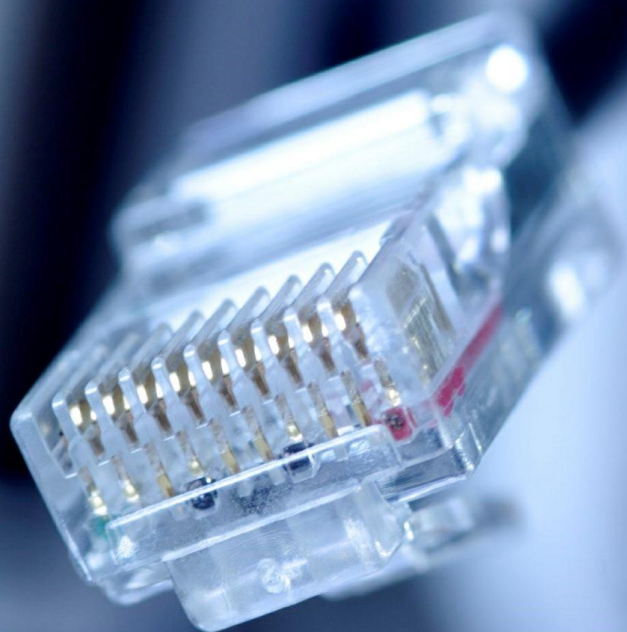


Hard facts. Clear stories.

Copenhagen
Economics

CE

ANALYSE AF BREDBÅNDSBEHOVET I 2025-2030



ENERGISTYRELSEN
19. DECEMBER 2019

FORFATTERE

Bruno Basalisco, Managing Economist, PhD, Copenhagen Economics

Malte Lisberg Buhr, Senior Economist, Copenhagen Economics

Michael Plesner Østergaard, VP Direktør, Energinet, SE

Neil Gallagher, Senior Economist, Copenhagen Economics

Nikolaj Siersbæk, Economist, PhD, Copenhagen Economics

Preben Mejer, CEO og stifter, Radr

Sigurd Næss-Schmidt, Partner, Copenhagen Economics

INDHOLDSFORTEGNELSE

Sammenfatning	1
Introduktion	4
1.1 Der vil være behov for hurtigere internet	5
1.2 Datamængden vil stige	8
1.3 Internetforbruget vil blive mere mobilt	9
Mikro-fremskrivninger af bredbåndsbehovet	10
2.1 Forskellige brugertyper vil have meget forskellige bredbåndsbehov	10
2.2 Forskellige tjenester stiller forskellige krav til bredbånd	14
2.3 Hver brugertype benytter forskellige tjenester	17
2.4 Der forventes ikke store geografiske forskelle i behovet	30
Temaer	34
3.1 Internetbaserede tjenester kan bidrage til den grønne omstilling	34
3.2 Internetbaserede tjenester kan understøtte digitale velfærdsløsninger	40

3.3 Nogle tjenester behøver en mobil forbindelse, relativt få behøver en fast bredbåndsforbindelse	45
Litteraturliste	48
Tjenester	55
IoT & M2M	55
Cloud-løsninger	58
Standardtjenester	62
Streaming	64
AR/VR	66
Gaming	68
Udbredelse og behov for tjenester	70
Oversigt over interviewpersoner	74

SAMMENFATNING

Baggrund for analysen

Energistyrelsen har bedt os om at **undersøge bredbåndsbehovet i 2025-2030, og hvordan behovet vil være forskelligt for forskellige brugertyper.**

Derudover har Energistyrelsen, med afsæt i den grønne dagsorden, bedt os om at **undersøge, hvordan internetbaserede tjenester kan bidrage til den grønne omstilling og understøtte digitale velfærdsløsninger**, og hvilket bredbåndsbehov disse tjenester giver anledning til.

For at undersøge bredbåndsbehovet i 2025-2030 har vi anvendt mikro-fremskrivninger, som estimerer bredbåndsbehovet "bottom-up" ud fra de underliggende tjenesters krav til bredbånd, samt forventningen til udbredelsen af disse tjenester i 2025-2030, målt i forhold til download- og uploadhastighed samt latency og pålidelighed.

Denne metode anvendes for seks specifikke brugertyper, der repræsenterer et bredt udsnit af danske bredbåndsbrugere. For hver brugertype har vi beregnet en øvre og nedre grænse for bredbåndsbehovet (baseret på en aggressiv og en konservativ fremskrivning af udbredelsen af forskellige tjenester).

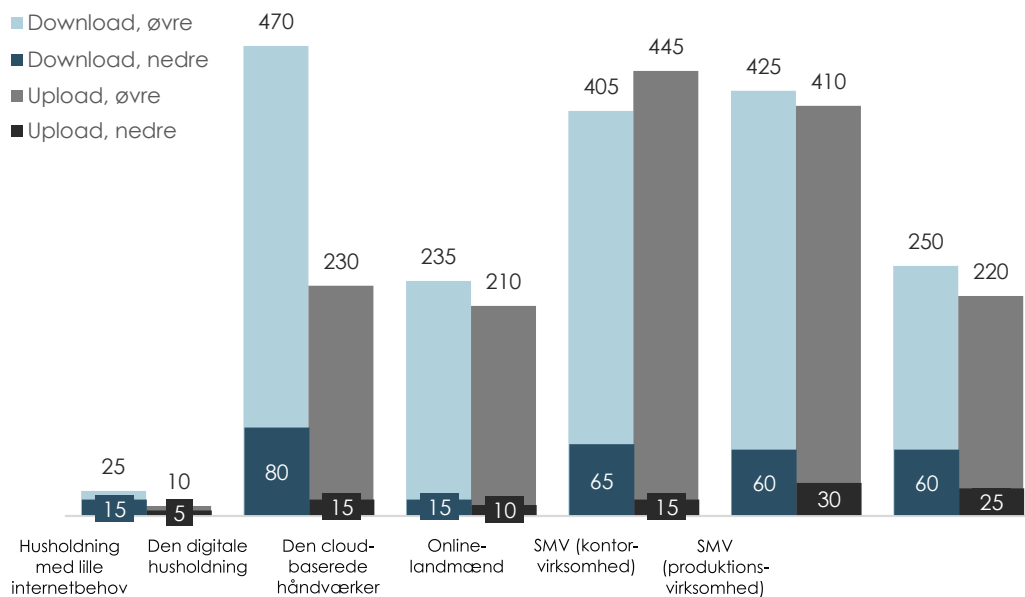
Vi har derudover undersøgt hvilke tjenester, der kan bidrage til den grønne omstilling og understøtte digitale velfærdsløsninger, samt hvilket bredbåndsbehov disse tjenester giver anledning til.

Vores fremskrivninger viser et behov for langt hurtigere internet med lavere latency i 2025-2030

Vores fremskrivninger for de seks specifikke brugertyper viser, at behovet for downloadhastighed i 2025-2030 i den øvre grænse vil gå fra 25 Mbit/s for brugertypen med det mindste behov til 470 Mbit/s for brugertypen med det største behov. Behovet for uploadhastighed i 2025-2030 vil i den øvre grænse gå fra 10 Mbit/s for brugertypen med det mindste behov til 445 Mbit/s for brugertypen med det største behov. Figur 1 viser en oversigt over øvre og nedre grænser for download- og uploadhastighed for de seks brugertyper.

Figur 1
Estimerede behov for download og upload for de seks brugertyper, øvre og nedre grænser, i 2025-2030

Mbit/s



Note: Se versionen i Figur 4.
Kilde: Copenhagen Economics (se også Figur 4)

Vi har i mikro-fremskrivningerne også estimeret kravet til latency (tid fra afsendelse til modtagelse, dvs. envejskommunikation uden tid til data-udpakning) og pålidelighed. Vi finder, at næsten alle brugertyper vil have behov for meget lav latency (<3 ms) og høj pålidelighed i den øvre grænse. I den nedre grænse er der ikke lige så strenge krav til latency og pålidelighed.

Der er betydelig usikkerhed forbundet med mikro-fremskrivningerne (og dermed stor forskel mellem den øvre og den nedre grænse) især pga. usikkerheden omkring udbredelsen af følgende tjenester:

- (Cloud-baserede) AR/VR-løsninger og opløsningen på disse løsninger (HD/4K/8K)
- Cloud-baserede software-løsninger
- Selvkørende køretøjer og robotter, der skal kunne kalibrere deres bevægelser med "skyen" i realtid
- Cloud gaming

Internetbaserede tjenester kan bidrage til den grønne omstilling og understøtte digitale velfærdsløsninger

Internetbaserede løsninger vil i høj grad kunne bidrage til den grønne omstilling og understøtte digitale velfærdsløsninger, men mange af de tjenester, som understøtter disse to områder, vil ikke stille særligt høje krav til internetforbindelsen. Behovet for downloadhastigheder til tjenester, som

kan bidrage til den grønne omstilling samt understøtte digitale velfærdsløsninger, spænder derfor vidt fra under 1 Mbit/s til over 1 Gbit/s, afhængig af den specifikke tjeneste og løsning, som betragtes.

KAPITEL 1

INTRODUKTION

Mange af de tjenester og løsninger (streaming, e-mail, online banktjenester, etc.), som er centrale for danskernes hverdag, kræver en internetforbindelse af en vis hastighed og kvalitet. Eksempelvis kræver det en internetforbindelse med en downloadhastighed på ca. 5-8 Mbit/s for at kunne streame indhold i High Definition (HD). Danskernes krav til internetforbindelsen kan omtales som bredbåndsbehovet.

Grundet en øget digitalisering af samfundet, en hastig tilgang af nye teknologier, samt den grønne omstilling forventer vi, at bredbåndsbehovet vil stige frem mod 2025-2030. Det skyldes primært, at nye tjenester og løsninger vil stille nye og højere krav til internetforbindelsen, men også at internettet og implementeringen af nye teknologier skal bidrage til den grønne omstilling samt understøtte digitale velfærdsløsninger.

Eksempelvis vil innovationer som augmented reality (AR) og virtual reality (VR) stille krav til internetforbindelsen i form af et behov for høj hastighed og lav latency. Ligeledes vil streaming i 4K kræve en downloadhastighed på omkring 25-36 Mbit/s – næsten fire gange så meget som streaming i HD. Løsninger, der bidrager til den grønne omstilling, såsom ”smart grid”-sensorer, som anvendes i forsyningssektoren, vil også stille krav om en pålidelig internetforbindelse. Fremtidens bredbåndskunder kommer derfor til at stille højere krav til hastighed, latency (responstid) og pålidelighed.

Energistyrelsen har bedt os om at **undersøge bredbåndsbehovet i 2025-2030, og hvordan behovet vil være forskelligt for forskellige brugertyper.**

Derudover har Energistyrelsen, med afsæt i den grønne dagsorden, bedt os om at **undersøge, hvordan internetbaserede tjenester kan bidrage til den grønne omstilling og understøtte digitale velfærdsløsninger**, og hvilket bredbåndsbehov disse tjenester giver anledning til.

Vi har brugt mikro-fremskrivninger til at undersøge bredbåndsbehovet i 2025-2030

For at undersøge bredbåndsbehovet i 2025-2030 har vi brugt mikro-fremskrivninger, som estimerer bredbåndsbehovet ”bottom-up” ud fra de underliggende tjenesters krav til bredbånd samt forventningen til udbredelsen af disse tjenester i 2025-2030, målt i forhold til download- og uploadhastighed samt latency og pålidelighed.

Inden vi gennemgår mikro-fremskrivningerne i Kapitel 2, giver vi i dette kapitel en kort introduktion til markedet i dag og et blik ind i fremtiden på baggrund af ”naive” makro-fremskrivninger.

Disse naive makro-fremskrivninger er udelukkende baseret på historiske data og vækstrater og indtager således ikke forventninger til udviklingen fremadrettet (heraf udtrykket ”naive”). Naive makro-fremskrivninger kan give en indikation af retningen for udviklingen samt omfanget af behovet i 2025-2030. Vi mener dog, at mikro-fremskrivningerne giver det mest retvisende billede af bredbåndsbehovet i 2025-2030, da denne fremskrivningsmetode bygger på dokumenterede krav til

bredbånd fra de underliggende tjenester og sporbare antagelser om udbredelsen af de tjenester, baseret på interviews med markedseksperter.

Vi foretager i første omgang en naiv fremskrivning af medianbehovet for download- og uploadhastighed i afsnit 1.1. Dernæst foretager vi en naiv fremskrivning af den samlede datatrafik i afsnit 1.2. Til slut laver vi en naiv fremskrivning af fordelingen mellem fast bredbånd og mobilt internet i afsnit 1.3.

1.1 DER VIL VÆRE BEHOV FOR HURTIGERE INTERNET

Fra 2010 til 2018 er median downloadhastigheden for faste bredbåndsabonnementer i Danmark steget fra 8,8 til 72,8 Mbit/s, svarende til en årlig vækstrate i median downloadhastigheden på lige over 28%.

Hvis denne vækstrate fortsætter indtil 2030, vil median downloadhastigheden nå 1.270 Mbit/s i 2030.

En anden fremskrivning af medianbehovet for downloadhastighed, der baserer sig på Ciscos forventninger til vækstraten i bredbåndshastigheder på verdensplan, giver en lavere forventet downloadhastighed på 384 Mbit/s i 2030.¹ For begge disse fremskrivninger, se Tabel 1.

Tabel 1
Median downloadhastighed i forskellige scenarier

	HISTORISK VÆKSTRATE ^A	CISCO VÆKSTRATE ^B
2010	9 Mbit/s	9 Mbit/s
2018	73 Mbit/s	73 Mbit/s
2025 (fremskrivning)	366 Mbit/s	192 Mbit/s
2030 (fremskrivning)	1.270 Mbit/s	384 Mbit/s

Kilde: Fremskrivninger foretaget af Copenhagen Economics på baggrund af: A) Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a) med en vækstrate på lige over 28% baseret på historiske vækstrater, og B) Cisco (2018) med en vækstrate på 14,9% per år

Tilsvarende fremskrivninger for uploadhastigheden viser et behov på mellem 103 og 364 Mbit/s i 2030, se Tabel 2.²

¹ På verdensplan forventes bredbåndshastigheden at blive fordobles over en 5-årig periode fra 2017-2022 svarende til en årlig vækstrate på 14,9%, se globalt estimat fra Cisco (2018). Såfremt samme vækstrate anvendes i Danmark og forventes at fortsætte frem mod 2030, vil det resultere i en downloadhastighed på 384 Mbit/s.

² Fra 2010 til 2018 er median uploadhastigheden i de handlede faste bredbåndsabonnementer i Danmark steget fra 1,3 til 20,9 Mbit/s ifølge tal fra henholdsvis Telestatistikken 2. halvår 2011 (Erhvervsstyrelsen, 2012) og Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a), svarende til en årlig vækstrate i median uploadhastigheden på knap 42%.

Tabel 2
Median uploadhastighed i forskellige scenarier

	HISTORISK VÆKSTRATE ^B	CISCO VÆKSTRATE ^C
2010 ^A	1 Mbit/s	1 Mbit/s
2018	21 Mbit/s	21 Mbit/s
2025 (fremskrivning)	105 Mbit/s	52 Mbit/s
2030 (fremskrivning)	364 Mbit/s	103 Mbit/s

Note: Fremskrivninger foretaget af Copenhagen Economics på baggrund af kilderne B og C. Den historiske vækstrate er estimeret på baggrund af downloadhastighed. Hvis den historiske vækstrate i uploadhastighed fra 2010 til 2018 benyttes (42%) findes en fremskrevet uploadhastighed på 237 Mbit/s i 2025 og 1.347 Mbit/s i 2030.

Kilde: A) Telestatistikken 2. halvår 2011 (Erhvervsstyrelsen, 2012), B) Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a), med en historisk vækstrate på lige over 28%, C) Cisco (2018) med en vækstrate på 14,9% per år (estimat for downloadhastighed)

Hvorvidt en metode, som fremskriver bredbåndsbehovet på baggrund af den historiske udvikling i behovet (2010-2018), kan forventes at være retvisende fremover afhænger af, om der forventes den samme udvikling fremadrettet, som man har set hidtil. Det vil bl.a. afhænge af, hvorvidt den teknologiske udvikling og optagelsen heraf i samfundet forventes at udvikle sig i samme tempo fremadrettet som igennem de seneste ni år. Vi mener ikke, at den samme udvikling nødvendigvis kan forventes fremadrettet. Vores mikro-fremskrivninger i Kapitel 2 giver derfor det mest retvisende billede af bredbåndsbehovet frem mod 2030.

1.1.1 Der kan forventes en betydelig spredning i behovet på tværs af brugertyper

Fremskrivningen ovenfor tager udgangspunkt i medianbehovet. Det bør dog bemærkes, at der er en betydelig spredning i behovet på tværs af brugertyper allerede i dag, hvilket ses i fordelingen af hastigheder i de handlede faste bredbåndsabonnementer. Medianbehovet fortæller derfor ikke den fulde historie.

Omtrent 5% af de handlede faste bredbåndsabonnementer i dag indeholder en downloadhastighed under 10 Mbit/s. Tilsvarende har omkring 6,5% af de handlede faste bredbåndsabonnementer en downloadhastighed på over 300 Mbit/s, se Tabel 3.

Tabel 3
Fordeling af faste bredbåndsabonnementer i dag

HASTIGHED	DOWNLOAD	UPLOAD
Under 2 Mbit/s	0,4%	14,3%
2-10 Mbit/s	4,5%	20,6%
10-30 Mbit/s	25,7%	26,6%
30-50 Mbit/s	8,4%	7,0%
50-100 Mbit/s	22,8%	12,3%
100-300 Mbit/s	30,5%	12,9%
300-1.000 Mbit/s	5,6%	4,5%
Over 1.000 Mbit/s	0,9%	0,7%

Note: Andelene summer ikke til 100% da nogle hastigheder ikke er specificeret. Beregningerne bygger på tal for 2. halvår 2018 for markedsførte hastigheder på faste bredbåndsabonnementer.

Kilde: Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a).

Det må som udgangspunkt forventes, at en lignende spredning vil fortsætte fremover således, at udviklingen i medianbehovet skjuler en betydelig variation i udviklingen i behovet på tværs af brugertyper. Variansen mellem seks specifikke brugertyper er yderligere belyst i Kapitel 2.

1.1.2 Størstedelen af markedet har allerede adgang til en hurtig forbindelse

Størstedelen af markedet har allerede i dag adgang til en hurtig fast bredbåndsforbindelse. Det kan derfor antages, at udbuddet er tilstrækkeligt til at møde de flestes behov i de fleste geografiske områder i dag.

Eksempelvis har 78% af de danske husstande, der i dag måtte have et behov for en bredbåndsforbindelse op til 500/500 Mbit/s, mulighed for at få mødt deres behov med den nuværende infrastruktur³, se Tabel 4.

³ Den tidligere regering fastsatte en målsætning om, at alle borgere og virksomheder skal have adgang til en 100/30 Mbit/s download/upload forbindelse i 2020, se eksempelvis Regeringen (2018).

