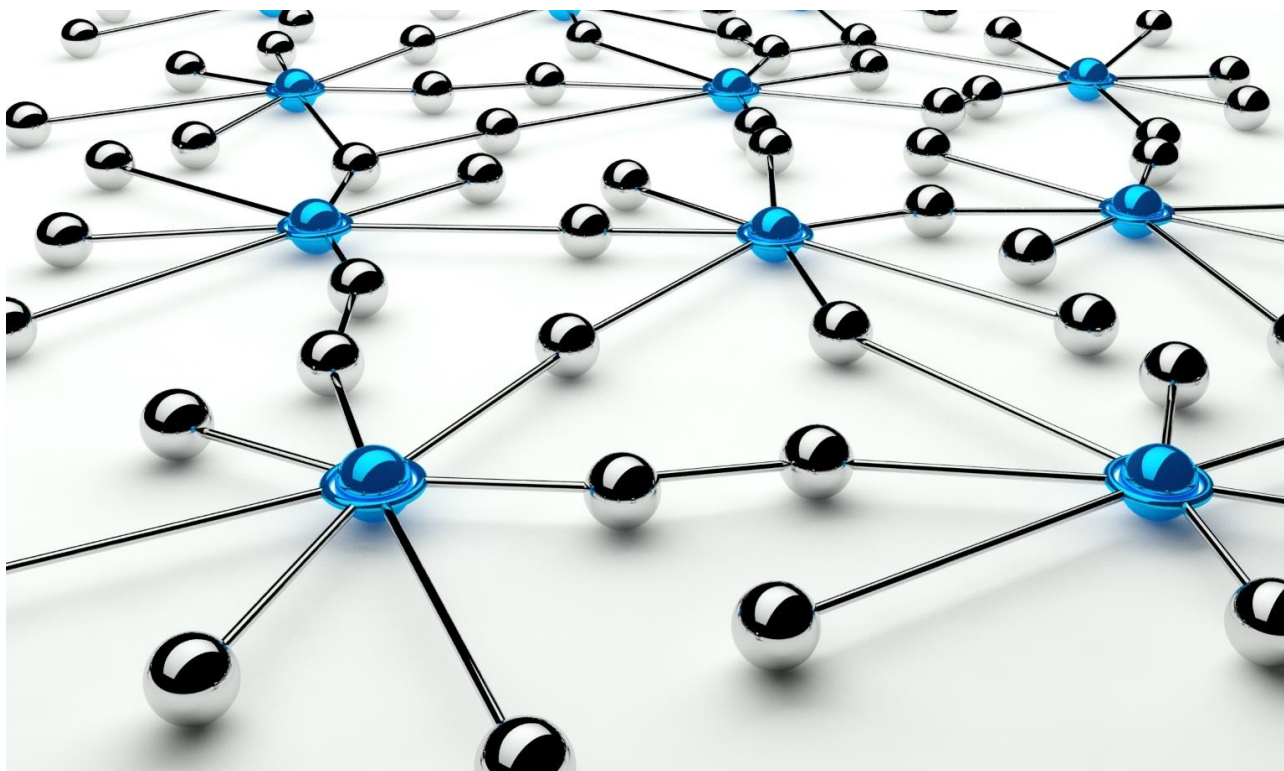


Dokumenttype
Rapport

Dato
juni 2017

GREATER COPENHAGEN WIFI OG TIDSSVARENDE MOBIL- OG BRED- BÅNDSDÆKNING



RAMBOLL

N E T P L A N



PORTEN TIL GRØN VÆKST

GREATER COPENHAGEN WIFI OG TIDSSVARENDE MOBIL- OG BRED-BÅNDSDÆKNING

1.	BAGGRUND OG RAMMESÆTNING	4
2.	OPDRAG OG METODE	5
2.1	Opdrag	5
2.2	Metode	5
3.	TEKNISKE LØSNINGER FOR IMPLEMENTERING AF GREATER COPENHAGEN WIFI	6
3.1	Grundlag for sammenligningen af tekniske løsninger	6
3.2	RADIUS-styring med wifi-controllere (SWECO)	7
3.3	Cloud managed services	9
3.4	Cloud controlled	10
3.5	Hybrid	11
3.6	Sikkerhed	12
3.7	Konklusioner på de tekniske løsninger	13
3.8	Kortlægning af eksisterende wifi-netværk	13
3.8.1	Kortlægningens begrænsninger	13
3.8.2	Kortlægning af eksisterende wifi-net i Helsingborg, Lund, Malmø, København og Albertslund	14
3.8.3	Wifi-dækning i Greater Copenhagen – overordnet	16
4.	FINANSIELLE DRIVERE	17
4.1	Relevante finansielle drivere for en fælles <i>Greater Copenhagen WiFi</i> -løsning	17
4.1.1	Finansiering af åbne wifi gennem direkte brugerbetaling	17
4.1.2	Understøttelse af smart city-løsninger	18
4.1.3	Tiltrækning af turister	20
4.1.4	Brug af netværk som platform for reklamer	20
4.1.5	Indhentning af data om brugeren	22
4.2	Finansielle drivere for generel udbredelse af wifi	22
4.2.1	Wifi-offloading	22
4.2.2	Salg af offentligt overskudskapacitet	23
4.2.3	Wifi som værktøj til udbredelse af hurtigt bredbånd	24
4.2.4	Wifi som en "value added service" og managed services	25
4.3	Eksempler på by-wifi og finansieringsmodeller	25
4.3.1	LinkNYC	26
4.3.2	Frederiksberg Forsyning etablerer eget wifi-netværk	26
4.3.3	Pensionselskaber og kapitalfonde kan investerer i wifi	27
5.	ORGANISATORISK FORANKRING	29

5.1	Generel forankring og ejerskab	29
5.2	Incitamentsstruktur	30
6.	JURIDISKE ASPEKTER	32
6.1	De regulerende lovsæt	32
6.2	Salg af offentlig overskudskapacitet	32
6.2.1	1-times-reglen	33
6.2.2	De juridiske rammers betydning for den videre proces ved <i>Greater Copenhagen WiFi</i>	33
7.	MOBIL- OG BREDBÅNDSDÆKNING	35
7.1	Kortlægning og udpegning af dårligt dækkede områder	35
7.2	Finansielle løsningsmodeller	37
8.	FREMTIDENS TEKNOLOGISKE SAMSPIL	38
8.1	Fremtidens mobilteknologi	38
8.2	Samspillet mellem teknologier	40
9.	PLAN FOR DET VIDERE ARBEJDE OG FREMADRETTEDE KONKLUSIONER	40
9.1	Tekniske løsninger	40
9.2	Udarbejdelse af fremadrettet proces	41
Bilag A	Teknisk og juridisk appendiks	43
Bilag B	Mobil- og bredbåndskortlægning i Region Hovedstaden	97

OVERSIGT OVER FIGURER

Figur 1: Teknisk løsningsforslag til fælles Øresunds-wifi.....	8
Figur 2 Offentlige netværk i København identificeret via openwifi.dk	15
Figur 3: Offentlige netværk omkring Rådhuspladsen identificeret via openwifi.dk	15
Figur 4: Facebooks Terragraph-netværk kan levere hurtigt internet i tæt befolkede områder.....	25
Figur 5 TDC datadækning	36
Figur 6 5G multi RAT arkitektur	39
Figur 7 Tidsplan for videre proces	42

1. BAGGRUND OG RAMMESÆTNING

I regi af projektet *“Copenhagen wifi og tidssvarende mobil- og bredbåndsdækning”* ønsker Region Hovedstaden at etablere et mere sammenhængende wifi-net, som kan styrke mulighederne for at udvikle bedre servicetilbud til borgere, virksomheder og turister samt løse samfundsudfordringer baseret på intelligent teknologi. Derudover sigter projektet også mod at kortlægge mobil- og bredbåndsdækningen i Region Hovedstaden for at identificere dårligt dækkede områder og forslå løsningsmodeller for organisering og finansiering rettet mod en tidssvarende dækning.

I den forbindelse arbejdes der på at udarbejde en wifi-infrastruktur, hvor åbne wifi-net i Region Hovedstaden tilsluttes den samme fælles login-løsning, så brugeren automatisk logges på alle netværk i det fælles *“Greater Copenhagen WiFi”* efter at have oprettet sig første gang.

Internationalt er en lang række byer og byregioner i gang med at arbejde målrettet mod en samspillende og moderne digital infrastruktur. Infrastrukturen er en nødvendighed i en tidsalder med øget digitalisering og automatisering. Den lægger grobunden for erhvervs- og vækstmulighederne for nationale og internationale virksomheder og for deres ønske om at lokalisere sig i og omkring Region Hovedstaden. Den lægger grobunden for udvikling af innovative (offentlige) serviceløsninger til borgere og samfundet. Ligeledes muliggør den en livsstil for borgere i Region Hovedstaden, som passer til borgernes digitale behov for mobiltelefoni, internet, streaming m.m.

Kampen om international talent spidser ligeledes til. At talentmassen har betydning for virksomheders investeringer, er ikke nyt. Novo Nordisk har for nyligt investeret i et stort research-laboratorie i Oxford¹. Dette gøres for at udnytte talentmassen i Oxford til at udvikle nye lægeprodukter. Disse produkter sendes videre til andre af Novo Nordisks laboratorier, som dermed arbejder sammen på tværs af landegrænser og tidszoner. Men som følge af den allerede kraftige digitalisering, oplever flere og flere virksomheder, at medarbejdere lige såvel kan sidde i Silicon Valley, som de kan i Oxford eller i København. Med videomøder og fildelingsmuligheder i *“skyen”*, skal et team ikke sidde i samme bygning eller land for at arbejde sammen. Facebooks og Apples investeringer i datacentre på Fyn og i Jylland har blandt andet været ud fra betragtninger om den digitale infrastruktur i Danmark. For at fortsætte med at være et attraktivt sted for talentfulde medarbejdere og investeringer, er der behov for en velfungerende og tidssvarende digital infrastruktur i Region Hovedstaden.

Ligeledes har flere internationale konsulenthuse peget på potentialerne inden for Internet of Things, big data og innovation gennem it. Bl.a. har McKinsey i 2015 vurderet det årlige vækstpotentiale globalt til at være langt over 25.000 milliarder kr.² Der er med andre ord ikke tale om en infrastruktur, som er *nice to have*, men en infrastruktur, som er *need to have*, hvis Region Hovedstaden fremadrettet skal være et attraktivt sted for virksomheder og borgere at slå sig ned i.

Indeværende rapport diskuterer en række tekniske løsninger, som er opstillet i rapporter til Region Hovedstaden sammen med løsninger, som er fremhævet af eksperter på området. Derudover præsenteres en række finansielle løsningsmodeller og organisatoriske forankringsmodeller. Ligeledes vil de juridiske aspekter blive belyst. Ydermere vil en status på den nuværende mobil og bredbåndsdækning blive præsenteret sammen med en perspektivering af fremtidens teknologiske samspil. Slutteligt vil der blive skitseret en plan for det videre arbejde med et Greater Copenhagen WiFi og tidssvarende mobil- og bredbåndsdækning. I nogle tilfælde vil konklusionen være et konkret input til den endelige løsningsmodel, i andre tilfælde vil den endelige beslutning være betinget af prioriteringer, der bør fastsættes politisk. I disse tilfælde sigter rapporten på at overskueliggøre de trade offs, der er forbundet med en endelig beslutning.

¹ <http://www.dr.dk/nyheder/penge/novo-direktoer-efter-stor-investering-vi-har-lagt-brexite-bag-os>

² McKinsey Global Institute, 2015, The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype

2. OPDRAG OG METODE

2.1 Opdrag

Rambøll Management Consulting (herefter Rambøll) er blevet bedt om at udarbejde en synteserapport om *“Copenhagen WiFi og tidssvarende mobil- og bredbåndsdækning”*. Opdragsgiver, Gate21, har modtaget en politisk bestilling fra Region Hovedstaden, hvortil der er foretaget en række analyser. Rambølls opgave har været at præsentere og diskutere de eksisterende analyser, samt at supplere med interviews af branchek eksperter indenfor de områder af den politiske bestilling, hvor det eksisterende materiale ikke muliggjorde en fyldestgørende besvarelse.

2.2 Metode

Rambøll har gennemført opgaven i perioden november 2016 til januar 2017. Som underleverandører har Rambøll modtaget bidrag fra Netplan samt Jan Stenmo (Eltel Networks). Netplan har fungeret som teknisk partner, og har bidraget med en stor del af den tekniske viden. Jan Stenmo har bidraget med teknisk indsigt og kvalitetssikring.

Den endelige rapport er en synteserapport, der samler og analyserer den eksisterende viden på området. Følgende rapporter har været centrale for opgavebesvarelsen:

- Løsningsmodeller for mobildækning, Rambøll Anycom, 2016
- Smart City infrastruktur, COWI, 2016
- Digitalinfrastruktur i LOOP City, COWI, 2016
- Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi, udarbejdet af SWECO i 2016
- Forretningsmodeller præsenteret af en række af verdens førende udbydere af wifi-teknologi til konferencen *“Wi-Fi Now 2016”*
- Mobil- og bredbåndskortlægning i Region Hovedstaden, udarbejdet af Netplan i august 2016
- Teknologivalg for bredbåndsadgang i det offentlige rum, udarbejdet af Netplan i december 2016
- Bedre bredbånd og mobildækning i hele Danmark, udarbejdet af Regeringen i marts 2013.

Der henvises til de enkelte rapporter for uddybende viden omkring de berørte emner.

Foruden de eksisterende rapporter er der indhentet viden fra en række tekniske eksperter gennem interviews:

- CISCO, Claus Holm, salgsdirektør, og Henrik Stær, teknisk direktør
- Jan Stenmo, Projektchef, Eltel
- Søren Nørgaard Madsen, IoT & Smart City Strategist, TDC
- Johan Terve, Vice President, Aptilo
- Claus Hetting, CEO Wi-fi-NOW
- Henrik Rasmussen, Projektleder, Københavns Kommune
- Brian Fournaise-Thomsen, Projektleder, AppKoncept
- Peter Daugbjerg Sørensen, Ingeniør, Frederiksberg Forsyning – IT business development
- Claes Brylle Hallqvist, Bisbebjerg og Frederiksberg Hospitaler

Sluttelig har Gate21 bidraget med viden fra egne interviews med:

- Frederiksberg Forsyning og Frederiksberg Kommune
- Vallensbæk Kommune
- Energistyrelsen

3. TEKNISKE LØSNINGER FOR IMPLEMENTERING AF GREATER COPENHAGEN WIFI

I nærværende kapitel vil to overordnede tilgange til etablering af en fælles wifi(login)-løsning blive præsenteret. I det eksisterende materiale (nævnt i kapitel 2) har der været fokus på kvalificeringen af en central styring af et fælles login-opslag på en RADIUS-server. Dette styres blandt andet ved wifi-controllere. Derudover findes der en række andre tekniske løsninger, som vurderes som relevante for implementering af et Greater Copenhagen WiFi. I interviews med eksperter er det eksempelvis blevet påpeget, at en central styring gennem cloud managed services er et reelt alternativ. Dette vil ligeledes blive beskrevet. Derudover vil resultaterne af en kortlægning af eksisterende wifi i Regionen blive præsenteret.

Afsnittet bygger på:

- En række journalistiske artikler med eksempler på wifi use cases
- Et interview med wifi-ekspert Claus Hetting
- Et interview med Jan Stenmo, Eltel
- Et interview med Claus Holm og Henrik Stær, CISCO
- Et interview med Søren Nørgaard Madsen, TDC
- Et interview med Aptilo, wifi service management virksomhed
- Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi, udarbejdet af SWECO i 2016
- Mobil- og bredbåndskortlægning i Region Hovedstaden, udarbejdet af Netplan i august 2016
- Teknologivalg for bredbåndsadgang i det offentlige rum, udarbejdet af Netplan i december 2016.

Der henvises til de individuelle rapporter, for en nærmere teknisk gennemgang, af de nedenstående præsenterede tekniske løsninger.

3.1 Grundlag for sammenligningen af tekniske løsninger

Når der skal vælges en ny wifi-løsning, er der mange faktorer, der spiller ind. I de afholdte ekspertinterviews er det blevet fremhævet, at de tekniske kravspecifikationer bør være styret af, hvilke forretningsmodeller og hvilken organisering man ønsker at benytte. Disse områder gennemgås derfor i selvstændige afsnit (kapitel 4 og 5).

Overordnet prioriteres det, at den tekniske løsning understøtter **sømløshed** og smart city-løsninger, samt at **dækningsgraden** maksimeres. **Organisatorisk** er det vigtigt, at den tekniske løsning understøtter muligheden for at skabe stærke **incitament** og **finansieringsmodeller** for ejerne af relevante wifi-netværk til at lade deres netværk indgå i den fælles løsning. De forskellige parametre er gengivet i tabel 1. Det er på baggrund af disse, at nedenstående beskrevne tekniske løsninger vil blive analyseret.

Parametrene er præsenteret nedenfor.

Tabel Parametre

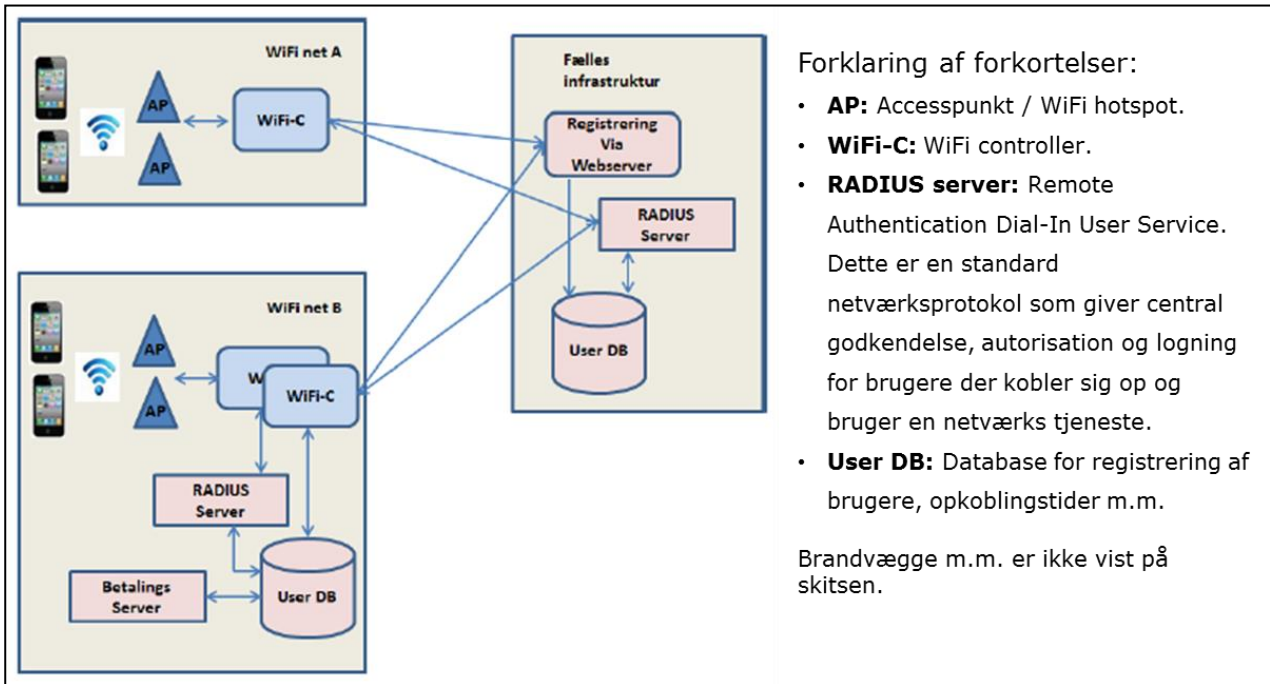
Parameter	Bekrivelse
Sømløshed	For at det fælles wifi-netværk opleves som sammenhængende for forbrugeren, er det vigtigt at overgangen mellem de enkelte access-punkter er så sømløst som muligt. Fra et brugeroplevelsesperspektiv vil man i den optimale løsning, efter at have oprettet sig og logget ind første gang, kunne roame sømløst mellem alle netværk i den fælles infrastruktur.
Dækningsgrad	Værdien af en fælles login-løsning er betinget af det fælles wifi-netværks dækningsgrad. Det er derfor afgørende, at de access-punkter, der indgår i løsningen, i størst mulig omfang dækker de relevante arealer.
Smart city	Den fælles wifi-løsning skal ikke blot give turister og borgere nemmere adgang til internettet, men også understøtte smart city-løsninger. Det er derfor afgørende, at data analytics, Internet of Things, mv. tænkes ind i den tekniske løsning.
Incitament til at lade netværk indgå i løsning	For at sikre tilstrækkelig interesse fra private og offentlige aktører, er det afgørende, at der i løsningen er incitament til at implementere wifi-dækning, som understøtter den fælles platform.
Finansiering	Det er væsentligt, at wifi-løsningen er en attraktiv investering for en række aktører, da det ikke er attraktivt for løsningen, at én aktør afholder finansieringen (og dermed ejerskabet).

3.2 RADIUS-styring med wifi-controllere (SWECO)

I rapporten "*Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-Wi-fi*" præsenterer SWECO en teknisk løsning på et fælles wifi-netværk i Øresundsregionen. Øresunds-WiFi vil fungere som en overbygning til de lokale wifi-net. Den fælles platform vil betyde, at brugere, efter at have registreret sig første gang, vil have adgang til alle de deltagende netværk.

For brugerne betyder det, at første gang, de kobler sig på det fælles netværk, vil de blive præsenteret for en velkomstsider. Efter at have registreret sig med e-mailadresse og telefonnummer, åbnes der for normal internettrafik. Bevæger brugeren sig udenfor dækningsområdet af netværket, kobles denne fra netværket. Vender brugeren tilbage til et område med dækning af et wifi-net, der har konfigureret det fælles Øresunds-netværk, vil de automatisk kobles op på ny.

Figur 1: Teknisk løsningsforslag til fælles Øresunds-wifi.



Kilde: "Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi" SWECO 2016

Løsningen er baseret på captive portal-princippet. Dette fremgår ikke direkte af teksten fra SWECO, men alene af den (forholdsvis forsimplede) beskrivelse af funktionalitet. Princippet i en captive portal er, at en (ikke registreret) bruger præsenteres for en landing page (typisk kaldet portalens splash page). Dette tillader kommunikation med den nye wifi-enhed, uden at enheden er wi-fi-godkendt. På denne landing page angiver brugeren sine oplysninger, og vil – såfremt oplysningerne kan godkendes opnå adgang til det pågældende wifi-net.

Løsningen kræver, at det enkelte access-punkt foretager en (screen) redirect til løsningens portal server/servere, som derefter varetager den videre autentificering, eventuel betaling osv. Den landing page, som præsenteres for brugeren, kan enten være lagret på det enkelte access-punkt, eller på portalserveren selv. Benyttes en central portal til lagring, forudsættes det, at access-punktet er i stand til at håndtere en whitelist over netværksadresse(r) på portalserver(ne). I visse løsninger kan denne whitelist indeholde både netværksadresser og TCP portnumre. Denne metode kaldes typisk *Universal Access Method* (UAM) og er en nødvendig forudsætning for, at et access-punkt kan fungere i en captive portalløsning.

Det er muligt at tilslutte betalingsløsninger til den landing page, som brugeren bliver henvist til.³ Dette kan f.eks. være betaling via kreditkort, indholdstakseret SMS-betaling, abonnement eller anden digital betalingsform. SWECO anbefaler betaling via SMS som en brugervenlig betalingsløsning. Interviews med eksperter peger dog på, at dette kan anses som en udfordring. Indholdstakseret SMS-betaling fungerer kun i Danmark på mobiltelefoner udstyret med sim-kort fra danske operatører. Udenlandske turister har ikke adgang til indholdstakseret indhold fra udenlandske mobiltelefoner, og ligeledes forhindrer dette betaling fra en lang række erhvervsabonnementer. Den konkrete betalingsløsning bør derfor videreudvikles.

RADIUS-løsningen kan opsummeres i nedenstående tabel i forhold til de parametre, som blev opstillet i afsnit 3.1:

³ Dette er gældende for alle tekniske løsninger som bruger en landing page

Tabel 1 SWECO-løsning

SWECO-løsning	
Sømløshed	Løsningen kan levere en sømløs dækning via en fælles landing page, opslag i en brugerdatabase (eks. RADIUS) eller køre HOTSPOT 2.0 login-løsninger.
Dækning	Løsningen vurderes ikke til at kunne levere en god dækning, da det vil kræve store investeringer at få udskiftet access-punkter, som ikke kan køre via wifi-controllere.
Incitament	Løsningen synes kun optimal, hvis formålet er wifi til turister. Muligheden for at lave wifi offload, kan være kompliceret og begrænset. Ligeledes er det begrænsede datamængder af adfærd og ekstra informationsmønstre fra brugere som kan indsamles. Dette begrænser incitamentet for denne løsning.
Smart city	Løsningen vil være dårlig til at levere flow data da den ikke har mulighed for at tilkoble sensorer og er uden mulighed for at hente "ekstra" placeringsinfo.
Finansiering	Løsningen vurderes som besværlig i forhold til nye access-punkter, da den typisk skal tilsluttes den fælles RADIUS-plattform, og derfor også mindre oplagt til nye wifi-net. Den vurderes derimod til at være udmærket for kommunale wifi-net.

Kilde: Rambøll på baggrund af Sweco, 2016

I interviews med eksperter og i baggrundsmaterielt (Netplan, 206) vurderes det, at SWECO's forslag til et regionalt wifi-netværk som udgangspunkt og som overordnet idé kan fungere. Forslaget mangler dog på en række punkter en yderligere konkretisering, inden et egentligt forsøg eventuelt kan igangsættes. Dette går især på, at SWECOs foreslåede løsning kræver decentral styring gennem wifi-controllere. Disse er i dag ikke indbygget i (alle) WiFi access-punkter, og vil, ifølge de interviewede eksperter, kræve en større infrastrukturinvestering i nye access-punkter eller controllere for at sikre løsningen.

3.3 Cloud managed services

Et cloud managed-netværk styres af en central cloud management service server. Denne server er forbundet med de enkelte access-punkter og kan via det enkelte access-punkt transmittere gennem et separat Service Set Identifier (SSID). Dette SSID kan være fælles for alle access-punkter, således at ét sammenhængende netværk kan skabes. Samtidig med dette kan access-punktet stadigvæk transmittere på eksisterende SSID'er. Dette kunne f.eks. være oplagt i en café eller restaurant, hvor der etableres ét offentligt Greater Copenhagen WiFi SSID og ét lukket administrator-SSID for caféens medarbejdere og egne wifi-apparater (betalingsautomater, lyssensorer, m.m.). Dermed er der mulighed for at etablere en god dækning i den eksisterende infrastruktur.

Cloud-styringen foregår udenom access-punkternes adgang til internettet, hvorfor det stadigvæk vil være i stand til at levere internet, i det tilfælde at den centrale cloud management service server går ned. Dette skaber en god pålidelighed i løsningen.

I forhold til smart city-formål vurderer eksperterne dog, at cloud managed-netværk ikke er oplagt, da der ikke er adgang til eks. flow data. Cloud managed-løsningen kan opsummeres i nedenstående tabel i forhold til de parametre, som blev opstillet i afsnit 3.1.

Tabel 2 Cloud managed-løsning

Cloud managed services	
Sømløshed	Løsningen kan levere en sømløs dækning via en fælles landing page og opslag i en bruger-database (eks. RADIUS) eller køre HOTSPOT 2.0 loginløsninger.
Dækning	Løsningen vurderes til at levere bedst mulig dækning, da den kan sættes op til eksisterende access-punkt. SSID'er kan opsættes på eksisterende access-punkter og samtidig køre parallelle netværk.
Incitament	Det vurderes at være en optimal løsning for mindre detailforretninger og for restaurationsbranchen. Løsningen giver mulighed for at tilbyde virksomheder færdige wifi-løsninger, hvilket gør det nemmere for virksomhederne, og samtidig sikre dem et højere serviceniveau. Dermed er det også nemt at tilslutte flere og mindre virksomheder. Færdige wifi-løsninger kan dog være problematiske, hvis virksomheden vil bruge egne løsninger. F.eks. kan McDonalds have incitament for brug af egne løsninger på tværs af kædens butikker.
Smart city	Løsningen fungerer godt med sensorer. Derimod er den ikke optimal til sporing med nøjagtige placeringer, men har mulighed for sporing af brugere i mindre arealer/områder.
Finansiering	Løsningen vurderes til at være optimal for mindre virksomheder (forretninger/restauranter) og uafhængige virksomheder.

Kilde: Rambøll på baggrund af ekspertinterviews

3.4 Cloud controlled

En cloud controlled-løsning er mere indgribende end den førnævnte cloud managed-løsning. Ifølge eksperter skyldes dette, at der i cloud control-løsningen er fuld kontrol med det enkelte access-punkt. Dette har en række fordele og ulemper. En af ulemperne går på, at internetforbindelsen leveres gennem cloud controlleren, hvorfor et sammenbrud i systemet og i det fælles login vil sætte hele netværket ud af spil. Det er dermed ikke muligt, som med cloud managed-løsningen, at fortsætte med at være forbundet til internettet. En anden ulempe går på, at det er teknisk krævende at opsætte en sådan løsning, da få steder i dag har access-punkter, som kan indgå i løsningen direkte. Dette betyder, at man ikke vil være i stand til at opnå en god dækning med den infrastruktur, som findes i dag, særligt i små venues, såsom cafeer, restauranter og mindre butikker.

Derimod har det den fordel, at der er mere kontrol med brugen af access-punktet. Dette vurderes i særdeleshed at være interessant for større venues såsom gågader, koncertsale, stadioner, shoppingcentre, lufthavne m.fl. Der er mulighed for at etablere eksempelvis indsamling af flow data og triangulering. Dette kan bruges til at optimere lokalebrug og sikre gode oplevelser og miljøer for kunder. Derudover er der mulighed for en større kontaktflade til de brugere af wifi-netværket (og dermed venuet), end man ellers ville have. Cloud controlled-løsningen kan opsummeres i nedenstående tabel.

Tabel 3 Cloud controlled-løsning

Cloud controlled	
Sømløshed	Løsningen kan levere en sømløs dækning via en fælles landing page og opslag i en bruger-database (eks. RADIUS), eller køre HOTSPOT 2.0 loginløsninger.
Dækning	Løsningen vurderes til at være mere omfattende, da den ikke kan opsættes alle steder og vil kræve store investeringer i opsættelse af nye access-punkter og wifi-controllere. Dækningen vil ligeledes være lavere, da en stor del af de eksisterende wifi-netværk ikke vil kunne kobles på.
Incitament	Løsningen vurderes til at være af høj interesse for den information der kan skabes gennem triangulering fra mange forskellige interessenter. F.eks. er supermarkeder meget interesseret i bevægelsesmønstrene i forretninger. Løsningen kan give præcise bevægelsesmønstre af brugere gennem triangulering fra access-punkter (beregning af placering mellem minimum 2 access-punkter). Der kræves dog en mere standardiseret løsning, hvor producenter bruger og leverer forskellige løsninger, hvilket medfører, at det er nødvendigt, at AP og platformen skal være af samme løsning for få informationsdata. Dermed er der risiko for at låse løsningen til én teknologi leverandør.
Smart city	Løsningen vurderes at være god til at levere data flows, men at være sårbar, da alt styres centralt. Der er ligeledes mulighed for brug af sensorer.
Finansiering	Løsningen kan være besværlig i forhold til eksisterende wifi-access-punkter. Ejerskabet er mere besværligt, da det er uklart, hvem der skal eje løsningen. Ligeledes kan opbygningen være meget kompliceret. Kræver offentlig/privat partnerskab for at lykkes.

Kilde: Rambøll på baggrund af ekspertinterviews

3.5 Hybrid

Hybridløsningen baserer sig på beskrivelserne af hhv. cloud managed og cloud controlled-løsningerne ovenfor. Det er dermed en sammensætning af de to løsninger med det formål at opnå bedst mulig dækning, skabe en incitamentsstruktur, som tiltaler både store og små venues, samt tillader bedst mulige smart city løsninger. Realistisk set vil en hybridløsning, være en kombination af cloud managed, cloud controlled og RADIUS. RADIUS har den fordel, at den er nemmere at implementere for offentlige institutioner, f.eks. kommuner, men vil på sigt blive udfaset, da den har en række begrænsninger.

Konkret beskrives løsningen af de interviewede eksperter som de ovenstående netværksløsninger, men hvor de to systemer er forbundet ved hjælp af en fælles brugerdatabase, eksempelvis en RADIUS server.

Den nærmere definition af hybridløsningen bør understøtte en fleksibilitet i forhold til hvilke wifi-net, som kan tilsluttes det fælles city-wifi. Dette medfører konkret, at forskellige netværksarkitekturer bør kunne indgå. I forhold til adgangskontrol (AAA: Authentication/Authorization/Accounting), bør hybridløsningen understøtte ikke kun personlige enheder med display som smartphones, PC'er og tablets, men også personlige IoT-enheder uden display samt ikke personlige enheder. Dette stiller store krav til de systemer, som styrer adgangskontrol.

Hybridløsningen er opsummeret i nedenstående tabel:

Tabel 4: Hybridløsning

Hybrid	
Sømløshed	Løsningen kan levere en sømløs dækning via en fælles landing page og opslag i en bruger-database (eks. RADIUS) eller køre HOTSPOT 2.0 loginløsninger.
Dækning	Løsningen leverer mest mulig dækning ved at kombinere alle tre løsninger. RADIUS/SWECO-løsningen er mindre kompliceret at implementere for kommuner og andre offentlige institutioner og kan udfases over en årrække til cloud managed/-controlled over tid
Incitament	Løsningen vurderes til at give mulighed for bedre og bredere netværk. Mindre virksomheder har stadig mulighed for at opsætte parallelle netværk.
Smart city	Ved at kombinere cloud controlled og cloud managed, giver løsningen mulighed for at udnytte begge netværks smart city-fordele.
Finansiering	Løsningen vurderes til at være interessant for både store og små virksomheder og <i>venues</i> . Kan med fordel etableres som et OPP.

Kilde: Rambøll på baggrund af ekspertinterviews

3.6 Sikkerhed

Løsningsforslaget fra SWECO har ingen beskrivelse af de sikkerhedsmæssige aspekter i løsningen. Netop sikkerhed i denne type løsning er afgørende, dels fordi der lægges op til at løsningen kan gøres betalbar, og dermed kan gøre misbrug af betalingsløsningen attraktivt, dels for at sikre at der ikke kan ske uautoriseret adgang.

I den foreslåede type af portalløsninger er sikkerhedsmetoderne typisk en tæt og integreret del af løsningen, idet både netværksadgang, IP-adresstildeling, serveradresser og IP-portstyring reguleres fra portalen. Ofte indgår portalen også direkte i den trafik, som udveksles mellem den autentikerede terminal og internettet, og det antydes i løsningsforslaget, at dette også muligvis vil være tilfældet her.

Det er på den baggrund ikke muligt at vurdere, hvilken sikkerhed der er tænkt ind i forslaget. Brugerregistreringen vil omfatte oplysninger, som er underlagt datatilsynets regler om sådanne. Det vil derfor være en forudsætning for løsningen, at en sådan godkendelse kan opnås for systemet, navnlig hvis det overvejes at benytte en managed cloud-løsning, hvor også informationsholderens geografiske tilknytning (til EU) indgår i godkendelsesprocessen.

Deri er det væsentligt at have den gældende danske og EU-lovgivning i mente. Den 8. april 2014 erklærede EU-Domstolen det danske logningsdirektiv for ugyldigt, da det er i strid med EU's Charter om grundlæggende rettigheder. Den 2. juni 2014 ophævede justitsministeriet det danske logningsdirektiv.

Udbydere af telenetværk og teletjenester i Danmark har derfor ikke en forpligtelse til at foretage en logning af netværksaktiviteter, og en sådan logning vil stride imod både dansk lov (persondataloven) og EU-lovgivning.

Der arbejdes fortsat i en række lande – også i Danmark – på at undersøge mulighederne for at indføre en vis kontrol med datakommunikation for imødegåelse af terror. Indtil videre er der dog ikke fremsat lovforslag om dette i Danmark.

Indtil en sådan lov måtte være vedtaget, skal udbydere ikke foretage nogen form for logning. Skulle der blive (gen)indført et krav om logning, vil der, i relation til ovenstående bemærkninger om personhenførbare oplysninger, blive tale om en registrering, som er underlagt persondataloven.

3.7 Konklusioner på de tekniske løsninger

På baggrund af interviews med eksperter, er de fire tekniske løsningsmodeller opsummeret i tabel 6. På baggrund af den indsamlede ekspertviden peges der på en hybridløsning som den mest optimale i forhold til de parametre, der er relevante for et *Greater Copenhagen WiFi*.

Tabel 5: Tekniske løsninger vurderet i forhold til relevante parametre

	SWECO løsning	Cloud managed	Cloud controlled	Hybrid
Sømløshed	●	●	●	●
Dækning	◐	◑	◐	●
Incitament	◐	◑	◐	●
Smart city	◐	◑	◑	●
Ejerskab	◑	◑	◐	●

Kilde: Rambøll på baggrund af ekspertinterviews

Det skal bemærkes, at der i den ovenstående tekniske beskrivelse tages en række forbehold. Først og fremmest er det ikke muligt at sammenligne en RADIUS-baseret løsning direkte med en cloud managed- eller en cloud controlled-løsning, da en RADIUS server kan indgå i alle tre løsningsmodeller. Ligeledes behøver en cloud controlled ikke at være "i skyen" men kan styres via en controller, som står ude på lokationen. Funktionaliteten kan være den samme. Ordet cloud er således ikke nødvendigvis den centrale forskel. Det er derimod, hvorvidt der er en fælles wifi-controller mellem forskellige access points, og om adgangskontrollen er styret via cloud-baseret funktion, netværksbaseret løsning, som RADIUS, eller lokal adgangskontrol med SSID/password. At modellerne alligevel bliver opstillet overfor hinanden, skyldes ønsket om at vise alternativer til SWECO-løsningen, samt at få opstillet generelle tilgange til at løse den tekniske problemstilling, som er i at implementere et Greater Copenhagen WiFi. Det er derfor også en del af konklusionen, at den mest fordelagtige tekniske løsning ikke nødvendigvis er beskrevet i det bagvedliggende materiale, samt at en konkret teknisk løsning skal videreudvikles.

3.8 Kortlægning af eksisterende wifi-netværk

Den fælles wifi-løsning udarbejdet af SWECO er afhængig af, at der findes lokale wifi-netværk, der kan indgå i det fælles netværk. Der findes efterhånden mange offentlige wifi tilhørende bl.a. caféer, hoteller, indkøbscentre, universiteter og kommuner. I forlængelse af løsningsmodellen for et fælles Øresunds-wifi har SWECO derfor også kortlagt en række af de netværk, der potentielt kan indgå i den fælles løsning. Kortlægningen dækker: Helsingborg, Lund, Malmø, København og Albertslund.

3.8.1 Kortlægningens begrænsninger

I forhold til at give et komplet billede af eksisterende wifi-net og wifi-projekter har SWECO's kortlægning en række begrænsninger:

- De fem kortlagte kommuner (Helsingborg, Lund, Malmø, København og Albertslund) er valgt, da de har indgået det indledende arbejde med at udvikle en fælles loginløsning. Der er tale om urbane områder med relativt høj befolkningstæthed, og de kortlagte kommuner er derfor ikke repræsentative for hele Greater Copenhagen, der også indbefatter kommuner med markant lavere befolkningstæthed.

- I SWECO's kortlægning er der ikke taget hensyn til hvorvidt ejerne af de nuværende wifi-netværk, vil have interesse i at lade deres netværk indgå i et fælles Øresunds-wifi. I afsnit 4.2.4, hvilke faktorer, der har indflydelse på, hvor attraktivt det vil være for privatejede wifi-netværk at indgå i et fælles wifi-netværk.
- For de to danske kommuner i kortlægningen, København og Albertslund, har SWECO brugt hjemmesiden www.openwifi.dk til at identificere åbne wifi-netværk. Det er en gratis tjeneste, der registrerer åbne wifi-netværk. Den indeholder desuden også wifi-registreret gennem organisationen FON. FON er en deleøkonomisk platform, hvor privatpersoner kan stille deres net til rådighed fra andre FON-brugere imod at få adgang til deres netværk. Kortlægningen via www.openwifi.dk er ikke fyldestgørende i det den (1) ikke dækker alle åbne wifi-netværk og (2) inddrager privatpersoners netværk registreret igennem FON. Disse netværk vil ikke komme til at indgå i et fælles Øresunds-wifi.

Selvom der ikke er tale om en eksakt kortlægning af relevante wifi-net, giver kortlægningen samlet set en idé om, hvor godt de enkelte områder er dækket ind.

3.8.2 Kortlægning af eksisterende wifi-net i Helsingborg, Lund, Malmø, København og Albertslund

Helsingborg

Af de seks undersøgte kommuner er Helsingborg den kommune, der er kommet længst i forhold til kommunalt wifi. Siden 2012 er der etableret 13 surf-zoner placeret strategisk i byen. Derudover identificerer SWECO lidt over 40 åbne wifi-netværk fra caféer, hoteller og lignende. Kortet nedenfor angiver placeringen af de kommunale surf-zoner.

Lund

Baseret på data fra Instabridge identificerer SWECO omkring 50 åbne wifi-netværk i det centrale Lund. Det mest omfattende netværk tilhører Lunds Universitet. Det er Lund Universitets ambition, at det trådløse netværk skal omfatte alle universitetets bygninger samt det omkringliggende område. De resterende åbne netværk er tilknyttet Nova Lund (indkøbscenter), Lund Hovedbanegård, samt McDonalds, caféer og lignende.

