gode ideer og tålmodige diskussioner med følgende personer:

- Anders Hedberg, CTO & Co-founder, Bintel AB, Sensefarm AB
- Björn Jacobsson, Digitaliseringschef, NSR
- Christian Damsgaard Jensen, Lektor, Computer Security and Distributed Systems, DTU Compute
- Hasse Hauch, GIS og digitaliseringschef, Frederiksberg Kommune
- Henrik Bo Hansen, Strategic Technology Officer, InQvation
- Henrik Christiansen, Associate Professor in Mobile Communications, DTU Fotonik
- Jakob Hildebrandt Andersen, Videnskabelig assistent, DTU Fotonik
- Jens Hjul-Nielsen, Direktør, BOFA
- Jens-Peter Meesenburg, Head of Enterprise IoT Denmark, Telia
- Jesper Ravnsbjerg, Business Manager, SEAS-NVE
- Jonas Brandt Hansen, Engineering & NOC Manager, Teracom
- Ken Sloth Rasmussen, Marketing Manager, Teracom
- Kim Brostrøm, Teknologichef, DOLL
- Kristian Krautwald, Sales Director, IoT Denmark
- Lars Dalgaard, GIS- og geodatakoordinator, Ballerup Kommune
- Lars Kruse Ravensbeck, Co-Founder & Partner, WASTECONTROL
- Maja Yhde, Projektleder Klar til Smart Vækst, Gate 21
- Morten Guldager, Prototype builder, InQvation
- Morten Koed Rasmussen, Klimamedarbejder, Høje-Taastrup Kommune
- Ole Brochstedt Jakobsen, Key Account Manager, SEAS-NVE
- Paul Martin Schwartz, Business Development Manager, Teracom
- Per Sieverts Nielsen, Senior Researcher, DTU Management Engineering
- Ricki Korsholm, Head of Product Management, Kamstrup
- Rune Domsten, Co-Founder, Indesmatech
- Sam Afzal-Houshmand, Videnskabelig assistent, DTU Compute, DTU Hacker Lab
- Søren Nørgaard Madsen, IoT & Smart City Strategist, TDC Erhverv
- Teddy Sibbern Larsen, Seniorprojektleder, DOLL
- Thomas Steen Halkier, CEO, NeoCortec
- Tom Johansen, CEO, Bintel
- Tom Togsverd, Partner, Indesmatech

Personer, der har bidraget med deres viden og entusiasme, står ikke til ansvar for fejl og mangler i denne guide.

Udgiver **Gate 21**

Redaktion **Karolina Huss, Gate21 & Bjørn-Erik Kölsch, DTU**

Udgivet **December 2018**

Layout **Kasper Lavlund Bornø Jensen**

Klar til Smart Vækst er støttet af



**GREATER
COPENHAGEN**



Partnere i Klar til Smart Vækst