Tabel 4
Andel af boliger og virksomheder på nationalt plan, som ikke har adgang til den angivne hastighed (2019)

DOWNLOAD		UPLOAD		DOWNLOAD/UPLOAD	
10 Mbit/s	2%	2 Mbit/s	3%	10/2 Mbit/s	3%
30 Mbit/s	4%	5 Mbit/s	4%	30/5 Mbit/s	5%
100 Mbit/s	7%	10 Mbit/s	5%	100/30 Mbit/s	7%
500 Mbit/s	19%	30 Mbit/s	6%	500/500 Mbit/s	22%
1 Gbit/s	20%	100 Mbit/s	17%	1/1 Gbit/s	34%

Note: Angiver teknisk mulig hastighed (dvs. den hastighed infrastrukturen kan levere).

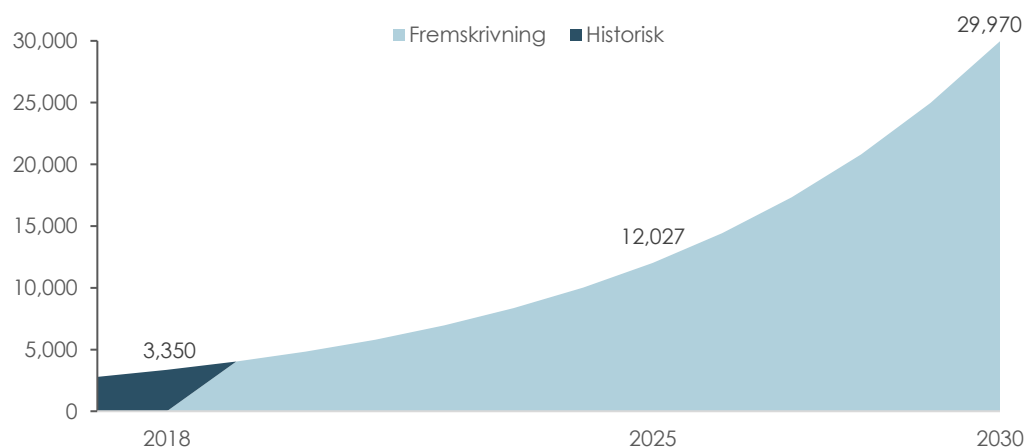
Kilde: Tjekditnet.dk (2019)

1.2 DATAMÆNGDEN VIL STIGE

Fra 2. halvår 2017 til 2. halvår 2018 er den samlede datatrafik (over både fast bredbånd og mobilt internet) steget fra 2,79 millioner TB til 3,35 millioner TB, svarende til en årlig vækstrate i den halvårslige trafik på omkring 20%.⁴

Hvis denne vækstrate fortsætter indtil 2030, vil den samlede datatrafik i 1. halvår 2030 være 29,97 millioner TB svarende til en ni-dobling i forhold til i dag, se Figur 2.

Figur 2
Fremskrivning i den samlede datatrafik per halvår frem mod 2030
1.000 TB



Kilde: Copenhagen Economics på baggrund af Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a).

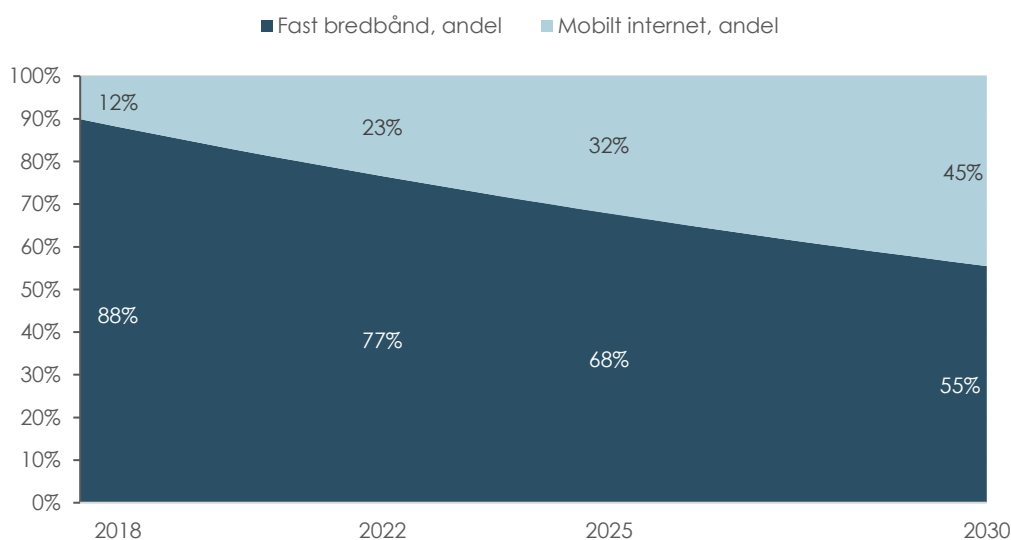
⁴ Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a).

1.3 INTERNETFORBRUGET VIL BLIVE MERE MOBILT

I 2018 udgjorde trafikken over det mobile internet kun 12% af den samlede trafikmængde, hvor trafikken via fast bredbånd også medtages.

Trafikmængden over det mobile internet vokser dog hurtigere end trafikmængden over fast bredbånd, hvilket resulterer i, at mobilt internet udgør en større og større andel af den samlede trafikmængde. Såfremt væksten i det mobile internets andel af den samlede trafikmængde forventes at fortsætte i samme fart fremover (som fra 2017 til 2018), vil mobiltrafik udgør 32% af den samlede trafikmængde i 2025 og 45% af den samlede trafikmængde i 2030, se Figur 3.

Figur 3
Fordeling i datatrafik i procent på henholdsvis fast bredbånd og mobilt internet
Procent



Note: Andelene for 2018 er specifikt for 2. halvår 2018

Kilde: Copenhagen Economics på baggrund af Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019a).

Til sammenligning estimerer Cisco, at mobil datatrafik på verdensplan vil udgøre 20% af den samlede datatrafik i 2022.⁵ Vores naive fremskrivning viser, at 23% af den samlede datatrafik i Danmark i samme år (2022) vil være fra mobilt internet som vist i Figur 3.

Der er usikkerhed forbundet med den naive fremskrivning som baserer sig på den historiske udvikling og en antagelse om, at denne udvikling vil fortsætte fremadrettet. Et alternativt scenarie er, at udviklingen i andelen af mobilt internet vil fortsætte frem til et vist punkt, eksempelvis 30%, hvorefter andelen vil være konstant derefter. Et argument for en sådan grænse for andelen af mobilt internet er, at der findes en vis andel af digitale tjenester, som næsten altid vil anvende en fast bredbåndsforbindelse.

⁵ Cisco (2019).

KAPITEL 2

**MIKRO-FREMSKRIVNINGER AF
BREDSBÅNDSBEHOVET**

I dette kapitel analyserer vi seks forskellige brugertyper og deres respektive behov for hastighed, latency og pålidelighed. Vi giver en oversigt over disse seks brugertypers bredbåndsbehov i afsnit 2.1. Vi gennemgår kravene fra de underliggende internetbaserede tjenester, som ligger til grund for brugertypernes samlede behov, i afsnit 2.2. Vi gennemgår en øvre og nedre grænse for hver af de seks specifikke brugertyper i afsnit 2.3. Til slut ser vi på, hvorvidt der kan forventes en geografisk forskel i bredbåndsbehovet i afsnit 2.4.

**2.1 FORSKELLIGE BRUGERTYPER VIL HAVE MEGET
FORSKELLIGE BREDBÅNDSBEHOV**

Vi har foretaget en behovsfremskrivning for seks specifikke brugertyper baseret på:

- a) Kravene fra de underliggende internetbaserede tjenester (se afsnit 2.2)
- b) Forventningen til udbredelsen af disse tjenester, baseret på input fra markedseksperter (se afsnit 2.3.1 til 2.3.6)

Vi har for hver brugertype lavet to fremskrivninger som afdækker henholdsvis en øvre og en nedre grænse for bredbåndsbehovet i 2025-2030 givet den usikkerhed, der er omkring især udbredelsen af de underliggende internetbaserede tjenester.

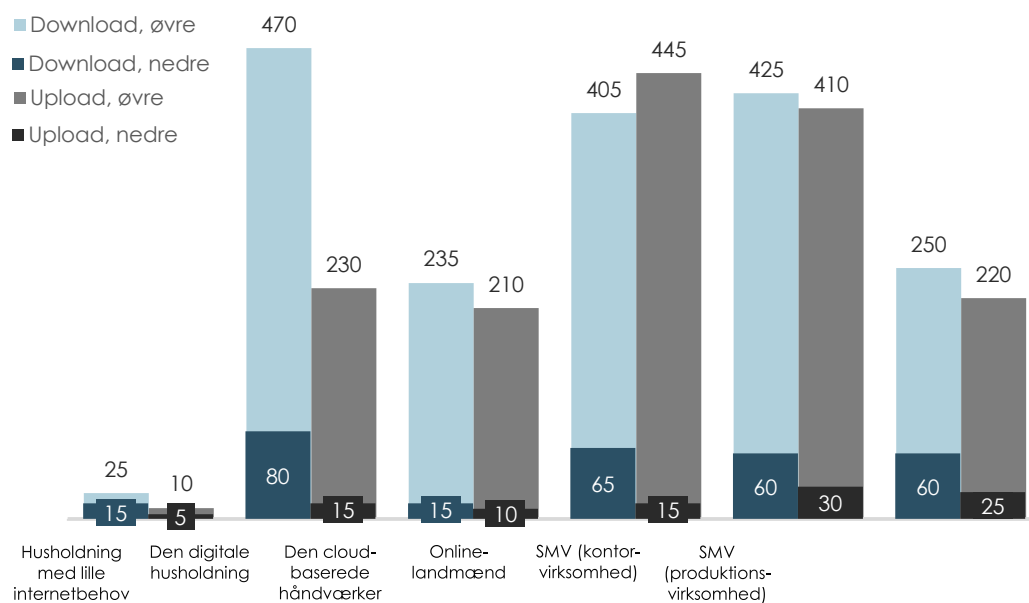
De seks brugertyper som vi har analyseret er:

1. Husholdningen med lille internetbehov
2. Den digitale husholdning
3. Den cloud-baserede håndværker
4. En online-landmand
5. En SMV (kontorvirksomhed) med 10 ansatte
6. En SMV (produktionsvirksomhed) med 10 ansatte

Det bør bemærkes, at disse seks brugertyper ikke dækker over samtlige brugertyper i Danmark, fx er væsentlige brugertyper som større virksomheder (>10 ansatte) og det offentlige ikke omfattet af analysen.

Vores fremskrivninger for de seks specifikke brugertyper viser, at behovet for downloadhastighed i 2025-2030 i den øvre grænse vil gå fra 25 Mbit/s for brugertypen med det mindste behov til 470 Mbit/s for brugertypen med det største behov. Behovet for uploadhastighed i 2025-2030 vil i den øvre grænse gå fra 10 Mbit/s for brugertypen med det mindste behov til 445 Mbit/s for brugertypen med det største behov. For et overblik over det estimerede behov for download- og uploadhastigheder for alle seks brugertyper, se Figur 4.

Figur 4
Estimerede behov for download og upload for de seks brugertyper, øvre og nedre grænser, i 2025-2030
 Mbit/s



Note: Se efterfølgende sider for udregninger, antagelser og kilder.

Kilde: Copenhagen Economics (se efterfølgende sider for udregning af estimater og kilder benyttet i aggregeringen)

Den nedre grænse kan ses som et konservativt estimat af bredbåndsbehovet i 2025-2030, mens den øvre grænse kan ses som et mere aggressivt estimat for bredbåndsbehovet i 2025-2030.

For at sætte tallene i perspektiv kan man betragte ovenstående hastighedskrav i forhold til den nuværende infrastruktur (dvs. udbuddet) og forventningen til 5G som vist i Tabel 5:

Tabel 5
Opnåelige hastigheder ved forskellige teknologier i dag

TYPE	BESKRIVELSE	HASTIGHED (MAKSIMALT I MBIT/S)	SYMMETRISK FORBINDELSE ^A	LATENCY ^B
FAST BREDBÅND	Kobber – xDSL ^C	150 Mbit/s	Nej	Middel
	Kabel-TV (coax) ^D	1 Gbit/s	Nej	Lav
	Fiber	10 Gbit/s	Ja	Meget lav
MOBILT INTERNET	3G	30 Mbit/s	Nej	Høj
	4G	150 Mbit/s	Nej	Lav (ca. 50 ms)
	5G	1-2 Gbit/s ved første udrolning, teoretisk op til 20 Gbit/s	Ja	Meget lav (ned til 1 ms)

Note: A) Ved en "symmetrisk forbindelse" vil download- og uploadhastigheder typisk være ens. Ved en asymmetrisk forbindelse vil downloadhastigheden typisk være højere end uploadhastigheden. / B) Høj: latency vil reducere den datahastighed, som brugeren oplever på internettet. Middel: latency vil kun i ringe grad påvirke den effektive datahastighed. Lav: latency vil ikke påvirke den effektive datahastighed. Meget lav: latency vil ikke påvirke den effektive datahastighed. Definitioner fra Energistyrelsen (2019c). / C) Estimat fra VDSL i Energistyrelsen (2019c). / D) I praksis bruges der DOCSIS 3.1 i Danmark med en hastighed på 1.000/100 Mbit/s (teoretisk 1.000/1.000 Mbit/s), på baggrund af input fra eksperter. Teoretisk kan opnås 10/10 Gbit/s med DOCSIS 3.1 Full Duplex, se High Speed Experts (2019).

Kilder: Energistyrelsen (2019b) for 4G latency, Telia (2019) for 5G, High Speed Experts (2019) for Kabel-TV hastighed og Energistyrelsen (2019c) for alle øvrige felter.

Vi har udover hastighedskravene også foretaget en fremskrivning af de seks brugertypers krav til latency og pålidelighed.

Fremskrivningen viser også en stor spredning i forhold til behovet for latency og pålidelighed. Spredningen i behovet findes både på tværs af brugertyper, men især også mellem den nedre og den øvre grænse. De fleste brugertyper stiller krav til meget lav latency (under 3 ms) i den øvre grænse, se Tabel 6.

Tabel 6
Latency-behov samt behov for pålidelighed for de seks brugertyper, øvre og nedre grænser, i 2025-2030

	HUSHOLDNING MED LILLE INTERNETBEHOV	DEN DIGITALE HUSHOLDNING	DEN CLOUD-BASEREDE HÅNDVÆRKER	ONLINE-LANDMÆND	SMV (KONTORVIRKSOMHED)	SMV (PRODUKTIVIRKSOMHED)
Latency (øvre)	Mindre relevant	<2,5 ms	<2,5 ms	<2,5 ms	<2,5 ms	<1 ms
Latency (nedre)	Mindre relevant	Mindre relevant	Mindre relevant	Mindre relevant	Mindre relevant	<10 ms
Pålidelighed (øvre)						
Pålidelighed (nedre)						

Noter: Se efterfølgende sider for udregninger.
Meget kritisk ----- Ikke kritisk

Kilde: Copenhagen Economics (se efterfølgende sider for udregning af estimater og kilder benyttet i aggregeringen).

Latency defineres i denne sammenhæng som den tid i millisekunder (ms), det tager fra afsendelse til modtagelse. Latency indeholder altså *ikke* retur-tiden og data-udpakningen, som er indeholdt i "round trip time" (RTT). Lav latency er særligt vigtigt for internetbaserede tjenester, hvor responstiden fra brugeren interagerer til "systemet" reagerer er kritisk. Som eksempel kan nævnes fjernstyring: hvis latency er for høj, vil der gå for lang tid fra brugeren sender en besked om, at enheden skal ændre retning til, at den gør det. Ligeledes er latency særligt vigtigt for cloud gaming og AR/VR: hvis der går for lang tid fra brugerens ageren til "systemet" reagerer, kan det have betydning for udfaldet af eksempelvis et spil, eller brugeren kan blive "søsyg" ved brug af AR/VR.

Pålidelighedsbehovet vurderes ud fra, hvor kritisk brugertypens afhængighed af tilgængeligheden og stabiliteten af en internetforbindelse er. Eksempelvis er fjernkirurgi "meget kritisk" mens at læse nyheder er "mindre kritisk". Private forbrugere vil generelt være mindre kritiske brugere, da funktionen af husstanden generelt kan opretholdes uden en meget pålidelig internetforbindelse. Omvendt er de fleste virksomheder, der i høj grad benytter internet, meget kritiske brugere, da funktionen af virksomheden afhænger af, at man altid har meget pålidelig internetadgang og dermed adgang til eksempelvis filer og software online.

Den betydelige forskel mellem den øvre og nedre grænse i forhold til både download- og uploadhastigheder samt i forhold til latency- og pålidelighedskrav er især forbundet med usikkerheden omkring udbredelsen af følgende tjenester:

- (Cloud-baserede) AR/VR-løsninger og opløsningen på disse løsninger (HD/4K/8K)
- Cloud-baserede software-løsninger

- Selvkørende køretøjer og robotter, der skal kunne kalibrere deres bevægelser med ”skyen” i realtid
- Cloud gaming

Overordnet vil de seks specifikke brugertyper dermed have meget forskellige bredbåndsbehov:

- Husholdningen med lille internetbehov vil have et behov, som ikke vil overstige en 25/10 Mbit/s forbindelse og vil ikke have nævneværdige krav til latency eller pålidelighed – **se afsnit 2.3.1 for flere detaljer.**
- Den digitale husholdning kan få et behov for en internetforbindelse op til 470/230 Mbit/s og meget lav latency ned til 2,5 ms. Forskellen mellem den nedre og den øvre grænse er primært drevet af udbredelsen af cloud gaming og cloud-baseret AR/VR – **se afsnit 2.3.2 for flere detaljer.**
- Den cloud-baserede håndværker vil typisk ikke have et særlig højt behov med mindre innovationer som AR/VR bliver udbredt i branchen, hvormed behovet kan stige til op mod 235/210 Mbit/s og latency-kravet kan falde til 2,5 ms – **se afsnit 2.3.3 for flere detaljer.**
- En online-landmand forventes at gøre stor brug af IoT/M2M-sensorer, der dog ikke kræver den store internethastighed. I den nedre grænse kan den online-landmands behov derfor imødekommes med en 65/15 Mbit/s forbindelse. Hvis innovationer som dronesværme, selvkørende traktorer og AR/VR bliver udbredt, kan behovet dog stige til op mod 405/445 Mbit/s og krav om lav latency under 3 ms – **se afsnit 2.3.4 for flere detaljer.**
- En SMV (kontorvirksomhed) med 10 ansatte vil frem mod 2025-2030 have behov for mellem 60/30 Mbit/s og 425/410 Mbit/s. Højt behov kan især være drevet af cloud-baserede software-løsninger (dvs. mere end bare simpel fillagring) samt AR/VR-løsninger, der fx bruges til avancerede videokonferenceløsninger – **se afsnit 2.3.5 for flere detaljer.**
- En SMV (produktionsvirksomhed) med 10 ansatte vil frem mod 2025-2030 have et behov for hastigheder mellem 60/25 Mbit/s og 250/220 Mbit/s. Brugen af teknologier som fabriksautomatisering (”industri 4.0”) er en stor driver for forskellen imellem den nedre og øvre grænse. Disse teknologier kan også stille krav om lav latency ned til 1 ms – **se afsnit 2.3.6 for flere detaljer.**

2.2 FORSKELLIGE TJENESTER STILLER FORSKELLIGE KRAV TIL BREDBÅND

Forskellige internetbaserede tjenester (som anvendes i forskelligt omfang af de forskellige brugertyper) kan stille meget forskellige krav til hastighed og latency. Vi giver et overblik over forskellige internetbaserede tjeneres krav til download, upload og latency i afsnit 2.2.1. I samme afsnit gennemgår vi derefter kort, at ikke alle digitale tjenester stiller høje krav til internetforbindelsen.