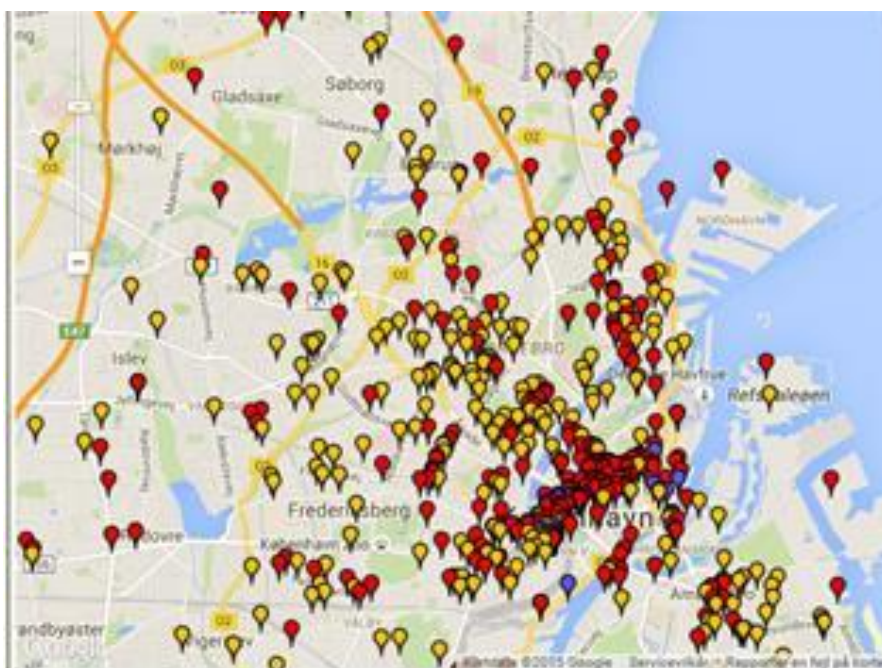
Malmø

Kommunen udbyder gratis wifi ved Malmøs hovedbibliotek. Derudover er der identificeret omkring 100 åbne wifi knyttet til togstationer, indkøbscentre, caféer, hoteller og lignende.

København

I hele København er der registreret 438 åbne netværk. 104 af disse ligger i København K. Figur 5 viser wifi-netværk i Københavnsområdet. Her er det også tydeligt, at wifi-tætheden falder i takt med, at man bevæger sig væk fra indre København.

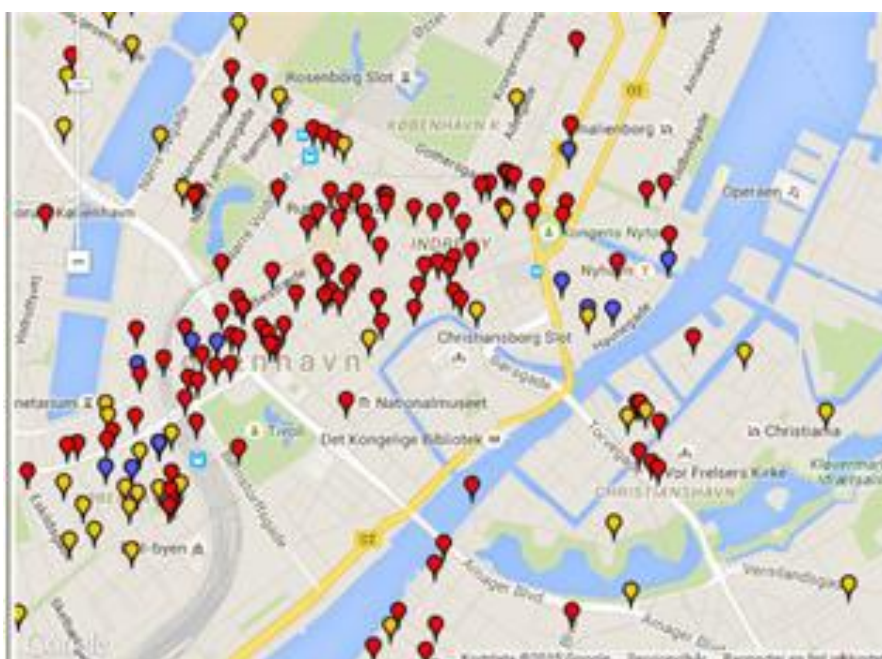
Figur 2 Offentlige netværk i København identificeret via openwifi.dk



Kilde: "Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi" SWECO 2016

Figur 6 viser de registrerede wifi-netværk i området omkring Rådhuspladsen. Selvom området er relativt tæt dækket ind, er der stadigvæk områder, hvor der ikke er eksisterende wifi, der vil kunne indgå i et fælles wifi-netværk.

Figur 3: Offentlige netværk omkring Rådhuspladsen identificeret via openwifi.dk



Kilde: "Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi" SWECO 2016

I Albertslund er der kun identificeret seks åbne netværk. Dækningen i Albertslund og omegn er derfor langt mere sporadisk end i København.

3.8.3 Wifi-dækning i Greater Copenhagen – overordnet

I forhold til mulighederne for et fælles Øresunds-wifi er det vigtigt at have øje for, at wifi-dækningen falder markant, når man bevæger sig væk fra storbyerne. Kigger man internationalt, er der også hovedsageligt tale om storbyer med høj befolkningstæthed, der vælger at arbejde med city-wifi.

Selv i storbyerne (København, Helsingborg og Malmø) er der på nuværende tidspunkt ikke tilstrækkelig wifi-dækning til at kunne levere store sammenhængende områder, hvor de enkelte wifi-netværks dækning overlapper hinanden. Med de eksisterende wifi vil en sømløs forbindelse altså være afhængig af, at brugeren også er koblet på mobildata i områdernes wifi-netværk.

4. FINANSIELLE DRIVERE

Etableringen og driften af en fælles loginløsning er ikke gratis. Der er omkostninger forbundet med både infrastrukturen til selve loginløsningen og til de enkelte wifi-netværk, der skal indgå i det fælles netværk. I dette afsnit undersøges finansieringsmæssige aspekter for, hvordan omkostninger ved etablering, vedligeholdelse samt brugeranvendelse af wifi-net kan dækkes, og som ikke fortrænger private investeringer på området.

Teknikken til en fælles løsning findes. Af flere af de interviewede eksperter blev det fremhævet, at det først og fremmest er nødvendigt at udarbejde en forretningsmodel, der sikrer, at investeringen giver mening økonomisk. Den gennemgåede litteratur og de afholdte interviews har peget på, at mulighederne for værdiskabelse gennem offentlige wifi-netværk er mange og diverse. Det er uden for denne opgaves omfang at opstille en komplet finansieringsmodel for *Greater Copenhagen WiFi*. Der kan dog peges på, hvilke drivere der bør undersøges i første omgang, og hvilke funktionskrav der vil være til den fælles løsning, hvis der skal skabes værdi gennem disse drivere.

Afsnittet bygger på:

- Forretningsmodeller præsenteret af en række af udbydere af wifi-teknologi til konferencen *"Wi-Fi Now 2016"*
- En række journalistiske artikler med eksempler på WiFi use cases
- *Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi, udarbejdet af SWECO* i 2016.
- Suppleret med ekspertinterviews (se afsnit 2)

På baggrund af de afholdte interviews og det eksisterende materiale, kan der sondres mellem drivere, der har direkte indflydelse på finansieringen af den fælles loginløsning, der ønskes implementeret i 2019, og faktorer, der har en mere langsigtet betydning for den generelle udbredelse af wifi.

4.1 Relevante finansielle drivere for en fælles *Greater Copenhagen WiFi*-løsning

I forhold til den fælles loginløsning er der to spørgsmål, der er særligt relevante at afdække for de forskellige finansielle drivere: Hvori består værdien? Og hvad kræves af den fælles løsning for at kunne udnytte det økonomiske potentiale i det åbne wifi? I følgende afsnit gennemgås drivere, der omhandler: direkte brugerbetaling, understøttelse af smart city-løsninger, tiltrækning af turister, brug af netværk som platform for reklamer og indhentning af data om brugeren.

4.1.1 Finansiering af åbne wifi gennem direkte brugerbetaling

Hvori ligger værdien?

Omkostninger til etablering og vedligeholdelse af wifi-net kan først og fremmest finansieres ved at lade den enkelte bruger betale for at få adgang til nettet. Der findes flere eksempler på åbne wifi-net, der helt eller delvist er finansieret gennem brugerbetaling. Eksempelvis er det via "Skype WiFi" muligt at koble sig op på en lang række hotspots verden over og betale per minut med Skype Credits⁴. I forhold til delvis brugerbetaling er der flere offentlige wifi-net, der arbejder med en gratis version med begrænset hastighed og en hurtigere Premium-adgang, der kan tilkøbes. Det er eksempelvis tilfældet i Barcelona.⁵

Hvad kræves af den

Skal dele af en fælles loginløsning finansieres via brugerbetaling, er det nødvendigt at den tekniske løsning inkluderer en betalingsmodel. Grundet reglen om, at kommuner højest må udbyde gratis wifi i en time om dagen, er der i SWECO's

⁴ Skype: "What is Skype Wi-fi?". <https://support.skype.com/en/faq/FA10008/what-is-skype-wifi>

⁵ Wireless Broadband Alliance (2015): "City Wi-Fi Status Report"

fælles login-løsning?

tekniske løsninger foreslået en betalingsmodel, der fungerer over SMS. Problemet med denne model er, at sim-kort fra udenlandske operatører ikke kan bruge indholdstakserede tjenester i Danmark. Desuden tillader mange virksomheder ikke brug af indholdstakserede tjenester på firmatelefoner. En betalingsløsning baseret på SMS vil derfor ikke være anvendelig for mange turister og erhvervsfolk, som ellers er en vigtig målgruppe for det fælles wifi-netværk.

Generelt går udviklingen inden for wifi også mod wifi-netværk med enten lav eller ingen brugerbetaling. Dette ændrer ikke ved, at der stadigvæk er udgifter til etablering og drift af wifi, der skal finansieres. De offentlige og private aktører, der vælger at investere i wifi, skal derfor finde værdi, der ligger udover direkte brugerbetaling indenfor lovens rammer. Det kan være ved at effektivisere eksisterende processer ved hjælp af wifi, men det kan også ske som "skjult brugerbetaling", hvor slutbrugeren betaler indirekte ved eksempelvis at stille sine data til rådighed eller betale en smule ekstra for en kaffe på en café med wifi. I de følgende afsnit præsenteres en række af de måder, offentlige og private aktører kan få værdi ud af åbne wifi-netværk.

4.1.2 Understøttelse af smart city-løsninger

Hvori ligger værdien?

I første gang bør det undersøges hvilke muligheder, der ligger i at bruge wifi til at understøtte smart city-tiltag. Smart city-løsninger med udgangspunkt i wifi har været en driver for udbredelsen af wifi-netværk i andre byer. Enten på baggrund af den data man får om brugeren af wifi-netværket eller ved at forbinde sensorer til internettet – såkaldt internet of things (IoT) – ved hjælp af wifi.

Smart city er et vidt begreb, som endnu ikke har nogen entydig definition. En del af den gængse forståelse af konceptet er dog, at en 'smart city' er en by, der formår at udnytte teknologi og digitalisering til at forbedre offentlige services og højne livskvaliteten hos borgerne. I dette øjemed kan wifi spille en rolle, fordi wifi-netværk kan give adgang til data, der kan føre til konkrete besparelser gennem effektiviseringer. Frederiksberg Forsyning er på nuværende tidspunkt ved at etablere et wifi-netværk med 950 access-punkter, der skal bruges til at indhente bedre forsyningsdata. Investeringsomkostningerne på cirka 37 millioner kroner forventes tjent ind i løbet af 5-6 år gennem besparelser på forsyningsområdet (se afsnit 4.3.2). Et andet eksempel på en konkret use case er Bispebjerg hospital, der har arbejdet med at bruge "Real Time Location Services" til at indhente data, der kan bruges til at optimere placeringen af rum i byggeriet af Nyt Hospital og Ny Psykiatri Bispebjerg (se eksempel 1)⁶.

Det er dog vigtigt at pointere, at opsætningen af et sammenhængende wifi ikke er det samme som smart city. Skal der skabes reel værdi, kræver det innovativt brug af de datamuligheder, wifi giver. Det er udenfor omfanget af denne rapport at pege på nye konkrete use cases, Region Hovedstaden kan tage i brug, men der kan peges på, hvad der ses i andre lande og regioner.

Foruden Frederiksberg Forsyning kan der i forhold til at bruge wifi i en IoT-sammenhæng ses på Porto. I Porto har man installeret sensorer i skraldecontainere, der via wifi kan fortælle kommunen, hvornår containeren er fyldt op. Det giver mulighed for kun at køre ud og tømme fulde containere. Derved sparer byen

⁶ Bispebjerg Hospital: "Vi sporer flere og flere medarbejdere". <https://www.bispebjerghospital.dk/nythospital/nyt-og-presse/nyheder/2016/Si-der/Vi-sporer-flere-og-flere-medarbejdere.aspx>

både tid og penge på brændstof.⁷ Et andet eksempel er smart parkering. Her arbejder eksempelvis Cisco med en løsning, hvor wifi-infrastruktur muliggør, at man via IP-kameraer og sensorer kan give borgere information om parkeringsmuligheder i realtid.⁸ Det betyder, at bilister vil bruge mindre tid på at cirkle rundt efter parkeringspladser. Det sparer den enkelte bilist tid og mindsker forbruget af brændstof, hvilket også har en positiv miljøeffekt. Desuden giver det en mere effektiv udnyttelse af nuværende parkeringspladser, hvilket mindsker behovet for at bygge nye.

Et andet område, hvor wifi kan spille en rolle i forhold til smart city, er igennem Location Based Services (LBS). Med LBS udnytter man viden om mennesker eller tings lokalitet til at optimere services. Forsøget med tracking på Bispebjerg Hospital er et eksempel på dette. I Nice har man brugt LBS til at optimere turistservices ved blandt andet, at informere turister om oplagte besøgsmaal relateret til deres nuværende position.⁹

Hvad kræves af den fælles login-løsning?

Det er den konkrete use case, der afgør præcis hvilke kravsspecifikationer, der er nødvendige. På et overordnet plan er det afgørende, at den service management-platform, der vælges, tilbyder indhentning og lagring af brugerdata i et format, som muliggør videre analyser (eksempelvis til optimering af byfunktioner eller til videresalg til marketing og reklamer). Desuden er det afgørende, at netværket kan bruges til at forbinde sensorer til internettet, hvis man også ønsker at bruge netværket i sammenhæng med IoT.

Eksempel 1: Real Time Location Services og wifi skal effektivisere hospitalet

I forbindelse med byggeriet af Nyt Hospital og Ny Psykiatri Bispebjerg ønskede man at indsamle data, der kunne bruges til at optimere placeringen af rum og funktioner i de nye bygninger. Personalet bruger meget tid på at bevæge sig rundt på afdelingerne i løbet af dagen, og man var derfor interesseret i, om det var muligt at reducere personalets gåafstande.

Bispebjerg og Frederiksberg Hospital valgte derfor at indgå et samarbejde med den japanske it-virksomhed Hitachi. Konkret udstyrede man personalet i en række afdelinger med Real Time Location System (RTLS) tags, der via wifi-netværket gør det muligt at spore, hvordan personalet bevæger sig rundt. Dataene fra forsøget viste, at man ved at fordele rummene anderledes kunne reducere personalets daglige gåafstande med op til 12 %.

Forsøget på Bispebjerg viser, hvordan intelligent indsamling og af data kan give offentlige gevinster gennem effektivisering. I dette eksempel spillede wifi en afgørende rolle, fordi det var wifi-netværket, der muliggjorde sporingen af personalets bevægelsesmønstre med RTLS-tags.

⁷ Lauren Frayer (2015): "Free Wi-Fi On Buses Offers A Link To Future Of 'Smart Cities'" <http://www.npr.org/sections/alltechconsidered/2015/03/02/389250795/free-wifi-on-buses-offers-a-link-to-future-of-smart-cities>

⁸ Cisco: "Smart+Connected Parking" <http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/industries/smart-connected-communities/city-parking.html>

⁹ FICCI & PwC (2015): "Location based services: Adding another dimension to smart cities"

4.1.3 Tiltrækning af turister

Hvori ligger værdien?

I dag forventer de fleste at være på internettet, uanset hvor de befinder sig – også når de er på ferie. Adgang til hurtigt og velfungerende internet er derfor et reelt konkurrenceparameter i forhold til at tiltrække turister til en by eller region. Foruden at kunne tilbyde turister internet, kan et turist-wifi bruges til at markedsføre restauranter, begivenheder og lignende til turister. Eksempelvis på loginsiden. Som nævnt ovenfor kan LBS bruges til at gøre dette endnu smartere.

I forbindelse med udviklingen af et Øresunds-wifi er repræsentanter fra turismen og hotelbranchen blevet interviewet og har tilkendegivet, at de er positivt stemt over for idéen om et *Greater Copenhagen WiFi*.¹⁰

Værdien af turist-wifi presses dog af, at det bliver stadigt billigere at benytte sig af mobildata i udlandet. Med EU's harmonisering af roamingtakster fra juni 2017, vil det være turister uden for EU, der vil have størst nytte af et offentligt wifi-net.

Hvad kræves af den fælles login-løsning?

Skal den fælles loginløsning tiltrække turister, er det vigtigt, at løsningen er så brugervenlig som muligt. Sømløshed, stabilitet og høj dækningsgrad er derfor vigtige parametre. Desuden skal løsningen markedsføres på en måde, så turister er opmærksomme på, at den findes.

4.1.4 Brug af netværk som platform for reklamer

Hvori ligger værdien?

Foruden de muligheder det offentlige har for at skabe værdi gennem wifi peges der på, at inddragelse af private virksomheder kan være central for dækningen af omkostningerne til etableringen og driften af et fælles wifi-netværk. Ved at lade virksomheder markedsføre sig selv via netværket er det muligt at øge den økonomiske værdi i netværket.

Reklamer i forbindelse med wifi-netværk har kommerciel værdi. I forbindelse med det fælles wifi-projekt "LinkNYC" i New York har det været muligt at finansiere hele netværket via indtægten fra reklamer på de wifi-standere, der placeres rundt i byen.¹¹ Derudover er det særligt bannerreklamer på landing pages, der driver indtægten fra reklamer. Et eksempel på dette er den spanske teleoperatør Eurona, der udbyder gratis wifi i 46 spanske lufthavne. Eurona har udviklet et koncept for "hyper-segmentering", der blev præsenteret til "Wi-Fi Now 2016". Konceptet maksimerer værdien af bannerreklamerne på Euronas loginsider ved at segmentere brugerne (se eksempel 2).¹²

Bannerreklamer som indtægtskilde er dog en forretningsmodel under pres, da den er baseret på, at brugeren primært anvender webbrowsere, men tendensen er, at flere brugere anvender apps i stedet for browsere.

¹⁰ SWECO (2015): "Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi"

¹¹ City of New York: "LinkNYC" - <https://www1.nyc.gov/site/doitt/initiatives/linknyc.page>

¹² Eurona: "Wi-fi monetization – Truth or myth?". Præsenteret ved Wi-fi Now 2016

Hvad kræves af den fælles login-løsning?

Den væsentligste betingelse for, at private virksomheder kan se værdi i at reklamere fra det fælles netværk, er, at virksomheden er garanteret, at brugeren eksponeres for materialet. Eksempelvis via bannerreklamer på landing siden. Teknologien til dette er simpel. Det er derfor i højere grad et politisk prioriterings spørgsmål, i hvor høj grad man ønsker, at brugeren skal eksponeres for kommercielt materiale. I det nuværende løsningsforslag udarbejdet af SWECO fremgår det, at: "Velkomst- og registreringssiden ønskes holdt enkel, uden form for reklame og med en kort beskrivelse af CopenhagenSkane nettet". Ved denne model reduceres ejerne af private wifi-netværks mulighed for at bruge velkomstsiden til at kommunikere med brugeren.

Inddragelse af reklamer medfører trade offs i forhold til graden af brugervenlighed. Særligt vil der skulle findes en balance mellem sømløs overgang mellem de enkelte netværk og eksponering for velkomstsider. Er overgangen mellem de enkelte netværk fuldkommen sømløs, reduceres ejerne af private wifi-netværks mulighed for at bruge velkomstsiden til at kommunikere med brugeren og dermed også det kommercielle potentiale. I sidste ende vil det være en politisk beslutning, i hvilken grad man ønsker at finansiere netværket gennem reklamer.

Eksempel 2: Eurona "hyper-segmenterer" deres brugere for at få maksimal værdi af deres wifi-netværk i spanske lufthavne

I 2015 vandt den spanske teleoperatør Eurona en toårig kontrakt på levering af wifi i 46 spanske lufthavne. Det er som udgangspunkt gratis at benytte Euronas wifi i lufthavnen, men hastigheden er begrænset til 1 mbit/s. En del af indtægten kommer derfor igennem salg af Premium-adgang til hurtigere forbindelser.

Uanset om brugeren vælger den gratis adgang eller Premium-versionen, kræves det, at brugeren registrerer sig for at få adgang. I den forbindelse har Eurona udviklet en metode til at hyper-segmentere sine brugere. Ved registrering skal brugeren, foruden at oplyse køn, alder og e-mail, også vælge en sponsor. Den valgte sponsor er afgørende for, hvilke reklamer brugeren får vist fremadrettet. Det skaber værdi for den sponsorerende virksomhed, fordi markedsføringen har større sandsynlighed for at ramme den relevante målgruppe.

Uanset om man ønsker kommercielle indslag på splash-siden for et fælles wifi i Greater Copenhagen er det relevant at følge udviklingen i, hvordan segmentering og information på registreringssider kan bruges til at skabe værdi for både udbyder og bruger af netværket. Eksempelvis kunne man forestille sig, at det var relevant at skelne mellem turister og fastboende.

4.1.5 Indhentning af data om brugeren

Hvori ligger værdien? Foruden at reklamere kan de data, der indsamles om brugerne, også være værdifulde for virksomhederne.

Data fra brugerne på et wifi-netværk skaber værdi, fordi virksomheder kan få en unik indsigt i brugerne af wifi-netværket, der kan omsættes kommercielt. Eksempelvis bliver det lettere at målrette markedsføring. Ligeledes kan viden om kunders adfærd skabe værdi, hvilket blandt andet er grunden til, at flere togselskaber i Storbritannien er begyndt at arbejde med analyse af flow data fra wifi. En af grundene til at reklameindtægterne i LinkNYC er så høje, er at man bruger data om brugerne af netværket til at målrette reklamerne på de enkelte standere til de målgrupper, der befinder sig i området.

Hvad kræves af den fælles login-løsning? Ligesom ved brug af wifi til smart city-tiltag, kræver datadrevet markedsføring, at den software-løsning, der ligger bag det fælles login, gør det muligt at indsamle og analysere brugernes data. Fordi der er et ønske om, at lade en lang række private wifi-netværk fra hoteller, storcentre, restauranter og lignende indgå, vil det ydermere være nødvendigt med en platform, der tillader de enkelte 'venues' at tilgå deres egen data, men ikke giver dem adgang til samtlige data i løsningen. Desuden er der også juridiske og etiske faktorer i forhold til, hvor mange af brugernes data, man ønsker, at private virksomheder skal have adgang til. Det påpeges i interviews, at det er vigtigt at finde en privacy-løsning, som dokumenterer samtykke og compliance med øvrige regler og lovkrav om anvendelse af videresalg.

4.2 Finansielle drivere for generel udbredelse af wifi

De finansielle drivere nævnt i ovenstående afsnit er direkte relateret til et potentielt *Greater Copenhagen WiFi*. Træder man et skridt tilbage og i stedet kigger på den bredere wifi-dagsorden, er der også en række tendenser og drivere, der taler for, at wifi kan komme til at spille en endnu større rolle fremadrettet. Værdien af et *Greater Copenhagen WiFi* vil afhænge af, hvor stort et område det faktisk dækker. Som nævnt i afsnit 3.8, er den nuværende dækning i Region Hovedstaden ikke særlig stor. Det er derfor interessant at berøre de drivere, der kan være med til at udbrede den generelle wifi-dækning i fremtiden. Afsnittet vil berøre wifi-offloading, salg af offentlig overskudskapacitet, wifi som værktøj til udbredelse af hurtigt internet og wifi som en "value added" service.

4.2.1 Wifi-offloading

Wifi-offloading betegner det at bruge wifi-netværk til at aflaste mobildatanetværk. I takt med at smartphones er blevet stadigt mere udbredte, stilles der højere krav til kapaciteten på mobilnetværk. Det udfordrer mobiloperatører, der i tæt dækkede områder har svært ved at efterkomme behovet. På nuværende tidspunkt arbejdes der med at bruge wifi til at offloade trafik væk fra 3G og 4G-netværk. Et eksempel på dette er Ericsson og Telenors samarbejde omkring et åbent wifi-netværk i forbindelse med arrangementet "The Tall Ships Races" i Aalborg i 2015 (se eksempel 3).¹³

I Danmark er wifi-offloading endnu ikke udbredt og tages hovedsageligt i brug i forbindelse med større events (eksempelvis festivaler), hvor mobilnettet i en afgrænset periode er ekstra belastet. I ekspertinterview blev det fremhævet, at man internationalt begynder at se teleselskaber etablere permanente wifi-hotspots med henblik på wifi-offloading. Særligt i Sydkorea har teleselskaberne investeret massivt i bredt dækkende wifi-net, der bruges til offloading af mobildata.¹⁴

¹³ Telenor (2015): "Telenor og Ericsson sammen om gratis wifi til kæmpebegivenhed i Aalborg"

¹⁴ Tefficient (2014): "Taking back the initiative: How operators use Wi-Fi to strengthen existing business"

Eksempel 3: Wifi-offloading giver bedre internet ved Tall Ships Races i Aalborg

I 2015 blev en del af den internationale kapsejladss Tall Ships Races afholdt i Aalborg Havn. Med en forventning på omkring 1 million besøgende på festivalpladsen valgte Telenor i samarbejde med Ericsson at etablere et åbent wifi-netværk for de besøgende, der kunne supplere mobilnetværket og dermed sikre internetadgang til alle besøgende. Ericsson opsatte omkring 120 udendørs acces points med tilhørende trådløse WLAN-controllere. Alle Telenors eksisterende kunder fik automatisk adgang, og andre besøgende kunne få adgang via Tall Ship Races hjemmeside.

Foruden at kunne tilbyde dækning til sejladsens mange besøgende var formålet for Telenor også at få erfaring med brugen af wifi-offloading. Ifølge Telenor kommer dækningen ved festivaler i fremtiden til at være baseret på en blanding mellem mobilnetværk og wifi.

Til samarbejdet leverede Ericsson også tjenesten Live Event Analytics, der brugte netværket til at indsamle data om de besøgendes brug af sociale medier, brugerpræferencer under arrangementet og brugernes geografiske placering. Wifi-netværket til Tall Ships Races er altså både et eksempel på wifi offload, og på hvordan offentligt wifi kan bruges til at indhente værdifuld data.

Wifi-offloading er interessant, fordi det giver teleselskaber en kommerciel interesse i at etablere større wifi-netværk og dermed være med til at udbrede den generelle wifi-dækning. I de afholdte ekspert interviews blev det fremhævet, at et fælles wifi i Greater Copenhagen både vil kunne blive en konkurrent eller partner til teleoperatørerne alt efter, hvordan man vælger at inddrage dem. Etableres et fælles Greater Copenhagen WiFi parallelt med og oven i teleoperatørers egne wifi-offloading zoner, vil Greater Copenhagen WiFi være en konkurrent til teleoperatørerne, da det fælles wifi-netværk delvist vil overflødiggøre teleoperatørernes wifi-zoner. Omvendt er der også mulighed for, at teleoperatører og offentlige aktører kan samarbejde om at forbedre mulighederne for wifi-offloading. Eksempelvis kan teleoperatører være interesserede i at købe overskudskapacitet fra kommuner eller regioners egne wifi-net.

Wifi-offloading spiller også en vigtig rolle i forbindelse med den teknologiske udvikling indenfor wifi-calling. Wifi-calling betegner det at foretage opkald eller sende SMS'er over wifi i stedet for mobilnettet. Ligesom tjenester som Skype, Facebook Messenger, WhatsApp mv. benyttes en "voice of internet" protokol. Det nye er, at man ikke længere behøver en separat applikation til at foretage opkaldet. I stedet er funktionen integreret direkte i telefonens almindelige opkaldsfunktion. Det betyder, at man bruger sit normale telefonnummer, og at modtager og afsender af opkaldet ikke behøver at bruge den samme app. Teknologien til wifi-calling understøttes af nyere smart phones, og teleselskaberne er ved at inkorporere wifi-calling i deres abonnementer. I takt med den teknologiske udbredelse af wifi-calling vil det blive mere plausibelt og kommercielt attraktivt for teleselskaber at udnytte dette til offloadede tale væk fra mobilnetværk og over på wifi-netværk. Wifi-calling er særligt interessant i forhold til indendørs mobildækning. Det øgede fokus på energieffektive bygninger, betyder at stadigt flere bygninger holder radiosignaler ude, hvilket medfører en forringet indendørs mobildækning. Wifi-calling kan derfor være med til, at også energieffektive bygninger har god mobildækning¹⁵.

4.2.2 Salg af offentligt overskudskapacitet

Foruden wifi-offloading kan offentlige myndigheders mulighed for at sælge overskudskapacitet i et offentligt wifi-netværk være med til at drive forbedring af wifi-dækningen i Greater Copenhagen. En ekstra værdi ved etableringen af offentlige wifi-netværk er, at den offentlige myndighed har mulighed for at sælge eventuel overskudskapacitet i netværket. Har en kommune etableret wifi til interne formål, eksempelvis dækning af kommunale bygninger eller som del af en smart city-infrastruktur, har kommunen lov

¹⁵ Energistyrelsen (2016): "Indendørs mobildækning"

til at sælge overskudskapacitet, såfremt kommunen overholder betingelserne i EU's statsstøtteregele og kommunalfuldmagtsreglerne. Disse elementer beskrives i kapitel 6.

Ligesom ved wifi-offloading har salg af overskudskapacitet ikke nogen direkte indflydelse på udformningen af den fælles løsning. Det er dog et vigtigt aspekt af den bredere wifi-dagsorden, da muligheden for at sælge overskudskapacitet til eksempelvis teleoperatører i vores ekspertinterview blev betragtet som en potentiel finansieringskilde i forhold til at udvide wifi-dækningsgraden i Greater Copenhagen. Andre eksperter pegede dog på, at mobiloperatørerne ikke nødvendigvis så investering i wifi-dækning som en interessant *fælles* investering. Det er uklart om eksempelvis TDC kunne have interesse i at investere i et fælles wifi, hvis det ikke favoriserer TDC's egne kunder. Med et fælles login vil eksempelvis Telenors kunder og Telenor have lige stor nytte af TDC's wifi-dækning, som TDC selv har. På nuværende tidspunkt findes der ikke forretningsløsninger til salg af overskudskapacitet, da det er forbundet med mange faktorer, og det bør derfor undersøges nærmere, hvilke potentialer der ligger indenfor dette område.

4.2.3 Wifi som værktøj til udbredelse af hurtigt bredbånd

Adgang til hurtige bredbåndsforbindelser bliver stadig vigtigere for virksomheder og privatpersoner. I Danmark har regeringen et mål om, at alle husstande og virksomheder skal have adgang til mindst 100 Mbit/s download og 30 Mbit/s upload. Det vurderes, at det på længere sigt (10+ år) vil være nødvendigt med fibernetværk for at levere op til borgere og virksomheders behov. På nuværende tidspunkt er Region Hovedstaden underforsynet med lokal fiberdækning, hvilket blandt andet skyldes omkostningerne forbundet med nykabling af fiber på private grunde.¹⁶

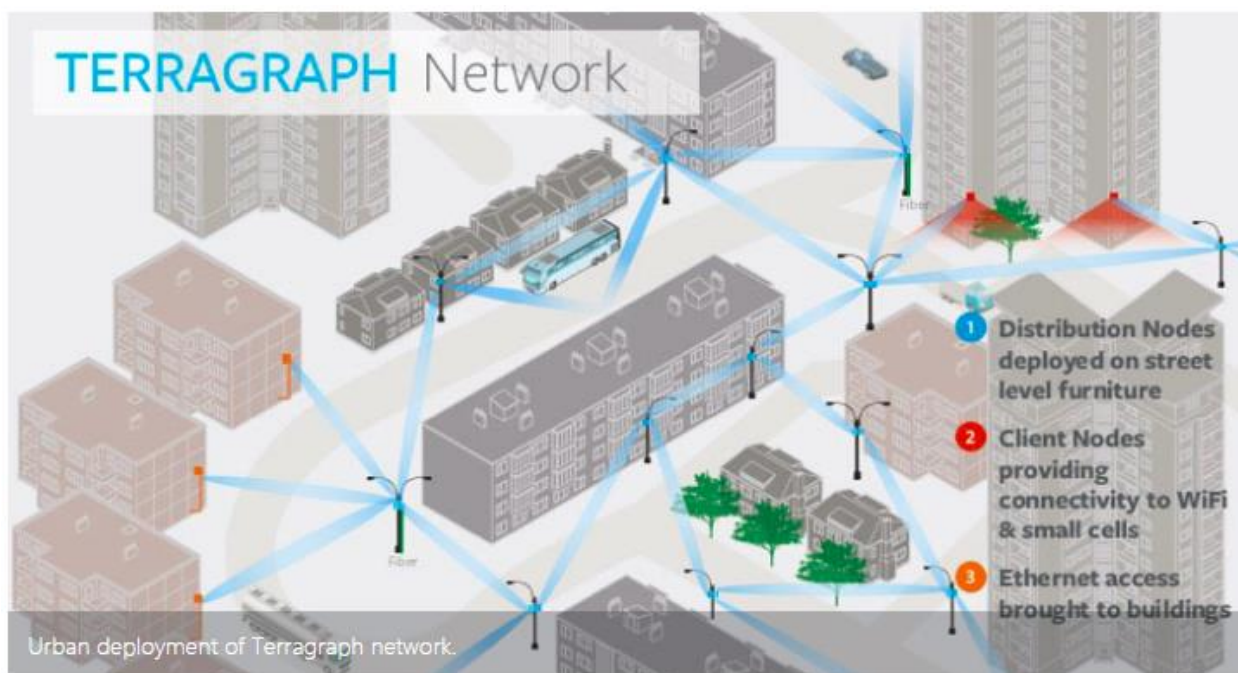
I de afholdte interviews er der blevet peget på, at Google, blandt andre, er ved at undersøge muligheden for at bruge såkaldt gigabit wifi i kombination med fiberkabler til at forbedre bredbåndsdækningen i områder, der på nuværende tidspunkt ikke har adgang til hurtigt internet. Gigabit wifi er en wifi-teknologi, der er i stand til at bære langt mere information end normalt wifi. Til gengæld blokeres den også lettere af husvægge og lignende. Konkret arbejder Google med at udvikle gigabit wifi, der kan dække "last mile" af deres fibernetværk. Altså at man i stedet for at grave fiber ned i hver enkelt husstand, vil kunne opstille gigabit wifi-netværk, der er koblet til fibernettet og kan sprede signalet det sidste stykke. Teknologien, der skal bruges til dette er ikke færdigudviklet, men det er muligt, at wifi i fremtiden vil få en større rolle i forhold til at sikre hurtig bredbåndsdækning i yderområder.

Facebooks Connectivity Lab er ved at udvikle en løsning, hvor gigabit wifi bruges til at levere hurtigt internet i tætbefolkede byer. Projektet hedder Terragraph Network. Der er tale om et trådløst netværk baseret på WiGig-standarden. Fordi gigabit wifi ikke kan penetrere bygninger, er netværket bygget op omkring en række distributionsnoder, der transmitterer data til Ethernet og wifi hubs, der sidder uden på de bygninger, der skal have internetadgang.¹⁷ Figur 4 illustrerer dette. Ifølge Facebook vil denne teknologi kunne levere hurtig internetadgang til lavere omkostninger end et fuldt udbygget fibernetværk.

¹⁶ COWI (2016): "Digital infrastruktur i Loop City - en analyse af tekniske, økonomiske og organisatoriske muligheder"

¹⁷ Facebook (2016): "Introducing Facebook's new terrestrial connectivity systems — Terragraph and Project ArIES". <https://code.facebook.com/posts/1072680049445290/introducing-facebook-s-new-terrestrial-connectivity-systems-terragraph-and-project-aries/>

Figur 4: Facebooks Terragraph-netværk kan levere hurtigt internet i tæt befolkede områder¹⁸



4.2.4 Wifi som en "value added service" og managed services

At tilbyde wifi som en "added service" handler om, at den almene forbruger i stigende grad forventer adgang til hurtig wifi, når de bevæger sig uden for hjemmet. At give kunden adgang til wifi er derfor en måde at gøre sin service/sit produkt mere attraktivt. Særligt caféer og hoteller benytter sig af dette, men også inden for blandt andet transport, ønsker man at kunne tilbyde rejsende hurtigt internet. I gadeplan, f.eks. på gågader, er det hovedsageligt turister som wifi henvender sig til. For mindre venues såsom caféer og restauranter, kan det virke uoverskueligt at skulle indgå i et fælles *Greater Copenhagen WiFi*, hvis det betyder, at de skal have separate SSID til henholdsvis det fælles wifi og deres netværk til administration af kasseapparater og lignende. For at gøre det mere attraktivt for de mindre venues at indgå i *Greater Copenhagen WiFi*, kan der tilbydes, som en del af det samlede *Greater Copenhagen WiFi*-projekt, at caféer og lignende kan købe en samlet "managed service", der både inkluderer et SSID til kunder og turister og et SSID til internt styring i caféen.

Også for operatører kan der være en brand-værdi i at tilbyde gratis wifi. Eksempelvis har Britiske Virgin Media har etableret et åbent wifi-netværk i Londons undergrundsbaner¹⁹. Wi-fi-netværket gratis for Virgin Medias mobil- og bredbåndskunder. Desuden kan rejsende, der ikke er kunder hos Virgin Media, tilkøbe sig adgang. Der ligger altså både et direkte indtjeningsgrundlag fra de brugere som køber sig adgang, samt en værdi i at kunne tilbyde sine nuværende kunder en unik service sammenlignet med konkurrenterne.

4.3 Eksempler på by-wifi og finansieringsmodeller

Indtil videre er der blevet præsenteret isolerede use cases og generelle tendenser inden for wifi. I forhold til konkrete finansieringsmodeller kan der hentes inspiration i to cases (New York og Frederiksberg). Derudover er der nationale og internationale kapitalforvaltere som har udvist interesse i at investere i digital infrastruktur, såsom wifi. I dette afsnit rides en potentiel model for et sådan samarbejde også op.

¹⁸ Facebook (2016): "Introducing Facebook's new terrestrial connectivity systems — Terragraph and Project ArIES".

¹⁹ <https://my.virginmedia.com/wifi/index.html>

4.3.1 LinkNYC

I New York City er man i gang med en af de mest omfattende etableringer af city wifi, der endnu er set. Over de næste år vil der blive installeret op til 10.000 standere, kaldet Links, over hele byen²⁰. Hvert Link vil give adgang til wifi med en sendevide på minimum 45 meter og hastigheder på op til 1 gbit/s. Foruden at kunne koble sig på nettet er der også installeret en tablet i hver kiosk med adgang til bykort, city services og mulighed for at foretage videoopkald.

LinkNYC-projektet er et offentligt-privat-partnerskab mellem bystyret i New York og CityBridge - et konsortium bestående af Qualcomm, Intersection og CIVIQ Smartscales. Der er tale om en franchise-aftale, hvor CityBridge frem til 2026 har rettighederne til at *"design, install, operate, repair, maintain, upgrade remove and replace Public Communications Structures."* Til gengæld forpligter CityBridge sig til at udbyde gratis offentligt wifi.

LinkNYC er gratis for brugerne og finansieres 100 % gennem de reklamer, der er på hvert enkelt link. Som en del af franchiseaftalen er CityBridge desuden forpligtet til at betale bystyret i New York 50 % af omsætningen fra reklamerne. Det er estimeret at LinkNYC vil give bystyret i New York en ekstra indtjening på omkring \$ 500 millioner frem mod 2026²¹. Projektet er et eksempel på at værdien af reklamer og data i forbindelse med et offentligt wifi-netværk kan være så høje, at private virksomheder kan have interesse i at finansiere hele netværket. Det skal dog nævnes, at bystyret i New York fra nogle kanter kritiseres for at sælge ud af borgenes data.

LinkNYC kan tjene som inspiration til et kommende åbent wifi-projekt i København. Både hvad angår teknisk udførelse og forretningsmodel. Det er dog vigtigt at pointere, at LinkNYC blandt andet kan lade sig gøre grundet New Yorks høje befolkningstæthed. Det er eksempelvis særligt Links på Manhattan, der kommer til at drive reklameindtægterne. På nuværende tidspunkt er LinkNYC også på vej til London (under navnet LinkUK), hvor der er indgået et samarbejde med British Telecom.

4.3.2 Frederiksberg Forsyning etablerer eget wifi-netværk

Hvor LinkNYC udelukkende er privat finansieret, har Frederiksberg Forsyning valgt at etablere deres eget wifi-netværk²². Der er tale om ca. 950 access-punkter, der udrulles i forbindelse med at Frederiksberg Forsyning graver nyt fiber ud. Cirka 450 af access punkterne kommer til at have kablet fiberforbindelse. Disse access-punkter leverer forbindelse til de resterende access-punkter i et mesh-netværk. De 950 access punkter hænges op med omkring 100 meter mellem hinanden.

Etableringen af wifi-netværket har været sendt i udbud og varetages derfor ikke af Frederiksberg Forsyning selv. Men det er Frederiksberg forsyning, der ejer netværket.

Frederiksberg Forsyning har investeret omkring 37 millioner i netværket og forventer, at investeringen er tjent ind igen i løbet af seks år. Det kan lade sig gøre, fordi wifi-netværket skal bruges til at hjemtage bedre forsyningsdata inden for vand og fjernvarme. På nuværende tidspunkt henter Frederiksberg Forsyning data fra fjernvarmemålere hjem en gang om måneden. Ved at slutte sensorer på fjernvarmemålere til det nye wifi-netværk kan man hjemtage data et sted mellem hvert minut og hvert femte minut. Der er altså tale om et enormt spring i mængden af tilgængeligt forsyningsdata. Man regner med, at disse data kan bidrage til besparelser i omegnen af 5 millioner kr. om året. Blandt andet ved at optimere, de ruter, der bruges i røretværket til at levere varme og vand til de enkelte husstande, og ved at bruge viden om den enkelte husstands forbrugsmønstre til kun at pumpe varme ud i det omfang, der er nødvendigt. Desuden vil sensorer på selve rørene betyde, at man vil kunne reovere mere intelligent. Sensorerne er forbundet til wifi-netværket via en gateway, der også giver mulighed for at forbinde sensorerne til LPWAN-netværk.