2.2.1 De færreste tjenester stiller høje krav til internetforbindelsen

De seks tjenestetyper (med undergrupper), som vi har analyseret, er udvalgt ud fra Energistyrelsens ønsker samt ud fra interviews med industrieksperter. De omfatter:

- 1) IoT (”Internet of Things”) og M2M (”Machine-to-machine”)
- 2) Cloud-løsninger (fillagring og cloud-baseret software)
- 3) Standardtjenester såsom søgetjenester og sociale medier
- 4) Streaming (både forbrugere og ”indholdsskabere”)
- 5) Cloud-baseret AR (”augmented reality”) og VR (”virtual reality”)

6) Cloud gaming

Disse seks tjenestetyper (og deres tilhørende undergrupper) forventes ifølge markedseksperter at dække over langt de fleste tjenester som kan stille krav til internetforbindelsen i 2025-2030. De færreste tjenester stiller krav til download- eller uploadhastigheder, der overstiger 100 Mbit/s ligesom latency-kravet sjældent er under 20 ms, se Tabel 7.

Tabel 7
Oversigt over internetkrav til at understøtte forskellige tjenestetyper

TJENESTE	DOWNLOAD (MBIT/S)	UPLOAD (MBIT/S)	LATENCY (MS)
IoT og M2M			
Basale online sensorer ^A	Lav	Lav	Meget varierende
Selvkørende biler ^B	65	65	<3
Den grønne omstilling ^C	1-100	1-100	Meget varierende
Velfærdsløsninger ^D	1-200	1-200	Meget varierende
Cloud-løsninger			
Standard fillagring ^E	2-20	2-20	Mindre relevant
Cloud-baseret software ^F	20-50	20-50	Meget varierende
Standardtjenester^G			
Alle løsninger	2-8	2-8	Mindre relevant
Streaming (forbrugere)^H			
Streaming af indhold, HD	5-8	Mindre relevant	Mindre relevant
Streaming af indhold, 4K	20-25	Mindre relevant	Mindre relevant
Streaming af indhold, 8K	40-50	Mindre relevant	Mindre relevant
Streaming ("indholdsskabere")^I			
Udbyde indhold, HD	Mindre relevant	6-15	Mindre relevant
Udbyde indhold, 4K	Mindre relevant	24-75	Mindre relevant
Udbyde indhold, 8K	Mindre relevant	48-115	Mindre relevant
AR/VR (cloud-baseret)^J			
HD (60 fps)	50	50	<10
4K (60 fps)	200	200	<2,5
Gaming (cloud-baseret)^K			
HD (60 fps)	20-50	-	<10-18
4K (60 fps)	35-200	-	<2,5-18

Kilder: A) Baseret på interviews med brancheeksperter samt 5G Americas (2019)/ B) 5G Americas (2019). / C) Nedre grænse baseret på basale online sensorer, øvre grænse baseret på IoT/M2M-fabriksautomatisering (droner ikke medtaget). D) Nedre grænse baseret på basale online sensorer, øvre grænse baseret på AR/VR estimat (fjernkirurgi ikke medtaget). Se også afsnittene 3.2.1 og 3.2.2. / E) Nedre grænse hentet fra Forbrugerrådet Tænk (2018). Øvre grænse baseres på egne beregninger ud fra angivelse af tidsforbrug for download/upload af 1 GB fil i Lyd og Billedes (2015) test af fire cloud tjenester. / F) AR/VR i HD fra IHS Markit (2018) anvendes som proxy. / G) Bredbåndsmatch.dk (2019), Skype (2019), Tjekditnet.dk (2019) samt interviews med brancheeksperter / H) Netflix (2019a og 2019b), HBO (2019) og Youtube (2019a). 8K er beregnet som 2 gange behovet til 4K. / I) Nedre grænse er hentet fra Twitchs (2019) anbefaling for livestreaming i HD, <https://stream.twitch.tv/encoding/> 4K hhv. 8K er beregnet som 4 hhv. 8 gange HD behovet. Øvre grænse er hentet fra Youtubes (2019b) uploadanbefalinger, 8K er beregnet som to gange midtpunktet af anbefalingen for 4K (40-75 Mbit/s). / J) IHS Markit (2018) / K) IHS Markit (2018) (øvre grænse) og Google (2019a) (nedre grænse).

Det er primært cloud-baseret AR/VR og cloud gaming i 4K, der stiller krav om høje hastigheder op til 200 Mbit/s.

Ligeledes er det især cloud-baseret AR/VR og cloud gaming (samt innovationer såsom selvkørende biler og avancerede velfærdsløsninger), som stiller krav om lav latency ned til 1-3 ms.

Bilag A indeholder en uddybende analyse af de forskellige tjenester med hensyn til både behov og udbredelse, og giver en forståelse af variationen, der gemmer sig inden for hver tjenestetype.

Ikke alle digitale tjenester stiller høje krav til internetforbindelsen

Vores interviews viser, at der er en forventning om, at der kommer langt flere enheder, som vil være tilsluttet internettet frem mod 2030. Vores undersøgelse har også vist, at der er stor fokus på brugen af digitale løsninger i Danmark. Denne fokus medfører i mange tilfælde et øget behov for en stabil og god internetforbindelse. Eksempelvis viser rapporten *Digital vækst i Danmark anno 2019* konsekvenserne af ét år med den tidligere regerings *Strategi for Danmarks digitale vækst*, og en lang række initiativer, der er blevet implementeret.⁶ Der er derfor et stort behov for stabil internetadgang.

Som det fremgår af Tabel 7 ovenfor er der dog mange tjenester (såsom simple IoT-sensorer) som vil stille forholdsvis begrænsede krav til internethastigheden og latency. Nogle af de digitale løsninger, som *ikke* nødvendigvis stiller *høje* krav til bredbåndsforbindelsen, er fx:

- Sensorer i eksempelvis kornsiloer, som kan bruges af foderproducenter til at opnå information om, hvornår siloen er ved at være tom, og om der skal sendes en lastbil. Denne løsning kan bidrage til produktiviteten og kræver naturligvis internetforbindelse, men løsningen har meget lave krav til båndbredde, latency, mv. da sensorerne kun skal sende meget små datapakker forholdsvis sjældent.
- Selvkørende biler *kan* stille høje krav til internetforbindelsen, men fokus inden for forskningen er lige nu på autonome og selvstændigt opererende køretøjer, der selv træffer beslutninger i trafikken. Der skal dermed ikke nødvendigvis bruges båndbredde eller latency på en hurtig forbindelse til en central server, hvor køretøjet løbende kan få at vide, hvordan den skal agere i trafikken.
- Autonome robotter, der kan flyve blodprøver fra mindre øer til hospitaler, stiller tilsvarende ikke høje krav til internetforbindelsen, såfremt de kan navigere vha. radiosignaler uden løbende kontakt med en cloud-server.

2.3 HVER BRUGERTYPE BENYTTER FORSKELLIGE TJENESTER

I det følgende afsnit gennemgår vi antagelserne, der ligger til grund for behovsfremskrivningen for de seks brugertyper.

For alle seks brugertyper måles bredbåndsbehovet ved den maksimale (peak) efterspørgsel, hvor de mest krævende tjenester anvendes, og hvor der er flest brugere samtidig. Samtidig er et vigtigt begreb i denne sammenhæng. Eksempelvis kan man sagtens forestille sig, at mange, hvis ikke alle,

⁶ Erhvervsministeriet (2019)

medarbejdere i en SMV vil benytte sig af cloud-baseret software løsninger, men såfremt ikke alle medarbejdere trækker på båndbredden på samme tid (heller ikke på tidspunktet med "peak" efterspørgsel), vil der ikke være tale om samtidigt brug som påvirker det overordnede bredbåndsbehov.

"Behovet" estimeres som værende det behov brugertypen faktisk vil have. I nogle tilfælde kan det være, at behovet ikke kan tilgås frem mod 2025-2030. Eksempelvis kan streaming i HD på fladskærme vise sig ikke at være tilgængeligt, hvis alt som udgangspunkt streames i 4K – selvom ikke alle brugere aktivt vil "behøve" en opløsning, som er højere end HD. Dermed vil husstande med lille behov for streaming muligvis blive "pålagt" et behov for en hurtigere internetforbindelse end deres faktiske behov.

Den nedre grænse kan ses som et konservativt estimat af bredbåndsbehovet i 2025, mens den øvre grænse kan ses som et mere aggressivt estimat for bredbåndsbehovet i 2030.

2.3.1 Husholdningen med lille internetbehov stiller få krav

Husholdningen med lille internetbehov vil i sagens natur have et begrænset behov for høj hastighed. Behovet estimeres at være mellem 25/10 Mbit/s som vist i Tabel 8 og 15/5 Mbit/s som vist i Tabel 9.

Latency er også mindre relevant for en husholdning med lille internetbehov, da ingen af de benyttede tjenester stiller krav om nævneværdig lav latency. Ligeledes er pålidelighed mindre vigtigt, da husstandens funktion kan opretholdes uden adgang til internettet.

En husholdning med lille internetbehov kan for eksempel være en husstand med 1-2 ældre personer uden det store behov for streaming i høj opløsning, AR/VR og gaming. En lille husstand kunne eksempelvis være en studerende, der primært benytter nettet til sociale medier og kun streamer via en smartphone eller tablet. Det kunne også være et ældre ægtepar.

Selv husholdningen med lille internetbehov vil med stor sandsynlighed være mere digitale i 2030, end de er i dag. Husstanden med ældre personer består i 2030 eksempelvis af personer, der har været yngre, da internettet slog igennem, og som er mere vant til at bruge internetbaserede tjenester.

Det bør påpeges, at det ikke nødvendigvis vil være muligt at få en 15/5 Mbit/s forbindelse (den nedre grænse) frem mod 2030, da forbindelser generelt bliver hurtigere og hurtigere og abonnenterne ændrer sig tilsvarende. Eksempelvis havde kun 4,9% af de faste bredbåndsabonnementer ultimo 2018 en markedsført downloadhastighed på under 10 Mbit/s.⁷

⁷ Telestatistikken 2. halvår 2018 (Energistyrelsen, 2019)

Tabel 8
Husholdning med lille internetbehov, øvre grænse

SAMLET BEHOV (ØVRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	10	0,1 Mbit/s	0,1 Mbit/s	Antages lavt	-
Cloud-løsninger ²	0	-	-	-	-
Standardtjenester ³	2	10 Mbit/s	10 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (HD) ⁴	2	14 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁵	0	-	-	-	-
Gaming ⁶	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁷	2 personer	25 Mbit/s	10 Mbit/s	Mindre relevant	


Noter: 1) Under antagelse af 10 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Antages ikke at være en driver for internetbehovet i en husholdning med lille internetbehov. / 3) Under antagelse af 2 enheder, der benytter standardtjenester som Facebook og lignende samtidig (øvre grænse). / 4) Under antagelse af 2 enheder, der streamer i HD samtidig (FCC anbefaling). / 5) Antages ikke at anvendes i en husholdning med lille internetbehov. / 6) Antages ikke at anvendes i en husholdning med lille internetbehov. / 7) Baseret på 2 streaming-enheder i HD, 10 IoT-enheder og 2 standardtjenester i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s (upload nedrundet). Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

Tabel 9
Husholdning med lille internetbehov, nedre grænse

SAMLET BEHOV (NEDRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	5	0,05 Mbit/s	0,05 Mbit/s	Antages lavt	-
Cloud-løsninger ²	0	-	-	-	-
Standardtjenester ³	1	5 Mbit/s	5 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (HD) ⁴	1	7 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁵	0	-	-	-	-
Gaming ⁶	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁷	1 person	15 Mbit/s	5 Mbit/s	Mindre relevant	

Noter: 1) Under antagelse af 10 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Antages ikke at være en driver for internetbehovet i en husholdning med lille internetbehov. / 3) Under antagelse af én enhed, der benytter standardtjenester som Facebook og lignende (gennemsnit af øvre og nedre grænse). / 4) Under antagelse af én enhed, der streamer i HD (FCC anbefaling). / 5) Antages ikke at anvendes i en husholdning med lille internetbehov. / 6) Antages ikke at anvendes i en husholdning med lille internetbehov. / 7) Baseret på én streamingenhed i HD, 5 IoT-enheder og én standardtjeneste i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s (upload nedrundet). Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

2.3.2 Den digitale husholdning har behov for høj hastighed og lav latency

Den digitale husholdning vil have behov for både høj hastighed og lav latency. Behovet estimeres at være mellem 470/230 Mbit/s som vist i Tabel 10 og 80/15 Mbit/s som vist i Tabel 11.

Latency forventes også at være vigtigt, da cloud-baseret AR/VR og cloud gaming stiller krav om lav latency. Pålidelighed er i nogen grad vigtigt, men husstandens væsentligste funktion er ikke nødvendigvis kritisk afhængig af internet.

Den digitale husholdning er i nedenstående en familie på fire personer bestående af to voksne og to børn. Den er karakteriseret ved et højt brug af digitale løsninger, der kræver internet i form af mange IoT sensorer, streaming i høj kvalitet, brug af cloud-baseret AR/VR og cloud gaming. Husholdningen er dermed i højere grad afhængig af internettet end husholdningen med lille internetbehov.

Der er stor variation i hastighedsbehovet for den digitale husholdning, hvilket især hænger sammen med udbredelsen af cloud-baseret AR/VR og cloud gaming, der kræver hurtigt internet. Udbredelsen af disse er altså en stor drivkraft bag bredbåndsbehovet for den digitale familie frem mod 2030.

Tabel 10
Den digitale husholdning, øvre grænse

SAMLET BEHOV (ØVRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	100	1 Mbit/s	1 Mbit/s	Antages lavt	-
- Cloud overvågning ²	3	6 Mbit/s	15 Mbit/s	Mindre relevant	-
Cloud-løsninger ³	0	-	-	-	-
Standard-tjenester ⁴	2	10 Mbit/s	10 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁵	2	50 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR (4K) ⁶	1	200 Mbit/s	200 Mbit/s	<2,5 ms	-
Gaming (cloud-baseret) ⁷	1	200 Mbit/s	Mindre relevant	<2,5 ms	-
Maksimalt behov⁸	4 personer	470 Mbit/s	230 Mbit/s	<2,5 ms	


Noter: 1) Under antagelse af 100 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af 5 enheder cloud-overvågning á 2/5 Mbit/s. / 3) Antages ikke at være en driver for internethastigheden i den digitale husholdning med højt forbrug. / 4) Under antagelse af 2 enheder, der benytter standardtjenester som Facebook og lignende samtidig (øvre grænse). / 5) Under antagelse af 2 enheder, der streamer i 4K samtidig (FCC anbefaling). / 6) Under antagelse af én enhed, der benytter cloud VR. / 7) Under antagelse af én enhed cloud gaming i 4K. / 8) Baseret på 2 streamingenheder i 4K, én cloud-baseret VR løsning i 4K, én cloud gaming i 4K, 100 IoT-enheder og 2 standardtjenester i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

Tabel 11
Den digitale husholdning, nedre grænse

SAMLET BEHOV (NEDRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	50	0,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s	Antages lavt	-
Cloud-løsninger ²	2	4 Mbit/s	4 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ³	2	10 Mbit/s	10 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁴	2	50 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
Streaming (HD) ⁴	2	14 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR (4K) ⁵	0	-	-	-	-
Gaming ⁶	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁷	4 personer	80 Mbit/s	15 Mbit/s	Mindre relevant	

Noter: 1) Under antagelse af 50 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af 2 enheder, der benytter cloud-løsninger (Tænk anbefaling). / 3) Under antagelse af 2 enheder, der benytter standardtjenester som Facebook og lignende samtidig (øvre grænse). / 4) Under antagelse af 2 enheder, der streamer i 4K samtidig (FCC anbefaling) og 2 enheder, der streamer i HD (eksempelvis mindre skærme såsom smartphones eller tablets, FCC anbefaling). / 5) Antages ikke at benyttes i den digitale husholdning med lavt forbrug. / 6) Antages ikke at benyttes i den digitale husholdning med lavt forbrug. / 7) Baseret på 2 streamingenheder i 4K, 2 streamingenheder i HD, 50 IoT-enheder og 2 standardtjenester i brug samtidig. Afrundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.


2.3.3 Den cloud-baserede håndværker kan få behov for mobilt internet med høj hastighed og lav latency

Den cloud-baserede håndværker vil i varierende grad have behov for høj hastighed og lav latency, hvilket især afhænger af udbredelsen af AR/VR-teknologi til håndværkere. Behovet estimeres at være mellem 235/210 Mbit/s som vist i Tabel 12 og 80/15 Mbit/s som vist i Tabel 13.

Latency er potentielt set også vigtigt, hvis håndværkeren benytter AR/VR-teknologi (som i den øvre grænse). Pålidelighed er også særligt vigtigt i den øvre grænse, hvis håndværkerens arbejde afhænger af adgang til AR/VR-teknologi. Denne brugertype kan afspejle mange mindre virksomheder i servicebranchen, fx kan tekniske montører også have gavn af AR/VR-teknologi.

Den cloud-baserede håndværker er i nedenstående defineret som et håndværker-team bestående af to personer. Håndværkeren vil i udpræget grad være afhængig af mobilt internet, da han/hun ikke kan være garanteret adgang til en forbindelse via en fast bredbåndsforbindelse hos vedkommendes kunder eller på byggepladser.

Tabel 12
Den cloud-baserede håndværker, øvre grænse

SAMLET BEHOV (ØVRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	100	1 Mbit/s	1 Mbit/s	Antages lavt	-
Cloud-løsninger ²	1	2 Mbit/s	2 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ³	1	4 Mbit/s	4 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁴	1	25 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁵	1	200 Mbit/s	200 Mbit/s	<2,5 ms	-
Gaming ⁶	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁷	2 personer	235 Mbit/s	210 Mbit/s	<2,5 ms	


Noter: 1) Under antagelse af 100 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af én enhed, der benytter cloud-løsninger (Tænk anbefaling). / 3) Under antagelse af én enhed, der benytter standardtjenester som søgetjenester eller lignende (øvre grænse). / 4) Under antagelse af én enhed, der streamer i 4K (FCC anbefaling). / 5) Under antagelse af én enhed, der benytter cloud VR. / 6) Antages ikke at benyttes af den cloud-baserede håndværker. / 7) Baseret på én streamingenhed i 4K, én enhed cloud-løsninger, én cloud-baseret VR-løsning i 4K, 100 IoT-enheder og én standardtjenester i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

Tabel 13
Den cloud-baserede håndværker, nedre grænse

SAMLET BEHOV (NEDRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	50	0,5 Mbit/s	0,5 Mbit/s	Antages lavt	-
Cloud-løsninger ²	1	2 Mbit/s	2 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ³	1	4 Mbit/s	4 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (HD) ⁴	1	7 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁵	0	-	-	-	-
Gaming ⁶	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁷	2 personer	15 Mbit/s	10 Mbit/s	Mindre relevant	

Noter: 1) Under antagelse af 50 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af én enhed, der benytter cloud-løsninger (Tænk anbefaling). / 3) Under antagelse af én enhed, der benytter standardtjenester som søgetjenester eller lignende (øvre grænse). / 4) Under antagelse af én enhed, der streamer i HD (FCC anbefaling). / 5) Antages ikke at benyttes af den cloud-baserede håndværker med lavt forbrug. / 6) Antages ikke at benyttes af den cloud-baserede håndværker. / 7) Baseret på én streamingenhed i 4K, én enhed cloud-løsninger, én cloud-baseret VR-løsning i HD, 50 IoT-enheder og én standardtjeneste i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.


2.3.4 En online-landmand kan få behov for meget høj hastighed og lav latency

En online-landmand kan få behov for hurtigt internet med lav latency. Behovet estimeres at være mellem 405/445 Mbit/s som vist i Tabel 14 og 65/15 Mbit/s som vist i Tabel 15. Den øvre grænse er især drevet af AR/VR og avancerede IoT/M2M-enheder såsom selvkørende traktorer.

Latency er potentielt set også vigtigt, hvis online-landmanden benytter avancerede "IoT"-løsninger såsom droner (øvre grænse). Pålidelighed er også særligt vigtig for den online-landmand, da en række sensorer vil hjælpe med informationer om gården til den daglige drift.

Online-landmanden er afhængig af en stor dækningsgrad, da landbrug i sagens natur ligger i mindre befolkede områder, der i nogen grad har adgang til langsommere internet end mere befolkede områder. Landmanden vil i et vist omfang være afhængig af internet, der ikke er kablet. I staldbygninger og lignende kan dette i vid udstrækning imødekommes af fast bredbånd og wifi-løsninger, mens mobilt internet vil være påkrævet for at have en internetforbindelse på eksempelvis marker, der ikke ligger i umiddelbar forlængelse af gården.

Tabel 14
Online-landmand, øvre grænse

SAMLET BEHOV (ØVRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	500	5 Mbit/s	5 Mbit/s	Antages lavt	-
- Avancerede løsninger ²	2	130 Mbit/s	130 Mbit/s	<3 ms	-
- Cloud-overvågning ³	5	10 Mbit/s	25 Mbit/s	Mindre relevant	-
Cloud-løsninger ⁴	1	2 Mbit/s	2 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ⁵	2	8 Mbit/s	8 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁶	2	50 Mbit/s	72 Mbit/s	Mindre relevant	-
AR/VR ⁷	1	200 Mbit/s	200 Mbit/s	<2,5 ms	-
Gaming ⁸	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁹	-	405 Mbit/s	445 Mbit/s	<2,5 ms	

Noter: 1) Under antagelse af 500 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af 2 droner, robotter, selvkørende enheder eller lignende, der opererer samtidig á 65/65 Mbit/s hastighedskrav (estimat fra selvkørende biler). / 3) Under antagelse af 5 enheder cloud-overvågning á 2/5 Mbit/s (estimat). / 4) Under antagelse af én enhed, der benytter cloud-løsninger (Tænk anbefaling). / 5) Under antagelse af 2 enheder, der benytter standardtjenester som søgetjenester og lignende samtidig (øvre grænse). / 6) Under antagelse af 2 enheder, der streamer i 4K samtidig (eksempelvis video-genkendelse af afgrøder og upload i forbindelse med præcisionsjordbrug, FCC anbefaling for download og Youtube live-streaming anbefaling for upload). / 7) Under antagelse af én enhed AR/VR. / 8) Antages ikke at benyttes af online-landmænd. / 9) Baseret på 2 streamingenheder i 4K, én cloud løsning, 500 IoT-enheder, 2 avancerede løsninger og 2 standardtjenester i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

Tabel 15
Online-landmand, nedre grænse

SAMLET BEHOV (NEDRE GRÆNSE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	100	1 Mbit/s	1 Mbit/s	Antages lavt	-
- Avancerede løsninger ²	0	-	-	-	-
Cloud-løsninger ³	1	2 Mbit/s	2 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ⁴	2	8 Mbit/s	8 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁵	2	50 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁶	0	-	-	-	-
Gaming ⁷	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁸	-	65 Mbit/s	15 Mbit/s	Mindre relevant	

Noter: 1) Under antagelse af 100 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Antages ikke at benyttes af online-landmænd med lavt forbrug. / 3) Under antagelse af én enhed, der benytter cloud-løsninger (Tænk anbefaling). / 4) Under antagelse af 2 enheder, der benytter standardtjenester som søgetjenester og lignende samtidig (øvre grænse). / 5) Under antagelse af 2 enheder, der streamer i 4K samtidig (almindelig streaming, upload mindre relevant, FCC anbefaling). / 6) Antages ikke at benyttes af online-landmænd. / 7) Antages ikke at benyttes af online-landmænd. / 8) Baseret på 2 streamingenheder i 4K, én cloud løsning, 100 IoT-enheder og 2 standardtjenester i brug samtidig. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

2.3.5 En SMV (kontorvirksomhed) kan få brug for høj hastighed og sandsynligvis også lav latency

En SMV i form af en kontorvirksomhed med 10 ansatte kan få brug for hurtigt internet i den øvre grænse.⁸ Behovet estimeres at være mellem 425/410 Mbit/s for de mest digitale SMVer som vist i Tabel 16 og 60/30 Mbit/s for de mindst digitale SMVer som vist i Tabel 17.

Den øvre grænse er især drevet af brugen af cloud-baseret software og AR/VR-teknologi, men andre tjenester også samlet set stiller et højt krav på grund af flere samtidige brugere.

Latency er potentielt set også vigtigt, hvis virksomheden benytter AR/VR-teknologi (inkluderet i den øvre grænse). Pålidelighed er også særdeles vigtigt for virksomheden, da den daglige drift er afhængig af digitale løsninger med internetadgang.

⁸ Der benyttes en SMV med 10 personer i nedenstående analyse. Større virksomheder har sandsynligvis behov for hurtigere internet.

Tabel 16
SMVer – kontorvirksomhed, øvre grænse

SAMLET BEHOV (ØVRE GRÆNSE, 10 ANSATTE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	500	5 Mbit/s	5 Mbit/s	Antages lavt	-
- Cloud-overvågning ²	5	10 Mbit/s	25 Mbit/s	Mindre relevant	-
Cloud-løsninger (lagring) ³	8 (80%)	16 Mbit/s	16 Mbit/s	Mindre relevant	-
Cloud-løsninger (software) ⁴	8 (80%)	160 Mbit/s	160 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ⁵	0	-	-	-	-
- Gruppe video ⁶	1	8 Mbit/s	0,5 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁷	1	25 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁸	1	200 Mbit/s	200 Mbit/s	<2,5 ms	-
Gaming ⁹	0	-	-	-	-
Maksimalt behov¹⁰	10 ansatte	425 Mbit/s	410 Mbit/s	<2,5 ms	

Noter: 1) Under antagelse af 500 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af 5 enheder cloud-overvågning á 2/5 Mbit/s (estimat). / 3) Under antagelse af 8 enheder (80% af de ansatte), der benytter cloud lagring samtidig. / 4) Under antagelse af 8 enheder (80% af de ansatte), der benytter cloud-baseret software samtidig á 20 Mbit/s. / 5) Antages ikke at være en driver for hastighedsbehovet i den øvre grænse. / 6) Under antagelse af ét gruppe video kald på 8/0,5 Mbit/s. / 7) Under antagelse af én enhed, der streamer i 4K. / 8) Under antagelse af én enhed, der benytter AR/VR. / 9) Antages ikke at benyttes af SMVer. / 10) Baseret på 500 IoT/M2M-sensorer, 5 enheder cloud-overvågning, 8 enheder cloud lagring, 8 enheder cloud-baseret software, ét gruppe video kald, én enhed streaming i 4K og én enhed AR/VR. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

Tabel 17
SMVer – kontorvirksomhed, nedre grænse

SAMLET BEHOV (NEDRE GRÆNSE, 10 ANSATTE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	100	1 Mbit/s	1 Mbit/s	Antages lavt	-
Cloud-løsninger ²	3 (30%)	6 Mbit/s	6 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ³	5 (50%)	20 Mbit/s	20 Mbit/s	Mindre relevant	-
- Gruppe video ⁴	1	8 Mbit/s	0,5 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁵	1	25 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁶	0	-	-	-	-
Gaming ⁷	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁸	10 ansatte	60 Mbit/s	30 Mbit/s	Mindre relevant	

Noter: 1) Under antagelse af 100 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig á 0,01 Mbit/s (estimat). / 2) Under antagelse af 3 enheder (30% af de ansatte), der benytter cloud lagring samtidig. / 3) Under antagelse af 3 enheder (30% af de ansatte), der benytter standardtjenester som søgetjenester og lignende samtidig (øvre grænse). / 4) Under antagelse af ét gruppe video kald på 8/0,5 Mbit/s. / 5) Under antagelse af én enhed, der streamer i 4K. / 6) Antages ikke at benyttes af SMV (kontorvirksomhed) i den nedre grænse. / 7) Antages ikke at benyttes af SMVer. / 8) Baseret på 100 IoT/M2M-sensorer, 3 enheder cloud-løsninger, 5 enheder standardtjenester, ét gruppe video kald og én enhed streaming i 4K. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.


2.3.6 En SMV (produktionsvirksomhed) kan få brug for høj hastighed og med stor sandsynlighed også lav latency

En SMV i form af en produktionsvirksomhed med 10 ansatte kan få brug for hurtigt internet for de mest digitale virksomheder. Behovet estimeres at være mellem 250/220 Mbit/s for de mest digitale SMVer som vist i Tabel 18 og 60/25 Mbit/s for de mindst digitale SMVer som vist i Tabel 19.

Den øvre grænse er især drevet af AR/VR-teknologi i produktionsprocessen, men også ”motion control” kræver samlet noget hastighed.

Latency vil med stor sandsynlighed blive vigtigt for produktionsvirksomheden med krav mellem 1 og 10 ms for henholdsvis fabriksautomatisering og ”motion control”. Pålidelighed er særdeles vigtigt for virksomheden, da den daglige drift er afhængig af digitale løsninger med internetadgang.

Tabel 18
SMVer – produktionsvirksomhed, øvre grænse

SAMLET BEHOV (ØVRE GRÆNSE, 10 ANSATTE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	100	1 Mbit/s	1 Mbit/s	Antages lavt	-
- Motion control ²	100	10 Mbit/s	10 Mbit/s	<1 ms	-
Cloud-løsninger ³	1 (10%)	2 Mbit/s	2 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ⁴	1 (10%)	4 Mbit/s	4 Mbit/s	Mindre relevant	-
- Gruppe video ⁵	1	8 Mbit/s	0,5 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁶	1	25 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁷	1	200 Mbit/s	200 Mbit/s	<2,5 ms	-
Gaming ⁸	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁹	10 ansatte	250 Mbit/s	220 Mbit/s	<1 ms	


Noter: 1) Under antagelse af 100 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig (estimat). / 2) Under antagelse af 100 motion control enheder eller mobile robotter (samlet 10 Mbit/s jf. 5G Americas (2019)). / 3) Under antagelse af én enhed (10% af de ansatte), der benytter cloud-løsninger (øvre grænse). / 4) Under antagelse af én enhed (10% af de ansatte), der benytter standardtjenester som søgetjenester og lignende (øvre grænse). / 5) Under antagelse af ét gruppe video kald på 8/0,5 Mbit/s. / 6) Under antagelse af én enheder, der streamer i 4K. / 7) Under antagelse af én enheder, der benytter AR/VR. / 8) Antages ikke at benyttes af SMVer. / 9) Baseret på 100 IoT/M2M-sensorer, 100 motion control enheder, én enhed cloud-løsninger, én enhed standardtjenester, ét gruppe video kald, én enhed streaming i 4K og én enhed AR/VR. Oprundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

Tabel 19
SMVer – produktionsvirksomhed, nedre grænse

SAMLET BEHOV (NEDRE GRÆNSE, 10 ANSATTE)					
Tjeneste	Simultane brugere	Download	Upload	Latency	Pålidelighed
IoT/M2M ¹	100	1 Mbit/s	1 Mbit/s	Antages lavt	-
- Fabriksautomatisering ²	100	10 Mbit/s	10 Mbit/s	<10 ms	-
Cloud-løsninger ³	2 (20%)	4 Mbit/s	4 Mbit/s	Mindre relevant	-
Standardtjenester ⁴	2 (20%)	8 Mbit/s	8 Mbit/s	Mindre relevant	-
- Gruppe video ⁵	1	8 Mbit/s	0,5 Mbit/s	Mindre relevant	-
Streaming (4K) ⁶	1	25 Mbit/s	Mindre relevant	Mindre relevant	-
AR/VR ⁷	0	-	-	-	-
Gaming ⁸	0	-	-	-	-
Maksimalt behov⁹	10 ansatte	60 Mbit/s	25 Mbit/s	<10 ms	

Noter: 1) Under antagelse af 100 IoT-enheder (eksempelvis sensorer), der benyttes samtidig (estimat). / 2) Under antagelse af 100 fabriksautomatiseringsenheder (samlet 10 Mbit/s jf. 5G Americas (2019)). / 3) Under antagelse af 2 enheder (20% af de ansatte i de mindste SMVer med 10 ansatte), der benytter cloud-løsninger samtidig (øvre grænse). / 4) Under antagelse af 2 enheder (20% af de ansatte i de mindste SMVer med 10 ansatte), der benytter standardtjenester som søgetjenester og lignende samtidig (øvre grænse). / 5) Under antagelse af ét gruppe video kald á 8/0,5 Mbit/s. / 6) Under antagelse af én enhed, der streamer i 4K. / 7) Antages ikke at benyttes af de mindste SMVer. / 8) Antages ikke at benyttes af SMVer. / 9) Under antagelse af ét gruppe video kald á 8 Mbit/s. / 9) Baseret på én streamingenhed i 4K, 2 cloud-computing enheder, 100 IoT-enheder, 100 fabriksautomatiseringsenheder, 2 standardtjenester og ét gruppe video kald. Afrundet til nærmeste 5 Mbit/s. Det maksimale latency-krav er minimum af de påkrævede latencies. Bemærk at der er tale om en udregning på baggrund af simultane brugere.

Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics.

2.4 DER FORVENTES IKKE STORE GEOGRAFISKE FORSKELLE I BEHOVET

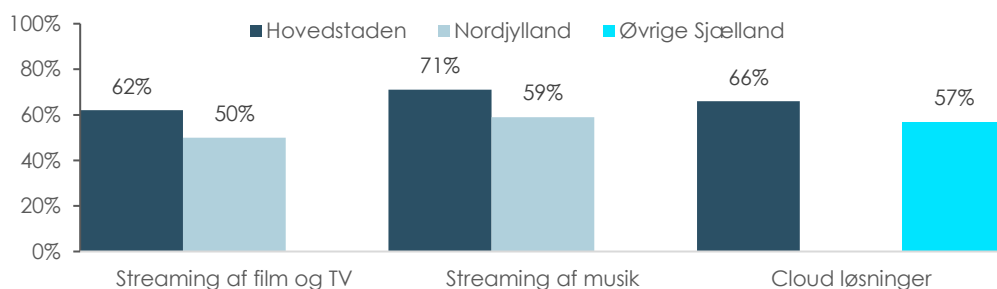
Selvom der er små geografiske forskelle i brugen af internetbaserede tjenester, er der ingen direkte indikationer på geografiske forskelle i det underliggende behov.

Geografiske forskelle i brugen af internetbaserede tjenester i dag kan muligvis forklares af ”huller” i udbuddet, hvor den nuværende infrastruktur ikke er tilstrækkelig til at møde det nuværende behov, og evt. også en lille ujævn fordeling af forskellige brugertyper på tværs af landet, eksempelvis med mange unge i de mere befolkede områder.

2.4.1 Der er højst små geografiske forskelle i behovet i dag

Der er små geografiske forskelle i brugen af internetdrevne tjenester i dag, se Figur 5.

Figur 5
Danskernes brug af streaming og cloud-løsninger efter geografi
Procent af befolkningen



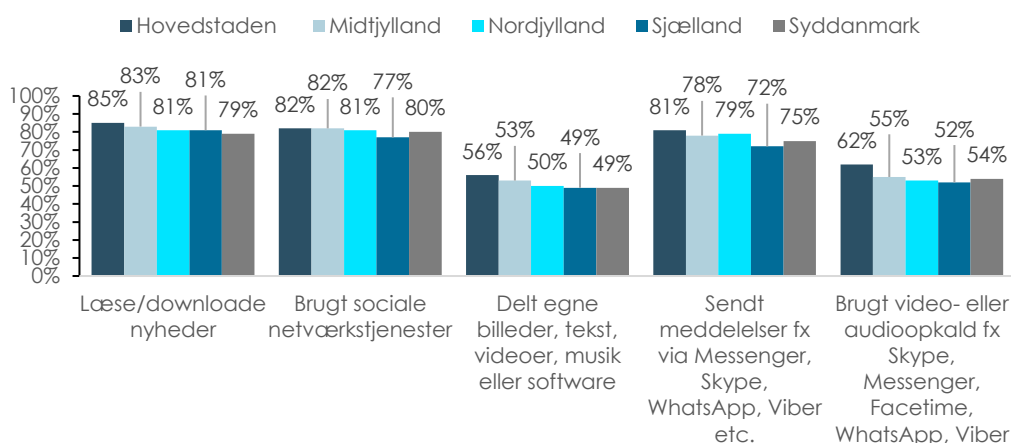
Noter: Tal for cloud-løsninger er fra 2019, streaming er fra 2018. Kun de største geografiske forskelle er illustreret. Procent af befolkningen, der har benyttet den givne tjeneste inden for det givne år.

Kilder: Danmarks statistik, BEBRIT16 og BEBRIT18.

I 2018 streamede 62% af befolkningen i Hovedstaden film eller TV mod 50% i Nordjylland – en forskel på 12 procent point. Samme forskel ses ved streaming af musik, hvor 71% af befolkningen i hovedstaden streamede musik i 2018 mod kun 59% i Nordjylland.

Samme mønster ses for brugen af standardtjenester som at læse/downloade nyheder, bruge sociale netværkstjenester, mv., se Figur 6.