²⁰ City of New York: "LinkNYC" - <https://www1.nyc.gov/site/doitt/initiatives/linknyc.page>

²¹ LinkNYC: <https://www.link.nyc/index.html>

²² Afsnittet bygger på et interview med Frederiksberg Forsyning, foretaget i januar 2017

Selve business casen er baseret på de nye datamuligheder inden for fjernvarme og vand. De potentielle use cases rækker dog ud over dette. I forbindelse med skybrudssikring vil netværket kunne bruges til at hjemtage data fra sensorer, der måler veje og kloaksystemers kapacitet i forhold til regnvand. Der er også potentiale for at netværket kan bruges til at indhente data om parkering i kommunen, hvilket vil kunne føre til en mere effektiv udnyttelse af de nuværende pladser. Det er desuden meningen at netværket også skal bruges til at levere internet til Frederiksbergs skoler. Der har været tale om muligheden for på sigt at bruge wifi-netværket til turist/borger-wifi. Der foreligger ingen konkrete planer for, hvordan det kunne gøres, men en mulighed der blev nævnt i interviewet med Frederiksberg Forsyning er at gøre det via en privat 3. part (fx TDC). Man ville så sælge/stille kapacitet til rådighed, som tredjeparten ville kunne bruge til at udbyde internet til turister. Ingen af de nævnte potentialer har færdigudviklede løsninger klar, og det blev i interviewet fremhævet, at det var afgørende for investeringsbeslutningen, at hele business casen kunne bygges op omkring de besparelser, man har udregnet potentialet i kraft af den forbedrede mulighed for at hjemtage forsyningsdata.

Frederiksberg Forsynings netværk er et ambitiøst projekt, der viser, at selvom, det er ressourcekrævende at etablere store wifi-netværk, kan det give økonomisk mening, hvis man formår at udnytte de muligheder netværket giver intelligent. Et netværk i stil med det Frederiksberg Forsyning etablerer vil dog kun give mening i tæt befolkede områder.

4.3.3 Pensionsselskaber og kapitalfonde kan investere i wifi

I Frederiksberg valgte man at investere i et wifi-netværk, fordi investeringen vurderes at være tjent inden for en relativ kort årrække. Investeringen har dog stadig krævet, at Frederiksberg Forsyning selv har investeret omkring 37 millioner kroner. Ekspertinterviews peger på, at en alternativ måde at finansiere wifi på er, at pensionsselskaber og kapitalfonde kan levere den initiale investering. Ligeledes peger Rambøll og Anycom (2016) på, at store kapitalforvaltere kan være relevante til at finansiere passiv infrastruktur. En mulig finansieringsmodel vil være, at pensionsselskaber eller kapitalfonde finansierer investeringen af nye gadelamper i en kommune. Over en årrække tilbagebetaler kommunen investeringen (inklusive forrentning) tilbage.

En måde at udbrede wifi er ved at installere wifi access points i gadelamper. Efter et EU-direktiv fra udgangen af 2015 gjorde de traditionelle kvik-sølvbaserede lamper ulovlige, står mange kommuner overfor at skulle udskifte deres gadelampe til lamper med LED-lys. I den forbindelse har flere kommuner valgt også at installere wifi i flere af gadelamperne. Skiftet til LED betyder, at kommunerne kan opnå store besparelser på udgifter til el. Disse besparelser kan eksempelvis bruges til at finansiere tilbagebetalingen til en investor.

Fra kommunernes side er modellen interessant, fordi tilbagebetalingen finansieres af de besparelser man opnår ved at skifte fra kvik-sølvbaserede lamper til LED. Kommunens udgifter til gadebelysning vil være uændrede over tilbagebetalingsperioden. Ved denne model slipper kommunen altså for at skulle levere en stor initial investering samtidig med, at de løbende udgifter til gadebelysningen forbliver uændrede.

I sidste ende vil det være en politisk beslutning, hvorvidt de besparelser, der opnås ved at gå fra kvik-sølvbaserede lamper til LED, blandt andet skal bruges til at finansiere wifi. Uanset hvad er det dog relevant at tænke investeringer i forskellige former for infrastruktur sammen.

I de afholdte interviews var der meget fokus på muligheden, der lå i forhold til de besparelser, skiftet fra kvik-sølvbaserede lamper til LED medfører. Som eksempelvis Frederiksberg Forsynings business case viser, kan wifi også bidrage selvstændigt til potentielle besparelser. Fremadrettet vil det være relevant at undersøge muligheden for at få finansieret etablering af wifi-netværk af kapitalfonde i en model, hvor man lader de løbende besparelser finansiere tilbagebetalingen til pensionsselskaber/kapitalfonde. På energi-området har man brugt den såkaldte "ESCO"-model til at finansiere energireovering af offentlige

bygninger, hvor besparelser på energi har finansieret investeringen²³. Det vil være relevant at undersøge, om en lignende model kan bruges i forhold til wifi.

²³ For uddybning af ESCO-projekter se eksempelvis: <https://www.danskerhverv.dk/Politik/Energi/Sider/ESCO.aspx>

5. ORGANISATORISK FORANKRING

Organiseringen af *Greater Copenhagen WiFi*-projektet er afgørende for hvilke forretningsmuligheder, der kan udnyttes.

Hvordan eventuelle fælles dele af løsningen bedst kan forankres og vedligeholdes har to overordnede aspekter. For det første skal den fælles løsning forankres på en måde, der sikrer en klar rollefordeling mellem deltagende parter, og at den nødvendige tekniske ekspertise er til stede. Dette inkluderer, at der skal tages stilling til, hvorvidt ejerskabet af netværket skal ligge hos kommunerne eller private aktører. For det andet er det nødvendigt at skabe en incitamentsstruktur, der gør, at ejere af private netværk er interesserede i at implementere den fælles løsning.

Afsnittet bygger på:

- Digitalinfrastruktur i LOOP City, udarbejdet af COWI i 2016
- Undersøgelse af mulighederne for et fælles Øresunds-wifi, udarbejdet af SWECO i 2016
- Løsningsmodeller for mobildækning, Rambøll Anycom, 2016
- Teknologivalg for bredbåndsadgang i det offentlige rum, udarbejdet af Netplan i december 2016
- Interview med Claus Hetting, Wi-Fi Now
- Interview med Jan Stenmo, Eltel.

5.1 Generel forankring og ejerskab

Et fælles *Greater Copenhagen WiFi* vil være en del af Region Hovedstadens digitale infrastruktur. Organisering af etablering og drift af digital infrastruktur kan grundlæggende organiseres på tre forskellige måder²⁴:

- 1) (Fælles) kommunal investering og drift.
- 2) Teknologileverandører og andre private investorer står for at investere og drifte det fælles netværk. Kommunen udbyder/betaler for services. Som en del af udbuddet kan kommunerne stille eksempelvis kommunale bygninger og wifi-netværk til rådighed.
- 3) Samarbejdspartnere overtager en del af investerings- og driftsopgaven mod at få adgang til at udvikle forretningsmodeller, som potentielt kan give dem afkast til at bære initialt økonomiske bidrag.

Ses der på de by-wifi, der findes internationalt, tager flere byer koncessionsmodeller i brug, når by-wifi etableres. Her stiller en offentlig myndighed relevante offentlige strukturer (f.eks. gadeinventar, offentlige bygninger og offentlige kommunikationsstrukturer) til rådighed, imod at vinderen af udbuddet leverer offentligt wifi. Altså er det teknologileverandører og andre private investorer, der står for at investere og drifte det fælles netværk. Et af de mest ambitiøse eksempler er projektet LinkNYC i New York, hvor et konsortium bestående af Intersection, Qualcomm og CIVIQ Smartscales frem til 2026 har rettighederne til at "*design, install, operate, repair, maintain, upgrade remove and replace Public Communications Structures.*". Til gengæld forpligter CityBridge sig til at udbyde gratis offentligt wifi²⁵. Også i Storbritannien vinder koncessionsmodellen frem. Eksempelvis har virksomheden intechnologyWiFi vundet en 10-årig koncessionskontrakt i Edinburgh.²⁶ Erfaringer med koncessionsmodellen peger på at modellen sikrer en klar forankring af et fælles wifi, idet en enkelt virksomhed (eller konsortium) er ansvarlig for at etablere og drive netværket. Modellen kan dermed også leve op til hotellernes krav om en ansvarsfordeling. Samtidig sikres det, at driften af netværket er placeret i en virksomhed, der har de tekniske kompetencer til dette. Det anbefales derfor, at mulighederne for at etablere *Greater Copenhagen WiFi* via en koncessionsmodel undersøges nærmere.

²⁴ COWI (2016): "*Digital infrastruktur i Loop City - en analyse af tekniske, økonomiske og organisatoriske muligheder*"

²⁵ City of New York: "*LinkNYC*" - <https://www1.nyc.gov/site/doitt/initiatives/linknyc.page>

²⁶ The City of Edinburgh Council: "*Free WiFi set to hit Edinburgh's city centre*" - http://www.edinburgh.gov.uk/news/article/2069/free_wifi_set_to_hit_edinburghs_city_centre

I de afholdte interviews er fordelene ved at lade private aktører være ansvarlige for at etablere og drifte det fælles netværk blevet fremhævet. Hvis kommunerne er ejere af netværket eller udbyder af kommunikationstjenester, vil projektet rammes af en række begrænsninger, som ikke vil ramme projektet, hvis det offentlige begrænser sin rolle til at være bruger/forbruger/kunde. Det skyldes, at der er både national og EU-lovgivning, der begrænser offentlige aktørers mulighed for at udbyde internet til turister og borgere (se afsnit 6 for uddybning). Private aktører, som leverer tjenester til den offentlige aktør, har langt videre muligheder for at udnytte andre forretningsmuligheder og kan eksempelvis frit vælge at "overdimensionere" netværkets kapacitet ud fra rent kommercielle hensyn, uden at dette kommer i konflikt med EU-regler.

I Frederiksberg har man valgt kun at sætte selve etableringen af wifi-netværket i udbud, og det er derfor Frederiksberg Forsyning, der selv ejer netværket. Dog blev det fremhævet, at et eventuelt turist-wifi formentlig ville blive drevet via en privat tredje part.

Uanset hvilken model der vælges, vil der være brug for et tværkommunalt samarbejde. Vælges der en koncessionslignende model, hvor etableringen og driften af *Greater Copenhagen WiFi*, vil det for det første være nødvendigt med en tværkommunal koordinering i udbudsprocessen. Både i forhold til at sikre at alle relevante kommunale behov indgår i udbudsmaterialet og i forhold til at danne et overblik over hvilken kommunal struktur, der skal stille til rådighed for *Greater Copenhagen WiFi*.

Der findes i Region Hovedstaden kommunale/regionale initiativer, der kan være med til at udvikle smart city-løsninger, der kan være med til at skabe reel økonomisk værdi fra *Greater Copenhagen WiFi*. I første omgang vil flere af Regionens eksisterende initiativer potentielt kunne spille en rolle. Det bør undersøges nærmere, hvordan regionens tre living labs vil kunne indgå i projektet. Både DOLL, Copenhagen Street Lab og DTU Smart Avenue er alle baseret på wifi. I DOLL arbejder man allerede med at bygge wifi ind i gadelamper og på DTU Smart Avenue forsker man i tracking med wifi. I forhold til cyber security og privacy i *Greater Copenhagen WiFi* vil det desuden være relevant at undersøge, i hvilken grad Vallensbæk Cyber Security lab kan inddrages.

5.2 Incitamentsstruktur

Det er ønsket fra Regionens side, at en del af de access-punkter, der skal indgå i det samlede netværk, skal være allerede eksisterende wifi-netværk fra restauranter, hoteller, storcentre og andre "venues".

I forhold til de internationale eksempler på koncessionsmodeller adskiller *Greater Copenhagen WiFi* sig derfor ved at ville inkludere eksisterende, privatejede wifi access-punkter i det fælles netværk. På nuværende tidspunkt er det derfor nødvendigt at undersøge nærmere, hvordan den proces, hvor private netværk indlemmes i den fælles løsning, kan foregå.

SWECO har, som en del af deres forundersøgelse af mulighederne for et fælles wifi, interviewet repræsentanter fra danske og svenske hotelkæder i forhold til deres interesse i at indgå i et fælles wifi. I de afholdte interviews nævnes tre mulige måder at organisere den fælles løsning på set fra hotellernes perspektiv:

1. Hotellet har to SSID, hvoraf det ene døbes "*CopenhagenSkane WiFi*" eller lignende.
2. En privat virksomhed står for at levere wifi til både hotellet og offentlige aktører
3. Kommunen/regionen er 100 % ansvarlig for at levere wifi til både hotellet og offentlige aktører.

Pointen med at de nævnte modellen er, at hotellerne ikke risikerer, at der opstår tvivl om ansvarsfordelingen mellem kommune/region, teknologileverandører og hoteller. Set fra Hotelbranchens perspektiv vil den rene kommunale model eller modellen, hvor private investorer etablerer og driver netværket, altså være at foretrække.

I planlægningen af en fælles løsning er det derfor vigtigt, at der tages hensyn til, hvorvidt udformningen af løsningen vil få betydning for den måde, de eksisterende wifi-netværk skaber værdi for deres ejere. I forbindelse med udviklingen af SWECO's tekniske løsninger blev repræsentanter for større nordiske hotelkæder interviewet. Selvom repræsentanterne som udgangspunkt var positive overfor idéen om et fælles netværk, blev det også fremhævet, at en potentiel ulempe ved at indgå i et fælles Øresunds-wifi ville være, at det ville blive sværere at få samme mængde information ud til brugerne, som man på nuværende tidspunkt kan gennem hotellets eget wifis velkomstsider. Hvis det skal sikres, at de private netværk kommer til at indgå i den fælles login-løsning, må det undersøges nærmere, hvad ejerne af netværkene vil kræve af løsningen for at være villige til at implementere den fælles løsning.

6. JURIDISKE ASPEKTER

Foruden den rent tekniske udførelse er der en række juridiske aspekter med betydning for muligheden for at etablere et fælles login. I Netplans notat "Teknologivalg for bredbåndsadgang i det offentlige rum" (2016) er der derfor også blevet "afdækket lovgivningsmæssige rammer for et sammenhængende wifi-net, herunder eventuelle behov for lovændringer på området, som der kan skabes politisk fokus på". Notatets væsentligste pointer fremgår af dette afsnit.

6.1 De regulerende lovsæt

Det danske telemarked er et frit konkurrencedrevet marked, der som udgangspunkt reguleres så lidt som muligt. Danmark har en af de mest liberale telelovgivninger i verden, og det kræver f.eks. ikke særlig godkendelse eller licenser at drive et teleselskab.

I relation til projektet omkring et *Greater Copenhagen WiFi* er de mest interessante spørgsmål i forhold til lovgivning de spørgsmål, som vedrører forholdet imellem de frie markeds kræfter i telemarkedet, og det offentlige muligheder for at påvirke udviklingen. I Netplans notat redegøres der detaljeret for disse spørgsmål.

Offentlige myndigheder er – i forhold til det fri marked – underlagt både national og EU-lovgivning. I forhold til telesektoren er der primært to regelsæt, som kommer i anvendelse i forhold til offentligt anlagte telenet:

- EU's statsstøtteregler (EU-traktatens artikel 107).
- Kommunalfuldmagtsreglerne.

Grundlæggende er der en række opmærksomhedspunkter i forbindelse med lovgivningen, som skal endeligt afklares i forhold til etablering af et *Greater Copenhagen WiFi*. Særligt to juridiske begrænsninger er vigtige at få afklaret: kommuners mulighed for at sælge overskudskapacitet og "1-times-reglen", der siger, at kommuner ikke må udbyde gratis wifi til turister 1 time om dagen.

6.2 Salg af offentlig overskudskapacitet

I nogle af de afholdte interviews blev det fremhævet, at kommuners mulighed for at sælge overskudskapacitet i kommunalt anlagte wifi-netværk kunne være med til at finansiere etableringen af mere omfangsrige netværk. Ifølge Netplan vil dette være juridisk muligt, såfremt følgende fire betingelser er opfyldt:

1. Overskudskapaciteten må ikke være dimensioneret med det formål at varetage ikke-kommunale opgaver,
2. Overskudskapaciteten må af hensyn til løsningen af den kommunale opgave ikke kunne afskaffes,
3. Opgaven må ikke allerede varetages på en rimelig måde af private erhvervsdrivende, og
4. Salg af overskudskapacitet skal ske til markedspris.

Hvis en kommune således ønsker at tilbyde overskudskapacitet til private aktører, er det afgørende, at kommunen *ikke* eksplicit indbygger funktioner, som alene er beregnet til at understøtte salg af overskudskapacitet, men derimod grundigt dokumenterer hvilken egen anvendelse kommunen har af det/de pågældende netværk.

Desuden skal overskudskapacitet sælges til "markedspris" – kommunen må ikke stille kapaciteten til rådighed gratis. Det kan være ganske omfattende at dokumentere, hvad markedsprisen for en overskudskapacitet i et wifi-net er, da værdien afhænger af en lang række forhold som f.eks.:

- Hvor mange andre wifi access-punkter, der findes i nærheden
- Hvor mange andre access-punkter i nærheden, som tilbyder gratis wifi
- Hvor mange "kunder" aftageren af overskudskapaciteten forventer i dækningsområdet
- Hvilken omkostning aftageren vil have ved selv at etablere en tilsvarende dækning (med wifi eller anden teknologi)
- Hvilken kablet infrastruktur findes i området, og hvilken adgang kan kommunen og aftageren få til en sådan.

I større netværk udarbejder man en egentlig prismodel baseret på f.eks. LRAIC*-princippet. LRAIC-prisfastsættelsesmetoden tager udgangspunkt i, hvad de fremadrettede omkostninger burde være i et optimalt drevet net og selskab - baseret på en moderne, effektiv teknologi.

Præcis hvilke muligheder de juridiske rammer giver for salg af offentlig overskudskapacitet er ikke klarlagt og må derfor undersøges nærmere.

6.2.1 1-times-reglen

I den danske telelov §60 b begrænses wifi-adgangen for turister til alene at omfatte gratis adgang en time pr. døgn pr. apparat. I ministeriets høringsnotat lægges der vægt på, at internationale turister ofte har adgang til wifi flere steder f.eks. på hoteller, caféer m.v., og at den nye bestemmelse kun skal ses som et supplement til turisternes øvrige muligheder for at få adgang til bredbånd. I ministeriet forudsætter man således, at den wifi-dækning, som ydes af andre end kommunerne, *ikke* indgår som en del af den kommunale tjeneste. I § 60b findes endnu en begrænsning i forhold til anvendelse af kommunale wifi-net. Af § 60b, stykke b), fremgår:

"I områder, hvor der er aktiviteter rettet mod international turisme, kan kommuner udbyde gratis adgang til wifi, når ... b) den tilbudte gratis adgang sker med henblik på udendørsdækning".

Denne begrænsning er bemærkelsesværdig, idet den tilsyneladende vil betyde, at en kommune, som ønsker at give dette tilbud til turister, må foretage en opdeling af wifi-dækningen, så kun den del, der retter sig mod den udendørs brug, er omfattet. Det er uklart, hvordan en sådan opdeling i praksis skal udmøntes, idet mange wifi-netværk både vil have dækning indendørs og udendørs.

6.2.2 De juridiske rammers betydning for den videre proces ved *Greater Copenhagen WiFi*

Kommuner kan yde finansiel støtte, så længe der ikke indgår favorisering, og udbudsreglerne overholdes. Investeringer i passiv infrastruktur, f.eks., falder dermed indenfor kommunernes mulighed for helt eller delvist at indgå i infrastrukturinvesteringer som tomme rør og fiberudrulning.

Gennem interviews er det blevet belyst, at det i forhold til det juridiske aspekt kan være afgørende, hvilken rolle offentlige aktører indtager i forretningsmodellen. Hvis offentlige aktører er ejer af netværk eller udbyder af kommunikationstjenester, så vil projektet rammes af en række begrænsninger, som ikke vil ramme projektet, hvis det offentlige begrænser sin rolle til at være bruger/forbruger/kunde.

Offentlige aktører kan i forbindelse med indkøb af tjenester, lade egen infrastruktur indgå i udbuddet og således stille arealer, strukturer og infrastruktur til rådighed for den leverandør, som vinder opgaven med at levere tjenester til den offentlige aktør. Den private aktør, som skal levere tjenester til den offentlige aktør, har langt bedre mulighed for at udnytte andre forretningsmuligheder og kan eksempelvis frit vælge at "overdimensionere" og videresælge kapacitet etc. ud fra rent kommercielle hensyn, uden at dette kommer i konflikt med EU-regler.

* LRAIC: Long Run Average Incremental Cost.

I afsnit 3.6 blev datasikkerhed og brugerdata diskuteret kort. Det danske logningsdirektiv blev ophævet i 2014, derfor skal udbydere ikke foretage logning af brugere. Det er dog væsentligt at en forretningsmodel for et Greater Copenhagen WiFi tager den gældende og evt. kommende lovgivning i betragtning. Herunder muligheder for videresalg af brugerdata som er underlagt persondataloven.

Det er med andre ord tilsyneladende muligt juridisk at etablere og drifte et fælles wifi-login fra det offentlige side, indenfor ovennævnte begrænsninger om favorisering og timeforbrug. Det er dog væsentligt at påpege, at det er kritisk, at det juridiske grundlag for den valgte tekniske løsning undersøges nærmere.

7. MOBIL- OG BREDBÅNDSDÆKNING

Interviews og det eksisterende materiale peger på, at et Greater Copenhagen WiFi er interessant, da det udover at muliggøre en række tjenester for brugere og turister, kan være med til at aflaste en Region, som har udfordringer på mobil- og bredbåndsdækningen af en lang række områder. I de kommende afsnit vil der kort blive redegjort for en række af de udfordringer, som Regionen har med mobil- og bredbåndsdækningen. Dette gøres på baggrund af Netplans notat omkring dækning i Region Hovedstaden.

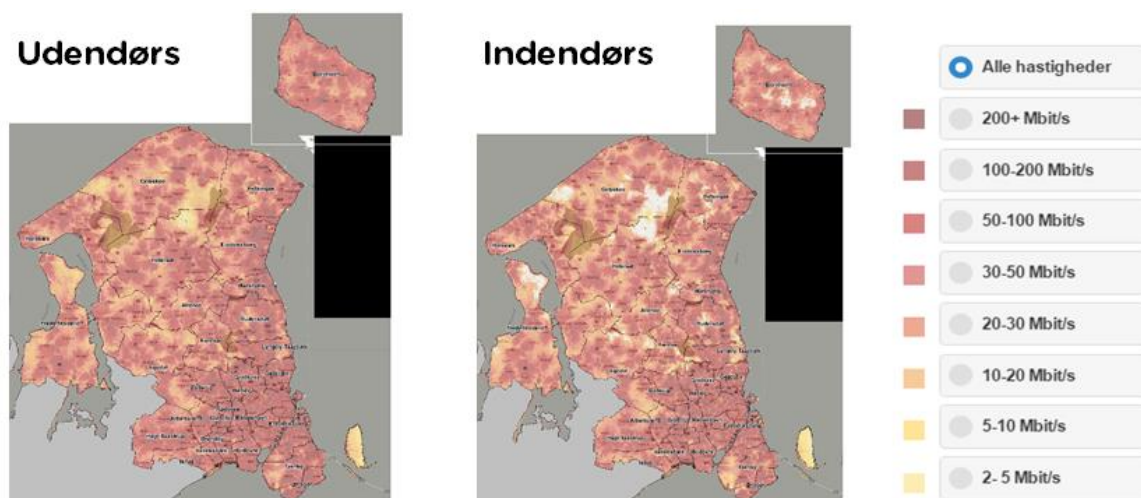
7.1 Kortlægning og udpegning af dårligt dækkede områder

På spørgsmålet omkring kortlægning af mobil- og bredbåndsdækningen og udpegning af dårligt dækkede områder, er det belyst, at dækningen for mobil tale generelt er god. Mobil tale dækker over 2G-/3G-/4G-teknologier, mens mobil data primært fungerer over 3G og 4G. Der findes enkelte områder, især store naturområder, hvor der ikke er dækning. Der er tale om områder såsom: Gribskov, Nordskoven, Tisvilde Hegn og Amager Fælled. Men også tættere bebyggede områder omkring eksempelvis Lyngby-Taarbæk er udfordrede. Både TDC, Telia, Telenor og 3 dækker regionen ens, men der er stor forskel på den indendørs og udendørs dækning. Den indendørs dækning er markant dårligere end den udendørs dækning. Mangelfuld indendørs mobildækning skyldes ofte moderne og massive store byggerier, som gør det vanskeligt at skabe indendørs dækning, uanset hvor god udendørsdækning, der allerede skulle være. Mangelfuld indendørs dækning kan derfor finde sted i alle regioner – også i byerne.

Mobil data dækning er, på samme måde, bedst omkring tætbebyggede områder, hvorimod der i områder med lav befolkningstæthed er områder med faldende til ingen dækning. Størstedelen af Regionen er dækket af en datahastighed på 0-20 Mbit/s. Der findes reelt store områder uden en datadækning over 10 Mbit/s, og store områder uden en datadækning over 30 Mbit/s, meget få områder over 50 Mbit/s, og kun i tætbebyggede områder findes der datadækning med hastigheder over 100 Mbit/s. Ligesom med mobil tale, tabes der en del når dækningen udendørs sammenlignes med dækningen indendørs. Der er både større områder uden datadækning indendørs, og hastighederne er generelt lavere indendørs. Der er dermed ikke tale om en datadækning, som er fyldestgørende for hele Regionen.

Til kortlægningen er der udarbejdet kort over Regionen med farvelækning af de dækkede områder, samt farvekoder for dækningsgraden og den forventede opnåede datahastighed. Kortlægningen kan dog ikke levere en detaljeret opgørelse af mindre områder uden dækning i eksempelvis tætbebyggede områder, hvor store bygninger blokerer tele- og datasignalet. Det er dermed svært at konkludere, hvordan tale- og datadækningen i Region Hovedstaden egentlig er. Til dette er der i givet fald behov for en mere detaljeret kortlægning.

Figur 5 TDC datadækning



Kilde: Netplan, 2016

Regeringen har en målsætning om, at alle husstande i Danmark skal have adgang til bredbåndsdækning med hastigheder på 100Mbit/s ned og 30Mbit/s op i 2020. 85 pct. af husstandene i Region Hovedstaden lever op til denne målsætning. På trods af den, relativt fornuftige, udbredelse af bredbånd, så er der samtidig en stor udfordring i, at ca. 125.000 husstande²⁷ ikke har adgang til bredbåndsforbindelser, som lever op til Regeringens målsætning. Derudover er der en stor spredning internt i Regionens 29 kommuner. Hvor Bornholm kun leverer bredbåndshastigheder tilsvarende målsætningen på 15 pct. af adresserne, leverer Ishøj til 96 pct. Der er 23 kommuner, som dækker over 80 pct. af adresserne, men ud af dem er der kun ni kommuner, som har en dækningsgrad over 90 pct. Med andre ord er der en halv snes kommuner med meget lave dækningsgrader.

Jo lavere dækningsgrad, des større er potentialet for at forbedre dækningsgraden indenfor en ramme, som er kommercielt attraktiv, og hvor det kan forventes, at private udbydere vil være interesserede. Det skyldes, at investeringsomkostningerne er relativt små sammenlignet med markedspotentialet. Modsat fungerer det for kommuner, hvor det er de sidste 10-20 pct. af husstandene, som mangler dækning. Dette skyldes, at de rentable infrastrukturinvesteringer som regel er foretaget, og det at tilslutte, især spredt bebyggelse eller særligt problematiske bygninger, er dyrt, og markedspotentialet er begrænset. Dette efterlader et potentielt marked for andre former for aktører og teknologier, eksempelvis offentlige private partnerskabsmodeller og wifi-calling og offloading for indendørs dækning.

Region Hovedstaden har et behov for en bedre mobil- og bredbåndsdækning. Det er en udfordring for mobildækningen, at store områder ikke er sammenhængende dækket af datahastigheder over 20 Mbits/s, og at der er store områder uden tale- og datadækning. Dette kan være med til at gøre regionen mindre attraktiv for det private erhverv, ligesom at områder med ingen- eller stærkt begrænset netværk, kan begrænse det offentliges medarbejdere indenfor eksempelvis hjemmeplejen.

Kortlægningen af bredbåndshastigheder forholder sig til hastigheder, som ikke er fremtidssikrede. De fleste fiberudbydere tilbyder i dag hastigheder på 100 Mbit/s op og ned, hvilket er en tredobling af op-hastigheden i forhold til Regeringens målsætning på 30 Mbit/s. Der er tilmed enkelte fiberudbydere, som tilbyder hastigheder på 1000 Mbit/s op og ned.²⁸ Med fremtidens databehov i form af streaming, dataprocessing, cloud management solutions, med mere, vil det nuværende mål for en 100 Mbit/s ned og 30 Mbit/s op være forældet indenfor en overskuelig årrække.

²⁷ Baseret på Danmarks Statistiks opgørelse for antal husestande i Region Hovedstaden 2016

²⁸ Eksempelvis Hiper

Der er derfor et behov for at se nærmere på kortlægningen ud fra et tidssvarende perspektiv og identificere de områder, som ikke har en fremtidssikret levering på datahastigheder over Regeringens målsætning.

I takt med at mobile enheder (smartphones og tablets) opdateres og udskiftes, bliver det muligt at indføre wifi-calling og offloading. Som nævnt tidligere er wifi-calling og offloading en teknologi, hvor enheden veksler mellem at operere på mobilnetværket og wifi-signalet, uden at brugeren oplever nogen forandring i servicen. Det foregår automatisk og sømløst. Wifi-teknologien har begrænset rækkevidde – men til gengæld en evne til at transmittere store datamængder. Teleoperatører, såsom 3, tilbyder i dag deres kunder, som har både bredbånd og mobilabonnement, at levere wifi-calling via wifi-routeren, når mobiltelefonen er forbundet til routeren. Dette er en fordel i bygninger med dårlig indendørs mobildækning eller eksempelvis i sommerhusområder med dårlig mobildækning. Wifi-calling er en teknologi, som vil gøre det muligt at levere god mobildækning til et begrænset geografisk område billigt og effektivt (wifi routere dækker gerne et hus i ét plan). Det forudsætter naturligvis en god og stabil opkobling til bredbånd eller fiber. En udfordring med teknologien i dag er, at langt fra alle mobile enheder har den bagvedliggende teknologi (eks. hotspot 2.0), samt at der skal oprettes forbindelse til det trådløse netværk. Selvom at dette begrænser muligheden for udbredelse her og nu, peger eksperter på, at dette vil blive en stor del af den fremtidige service pakke fra mobiloperatører og en mulighed for at tilgå udfordringen omkring især indendørs mobildækning.

7.2 Finansielle løsningsmodeller

For at fremme en tidssvarende mobil- og bredbåndsdækning, peger analyserne på finansieringsmodeller, som understøtter passiv infrastruktur, OPP-modeller for finansiering, og især på udbudsdriven dækningsforbedring. Ligeledes peges der på lavpraktiske brugerdrivne løsninger, som kan afhjælpe på forholdet mellem en teknisk dækning og en oplevet dækning. Det anslås generelt, at passiv infrastruktur er en interessant og attraktiv løsningsform, som kan være behjælpelig med at tiltrække operatører og andre private investorer. Dette kan i særdeleshed udføres i form af et kommunalfælleskab, hvor der er mulighed for at udføre arbejde på tværs af kommunegrænser. Dette vil betyde en øget økonomisk købekraft samt et mere ensartet og interessant infrastruktur marked for potentielle private aktører.

At fremme en tidssvarende mobil- og bredbåndsdækning i Region Hovedstaden er ikke en udfordring, som kan løses ved at implementere én strategi. Interviews og det eksisterende materiale peger på, at i visse områder kan der etableres offentlige private partnerskaber, hvor det offentlige kan finansiere den passive infrastruktur og teleoperatører den aktive. I nogle områder er markedspotentialet stort nok for teleoperatørerne, til at de selv foretager alle investeringerne. I andre områder er markedet så småt, at der kræves OPP-modeller, hvor eksterne kapitalfonde indgår i den langsigtede infrastrukturinvestering. Dette kunne eksempelvis være pensionsfonde eller andre store kapitalfonde indenfor infrastruktur. Den konkrete finansielle løsning skal dog undersøges nærmere, når den konkrete tekniske løsning er udpeget.

Finansieringsmodel	Organisering	Udfordring som kan løses
OPP	Det offentlige finansierer passiv infrastruktur, og det private finansierer den aktive. Dette kan med fordel gøres i samarbejde med andre kommuner, eksempelvis i kommunale fællesskaber.	Denne løsning er attraktiv i områder, hvor markedspotentialet er begrænset.
OPP med kapitalfond	Det offentlige finansierer passiv infrastruktur, og det private finansierer en del af den aktive infrastruktur, hvor en kapitalfond finansierer det resterende.	Denne løsning er attraktiv i områder, hvor markedspotentialet er begrænset, og hvor den passive del af infrastrukturloesningen er uforholdsmæssig høj.

8. FREMTIDENS TEKNOLOGISKE SAMSPIL

Fremtidens teknologiske udvikling vil have en stor påvirkning for valget af teknologi og forretningsmodel i dag. Derfor er det undersøgt, hvordan fremtidens teknologiske udvikling og samspil kommer til at fungere. Afsnittet bygger på:

- Teknologivalg for bredbåndsadgang i det offentlige rum, udarbejdet af Netplan i december 2016
- Smart City infrastruktur, COWI, 2016
- Digitalinfrastruktur i LOOP City, COWI, 2016
- Interview med CISCO
- Interview med Jan Stenmo, Eltel
- Interview med Søren Nørgaard Madsen, TDC
- Interview med Aptilo
- Interview med Claus Hetting, Wi-Fi-NOW

8.1 Fremtidens mobilteknologi

I dag investeres der i 4G-netværk, hvor der i fremtiden vil blive investeret i den såkaldte 5G-teknologi. De danske 4G-net er fortsat under opbygning, hvor en operatør (TDC) har et stort set udbygget netværk. 4G-net er kendetegnet ved høje bitrater på op til 100 Mbit/sek. I visse sammenhæng ses bitrater op til 1 GBit/sek. 5G-standarder er under udvikling og har været det siden 2012, hvor EU afsatte 50 mio. euro til grundlæggende forskningsarbejde i denne teknologi.

5G er et user-centric-system i modsætning til alle andre mobilsystemer, som er cell-centric. Den grundlæggende tanke er, at det er telefonen og ikke netværket, der som udgangspunkt afsøger mulighederne for at kommunikere og således opretter forbindelse til et eller flere netværksservicepunkter.

Med det udgangspunkt forlader man en over 30-årig grundtanke i al mobilteknologi, hvor netværket styres og kontrolleres med den enkelte celle eller dækningsområde i fokus, til at åbne netværket for en mængde af forskellige kommunikerende platforme. En 5G-terminal skal således kunne bruge:

- 5G-basestationer
- 4G-basestationer
- Wifi access-punkter.

En af grundtankerne bag 5G er at udnytte mange forskellige radio-access-teknologier (såkaldte RAT's) navnlig for at kunne udnytte ulicenserede frekvensbånd som f.eks. wifi.

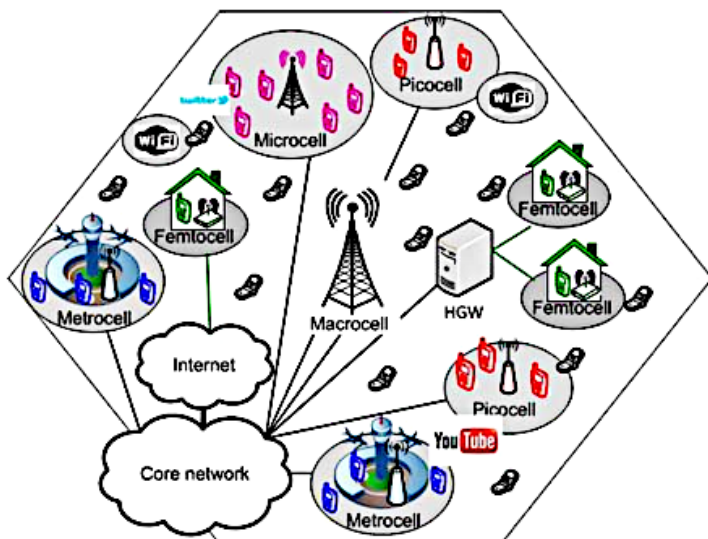
Dermed får fremtidens mobiloperatører løst tre meget væsentlige problemstillinger, som i dag belaster telesektoren:

1. Man får med ulicenserede frekvensbånd fjernet en meget byrdefuld licensbetaling, som alene for danske teleoperatører har betydet milliardstore udgifter.
2. Man får en mulighed for at få løst et presserende problem i forhold til at skaffe tilstrækkelig kapacitet i mobilnettet, både når det gælder makronettet (det landsdækkende tilgængelige net), og når det gælder lokal kapacitet, når man f.eks. benytter mobilteknologi i hjemmet.
3. Man får adgang til ultrasmå dækningsområder med meget stor kapacitet inden for meget små områder (helt ned til få kvadratmeter).

Sammenlagt er målet, at man med 5G vil skabe en sammenhængende fladedækning, som vil give millioner af kommunikationsenheder pr. kvadratkilometer med en høj og vedvarende stabil båndbredde.

Teleselskabernes forventning er således, at 5G vil komme til at spille en afgørende rolle i machine-to-machine-kommunikation i smart city-sammenhæng – en rolle 4G-systemerne på ingen måde er designet til at kunne håndtere.²⁹

Figur 6 5G multi RAT arkitektur



Kilde: Netplan, 2016

Den enkelte kommunikerende enhed fungerer sømløst med netværket, uanset hvilken konkret radioteknologi der i øjeblikket anvendes. Mange enheder vil kunne understøtte flere forskellige teknologier, ligesom f.eks. smartphones i dag understøtter 2G, 3G, 4G, Wifi, Bluetooth, NFC osv.

Forskellen i fremtidens 5G bliver, at alle teknologier giver samme netværksadgang, og at brugerens adgang (herunder identifikation, sikkerhed, SIM-oplysninger, telefonnummer etc.) er underlagt 5G-nettets overordnede styring og kontrol.

Ideerne om multi-RAT er ikke nye og anvendes af andre grunde i f.eks. militær kommunikation, hvor det ikke er fladedækningen eller kapaciteten, som er i fokus, men derimod hensynet til sikker kommunikation og adgangen til mange frekvensområder, som vanskeligt kan sættes ud af kraft af en modstander.

I civil anvendelse og med de formål, der lægges op til i 5G, er der derimod aldrig set tilsvarende løsningsmodeller tidligere. På nuværende tidspunkt er 5G-konceptet ved at tage form i kraft af de første grundlæggende kravspecifikationer. Der findes derimod ingen konkrete (dvs. internationalt vedtagne) standarder.

Selv om de første native 5G-radiostandarder må forventes vedtaget allerede i løbet af 2017, så har den samlede 5G-standard et væsentligt længere perspektiv. Bedømt ud fra udviklingsarbejdet på 4G, samt den meget større kompleksitet i 5G, er det næppe sandsynligt, at en international multi-RAT 5G-standard vil være vedtaget før 2020. Herefter vil der forventeligt gå 1-2 år, før produkter af væsentlig betydning når markedet.

I den mellemliggende periode vil markedet opleve en række "varianter" af 5G, hvor man markedsføringsmæssigt vil introducere nye 4G-standarder (som det blev set i 3G, hvor markedet i en periode, før 4G blev endeligt implementeret, kunne opleve 3 5G-produkter).

²⁹ Interviews påpeger at, NB-IoT er en 4g teknologi og kan løfte nogle af kommunikationsbehovene for IoT og Smart City. Dertil kommer en række andre "pre 5G" teknologier som fx Sigfox. I praksis vil Smart City og IoT anvende de teknologier og netværk som til enhver tid er tilgængelige, dog hvor nogle funktioner og anvendelsesmuligheder ikke kan realiseres grundet manglende 5G.

Denne udvikling betyder, at man allerede nu bør indtænke at indrette valget af teknologier til at tage hensyn til 5G og multi-RAT-teknologien. Det vil være interessant at se på, hvordan licensfrie frekvensbånd og wifi i fremtiden kan bruges som RAT for 5G. Desuden vil 4G i en lang periode formodentlig være RAT for 5G (i hele introduktionsfasen), og derfor er 4G-netværkenes udvikling også af væsentlig betydning for fremtidens 5G-net.

Det skal bemærkes, at brugen af wifi forudsætter, at de wifi-netværk, som indgår, er åbne og tillader den for disse tjenester nødvendige VPN-trafik.

8.2 Samspillet mellem teknologier

Baseret på interviews med eksperter og baggrundsmaterialet står det klart, at det ikke er muligt at satse på én decideret teknologi for at opfylde alle de behov som ønskes opfyldt med et Greater Copenhagen WiFi. Ligeledes er begrebet Smart City ikke eksklusivt rettet mod wifi teknologien. COWI peger bl.a. i deres rapport til Loop City (s. 72-73) på en række trådløse kommunikationsteknologier som kan understøtte forskellige use cases indenfor Smart City begrebet. Det ikke alle teknologier som egner sig til alle use cases som, en velfungerende Smart City måtte forventes at kunne håndtere. Dette berører blandt andet forhold som svartider, båndbredde, rækkevidde, energiforbrug, tilgængelighed, mm.

Eksempelvis er wifi ikke nødvendigvis den optimale teknologi til at understøtte alle smart city-løsninger. Wifi er energikrævende, hvor LPWAN netværk har et lavt strømforbrug hos de sensorer som placeres. Derimod har wifi markant højere datahastigheder. Ekspertinterviews peger, som nævnt tidligere på, at sammensætte forretningsmodeller og organisatoriske modeller baseret på use cases. Dette bør understøttes med fremtidens teknologiske udvikling og påvirkningen af teknologivalg på use cases og forretningsmodeller. Et Greater Copenhagen WiFi vil med fordel kunne udnytte flere teknologier, for at kunne håndtere flest use cases, og dermed sammensætte den bedste business case.

9. PLAN FOR DET VIDERE ARBEJDE OG FREMADRETTEDE KONKLUSIONER

Arbejdet med nærværende rapport peger på:

- Det er tilsyneladende **teknisk muligt** at etablere og drifte et Greater Copenhagen WiFi, som er interessant ud fra Regionens ønske om sømløshed, øget dækning og smart city. Der lader desuden til at være interesse blandt interviewede aktører.
- Det er afgørende, at **ejerstrukturen og forretningsmodellen specificeres**.
- **Samarbejde på tværs af kommuner** er vigtigt. Greater Copenhagen WiFi kan tænkes sammen med dagsordenen omkring mobil- og bredbåndsdækning.
- Der kommer løbende nye teknologier i spil. Det er derfor vigtigt, at de valg, man træffer, også sker med **tanke på kommende teknologier**. Eksempelvis relevant i forhold til synergi mellem wifi og 5G.
- **Wifi er ikke lig smart city**. Det handler om smart udnyttelse af eksisterende, ny og kommende teknologi.

I det nedenstående vil de tekniske løsninger kort blive opsummeret, og en plan for den videre proces vil blive foreslået.

9.1 Tekniske løsninger

Det har ikke i løbet af rapportens udarbejdelse været muligt at fremhæve én type løsning, som lever op alle til Regionens ønsker. Derimod har ekspertinterviews peget på udformningen af en hybrid løsning, hvor cloud managed services og cloud controlled services kombineres til en for brugerne sammenhængende wifi-dækning. Det påpeges, at det på denne måde gøres muligt at udnytte, hvordan fordele og

ulemper ved begge løsninger bruges til at adressere forskellige kundesegmenter (store og små venues), samt til at fremhæve de incitamentstrukturer, der findes.

9.2 Udarbejdelse af fremadrettet proces

I det fremadrettede arbejde, rettet mod en målsætning om fuld implementering i 2018, peger analysen af det indsamlede datamateriale og de gennemførte interview på følgende elementer:

Den endelige tekniske løsning skal identificeres og afprøves. Denne rapport kommer ikke med en endelig anbefaling af én teknisk løsning, som kan implementeres direkte. Da der er flere tekniske leverandører med forskellige standarder (låste og åbne), er det nødvendigt med tests af disse for at sikre en implementering, som relaterer sig til Region Hovedstadens behov. Dette skal gøres i samarbejde med de:

- Tekniske leverandører
- Forskningsinstitutioner (eks. DTU) og innovationsmiljøer
- Offentlige aktører (Kommuner og Region)
- Forsyningsselskaber
- Teleselskaber
- Andre private partnere (eksempelvis infrastruktur ejere).

Dette bør gøres via dialogmøder med leverandører og via en identificering af behov og interesse fra aktørerne. Formålet er at få kvalificeret ejerstruktur, forretningsmodellerne og udarbejdet en kravspecifikation og målsætning for test. Eksempelvis kan der med fordel indgås dialog med eksisterede leverandører af offentlige wifi-løsninger, såsom Boingo, Passport og Eduroam, m.fl..

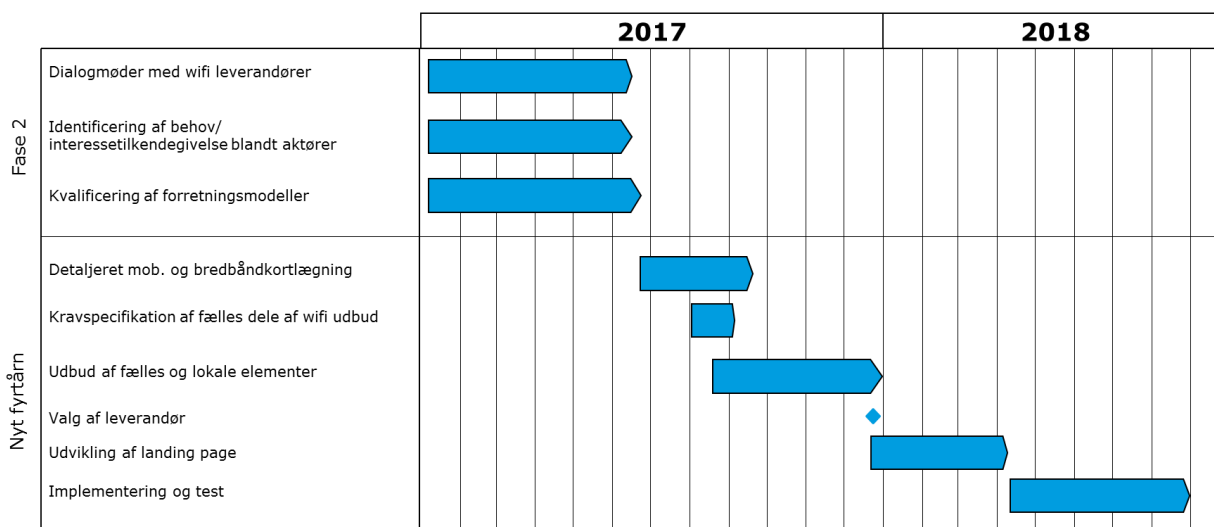
Efter udvikling af forretningsmodeller og opstilling af behov bør de næste faser startes, hvor den egentlige tekniske løsning udarbejdes. Dette indebærer en udvikling af landing page og brugeroplevelsen, udarbejdelse af kravspecifikation til fælles og lokale udbud omkring infrastruktur, herunder back-bone infrastruktur som fiber, gennemførelse af udbudsproces, samt endelig implementering.

Til dette kan det også være nødvendigt at få etableret en mere detaljeret kortlægning af datainfrastrukturen (mobilt, bredbånd/fiber og wifi) i Regionen. Uden denne peger ekspertinterviews på, at det kan være svært at identificere en løsningsmodel, som passer teknisk, finansielt og organisatorisk til Regionens udfordringer. Enkelte interview peger dog også på, at der er et underliggende tidsmæssigt aspekt i forhold til en kortlægning, grundet den (hastige) teknologiske udvikling.

Der kan være et potentiale i at udarbejde test i de eksisterende living labs som DOLL, Copenhagen Street Lab, DTU Smart Campus, med flere. En væsentlig del af disse tests vil gå på brugeroplevelsen og sømløsheden for at besvare de tekniske parametre, samt data analytics for at besvare parametrene omkring incitament, smart city og finansielle strukturer. Wifi er udfordret teknologisk netop på sømløshed, da det sender signaler over et ikke-licenseret bånd. Dette betyder i praksis, at wifi-signalet kan blive afbrudt, når andre access-punkter begynder at transmittere på den samme frekvens som et Greater Copenhagen WiFi. Derudover er wifi ikke optimalt til at understøtte alle smart city-løsninger, da det er meget energi-krævende, har udfordringer vedr. manuel opdatering af passwords og opkobling, samt har en kort rækkevidde. For de smart city-løsninger, hvor wifi ikke er optimalt, findes andre løsninger, som er bedre, eksempelvis LPWAN. Ligeledes skal sammenhæng med dataindsamling via mobile enheder, 4G og 5G, tænkes ind i testen.

Planen for, hvordan projektet kan gennemføres, er nedenfor inddelt i faser med henblik på fuld implementering.

Figur 7 Tidsplan for videre proces



Den ovenstående plan skitserer, hvordan det er muligt at gå fra en nuværende situation, hvor der er uklarhed omkring, hvilken løsning som er bedst for Region Hovedstaden indenfor de etablerede parametre, via en afklaringsfase baseret på leverandørdialog og praktiske test til en konkretisering af krav til de konkrete løsninger.

I det fremadrettede arbejde vil der være en lang række udfordringer, som løbende skal afklares, og som vil have en stor betydning for fremtidssikringen af et Greater Copenhagen WiFi. Derfor er det også vigtigt, at arbejdet fokuserer ikke blot på teknik, men også på samspillet mellem tekniske løsninger, åbne standarder og opsamling via cloud-løsninger. Uden et fokus på samspillet og især de åbne standarder, vil det ikke lykkes at vælge en løsning, som fremadrettet også kan tale sammen med nye standarder på tværs af nye trådløse teknologier og dataopsamlingsmetoder. Greater Copenhagen WiFi vil spille sammen med en række andre kommunikationsteknologier, en række udbydere af kommunikationstjenester, it-platforme og digitale tjenester. Et af de vigtigste succeskriterier er derfor, at det skal være nemt at integrere andre tekniske løsninger og andre forretningsmodeller mod Greater Copenhagen WiFi.

En 'SMART Region' er ikke etableringen af ny teknologi, men den smarte udnyttelse af eksisterende, ny og kommende teknologi.

10. APPENDIX

Indholdsfortegnelse

1.	SUMMARY	46
2.	LICENSEREDE MOBILTEKNOLOGIER	46
2.1	Udnyttelsen af licenser	47
2.2	2G	49
2.3	3G	49
2.3.1	Smartphones sætter normen	49
2.4	4G	50
2.5	Licenstagning af spektrum	51
2.5.1	Utilstrækkelig kapacitet i 4G nettet	52
2.6	5G	53
2.6.1	5G multi-RAT	53
2.6.2	Tidsperspektiv og rolle for fremtidens 5G	55
3.	ULICENSEREDE TEKNOLOGIER	56
3.1	WiFi	56
3.2	Spektrumets betydning for båndbredder	56
3.3	802.11	56
3.4	Skalering af 802.11 dækning	59
3.4.1	Controller clouds	60
3.4.2	Forskellige cloud controller produkter	60
3.4.3	Offentlige WiFi systemer	61
3.5	Nye WiFi standarder på vej	61
3.5.1	802.11ad og ay	61
3.5.2	802.11ah	62
3.5.3	802.11aj og 802.11ax	62
3.6	WiFi offload	63
3.6.1	Sømløs integration	63
3.6.2	Teleselskabernes udfordring	63
3.6.3	Udbredelse	64
3.7	Smart Society og IoT standarder	64
3.7.1	Udfordringen på IoT infrastruktur	64
3.7.2	Dedikerede standarder til IoT	65
3.7.3	OneM2M	66
4.	SIKKERHEDSMÆSSIGE ASPEKTER	67
4.1	RFC 1825 sikkerhedsarkitektur	67
4.2	Forskellige transmissionssystemers sikkerhed	68
4.2.1	End to end sikkerhed	69
4.2.2	Andre sikkerhedsmæssige trusler	69
4.2.3	Sikkerhed på applikationsniveau	70
4.2.4	Logningsdirektivet	70
5.	LOVGIVNINGSMÆSSIGE RAMMER	71
5.1	De regulerende lovsæt	71
5.2	Kommunale bredbåndsnet	72
5.2.1	Kan en kommune etablere bredbåndsnetværk til eget brug?	72
5.2.2	Kan en kommunen lovligt sælge overskudskapacitet i et kommunikationsnet til en lokal, privat non-profit organisation (f.x. lokal slutbruger-forening)?	72
5.2.3	Kan en kommune lovligt give støtte (tilskud, lån) til lokal slutbrugers etablering af et kommunikationsnet?	72

5.2.4	Er salg af overskudskapacitet til en lokal slutbruger-forening at betragte som statsstøtte efter EU-reglerne?	73
5.2.5	Er pengelån til privat forening til dennes (med)-finansiering af etablering af eget kommunikationsnet at betragte som statsstøtte efter EU-reglerne?	74
5.2.6	Er pengelån til privat forening til dennes (med)-finansiering af etablering af eget kommunikationsnet lovligt (dvs. undtaget fra reglerne)?	75
5.2.7	Kan et eksisterende kommunale WiFi netværk lovligt bruges til at dække private borgere og turisters behov?	76
6.	ETABLERING AF TEST- OG DEMONSTRATIONSPROJEKTER	78
6.1	Den generelle løsning	78
6.2	Forudsætninger for den foreslåede løsning	79
6.3	Løsningens sikkerhed	79
6.4	Betalingsløsning	79
6.5	Forhold som skal undersøges i et testforsøg	80
6.5.1	Hvilke standardløsninger findes der	80
6.5.2	Brugerundersøgelse	80
6.5.3	Sprog og brugeroplevelse	81
6.5.4	Hvor mange deltagende accesspunkter understøtter UAM	81
6.5.5	2,4 og 5 GHz nødvendigt	82
6.5.6	Infrastruktur	82
6.5.7	Adgangsstyring	83
6.5.8	Samarbejde med telesektoren og indholdsleverandører	84
6.5.9	Drifts og vedligehold	84
6.5.10	Ansvar som teleselskab	85
6.5.11	Betalingsløsninger	86
6.5.12	Testbrugere	86
6.5.13	EU udbud	87
6.5.14	Projektforslagets rekkommendation	87
6.6	Konklusion	89
7.	KORTLÆGNING AF BREDBÅNDS- OG MOBILDÆKNING	89
7.1	Kortlægning af faste forbindelser	90
7.2	Kortlægning af mobildækning	92
7.2.1	Digitalisering af selskabernes dækningskort	92
7.2.2	Konkrete målinger af mobildækningen.	93
	BILAG A – 5,1 GHZ FREKVENSANVENDELSE I EU	95

Figurer

Figur 1 - Udviklingen i antal smartphones i Danmark 2011-2016	50
Figur 2 - 5G multi RAT arkitektur	54
Figur 3 - 2.4 GHz frekvensspektret	57
Figur 4 - 5.0 GHz frekvensspektret anvendt med 40 MHz spektrum pr. enhed	57
Figur 5 - OneM2M standardiseret IoT servicelag	67
Figur 6 – Sikkerhed i radiobaseret kommunikationssystem	68
Figur 7 – End-to-end kommunikation via sikret kanal	69
Figur 8 Der skal zoomes meget ind på www.tjekditnet.dk før man kan se oplysninger på adresseniveau.	90
Figur 9 Kortlægning af bredbåndshastigheder i Mb/s for erhverv i Lejre Kommune	91
Figur 10 Stort samgravningspotentiale mellem etablering af ny gadebelysning og behov for nedgravning af bredbåndskabler i Halsnæs Kommune.	92

Figur 11 Eksempel på geokodede raster-kort fra et teleselskabs dækningskort, samt visning af dækningsdata på adresseniveau (th).....	93
Figur 12 Eksempel på geografisk visning af udendørs mobilmålinger	93
Figur 13 Eksempel på visning af indendørs mobilmålinger	94

Tabeller

Tabel 1 - Mobilteknologier. Grundegenskaber	48
Tabel 2 - LTE kategorier og bitrater for 3GPP rel. 8 og 10	51
Tabel 3 - Dansk 4G spektrum allokering	51
Tabel 4 - 5G kravspecifikation (5G Forum)	53
Tabel 5 - Tilgængelige 5 GHz WiFi kanaler	57
Tabel 6 - WiFi standarder, spektrum og rækkevidde.....	58
Tabel 7 - Nye WiFi standarder på vej.....	61

1. SUMMARY

Dette notat er udarbejdet som et bilag til rapporten "Greater Copenhagen WiFi og tidssvarende mobil og bredbånd". Notatet er en teknisk gennemgang af de nuværende og fremtidige muligheder for etablering og fastholdelse af en god bredbåndsdækning i hele regionen.

Notatet har fokus på både mobilteknologier og WiFi, og samspillet imellem disse teknologiers muligheder i fremtidens dækning. Desuden afdækkes en række relaterede forhold i forbindelse med anvendelse, sikkerhed, lovgivning, dækning og test.

En vigtig anbefaling i forhold til den stillede opgave er, at brede perspektivet ud og se de muligheder og tendenser, som kommer med den generelle udvikling og nye standarder for mobilnettene, 5G multi-RAT, og WiFi. I fremtiden vil WiFi være en meget vigtig access-form helt integreret med mobilnettet – altså ikke blot (som det typisk er i dag) være et supplement til mobildækning, men en helt normal måde at være opkoblet på indendørs og i tæt bebyggelse. Det er en udvikling, som foregår i regi af teleoperatørerne, som vil gøre overgangen mellem mobiladgang og WiFi sømløs.

I disse år, hvor der arbejdes med den nye standardisering, findes der løsninger på markedet, som binder WiFi-net sammen i større sammenhængende net. De har dog en fælles problemstilling med håndtering af login. Hertil kræves, at accesspunkter opgraderes for at kunne indgå i én samlet løsning, eller alternativt at der etableres lokale controllere, altså en investering lokalt for at knytte nettene sammen.

I en given testopstilling anbefales det at benytte en af de mange velafprøvede standardløsninger. Funktionstesten kan så rettes specifikt mod de forhold, som afviger fra standardløsningen. Det er nærliggende at foreslå, at en teknisk løsning som sammenkobler mange WiFi-net får de bedste vilkår, hvis den implementeres i et samarbejde med teleoperatørerne. Det vil så være teleoperatørerne som sikrer, at den tværgående login fungerer. Dermed vil løsningen kunne fungere for alle telefoner, som understøtter WiFi offload. Selv om en sådan løsning ikke er mulig eller ønskes implementeret fra projektets start, bør projektet tage udgangspunkt i, at sådanne løsninger kan bygges ind, efterhånden som terminaler og teknologi udvikles.

Al telekommunikation indeholder latent en række sikkerhedsmæssige udfordringer, hvor sikring af persondata typisk håndteres på applikationslaget. På den måde adskiller kommunikation i det offentlige rum sig ikke væsentligt fra andre kommunikationsformer. Dog kan den beskrevne type løsning med en fælles login for flere netejere være særligt udfordret i forhold til persondataloven, idet login-data i form af telefonnummer/mac-adresse kan være underlagt denne.

Det noteres i den sammenhæng, at der ikke skal foretages logning, siden Justitsministeriet ophævede det danske logningsdirektiv 2. juni 2014. Skulle der blive (gen)indført et krav om logning, vil den være underlagt lovgivningen i forhold til telekommunikation.

Lovgivningen vedr. mulighederne for kommunalt støttet infrastruktur er kompleks, og centrale spørgsmål er diskuteret i notatet. Et af kravene lyder, at adgangen for turister højst må være 1 time. Det er i lovgivningen uklart, hvordan det skal tolkes, når der er flere net koblet sammen. Lovgivningen indeholder en yderligere begrænsning i, at der ikke må være tale om sammenhængende net i større områder, hvilket adresserer et centralt punkt i den foreslåede løsning.

2. LICENSEREDE MOBILTEKNOLOGIER

Licenserede mobilteknologier er baseret på anvendelsen af frekvenser i særlige dedikerede frekvensområder, hvor kun mobilkommunikation må forekomme, og hvor anvendelsen forudsætter at udbyderne af tjenester har betalt licens for anvendelsen.

Princippet om at afkræve teleselskaberne licens er begrundet i, at mængden af tilgængeligt frekvensspektrum er begrænset, og at fordelingen af denne begrænsede (natur-)ressource gøres bedst ud fra et udbudslignende princip, hvor de bedste tilbud tildeles licensen.

Gennem de seneste 20 år er der gennemført en stribe udbud af licenser, alle med forskellige krav til teleselskaberne og med forskellige priser. En delvis oversigt over danske licensudbud findes her:

http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=7727

2.1 Udnyttelsen af licenser

Licensprincippet betyder, at kun licenshaveren har ret (og i de fleste tilfælde en vis pligt) til at benytte frekvensområdet til mobile tjenester. Andre, f.eks. offentlige myndigheder, kan ikke gøre brug af licenserede frekvenser. Det har gennem årene afstedkommet flere u hensigtsmæssige situationer, f.eks. i forbindelse med at forhindre fængsler i at blokere (jammede) signaler, så indsatte forhindres i ulovlig brug af telefoner.

I visse lande, f.eks. Sverige, har man udvidet licensprincippet på mobiltelefoniområdet til at omfatte (visse) offentlige myndigheder, som – hvis der i f.eks. tyndtbefolkede områder – ikke er mobildækning fra en af de kommercielle licenshavere, kan etablere en offentlig drevet dækning ved hjælp af en offentlig tilgængelig licens.

Licensprincippet anvendes over hele verden, og intet tyder på, at man hverken i eller uden for EU fremadrettet ønsker at ændre på det princip. Princippet står dog i skærende kontrast til, at man bl.a. i EU arbejder målrettet mod at øge det tilgængelige frekvensspektrum, så ressourceknapheden (og dermed hovedargumentet for licenseringen) fjernes. EU's initiativ til øget frekvensallokering er beskrevet i denne pressemeddelelse af EU Kommissionen: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-207_en.htm, hvoraf også links til de beskrevne initiativer fremgår.

På sigt vil en øget frekvensallokering til mobile tjenester betyde, at både dækning og kapacitet i netværkene bliver bedre. Dog tyder intet på, at EU vil bryde med princippet om at de fri markeds kræfter skal drive udviklingen, og dermed vil man næppe inden for de kommende 10 år opleve, at der tildeles licenser til andre end teleselskaber / tjenesteudbydere.

Det betyder på en 10-årig bane, at tjenesteudbuddet på de licenserede mobiltjenester fortsat vil være indrettet efter markeds kræfter, dvs. udbud og efterspørgsel, hvilket i relation til f.eks. offentlig anvendelse af sådanne tjenester til f.eks. Smart Society løsninger, vil være begrænset. Konsekvenserne har af er behandlet i afsnit 4.

De tilgængelige teknologier i licenserede frekvensområder betegnes 2G, 3G, 4G og 5G, afhængig af, på hvilken "generation" (G) af teknologi anvendelsen bygger.

De enkelte teknologier kan sammenlignes på overordnet niveau:

Generation→ Egenskab↓	1G (NMT)	2G	3G	4G	5G
Anvendelsesperiode	1970 – 1980	1990-2001	2001-2010	2011-	2018-
Datahastigheder	2kbps	14.4-64kbps	2Mbps	200 Mbps til 1 Gbps	1Gbps og højere
Teknologi	Analog	Digital: Digital smalband band Kredsløbskoblet data	Digital bredband pakkekoblet data: CDMA 2000, EVDO, UMTS, EDGE	Digital bredband pakkekoblet data: LTE, Wi-Fi	www Unified IP kombinationstjenester LAN, PAN, MAN, WLAN
Service	Analog tale telefoni Ingen data service	Digital voice with higher clarity SMS, MMS Higher capacity packe- tized data	Forbedret audio video streaming flerparts videokonfe- rencer IPTV support	Forbedret audio, vi- deo streaming IP telefoni (VoIP, VoLTE) HD mobile TV	Dynamic Information ac- cess, Wearable devices with AI Capabilities
Multiplexing Switching	FDMA	TDMA, CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
Netværk	PSTN	PSTN	Pakkekoblet netværk	Internet	Internet
Standarder	MTS AMTS IMTS	2G:GSM 2.5:GPRS 2.75:EDGE	IMT-2000 3.5G-HSDPA 3.75G:HSUPA	Fælles internationale standarder LTE, WiMAX (IEEE 802.16e)	En fælles international standard
WEB Standard	-	www	www (IPv4)	www (IPv4 + IPv6)	www (IPv6)
Handoff *)	Horizontal only	Horizontal only	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical	Horizontal & Vertical
Begrænsninger	Meget lav kapacitet, upålidelige handoff, dårlig talekvalitet, dårlig sikkerhed	Krævede kraftige signal- niveauer og kraftige sen- dere. Strømkrævende	Begrænset datakapa- citet	Ikke fuldt udbygget. Ingen voice tjene- ster I DK. Voice af- hænger af terminal.	Endnu ikke implemente- ret. Stadig ustabile stan- darder.

Tabel 6 - Mobilteknologier. Grundegenskaber

*) Handoff: Horisontal handoff (eller handover) betyder, at kommunikationen mellem netværk og terminal flyttes til en ny mast/ basestation, som benytter *samme* radioteknologi som den afgivende mast. Vertikal handoff betyder, at der kan skiftes mellem forskellige radioteknologier. WiFi offload er et eksempel på vertikal handoff teknologi.

2.2 2G

De første mobilsystemer i Danmark var baseret på 2G. De blev bygget i 900 MHz båndet for at opnå en god rækkevidde, så man hurtigt, og med et relativt begrænset antal mastepositioner, kunne opnå dækning på de steder hvor flest mobiltelefoner / kunder befandt sig.

2G netværkene er fortsat i drift hos visse operatører, men mobiloperatørerne er ved at udfase teknologien. Det sker typisk ved, at man remapper frekvensanvendelsen til 3G eller 4G.

Fremadrettet er 2G teknologien uinteressant – også selv om den måtte have gode dækningsegenskaber. Disse egenskaber er primært knyttet til frekvensanvendelsen, og vil derfor opnås på tilsvarende vis ved remapping til 3G eller 4G.

Konsekvensen er, at man ved etablering af f.eks. indendørs dækningsanlæg (såkaldt DAS-anlæg) ikke fremadrettet skal tage hensyn til, at disse kan bære 2G teknologien.

2.3 3G

3G nettene i Danmark er fortsat det vigtigste mobilnet. 3G nettet bærer i dag al tale-telefoni, da ingen af de danske operatører har valgt at implementere VoLTE (VoiceOverLTE) i sine 4G net. Fraværet af VoLTE er bemærkelsesværdigt, fordi det betyder, at man fortsat som mobiloperatør er tvunget til at drive to netværk (3G for at kunderne kan benytte sine telefonnumre til tale, og 4G for at give en ordentlig og bredbåndet mobildatadækning).

Remappingen af frekvensressourcer for 2G har givet en betydelig generel forbedring af 3G dækningen, men både for 3G og 4G gælder, at der fortsat findes områder i landet uden dækning.

3G nettet vil fremover fortsat være vigtigt i forhold til generel dækning, og vil, frem til VoLTE implementeres på 4G nettene, være afgørende nødvendigt.

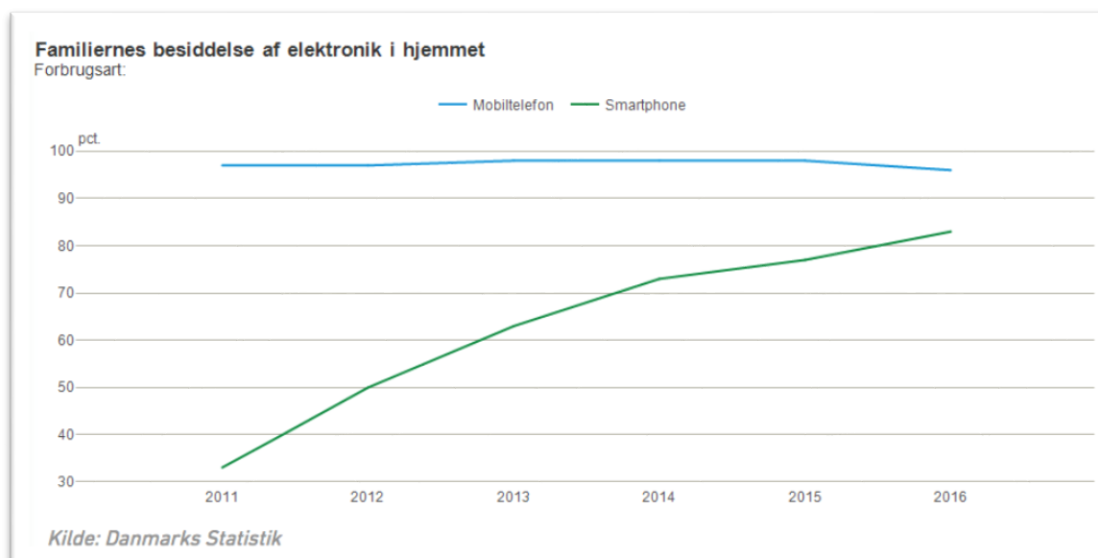
Når VoLTE implementeres vil denne teknologi typisk forudsætte en smartphone, og derfor vil 3G – også længe efter at VoLTE måtte være sat i drift – have afgørende betydning.

Med hensyn til mobildata er 3G nettene tilstrækkelige til de fleste smalbådede anvendelser, dvs. overførsel af små mængder data, f.eks. telemetri, og kan derfor udmærket benyttes til (visse) IoT / Smart Society anvendelser. Desuden kan 3G nettet naturligvis anvendes til mindre krævende adgang til Internettet fra f.eks. en smartpone.

2.3.1 Smartphones sætter normen

Selv om 3G nettene i dag er vigtige i forhold til generel konnektivitet, ikke mindst taletelefoni, så betyder udviklingen i antallet af smartphones, at 3G nettets betydning hurtigt formindskes.

I denne opgørelse fra Danmarks Statistik fra november 2016 ses udviklingen i antallet af smartphones over en 5-årig periode:



Figur 8 - Udviklingen i antal smartphones i Danmark 2011-2016

Selv om statistikken kun drejer sig om "forbrugerelektronik" og således ikke medtager de mange machine-to-machine anvendelser i mobilnettet*, så kan den udmærket bruges som retningsviser for udviklingen over de kommende få år.

På nuværende tidspunkt viser statistikken, at kun omkring 12% af alle familier *ikke* ejer en smartphone. Samtidig er udviklingskurven stort set lineær over alle 5 år, og det må derfor forventes, at alle vil være i besiddelse af smartphones i løbet af 2017. Det skal dog bemærkes, at der fortsat vil være en høj andel af ikke-SmartPhones i brug, idet statistikken alene viser om "familier" ejer "en smartphone".

Denne udvikling vil presse behovet for 4G, 5G og andre netværksteknologier som f.eks. WiFi ganske voldsomt i de kommende år. Udviklingen forstærkes af de ændringer, der i øjeblikket ses på abonnements- og forbrugssiden.

2.4 4G

De danske 4G net er fortsat under opbygning. En enkelt operatør (TDC) har et stort set 100% udbygget 4G netværk, mens de to øvrige dvs. 3 og TT nettet (Telia og Telenor) er ved at opbygge netværket.

4G net er kendetegnet ved høje bitrater – op til omkring 100 Mbit/sek. I visse sammenhæng (bl.a. i Tabel 6) ses bitrater op til 1 GBit/sek. Denne høje bitrate er en konsekvens af, at ITU i 2011 besluttede at inddrage IEEE 802.16m standarden (som indtil da blev betegnet WiMax), som en del af IMT standarden, og således er IEEE 802.16m og LTE-A (LTE Advanced) begge IMT standarder og betegnes som 4G. Se: <http://www.itu.int/pub/R-REP-M.2134-2008/en> for en yderligere specifikation af IMT-Advanced radio interfaces.

I al praktisk 4G anvendelse, er det kun LTE-A radiointerfaces som benyttes, og der findes således ingen mobile terminaler (telefoner) som understøtter 802.16m interfacet.

Bitraten i LTE interfacet er begrænset af en række faktorer som fremgår af tabellen:

*) Der findes skønsmæssigt 500.000 – 700.000 aktive m-to-m abonnementer i Danmark (nov. 2016)

	3GPP rel	Kategori	Max. hastighed (Mbit/sek)		Spektrum	MIMO	
			DL	UL		DL	UL
LTE	8	1	10	5	20 MHz	na	na
		2	50	25		2x2	
		3	100	50			
		4	150	50			
		5	300	75		4x4	
LTE-A	10	6	300	50	40 MHz	2x2 / 4x4	2x2
		7	300	100			
		8	3000	1000	100 MHz	8x8	4x4

Tabel 7 - LTE kategorier og bitrater for 3GPP rel. 8 og 10

Følgende egenskaber er **mobiloperatør** afhængige:

LTE, LTE-A: Afhænger af egenskaberne i operatørens netværk, dvs. basestationernes egenskaber.

Spektrum: Afhænger af det radiospektrum, mobiloperatøren er tildelt ifm. licentildelingen.

Den mobile enheds (telefonens) egenskaber er givet ved disse egenskaber:

Kategori: Specifik kategori som hører til det enkelte telefonprodukt

MIMO: Specifik egenskab som beskriver hvor mange antenner / datastrømme den enkelte telefon kan vedligeholde samtidig.

2.5 Licenstildeling af spektrum

Licenstildelingen til de danske operatører har afgørende betydning for den maksimalt tilgængelige båndbredde. I oktober måned 2016 afholdt man den seneste auktion over fremtidige 4G licenser, som træder i kraft i juni måned 2017 og er gældende de kommende 15 år.

Auktionen resulterede i følgende spektrum allokering til de tre danske mobiloperatører:

Operatør	Spektrum
TDC	20 MHz
TT (Telia og Tele- nor)	25 MHz
3	20 MHz (+ 10 MHz fra tidl. licens)

Tabel 8 - Dansk 4G spektrum allokering

Spektret er tildelt som parrede frekvenser, dvs. der er tildelt samme spektrum til hhv. uplink som downlink.

Som det fremgår, vil denne tildeling af spektrum betyde, at man med disse licenser ikke når højere båndbredder end typisk 150 Mbit/sek downlink og 50 Mbit/sek uplink. TT og 3 har hver lidt bredere spektrum, og vil derfor teoretisk kunne levere højere hastigheder.

Kan telefonerne udnytte MIMO og kan operatørerne støtte dette, kan hastighederne i bedste fald fordobles.

Mobiloperatørerne kan kombinere ovennævnte spektrum med andre spektre, man har adgang til via tidligere auktioner, i takt med at frekvensbåndene remappes til 4G anvendelser. Følgende – stadigt aktive licenser – har tidligere været udbudt:

- 800 MHz-frekvensbåndet (2012)
- 450-470 MHz-frekvensbåndet (2010)
- 410-430 MHz-frekvensbåndet (2010)
- 900 og 1800 MHz-frekvensbånd (2010)
- 2,5 GHz-frekvensbåndet (2010)
- 870 MHz-frekvensbåndet (2007)
- 450 MHz-frekvensbåndet (2006)
- 2,1 GHz-frekvensbåndet (2005)

I ingen af disse auktioner er der tildelt spektre større end 20 MHz i et sammenhængende frekvensområde til samme operatør. Om fremtidige auktioner vil give adgang til mere spektrum er uvist, og det er næppe sandsynligt at der vil blive allokeret f.eks. 100 MHz (til støtte for LTE-A kategori 8).

2.5.1 Utilstrækkelig kapacitet i 4G nettet

Selv om 4G standarderne teoretisk giver adgang til væsentlig højere bitrater, så er teknologiens største udfordring, at den båndbredde som står til rådighed for den enkelte bruges, er delt mellem alle brugere inden for samme dækningsområde.

De fleste nye smartphones understøtter LTE, og en række af topmodellerne understøtter LTE-A kategori 6 (enkelte endda kategori 9 op til 450 Mbit/sek). Disse smartphones deles om den tilgængelige båndbredde, som typisk vil være bestemt ud fra antallet af dækkende antenner (typisk to), telefonernes MIMO egenskaber, samt den samlede kapacitet i de deltagende celler.

Mobilselskaberne gør allerede på nuværende tidspunkt meget for at sikre, at den tilgængelige kapacitet er til stede. Det sker bl.a. ved at man benytter retningsbestemte antenner i kombination med reduktion af sendestyrke (og dermed rækkevidde), så antallet af telefoner som dækkes reduceres.

En typisk høj-kapacitets mobilcelle placeret i et tæt bebygget område, f.eks. i etagebyggeri i en storby, vil typisk være konfigureret til brugbar rækkevidde på omkring 1.000 meter. Med det som udgangspunkt kan den samlede tilgængelige delte båndbredde pr. m² beregnes i følgende eksempel:

Det antages at cellernes rækkevidde er 1.000 meter. Cellerne understøtter LTE-A. Området er dækket af to celler, og disse kan – såfremt kundernes telefoner understøtter det – benytte 2x2 MIMO. For en kategori 6 telefon vil dette give en downlink delte båndbredde på 600 Mbit/sek og en uplink båndbredde på 100 Mbit/sek.

De to celler dækker et areal på godt 6.000 m², svarende til at der pr. m² er en downlink kapacitet på 100 kbit/sek og en uplink kapacitet på 16,7 kbit/sek. Hvis det antages, at der i dækningsområdet befinder sig en kommunikerende terminal for hver 10 m², vil den vedvarende kontinuerligt tilgængelige båndbredde være 1/0,2 Mbit/sek.

Dette er væsentlig mindre end der kan opnås i dag, med selv den ringeste ADSL forbindelse.

Når 4G dækning alligevel opleves som væsentligt hurtigere, skyldes det den stokastiske fordeling af data, som smartphones i dag genererer. Den skyldes dels, at mange brugere ikke benytter telefonerne til overførsel af store datamængder f.eks. streaming, dels at mobilselskaberne via prissætning gør denne type anvendelse prohibitiv dyr for de fleste brugere. 4G bruges stadig ikke i større omfang som erstatning for f.eks. højhastigheds ADSL eller fiber.

Dette forbrugsmønster er dog under kraftig forandring, og det må forventes, at inden for en periode på 2-4 år vil ske en væsentlig øgning af båndbreddebehovet til tunge dataoverførsler f.eks. streaming. Denne udvikling er beskrevet i afsnit 4.

2.6 5G

5G standarden er under udvikling, og har været det siden 2012, hvor EU afsatte 50 mio. euro til grundlæggende forskningsarbejde i denne teknologi. Målet var, og er fortsat, at øge spektraleffektiviteten (bit pr. hertz forholdet) med en faktor 1.000 i forhold til den daværende bedste LTE teknologi.

I Europa forestås standardiseringsarbejdet af ETSI, som i 2012 startede METSI 2020 projektet. I lighed med tidligere er internationalt standardiseringsarbejde en langsommelig proces, som udvikler sig i takt med, at nye ideer og principper opfindes. Derfor er der på nuværende tidspunkt fortsat mange uafklarede spørgsmål i forhold til hvad man kan forvente af 5G teknologien, og ikke mindst til hvornår og hvordan den vil blive introduceret. I det følgende gives et overblik baseret på den viden, Netplan har tilgængelig via samarbejdet med ETIS, samt omfattende litteraturstudier.

Parameter	Krav
Spektral effektivitet	DL: 10 bit/hz/celle ved 10 km/t
	UL: 5 bit/hz ved 10 km/t
Maksimal bitrate	DL: 50 Gbit/sek
	UL: 25 Gbit/sek
Bitrate ved cellegrænse	DL: 1 Gbit/sek ved 10 km/t
	UL: 500 Mbit/sek ved 10 km/t
Forsinkelse	Kontrol information: 50 mS
	Brugerdata: 1 mS
Handover tid	10 mS
Areal kapacitet	ikke fastlagt endnu
Energi effektivitet	ikke fastlagt endnu

Tabel 9 - 5G kravspecifikation (5G Forum)

5G er et user-centric system i modsætning til alle andre mobilsystemer, som er cell-centric. Den grundlæggende tanke er, at det er telefonen, og ikke netværket, der som udgangspunkt afsøger mulighederne for at kommunikere, og således opretter forbindelse til et eller flere netværksservice punkter.

Med det udgangspunkt forlader man en over 30-årig grundtanke i al mobilteknologi, hvor netværket styres og kontrolleres med den enkelte celle eller dækningsområde i fokus, til at åbne netværket for en mængde af forskellige kommunikerende platforme. En 5G terminal skal således – til sin kommunikation – kunne bruge:

- 5G basestationer
- 4G basestationer
- WiFi accesspunkter
- Andre 5G terminaler
- En eller flere samtidige kombinationer af ovenstående

2.6.1 5G multi-RAT

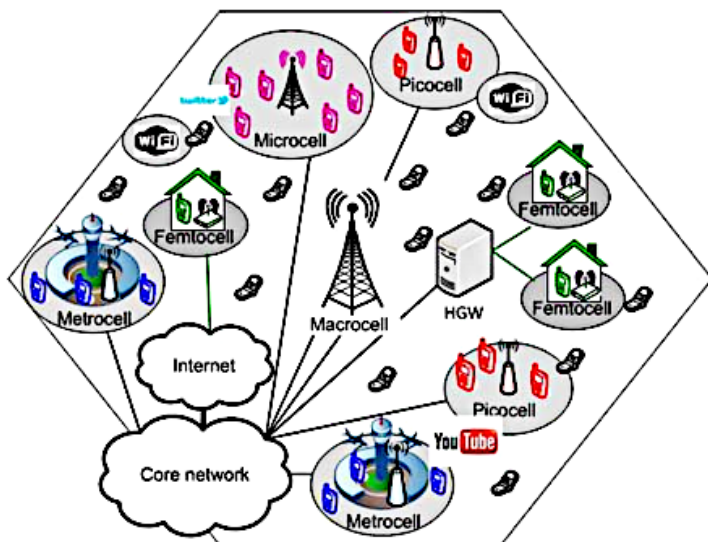
En af grundtankerne bag 5G er at udnytte mange forskellige radio access teknologier (såkaldte RAT's) navnlig for at kunne udnytte ulicenserede frekvensbånd som f.eks. WiFi.

Dermed får fremtidens mobilsekskaber løst tre meget væsentlige problemstillinger, som i dag belaster telesektoren:

1. Man får med ulicenserede frekvensbånd fjernet en meget byrdefuld licensbetaling, som alene for danske telesekskaber har betydet milliardstore udgifter.
2. Man får en mulighed for at få løst et presserende problem i forhold til at skaffe tilstrækkelig kapacitet i mobilnettet, både når det gælder makronettet (det landsdækkende tilgængelige net), og når det gælder lokal kapacitet når man f.eks. benytter mobilteknologi i hjemmet.
3. Man får adgang til ultrasmå dækningsområder, med meget stor kapacitet inden for meget små områder (helt ned til få kvadratmeter)

Sammenlagt er målet, at man med 5G vil skabe en sammenhængende fladedækning, som vil give millioner af kommunikationsenheder pr. kvadratkilometer, med en høj og vedvarende stabil båndbredde.

Teleselskabernes forventning er således, at 5G vil komme til at spille en afgørende rolle i machine-to-machine kommunikation i SmartCity sammenhæng – en rolle 4G systemerne på ingen måde er designet til at kunne håndtere.



Figur 9 - 5G multi RAT arkitektur

I figur 2 vises et eksempel på hvorledes multi-RAT teknologien tænkes at skulle fungere i praksis. Hele kommunikationsnettet styres i et 5G "core network", som er forbundet til mange forskellige andre net, f.eks. "Internet", "metrocell", som er basestationer med begrænset rækkevidde under 1 kvadratkilometer, "microcell" som har en rækkevidde inden for en enkelt husholdning dvs. omkring 100 kvadratmeter, "Pico cell" som har endnu mindre rækkevidde, ned til "femtoceller" og WiFi med meget begrænset rækkevidde.

Den enkelte kommunikerende enhed fungerer sømløst med netværket, uanset hvilken konkret radioteknologi der i øjeblikket anvendes. Mange enheder vil kunne understøtte flere forskellige teknologier, lige som f.eks. smartphones i dag understøtter 2G, 3G, 4G, WiFi, Bluetooth, NFC osv.

Forskellen i fremtiden 5G bliver, at alle teknologier giver samme netværksadgang, og at brugerens adgang (herunder identifikation, sikkerhed, SIM oplysninger, telefonnummer etc.) er underlagt 5G nettets overordnede styring og kontrol.