Figur 6
Brug af standardtjenester efter geografi, 2019
Procent af befolkningen



Note: Procent af befolkningen, der har benyttet den givne tjeneste inden for det givne år.

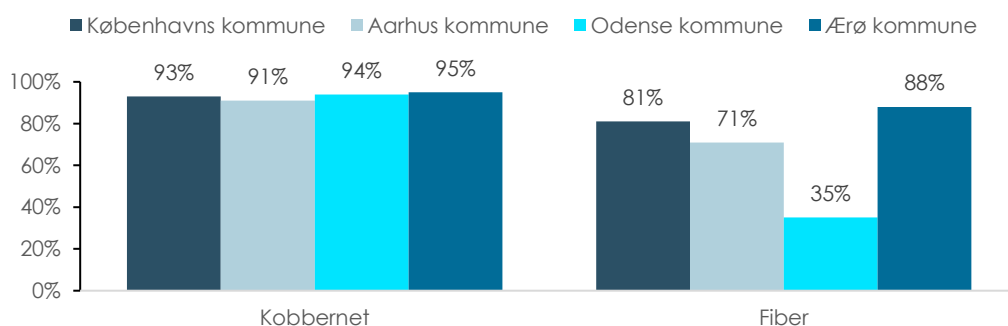
Kilde: Danmarks Statistik, BEBRIT09.

Den største geografiske variation i brugen af disse standardtjenester findes i brugen af video- og audioopkald, hvor 62% i Hovedstaden benytter disse tjenester mens ”kun” 52% benytter dem på det øvrige Sjælland – en forskel på 10 procent point.

Forskellene kan således muligvis forklares af fx forskelle i alderssammensætningen i henholdsvis mere og mindre befolkede områder.

En anden mulig forklaring er forskelle i den nødvendige infrastruktur. Eksempelvis har 81% af husstandene i Københavns kommune adgang til fiber, mens kun 35% af Odense kommune adgang til fiber, se Figur 7.

Figur 7
Udbredelse af bredbåndsteknologier (kobbernet og fiber) i udvalgte kommuner
Procent af befolkningen i den respektive kommune med adgang til den givne teknologi



Note: For alle kommunerne er dækningen 100 procent for mobilt internet og 0-1 procent for fast-trådløst.
Kilde: Tjekditnet.dk (2019)

Forskelle i brugen af internetbaserede tjenester behøver derfor ikke nødvendigvis at indikere forskelle i behovet såfremt der er nogle brugere som ikke har mulighed for at få mødt deres behov med den nuværende infrastruktur.

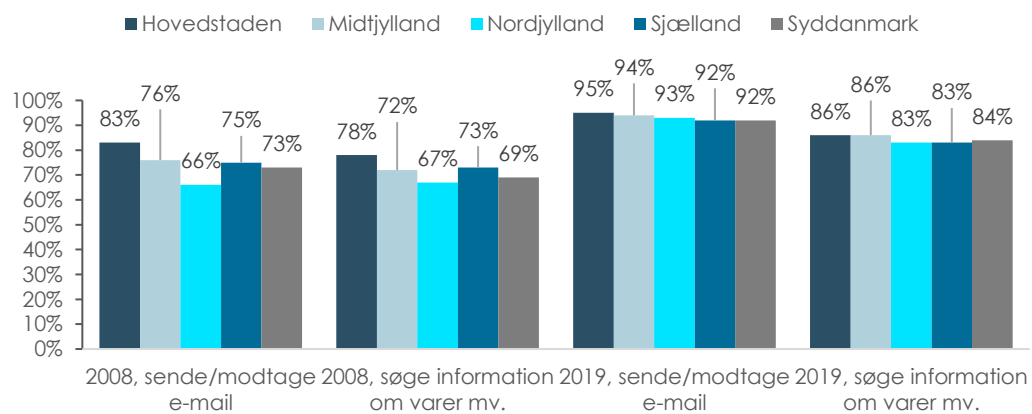
2.4.2 Der er ikke tegn på strukturelle geografiske forskelle i behovet

Der er på baggrund af interviews og litteratursøgning ikke noget, der peger på, at der er strukturelle geografiske forskelle i behovet.

Dette bekræftes i en vis grad af den historiske udvikling som indikerer, at geografiske forskelle i brugen af nogle internetløsninger er blevet udvisket over tid. Såfremt der findes geografiske forskelle i behovet, er der da måske i højere grad tale om en forsinkelse, hvor behovet er et par år bagud i nogle områder.

Eksempelvis kan det ses, at geografiske forskelle i brugen af internettet til at sende/modtage e-mails samt søge information er blevet mindre fra 2008 til 2019, se Figur 8.

Figur 8
Geografiske forskelle historisk set
Procent af befolkningen i den respektive kommune



Note: Procent af befolkningen, der har benyttet den givne tjeneste inden for det givne år.
Kilde: Danmarks Statistik, BEBRIT09

KAPITEL 3

TEMAER

I dette kapitel beskriver vi tre temaer, hvor internetbaserede løsninger har særlig betydning.

I afsnit 3.1 analyserer vi innovationer, der kan bidrage til den grønne omstilling, og de krav, som disse måtte stille til internetforbindelsen. Specifikt fokuserer vi i afsnit 3.1.1 til 3.1.5 på henholdsvis IoT/M2M-sensorer, præcisionsjordbrug, selvkørende køretøjer, droner og IoT/M2M-enheder til fabriksautomatisering.

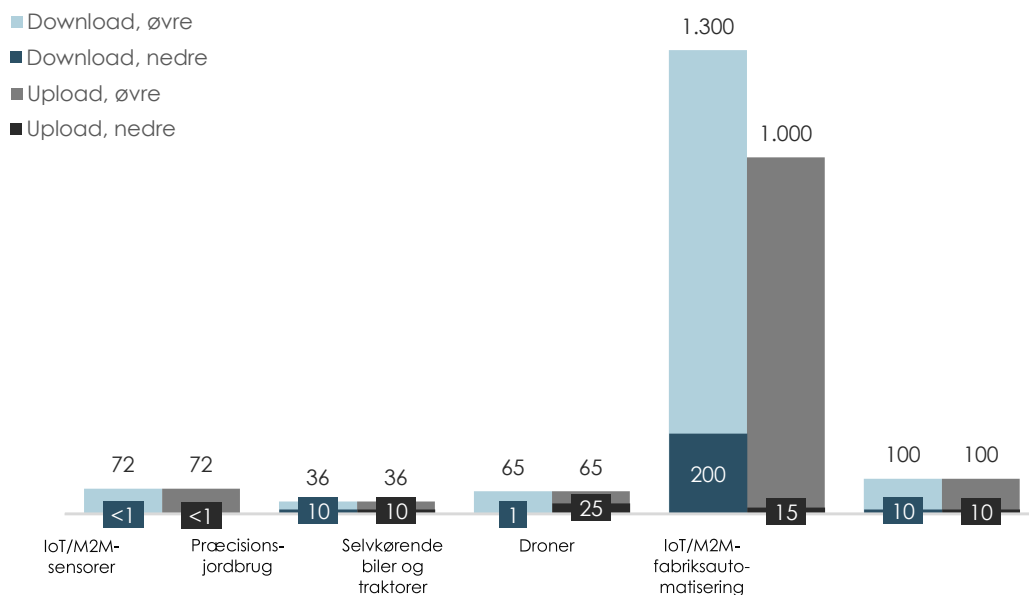
I afsnit 3.2 analyserer vi digitale velfærdsløsninger og deres afhængighed af og krav til internetforbindelsen. Specifikt fokuserer vi i afsnit 3.2.1 til 3.2.4 på henholdsvis simple telehealth løsninger, fjerndiagnosticering, fjernkirurgi og AR/VR.

I afsnit 3.3 beskriver vi, hvordan nogle tjenester har brug for mobilt internet, mens andre har brug for en pålidelig forbindelse (og dermed muligvis behov for en fast bredbåndsforbindelse).

3.1 INTERNETBASEREDE TJENESTER KAN BIDRAGE TIL DEN GRØNNE OMSTILLING

Internetbaserede innovationer vil i høj grad kunne bidrage til den grønne omstilling, men mange af disse innovationer vil ikke kræve høj hastighed. Der estimeres et behov mellem <1 Mbit/s og 1,3 Gbit/s download og <1 Mbit/s og 1 Gbit/s upload, se Figur 9.

Figur 9
Internetbehov for nogle af de løsninger og innovationer, der kan bidrage til den grønne omstilling
Mbit/s per enhed



Noter: Hastighed er per enhed. IoT/M2M-sensorer: Som øvre grænse benyttes innovative sensorer med mulighed for høj datatrafik, som nedre grænse benyttes sensorer med lav datamængde ned til 1 byte = 8 bits. Der antages ligestillede krav til upload og download. / Præcisionsjordbrug: 4K live-streaming bruges som øvre grænse og som nedre grænse anvendes upload anbefaling fra Paul Budde Communication. Der antages ligestillede krav til upload og download. / Selvkørende biler og traktorer: Som øvre grænse benyttes platooning og advanced driving, mens fjernstyring udgør nedre græns. / Droner: Som øvre grænse benyttes peak rate for lavfrekvent styring med AR/VR og realtids-kontrol, mens der for nedre grænse anvendes edge rate for lavfrekvent styring og 4K teknologi, hhv. 1300/1000 Mbit/s og 200/15 Mbit/s. / IoT/M2M-fabriksautomatisering, motion control og mobile robotter: Som øvre grænse bruges motion control og fjernstyring, som nedre grænse bruges automatisering. Der antages ligestillede krav til upload og download.

Kilde: Copenhagen Economics (se efterfølgende sider for udregning af estimater og henvisninger til benyttede kilder).

For mange innovationer, der kan bidrage til den grønne omstilling, er latency mindre relevant, men nogle få innovationer kræver lav latency og høj pålidelighed som vist i Tabel 20.

Tabel 20
Latency-behov samt behov for pålidelighed for løsninger og innovationer, der kan bidrage til den grønne omstilling

	IOT/M2M- SENSORER	PRÆCISIONS- JORDBRUG	SELV- KØRENDE BILER OG TRAKTORER	DRONER	IOT/M2M FABRIKS- AUTOMATI- SERING (ENHEDER)
Latency (øvre)	Mindre relevant	Mindre relevant	<3 ms	<20 ms	<1 ms
Latency (nedre)	Mindre relevant	Mindre relevant	<5 ms	<40 ms	<10 ms
Pålidelighed (øvre)					
Pålidelighed (nedre)					

Noter: Se efterfølgende sider for antagelser og kilder.
Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics (se efterfølgende sider for udregning af estimater og henvisninger til anvendte kilder).

IoT- og M2M-sensorer kan bidrage til den grønne omstilling ved at mindske madspild, mindske behovet for unødvendig transport mv., og i sidste ende reducere CO₂-udledningen. Simple IoT/M2M-sensorer kræver som oftest hastigheder langt under 1/1 Mbit/s for at fungere og stiller i begrænset omfang krav om lav latency.

Mere innovative IoT- og M2M-enheder som fabriksautomatisering, ”motion control” og mobile robotter, selvkørende biler og brugen af droner via internettet har også potentiale til at bidrage til den grønne omstilling i form af reduceret brug af sprøjtemidler, mindre CO₂-udledning og reduceret spild og udledning fra produktionsprocesser. Sådanne innovationer stiller til gengæld høje krav til såvel hastighed som latency. Eksempelvis kan droner kræve hastigheder op mod 1,3/1,0 Gbit/s med realtidskontrol og streaming af video i 4K. De angivne hastigheder i Figur 9 er alle per enhed. Hvis mange droner skal anvende samme internetforbindelse samtidig kan behovet derfor være endnu større. Eksempelvis vil 5 selvkørende traktorer på samme forbindelse kræve en hastighed på 325 Mbit/s.⁹

Avancerede IoT/M2M-enheder er i høj grad afhængig af en stabil forbindelse, høj hastighed og lav latency for at kunne fungere optimalt. Droner og selvkørende biler kan gøre brug af internettet fremadrettet, men alternative teknologier er også i spil. Mange droner betjenes eksempelvis vha. radiobaseret teknologi mens selvkørende biler og traktorer i høj grad udvikles til at være ”autonome” og tage selvstændige beslutninger under kørslen, hvilket mindsker behovet for kontakt med omverdenen.

⁹ 5 enheder á 65 Mbit/s

En god dækning er en vigtig faktor for den grønne omstilling, ligesom ”connectivity” (muligheden for at have mange enheder tilsluttet internettet samtidig) i stigende grad vil være relevant, eftersom flere og flere enheder tilknyttes internettet. Som eksempel på løsninger, der stiller høje krav til dækning og connectivity, kan nævnes ”smart grid”, der kan gøre den grønne omstilling billigere, give besparelser på elregningen og være med til at fremme nye services og produkter til glæde for forbrugerne.¹⁰ Ligeledes kan ”Smart Cities” bidrage til den grønne omstilling.¹¹

3.1.1 IoT/M2M-sensorer kræver sjældent høj hastighed

Antallet af IoT-enheder, der kræver internetopkobling, er støt stigende. Eksempelvis estimeres antallet af M2M forbindelser at stige med 19% per år fra 2017 til 2022 til 15 milliarder på verdensplan.¹² Disse stiller generelt meget lave krav til internethastigheden (langt under 1 Mbit/s), men høje krav om ”connectivity”, da mange enheder skal være tilsluttet internettet samtidig.

Sensorer har mange anvendelsesmuligheder, eksempelvis ”smart grid”, temperaturstyring, fugtighedsstyring, automatiserede vandingsystemer, optimering af ruter for tømning af offentlige skraldespande og containere og meget andet.¹³ Disse har potentiale til at **mindske madspild, mindske behovet for unødvendig transport mv., og i sidste ende reducere CO2-udledningen.**

Generelt stiller sensorer meget lave krav til internethastigheden, men nogle innovative sensorer kan overføre data på op til 72 Mbit/s.¹⁴ Der er typisk ikke krav om lav latency for sensorer. Som eksempel kan nævnes en sensor, der tracker beholdningen af en given vare, såsom foder i en kornsilo hos en landmand eller mælk i køledisken i et supermarked. Om latency på disse sensorer er 1 ms eller 100 ms (eller endda 1.000 ms) er mindre relevant, så længe informationen kommer frem. Pålidelighed kan blive en udfordring, når flere og flere sensorer tilknyttes netværket. Dette stiller krav om høj ”connectivity”, altså at mange enheder kan være tilsluttet internettet samtidig uden tab af information.

En anvendelse af blandt andet IoT/M2M-sensorer finder sted i såkaldte ”Smart Cities”. Begrebet ”Smart City” dækker over anvendelsen af teknologi, data og partnerskaber til at skabe en byudvikling præget af bæredygtighed, innovation og borgerinddragelse.¹⁵ Dette kan således bidrage til den grønne omstilling i form af eksempelvis forbedret offentlig transport og reduktion af trafikpropper samt bedre udnyttelse af energi-infrastrukturen med reduktioner af CO2-udledningen til følge.¹⁶ ”Smart Cities” stiller særdeles høj krav til connectivity, da mange enheder skal være forbundet til netværket samtidig.

¹⁰ Klima-, Energi- og Bygningsministeriet (2013)

¹¹ Teknologisk Institut (2019a)

¹² Cisco (2018)

¹³ IoT Denmark (2019a og 2019b). Mange sensorer benytter Sigfox netværk i stedet for direkte internetforbindelse, men bearbejdningen af disse data kan dog i nogle tilfælde kræve internetadgang, eksempelvis hvis data lagres i ”skyen” jf. WND Group (2019).

¹⁴ Texas Instruments (2017)

¹⁵ Teknologisk Institut (2019a)

¹⁶ Teknologisk Institut (2019b)

3.1.2 Præcisionsjordbrug stiller høje krav til hastighed, latency og tilgængelighed

En række løsninger i landbruget kan bidrage til den grønne omstilling, eksempelvis præcisionsjordbrug, såsom positionsbestemt sprøjtning, der kan **mindke brugen af sprøjtemidler**.¹⁷ Dette stiller krav en tilgængelig internetforbindelse i yderområderne, hvis innovative løsninger skal kunne benyttes.

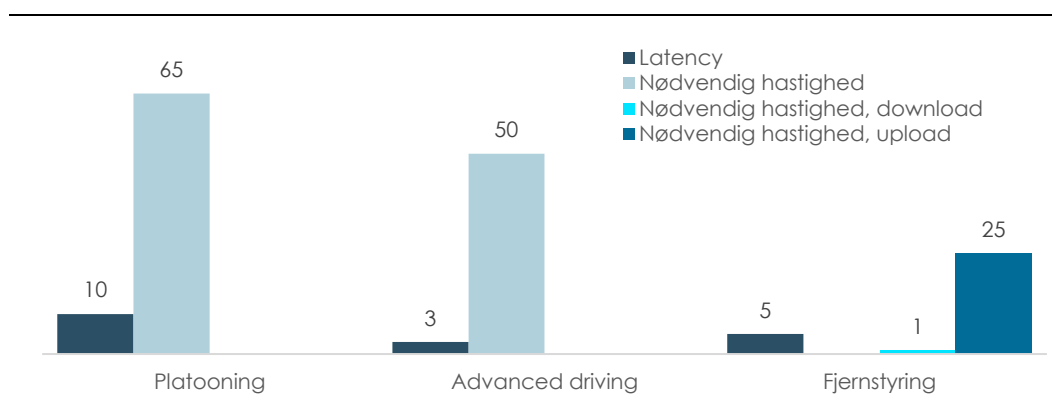
Sådanne løsninger er allerede i vid udstrækning i brug, eksempelvis i form af CropManager.¹⁸ Upload af videoer anbefales at kunne foretages ved omkring 10 Mbit/s.¹⁹ Nyere udviklinger i form af kamerabaserede sensorer på droner er under udvikling.²⁰ Innovative løsninger benytter videogenkendelse direkte på traktoren, som bearbejdes og skræddersyr brugen af eksempelvis sprøjtemidler.

Ideelt set skal videogenkendelsen køre via en internetforbindelse til en server, men dækningen og hastigheden er ikke tilstrækkelig på 4G. Software til bearbejdningen af videoen sidder i dag derfor direkte på traktoren, men kan gøres bedre, hvis centraliseret cloud-baseret software benyttes. Som tidligere vist kræver live-streaming af en 4K video omkring 36 Mbit/s.

3.1.3 Selvkørende køretøjer (biler og traktorer) stiller potentielt set høje krav til hastighed, latency og mobilt internet

Både selvkørende biler og traktorer kan bidrage til den grønne omstilling i form af **mindre CO₂-udledning** sammenlignet med konventionelle løsninger.²¹ Dette stiller krav om en meget stabil forbindelse med lav latency og relativt høj hastighed som vist i Figur 10.

Figur 10
Systemkrav til forskellige teknologier for selvkørende køretøjer
ms (latency) og Mbit/s (hastigheder)



Kilde: 5G Americas (2019)

¹⁷ Teknisk Landsforbund (2017)

¹⁸ Seges (2019)

¹⁹ Paul Budde Communication (2016)

²⁰ Square meter Farming, SDU (2019)

²¹ En stor del af reduktionen finder sted i overgangen fra køretøjer, der benytter fosile brændstoffer til el-køretøjer.