Ideerne om multi-RAT er ikke nye, og anvendes af andre grunde i f.eks. militær kommunikation, hvor det ikke er fladedækningen eller kapaciteten som er i fokus, men derimod hensynet til sikker kommunikation og adgangen til mange frekvensområder, som vanskeligt kan sættes ud af kraft af en modstander.

I civil anvendelse, og med de formål der lægges op til i 5G, er der derimod aldrig set tilsvarende løsningsmodeller tidligere.

2.6.2 Tidsperspektiv og rolle for fremtidens 5G

Udviklingen af 5G standarderne er det mest ambitiøse standardiseringsprojekt til dato. Det overgår i kompleksitet og funktionalitet alt, hvad der tidligere er set inden for offentlig kommunikation.

På nuværende tidspunkt er 5G konceptet ved at tage form, i kraft af de første grundlæggende kravspecifikationer. Der findes derimod ingen konkrete (dvs. internationalt vedtagne) standarder.

De fleste producenter har koncentreret sig om udviklingen af native 5G produkter, dvs. radioteknologier som kan bringe spektraleffektiviteten op på det niveau som er udgangspunktet for 5G.

Multi-RAT definitionerne og teknologierne er ligeledes i sin spæde udvikling, og vil i en vis udstrækning komme til at bygge på (nogle af) de principper der allerede i dag indgår i 4G*.

Selv om de første native 5G radio standarder må forventes vedtaget allerede i løbet af 2017, så har den samlede 5G standard et væsentligt længere perspektiv. Bedømt ud fra udviklingsarbejdet på 4G, samt den meget større kompleksitet i 5G, er det næppe sandsynligt, at en international multi-RAT 5G standard vil være vedtaget før 2020. Herefter vil der forventeligt gå 1-2 år, før produkter af væsentlig betydning når markedet.

I den mellemliggende periode vil markedet opleve en række "varianter" af 5G, hvor man markedsføringsmæssigt vil introducere nye 4G standarder (som det blev set i 3G, hvor markedet i en periode, før 4G blev endeligt implementeret, kunne opleve 3,5G produkter).

Denne udvikling er dog ikke ensbetydende med, at man ikke allerede nu kan begynde at indrette valget af teknologier til – fremadrettet – at tage hensyn til 5G, og herunder navnlig multi-RAT teknologien. Det vil f.eks. på nuværende tidspunkt være interessant at se på udviklingen i, hvordan licensfrie frekvensbånd og WiFi i fremtiden kan bruges som RAT for 5G. Desuden vil 4G i en lang periode formodentlig være RAT for 5G (i hele introduktionsfasen), og derfor er 4G netværkenes udvikling også af væsentlig betydning for fremtidens 5G net.

Det skal bemærkes, at brugen af WiFi som en RAT i 5G, eller som ANDSF aktiveret accessteknologi i et 4G net, forudsætter, at de WiFi netværk som indgår er åbne, og tillader den for disse tjenester nødvendige VPN trafik. Den kontrol og styring som i dag finder sted i mange WiFi baserede løsninger (og som ofte betegnes Hotspot 2.0), bliver i denne sammenhæng dels overflødig (da kontrollen overgår til mobiloperatørerne), dels risikerer at blive en stopklods for at udnytte disse WiFi net i denne sammenhæng (fordi mobilbrugerne primært foretrækker at benytte det tilbud mobiloperatøren yder, uden at skulle registreres og logges på et 3.parts net, og fordi der ikke i hverken multi-RAT eller ANDSF er lagt op til, at der skal ske en autentikering af den enkelte bruger).

* f.eks. Access Network Discovery and Selection Function (ANDSF)

3. ULICENSEREDE TEKNOLOGIER

Der er i det internationale frekvensspekter afsat en række – typisk meget smalle – frekvensbånd til fri og ulicenseret brug. Disse frekvensbånd betegnes som ISM – Industrial Scientific and Medical – bånd, og er inden for det område der er interessant for bredbåndsløsninger, tilgængelige inden for disse frekvensområder:

- 433,05 MHz – 434,79 MHz (center 433,92 MHz) (*stærkt benyttet*)
- 868,0 MHz – 870,0 MHz
- 2,400 GHz – 2,500 GHz (*meget stærkt benyttet*)
- 5,725 GHz – 5,875 GHz (*Bemærk! Dette bånd anvendes ikke til WiFi*)
- 24 GHz – 24,25 GHz
- 61 GHz – 61,5 GHz
- 122 GHz – 123 GHz
- 244 GHz – 246 GHz

3.1 WiFi

Karakteristisk for disse ISM bånd er, at der kun er afsat meget lidt spektrum, f.eks. kun 100 MHz i 2,4 GHz båndet, og 500 MHz i 60 GHz båndet. Der findes desuden meget få bredbåndsanvendelser i 20 MHz spektret ved 868 MHz, men disse er typisk brugt til meget dedikerede anvendelser, og behandles ikke yderligere i dette notat.

Det skal bemærkes, at det 5 GHz bånd som anvendes i IEEE 80211.a, 802.11ac og 802.11n er et dedikeret frekvensbånd mellem 4,910 og 5,853 GHz (se bilag A). Anvendelsen er *ikke* ISM, og kun WiFi enheder som opfylder IEEE 802.11a, ac og n kan (på nuværende tidspunkt) benyttes lovligt i dette frekvensbånd.

I dette dedikerede område er der afsat et spektrum på 943 MHz, dvs. mere end 9 gange så meget som i 2,4 GHz ISM båndet. Alligevel er 5GHz båndet underlagt så mange restriktioner, at antallet af brugbare kanaler er ganske beskedent.

Der er nye WiFi standarder under udvikling, og navnlig 60 GHz området ses nu taget i stigende anvendelse. Disse nye standarder er behandlet sidst i dette afsnit.

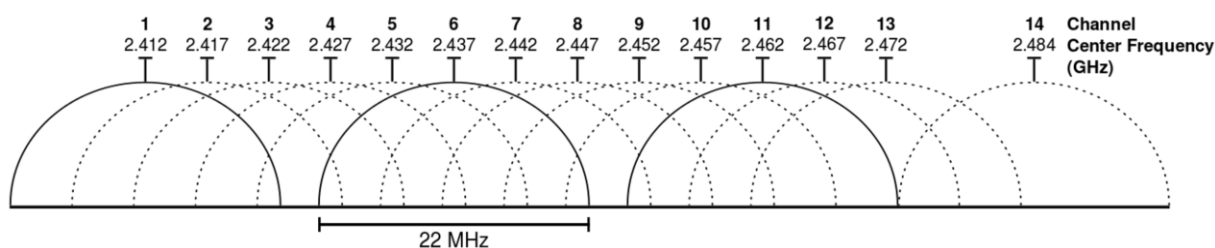
3.2 Spektrumets betydning for båndbredder

Der er en fysisk sammenhæng imellem det spektrum der kan anvendes i de forskellige WiFi teknologier. Sammenhængen er givet i forhold til modulationsmetode og støjimmunitet (dvs. rækkevidde). Desuden er alle bånd underlagt begrænsninger i sendestyrken, hvilket betyder, at de anvendte modulationsmetoder typisk tilgodeser høj hastighed frem for lang rækkevidde (da sendestyrken begrænser rækkevidden).

Af Tabel 11 fremgår de forskellige WiFi standarders egenskaber.

3.3 802.11

Alle 802.11 WiFi standarderne opdeler frekvensspektret i kanaler. Antallet af tilgængelige kanaler har betydning for, hvor høj en datakapacitet der kan opnås over et givet areal.



Figur 10 - 2,4 GHz frekvensspektrum

2,4 GHz starter på 2401 MHz og går til 2495 MHz. I dette spektrum har IEEE* defineret 14 kanaler, med hver sin centerfrekvens, som fremgår af Figur 10, med en afstand på 5 MHz mellem hver kanal. Alle WiFi anvendelser kan benytte et spektrum på op til 22 MHz, mens højere ordens standarden 802.11n kan benytte både 20 og 40 MHz. 802.11 kanaliseringen betyder, at der kun kan opnås en støjfri WiFi anvendelse, hvis der er 4 ubrugte kanaler mellem hvert accesspunkt, hvilket giver op til 4 brugbare kanaler i hvert dækningsområde.

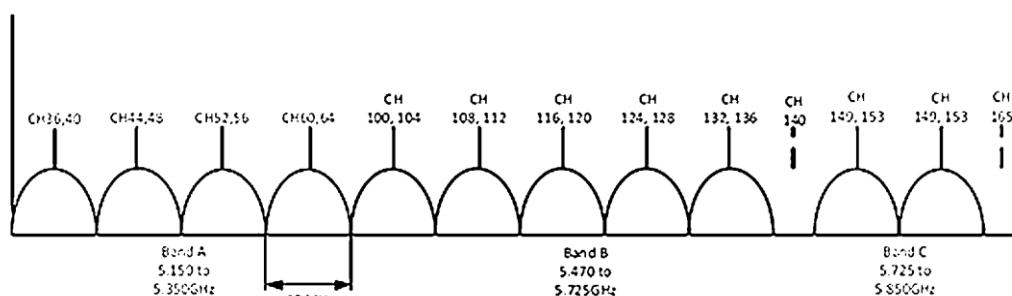
Benyttes 40 MHz spektret i n standarden, reduceres antallet af kanaler til to.

I 5 GHz standarderne har man flere muligheder for spektrum allokering. I modsætning til 2,4 GHz sker spektrum allokeringen ikke frit over hele 5 GHz området, men skal følge en på forhånd givet – og ganske stram – plan. Planen fremgår af Bilag A.

5 GHz kanaliseringen giver følgende ressourcer:

Spektrum	Antal kanaler
10 MHz	6
20 MHz	31
40 MHz	11
80 MHz	6
160 MHz	2

Tabel 10 - Tilgængelige 5 GHz WiFi kanaler



Figur 11 - 5.0 GHz frekvensspektrum anvendt med 40 MHz spektrum pr. enhed

Som det fremgår af eksemplet i Figur 11, er der ud over de bundne kanalallokeringer også behov for at afsætte tiltrækkelig sidebåndsisolering. Benyttes et kanalspektrum på 40 MHz, er der plads til i alt 11 transmissionskanaler. Disse 11 kanaler udfylder hele spektret.

* IEEE: The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. (www.ieee.org)

	Off.	Frekvens (GHz)	Spektrum (MHz)	Data hastigheder (Mbit/sek) *)	MIMO (streams)	Modulation	Rækkevide (m)	
							Indendørs	Udendørs
802.11	jun/97	2,4	22	1, 2	ikke mimo	DSSS, FHSS	20	100
802.11a **)	sep/99	5,0	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	ikke mimo	OFDM	35	120
802.11b	sep/99	2,4	22	1, 2, 5.5, 11	ikke mimo	DSSS	35	140
802.11g	jun/03	2,4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	ikke mimo	OFDM	38	140
802.11n	okt/09	2,4 / 5,0	20 40	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150	4	MIMO-OFDM	70	250
802.11ac	dec/13	5,0	20 40 80 160	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2 15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150 32.5, 65, 97.5, 130, 195, 260, 292.5, 325, 390, 433.3 65, 130, 195, 260, 390, 520, 585, 650, 780, 866.7	8	MIMO-OFDM	35	140
802.11ad	dec/12	60,0	2.160	op til 6.750	ikke mimo	OFDM	60	100

Tabel 11 - WiFi standarder, spektrum og rækkevidder

*) De anførte datahastigheder er angivet med SGI (Short Guard Interval) enabled. Transmissionprincippet er halv duplex, og båndbredden er den samlede opnåelige båndbredde, dvs. summen af båndbredder i begge retninger.

***) IEEE 802.11a findes i en særlig variant (802.11y) som anvender 3,7 GHz området, og som er godkendt til at sende med forøget effekt (op til 20 W EIRP). Med denne variant kan man nå afstande på op til 5.000 meter. 802.11y er kun godkendt til anvendelse i USA.

Begrænsningerne i antallet af kanaler på WiFi er den mest hæmmende faktor for opskalering af WiFi. Med kun 4 kanaler i 2,4 GHz og 11 (40 MHz brede) i 5 GHz området, sættes der grænser for, hvor stor en kapacitet der kan ydes pr. fladeenhed.

En konsekvens af denne begrænsning vises i dette eksempel:

Antag at man ønsker at dække et indendørsareal med bedst mulig WiFi i 5GHz området. Dette gøres med IEEE 802.11ac standarden i et 40 MHz bredt spektrum. Rækkevidden er i denne standard 35 meter (cirkulært rundt om accesspunkterne). Ved 35 meter er den tilgængelige båndbredde den lavest tilgængelige for teknologien, dvs. 15 Mbit/sek, mens den inden for 1-2 meter vil være 150 Mbit/sek. Hvis det antages at transmissionerne er stokastisk (dvs. tilfældigt) fordelt, og at trafikken er symmetrisk (samme data-mængder til og fra kommunikerende enheder), vil den tilgængelige bithastighed svare til en kablet hastighed på mellem 7,5 og 75 Mbit/sek.

I 802.11ac er der mulighed for at definere 8 MIMO (parallelle transmissioner på hver sin kanal til samme accesspunkt) dog højst 4 MIMOs pr. transmissionsretning. Dette vil øge bitraten til mellem 30 og 300 Mbit/sek.

Når antallet af kommunikerende enheder vokser, vil størsteparten af dem befinde sig længst væk fra accesspunktet (fordi dækningen er cirkelformet). Det vil betyde at alle enheder (også dem der er tættere på accesspunktet) i gennemsnit vil opleve en båndbredde på 30 Mbit/sek (fordi de langsomme enheder vil lægge tidsmæssigt beslag på spektret).

Resultatet er, at man med 802.11ac vil være i stand til at give hvad der svarer til en kablet båndbredde på 30 Mbit/sek på et areal på 3.800 m², svarende til en transmissionstæthed på **7,8 kbit/sek pr. m²**.

Til sammenligning planlægger man f.eks. i de nye danske supersygehuse at forsyne hver sengestue (som er omkring 30 m²), med 6 Ethernet stik hver med en kapacitet på 1 Gbit/sek i hver retning, samt WiFi dækning. Alene kabeldækningen giver en tæthed på **200 Mbit/sek pr. m²**.

3.4 Skalering af 802.11 dækning

Begrænsningerne i tilgængeligt spektrum for WiFi betyder, at man ofte er tvunget til at benytte specielle metoder for at opnå højere kapacitet og bedre dækning med WiFi. I det følgende gennemgås kort nogle af de mest anvendte metoder.

Mindre dækningsområder

Den mest almindelige metode til opnåelse af højere kapacitet er at begrænse rækkevidden af accesspunkterne. Det sker ved at reducere den udstrålede effekt fra accesspunktet, hvorved den arealmæssige dækning reduceres, så antallet af dækkede enheder reduceres.

I 2,4 GHz området er metoden vanskelig at benytte, fordi antallet af kanaler (4) er så lille, at fladedækningen kun vanskelig lader sig gøre uden overlappende kanaler. I 5 GHz området er metoden fuldt brugbar, og benyttes allerede i en vis udstrækning.

Metoden anvendes desuden ofte i accesspunkter med kombinationsdækning (dvs. dækning i både 2,4 og 5 GHz området), idet de to områder i sig selv har forskellig rækkevidde, og dermed forudsætter dæmpning af den længst rækkende radioteknologi.

Båndbreddebegrænsninger

I denne metode udnyttes, at accesspunkter typisk kan låses til kun at understøtte visse af de mulige hastighedsklasser. Ved at lukke for de laveste hastigheder opnås det, at kommunikerende enheder opnår

en vis båndbredde, når de er tæt på accesspunktet, men mister forbindelsen når afstanden bliver for stor til at støtte de høje hastigheder.

Metoden har den indbyggede svaghed, at accesspunkternes rækkevidde stadig er lang nok til at støtte de lave (udelukkede) hastigheder, og dermed optager arealmæssig plads på den/de kanaler som er i anvendelse. Af samme grund benyttes denne metode typisk i sammenhæng med en reduktion af sendestyrke / dækningsområde.

Retningsbestemte antenner

Denne metode anvendes typisk i situationer, hvor antallet af kanaler er lille (dvs. på 2,4 GHz), og hvor man har behov for særlig dækning i bestemte områder, f.eks. i et parkeringshus, kontorlandskab eller tilsvarende. I 5 GHz standarden er sådanne "retningsbestemte" antennesystemer indirekte indbygget i systemer som understøtter MIMO, idet flere antenner kan fasekobles til at forme en retningsbestemt dækningsprofil. I det tilfælde kan accesspunktet løbende justere og ændre på retningen, i takt med at kommunikerende enheder i omgivelserne ændre position i forhold til accesspunktet.

3.4.1 Controller clouds

Der findes flere andre, og ofte produktspecifikke, metoder til forbedring af WiFi netværks rækkevidde. Uanset hvilke metoder man benytter, så kræver en god WiFi dækning både meget grundig planlægning og konstant overvågning.

Derfor har flere producenter af WiFi access punkter udviklet styringssystemer, som muliggør, at man ved hjælp af forskellige værktøjer bliver i stand til at optimere og vedligeholde god dækning.

Tidligere var sådanne systemer opbygget ved hjælp af selvstændige infrastrukturer, hvor de enkelte accesspunkter ikke var forbundet direkte til internettet, men derimod til lokale kontrolenheder, som styrer hvordan trafikken fordeles og flyttes mellem accesspunkterne, i takt med at mobile enheder kobler sig på og flytter sig rundt.

I sådanne controller-baserede systemer, bliver selve kontrolenheden ofte en flaskehals, som sætter en øvre grænse for, hvor stor en kapacitet der kan etableres i et givet område, og derfor er en række producenter gået en anden vej og har udviklet cloud baserede controller systemer.

I en cloud baseret kontrolenhed styres de enkelte accesspunkter centralt – i lighed med de controller baserede produkter. Derimod sendes selve datatrafikken fra accesspunkterne direkte ud i det netværk som accesspunkterne er tilsluttet. Adgang og styring sker vha. regler fra cloud controlleren, men beslutningen om hvilket accesspunkt som varetager forbindelsen og hvorledes data routes, tages autonomt af accesspunkterne. Princippet er det samme som det der i dag anvendes i både 3G og 4G mobiltelefoni systemer.

På den måde flyttes grænsen for hvor mange accesspunkter, der kan kontrolleres i et netværk, samtidig med at den fysiske placering af kontrolenhed og accesspunkter gøres uafhængig.

Med en cloud controller baseret WiFi løsning kan man opbygge WiFi dækning over et vilkårligt stort område – også områder som ikke nødvendigvis er geografisk sammenhængende.

Hvis man f.eks. ønsker at opbygge WiFi dækning i et antal af en kommunes biblioteker, kan man med en cloud kontrolleret installation lægge samme rutningsregler i alle accesspunkter, hvilket f.eks. kan bruges til at styre adgangen til nettet (så f.eks. udelukkelse af en bestemt bruger vil ske i hele netværket samtidigt).

3.4.2 Forskellige cloud controller produkter

Mængden af cloud controlled WiFi produkter er kraftigt stigende. Der findes i princip to konceptuelt forskellige måder at cloud styre WiFi på:

1. Cloud Managed, og

2. Cloud Controlled

I et cloud managed system (1) er kontrolenheden (cloud tjenesten), anvendt i konfigurations- og kontroløjemed. Derimod deltager controlleren ikke i selve datatrafikken og routningen af WiFi nettet, som på den måde arbejder autonomt – også i situationer hvor cloud manageren ikke er tilgængelig.

I et cloud controlled system (2) deltager kontrolenheden aktivt i selve driften af WiFi nettet, og kan route trafik gennem controlleren – typisk vha. VPN forbindelser. Forsvinder kontakten til controlleren, afbrydes trafikken i accesspunkterne.

De to principper adskiller sig desuden på andre – mindre væsentlige – områder, navnlig i forhold til licens og brugsvilkår.

Cloud styrede WiFi løsninger – uanset kontrolprincip – udfordres af, at der ikke er udviklet internationale eller de-facto industristandarder for dem. Løsningerne kører ganske vist standardiseret i air interfacet (dvs. mellem accesspunkt og mobile enheder) og i user-payload ud i det almindelige Internet. Derimod benyttes proprietære protokoller i den øvrige del af nettet.

3.4.3 Offentlige WiFi systemer

I en række kommuner har man opbygget egne WiFi netværk til interne formål, f.eks. dækning af skoler og andre kommunale bygninger. Disse net er opbygget på mange forskellige måder, og i større eller mindre omfang ved brug af forskellige controller løsninger.

Fælles for løsningerne er, at de er opbygget for at tilgodese kommunens eget behov, f.eks. i skoler, biblioteker og andre kommunale bygninger. I nogen kommuner har man undersøgt muligheden for at sælge overskudskapaciteten i disse net – en mulighed som er fuldt ud mulig, når kommunen overholder de regler der er fastsat i forhold til konkurrence og prisfastsættelse.

3.5 Nye WiFi standarder på vej

En række nye WiFi standarder – eller WiFi-lignende standarder – er under stadig udvikling. De mest betydningsfulde fremgår af nedenstående tabel.

	Off.	Frekvens (GHz)	Spektrum (MHz)	Note
802.11ad	dec/12	60	2.160	7 GBit/s
802.11ah	-	863-868 MHz	5	WiFi HaLow Long range low speed (802.15.4)
802.11aj	-	45	2.160	Kopi af "ad" standarden
802.11ax	-	2,4/5	160	Kopi af "ac" standarden 10,5 GBit/s
802.11ay	2017..	60	8.000	20-40 GBit/s, 300-500 meter – ny ad standard

Tabel 12 - Nye WiFi standarder på vej

3.5.1 802.11ad og ay

To af de måske meste interessante er 802.11ad og 802.11ay.

“ad” standarden er ikke en direkte WiFi standard i tråd med de øvrige 802.11 standarder, men er en højt specialiseret og meget bredbåndet transmissionsprotokol. Den adskiller sig fra de øvrige 802.11 protokoller, ved at være defineret i forhold til bestemte transmissionsprofiler, på samme måde som det kendes fra bl.a. Bluetooth.

802.11ad er således udviklet til at støtte særlig kortdistance kommunikation (op til 10 meter maksimalt, og normeret til 2,5 meter) til brug ved f.eks. overførsel af 4k TV signaler, trådløse docking stationer for pc'er osv. Båndbredden når 7 Gbit/sek, hvilket kun er nødvendigt i anvendelser hvor binære data i realtid skal overføres (som f.eks. videosignaler, disk overførsler osv.)

802.11ay antages at bygge videre på 802.11ad, og anvender samme frekvensbånd, men med 4 gange højere spektrum allokering (8 GHz). “ay” standarden vil som “ad” være bygget på transmissionsprofiler frem for pakkestandarder (IP), men vil på grund af det større spektrum få en rækkevidde, som kan tildele en vis arealmæssig dækning. Der findes endnu (november 2016) ganske lidt information om “ay” standarden.

Hverken 802.11ad eller “ay” standarderne vil kunne få betydning for strategiske kommunikationsvalg i forhold til generel bredbåndsdækning inden for en 10-årig periode. Selv med en videreudvikling af standarderne vil man næppe nogensinde bruge netop disse standarder i andet end peer-to-peer bittransport i profilstyrede setups.

3.5.2 802.11ah

802.11ah betegnes også HaLow og er IEEE's bud på en IoT standard. Standarden udnytter frekvensområdet omkring 900 MHz, hvor der er god gennemtrængning for bygningsmaterialer, og relativ lang rækkevidde. Afhængig af modulationsform og kanalisering kan der opnås bithastigheder på mellem 650 kbit/sek og op til 8,7 Mbit/sek.

“ah” standarden er således beregnet til såkaldt Internet-of-Things anvendelse, dvs. lavhastigheds kommunikation mellem autonome enheder. Dermed kommer “ah” i direkte konkurrence med en stribe andre IoT standarder, som er ved at opstå – primært IEEE 802.15.4.

IoT standardisering er yderligere beskrevet i afsnit 3.7.

3.5.3 802.11aj og 802.11ax

Der fremkommer løbende nye forslag til standarder på 802.11 området, og de to oftest nævnte lige nu er “aj” og “ax” standarderne.

“aj” standarden er tænkt som en direkte kopi af “ad” standarden, blot flytter til 45 GHz frekvensbåndet. Den er foreslået som en erstatning for “ad” standarden i de områder af verden (primært Kina) hvor 60 GHz båndet ikke er frigivet til WiFi anvendelser.

“ax” standarden er i en meget tidlig fase, og detaljerne om den er endnu ikke på plads. Tanken er, at “ax” skal afløse / forbedre “ac” standarden, således at man i de samme frekvensbånd (2,4 og 5 GHz), og med bredt spektrum (160 MHz), ved hjælp af nye kodningsprincipper og lavere guardtider vil kunne opnå op til 4 gange de bitrates som “ac” standarden kan levere i dag.

Der er næppe sandsynligt, at “ax” standarden vil nå sit endelige niveau inden for de nærmeste 2 år, og derefter vil der erfaringsmæssigt gå 3-4 år, før de første produkter vil når markederne.

“ax” standarden vil dermed næppe være relevant på tidligst 2022. Da “ax” desuden benytter samme frekvenser som “ac” behøver man næppe at tage særligt hensyn til udviklingen, da “ax” formodentlig blot vil glide ind som en hurtigere (og bagud kompatibel) erstatning af “ac”.

3.6 WiFi offload

Behovet for mobil bredbånd er steget voldsomt i takt med, at smartphones er blevet stadig mere udbredt. Den udvikling har udfordret mange mobiloperatører, som i tæt dækkede områder, har vanskeligt ved at efterkomme behovet.

Samtidig har mobilindustrien efterspurgt teknologier som kunne nedbringe omkostningerne ved at opbygge høje båndbredder, men uden at dette sker på bekostning af f.eks. brugerbetjening og kundeforhold.

Som en del af standardiseringen af 3GPP (3rd Generation Partnership Project), har man inden for de seneste år defineret metoder til at integrere WiFi i RAN (Radio Access Network), dvs. de radioteknologier som anvendes til at forbinde mobiltelefoner med operatørernes netværk. På nuværende tidspunkt er WiFi fuldt ud integreret som et (ud af flere) RANs som understøtter 3GPP.

3.6.1 Sømløs integration

At WiFi er et 3GPP RAN betyder i princippet, at WiFi som radioteknologi kan samarbejde på lige fod med teknologiens øvrige RANs. I praksis indebærer det, at en mobiltelefon som understøtter WiFi RAN, kan roame ind og ud af WiFi dækning, uden at igangværende samtaler (voice) og datakommunikation afbrydes.

På den måde kan man aflaste den (ofte meget dyre og licensbelagte) RAN i de dedikerede mobiltelefon frekvensbånd, med den langt billigere WiFi dækning.

Forudsætningen for at det kan bringes til at fungere er, at både operatør og terminaler understøtter WiFi RAN, og at den WiFi dækning som er tilgængelig på et givet sted, kan udnyttes til at skabe forbindelse.

Disse forudsætninger er ikke altid til stede, selv om både telefon og operatør understøtter teknologien, og selv om det pågældende WiFi net ville kunne anvendes, og derfor er det i tilknytning til de basale funktioner i WiFi RAN udviklet flere forskellige principper for, hvordan denne WiFi offload virker.

Netop fordi der er forskellige principper, og fordi disse ikke alle er en defineret del af selve 3GPP RAN standarden, har WiFi offload haft vanskeligt ved at vinde fodfæste blandt mobiloperatørerne.

Dette forhold ser dog ud til at være ændret, bl.a. fordi udfordringerne med levering af høje bithastigheder fortsat stiger, og fordi flere af terminalproducenterne nu indbygger (dele af) 3GPP RAN teknologien i telefonernes operativsystem.

Samtidig ændres anvendelsen af mobilt bredbånd i takt med introduktionen af 4G og ikke mindst 5G netværk, hvori alle tjenester bæres af netværksprotokoller (så også samtaler (voice) overføres pakkebundet vha. f.eks. VoLTE eller SIP). Dette vil yderligere presse behovet for WiFi offloading.

3.6.2 Teleselskabernes udfordring

Mobiloperatørerne har traditionelt haft kommerciel udfordring i forhold til WiFi offload. Når man benytter (et i princippet gratis tilgængeligt) WiFi net, vil mobilsystemet opfatte al trafik (også den der løber via WiFi), som tilhørende den pågældende telefons abonnement. Dermed tæller forbruget med på samme måde som hvis det forekom på et (dyrt) licenseret RAN. Det giver potentielt utilfredse kunder, fordi man på den måde afkræves betaling for en tjeneste som i alle andre sammenhænge er potentielt gratis.

Med de priser markedet har set, har mange mobilkunder derfor været animeret til helt at droppe teleselskabet til fordel for en direkte WiFi opkobling, til trods for at dette så afskærer f.eks. muligheden for beholde forbindelsen til telefonens voice telefonnummer.

Den udfordring er gradvis ved at forsvinde i takt med, at de generelle priser for mobiltelefoni falder. Samtidig er kundernes forventning til en sammenhængende tjeneste, uden de afbræk en WiFi tilslutning

til et ikke integreret net giver, stigende. Dermed er teleselskabernes dilemma (at afkræve betaling for en i princippet gratis tilgængelig tjeneste) forsvundet.

3.6.3 Udbredelse

Selv om WiFi er defineret standardiseringsmæssigt som et 3GPP RAN, så forudsætter anvendelsen at en lang række – ikke tekniske – forhold skal bringes på plads. Der findes mange forskellige metoder og principper for at etablere WiFi offload, og alle bygger på en kombination af opkoblingsprincipper og kommercielle forhold.

Netop af den grund er udbredelsen af WiFi offload systemer også ganske begrænset, og der er intet som tyder på, at disse forhold ændre sig fremadrettet.

Tværtimod tyder meget på, at en mere generel udbredelse af WiFi med højere bithastigheder kombineret med endnu hurtigere telefoner, kan betyde, at producenter og kunder satser mere fokuseret på "ren" WiFi dækning, samtidig med at mobilsekskabernes dækning i stigende omfang vil blive betragtet som en form for "fail-over" når der ikke er tilgængelig WiFi.

Fremadrettet vil dette forhold dog ændres, idet WiFi på nuværende tidspunkt er indtænkt som en væsentlig teknologi i fremtidens 5G netværk. Dette er yderligere beskrevet i afsnit 2.6.1. Med WiFi som standardiseret del af 5G vil man næppe fremadrettet betegne teknologien som en "offloading" teknologi, men alene som en (ud af en lang række) bæreteknologier for 5G.

3.7 Smart Society og IoT standarder

Der findes mange definitioner på hvad "Smart Societies", "Smart Cities" og IoT er. I dette notat ser vi ikke på myriaden af forskellige anvendelser, men alene på de teknologier som er en nødvendig forudsætning for, at kommunikation fra (og til) smarte (maskin-)enheder kan lade sig gøre. I notatet er betegnelse IoT valgt som fællesbetegnelse for den type machine-to machine kommunikation som benyttes i "smart society" løsninger.

Der findes i dag et stort antal anvendelser inden for området, typisk baseret på WiFi eller mobilteknologi (mobilt bredbånd og SMS), hvor machine-to-machine kommunikation tillader implementering af forskellige IoT løsninger.

Fremadrettet får man udfordringer på infrastrukturen for sådanne løsninger af følgende grunde:

1. antallet af IoT enheder vil vokse så kraftigt, at adressering og kontrol i WiFi og mobilnetene vil sætte snærende grænser for skalering
2. eksisterende infrastrukturer er udviklet til andre formål, og er for dyre i forhold til IoT
3. båndbredder og kapacitetstæthed i nuværende infrastrukturer er ikke velegent til IoT anvendelser
4. en række nye sikkerhedstekniske udfordringer løses kun vanskeligt i eksisterende infrastruktur.

3.7.1 Udfordringen på IoT infrastruktur

Antallet af IoT enheder

De fleste fremskrivninger af IoT udviklingen viser, at antallet af enheder vil stige nærmest eksplosivt i de kommende år. De gængse infrastrukturer som WiFi og 3GPP er ikke designet til at have en stor tæthed af terminaler, og selv om IoT "terminaler" typisk benytter meget lave båndbredder, sættes de gængse infrastrukturer under pres, når antallet af enheder stiger.

De fleste WiFi accesspunkter har begrænsninger på antallet af opkoblede enheder. Begrænsningen ligger typisk fra 50 til 250 enheder pr. anvendt kanal. Med en rækkevidde på op til 100 meter indendørs (svarende til et dækningsområde på godt 30.000 m²) vil 250 enheder pr. kanal give en maksimal tæthed på 120 m² pr. IoT enhed, hvilket er langt under behovet ved f.eks. varmestyring, lysstyring osv. i et privat hjem eller offentlig institution.

3GPP (4G og 3G) kan teoretisk anvendes til IoT, men strømforbrug og behovet for SIM kort sætter begrænsninger. Terminaltætheden er en udfordring som kan løses med f.eks. femtoceller eller nedsat rækkevidde på makro celler.

Dyr infrastruktur

3GPP (4G og 3G) er en forholdsvis dyr infrastruktur, hvis den skal understøtte et større antal enheder. SIM kort problemstillingen har både en teknisk og en økonomisk side, og selv om man har udviklet teknikker til "indbygning" af SIM kort (de såkaldte E-SIM), så er omkostningerne stadig høje. Den væsentligste omkostning i 3GPP anvendelser er dog licensbelægningen af radiospektret, som ikke er i balance i forhold til den indtjening, potentielle IoT anvendelser kan generere.

WiFi infrastruktur bliver i IoT anvendelser tilsvarende dyr, fordi antallet af accesspunkter kan blive meget højt. Hvis det antages, at der f.eks. er 1 IoT enhed pr. 1 m², vil der skulle installeres et accesspunkt for hver 250 m², svarende til en rækkevidde på ca. 9 meter, (i et plan).

Kapacitet

Både 3GPP og WiFi har umiddelbart tilstrækkelig kapacitet til håndtering af typisk IoT trafik. De gængse infrastrukturer er alle baseret på IP protokoller, som med lille payload, får et uforholdsmæssigt stort protokol overhead.

For IPv4 er protokoloverhead 40 bytes, og for IPv6 er det 60 bytes. En typisk IoT anvendelse som f.eks. Sigfox generer en payload på 12 byte pr. besked. I et WiFi netværk baseret på IPv4 netværk (hvor TCP-IP protokolelementet udgør 40 bytes) giver dette et protokoloverhead på 77% og i et IPv6 netværk (hvor TCP-IP protokolelementet udgør 60 bytes) et overhead på over 83%.

Gængse IP netværk er designet til et protokoloverhead på mellem 2 og 4%.

I 3GPP netværk er protokol overeadet betydeligt større.

Selv et mindre antal IoT enheder vil dermed reducere nyttevirkningen (for 3GPP spektraleffektiviteten) ganske betydeligt, og flytte netværkenes mætningspunkter betydeligt.

Sikkerhed

Gængse netværk har en ganske høj grad af sikkerhed i forhold til fortrolighed (sikret imod aflytning). Derimod er disse net langt mindre sikret i forhold til f.eks. støj og forstyrrelser. I 3GPP (mobiltelefoni) imødegås dette med dynamisk tilpasning af sendestyrken, mens WiFi net typisk benytter traditionel CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access Collision Detect) metode til imødegøelse af støj.

IoT enheder har ikke nødvendigvis behov for fortrolighed i samme grad som for anden typisk kommunikation (men skal dog være beskyttet til et vist niveau), men har derimod behov for en høj grad af leveringssikkerhed, og støjimunitet. Dette findes kun i ringe grad i WiFi, mens prisen for at opnå dette i et 3GPP net er at den kommunikerende enhed udstyres med et strømforbrugende og dyrt radio element.

Generelle sikkerhedsmæssige aspekter er behandlet i afsnit 4.

3.7.2 Dedikerede standarder til IoT

For at imødegå de mange ulemper som gængse infrastrukturer giver i forhold til IoT anvendelser, er der gennem de seneste år udviklet en række dedikerede IoT kommunikationsprotokoller som f.eks. LoRa Semtech, ZigBee, ISA100.11, Sigfox, Weightless NWave, WirelessHART, Senet, NBFi, NB-IoT, HaLow,

MiWi, Thred, RPMA. Desuden har man i 3GPP udviklet et forslag til en LTE-A Machine Type Communications (LTE-MTC), og en NarrowBand IoT standard for 3GPP's LPWAN initiativ, udviklet fra Huawei's NB-CIoT løsning.

Fælles for disse løsninger er, at de alle definerer en (eller flere) radioprotokoller i (typisk) et IMS frekvensbånd. Det fysiske radio interface er typisk standardiseret efter IEEE 802.15.4 som definerer vilkårene for brug af såkaldte low-rate wireless personal area networks (LR-WPAN). IEEE 802.15 standarderne er udviklet siden 2003 og benyttes i en række af de produkter som i dag udnytter LR-WPANs.

802.15.4 er en PHY og MAC lags protokol, som alene beskriver brugen af og adgange til radiomediet. Der indgår ikke højere lags protokoller i 802.15.4 arkitekturen.

I praksis betyder det, at ingen af de IoT systemer som findes på markedet i dag kan samarbejde på tværs af produkterne, da de benytter forskellige (og typisk proprietære) højrelags protokoller. 802.15.4 giver alene (en vis) sikkerhed for, at de enkelte produkters enheder respekterer spektraludnyttelsen og hinandens kommunikation.

For de IoT standarder, som udspringer af internationale (juridiske) standarder f.eks. LTE-MTC og LPWAN, gælder samme begrænsning, dvs. kun udstyr som støtter den bestemte kommunikationsplatform kan udnytte den, og der kan ikke udveksles IoT data på tværs af produkter. LTE-MTC er alene et fysisk bærelag for tjenesterne.

På nuværende tidspunkt giver det en stor udfordring for de fleste IoT projekter, som udvikles i et lukket miljø, uden mulighed for at skifte radioteknologi. Det betyder f.eks. at der ikke er frit valg imellem IoT kommunikationsløsningen og producenten af det udstyr, som indgår i løsningen. Det er en klar uholdbar situation, som – hvis ikke den løses – vil være begrænsende for både producenternes udvikling af udstyr, og for kundernes muligheder for at indkøbe løsninger.

3.7.2.1 Særligt om 802.15.4 standarden

IEEE 802.15 bærer fælles betegnelsen Personal Area Network (PAN). I denne standard er defineret to overordnede standarder, IEEE 802.15.1 Bluetooth, og IEEE 802.15.4 Low Rate WPAN.

802.15.4 er defineret i 3 hovedversioner, hvoraf 2011 versionen er den seneste (gældende). Der findes følgende litra subsets af 802.15.4:

802.15.4c – en særlig version som definerer et særligt frekvensområde for anvendelse i Kina

802.15.4e – bygger på en særlig forbedret MAC udgave (version 2012)

802.15.4f – som er standarden for det fysiske lag (PHY)

802.15.4g – en funktion til "smart utility network" – primært længere rækkevidde (2012)

802.15.4m – udnyttelse af frigivne radiospektret i TV området (TV whitespace) – study group

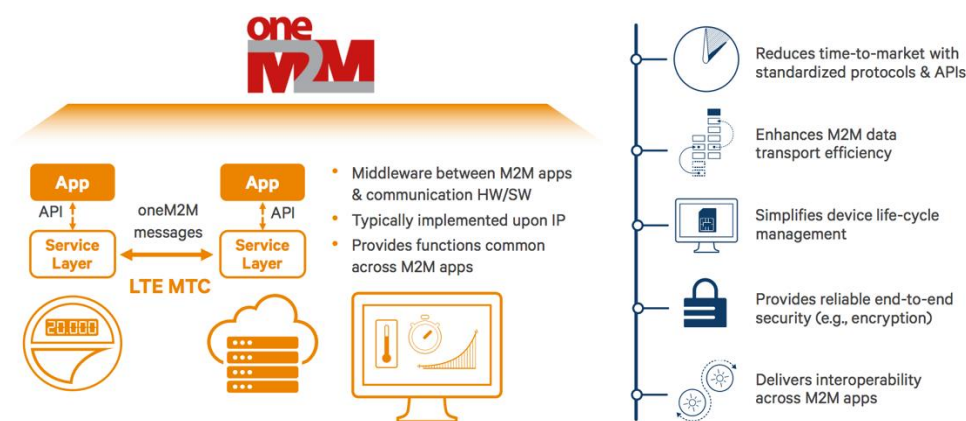
Der er i 802.15.4 ikke taget initiativ til at udvikle højere lags standarder.

3.7.3 OneM2M

Der arbejdes intensivt på at få udviklet juridiske standarder på højere lag, og den europæiske standardiseringsorganisation ETSI (www.etsi.org) har taget førerskabet for den udvikling med OneM2M initiativet (www.onem2m.org).

OneM2M er et samarbejde mellem 8 af verdens største standardiseringsinstitutioner: ARIB (Japan), ATIS(USA), CCSA (Kina), TIA (USA), TSDSI (Indien), TTA (Korea), TTC (Japan) og ETSI (Europa). Samtidig deltager 6 industrielle konsortier i arbejdet: Broadband Forum, Continua Alliance, GlobalPlatform, HGI, Next Generation M2M Consortium og OMA). Desuden deltager mere end 200 private og offentlige medlemmer af OneM2M i udviklingen.

OneM2M løser udfordringen i, at 802.15.4 blot er en PHY og MAC-lags standard, og målet er, at skabe en fuldstændig standardiseret grænseflade mellem enhver IoT enhed og enhver IoT tjeneste. Dermed kan det sikres, at der bliver helt frie muligheder for at vælge mellem forskellige IoT produkter, forskellige radioteknologier, forskellige infrastrukturer, og forskellige applikationer, som det kendes fra alle andre standardiserede kommunikationssystemer.



Figur 12 - OneM2M standardiseret IoT servicelag

OneM2M er en rammestandard, som vil gøre det muligt at udvikle applikationer som f.eks. smart grid (styring og kontrol af levering af strøm), forbundne og selvkørende biler, automatisering af private hjem, offentlig sikkerhed, sundhedssystemer og en myriade af andre anvendelser.

På nuværende tidspunkt er arbejdet i OneM2M så fremskredet, at man i august 2016 frigav release 2 af OneM2M, i form af ikke mindre end 24 tekniske standarder (TS) og 9 tekniske rapporter (TR). Af de 24 tekniske standarder har ETIS foreløbig godkendt de 20. Den samlede liste af både release 2 og release 1 findes her: <http://www.onem2m.org/technical/published-documents>

Da arbejdet i OneM2M konsortiet er åbent, har alle (også udenfor medlemskredsene), adgang til alle arbejdsrapporter og standarder. Det betyder, at standardiseringsarbejdet går væsentligt hurtigere end det er set i f.eks. 3GPP, hvor kun godkendte medlemmer har adgang til arbejdsrapporter. Alle OneM2M's dokumenter findes her: <http://ftp.onem2m.org/>

4. SIKKERHEDSMÆSSIGE ASPEKTER

Al telekommunikation indeholder latent en række sikkerhedsmæssige udfordringer. Kommunikation i det offentlige rum adskiller sig ikke væsentlig fra andre kommunikationsformer, men de løsninger som tages i anvendelse i offentlige netværk adskiller sig typisk fra andre (private) net, og i dette notat er fokus lagt på de områder der kræver særlig opmærksomhed i det offentlige rum.

4.1 RFC 1825 sikkerhedsarkitektur

Udgangspunktet for denne beskrivelse er den ramme der udstikkes i RFC 1825 "Security Architecture for the Internet Protocols". Her beskrives fire grundlæggende mekanismer ved sikker kommunikation:

Confidentiality:

At beskytte data så kun modtagere som er godkendt til det, kan benytte data.

Authentication:

At bevise (eller modbevise) at identiteten af en kommunikerende part tilhører parten.

Integrity checking:

At sikre, at ændringer i data ikke kan forekomme, uden at sådanne ændringer opdages.

Non-repudiation:

At kunne eftervise, at afsenderen af data reelt har afsendt data selv om afsenderen skulle nægte at have afsendt data.

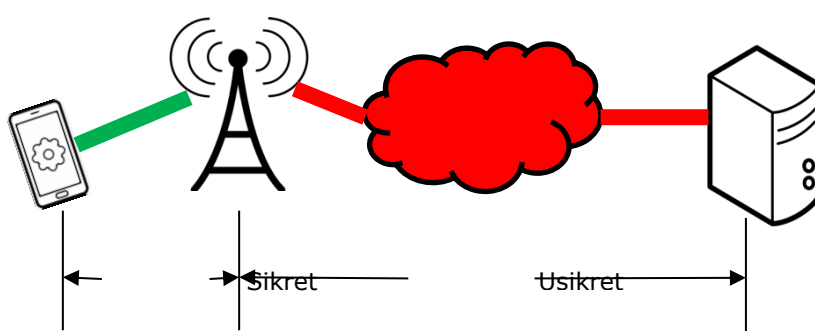
Disse 4 mekanismer er udgangspunktet for en diskussion af de væsentligste sikkerhedsmæssige aspekter ved al kommunikation.

4.2 Forskellige transmissionssystemers sikkerhed

Mekanismerne gælder i princippet uanset hvilket kommunikationssystem og hvilken teknologi som anvendes, og i mange moderne kommunikationssystemer indbygges mekanismerne direkte i de applikationer som kommunikerer med hinanden, og er dermed uafhængige af den transportteknologi som anvendes. I sådanne tilfælde betragtes kommunikationssystemet alene som et åbent medie, hvis sikkerhed (eller mangel på samme) ingen betydning har for applikationernes sikkerhedsmæssige egenskaber. Man har i sådanne applikationer sikret end-to-end sikkerheden *uden* anvendelse af det mellemliggende transportmedies (sikkerhedsmæssige) egenskaber.

Af forskellige årsager, primært historiske og udviklingsmæssige, indeholder mange kommunikationsmetoder dog typisk visse sikkerhedsmæssige mekanismer. Det gælder f.eks. radiobaserede systemer som 2G, 3G, 4G, WiFi, og WiMax. Disse mekanismer er typisk indbygget for dels at opnå en standardiseret (dvs. ensartet) grad af (veldefineret) sikkerhed, dels fordi der på det tidspunkt hvor systemerne blev udviklet typisk ikke var tilstrækkelig CPU-kraft i de kommunikerende enheder til, at de på egen hånd kunne etablere end-to-end sikkerhed.

I disse systemer deltager de kommunikerende applikationer ikke selv aktivt i etableringen af de sikkerhedsmæssige mekanismer, men benytter den sikkerhed som kommunikationsnettet kan tilbyde. Den sikkerhed er dog i de fleste tilfælde, utilstrækkelig til at opnå en fuld end-to-end sikkerhed, og i det følgende beskrives de forhold der bør sættes særligt fokus på, når disse systemer anvendes til f.eks. Smart City / Smart Society systemer, eller til kommunikation mellem applikationer som udveksler følsomme oplysninger.



Figur 13 – Sikkerhed i radiobaseret kommunikationssystem

I Figur 13 fremgår den sikkerhedsmæssige problemstilling i et typisk radiobåret netværk. Forbindelsen mellem mobil enhed (telefon / tablet / PC) og basestation (eller accesspunkt) er sikret så informationer ikke direkte kan aflyttes eller misbruges på anden vis.

Der er forskel på graden af sikkerhed i det fysiske radiolag, hvor de licenserede systemer typisk har en høj grad af sikkerhed, mens WiFi net har en væsentligt lavere.

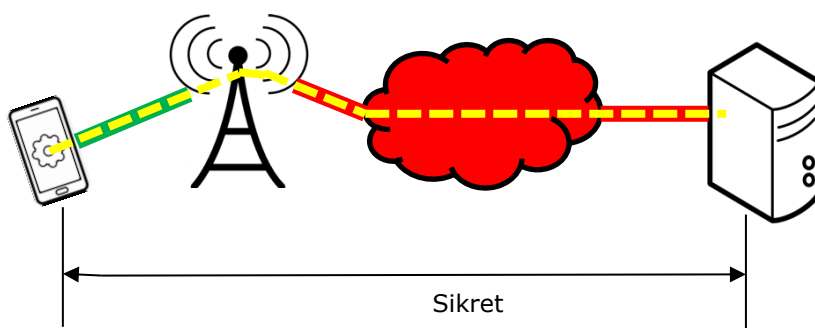
Problemstillingen – uden hensyn til sikringen i radiodelen af nettet – er dog, at transmissionen af data videre i netværket frem til den modtagende server, typisk sker stort set ubeskyttet.

Enkelte mobilsekskaber tilbyder særlige såkaldte private APN løsninger, hvor sikkerheden håndhæves (via VPN forbindelser) helt frem til mobilsekskabets netværk. Disse løsninger har dog fortsat et sikkerhedsproblem, idet datastrømmen overføres ubeskyttet inden for mobilsekskabets eget netværk.

I fast kablede systemer som f.eks. ADSL og fiberbredbånd, er det på tilsvarende måde ingen datasikkerhed overhovedet. Brugerdata sendes videre i netværkene ubeskyttet.

Selv om der på netværksniveau findes en række mere eller mindre avancerede sikkerheds løsninger, så er tendensen meget klar: For at opnå ægte end-to-end sikkerhed, må sikkerhedsmetoderne nødvendigvis tilvejebringes af de kommunikerende parter selv.

4.2.1 End to end sikkerhed



Figur 14 – End-to-end kommunikation via sikret kanal

Figur 7 viser samme situation ovenfor, hvor et kombineret sikkert og usikkert net giver fuld end-to-end sikkerhed ved hjælp af en sikret kanal (den gule stiplede linje) mellem de kommunikerende applikationer.

Det klassiske RFC 1825 sikkerhedsarkitektur er i moderne netværk skubbet over til et spørgsmål om kanalsikkerhed (f.eks. i form af VPN forbindelser), mellem de kommunikerende enheder.

4.2.2 Andre sikkerhedsmæssige trusler

I visse situationer kan netværkssikkerhed også bestå i beskyttelse imod såkaldt denial-of-service angreb (DoS angreb), dvs. angreb hvor angreb på en infrastruktur medfører at dataoverførsel er umulig, eller bliver meget langsom. Navnlig i store offentlige kommunikationssystemer kan sådanne angreb være meget byrdefulde, og gennem en årrække har man overalt i verden oplevet denne slags angreb rettet imod forskellige infrastrukturer med forskelligt formål.

Navnlig i relation til en forventning om en meget kraftig øgning i den radiobårne kommunikation i det offentlige rum, f.eks. i de mange IoT enheder i en Smart City løsning, øges sårbarheden markant for DoS angreb. IoT enheder har en forholdsvis lang rækkevidde, men sender meget langsomt og typisk med lave effekter. Selv helt primitive støjsendere vil i de rigtige frekvensområder kunne lamme hele IoT infrastrukturer, med meget byrdefulde resultater til følge.

I de fleste eksisterende 802.15.4 baserede IoT løsninger finder der ingen beskyttelse imod DoS angreb på infrastrukturen, men problemstillingen er anerkendt, og er medtages som i OneM2M release 2 arbejdet som blev offentliggjort i august 2016.

Fremadrettet vil alle IoT anvendelser få behov for en mere eller mindre robust beskyttelse imod DoS angreb på det fysiske (radio) lag, og OneM2M vil være et godt udgangspunkt for dette.

4.2.3 Sikkerhed på applikationsniveau

Ses der bort fra den egentlige transmissions sikkerhed, eksisterer en lang række andre sikkerhedsmæssige spørgsmål, som er relateret til ikke-kommunikationstekniske forhold. Det gælder f.eks. opbevaring af følsomme data, administrative procedurer for adgang til informationer, samt forhold som er opstået indirekte som følge af særlige omstændigheder.

For at imødegå trusler på applikationsniveau føres der i Danmark tilsyn med alle dataregistre som indeholder personoplysninger, og Datatilsynet udsteder tilladelser til anvendelsen af sådanne systemer.

Personoplysninger er defineret i persondatalovens §3 som enhver form for information om en identificeret eller identificerbar fysisk person. Ved udtrykket identificerbar person skal forstås en person, der direkte eller indirekte kan identificeres ved et eller flere elementer der er særlige for den pågældende persons fysiske, fysiologiske, psykiske, økonomiske, kulturelle eller sociale identitet.

Sikkerhedsmæssigt har man på applikationsniveauet en særlig grad af forpligtelse, at henførbare ofte kan være indirekte, og derfor ikke umiddelbart fremstår som omfattet af lovgivningen, som illustreret ved følgende eksempel:

Der indsamles spørgeskemaer fra en række personer. Spørgeskemaerne er alene påført et løbenummer. Løbenummeret henviser til en oversigt over navnene på de personer der har besvaret spørgeskemaerne. Spørgeskemaet vil i sig selv isoleret set ikke indeholde personoplysninger, men da oplysningerne i spørgeskemaet kan sammenkobles med oversigten over personer, vil det derfor ved behandlingen af oplysningerne være muligt at identificere de pågældende personer. Der er således tale om personoplysninger, og behandlingen vil derfor være omfattet af persondataloven.

Typisk er databasesystemer som er relateret til netværkssikkerhedsmæssige funktioner ofte personhenførbare, fordi de typisk netop indeholder oplysninger om de personer som benytter netværket. Det samme gælder de eventuelle logningsoplysninger som også typisk lagres i (visse af) sådanne systemer.

Selv i situationer hvor en sådan netværkskontrol udføres på et tilsyneladende anonymt grundlag som f.eks. en MAC adresse i en mobiltelefon, vil der med stor sandsynlighed være tale om personhenførbare data, fordi teleselskabet samtidig registrerer sammenhængen mellem SIM-kort og MAC adresse, og dermed også mellem MAC adresse og telefonnummer som dermed er direkte personhenførbart.

Et system til adgangskontrol fra f.eks. mobiltelefoner baseret på MAC adresser vil derfor typisk være omfattet af lovgivningen, og vil – selv om der ikke afkræves personlige oplysninger – kræve brugerens eksplicitte samtykke for at kunne anvendes i forhold til persondataloven. Konsekvensen heraf vil være, at der – selv uden at der er behov for indgivelse af data – skal afkræves brugertilladelse før en anonym MAC baseret adgangskontrol og logning kan indføres.

Det er i denne sammenhæng vigtigt, at såfremt adgangen til personfølsomme registre deles mellem flere juridiske enheder, skal alle enheder opnå tilladelse i forhold til persondataloven for at kunne benytte registrets data. Et sikkerhedssystem baseret på MAC adresser, anvendt af 3. part, f.eks. hvis en cafe vil give adgang til sit WiFi net fra en mobiltelefon hvis MAC adresse er registreret i en kommunal sikkerhedsdatabase, vil kræve at cafeen opnår godkendelse til håndtering af data i det kommunale system, da adgangen gives på baggrund af informationer hentet i et dataregister med personhenførbare data.

4.2.4 Logningsdirektivet

Den 8. april 2014 erklærede EU-Domstolen det danske logningsdirektiv for ugyldigt, da det er i strid med EU's Charter om grundlæggende rettigheder. Den 2. juni 2014 ophævede justitsministeriet det danske logningsdirektiv.

Udbydere af telenetværk og teletjenester i Danmark har derfor ikke en forpligtelse til at foretage en logning af netværksaktiviteter, og en sådan logning vil stride imod både Dansk lov (persondataloven) og EU lovgivning.

Der arbejdes fortsat i en række lande – også i Danmark – på at undersøge mulighederne for, at indføre en vis kontrol med datakommunikation, for imødegåelse af terror. Indtil videre er der dog ikke fremsat lovforslag om dette i Danmark.

Indtil en sådan lov måtte være vedtaget, skal udbyderne ikke foretage nogen form for logning.

Skulle der blive (gen)-indført et krav om logning vil der i relation til ovenstående bemærkninger om personhenførbare oplysninger, blive tale om en registrering som er underlagt persondataloven.

5. LOVGIVNINGSMÆSSIGE RAMMER

Det danske telemarked er et frit konkurrencedrevet marked, der som udgangspunkt reguleres så lidt som muligt. Danmark har en af de mest liberale telelovgivninger i verden, og det kræver f.eks. ikke særlig godkendelse eller licenser at drive et teleselskab. Dog er brugen af visse ressourcer, f.eks. radiofrekvenser, underlagt regulering, lige som adgangen til at opføre sendemaster, nedgrave kabler osv. er underlagt regelsæt som typisk falder uden for den egentlige telelovgivning.

I relation til Gate21 er de meste interessante spørgsmål i forhold til lovgivning, de spørgsmål som vedrører forholdet imellem de frie markedskræfter i telemarkedet, og det offentliges muligheder for at påvirke udviklingen. I dette notat gives en overordnet fremstilling af følgende hovedproblemstillinger:

Kan en kommune / offentlig myndighed selv at anlægge og drive infrastrukturer, som derefter stilles helt eller delvis til rådighed for "brugere", f.eks. borgere, turister, foreninger og erhvervsvirksomheder?

Kan en kommune / offentlig myndighed yde finansiel støtte til borgere, foreninger og erhvervsvirksomheder?

Kan en kommune / offentlig myndighed tilbyde overskudskapacitet i egen infrastruktur brug for borgere, turister, foreninger og erhvervsvirksomheder?

5.1 De regulerende lovsæt

Offentlige myndigheder er – i forhold til det fri marked – underlagt forskellige love og regler, visse nationale og andre baseret på EU lovgivning. I forhold til telesektoren er der primært to regelsæt som kommer i anvendelse i forhold til offentligt anlagte telenet:

- EU's statsstøtteregele (EU traktatens artikel 107).
- Kommunalfuldmagtsreglerne.

EU's statsstøtteregele er meget omfattende, og indeholder en række undtagelser, som i visse tilfælde frtager fra reglerne. Samtidig er reglerne i flere tilfælde åben for fortolkninger, som rundt omkring i EU udmonter sig ret forskelligt.

Kommunalfuldmagtsreglerne er baseret på uskrevne retsgrundsætninger, der giver kommunerne mulighed for at varetage opgaver og foretage visse økonomiske dispositioner uden lovhjemmel. Kommunalfuldmagtsreglerne er udviklet gennem de kommunale tilsynsmyndigheders praksis og er ofte vanskelige at håndtere – ikke mindst i forhold til kommunernes rolle i telemarkedet.

5.2 Kommunale bredbåndsnet

Typisk vil udviklingen af bredbåndsnet i områder med ringe eller ingen dækning, være drevet af den eller de kommuner hvori sådanne områder findes. I visse situationer vil kommunerne i en region kunne samarbejde om dækning, som det f.eks. sker i Region Sjælland gennem Digitalt AktionsForum.

Det er derfor – i forhold til lovgivning og støtteregler – mest interessant at se på, hvilke forhold der gælder på kommunalt niveau.

Kommunerne har ikke alene den direkte indflydelse på udviklingen i kommunens område, men har i mange tilfælde også selv opbygget (en vis) digital infrastruktur, so, i større eller mindre omfang – og inden for rammerne af både nationale støtteregler og EU's statsstøtteregler - kan indgå i lokale bredbånds-løsninger.

5.2.1 Kan en kommune etablere bredbåndsnetværk til eget brug?

Svar: Ja

Begrundelse: En kommune kan lovligt købe varer og tjenesteydelser, som er nødvendige for at udføre kommunale opgaver. En kommune kan lovligt i eget regi etablere og drive såvel den passive som den aktive del af et kommunikationsnet, som muliggør, at Kommunens institutioner, virksomheder og driftssteder kan forsynes med højhastighedsinternettet til brug for udførelsen af forskellige kommunale opgaver.

5.2.2 Kan en kommunen lovligt sælge overskudskapacitet i et kommunikationsnet til en lokal, privat non-profit organisation (f.x. lokal slutbruger-forening)?

Svar: Ja

Begrundelse: Det er antaget*, at en kommune lovligt kan afstå en overskudskapacitet, den råder over, hvis følgende 4 betingelser er opfyldt:

5. Overskudskapaciteten må ikke være dimensioneret med det formål at varetage ikke-kommunale opgaver,
6. Overskudskapaciteten må af hensyn til løsningen af den kommunale opgave ikke kunne afskaffes,
7. Opgaven må ikke allerede varetages på en rimelig måde af private erhvervsdrivende, og
8. Salg af overskudskapacitet skal ske til markedspris.

5.2.3 Kan en kommune lovligt give støtte (tilskud, lån) til lokal slutbrugers etablering af et kommunikationsnet?

Svar: Ja, men kun til den passive del af netværket.

Begrundelse: Det er i en række projekter* vurderet, at en kommune lovligt kan finansiere etablering af passiv netværksinfrastruktur (tomrør, kabelkanaler, "mandhuller", bygninger o.lign.) med erhvervsfremme sigte med hjemmel i erhvervsfremmelovens § 13, stk. 1, nr. 2, der giver kommuner adgang til at iværksætte erhvervsudviklingsaktiviteter inden for blandt andet anvendelse af ny teknologi, herunder automatisering og digitalisering. Med passiv infrastruktur tænkes der på komponenter, der bruges ved

*) Frederik Gammelgaard: Kommunal erhvervsvirksomhed (2004), side 65-74

*) bl.a. Næstved Kommune og Region Sjællands projekt vedrørende bredbåndsnet i regionen.

etablering og drift af bredbåndsnet, og som ikke aktivt medvirker til enten at overføre, lagre eller behandle kommunikation på bredbåndsnettet, men som alene udgør passive, fysiske rammer for bredbåndsnettet.

For at en kommune lovligt kan etablere passiv bredbåndsinfrastruktur med henblik på at stille den til rådighed for andre kræves:

- a. at en passiv bredbåndsinfrastruktur etableres og stilles til rådighed med et erhvervsudviklingsigte i forhold til en åben kreds af erhvervslivet i kommunen,
- b. at denne passive bredbåndsinfrastruktur stilles til rådighed for alle udbydere på markedet på ikke-diskriminerende vilkår og til markedspris,
- c. at der – så vidt muligt – gives flere udbydere mulighed for at benytte den passive bredbåndsinfrastruktur, og
- d. at der ikke ved kommunen etablering af en passiv bredbåndsinfrastruktur sker fortrængning af kommercielle investeringer gennem sikring af, at der ikke findes eller planlægges udrulning af bredbåndsinfrastruktur i det pågældende geografiske område.

Derimod kan en kommune ikke lovligt finansiere etablering af en aktivt kommunikationsinfrastruktur med henblik på salg af transmissionskapacitet til private eller erhvervsvirksomheder. Baggrunden for dette synspunkt er, at kommuner efter fast tilsynspraksis ikke må drive kommerciel – med overskud for øje – aktivitet med køb og salg af varer/tjenester medmindre der er særlig lovhjemmel hertil. Sådanne lovhjemmel findes ikke når det drejer sig om køb af aktiv bredbåndsinfrastruktur med henblik på salg af data-transmissionskapacitet til privat personale eller erhvervsvirksomheder.

Det antages i almindelighed, at den aktivitet, en kommune selv kan udføre i eget regi, også af kommunen kan overlades til at blive udført i privat regi på samme vilkår som hvis kommunen selv etablerede og drev aktiviteten.

Det må derfor vurderes som lovligt, at en kommune yder økonomiske midler (tilskud, rentefrit lån mv.) til en lokal slutbruger-forening med henblik på (med-)finansiering af etablering af en passiv netinfrastruktur på de samme vilkår, som ville gælde, hvis Kommunen i eget regi etablerede denne passive netinfrastruktur. Det vil sige at organisationen skal respektere de foran nævnte 4 krav (a-d).

Den aktive netstruktur må den lokale slutbruger-forening selv finansiere. Kommunen har pligt til at sikre sig, at de økonomiske midler, der lovligt er ydet til organisationen, kun anvendes til (med-)finansiering af den lovlige del af netinfrastrukturen, dvs. den passive infrastruktur. Organisationens må derfor over for kommunen i regnskab eller på anden måde dokumentere, at kommunale økonomiske midler kun er anvendt til etablering af den del af netinfrastrukturen, som kommunen lovligt kan yde økonomisk bidrag til etablering af.

5.2.4 Er salg af overskudskapacitet til en lokal slutbruger-forening at betragte som statsstøtte efter EU-reglerne?

Svar: Der er ikke tale om statsstøtte omfattet af EU-statsstøtteregler, da ydelsen sælges til markedspris og dermed ikke indeholder støtte.

Begrundelse: EU's statsstøtteregler (EU traktatens artikel 107) handler generelt om betingelser for, at økonomisk støtte fra staten, regioner eller kommuner til erhvervsvirksomheder er lovlig eller ej. Økonomisk støtte fra f.eks. en kommune til private personer er ikke omfattet af statsstøttereglerne.

For at en kommunal foranstaltning anses for omfattet af artikel 107 om statsstøtte kræves:

- a. At foranstaltningen skal ydes ved hjælp af kommunale midler, f.eks. direkte tilskud, lån på lempelige vilkår (= ikke markedsmæssige lånevilkår), naturalydelse,
- b. At foranstaltningen skal give en eller flere erhvervsvirksomheder en økonomisk fordel i forhold til andre erhvervsvirksomheder,

- c. At den økonomiske fordel er selektiv, idet støtten kun er rettet mod erhvervsvirksomheder, der er aktive inden visse segmenter (dele/områder) af det pågældende marked, fx markedet for elektroniske kommunikationstjenester,
- d. At foranstaltningen fordrejer eller truer med at fordreje konkurrencevilkårene, og
- e. At foranstaltningen vil påvirke samhandelen mellem EU-landene ved at gøre det mindre attraktivt for erhvervsvirksomheder i andre EU-lande, f.eks. inden for markedet for elektroniske kommunikationstjenester at etablere virksomhed her i landet.

De foranstaltninger, som opfylder alle disse betingelser, betragtes som statsstøtte efter EU reglerne.

Som udgangspunkt er sådanne foranstaltninger ulovlige, idet de er uforenelig med det indre marked og dets funktionsbetingelser. Der er dog i artikel 107, stk.3 situationer, hvor støtte alligevel kan anses for forenelig med det indre marked og dermed lovlig.

De kommunale foranstaltninger, som her skal vurderes i forhold i forhold til EU statsstøttereglerne, er:

1. Adgangen som kommunen giver til en lokal, privat non profit organisation til at benytte overskudskapaciteten ("ledige fibre") i kommunen kommunikationsnet ved at organisationen kan sælge overskudskapaciteten mod betaling af markedspris til alle interesserede datatjenesteleverandør, således at disse kan forsyne slutbrugere med datatjenester til markedspris, og
2. Kommunens økonomiske støtte (tilskud/lån) til lokal, privat non profit organisation til (med)- finansiering af etablering af lokal kommunikationsnet forbundet med kommunens net og slutbrugers stikledning.

Det skal her erindres, at formålet med at sælge overskudskapaciteten og at yde støtte til etablering og driften af den passive netinfrastruktur er at muliggøre, at private personer og erhvervsvirksomheder bliver i stand til på markedsvilkår at aftage datatjenester, som forudsætter højhastigheds internetforbindelser, fra alle interesserede datatjenesteudbydere (teleselskaber m.fl.), som ikke selv skal finansiere etablering af såvel den passive som aktive netstruktur. Dette må alt andet lige anses for markedsudvidende og konkurrencestimulerende foranstaltninger.

5.2.4.1 Lokale slutbruger-foreninger

Den adgang til sit kommunikationsnet en kommune mod betaling giver en lokal slutbruger-forening, har karakter af en naturlydelse, dvs. en ikke- penge ydelse.

En lokal slutbruger-forening må nok anses for at være en type virksomhed, der som modtager af ydelse fra kommunen er omfattet af statsstøttereglerne, også selv om foreningen ikke har til formål gennem sin aktivitet at optjene overskud. Foreningen udøver en økonomisk aktivitet gennem køb og videresalg på markedsvilkår af kapacitet til transmission af datatjenester så datatjenesteudbydere i "den ene ende" og private og erhvervmæssige slutbrugere i "den anden ende" kan komme i forbindelse med hinanden.

Det vurderes normalt, at en kommunens ydelse ikke er statsstøtte, hvis kommunen - som forudsat ifølge de nationale kommunalfuldmagtsregler - modtager betaling fra slutbruger-foreningen svarende til markedsprisen ved sit salg af fiberkabel-overskudskapaciteten. Ydelsen falder derfor uden for statsstøttereglerne.

5.2.5 Er pengelån til privat forening til dennes (med)-finansiering af etablering af eget kommunikationsnet at betragte som statsstøtte efter EU-reglerne?

Svar: Ja

Begrundelse: Den økonomiske støtte, der gives i form af tilskud (= ydelse, som ikke skal tilbagebetales) eller lån på fordelagtige vilkår (= ydelse, som tilbagebetales og som forventes lempeligere end markedsvilkår), er efter sin art at betragtes som statsstøtte. Der er tale om kommunal støtte til etablering og drift

af passiv netinfrastruktur, og støttemodtageren skal selv finansiere etablering og drift af den aktive netinfrastruktur (fiberkabler).

5.2.6 Er pengelån til privat forening til dennes (med)-finansiering af etablering af eget kommunikationsnet lovligt (dvs. undtaget fra reglerne)?

Svar: Ja

Begrundelse: Selv om støtten i forhold til EU betragtes som statsstøtte jfr. ovenstående, så vurderes det, at der ikke vil være tale om en ydelse omfattet af statsstøttereglerne.

Begrundelsen herfor er:

- At den fordel ikke kan anses for selektiv, da den - via den lokale, private non profit organisation - stilles til rådighed for alle interesserede erhvervs-mæssige slutbrugere, og
- At det – såfremt støtten er af forholdsvis beskedne størrelse - skønnes ret tvivlsomt om støtten i praksis vil gøre det mindre attraktivt for virksomheder inden elektroniske kommunikationstjenester at etablere virksomhed her i landet.

Selv om støtten alligevel måtte blive vurderet for omfattet af EU-traktatens artikel 107 om forbud mod (og undtagelsesvis accept af) statsstøtte, må det dog vurderes, at støtteforanstaltningen vil opfylde betingelserne for at anse støtten for forenelig med det indre marked og dets funktionsbetingelser.

EU-kommissionens retningslinjer oplister i afsnit 2.5., pkt. (33) følgende "forenelighedsbetingelser", som skal være opfyldt for at støtte lovligt kan ydes:

- 1) Støtten skal bidrage til opfyldelse af mål af fælles interesse, jf. pkt. (36)
- 2) Markedet skal ikke kunne levere de ønskede tjenester på grund af markedssvigt eller væsentlige uligheder, jf. pkt. (37)-(39),
- 3) Støtten skal være et velegnet politisk instrument, jf. pkt. (40)-(44),
- 4) Støtten skal have tilskyndelsesvirkning, jf. pkt. (45),
- 5) Støtten skal være begrænset til det nødvendige minimum, jf. pkt. (46),
- 6) Støtten skal have begrænsede negative virkninger, jf. pkt. (47)
- 7) Støtten skal være gennemsigtig, jf. pkt. (48)

I forhold til forenelighedsbetingelse 1) skal særligt bemærkes, at EU's målsætning er, at alle i EU-området i 2020 skal have adgang til internethastigheder på over 30 Mbps (megabits per sekund), og at 50% af alle husstande i EU i 2020 skal have adgang til internetforbindelser med hastigheder på over 100 Mbps. De foranstaltninger en kommune gennemfører, bidrager til at realisere den nævnte målsætning.

I forhold til forenelighedsbetingelse 2) skal særligt bemærkes, at såvel kommunens kommunikationsnet som en eventuel udvidelse, som forbinder slutbrugerens stikledning med kommunens kommunikationsnet, betragtes om et NGA-net (Next Generation Access net) ud fra definitionen af begrebet i de nævnte retningslinjer fra EU-Kommissionen.

De geografiske lokaliteter, der udpeges til at få adgang til kommunikationsnet ved at forbinde kommunens net med en lokal slutbruger-forening, vil være lokaliteter som netop ikke har adgang til netværk af høje hastigheder, og vil derfor betragtes som et såkaldt "hvidt NGA-område" i henhold til EU Kommissionens retningslinjer. Et sådant område er kendetegnet ved, at der ikke på nuværende tidspunkt findes NGA-net, og hvor NGA-net formentlig ikke vil blive opbygget af private investorer inden for tre år ud fra den afdækning af potentielle investorers konkrete planer om etablering af NGA-netinfrastruktur.

Hvis støtten (tilskud/lån på lempelige vilkår) måtte blive anset for at opfylde betingelserne i EU-traktatens artikel 107, stk. 1, og betragtet som statsstøtte, skal de omtalte forenelighedsbetingelsers opfyldelse kunne dokumenteres, jfr. EU-retningslinjernes afsnit 3.4. og 3.5. Dette indebærer bl.a. krav om

- a. Kortlægning og dækningsanalyse for det geografiske område, støtteforanstaltningen retter sig mod,
- b. Offentliggørelse af støtteforanstaltningens størrelse, form og indhold mv med adgang for interesserede til at komme med bemærkninger hertil,
- c. Procedure for konkurrencepræget udvælgelse af tredjepartsoperatør til at etablere og drive den subsidierede netinfrastruktur,
- d. Opstilling og anvendelse af kvalitative støttetildelingskriterier ("det økonomisk mest fordelagtige tilbud"),
- e. Ikke-udelukkelse af bestemte teknologier eller netplatforme (teknologi-neutralitet),
- f. Anvendelse af eksisterende infrastrukturer,
- g. Engrosadgang til subsidierede infrastrukturer,
- h. Engrosadgangspriser baseret på bl.a. engrosadgangspriser fra (mere) konkurrenceudsatte områder i landet mv,
- i. Tilsyns- og tilbagebetalingsordning,
- j. Gennemsigtighed, og
- k. Indberetning til EU-Kommissionen.

Gennemførelsen af foranstaltningerne skal tilrettelægges på en måde, så de nævnte dokumentationskrav kan opfyldes.

5.2.7 Kan et eksisterende kommunale WiFi netværk lovligt bruges til at dække private borgere og turisters behov?

Svar: Ja, men der er uklarheder i loven.

Begrundelse: Erhvervs- og Vækstministeriet besluttede at indføre en særregel i den danske Telelov, som åbner for denne mulighed. Lovændringen blev indført i §60 b, og trådte i kraft den 1. juli 2015. På en række punkter er §60 b uklar i forhold til en række konkrete spørgsmål.

Loven gælder alene for områder, der er relevante for internationale turister. Det præciseres ikke i loven, hvornår et område kan karakteriseres som et internationalt "turistområde". I et høringsnotat fra Erhvervs- og Vækstministeriet bemærkes det, at det i praksis ikke vil være muligt at skelne mellem internationale turister og danske turister og borgere. Det er op til den enkelte kommune selv at vurdere og målrette tilbuddet til de lokationer, der er mest relevante for international turisme.

Derudover er det uklart, hvornår et hotspot bliver så stort, at der er tale om et sammenhængende net, der vil falde uden for §60 b's anvendelsesområde. I §60b stykke c) beskrives begrænsningen således:

" I områder, hvor der er aktiviteter rettet mod international turisme, kan kommuner udbyde gratis adgang til wifi, når ... c) der ikke er tale om sammenhængende net i større områder, herunder hele kommunen."

5.2.7.1 En-times reglen for turister

I §60 b begrænses WiFi adgangen for turister til alene at omfatte gratis adgang en time pr. døgn pr. apparat. I ministeriets høringsnotat lægges der vægt på, at internationale turister ofte har adgang til WiFi flere steder, f.eks. på hoteller, cafeer m.v., og at den nye bestemmelse kun skal ses som et supplement

til turisternes øvrige muligheder for at få adgang til bredbånd. I ministeriet forudsætter man således, at den WiFi dækning som ydes af andre end kommunerne *ikke* indgår som en del af den kommunale tjeneste.

Det fremgår af §60 b, stk. 2, at kommunen skal *købe* WiFi-adgangen af en privat udbyder. Det bemærkes imidlertid i høringsnotatet, at kommunen gennem kommunalfuldmagtsreglerne har mulighed for at *sælge* overkapacitet i sit net til en privat udbyder. Dermed lægger ministeriet sig tæt op af de regler som allerede følges i forhold til anden kommunal netværksudbygning som det er beskrevet i dette afsnit.

5.2.7.2 Udendørsdækning

I §60b findes endnu en begrænsning i forhold til anvendelse af kommunale WiFi net. Af §60b stykke b) fremgår:

"I områder, hvor der er aktiviteter rettet mod international turisme, kan kommuner udbyde gratis adgang til wifi, når ... b) den tilbudte gratis adgang sker med henblik på udendørsdækning".

Denne begrænsning er bemærkelsesværdig, idet den tilsyneladende vil betyde, at en kommune som ønsker at give dette tilbud til turister, må foretage en opdeling af WiFi dækningen, så kun den del der retter sig mod den udendørs brug, er omfattet. Det er uklart hvordan en sådan opdeling i praksis skal udmøntes, idet mange WiFi netværk både vil have dækning indendørs og udendørs.

5.2.7.3 Konsekvensen af §60b punkt b) og c)

Konsekvensen af de to punkter er, at kommuner ikke vil have mulighed for at opbygge større sammenhængende WiFi dækningsområder inden for rammerne af §60b lovændringen.

Ønsker man at opbygge bedre dækning vha. WiFi vil dette skulle ske på en måde, så §60b overholdes, samtidig med, at den opbyggede dækning fremadrettet kan anvendes ifm. f.eks. 5G multi RAT og 4G WiFi off-load.

Hvis den kommunale WiFi dækning benyttes til 4G eller 5G RAT, falder anvendelsen klart uden for §60b, dels fordi der bliver tale om en sammenhængende anvendelse, dels fordi kunden ikke er borgere og turister, men teleselskaber. I det tilfælde vil kommunen kunne sælge overskudskapacitet i WiFi nettet, på de vilkår der er nævnt i afsnit 5.2.4.

Det skal dog bemærkes, at såfremt man vælger at sælge overskudskapacitet i forhold til teleselskaber (eller andre aktører) for at opnå dækning (for f.eks. turister), så skal alle betingelser for dette opfyldes, og nettet må således ikke være anlagt alene med det formål at sælge kapacitet.

Hvis en kommune således ønsker at tilbyde overskudskapacitet til denne anvendelse, er det afgørende, at kommunen *ikke* eksplicit indbygger funktioner som alene er beregnet til at understøtte salg af overskudskapacitet, men derimod grundigt dokumenterer hvilken egen anvendelse kommunen har af det/de pågældende net.

Desuden skal overskudskapacitet sælges til "markedspris" – kommunen må ikke stille kapaciteten til rådighed gratis. Det kan være ganske omfattende at dokumentere hvad markedsprisen for en overskudskapacitet i et WiFi net er, da værdien afhænger af en lang række forhold som f.eks.:

- Hvor mange andre WiFi accesspunkter der findes i nærheden
- Hvor mange andre accesspunkter i nærheden som tilbyder gratis WiFi
- Hvor mange "kunder" aftageren af overskudskapaciteten forventer i dækningsområdet
- Hvilken omkostning aftageren vil have ved selv at etablere en tilsvarende dækning (med WiFi eller anden teknologi).

- Hvilken kablet infrastruktur findes i området, og hvilken adgang kan kommunen og af-tageren få til en sådan

I større netværk udarbejder man en gentlig prismodel baseret på f.eks. LRAIC* princippet. En sådan model kan være ganske omfattende at udarbejde, idet en lang række forhold (ud over de ovennævnte), skal tages i betragtning.

LRAIC-prisfastsættelsesmetoden tager udgangspunkt i hvad de fremadrettede omkostninger burde være i et optimalt drevet net og selskab - baseret på en moderne, effektiv teknologi. Hermed sikrer LRAIC-metoden både, at den pågældende udbyder (kommune) får dækning for de relevante omkostninger, og at der ikke betales en merpris på grund af ineffektivitet og forældet teknologi, eller fordi kommunen har indregnet avance for ydelsen.

6. ETABLERING AF TEST- OG DEMONSTRATIONSPROJEKTER

Gate21 har i rapporten "Undersøgelse af muligheder for et fælles Øresunds-WiFi" (net), fået udarbejdet et forslag til opbygning af en samlet dækningsnet i regionen. I dette afsnit gennemgås den foreslåede tekniske løsning, med henblik på at en vurdering af, om løsningen – som den foreligger – er valid, og om den vil kunne bringes til at fungere i relation til det ønskede mål om et sammenhængende net.

Der er i vurderingen ikke taget hensyn til juridiske forhold, men alene fokuseret på det tekniske indhold i løsningen.

6.1 Den generelle løsning

Løsningen er baseret på captive portal princippet. Dette fremgår ikke direkte af teksten, men alene af den (forholdsvis forsimplede) beskrivelse af funktionalitet. Princippet i en captive portal er, at en (ikke registreret) bruger præsenteres for en landing page (typisk kaldet portalens splash page). Dette tillader kommunikation med den nye WiFi enhed, uden at enheden er WiFi godkendt. På denne splash page angiver brugeren sine oplysninger, og vil – såfremt oplysningerne kan godkendes, opnå adgang til det pågældende WiFi net.

Den captive portal løsning kræver, at det enkelte accesspunkt foretager en (screen) redirect til løsnings portal server / servere, som derefter varetager den videre autentikering, eventuel betaling osv. Den splash page som præsenteres for brugeren kan enten være lagret på det enkelte accesspunkt, eller på portal serveren selv. Benyttes en central portal til lagring, forudsættes det, at accesspunktet er i stand til at håndtere en white-list over netværksadresse(r) på portalserver(ne). I visse løsninger kan denne white-list indeholde både netværksadresser og TCP portnumre. Denne metode kaldes typisk *Universal Access Method* (UAM), og er en nødvendig forudsætning for, at et accesspunkt kan fungere i en captive portal løsning.

Der findes en lang række serverprodukter som understøtter UAM, f.eks. Cloudessa, CradlePoint, Easy-Hotspot, CafeSuite, Ruckus Wireless, WiRADIUS, Ubiquiti, Power Cloud Systems, RADIUSDesk, Meraki,

* LRAIC: Long Run Average Incremental Cost.

Aruba, Cloud4Wi, Aradial, Airheads Clearpass, BlueSocket og en lang række andre. Desuden findes en række OpenSource captive portaler som f.eks. WiFiDog, PacketFence, CoovaChilli og OpenWrt.

Alle bygger på UAM og captive portal princippet, og implementerer accessserverfunktionerne på forskellig vis. De fleste systemer er dedikerede serversystemer, men f.eks. Cloudessa tilbyder en ren sky baseret løsning.

På samme måde som det foreslås i løsningsforslaget til Gate21, kan de fleste af disse portal systemer tilgå yderligere brugerinformationer (f.eks. oplysning om betaling), forhåndsgodkendte brugere osv.

Det ligger uden for rammen af denne rapport at foretage en analyse af specifikke funktionelle forhold i de mange portal servere. En sammenligning med den foreslåede løsning er desuden vanskelig, idet løsningen kun er skitseret på overordnet niveau, og f.eks. ikke indeholder oplysninger og sikkerhed, firewalls, flow og kontrol forhold og betalingsmetodik.

6.2 Forudsætninger for den foreslåede løsning

Den væsentligste forudsætning er, at alle deltagende accesspunkter understøtter en web baseret captive login baseret på UAM. De fleste større producenter af accesspunkter som Cisco Meraki, Aruba, Motorola understøtter UAM, mens (typisk billigere) accesspunkter til konsum markedet ikke understøtter UAM.

Det er desuden en forudsætning, at de indgående accesspunkter som understøtter UAM, formodentlig skal kunne understøtte flere forskellige portaler samtidig. Det er nødvendigt fordi større virksomheder (f.eks. store hoteller og hotelkæder), ofte tilbyder egne portaltjenester. Det er uklart hvilke accesspunkter som reelt understøtter multi-portal løsninger.

6.3 Løsningens sikkerhed

Løsningsforslaget har ingen beskrivelse af de sikkerhedsmæssige aspekter i løsningen. Netop sikkerhed i denne type løsning er afgørende, dels fordi der lægges op til at løsningen kan gøres betalbar, og dermed kan gøre misbrug attraktivt, dels for at sikre at der ikke kan ske uautoriseret adgang.

I den foreslåede type af portalløsninger er sikkerhedsmetoderne typisk en tæt og integreret del af løsningen, idet både netværksadgang, IP adressetildeling, serveradresser og IP port styring reguleres fra portalen. Ofte indgår portalen også direkte i den trafik som udveksles mellem den authentifierede terminal og Internettet, og det antydes i løsningsforslaget, at dette også muligvis vil være tilfældet her.

Det er på den baggrund ikke muligt at vurdere, hvilken sikkerhed der er indtænkt i forslaget.

Som beskrevet i foregående afsnit, vil brugerregistreringen omfatte oplysninger som er underlagt datatilsynets regler om sådanne. Det vil derfor være en forudsætning for løsningen, at en sådan godkendelse kan opnås for systemet, navnlig hvis det overvejes at benytte en managed cloud løsning, hvor også informationsholderens geografiske tilknytning (til EU) indgår i godkendelsesprocessen.