Selvkørende biler udvikles i høj grad til at være autonome, altså til at fungere uden indblanding udefra. Dermed er det ikke nødvendigvis påkrævet med en internetforbindelse i høj kvalitet. Dog skal alle selvkørende køretøjer have indlæst "roadmaps" jævnligt (selvkørende biler og traktorer, droner mv.), hvilket foregår via nettet. Dermed vil der stadig foreligge et behov for en internetforbindelse. Nogle teknologier involverer en internetopkobling, eksempelvis "platooning" (tæt kørsel med autonome køretøjer).

Som vist i figuren herunder kræver selvkørende køretøjer op til 65 Mbit/s per enhed for såkaldt "platooning", altså tæt kolonnekørsel. Avanceret kørsel kræver også latency ned til 3 ms. Et alternativt scenarie til selvkørende køretøjer er fjernstyrede køretøjer. Disse stiller lavere krav til hastighed på henholdsvis 1 og 5 Mbit/s download og upload, men latency-kravet er fortsat stort med en påkrævet latency under 5 ms.

3.1.4 Droner stiller i nogle tilfælde meget høje krav til hastighed, latency og mobilt internet

Droner har potentiale til at transformere eksempelvis logistik-branchen med **besparelser i CO₂-udledningen** til følge.²² Ligeledes benyttes droner i stigende grad i sundhedssektoren til eksempelvis transport af blodprøver og medicinsk udstyr.²³ Droner benytter typisk lavfrekvente radiobølger til styring og kommunikation mellem base-stationen og dronen, men brugen af internet til at kontrollere droner via smartphones eller tablets er også udbredt.²⁴ Såfremt internet bruges til droner stiller det meget høje krav til både hastighed og lav latency.

Fordelene ved at bruge det eksisterende og fremtidige mobile internet er blevet påpeget i eksempelvis den akademiske litteratur. Her spiller 5G en afgørende rolle, da lav latency og høje hastigheder giver mulighed for realtidskontrol, præcis positionering og kontrol samt høj billedkvalitet i tilfælde af video- eller billede-transmission. Behovet for internet er i høj grad drevet af behovet for live-streaming af video. Det forventes at 5G peak data raterne for en 3,5 GHz frekvens med 100 MHz båndbredde vil kræve en download på 1,3 Gbit/s og upload på 175 Mbit/s.²⁵ Kravene til upload varierer dog meget efter applikation. Højeste krav for droner stilles af AR/VR-applikationer med omkring 1 Gbit/s. Mens billede- og videotransmission typisk kræver en latency under 40 ms, kræver fjernstyret realtidskontrol en latency under 20 ms.²⁶ For at imødekomme det høje download krav til kontrol (1,3 Gbit/s) og det høje krav til realtidskontrol (upload 1 Gbit/s og latency <20 ms) vil der altså kræves op til en 1300/1000 Mbit/s forbindelse. Som nedre grænse benyttes lavfrekvent edge-rate estimat for en enkelt bruger og 4K streaming, som kræver henholdsvis 200 Mbit/s download og 15 Mbit/s upload samt under 40 ms latency for streaming.

²² Teknologisk Institut (2019c).

²³ Se eksempelvis projektet HealthDrone, Syddansk Universitet (2019).

²⁴ For eksempel Parrot AR drone 2.0, Parrot (2019).

²⁵ På en højfrekvent forbindelse (med deraf følgende lav rækkevidde) vil peak-kravet for en enkelt bruger være op til 13 Gbit/s download og 1,75 Gbit/s upload (Yang et al., 2018).

²⁶ Yang et al. (2018)

3.1.5 IoT- og M2M-enheder stiller høje krav til hastighed og latency – fabriksautomatisering, motion control og mobile robotter

Industrielle robotter er en case for 5G på grund af høj hastighed, lav latency og høj stabilitet²⁷, og bedre forsyningskæder i industrien **kan reducere spild og udledning fra produktion**.²⁸ Som vist i Tabel 21 stiller industrielle robotter krav til latency ned mod 1 ms for motion control og op mod 100 Mbit/s for fjernstyring.

3.2 INTERNETBASEREDE TJENESTER KAN UNDERSTØTTE DIGITALE VELFÆRDSLØSNINGER

Internettet er afgørende for digitale velfærdsløsninger som eksempelvis telehealth, da disse funktionelt er afhængige af en fast bredbåndsforbindelse eller mobilt internet.²⁹

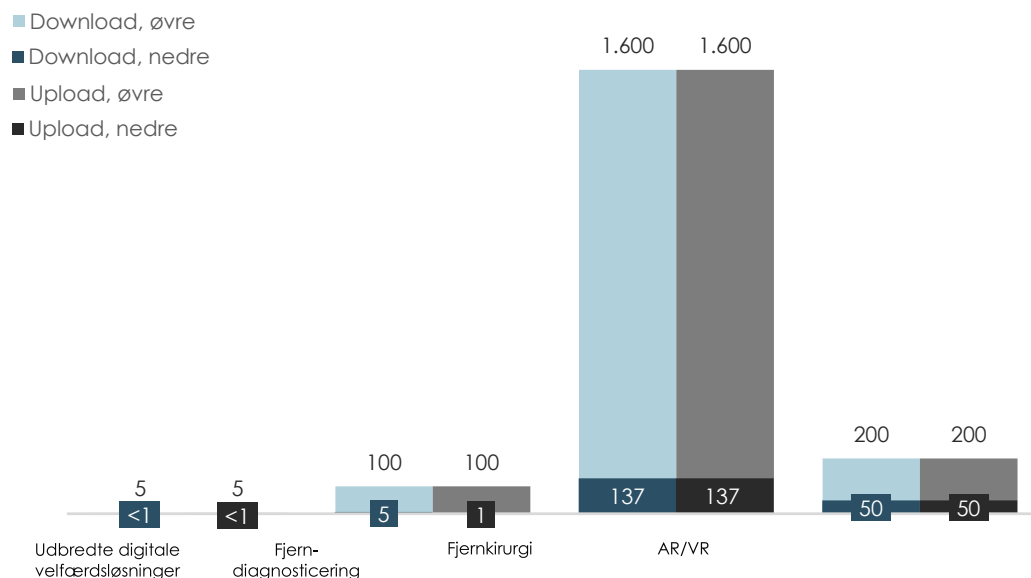
De mest udbredte digitale velfærdsløsninger stiller i meget begrænset omfang krav til høj hastighed, da de kun kræver hastigheder op til 5 Mbit/s, mens innovative digitale velfærdsløsninger kan kræve helt op til 1,6/1,6 Gbit/s, se Figur 11.

²⁷ Ericsson (2016 og 2018) og Ingeniøren (2019).

²⁸ World Economic Forum (2019)

²⁹ PA Consulting Group (2017).

Figur 11
Internetbehov for løsninger og innovationer, der kan understøtte digitale velfærdsløsninger
Mbit/s per enhed











Noter: Udbredte digitale velfærdsløsninger: se Figur 12 for øvre og nedre grænser. / Fjerndiagnosticering: øvre (ultralydsbilleder i realtid), nedre (HD-streaming i forbindelse med kommunikation mellem sundhedspersonale og patienter). / Fjernkirurgi: øvre og nedre (forskellige estimater for krav ifm. realtids-streaming i 3D). / AR/VR: øvre (AR/VR i 4K), nedre (AR/VR i HD), jf. Figur 24.

Kilde: Copenhagen Economics (se efterfølgende sider for udregning af estimater og kilder benyttet i brugertyper).

De mest udbredte digitale velfærdsløsninger er sjældent afhængig af lav latency, men dette er relevant for nogle innovative digitale velfærdsløsninger, ligesom høj pålidelighed kan være meget vigtigt, se Tabel 21.

Tabel 21
Latency-behov samt behov for pålidelighed for løsninger og innovationer, der kan understøtte digitale velfærds løsninger

	SIMPLE TELEHEALTH LØSNINGER	FJERN- DIAGNOSTICE- RING	FJERNKIRURGI	AR/VR TIL SUND- HED OG UDDAN- NELSE
Latency (øvre)	Mindre relevant	Beskeden	<3 ms	<2,5 ms
Latency (nedre)	Mindre relevant	Mindre relevant	<10 ms	<10 ms
Pålidelighed (øvre)				
Pålidelighed (nedre)				

Noter: Se efterfølgende sider for antagelser og kilder.
Meget kritisk ----- Ikke kritisk



Kilde: Copenhagen Economics (se efterfølgende sider for udregning af estimater og kilder benyttet).

Under 1% af den danske befolkning har ikke adgang til 5 Mbit/s download, mens under 4% ikke har adgang til 5 Mbit/s upload.³⁰ Dermed er der i meget lav grad internetdrevne begrænsninger i brugen af digitale velfærds løsninger i dag. Ingen af de nuværende digitale velfærds løsninger vil umiddelbart få anseeligt højere krav til hastigheden i fremtiden på grund af den benyttede teknologi (eksempelvis sensorer, videoopkald via smartphones, mv.).

Nogle innovative digitale velfærds løsninger kan dog fremadrettet stille høje krav til internethastigheden. Som vist i Figur 11 kan fjerndiagnostik stille krav om op til 100/100 Mbit/s ved eksempelvis ultralydsbilleder i realtid, mens fjernkirurgi kan kræve hastigheder helt op til 1,6 Gbit/s. Fjernkirurgi er højt specialiserede løsninger, der altid vil blive foretaget på et hospital, hvormed dette krav ikke gør sig gældende i almindelige husholdninger. Brugen af AR/VR i sundhedssektoren kan potentielt set stille krav om hastigheder op til 200 Mbit/s. I modsætning til fjernkirurgi kan sådanne løsninger benyttes i almindelige husholdninger til eksempelvis forbedringer af terminale patienters livskvalitet. Især fjernkirurgi og brugen af AR/VR stiller krav til lav latency ned til <2,5 ms.

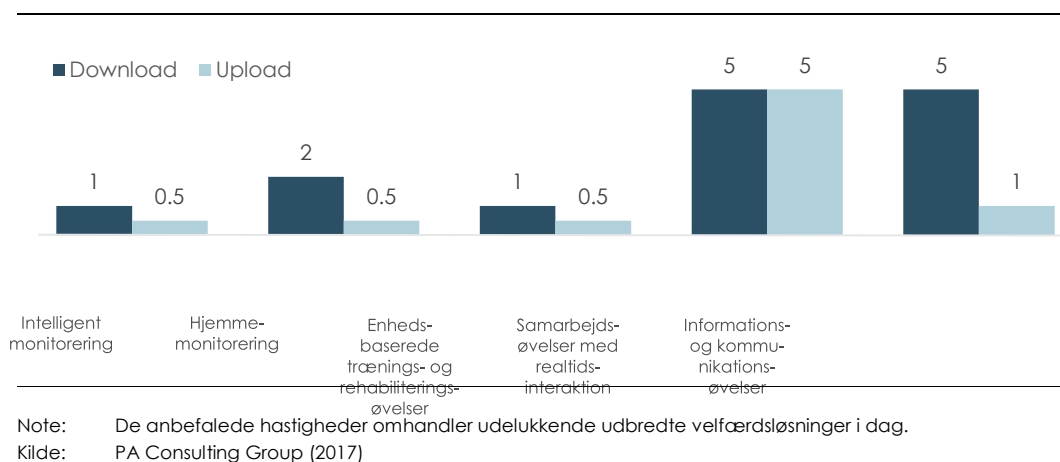
3.2.1 Simple telehealth (telesundheds-) løsninger kræver ikke høj hastighed

Det tilgængelige bredbånd er kun i begrænset omfang en hindring for brug af simple digitale velfærds løsninger ifølge en rapport fra 2017, da de sjældent kræver hastigheder over 5 Mbit/s som vist i Figur 12.³¹ Samtidig stiller disse løsninger heller ikke krav om lav latency.

³⁰ Tjekditnet.dk (2019)

³¹ PA Consulting Group (2017)

Figur 12
Anbefalede download- og uploadhastigheder for digitale velfærdsløsninger frem mod 2020
Mbit/s



Digitale velfærdsløsninger kan opdeles i fem arketyper som vist i Boks 1 nedenfor.

Boks 1 Fem arketyper repræsenterer det samlede udbud af digitale velfærdsløsninger

Intelligent monitorering og hjælpemidler

- Eks. faldsensorer og automatiske medicindispenser

Hjemmemonitorering

- Eks. borgerindberettede oplysninger

Enhedsbaseret trænings- og rehabiliteringsløsninger

- Eks. virtuel træning

Samarbejdsløsninger med realtidsinteraktion

- Eks. telesundhed og telepsykiatri

Informations- og kommunikationsløsninger

- Eks. læringsplatforme og telemedicinsk sårvurdering

Kilde: PA Consulting Group (2017)

3.2.2 Fjerndiagnosticering kan i nogle tilfælde kræve høj hastighed

Fjerndiagnosticering ved brug af en stor mængde billeder i høj kvalitet fra eksempelvis en MR-skanning kan kræve en både stabil og hurtig forbindelse op til 100 Mbit/s, der sikrer, at billederne kommer hurtigt frem i høj opløsning. Dette er vist i Figur 11.³²

Fjerndiagnosticering (og telemedicin generelt) har særdeles mange anvendelsesmuligheder, og fordele for patienter inkluderer **kortere tid fra (virtuelt) lægebesøg til diagnosticering**, mindre risiko for fejldiagnosticering på grund af adgang til højt specialiseret personale og mindre

³² AT&T Business (2019a).

tidsforbrug for patienten. Ligeledes muliggør det en endnu højere specialisering af fagpersonale og en dertilhørende effektivisering i sundhedssektoren.³³

Fjerndiagnosticering kræver meget varierende grad af internetforbindelse. Eksempelvis kræver sårbehandling (kontrol med sår, der ikke heler nemt) blot overførsel af billeder via en smartphone.³⁴ Ligeledes kan HD-streaming i forbindelse med kommunikation mellem sundhedspersonale og patienter foretages ved 5 Mbit/s (jf. Figur 12).³⁵ Begge disse teknologier er altså konsistente med en 5/1 Mbit/s forbindelse som vist i Figur 12. Andre fjerndiagnosticeringer som ultralydsbilleder i realtid kræver op til 100 Mbit/s forbindelse og er nemmere at udføre, hvis der er lav latency.³⁶

3.2.3 Fjernkirurgi kræver meget høj hastighed og lav latency

Fjernkirurgi ved hjælp af 5G er allerede blevet foretaget på såvel dyr som mennesker. Dette giver mulighed for at få eksperter til at udføre komplicerede operationer på trods af store geografiske forskelle, men det stiller store krav til hastighed helt op til 1,6 Gbit/s og latency ned til 3 ms som vist i Figur 11.

Hvis fjernkirurgi udbredes, kan det **sikre optimal behandling af patienter med højt specialiseret personale**, uanset hvor patienten bor og hvilket hospital, der ligger tættest på patienten. Dette er både en fordel for patienter og for sundhedssystemer, da det kan reducere omkostningerne til transport af patienter, genindlæggelser som følge af komplikationer og andet.

Realtids-streaming i 3D kræver hastigheder mellem 137 Mbit/s og 1,6 Gbit/s, hvilket dermed stiller høje krav til hastigheden blot for at skabe det rigtige billede. Information om et fysisk vitalt parameter som blodtryk kræver under 10 Kbit/s, mens nerveledningsundersøgelse (neuronografi) kræver 1.536 Mbit/s. Brugen af haptisk feed-back med påvirkningskraft kræver latencies mellem 10 og 3 ms.³⁷ Derudover er ”jitter” – som er variationen af latency – vigtig med krav ned til 2 ms. Dermed er både høj hastighed, en lav og konstant latency vigtig samt pålideligheden af forbindelsen vigtigt.

3.2.4 AR/VR til sundhed og uddannelse kræver høj hastighed og lav latency

AR og VR kan eksempelvis anvendes til at mindske smerter og angst for terminale patienter.³⁸ Som tidligere nævnt kræver AR og VR en hastighed på op til 200 Mbit/s som vist i Figur 11, ligesom lav latency er meget vigtig for brugeroplevelsen, se Tabel 21.

En stabil og vidt tilgængelig internetforbindelse kan bidrage til udbredelsen af telemedicin og deraf følgende forbedringer for patienter og sundhedssektoren. Dette omfatter blandt andet³⁹

- Forbedret livskvalitet for eksempelvis patienter med KOL
- Mere efficient sårbehandling og øget patienttilfredshed
- Hjemmemonitorering af gravide kvinder med graviditets-relaterede komplikationer
- Forbedret adgang til mental sundhedsbehandling

³³ AT&T Business (2019b)

³⁴ Se eksempelvis <https://wounddesk.com/>

³⁵ Se også Huawei (2015)

³⁶ Dinevski et al. (2011)

³⁷ Zhang et al. (2018)

³⁸ AT&T Business (2019c)

³⁹ Healthcare Danmark (2018)

3.3 NOGLE TJENESTER BEHØVER EN MOBIL FORBINDELSE, RELATIVT FÅ BEHØVER EN FAST BREDBÅNDSFORBINDELSE

Nogle tjenester stiller krav om adgang til mobilt internet for at være fuldt funktionelle, fx selvkørende biler, der i sagens natur er afhængige af mobilt internet, såfremt internetforbindelse skal benyttes under kørsel. Mobilt internet er derfor i et vist omfang uundværligt. På landsplan finder en større og større andel af den samlede datatrafik sted på det mobile internet som vist i Figur 3 i afsnit 1.3.

Tilsvarende er der dog nogle tjenester, der i høj grad stiller krav om en meget pålidelig⁴⁰ og stabil forbindelse, fx fjernkirurgi (nævnt ovenfor), som vil stille krav om konstant lav latency og ingen udsving i forbindelsen, da sådanne udsving i dette tilfælde bogstavelig talt kan være dødeligt. Det er i princippet muligt at levere en meget stabil forbindelse over et mobilt netværk, men sandsynligheden for støj og udsving er i udgangspunktet større, da bølgelængderne (spektrum) er en delt ressource i højere grad end det er tilfældet for kablerne, der anvendes til en fast bredbåndsforbindelse.⁴¹ En fast bredbåndsforbindelse kan derfor muligvis også i nogle sammenhænge anses som uundværligt.

Tabel 22 indeholder en oversigt over, hvorvidt forskellige tjenester har brug for mobilitet og i hvor høj grad, de har brug for pålidelighed og stabilitet.

⁴⁰ Pålidelighed omhandler risikoen for nedbrug og manglende adgang til internettet, mens stabilitet omhandler udsving i forbindelsen, hvilket oftest skyldes mange samtidige brugere på en delt ressource (eksempelvis mobilt internet).

⁴¹ Det bør dog i denne sammenhæng bemærkes, at der i så fald formentlig ikke skal være tale om et Wi-Fi netværk, hvor støj og udfald igen kan forekomme i langt højere grad. Ericsson tilbyder ”service level agreements” (SLA) på 5G, hvor vilkår for kvaliteten af forbindelsen kan aftales mellem udbyder og virksomheder (Ericsson, 2019, se også Inam et al., 2015), hvilket kan mindske udfordringen med stabilitet for virksomheder.

Tabel 22
Oversigt over behov for mobilitet og stabilitet for forskellige tjenestetyper

TJENESTE	BEHØVER TJENESTEN MOBILITET?	I HVILKEN GRAD BEHØVER TJENESTEN PÅLIDELIGHED OG STABILITET?
IoT og M2M		
Basale online sensorer	I nogle tilfælde	Variierende – i høj grad for nogle sensorer
Selvkørende biler	Ja	I høj grad
Den grønne omstilling	I nogle tilfælde	Variierende – i høj grad for nogle løsninger
Velfærdsløsninger	I nogle tilfælde	Variierende – i høj grad for nogle løsninger
Cloud-løsninger		
Standard fillagring	I nogle tilfælde	Variierende – i høj grad for nogle brugertyper
Cloud-baseret software	Nej	Variierende – i høj grad for nogle brugertyper
Standardtjenester		
Alle løsninger	I nogle tilfælde	I mindre grad
Streaming (forbrugere)		
Streaming af indhold, HD	I nogle tilfælde	I mindre grad
Streaming af indhold, 4K	I nogle tilfælde	I mindre grad
Streaming af indhold, 8K	I nogle tilfælde	I mindre grad
Udbyde indhold, HD	I nogle tilfælde	I mindre grad
Udbyde indhold, 4K	I nogle tilfælde	I mindre grad
Udbyde indhold, 8K	I nogle tilfælde	I mindre grad
AR/VR (cloud-baseret)		
HD (60 fps)	I nogle tilfælde	I høj grad
4K (60 fps)	I nogle tilfælde	I høj grad
Gaming (cloud-baseret)		
HD (60 fps)	Nej	I høj grad
4K (60 fps)	Nej	I høj grad

Kilde: Baseret på interviews med eksperter.

Tabel 22 viser, at de fleste tjenester i nogle tilfælde kræver mobilt internet.

Tabellen viser også, at der findes nogle tjenester, som både i høj grad behøver pålidelighed og stabilitet, men også i nogle tilfælde behøver mobilitet, eksempelvis selvkørende biler og i nogle tilfælde AR/VR.

Disse tjenester vil således stille høje krav til den næste generation af det mobile internet, 5G, der i bedste fald kan tilbyde både mobilitet, meget høj hastighed, høj pålidelighed og lav latency, se Boks 2.

Boks 2 Stabilitet og pålidelighed, 5G

5G kan blive kendetegnet ved:

- Høj pålidelighed og kvalitet – en ny kategori af teknologier, som lanceres i forbindelse med den kommende generation af mobile netværk, vil tilbyde "ultra reliable low latency communications" (URLLC)

Som alle andre mobile løsninger er 5G dog en delt ressource:

- Jo flere der benytter netværket, desto mindre stabilt bliver forbindelsen, da der med større sandsynlighed opstår støj og interferens

Der findes derudover en række tjenester, som i høj grad kræver en pålidelig og stabil forbindelse uden nødvendigvis at stille krav til mobilitet, fx nogle livsvigtige velfærdsløsninger eller kritisk cloud-baseret software. Disse tjenester kan muligvis kræve en fast bredbåndsforbindelse.

Såfremt 5G er i stand til at møde behovet for eksempelvis mobile AR/VR-løsninger (som i høj grad kræver en stabil og pålidelig forbindelse), er det dog ikke sikkert, at en fast bredbåndsforbindelse kan betragtes som uundværlig selv for disse tjenester.

Det er for alle tjenester vigtigt at påpege, at kravet om en høj grad af pålidelighed og stabilitet bl.a. også afhænger af den specifikke brugertype. Eksempelvis kræver cloud-baseret software løsninger ikke i sig selv en meget pålidelig forbindelse, da nogle brugertyper sagtens kan leve med, at der opstår korte forsinkelser eller udfald (fx private forbrugere).

Vi vurderer umiddelbart, at der vil være relativt få tilfælde hvor alle følgende kriterier er opfyldt:

- Tjenesten behøver i høj grad en pålidelig og stabil forbindelse
- Tjenesten behøver ikke mobilitet
- Det er meget kritisk for brugertypen, at tjenesten altid leveres pålideligt og stabilt

Det vil således sjældent være tilfældet, at en fast bredbåndsforbindelse kan anses for at være uundværlig. Mobilt internet (særligt 5G) kan derfor betragtes som værende tilstrækkeligt for de fleste behov.

LITTERATURLISTE

Alle links er tilgængeligt i oktober-december 2019.

AT&T Business (2019a). www.business.att.com/learn/customer-stories/austin-cancer-center.html

AT&T Business (2019b). <https://www.business.att.com/learn/updates/how-5g-will-transform-the-healthcare-industry.html>

AT&T Business (2019c). https://about.att.com/story/2019/att_vitas_launch_hospice_vr_study.html

Babin, G., Stanoevska-Slabeva, K., & Kropf, P. (Eds.). (2011). E-Technologies: Transformation in a Connected World: 5th International Conference, MCETECH 2011, Les Diablerets, Switzerland, January 23-26, 2011, Revised Selected Papers (Vol. 78). Springer.

Bredbåndsmatch.dk (2019) http://www.bredbaandsmatch.dk/bredbaand/hastighed/#tab_fastnettab1

Cai, W., Shea, R., Huang, C. Y., Chen, K. T., Liu, J., Leung, V. C., & Hsu, C. H. (2016). A survey on cloud gaming: Future of computer games. IEEE Access, 4, 7605-7620.

Cisco (2009). Cisco IP Video Surveillance Design Guide. https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Video/IPVS/IPVS_DG/IPVS-DesignGuide/IPV_Schap4.html

Cisco (2018). Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022 White Paper (2018, updatereferat)

februar 2019). <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-741490.pdf>

Cisco (2019). Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2017–2022. <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white-paper-c11-738429.pdf>

Copenhagen Economics (2019), *Google's Hyperscale Data Centres and Infrastructure Ecosystem in Europe*

Danfoss (2019). <http://www.smartheating.danfoss.com/dk>

Danmarks Statistik. Diverse dataudtræk i perioden oktober til december 2019. Henvisninger til specifikke tabeller foretages ved benyttelse.

Dansk Industri (2019). https://www.danskindustri.dk/brancher/di-digital/nyhedsarkiv/nyheder/2019/6/Jump_start_je-res_VR_og_AR_rejse_med_2_mio_kr_fra_nyt_initiativ/

Dibs by Nets (2018). Dansk E-handel: Alt du skal vide om e-handel i Danmark. <https://info.dibs.dk/hubfs/Dansk%20e-handel%202018/Dansk%20e-handel%202018.pdf?hsCtaTracking=0256b53c-b183-4a96-b44e-5029edfacbf9%7C9c0ed122-fa4a-4c31-9d4f-df2c2b6d1e60>

Dinevski, D., Kelc, R., & Dugonik, B. (2011). Video communication in telemedicine. *Advances in telemedicine: Technologies, enabling factors, and scenarios*, 211-230.

Energistyrelsen (2019a). Telestatistikken 2. halvår 2018 (Telestatistikken – Andet halvår 2018). https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Tele/telestatistik_-_andet_halvaar_2018.pdf

Energistyrelsen (2019b). <https://ens.dk/ansvarsomraader/bredbaand/bredbaand-til-din-virksomhed/information-om-bredbaandsteknologier>

Energistyrelsen (2019c). 5G Action Plan for Denmark. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Tele/5g_action_plan_for_denmark.pdf

- Ericsson (2016). Ericsson Technology Review, vol. 93, no. 5 (2016) – Cloud robotics: 5G paves the way for mass-market automation. <https://www.ericsson.com/4ad66b/assets/local/publications/ericsson-technology-review/docs/2016/etr-5g-cloud-robotics.pdf>
- Ericsson (2018) <https://www.ericsson.com/en/blog/2018/12/what-will-5g-bring-to-industrial-robotics>
- Ericsson (2019). <https://www.ericsson.com/en/blog/2019/10/impacts-of-monetizing-5g-and-iot-on-digital-bss>
- Erhvervsstyrelsen (2012). Telestatistikken 2. halvår 2011 (Telestatistikken – Andet halvår 2011). <http://danish.och.dk/log/uploadfile/telestatistik%20andet%20halvar%202011.pdf>
- Erhvervsstyrelsen (2018). Den geografiske udvikling på bredbåndsmarkedet. https://erhvervsstyrelsen.dk/sites/default/files/2019-06/erst_rapport_om_den_geografiske_udvikling_paa_bredbaandsmarkederne_2018_0.pdf
- Erhvervsministeriet (2019). Digital vækst i Danmark anno 2019. <https://em.dk/publikationer/2019/digital-vaekst-i-danmark-anno-2019/>
- Europakommissionen (2019). Interview med CEO i 365Farmnet Maximilian von Löbbecke. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/connectivity-essential-precision-farming>
- Facebook (2019). <https://www.facebook.com/help/1534561009906955>
- Falch, M. Henten, A., Skouby, K. E., og Tadayoni, R. (2013) Bredbåndskapacitetskrav i accesnettet, en analyse af bredbåndsbehov i Danmark i et 2020 perspektiv. AAU, Copenhagen. https://www.cmi.aau.dk/digitalAssets/125/125705_77579_bredbaandskapacitetskrav_i_accesnettet_cmi_wp1.pdf
- Federal Communications Commission (FCC) (2019). <https://www.fcc.gov/reports-research/guides/broadband-speed-guide?kbid=120594>

- Forbrugerrådet Tænk (2018). <https://taenk.dk/test-og-forbrugerliv/hus-og-have/internet-hastighed-saa-meget-har-du-brug>
- Google (2019a). https://store.google.com/product/stadia_learn
- Google (2019b). <https://store.google.com/product/stadia>
- GSMA Future Networks (2019). Cloud AR/VR Whitepaper, <https://www.gsma.com/futurenetworks/wiki/cloud-ar-vr-whitepaper/#>
- HBO Nordic (2019). <https://dk.hbonordic.com/faq>
- Healthcare Danmark (2018). Connected Health: Denmark – a telehealth nation, white paper. <https://www.healthcaredenmark.dk/media/1625194/HCD-Telehealth-white-paper-v1-single-0318.pdf>
- High Speed Experts (2019). <https://highspeedexperts.com/home-networking/what-is-docsis-and-why-does-it-matter/>
- Huawei (2015). Huawei Telepresence Telemedicine Solution. <https://rend.com.au/wp-content/uploads/2015/09/Huawei-Telepresence-Telemedicine-Solution-Brochure-1.pdf>
- HIS Markit (2018). Driving increased value from 5G investments. https://www-file.huawei.com/-/media/corporate/pdf/x-lab/2018/cloud_x_driving_increased_value_from_5g_investments.pdf?la=en
- Inam, R., Karapantelakis, A., Vandikas, K., Mokrushin, L., Feljan, A. V., & Fersman, E. (2015). Towards automated service-oriented lifecycle management for 5G networks. In 2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA) (pp. 1-8). IEEE. <https://www.ericsson.com/48e279/assets/local/publications/conference-papers/towards-automated-service-oriented-lifecycle-management-for-5g-networks.pdf>
- Ingeniøren (2019). <https://ing.dk/artikel/mobile-robotter-sukker-efter-stabile-tradloese-netvaerk-229719>
- IoT Denmark (2019a). <https://iotdk.dk/industriier/miljoe-og-landbrug/>

- IoT Denmark (2019b). <https://iotdk.dk/industrier/of-fentlige-tjenester/>
- Janevski, T. (2019). QoS for Fixed and Mobile Ultra-Broadband. Wiley IEEE Press.
- Klima-, Energi- og Bygningsministeriet (2013). Smart Grid-Strategi – fremtidens intelligente energisystem. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/EnergiKlimapolitik/smart_grid-strategi-2.pdf
- Koiwanit, J. (2018). Analysis of environmental impacts of drone delivery on an online shopping system. Advances in Climate Change Research, 9(3), 201-207.
- 52y dog Billede (2015). <https://lydog-billede.dk/test/gadgets/4-cloud-lagertjenester/>
- Microsoft (2019a) <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>
- Microsoft (2019b). <https://www.xbox.com/en-US/xbox-game-streaming/project-xcloud>
- Netflix (2019a). <https://help.netflix.com/da/node/306>
- Netflix (2019b). <https://help.netflix.com/da/node/13444>
- PA Consulting Group (2017) udarbejdet for Energistyrelsen, Digitaliseringsstyrelsen, KL og Danske Regioner. Tilstrækkelig bredbåndsdekning for digital velfærd, håndbog. <https://digst.dk/media/11942/hndbog-tilstraekkelig-bredbaandsdekning-for-digital-velfaerd-endelig.pdf>
- Parrot (2019). <https://www.parrot.com/global/drones/parrot-ardrone-20-elite-edition>
- Paul Budde Communication (2016). http://www.circleid.com/posts/20160420_a_look_at_why_we_need_fibre_to_the_farm/
- Pokémon (2019). <https://www.pokemongo.com/en-us/>
- Regeringen (2018). Bredbånd og mobil i digital verdensklasse – Fremtidens telepolitik for hele Danmark. http://stm.dk/multimedia/2018_teleudspil.pdf

- Seges (2019). <https://cropmanager.dk/#/?cmredirect=https:%2F%2Fcropmanager.dk%2F>
- Sigfox (2019). <https://build.sigfox.com/sigfox>
- Skype (2019). <https://support.skype.com/en/faq/fa1417/how-much-bandwidth-does-skype-need/>
- Snapchat (2019). <https://www.snapchat.com/create>
- Square Meter Farming, Syddansk Universitet (2019). https://www.sdu.dk/da/om_sdu/institutter_centre/sduuascenter/researchprojects/sqm-farm
- Syddansk Universitet (2019). <https://www.sdu.dk/da/nyheder/forskningsnyheder/healthdrone>
- Teknisk Landsforbund (2017). <https://tl.dk/om-os/aktuelt/artikler-fra-teknikerne/2017/april/dronen-din-nye-bedste-ven/>
- Teknologisk institut (2019a). <https://bedreinnovation.dk/smart-cities>
- Teknologisk institut (2019b). <https://www.teknologisk.dk/ydelser/smart-city/37972>
- Teknologisk institut (2019c). <https://www.teknologisk.dk/ydelser/droner-nu-og-i-fremtiden/40938>
- Telia (2019). <https://www.telia.dk/privat/netvark/5g/>
- Texas Instruments (2017). Wireless connectivity for the Internet of Things: One size does not fit all. <http://www.ti.com/lit/wp/swry010a/swry010a.pdf>
- Tjekditnet.dk (hjemmeside vedligeholdt af Energistyrelsen) (2019). <https://tjekditnet.dk/n%C3%B8gletal>
- TV2 (2019). <https://www.tv2ostjylland.dk/artikel/casper-bruger-vr-brille-mod-social-angst>
- Twitch (2019). <https://stream.twitch.tv/encoding/>
- Yang, G. et al. (2018). A telecom perspective on the Internet of drones: From LTE-advanced to 5G. arXiv preprint arXiv:1803.11048.
- Youtube (2019a). <https://support.google.com/youtube/answer/78358?hl=en>
- Youtube (2019b). <https://support.google.com/youtube/answer/1722171?hl=en>

Youtube (2019c). <https://support.google.com/youtube/answer/2853702?hl=en>

WND Group (2019). <https://www.wnd-group.io/2017/09/18/sigfox-security-internet-things/>

World Economic Forum (2019). <https://www.weforum.org/agenda/2019/10/robots-take-our-jobs-climate-change/>

5G Americas (2019). 5G: The Future of IoT. https://www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/07/5G_Americas_White_Paper_on_5G_IOT_FINAL_7.16.pdf

BILAG A

TJENESTER

IOT & M2M

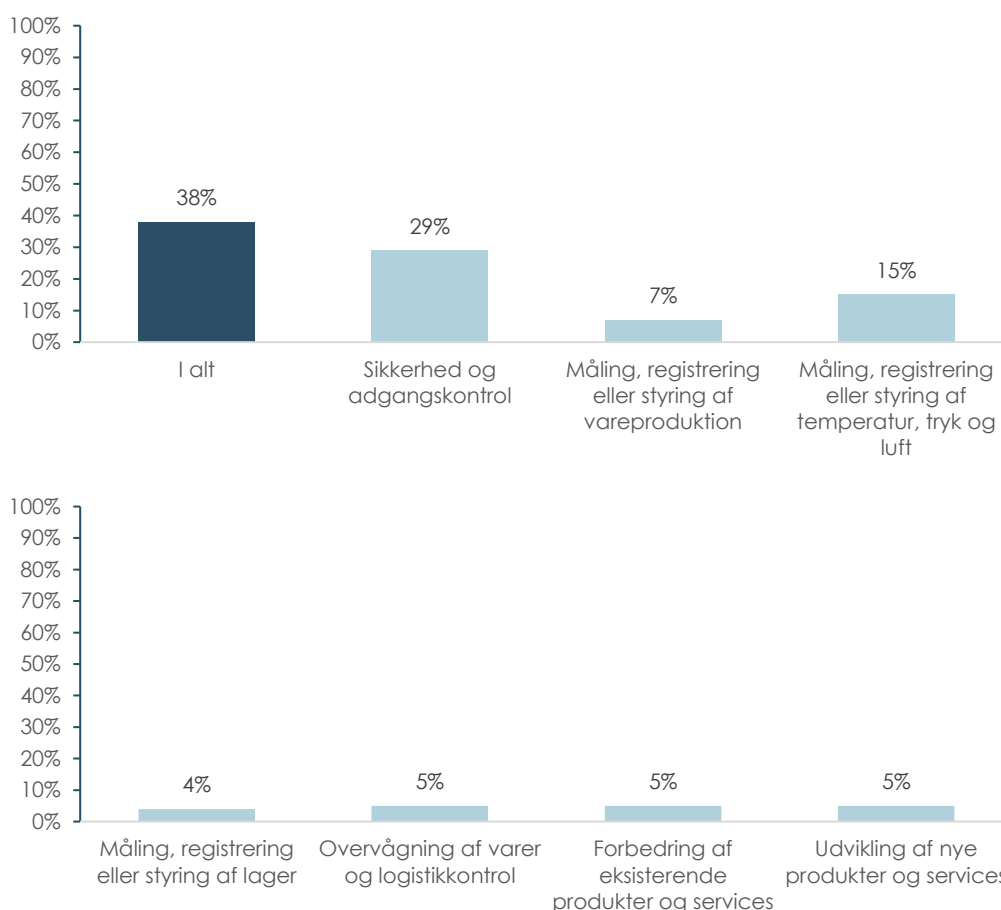
”Internet of Things” (IoT) og ”Machine-to-machine” (M2M) dækker over en meget bred vifte af teknologier, der blandt andet sikrer, at produkter og maskiner vil være i stand til at kommunikere med hinanden og formidle information online. Dette afsnit beskriver:

- Udbredelsen af IoT- og M2M-sensorer
- Hastigheds- og latency-krav for innovative IoT-løsninger til privat og erhvervsmæssig brug i form af selvkørende biler
- Hastigheds- og latency-krav for IoT- og M2M-løsninger til erhvervsmæssig brug i form af fabriksautomatisering
- Estimeret udbredelse og hastighedskrav for IoT- og M2M-løsninger

Sensorer er udbredte i danske virksomheder

En betydelig andel af danske virksomheder er allerede begyndt at tage de første skridt mod IoT, og udbredelsen er stigende. Andelen af virksomheder i de private, ikke-finansielle byerhverv, der anvender sensorer med internetkobling er 38% i 2019, se Figur 13.