6.4 Betalingsløsning

Der er i forslaget skitseret en mulig betalingsløsning (afsnit 3.6 side 8). Her anbefales det, at man benytter en SMS baseret indholdstaksering, idet man dermed undgår at skulle håndtere betalingstransaktionen.

I forhold til Gate21's projekt giver indholdstakseret SMS betaling dog den udfordring, at de kun fungerer i Danmark på mobiltelefoner udstyret med SIM-kort fra danske operatører. Udenlandske turister har ikke adgang til indholdstakseret indhold fra udenlandske mobiltelefoner.

Desuden vil en sådan løsning forudsætte, at der kan opnås en entydig identifikation af betaleren, som kan genkendes i portal løsningens UAM. MAC adressen er ikke tilgængelig fra de API'er som afsender

SMSer i telefonen, og telefonnummeret er dels manuelt indtastet i UAM, hvorved der kan opstå forskelligheder.

Endelig har SMS betalingsløsningen den ulempe, at mange virksomheder ikke tillader brugen af sådanne tjenester når der anvendes firmatelefoner.

Løsningen må nødvendigvis bygges på en betalingsløsning som er internationalt anvendt, og som understøttes i den portalløsning der påtænkes anvendt.

6.5 Forhold som skal undersøges i et testforsøg

Sweco's forslag til et regionalt WiFi netværk er som udgangspunkt og som overordnet idé udmærket. Forslaget mangler dog på en række punkter en yderligere konkretisering, inden et egentligt forsøg bør igangsættes.

I det følgende adresseres en række punkter som bør indgå i den beslutningsproces som fører frem til et feltforsøg, og som skal medvirke til at få defineret et forsøg hvis resultat vil kunne anvendes, hvis man på baggrund af forsøget konkluderer at det vil være formålstjenligt at gå videre med egentlig drift i fuld skala.

6.5.1 Hvilke standardløsninger findes der

Der er ikke i den skitesered løsning nævnt forhold som ikke skulle kunne løses i et UAM portal standard produkt. Det vil derfor være relevant – før en endelig test fastlægges, at afsøge markedet for sådanne løsninger.

Specielt bør markedet for en cloud baserede løsninger afdækkes, dels fordi en sådan løsning kan give mulighed for tilkøb af en række ekstra tjenester (f.eks. en betalingsløsning) samtidig med at omkostningerne (i forsøgsperioden) vil være relativt beskedne.

Afdækningen vil dog kræve, at der opstilles en række minimumskrav til løsningens funktionalitet. Da indholdet af en sådan liste typisk vil opstå på baggrund af selve testens resultater, anbefales det at vælge en portal løsning med et righoldigt udvalg af funktionaliteter.

6.5.2 Brugerundersøgelse

Gate21's løsning henvender sig primært til internationale turister som besøger regionen, men som det også fremgår af bemærkningerne til ændringen i Telelovens §60b, så er det op til kommuner at indrette dækningen så den bedst muligt rammer international turisme.

WiFi dækning kan naturligvis ikke indrettes så den kun dækker internationale turister, og den vil dermed være tilgængelig på lige vilkår for alle, dvs. også danske turister, privatpersoner og virksomheder i dækningsområdet.

I forhold til internationale turister bør en række forhold undersøges inden et testforsøg sættes iværk. Ganske vist vil en test ikke åbne mulighed for at tilbyde rigtige brugere adgang (med mindre der kan opnås dispensation for datatilsynets registreringskrav), men det bør som minimum undersøges:

- Hvilken skala vil den endelige løsning få når den er fuldt udbygget
- Hvor stort et båndbreddebehov har en typisk international turist
- Hvorledes matcher dette behov den pågældende løsnings tiltænkte kapacitet
- Hvilken betalingsvillighed har internationale turister i forhold til WiFi, og er denne betalingsvillighed sammenhængende med om turisten f.eks. kommer fra et andet EU-land, fra USA eller fra en anden verdensdel
- Hvilke betalingsmetoder foretrækker internationale turister i forhold til denne type (forholdsvis beskedne) beløbsstørrelser

- Har alle turister det samme behov, og hvorledes spiller eventuelle tilknyttede services i turisternes mobilabonnementer en rolle for villigheden til at bruge et WiFi-net uden adgang til disse.
- Hvor i dækningsområdet er behovet størst, og hvilke parametre betinger behovet
- Hvor stor en konkurrence vil de eksisterende omkring 500 gratis WiFi accesspunkter betyde for løsningen – vil turisterne foretrække den
- Hvilke andre – og eventuelt konkurrerende – bredbåndsløsninger betjener internationale turister sig af.
- Hvilken betydning har 1-times begrænsningen for turisternes interesse for løsningen
- Er internationale turister villige til at afgive personidentificerbare oplysninger i forhold til opnåelse af WiFi dækning, og kan en turist forstå implikationen af samtykke i forhold til datatilsynet
- Hvor stor betydning har løsningens sprog, og hvilke sprog bør understøttes, herunder hvordan der sikres en sammenhæng mellem turistens nationalitet og den information (og eventuelle reklamer) som kunne tænkes i løsningen

En række af ovenstående spørgsmål bør indgå i forberedelserne af en test, også selv om testen ikke kan forløbe med "rigtige" turister. Flere spørgsmål, f.eks. i forhold til dækning, kapacitet, sprog og f.eks. betalingsvillighed kan desuden have indflydelse på, hvordan en test indrettes.

6.5.3 Sprog og brugeroplevelse

IT løsninger som henvender sig til internationalt publikum skal generelt tilpasses et bredt sprogområde. Desuden skal sådanne løsninger have et meget simpelt og logisk brugerinterface.

UAM interfacet er kendt for mange brugere af offentlige WiFi systemer, og det er derfor afgørende, at den løsning der vælges lægger sig tæt op af de splash sider som typisk anvendes i sådanne løsninger.

Splash sidens udformning har afgørende betydning for brugernes accept af løsningen, specielt i en situation hvor løsningen skal konkurrere med turistens egen mobildækning, andre gratis WiFi tilbud, samt en eventuel betalingsløsning som kan forekomme uvant for mange brugere.

Der bør som en del af testen gennemføres en analyse af brugergrænsefladen i forhold til sprogvalg, metoder og principper, så det sikres, at løsningen fremstår så brugervenlig og pålidelig som mulig. Dette gælder i særdeleshed i forbindelse med en betalingsløsning, der som udgangspunkt tilføjer en betydelig grad af kompleksitet til løsningen.

6.5.4 Hvor mange deltagende accesspunkter understøtter UAM

Udbredelsen af løsningen vil afhænge kraftigt af, hvor mange UAM kompatible accesspunkter der kan opkobles. Umiddelbart vurderet er antallet af sådanne eksisterende accesspunkter ganske beskedent i de københavnske kommuner, fordi kommunerne ikke har haft brug for at udnytte UAM mulighederne, og fordi sådanne accesspunkter typisk er mellem 30 og 50% dyrere end simple accesspunkter.

Tilsvarende gør noget lignende sig gældende i de fleste virksomheder, som enten benytter almindelige accesspunkter beregnet på low-end markedet, eller i forvejen har etableret en UAM aseret løsning.

For den første gruppe virksomheder vil man ikke kunne implementere en løsning med mindre der konverteres til et UAM accesspunkt. En sådan konvertering vil formodentlig ikke være i virksomhedens interesse, idet virksomheden ikke vinder noget i forhold til en allerede eksisterende løsning.

For de virksomheder som i forvejen tilbyder en UAM løsning, vil der i de fleste tilfælde være tale om større virksomheder (f.eks. hotelkæder), som ikke umiddelbart vil være i stand til – eller som ønsker – at omlægge en kørende løsning til en ny Gate21 løsning. Også for disse virksomheder vil et tilbud om en offentlig styret UAM adgang kræve installation af et nyt accesspunkt.

Inden et testforsøg igangsættes vil det være relevant at få foretaget en forholdsvis præcis kortlægning af antallet af UAM accesspunkter blandt mulige interessenter. En sådan kortlægning vil give en indikation af

dels hvilke muligheder en implementering har, dels give et ret præcist billede af hvad en UAM baseret løsning vil koste i et fuldt udbygget net.

6.5.5 2,4 og 5 GHz nødvendigt

Der er i den foreslåede løsning ikke taget hensyn til hvilken WiFi teknologi der anbefales. Det er bydende nødvendigt at dette fastlægges inden et testforsøg igangsættes. I en del af de områder som påtænkes dækket eksisterer der allerede i dag så mange private (både åbne og lukkede) accesspunkter, at radiospektret på 2,4 GHz er mættet. I visse områder kan beacon^{*)} trafikken udgøre på til 50% af den samlede trafik.

I sådanne områder kan der ikke opnås gunstige båndbredder ved tilføjelse af flere accesspunkter.

Som det fremgår af afsnit 3.4 er mulighederne for at opbygge accesspunkter i 2,4 GHz frekvensbåndet begrænset fordi der i dette bånd kun kan benyttes 3 samtidige kanaler.

Det vil derfor være bydende nødvendigt at de accesspunkter som indgår i Gate21 løsningen både understøtter 2,4 og 5 GHz frekvensbåndene.

Det betyder, at der i design og planlægningsfasen – og i testfasen – skal tages hensyn til den udbredelseskaraktistik WiFi i 5 GHz frekvensbåndet har. Bl.a. skal der designmæssigt tages højde for den rækkevidde og de dæmpninger forskellige konfigurationer vil frembyde.

6.5.5.1 Eksisterende åbne accesspunkter

Som det fremgår af projektforslaget (afsnit 5.2 side 17) eksisterer der omkring 500 åbne accesspunkter i det påtænkte dækningsområde. Der er tale om private åbne accesspunkter, der bedømt ud fra projektforslagets dækningskort er ujævnt fordelt over kommunerne, med langt den overvejende del (438 accesspunkter) i Københavns Kommune.

En del af disse accesspunkter vil være omfattet af de accesspunkter som påtænkes indlemmet i løsningen (dvs. er placeret på hoteller, restauranter osv.), men en vis del vil falde uden for denne målgruppe. Der bør foretages en skønsmæssig optælling af hvilken betydning disse accesspunkter har for opbygningen af WiFi nettet, herunder om det ligefrem influerer på valget af dækningsområder og brugen af frekvensbånd.

I den sammenhæng skal det bemærkes, at 500 accesspunkter (med en gennemsnitlig udendørs rækkevidde på op til 200 meter), vil dække et ikke overlappende areal på over 62 km². Mange af accesspunkterne vil naturligvis være overlappende, men selv ved et 50% overlap udgør dækningsområdet fra disse åbne accesspunkter mere end 31 km². Københavns kommunes areal er 86,4 km².

6.5.6 Infrastruktur

Der er i løsningsforslaget ikke taget hensyn til løsningens samlede infrastruktur. Der nævnes i afsnit 6 (side 19) at der i testforsøget vil skulle drives en "fælles infrastruktur", men det er ikke nærmere uddybet hvilken infrastruktur der er tale om.

Testforsøget skal naturligvis indrettes således, at de båndbredder og tætheden af accesspunkter kommer så tæt på den rigtige driftssituation i et fuldt udbygget produktionsnet. I modsat fald vil testen ikke kunne bruges til at eftervise, at et overordnet design vil kunne holde.

Det falder langt uden for rammerne af dette bilag, at foretage en tilbundsående analyse af netværkets samlede infrastruktur, herunder at opgøre hvilke dele der kan betragtes som "fælles" og hvilke der udgøres af eksisterende linjer.

^{*)} En WiFi beacon er en transmitteret datapakke som i et bestemt interval udsender information om accesspunktets tilstedeværelse.

For at give et billede af størrelsesorden kan der ved en sådan beregning tages udgangspunkt i følgende nøgletal:

Antallet af turister i dækningsområdet i peak (antagelig sommerperiode): 100.000 turister. (Tallet er baseret på, at der ifølge Wonderful Copenhagen i 2015 var 9,8 mio overnatninger i hovedstadsområdet. Dette svarer til knapt 27.000 overnatninger pr. døgn gennemsnit. Det er realistisk at antage, at peakperioden udgør en faktor 4 i forhold til gennemsnit dvs. 108.000, eller nedrundet 100.000).

Der ønskes leveret en mindste båndbredde på 2 MBit/s (symmetrisk) i WiFi nettet (Sweco rapporten afsnit 3.3 side 6).

Der overbookes med en faktor 10 (Sweco rapporten afsnit 3.3 side 6).

Den samlede nødvendige båndbredde i infrastrukturen vil være:

$$\frac{100.000 \text{ turister} * 2 \text{ MBit/s}}{10 \times \text{overbooking}} = 20.000 \text{ MBit/s} = 20 \text{ GBit/sek}$$

Fordeling af en båndbredde på 20 GB/s over 10.000 accesspunkter fordelt med varierende densitet over et område på mere end 86 km² er en ikke trivial opgave.

Teknisk set er det en fuld ud mulig og realistisk opgave, men inden en test etableres bør det undersøges, om dette overordnede design er det udgangspunkt der skal arbejdes ud fra.

Følgende spørgsmål vil være relevant at få besvaret under en test:

- Hvorledes tænkes infrastrukturen opbygget, herunder hvilke teknologier kan tages i anvendelse (foreling mellem 2,4 og 5GHz)
- Vil der med fordel kunne anvendes mesh teknologier og bør dette indgå i testen
- Er det realistisk at arbejde med en overbookningsfaktor på 10, og er 2 MBit/sek symmetrisk en acceptabel båndbredde for turister (når der de fleste steder i København kan ydes mellem 20 og 50 MBit/sek i allerede tilstedeværende 4G netværk).
- Hvorledes forventes distributionen af turister i peak perioden i Københavnsområdet at være, og hvilken betydning har det for overbookningsfaktor og infrastruktur
- Hvorledes skal congestion kontrol etableres i netværket, herunder hvordan skal trafik prioriteres (skal betalende kunder f.eks. have højere prioritet end ikke betalende kunder).
- Med hvilken sandsynlighed kan eksisterende accesspunkter klare den stipulerede peak belastning.
- Hvilke muligheder er det for at andre (end turister) kan udnytte transmissionskapaciteten uden for peak.
- Hvilken betydning har peak belastningen på centrale komponenter i løsningen, herunder den belastning 100.000 brugere giver i et UAM portalsystem med 5.000 accesspunkter, og hvordan skal der dimensioneres for at imødekomme denne trafik.
- Hvorledes sker IP adresse tildelingen i netværket, og er der krav om sømløs roaming, hvor sessionsbindinger (herunder IP adressen) overføres mellem forskellige accesspunkter.

Specielt de kapacitetsmæssige spørgsmål bør indgå i testen, således at der f.eks. simuleres et realistisk antal roaminger mellem accesspunkter, med tilhørende reservation af IP adresser. Der er i det foreliggende forslag lagt op til, at man ønsker en sådan roaming mulighed.

6.5.7 Adgangsstyring

I mange større WiFi systemer har man behov for at indrette adgangen til netværket mere specifikt efter den enkelte brugers behov. I virksomheder sker dette typisk på basis af medarbejderens placering og funktion i virksomheden, mens det i åbne net kan være andre parametre der lægges til grund.

Det vil i forhold til et turistnet være interessant at undersøge i hvilken grad der er behov for at regulere adgangen til WiFi ressourcer ud fra følgende parametre:

- Tilgængelig båndbredde

- Periodeafgrænsninger (klokkeslæt, datoer osv.)
- Geografiske afgrænsninger
- Adgang til forskellige tjenester og porte
- Adgang til krypterede tjenester
- Blokering af forskellige tjenester
- Betaling

Erfaringer fra andre netværk tyder på, at man uden ovennævnte begrænsninger løber en risiko for, at enkelte brugere udnytter netværksdækningen til formål der ligger langt uden for det, kommunerne ønsker at stille båndbredde til rådighed for. Samtidig kan en tæt regulering kobles sammen med tilgængeligheden, således at incitamentet til at betale ikke kun kommer til at gælde den tidsmæssige begrænsning men andre forhold som f.eks. adgang til streamede tjenester, muligheden for at etablere egne servere osv.

6.5.8 Samarbejde med telesektoren og indholdsleverandører

Kommunerne og Gate21 vil på en række punkter have behov for at samarbejde med telesektoren, bl.a. til levering af (dele af) den nødvendige infrastruktur. Det bør inden en test afklares hvorledes dette samarbejde kan indtænkes i en større sammenhæng.

Som det er i dag, benytter mange mobilkunder sig af mobilabonnementer hvori er indlagt en lang stribe af særlige indholdstjenester, som f.eks. adgang til musik, film, nyheder, forskellige abonnementer på magasiner osv. Adgangen skabes på baggrund af telefonens abonnement i mobilnettet, hvilket betyder at disse tjenester typisk forudsætter, at adgangen til dem skabes gennem teleselskabets mobile bredbåndstjenester.

I testen bør samarbejdet med teleselskaberne udvides til også at omfatte en undersøgelse af i hvilket omfang selskaberne vil være i stand til at levere sådanne mobile indholdstjenester gennem WiFi nettet. Der tænkes her ikke på egentlig WiFi offload (som naturligvis direkte vil kunne give en sådan adgang), men på muligheder der udnytter eksisterende tekniske muligheder.

Samtidig bør telesektoren bidrage med informationer om forventningerne til den fremadrettede dimensionering af nettet, således at den kapacitet og densitet der opbygges, er baseret på både brugerundersøgelser og faktuelle informationer (om forbrug) fra teleselskaber.

Ud over teleselskaberne vil det i testen være relevant at afsøge mulighederne for samarbejder med indholdsleverandører. Der er i projektet lagt op til, at man kan forsyne f.eks. login-sider og andre sider med relevant (reklame)-information. For at dette kan realiseres vil man have behov for samarbejder med virksomheder som kan håndtere denne type information, og sende det til brugerne på en veldefineret (og ikke mindst brugeraccepteret) måde.

I den sammenhæng bør det undersøges, om der kan skabes samarbejder med indholdsleverandører som kan levere attraktivt brugerindhold, f.eks. spillefilm og musik, lige som et samarbejde med danske public-service kanaler bør indgå i samarbejdet.

Endelig bør det undersøges om det er relevant at inddrage danske beredskabsmyndigheder, som i øjeblikket arbejder med at udvikle varslingsystemer via mobiltelefoner.

6.5.9 Drifts og vedligehold

Driften af et WiFi net med mere end 5.000 accesspunkter og en peak belastning på omkring 20 GBit/sek er en ikke trivial opgave, og der bør allerede i pilotprojektet udarbejdes retningslinjer for og afprøvning af forskellige driftsprincipper.

Dette er specielt vigtigt, da en stor del af de indgående accesspunkter er ejet af private aktører som stiller dem til rådighed for projektet. Da ideen er at benytte UAM på disse accesspunkter vil en fejl i det

bagvedliggende adgangssystem betyde, at den private aktørs accesspunkt vil blive uanvendeligt for dennes kunder. Dermed opstår behovet for en fuldt dækkende 365/24/7^{*)} service efter gængs model, f.eks. first-line support, sekundær support, opetidsgarantier osv.

Denne serviceforpligtelse bør allerede i *testfasen* defineres så tydeligt, at indkøbet af denne tjeneste kan prissættes i forhold til driften af det samlede net. Desuden bør man i testen specifikt afprøve og måle, hvilket behov der er for service og reaktionstider.

Det er næppe realistisk, at kommunerne selv opbygger et 24/7 beredskab, og pilotprojektet bør munde ud i, at der kan defineres en realistisk plan for drift af netværket. Driftsopgaven vil desuden typisk skulle udbydes samtidig med anlægsopgaven (dog ikke nødvendigvis således at der skal vælges samme leverandør til begge dele).

Samspelet mellem kommunernes lokale drift (typisk den del af driften som omfatter den del af kommunernes infrastruktur som stilles til rådighed for projektet) og den driftsorganisation der etableres i både pilotprojektet og i det egentlige driftsprojekt skal klarlægges og beskrives. Det må desuden formodes, at deltagende kommuner ønsker en form for redegørelse for den økonomiske konsekvens af et sådant samarbejde. Pilotprojektet bør derfor indrettes således, at det bliver muligt at give en sådan redegørelse.

6.5.10 Ansvar som teleselskab

Som udbyder af WiFi tjenester får projektetorganisationen status af teleselskab i Danmark. Denne status betyder, at man er underlagt de regler som findes i dansk lovgivning, herunder både regler om forhindring af misbrug, lukning for adgang til blokerede netværkssteder, samt telebranchens normale klageprocedurer og forpligtelser.

Det vil være nærliggende, at (dele af) disse forpligtelser overgår den til leverandør som vælges til at drive den endelige løsning.

I pilotfasen bør det undersøges, hvilket tekniske foranstaltninger som skal indføres for at kunne efterleve telelovgivningens krav. I projektforslaget er der ikke defineret en sikkerhedsmæssig ramme for projektet, men det antydes, at man muligvis ønsker at benytte en distribueret firewall løsning. Dette er en ikke-triviell opgave, efter som den enkelte bruger har mulighed for at flytte sin access mellem samtlige deltagende accesspunkter. For at få dette til at fungere vil der blive behov for enten at opbygge en egentlig centralt styret firewall mekanisme i nettet. Denne kan i et 20 GBit/sek netværk vise sig at være en betydelig flaskehals, og pilotprojektet bør derfor som minimum efterwise, hvorledes en sådan sikkerhedsresource kan dimensioneres, opbygges og driftes.

Med hensyn til spærring af specifikke domæner i nettet (efter lovkrav f.eks. ifm. terror, had realterede hjemmesider eller sider med børneporno), sker spærringen typisk på DNS niveau. Der vil derfor – parallelt med firewall løsningen – være behov for at definere en DNS netværkstjeneste for det samlede WiFi netværk, samtidig med at der opbygges spærringer mod eksterne DNS tjenester. Pilotprojektet bør som minimum kunne demonstrere hvorledes en DNS tjenester – med eventuelle DNS cache servere – kan bringes til at fungere, samt udarbejde et forslag til en dimensionering af DNS tjenesten i det samlede net.

6.5.10.1 Klageret

Kunder (også de kunder der får adgang til *gratis* tjenester) er omfattet af den klageret som alle danske teleselskaber er underlagt. Klageproceduren består i, at kunden i første led klager til teleselskabet, som derefter har 3 måneder til at undersøge forholdene og behandle klagen.

^{*)} Der er behov for fuld døgnservice, da WiFi nettet vil være i døgnanvendelse. Navnlig turister fra tidszoner som ligger mere end 6-8 timer fra Centraleuropa vil øge behovet for døgnservice. 1-times reglen pr. døgn vil desuden kunne skabe en peak omkring midnat.

En turist vil næppe klage over den WiFi forbindelse som stilles til rådighed gratis, og det vil være nærliggende at antage, at dette projekt vil kunne opnå en dispensation for klagemuligheden, alene med henvisning til det tidsmæssige perspektiv (man må formode at de fleste turister er rejst hjem efter 3 måneder) og at tjenesten er gratis.

Pilotprojektet bør ikke forholde sig yderligere til dette spørgsmål.

6.5.11 Betalingsløsninger

Der er i pilotprojektet lagt op til, at man ikke tester en betalingsløsning. Som udgangspunkt er dette tilstrækkeligt, men man bør dog som minimum tage udgangspunkt i en løsning og et produktvalg på UAM portalsiden som kan understøtte betaling.

Desuden bør man i pilotfasen undersøge, hvilken betydning det vil få når det endelige projekt, hvis der indføres en betalingsmulighed. Med betaling åbnes der for, at nettets tjenester kan differentieres på et højere niveau, både hvad angår tilgangen til egentlig båndbredde, og hvad angår adgangen til indholdstjenester i nettet.

I denne sammenhæng vil et samarbejde med både teleselskaber og indholdsleverandører være højrelevant. Disse leverandører har både incitament til og mulighed for at bidrage til denne del af løsningen, og det bør derfor undersøges, hvordan en eventuel betalingsløsning kan spille sammen med disse leverandørers tjenester.

6.5.11.1 Forretningsmodeller og incitamenter

Indførelse af en betalingsløsning er dog ikke ensbetydende med, at brugere afskæres fra at handle på nettet, idet den almindelige Internet adgang naturligvis giver adgang til de samme shopping muligheder som i forvejen eksistere.

Det bør i projektet undersøges, om der både inden for kredsen af deltagere og blandt andre virksomheder, vil være interesse i at formaliseret (og forretningsmæssigt samarbejde). Det vil f.eks. være nærliggende af projektets deltagere (navnlig hoteller, restauranter og cafeer) vil have et særligt incitament til at kunne deltage i og tilbyde tjenester som kan købes via nettet.

Men en række andre virksomheder kan tænkes interesseret, inden for områder som:

- Biludlejning
- Cykeludlejning
- Taxa og turistkørsel
- Udlejning af værelser
- Koncerter, film og teater
- Museer og andre kulturinstitutioner

Det vil være nærliggende, at man i pilotprojektet afsøger mulighederne for at samarbejde med 3. parter om både at kunne tilvejebringe kontakt til tjenester (reklamer, portalsider osv.), og – mest interessant i forhold til pilotprojektet – om der på sigt kan skabes en fælles betalings- og forretningsmodel mellem parterne. Det vil være nærliggende, at man f.eks. afsøger mulighederne for at bruge eksisterende betalingsstrukturer som f.eks. Rejsekortet, Bycyklen.dk osv. til at bygge bro mellem områdets mange forskellige (betalbare) aktiviteter.

6.5.12 Testbrugere

Det pilotprojekt der er lagt op til projektforslaget bygger på, at der opbygges en infrastruktur over et større geografisk område (afsnit 6, side 19). Der er i testspecifikationen ikke beskrevet hvordan man forestiller sig at testnettet belastes af trafik, eller hvordan der måles på netværket under test.

I forhold til testbrugere skal bemærkes, at såfremt man gennemfører afprøvning af de skitserede brugerregistreringer, hvor brugeren angiver e-mailadresse og telefonnummer, falder registreringen – som tidligere anført – ind under datatilsynets regler for registrering af personhenførbare data.

For at denne del kan testes, skal der enten opnås registergodkendelse eller dispensation for reglerne.

Det er desuden tvivlsomt, om en test kan eller bør gennemføres med slutbrugere. Ved systemtest vil det ofte være nødvendigt at teste i forhold til et nøje specificeret setup hvor en slutbruger enten simuleres til at afgive en bestemt netværksbelastning, eller hvor der udpeges et antal (på forhånd godkendte og registrerede brugere) til at generere testtrafik.

Det er set ud fra et testformål næppe ønskeligt at åbne netværket for produktion.

6.5.13 EU udbud

Projektforslaget indeholder ingen overvejelser i forhold til økonomi i et eventuelt efterfølgende anlægsprojekt. Heller ikke pilotprojektet indeholder en samlet økonomisk billede.

Det må formodes, at der er tale om et anlægsprojekt af en størrelse og en økonomi som overskrider EU's grænser for udbudspligt, og der bør derfor – som en del af pilotprojektet – udarbejdes en plan som tager hensyn til dette, f.eks. ved at foreslå egnede segmentering af nettet og en rullende implementeringsproces og idriftsættelse.

6.5.14 Projektforslagets rekommendation

Det er på forhånd klart, at det pilotprojekt som foreslås, ikke på alle punkter vil kunne eftervise de ovennævnte forhold eller besvare alle spørgsmål i forhold til en total udbygning. Derimod indeholder pilotprojektet en række elementer som – set ud fra en teknisk vinkel er overflødige.

Om pilotprojektet har andre formål, f.eks. at vise en vis fremgang, eller rent faktisk at give indtryk af at der kan leveres et fungerende WiFi netværk til turister, fremgår ikke af forslaget.

Såfremt pilotprojektet skal benyttes som beslutningsgrundlag for opskalering til et fuldt produktionsnet, skal pilotprojektet ændres, således at de ovenfor anførte spørgsmål som minimum besvares.

Desuden kan der knyttes følgende bemærkninger til projektforslagets rekommendation i afsnit 6, side 19 ff.:

Eablering

Det fremgår, at man vil udpege en enkelt kommune (der nævnes Helsingborg), til at etablere og varetage driften af pilotnettet. Der er ud fra beskrivelsen uklart hvilket ansvar kommunen derved påtager sig, idet (bullit 2) kommunen skal installere og konfigurere den "fælles infrastruktur".

Bemærkning: Det er uklart hvad der her menes med "fælles infrastruktur". Der er næppe tale om kommunikationsinfrastruktur, men derimod om den "infrastruktur" der ligger i en UAM protal. Dermed efterlades det uklart hvordan øvrige komponenter og netværk indgår i setuppet, og hvordan dette bringes i drift.

Pilotprojektets udstrækning

Det anbefales (bullit 3) at fire store kommuner (København, Malmø, Helsingborg og Helsingør) stiller WiFi accesspunkter til rådighed for projektet, så nettet er "tilgængeligt".

Bemærkning: Det er vigtigt at få slået graden af "tilgængelighed" fast, herunder væsentligt at fastlægge hvilket formål denne tilgængelighed tjener. Ud fra et testformål, vil den ønskede tilgængelighed skulle sikre, at der kan simuleres en trafikbelastning som svarer til den forventede peak-belastning i det pågældende område. Med det for øje virker det ikke hensigtsmæssigt at sprede pilotprojektet over 4 store kommuner og et areal på flere hundrede kvadratkilometer.

Et netværk med så stor geografisk spredning vil meget vanskeligt kunne styres og testes, og det vil være forbundet med ganske omfattende mekanismer at påtrykke dette net en tilstrækkelig trafik til at eftervise netværkets egenskaber i peak.

Forventninger til resultatet

I bullit 4 nævnes det, at man ønsker at teste brugeroplevelsen samt en række forhold omkring registrering og login.

Bemærkning: Test af standard programmel til håndtering af et UAM protalsystem burde være overflødig, eller i hvert fald kunne begrænses til alene at omfatte design og test af den eller de nødvendige splash sider (man kan som udgangspunkt benytte f.eks. 4 sprogvarianter, dansk, svensk, engelsk og tysk). Derimod er det fuldstændig afgørende, at løsningen testes performancemæssigt. Dette kræver at der påtrykkes trafik som kan eftervise hvorledes systemet reagerer når det belastes med den forventede trafikmængde, herunder navnlig:

- Hvordan belastningen påvirker loginprocessen
- Hvordan roaming mellem accesspunkter inden for portalløsningen fungerer
- Hvordan sessionskontrol overleveres mellem accesspunkter
- Hvordan sikkerhedsmekanismerne i forhold til tildeling af IP adresser, og DNS funktioner reagerer
- Om målet om en 2Mbit/sek forbindelse kan opnås ved en overbooking på en faktor 10
- Hvilke krav den påtrykte peak-trafik stiller til den bagvedliggende kablede infrastruktur
- Om der er forskelle i de accesspunkter som anvendes i forhold til anomaliteter ved brugen af UAM, herunder hvordan løsninger virker fra et passende udvalg af Android og iPhone telefoner og tablets.
- Hvorledes den eller de gateways der etablerer kontakt til Internettet påvirkes i peak.
- Hvordan man tester fordelingen mellem 2,4 GHz og 5 GHz accesspunkter

Det bør desuden fremgå af pilotprojektet hvordan man påtænker at påtrykke trafik i nettet, således at trafikmønstret bliver repræsentativt i forhold til tid, sted og anvendelse.

I forhold til Internet gateways og firewalls i løsningen vil pilotprojektet formodentlig kræve, at man indretter den tilgængelig båndbredde ind og ud af disse gateways, så de afspejler behovet fra det (beskudne) pilotnet, da det antages for urealistisk at gennemføre pilotprojektet med en 20 GBit/s båndbredde som produktionsløsningen vil kræve.

Herudover bør man teste mulighederne for traffic shaping i forhold testbrugernes profiler, f.eks. en profil med betaling (betalingsløsningen indgår ikke i testen, men der kan udmærket testes på de profiler som påtænkes anvendt i en betalingsløsning), og en eller flere profiler uden betaling.

Det bør desuden overvejes, at udvælge et mindre antal forskelligsprogede turister, som efter samtykke, og udstyret med test identifikationer, gennemføre en brugertest af UAM portalen.

6.5.14.1 Beslutningsgrundlag

For at den første fase af pilotprojektet kan give det beslutningsgrundlag der nævnes i afsnit 6 (efter 4 bullit), skal der ud over den funktionelle test af (det begrænsede) pilotnetværk, også gives svar på den række mere principielle og designmæssige spørgsmål der er rejst i dette bilag, gengivet her i punktform:

- En gennemgang af de standardløsninger som har været undersøgt i forhold til pilotprojektet, og en argumentation for det konkrete valg
- En kortlægning af egenskaberne i ad accesspunkter som indgår, navnlig om de understøtter UAM
- Hvilken sikkerhedsmetodik der anvendes i forhold til portal løsningen
- Hvilken metodik der påtænkes anvendt i forhold til en betalingsløsning, herunder hvordan den kan integreres ind i den testede portalløsning
- Gennemførelsen af en brugerundersøgelse blandt et (større) antal turister
- Sprogunderstøttelsen i løsningen (4 sprog som i pilotprojektet er langt fra nok)

- Hvordan løsningen påvirkes af alle andre åbne accesspunkter
- Hvordan kommunikationsinfrastrukturen kan skaleres til at efterkomme kravet om 20 GBit/s
- Hvordan en udvidet adgangsstyring (som nævnt i afsnit 6.5.7) påvirker løsningen, og hvilke systemtekniske ændringer dette vil kræve i forhold til pilotforsøget
- De driftsmæssige erfaringer fra pilotprojektet skal samles og vurderes i forhold til fuldskala projektet

Desuden er der rejst en række andre spørgsmål omkring forholdet til teleselskaber, forholdet ved at kommunerne selv bliver teleselskaber, betalingsløsningerne, EU udbud samt de forretningsmæssige incitamenter og samarbejder på tværs af andre aktører i regionen. Disse spørgsmål vil være afgørende for at kunne igangsætte næste fase af pilotprojektet.

6.6 Konklusion

Ideen om at etablere et regionsdækkende WiFi net for turister (og andre) er overordnet set en god idé. Den falder fint i tråd med den teknologiske udvikling, ikke mindst den udvikling der i øjeblikket ses på 5G mobilområdet, hvor WiFi kommer til at spille en afgørende rolle som multi-RAT i 3GPP net.

Tilsvarende er teknologien på WiFi området nu så udbredt, at mange turister må forvente en ordentlig WiFi dækning – hvad enten den er offentlig eller privat, og hvadenten den skal betales (et mindre beløb) for det.

Man er i projektet opmærksom på de juridiske implikationer af ændringerne i telelovens §60b, og har foreslået et pilotprojekt til en implementering af et kommunalt WiFi net baseret på en UAM portal tjeneste. Dette er som udgangspunkt ganske fornuftigt, idet der findes et større udvalg af standard løsninger at vælge imellem, og UAM princippet er ganske udbredt og understøttes af de ledende producenter af accesspunkter og af stort set alle mobiltelefon- og tabletproducenter.

Projektforslaget og forslaget i pilotforsøg er i sin nuværende form ganske upræcist og på en række vigtige områder mangelfuldt. Det betyder dog ikke, at Gate21 ikke kan arbejde videre med forslaget.

Pilotprojektet er meget fokuseret på den (ene) funktionalitet der ligger i at få en standard UAM portal server til at fungere i et WiFi net. Den problemstilling er ganske beskeden i forhold til en lang række andre spørgsmål, som bør afklares inden eller senest under pilotforsøget. Desuden bør pilotforsøget omformuleres, så det bedre er egnet til at give svar på en række af de (andre) teknologiske udfordringer der ligger i projektet.

Desuden vil det – før et storskala projekt kan tilrettelægges – være afgørende nødvendigt, at der fra pilotprojektet (og den udvidede analyse), kan drages konklusioner om økonomi, dimensionering, driftsforhold og ikke mindst juridiske forhold.

7. KORTLÆGNING AF BREDBÅNDS- OG MOBILDÆKNING

Beskrivelse af, hvordan Region Hovedstaden i et efterfølgende forløb med fordel kan få udført en dybdegående kortlægning af landsdelens mobil- og bredbåndsdækning, og hvad en sådan kortlægning kan bruges til. Det bygger på et forudgående notat, som Netplan udarbejdede til Gate21

Som dette notat beskriver vil fremtidens infrastruktur i høj grad bygge oven på den eksisterende infrastruktur i form af fastnet og mobilbredbåndnet, som tilsammen skaber konnektiviteten og kapaciteten til det bagvedliggende net. Derfor er det parallelt med den teknologiske pejling ud i fremtiden essentielt at få sat fokus på problemområder i dagens infrastruktur.

Den initiale analyse beskrevet af Netplan blev foretaget ud fra de umiddelbart tilgængelige data i form af tilskudsberettigede adresser til Bredbåndspuljen 2016 (adresser med særlig lav båndbreddekapacitet i fastnettet) samt mobiloperatørernes dækningskort.

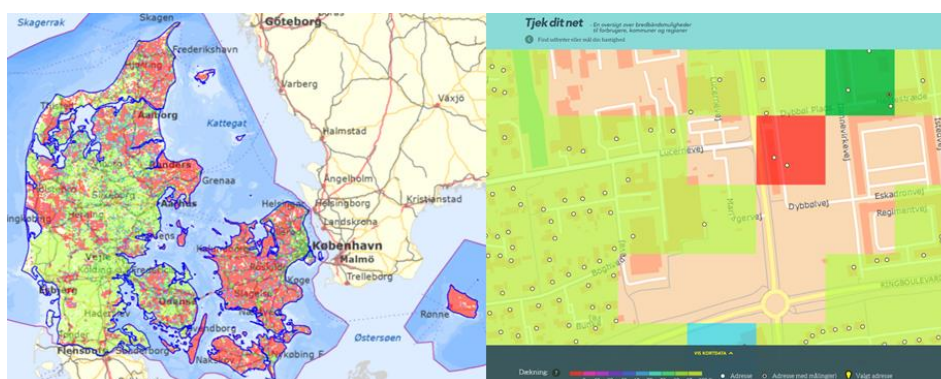
Denne analyse viste, at der i Region Hovedstaden er problemområder i en række kommuner, både i det centrale København og på Frederiksberg, såvel som omkringliggende kommuner, og ikke mindst Bornholm. Generelt viste det sig, at der var god udendørsdækning på alle fire mobilnetværk, men at indendørsdækningen er udfordret.

Denne overordnede analyse kan forbedres betydeligt med flere detaljerede analyser. I det følgende vil der blive foreslået en fremgangsmåde, hvor der tages udgangspunkt i detaljerede data på adresseniveau.

7.1 Kortlægning af faste forbindelser

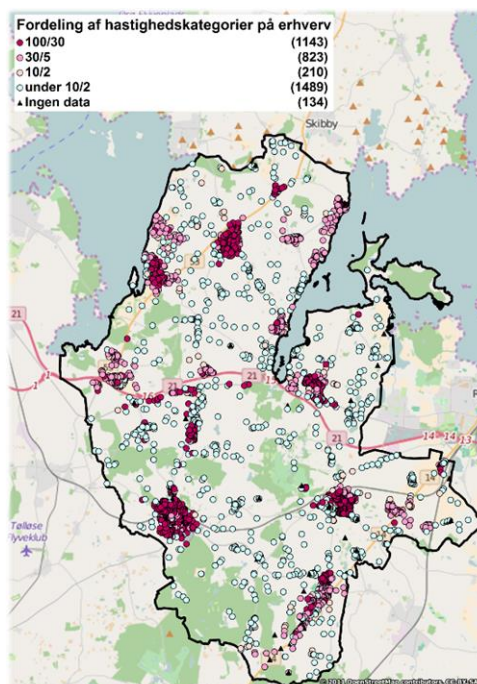
Det er den danske telemyndighed Energistyrelsen, der varetager kortlægningen af teleselskabernes bredbåndsforbindelser. Dertil er oprettet en hjemmeside www.tjkditnet.dk. Her oplyses mulighederne for hvilken type teknologi og hvor hurtigt en forbindelse kan være på adresseniveau.

Den overordnede detaljeringsgrad af energistyrelsens kortlægning bliver vist i form af kvadrater på 100x100 meter med en farveangivelse der indikerer sandsynligheden for at man kan få en bestemt hastighed. Alternativt kan man indtaste en adresse for at se hvilke muligheder der er lige på denne adresse. Men som vist på Figur 15 skal der zoomes langt ind på kortet for at se de detaljerede adresseinformationer på selve kortet. Dermed mistes overblikket over eksempelvis en kommune eller region.



Figur 15 Der skal zoomes meget ind på www.tjkditnet.dk før man kan se oplysninger på adresseniveau.

Kortlægningsdataene bør i stedet hentes på et standardiseret GIS-format, så kommuner og regioner har mulighed for at arbejde med dataene i egne systemer. Dette giver også mulighed for at kombinere bredbåndsinformationer med andre temaer som eksempelvis virksomhedsregistret. Et eksempel herpå er vist på Figur 16.

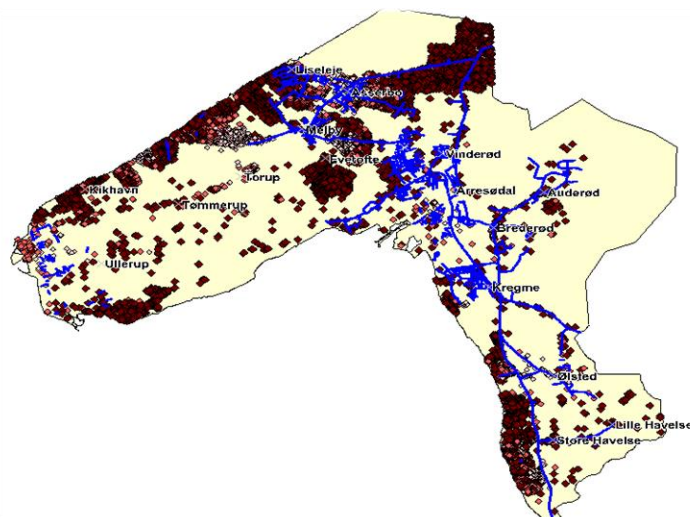


Figur 16 Kortlægning af bredbåndshastigheder i Mb/s for erhverv i Lejre Kommune

Et andet eksempel er Guldborgsund Kommune som har brugt deres egen kortlægning af bredbånd til at vise hvor der er lokale projekter, som borgere og virksomheder kan deltage i ³⁰. Guldborgsund har blandt andet lavet et tema "maksimale hastigheder per adresse", som er en af de funktioner, der ikke findes på energistyrelsens kort i dag.

Ved at have adgang til kortlægningsdataene giver det også en langt bedre mulighed for at koordinere samgravning mellem andre typer anlægsarbejder og udrulning af bredbånd i områder med langsomme forbindelser. Det kan være i forbindelse med etablering af ny infrastruktur (som den kommende letbane) eller i forbindelse med renovation af eksisterende infrastrukturer. Et kortlægningsprojekt fra Halsnæs Kommune, viste at der var stor synergi mellem udrulning af bredbånd og etablering af nye kabler til gadebelysning som vi på Figur 17.

³⁰ <http://www.guldborgsund.dk/bredbaand>



Figur 17 Stort samgravningspotentiale mellem etablering af ny gadebelysning og behov for nedgravning af bredbåndskabler i Halsnæs Kommune.

7.2 Kortlægning af mobildækning

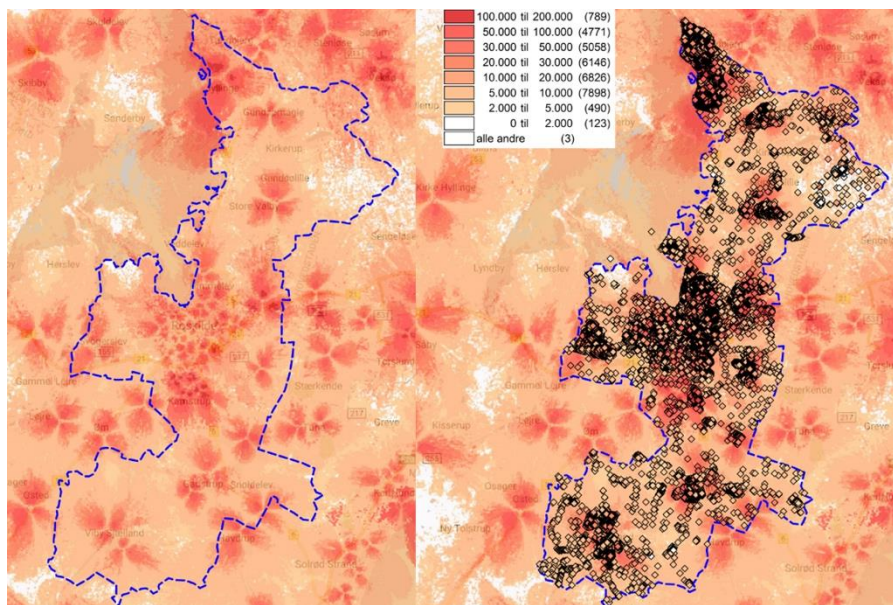
Den digitale infrastruktur omfatter både faste og mobile forbindelser, idet der er behov for begge typer komplementerende infrastrukturer. I Danmark er der lavet et omfattende samarbejde om at kortlægge dækningen fra de mobile teknologier, som omfatter både tale- og datadækningen. Samarbejdet består af energistyrelsen samt alle de 4 teleselskaber (Yousee, Telia, Telenor og 3). Formålet har været at lave en sammenlignelig dækningsangivelse på tværs af teleselskaberne, samt at lave en samlet national kortlægning af det mobile bidrag, som kommer til at ligge under tjekditnet.dk. Selv om der er brugt store ressourcer på at lave en så præcis kortlægning som muligt, er der stadig det forbehold at kortene baseres på teoretiske beregninger, baseret på repræsentative målinger. Det betyder at der er flere usikkerheder forbundet med kortene. Både som følge af de teoretiske beregninger, men også fordi at mobildækningen modsat fastnettene er mere variabel og dynamisk.

Som det er tilfældet ved kortlægning af faste forbindelser, er det nødvendigt at have en digitaliseret form af dækningskortene, hvis der skal arbejdes med dem i uafhængige GIS systemer. Det er på nuværende tidspunkt uvist hvilke muligheder der bliver for at hente digitale data fra tjekditnet.dk omkring den mobile kortlægning, derfor beskrives her nogle metoder for dels at digitalisere teleselskabernes kort, samt lave egne målinger.

7.2.1 Digitalisering af selskabernes dækningskort

Hvert teleselskab har sit eget dækningskort som typisk består af dækningen for hhv. tale og datahastigheder angivet for hhv. udendørs og indendørsdækning. Dog med undtagelse af 3, som kun angiver selskabets udendørsdækning. På kortene kan man enten klikke et sted for at en dækningsangivelse eller man kan slå en adresse op for at se hvad selskabet efter eget udsagn kan levere på adressen.

Én mulighed er at hente selskabernes kort som et raster-format, der kan geokodes. Herved kan grundkort som kommune- og regionsgrænser lægges oven på for at se afgrænsningen af dækningen inden for et administrativt område. Det er i nogen grad også muligt at omsætte rasterkortene til et vektor-lag som giver lidt flere muligheder for analyser. Én mere dybdegående mulighed er at hente dækningsdata på alle adresser i et område, for så igen at kunne kombinere det med dækningsdata fra de faste net.



Figur 18 Eksempel på geokodede raster-kort fra et teleselskabs dækningskort, samt visning af dækningsdata på adresseniveau (th).

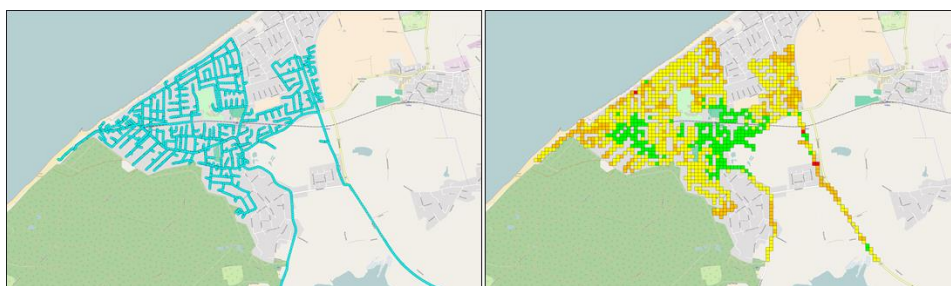
Som nævnt er der masser af usikkerheder forbundet med selskabernes egne dækningskort, og der kan derfor være behov for at lave konkrete målinger af både den indendørs og udendørs dækning.

7.2.2 Konkrete målinger af mobildækningen.

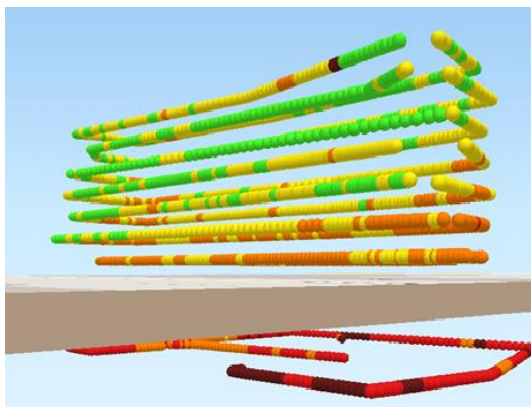
Den oplevede mobildækning kan være meget forskellig fra bruger til bruger, og i flere tilfælde i genkendelig i forhold til selskabernes dækningskort. Det skyldes ikke alene usikkerheden i de teoretiske beregningsmodeller, men også en lang række andre ting. Der kan være stor forskel på mobiltelefoners antennekvalitet og dermed deres evne til at sende og modtage et radiosignal.

Derfor kan det være en mulighed at lave konkrete målinger i form af stikprøver baseret på enten bruger-tilkendegivelser eller for at behov for et supplerende grundlag til at afgøre den bedst dækkende udbyder i et område.

Der kan måles på flere måder og på adskillige parametre, både i forhold til 2G, 3G og 4G, taleopkald, datahastigheder m.m. Dog bør det altid være med sammenlignelige evalueringsmodeller af de net der sammenlignes. Både indendørs og udendørs målinger kan være relevante. Figur 17, Figur 19 og Figur 20 er eksempler på hvordan forskellige typer målinger kan visualiseres.



Figur 19 Eksempel på geografisk visning af udendørs mobilmålinger



Figur 20 Eksempel på visning af indendørs mobilmålinger

BILAG A – 5,1 GHZ FREKVENSPANVENDELSE I EU

Kanal	Center frekvens (MHz)	Frekvens område (MHz)	Spektrum (MHz)	Restriktion
7	5035	5030-5040	10	Nej
8	5040	5030-5050	20	Nej
9	5045	5040-5050	10	Nej
11	5055	5050-5060	10	Nej
12	5060	5050-5070	20	Nej
16	5080	5070-5090	20	Nej
34	5170	ukendt	ukendt	Nej
36	5180	5170-5190	20	Inde
38	5190	5170-5210	40	Nej
40	5200	5190-5210	20	Inde
42	5210	5170-5250	80	Nej
44	5220	5210-5230	20	Inde
46	5230	5210-5250	40	Nej
48	5240	5230-5250	20	Inde
50	5250	5170-5330	160	Nej
52	5260	5250-5270	20	Inde/DFS/TPC
54	5270	5250-5290	40	Nej
56	5280	5270-5290	20	Inde/DFS/TPC
58	5290	5250-5330	80	Nej
60	5300	5290-5310	20	Inde/DFS/TPC
62	5310	5290-5330	40	Nej
64	5320	5310-5330	20	Inde/DFS/TPC
100	5500	5490-5510	20	DFS/TPC
102	5510	5490-5530	40	Nej
104	5520	5510-5530	20	DFS/TPC
106	5530	5490-5570	80	Nej
108	5540	5530-5550	20	DFS/TPC
110	5550	5530-5570	40	Nej

112	5560	5550-5570	20	DFS/TPC
114	5570	5490-5650	160	Nej
116	5580	5570-5590	20	DFS/TPC
118	5590	5570-5610	40	Nej
120	5600	5590-5610	20	DFS/TPC
122	5610	5570-5650	80	Nej
124	5620	5610-5630	20	DFS/TPC
126	5630	5610-5650	40	Nej
128	5640	5630-5650	20	DFS/TPC
132	5660	5650-5670	20	DFS/TPC
134	5670	5650-5690	40	Nej
136	5680	5670-5690	20	DFS/TPC
138	5690	5650-5730	80	Nej
140	5700	5690-5710	20	DFS/TPC
142	5710	5690-5730	40	Nej
144	5720	5710-5730	20	Nej
149	5745	5735-5755	20	SRD (25 mW)
151	5755	5735-5775	40	SRD (25 mW)
153	5765	5755-5775	20	SRD (25 mW)
155	5775	5735-5815	80	SRD (25 mW)
157	5785	5775-5795	20	SRD (25 mW)
159	5795	5775-5815	40	SRD (25 mW)
161	5805	5795-5815	20	SRD (25 mW)
165	5825	5815-5835	20	SRD (25 mW)
183	4915	4910-4920	10	Nej
184	4920	4910-4930	20	Nej
185	4925	4920-4930	10	Nej
187	4935	4930-4940	10	Nej
188	4940	4930-4950	20	Nej
189	4945	4940-4950	10	Nej
192	4960	4950-4970	20	Nej
196	4980	4970-4990	20	Nej

DFS: Dynamic Frequency Allocation, en teknik som obligatorisk tvinger accesspunkter til at vælge en ikke anvendt kanal med lavest mulig støj.

TPC: Transmit Power Control, en teknik som kræver, at accesspunktet indretter sin udstrålede effekt efter forholdene, herunder tager hensyn til både DFS og antenneforhold.

SRD: Short Range Devices, enheder som sender med meget begrænset effekt.

BILAG B – NETPLAN NOTAT

Netplan
22. august 2016

Mobil- og bredbåndskortlægning i Region Hovedstaden

Indholdsfortegnelse

1.	INDLEDNING	97
2.	BETYDNINGEN AF GOD BREDBÅNDSINFRASTRUKTUR	97
3.	KORTLÆGNING AF BREDBÅND FOR REGION HOVEDSTADEN	98
3.1	Fastnet-bredbåndsdækning opgjort på kommuner i Region Hovedstaden	98
3.2	Tilskudsberettigede adresser i henhold til bredbåndspulje	99
3.3	Mobil-bredbånd og mobil-tale dækningsforhold i Region Hovedstaden	100
4.	AFRUNDING OG DET VIDERE PERSPEKTIV	104

1. INDLEDNING

Gate21 har bedt Netplan udarbejde en kortlægning i Region Hovedstaden af områder med særlige udfordringer med mobil- og bredbåndsdækningen for at kunne udpege de dårligst dækkede lokalområder for mobil- og hurtigt bredbånd.

Nærværende notat indeholder en kortlægning af fastnet-bredbånd med fokus på dårligt dækkede områder på kommuneniveau og teleselskabernes dækningskort. Med udgangspunkt i de to kortlægninger udpeges de områder, som er dårligt stillet mht. bredbåndsdækning, og afslutningsvis beskrives, hvilke initiativer Netplan anbefaler Gate 21 i det fremadrettede arbejde.

2. BETYDNINGEN AF GOD BREDBÅNDSINFRASTRUKTUR

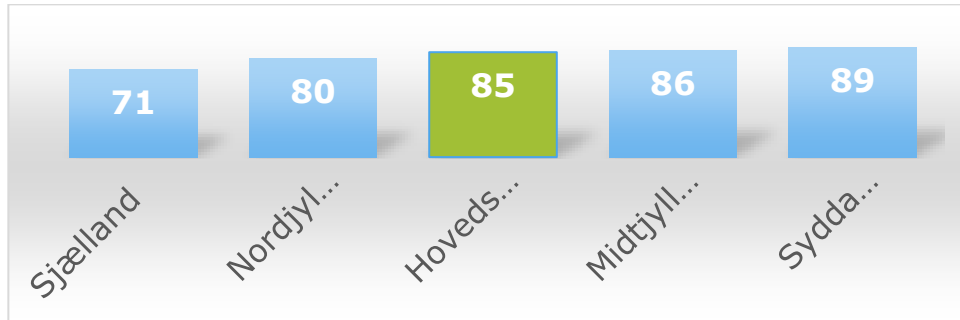
Tilstrækkelig infrastruktur er i stor udstrækning grundlag for mange af de initiativer, som understøtter Gate 21's vision om at gøre Greater Copenhagen til den førende region i verden for grøn omstilling og vækst.

En god og fremtidssikret bredbåndsinfrastruktur, der følger med udviklingen i erhvervslivet og danskernes behov, er af stor betydning og sidestilles i dag med andre kritiske infrastrukturer såsom veje, broer, kloaker, elektricitet og rent vand.

Den danske regering har en målsætning om, at alle skal have adgang til mindst 100 Mbit/s download og 30 Mbit/s upload i 2020. Udrulningen af disse højhastighedsforbindelser foregår i dag på markedsvilkår med en teknologineutral tilgang. Hensigten er, at konkurrencen skal sikre danskerne ægte valgfrihed, og at alle teknologier er i spil for at opnå målsætningen.

Disse principper har vist sig at fungere, der hvor konkurrencen er til stede, hvilket gør sig særligt gældende i de større byer i Danmark, men det har desværre også vist sig, at der er områder i Danmark, hvor markedet finder det mindre attraktivt at investere med den konsekvens, at udviklingen af højhastighedsforbindelser ikke har haft samme fart alle steder i landet. Der er derfor stor forskel på, hvor langt fra eller tæt på de danske kommuner er i forhold til regeringens målsætning i 2020.

På Figur 22 fremgår det, hvorvidt udbredelse af bredbåndsteknologier i de fem regioner lever op til den danske målsætning. Her fremgår det at Region Hovedstaden ligger relativt OK i forhold til de øvrige regioner.



Figur 21: Procentvis adgang til bredbåndshastigheder tilsvarende den danske målsætning for 2020 i de fem regioner. (Kilde: <https://tjekditnet.dk/>)

3. KORTLÆGNING AF BREDBÅND FOR REGION HOVEDSTADEN

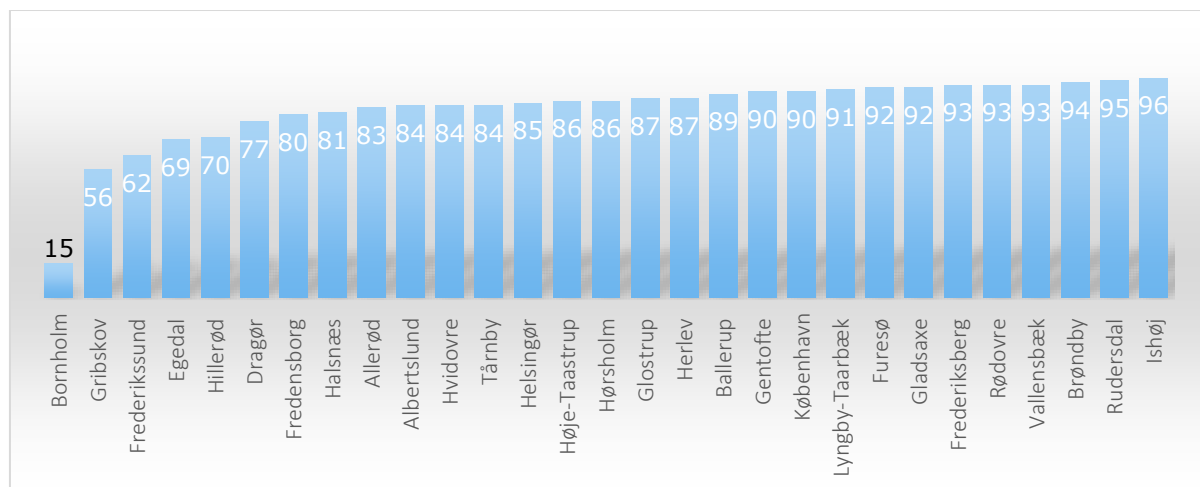
I nærværende afsnit fremgår først dækning af bredbåndsforbindelser, dernæst vises antal og geografisk fordeling af de adresser, som er berettiget til tilskud fra bredbåndspuljen, og afslutningsvis vises teleselskabernes dækningskort i forhold til mobil-bredbånd og mobil-tale.

3.1 Fastnet-bredbåndsdækning opgjort på kommuner i Region Hovedstaden

Bredbåndsdækningen for hver enkelt adresse findes i data fra den centrale database tjekditnet.dk, som blev lanceret i 2015 af Energistyrelsen i et samarbejde med Kommunernes Landsforening og Danske Regioner. Data i kortlægningen er jf. Tjekditnet fra ultimo juni 2015, hvorfor bredbåndsdækningen i nogle områder kan være anderledes, fordi der er udrullet yderligere, eller forbindelserne er blevet opgraderet. Der kan derfor være mindre usikkerheder forbundet med opgørelsen.

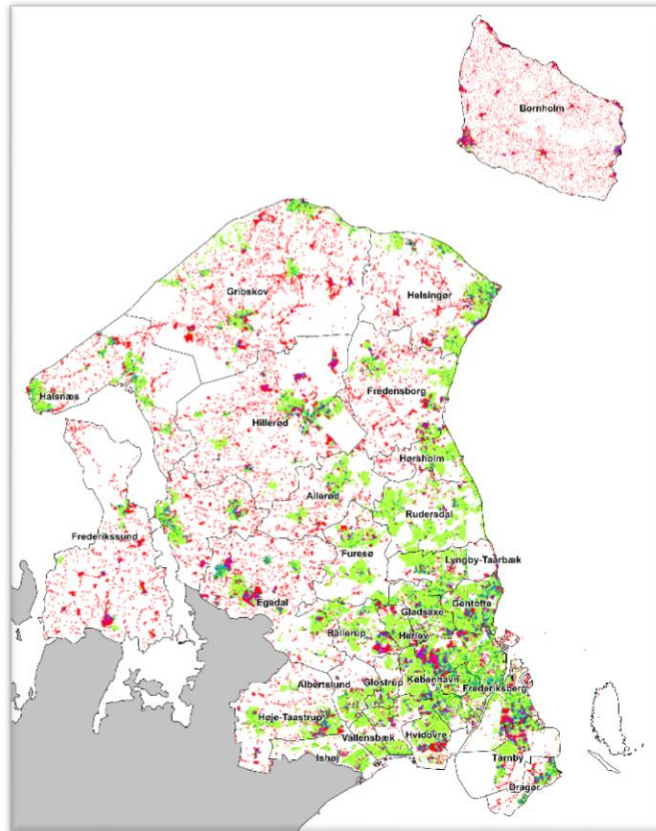
I kortlægningen indgår Kobber, Kabel-tv, fiber og fast trådløs.

Med udgangspunkt i regeringens målsætning om adgang for alle til mindst 100 Mbit/s download og 30 Mbit/s upload i 2020 viser data, at der i Region Hovedstaden er stor spredning for så vidt angår udbredelse af bredbåndsteknologier indenfor den enkelte kommune på tværs af de 29 kommuner i regionen.



Figur 22: Procentvis andel af adresser med til bredbåndshastigheder tilsvarende den danske målsætning for 2020 for kommuner i Region Hovedstaden. (Kilde: <https://tjekditnet.dk/>)

Figuren illustrerer tydeligt, at der er store udfordringer med udbredelse af bredbånd på Bornholm og i en række kommuner udenfor Storkøbenhavn. De samme data er præsenteret i Figur 23 nedenfor men nu sat ind i et kort for yderligere illustration.



Figur 23: Tilgængelighed for bredbånd på minimum 100/30 Mbit/s i Region Hovedstaden

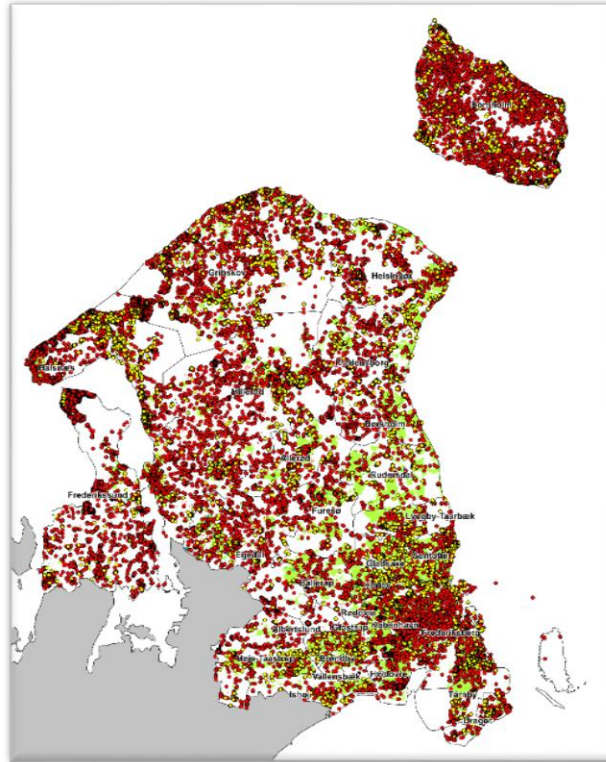
3.2 Tilskudsberettigede adresser i henhold til bredbåndspulje

Den nuværende regering har i alt afsat 200 mio. kr. til at yde støtte til etablering af nye bredbåndsforbindelser til de dårligst stillede husstande i Danmark. I 2016 er der afsat 80. mio. kr. og i perioden 2017-2019 er de resterende afsat med 40 mio. kr. per år. Energistyrelsen, som forvalter midlerne, åbnede for ansøgning i slutningen af juni måned. Ansøgningsfrist i 2016 er den 31. oktober.

Af de ca. 280.000 tilskudsberettigede adresser i hele Danmark, ligger der 56.979 berettigede adresser i Region Hovedstaden. Adresserne kan findes på en hjemmeside, som energistyrelsen har offentliggjort i forbindelse med puljen³¹.

De tilskudsberettigede adresser er dem, som i dag ikke kan få adgang til minimum 10/2 Mb/s. Energistyrelsen har haft en adresseliste i høring blandt teleselskaberne for at sikre, at der ikke bliver ydet støtte til områder, hvor der er eksisterende planer om udbygning. Sidst tilbagemelding til Energistyrelsen på ændringer til listen over støtteberettigede adresser er onsdag den 31. august 2016.

³¹ <https://bredbaandspulje.ens.dk/>



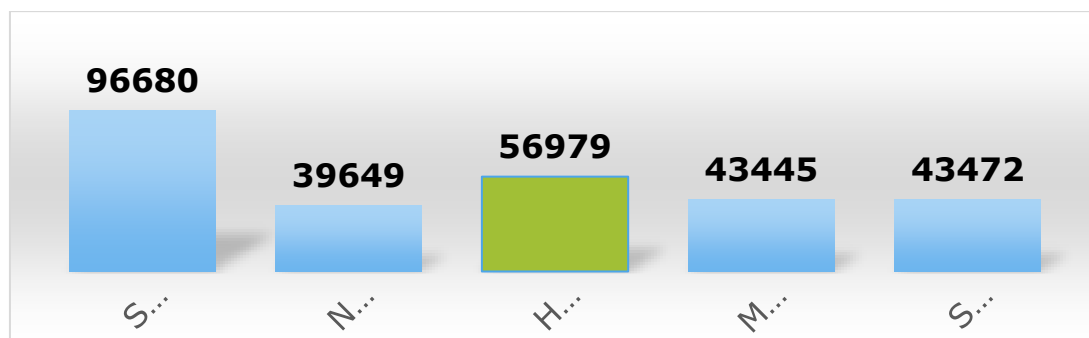
Figur 24: Fordeling af tilskudsberettigede adresser i Region Hovedstaden
(Kilde: <https://bredbaandspulje.ens.dk/>)

I Energistyrelsens opgørelse af tilskudsberettigede adresser er disse opgjort på følgende to hastigheder, hvilket er illustreret i ovenstående figur:

- I. Adresser, hvor man maksimalt kan få 10 Mbit/s download og 2 Mbit/s upload (gul)
- II. Adresser, hvor man maksimalt kan få 5 Mbit/s download og 1 Mbit/s upload (rød)

Det er hensigten, at tilskud fra puljen skal være drevet af en reel efterspørgsel. Derfor er det et krav, at man skal være flere husstande i et sammenhængende område om at lave et projekt og søge penge. Dernæst er det også et krav, at hver husstand er villig til at finansiere 2.000 kr. i egenbetaling.

Sammenlignet med de øvrige fem regioner er der mange tilskudsberettigede adresser indenfor Region Hovedstaden, mens Region Sjælland (svarende til Figur 21) har langt de fleste adresser.



Figur 25: Antal tilskudsberettigede adresser i de fem regioner (Kilde: <https://bredbaandspulje.ens.dk/>)

3.3 Mobil-bredbånd og mobil-tale dækningsforhold i Region Hovedstaden

Når man taler om mobildækning, kan man dele forbrugsmønstret- og oplevelsen op i henholdsvis tale og data. Fælles for disse er, at mobildækningen for et geografisk område er væsentlig mere kompleks at kortlægge end faste forbindelser. Det skyldes blandt andet, at mobile forbindelser

består af radiosignaler, som er meget mere dynamiske og påvirkelige af omgivelserne, end kabler i jorden er det. En brugeroplevelse vil derfor påvirkes af en lang række forskellige faktorer.

Enhver måling vil derfor udelukkende være et udtryk for et øjebliksbillede, som kan have ændret sig umiddelbart derefter. Alle udgivelser af kortlægninger af mobilt tale og data vil derfor være vejledende. Uanset om udgiveren er et teleselskab eller en national telemyndighed.

Som det eneste land i hele verden, er man i Danmark blevet enige om at lave et samarbejde på tværs af 3 teleselskaber (TDC, Telenor og Telia) og Energistyrelsen med en fælles kortlægning af de mobile teknologier. Det er gjort med henblik på at få en mere præcis angivelse af dækningen, end det tidligere har været tilfældet, samt at give forbrugerne et bedre sammenligningsgrundlag når der skal vælges teleselskab.

- *Teleselskabernes dækningskort*

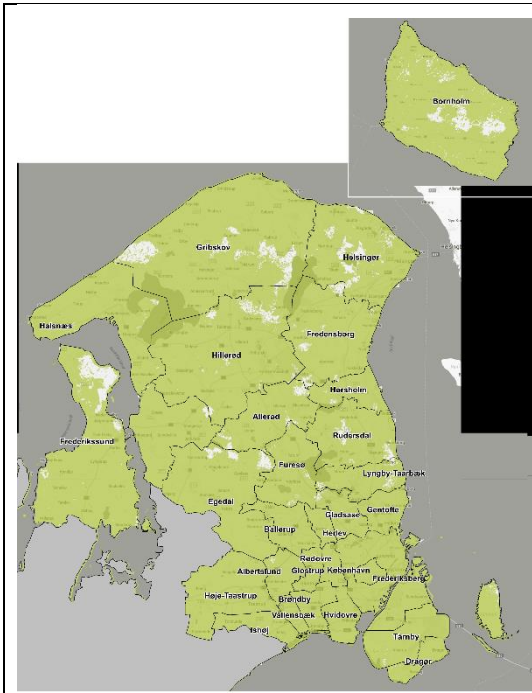
Af teleselskabernes egne kort ³² skelnes der mellem tale- og datadækning, samt indendørs- og udendørsdækning (med undtagelse af 3, som kun angiver udendørsdækning). Særligt kortene med indendørsdækning er vejledende og med store usikkerheder, fordi der er forskel på, hvor meget en bygning dæmper et mobilsignal. Nyere bygninger dæmper generelt mere for dækningen end ældre bygninger pga. de moderne materialer, som har til henblik at konstruere energibesparende huse og bygninger.

For at have en oplevelse af mobildækningen, der svarer mest muligt til selskabernes dækningskort, kræver det, at man har en mobiltelefon, der understøtter de nyeste teknologier som eksempelvis 4G. Der kan derfor alene være store forskelle i den oplevede dækning, som afhænger af modellen for den enkelte mobiltelefon.

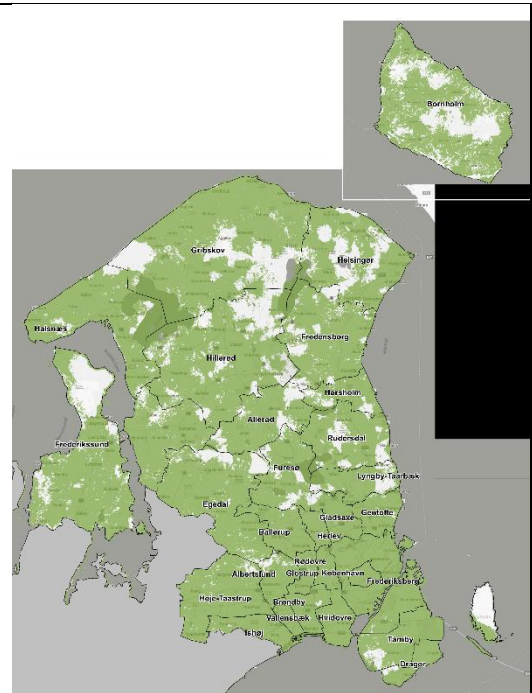
Telia og Telenor deler deres mobilnetværk med hinanden, og har derfor samme dækning. Derfor vil Telias dækningskort i de følgende illustrationer også repræsentere Telenors dækning, og den fælles betegnelse for de to netværk er "TT-netværket". Det skal bemærkes, at 3 har en aftale om at benytte Telias netværk i det omfang (og hvis det er muligt), at der ikke er tilstrækkelig dækning for 3's kunder på 3's eget netværk.

Netplan har med udgangspunkt i flere forskellige udtræk fra teleselskabernes egne dækningskort sammensat højopløselig billeder, som via geokodning af data illustrerer kommunernes geografiske grænser på dækningskortene indenfor Region Hovedstadens område.

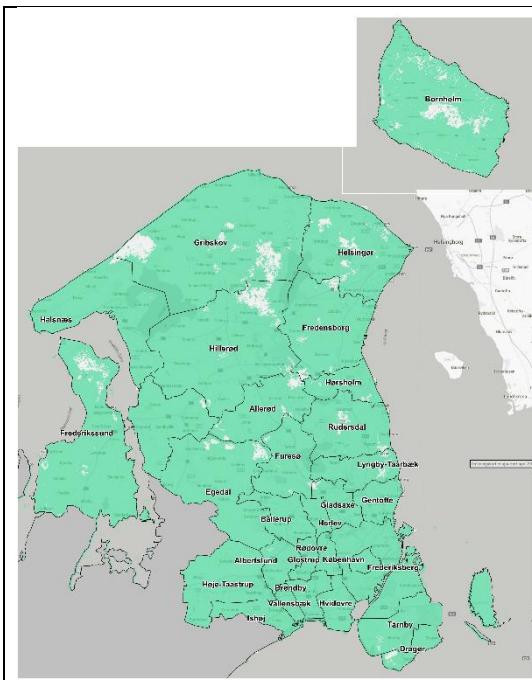
³² http://daekning.tdc.dk/tdcnetmap_ext_tile/Default/mobile, http://daekning.telia.dk/TelNet-Map_Main_Tile/Default/mobile?initialTab=5, <https://www.3.dk/abonnemeter/dakning/>



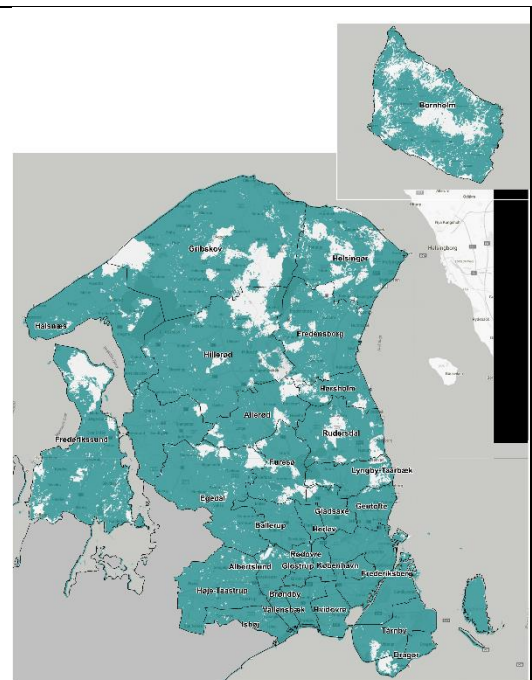
Figur 26: TDC - udendørs taledækning



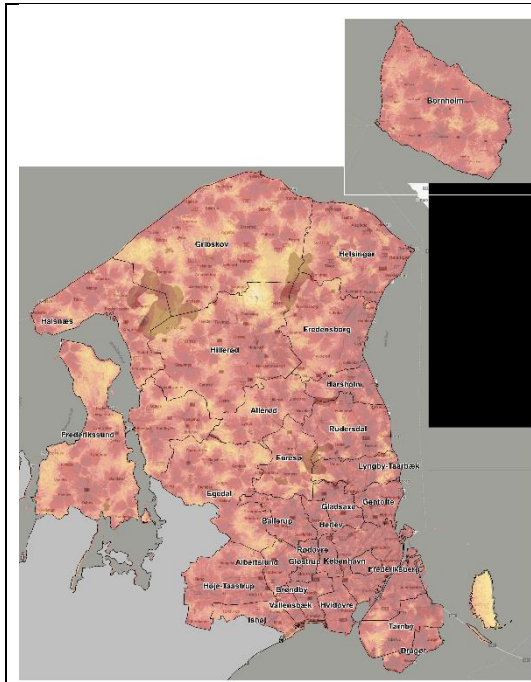
Figur 27: TDC - indendørs taledækning



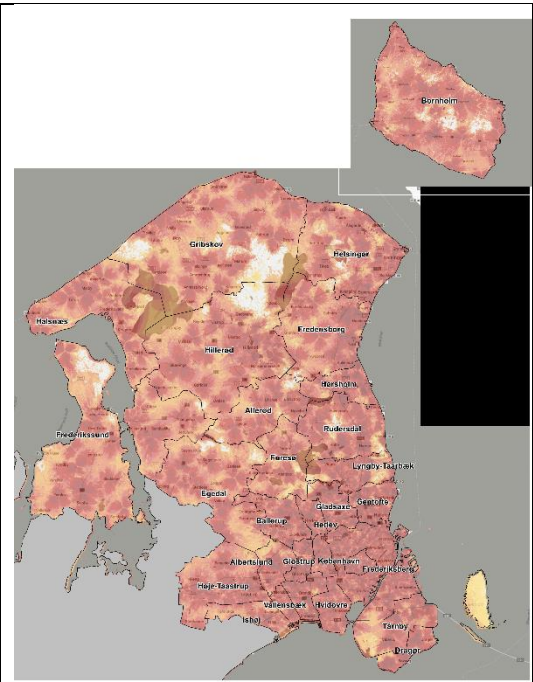
Figur 28: TT - udendørs taledækning



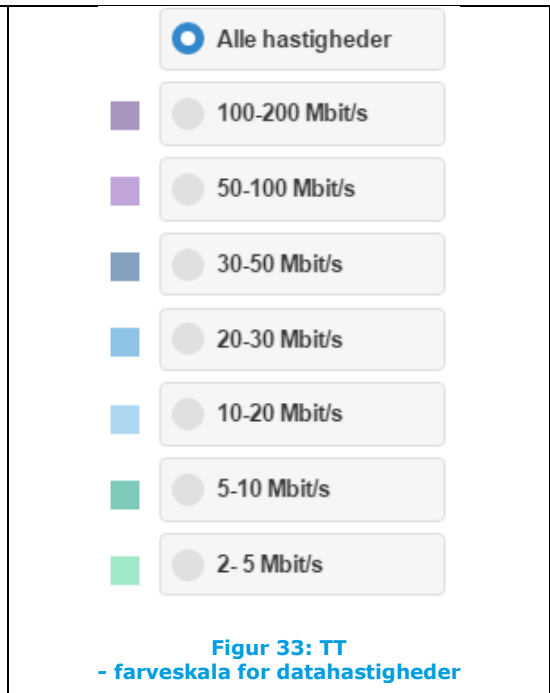
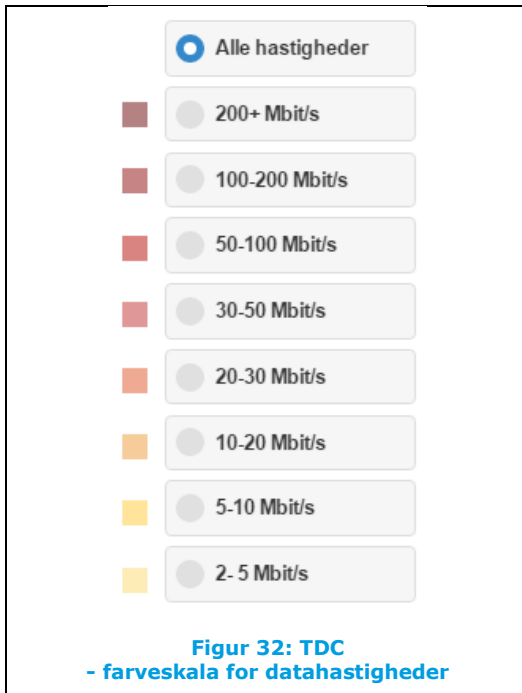
Figur 29 TT: - indendørs taledækning



Figur 30: TDC - udendørs datadækning



Figur 31: TDC - indendørs datadækning



Når Figur 22 og Figur 23 sammenholdes viser det sig, at der både er tale om relativ god bredbåndsdækning og samtidig mange tilskudsberettigede adresser i det indre Købehavn på grund af befolkningstætheden specielt i Frederiksberg og Københavns kommune.

I forhold til mobildækningen i Region Hovedstaden er der overordnet god udendørsdækning for både tale og data på alle 4 netværk. Selskabernes egne dækningskort viser dog, at der kan være områder, hvor oplevelsen af mobildækningen især kan være påvirket af ophold indendørs.

- *Det videre perspektiv*

Netplan anbefaler Gate 21 at analysere yderligere på variationerne i forhold til en kortlægning. Det kan f.eks. være mere detaljerede GIS data til den enkelte kommune over bredbåndsdækningen sammenholdt med en opdeling i by-, land- og sommerhuszone. Derudover kan det bruges til at perspektivere kommunernes indbyrdes styrke mht. bredbåndsdækning.

I de øvrige fire regioner er der iværksat koordineret indsats for at understøtte søgninger til bredbåndspuljen jf. afsnit 3.2. I Region Sjælland³³ går regionen i regi af Digitalt AktionsForum, som er et samarbejde mellem regionen, Dansk Energi, Teleindustrien og Kommunekontaktudvalget, aktivt ind for at hjælpe borgerne i med at søge tilskud ved hjælp af en særlig taskforce med deltagelse af Netplan.

Business Region North Denmark³⁴, som er et samarbejde mellem Region Nordjylland og regionens 11 kommuner, har igangsat et større projekt, som skal sikre bedre bredbåndsdækning i Nordjylland.

I det midtjyske er der ligeledes etableret et tæt samarbejde³⁵ mellem regionen og de 19 kommuner, som har til formål at udbrede bredbånd og dække mobilhuller via konkrete initiativer.

Selv i Region Syddanmark³⁶, som jf. Figur 21 har den højeste procentvis adgang til bredbåndshastigheder på tværs af regionerne, er der kontinuerligt fokus på at udbygge den digitale infrastruktur.

I forhold til de store områder med dårlig dækning og samtidige de mange tilskudsberettigede adresser i Region Hovedstaden anbefaler Netplan, at der i Hovedstadsområdet bør gøres en tilsvarende koordineret indsats her og nu i forhold til at udbygge den digitale infrastruktur, og konkret støtte kommuner og lokalsamfund i ansøgningsprocessen til bredbåndspuljen her og nu.

³³ <http://www.regionsjaelland.dk/nyheder/Sider/Region-Sjaelland-bedre-bredbaandsdaekning.aspx> og <http://www.regionsjaelland.dk/dagsordener/Dagsordener2016/Sider/Kommune%20Kontakt%20Udvalg/2642-M%C3%B8de%20d.%2013-6-2016/2967297.aspx>

³⁴ <http://www.rn.dk/bedrebredb%C3%A5nd>

³⁵ https://www.skanderborg.dk/Files/Files/Dagsordner/committee_2305/agenda_231035/documents/5ffba6f3-56fd-4067-9825-423aadbe25a3.pdf og <http://www.rm.dk/politik/udvalg/kontakt-udvalget/dagsordner/#Orienteringomstatuspaarbejdetmeddigitalinfrastruktur>

³⁶ http://detgodeliv.regionsyddanmark.dk/vaekst-og-udviklingsstrategi/staerke_forbindelser/digital_infrastruktur/