Figur 13
Andel af virksomheder der benytter sensorer med internettilkobling, 2019
 Procent



Note: Virksomhederne i analysen tilhører alle sammen sektoren "private, ikke-finansielle byerhverv".

Kilde: Danmarks Statistik, ITAV7

Dette udgør en stigning på 7 procent point siden 2017. Sensorerne benyttes i høj grad til sikkerhed og adgangskontrol (29%), men også især til måling, registrering eller styring af temperatur (15%) samt måling, registrering eller styring af vareproduktion (7%).

Sensorer med internetforbindelse kan installeres i/på det givne produkt/maskine og viderebringe information om nøgleinformationer til brugeren. Eksempelvis kan nævnes sensorer i et køleskab, der sender en besked til en indkøbsliste-app på din smartphone, når hylden er tom for mælk eller, at en trådløs temperatursensor giver lagermedarbejderen besked, hvis kølerummet er ved at blive for varmt.

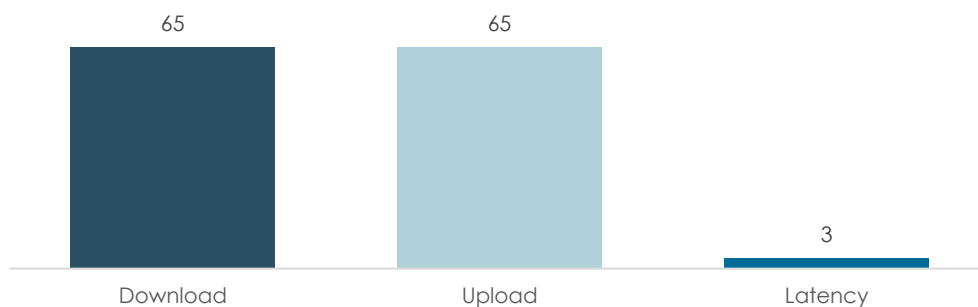
Mange IoT- og M2M-teknologier udfordrer ikke dagens teknologi væsentligt ift. Hastighed

Sensorer af typen nævnt i afsnit 3.1.1 har ikke behov for høj hastighed og kræver som oftest langt under 1/1 Mbit/s for at fungere. Mange sensorer benytter ikke internet direkte, men benytter eksempelvis Sigfox-teknologi til at sende små beskeder (12 bit upload, 8 bit download).⁴² Bearbejdningen af disse kan dog i nogle tilfælde kræve internetadgang, eksempelvis hvis data lagres i "skyen".⁴³

Andre løsninger kræver noget højere hastighed. Brugen af cloud-løsninger til sikkerhed i form af cloud-baseret overvågning kræver en smule højere hastighed. Cisco estimerer at IP overvågning kræver mellem 4 og 6 Mbit/s båndbredde.⁴⁴ Endvidere kræver selvkørende biler op til 65/65 Mbit/s, se Figur 14. Bredbåndsbehovet til fabriksautomatisering spænder også vidt i hastighedskrav fra 1 Mbit/s til overvågning, til 10 Mbit/s til automatisering og "motion control" til 100 Mbit/s til fjernstyring, se Figur 15.

Figur 14
Systemkrav til selvkørende biler

Mbit/s (download og upload hastighed) og ms (latency) per enhed



Note: Note; Der findes en række forskellige teknologier for selvkørende biler. I figuren fremgår de højeste krav ("platooning" for download/upload og "advanced driving" for latency). For detaljer omkring de forskellige teknologier, se kilden.

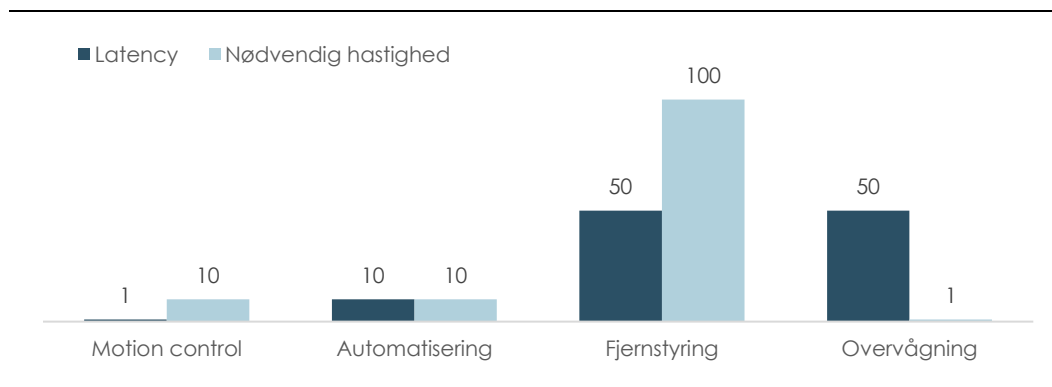
Kilde: 5G Americas (2019), s. 56.

⁴² Sigfox (2019)

⁴³ WND Group (2019)

⁴⁴ Cisco (2009). I brugen fremadrettet antages dette at være upload-krav, mens download-krav antages at være 2 Mbit/s.

Figur 15
Latency-krav og nødvendig hastighed til forskellige teknologier for fabriksautomatisering
 Mbit/s (hastighed) og ms (latency)



Note: Der findes en række forskellige teknologier for fabriksautomatisering. For detaljer omkring de forskellige teknologier, se kilden. Nødvendig hastighed svarer til "user experienced data rate".

Kilde: 5G Americas (2019), s. 70.

Nogle IoT- og M2M-løsninger kræver meget lav latency

Selvkørende biler kræver meget lav latency ned til 3 ms, såfremt internet benyttes til korrigerende under kørsel, se Figur 14. Nogle fabriksautomatiseringsteknologier kræver også lav latency, i særdeleshed "motion control" med under 1 ms og automatisering med under 10 ms, se Figur 15. Andre IoT-løsninger er slet ikke afhængig af lav latency, eksempelvis simple online sensorer (fx "køleskabssensorer"), der vil fungere fint med en langt højere latency end 50 ms.

De anførte hastighedskrav er i vid udstrækning opnåelige fx med 4G-teknologi, mens latency-kravet først vil kunne imødekommes med 5G. Det skal også bemærkes, at det er meget essentielt for denne type teknologi at have en meget pålidelig netværksforbindelse og mulighed for mange samtidige brugere, hvilket også er karakteristika, som 5G-netværket beskrives som velegnet til at håndtere.⁴⁵

CLOUD-LØSNINGER

"Internet of Things" (IoT) og "Machine-to-machine" (M2M) dækker over en meget bred vifte af teknologier, der blandt andet gør produkter og maskiner i stand til at kommunikere med hinanden og formidle information online. Dette afsnit beskriver:

- Hastighedskrav til standard fillagring
- Udbredelse af cloud-løsninger for private
- Brug og udbredelse af cloud-løsninger for virksomheder
- Estimeret udbredelse og hastighedskrav for cloud-løsninger

Cloud-løsninger dækker over en bred vifte af forskellige tjenester; fra privatpersoners fillagring i online-drev som Dropbox eller Google Drive, til virksomheders brug af cloud-baserede software

⁴⁵ Telia (2019)

som CRM- og regnskabssystemer. For en redegørelse omkring ”The Cloud”, se Boks 3. Hvorvidt der er behov for høj eller lav hastighed, vil afhænge af hvilken cloud-løsning, der er tale om.⁴⁶

Boks 3 ”The Cloud”

Der er ikke en universel definition af ”The Cloud” (”Skyen” på dansk). Begrebet kan betragtes som en samlebetegnelse for en række forskellige IT-løsninger og -tjenester, der ikke er lokaliseret hos brugeren, men i stedet gøres øjeblikkeligt tilgængelig via internettet. På denne måde er det ikke længere nødvendigt for privatpersoner og virksomheder at indkøbe og betjene store og dyre servere, så længe man har en tilstrækkelig hurtig internetforbindelse. Løsninger, der udbydes gennem skyen, inddeles typisk i tre kategorier:

- **Infrastructure-as-a-Service (IaaS)** tilbyder lagringsplads, hvor forbrugere og virksomheder kan gemme forskellige typer af data og tilgå computer-kraft, der gør det muligt at køre tunge programmer eller foretage databearbejdning i meget højere tempo .
- **Platform-as-a-Service (PaaS)** tilbyder adgang til et digitalt framework hvor udviklere kan skabe deres egne løsninger og applikationer. Der tilbydes også værktøj til dataanalyse og business intelligence.
- **Software-as-a-Service (SaaS)** tilbyder applikationer, der er klar til brug, som oftest målrettet slutbrugere. Dette kan for eksempel være web-baseret e-mail services eller platforme til videodeling.

Kilde: Copenhagen Economics (2019), s. 10

Standard fillagring stiller principielt intet krav til hastigheden, men jo højere hastighed desto bedre fungerer løsningen

Selv store filer (1 GB) kan uploades med en relativt langsom forbindelse (2 Mbit/s) – det er udelukkende et spørgsmål om tid, se Tabel 23. Forbrugerrådet *Tænk* påpeger, at med mindre man ofte har behov for at lægge store filer op, har man sjældent brug for hastigheder over 2 Mbit/s.⁴⁷ Selv med en høj tilgængelig hastighed (eks. 100 Mbit/s), kan der dog være begrænsninger fra cloud-udbyderens side, således at upload/download tager længere tid end den teoretiske angivelse i tabellen.⁴⁸

⁴⁶ Kravet til latency anses her som mindre relevant.

⁴⁷ Forbrugerrådet Tænk (2018)

⁴⁸ Se for eksempel Lyd og Billedes (2015) undersøgelse af 4 forskellige fillagringstjenester.

Tabel 23**Teoretisk effekt af download/upload hastighed på varighed af download/upload til cloud**

		FILSTØRELSE			
		1 MB	10 MB	100 MB	1 GB
DOWNLOAD/ UPLOAD HASTIGHED	2 Mbit/s	4 sek.	40 sek.	400 sek.	4.000 sek. (~ 1 time)
	5 Mbit/s	1,6 sek.	16 sek.	160 sek.	1.600 sek. (~1/2 time)
	20 Mbit/s	0,4 sek.	4 sek.	40 sek.	400 sek.
	100 Mbit/s	0,1 sek.	0,8 sek.	8 sek.	80 sek.

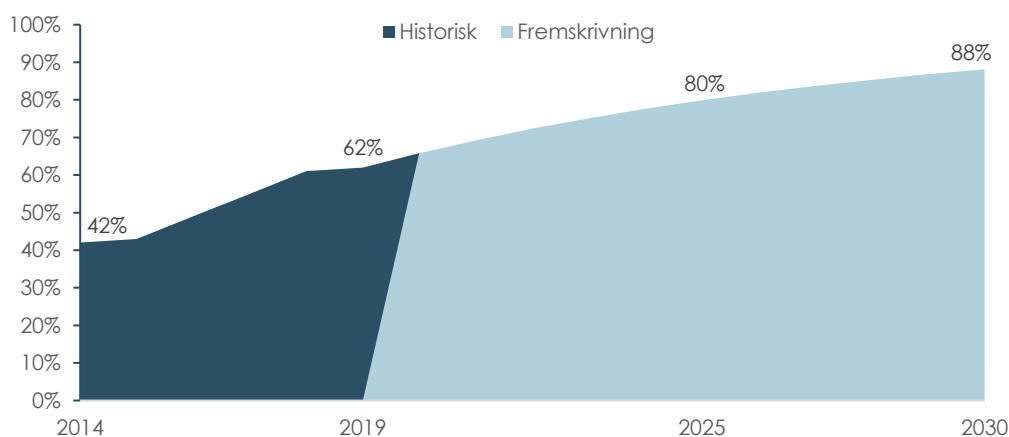
Kilde: Copenhagen Economics' egne beregninger baseret på hypotetisk eksempel.

Cloud-løsninger er meget udbredt i den danske befolkning og forventes at stige til 88% frem mod 2030

Fra 2014 til 2019 steg andelen af befolkningen, der benytter cloud-løsninger fra 42% til 62%, svarende til en "take-up rate" blandt ikke-brugere på ca. 10% pr. år. Hvis denne historiske udvikling fortsætter, estimerer vi at 88% af den danske befolkning vil benytte cloud-løsninger i 2030, se Figur 16. Dette dækker sandsynligvis over relativt simple cloud-tjenester som fillagring og webbaserede e-mail platforme.

Figur 16**Udvikling i danskernes brug af cloud-løsninger**

Procent af befolkningen



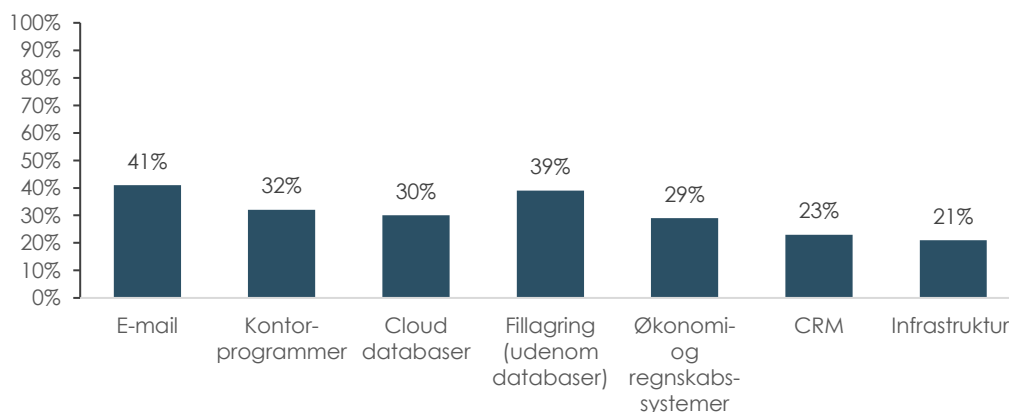
Note: Andelen i 2016 er estimeret via lineær ekstrapolation mellem 2015 og 2017 pga. databrud.

Kilde: Copenhagen Economics på baggrund af Danmarks Statistik, BEBRIT16.

Virksomheder benytter en lang række forskellige cloud-løsninger og udbredelsen er stigende

Virksomhedernes cloud-anvendelse omfatter en række forskellige løsninger, se Figur 17. De mest udbredte cloud-løsninger er e-mail (41%), fillagring (39%) og kontorprogrammer (32%), men der købes også blandt andet CRM-systemer (23%) og infrastruktur til drift af egne it-programmer (21%). Dermed bliver det udfordrende at putte et enkelt tal på, hvilket download og upload krav, der bør stilles til cloud-løsninger i virksomhedssammenhæng. I det følgende, benytter vi 20/20 Mbit/s som en proxy for virksomheders krav til cloud-baseret software.⁴⁹

Figur 17
Virksomhedernes køb af forskellige cloud-løsninger, 2018
Procent af virksomheder



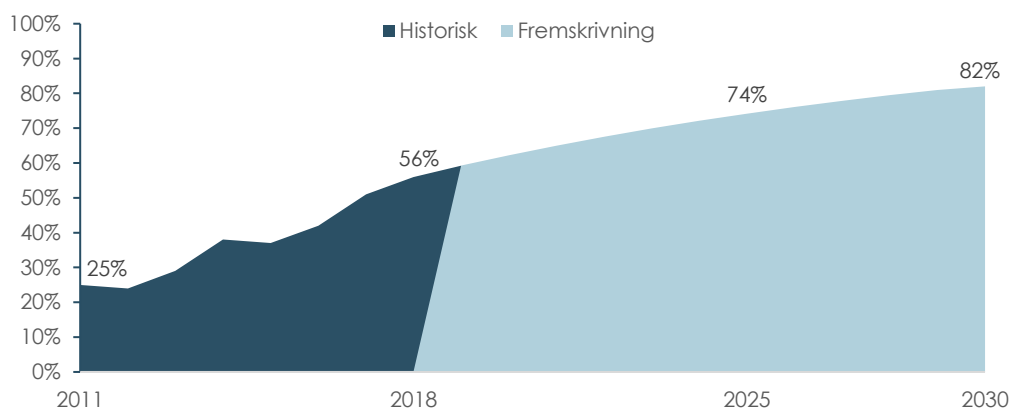
Note: Statistikken omfatter virksomheder i de private, ikke-finansielle byerhverv. Andel af virksomheder, der benytter den opgældende cloud-løsning. "Infrastruktur" henviser til "Infrastruktur til drift af egne IT-programmer"

Kilde: Danmarks Statistik, ITAV5.

Udbredelsen af cloud-baseret software er ligeledes på vej frem; fra 2011 til 2018 steg andelen af virksomheder i de private, ikke-finansielle byerhverv, der køber cloud-løsninger fra 25 til 56%, svarende til en "take-up rate" blandt ikke-købere på 7,3%. Hvis denne historiske udvikling fortsætter, estimerer vi at 82% af virksomhederne i de private, ikke-finansielle byerhverv vil benytte cloud-løsninger i 2030, se Figur 18.

⁴⁹ Se eksempelvis estimat benyttet i Babin et al. (2011), s. 43.

Figur 18
Udviklingen i virksomhedernes køb af cloud-løsninger
Procent af virksomheder



Note: Statistikken omfatter virksomheder i de private, ikke-finansielle byerhverv.
Kilde: Copenhagen Economics på baggrund af Danmarks Statistik, ITAV5.

STANDARDTJENESTER

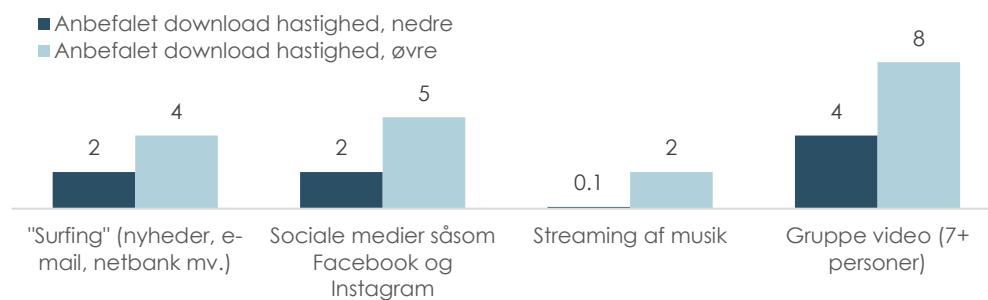
Standardtjenester har ikke behov for høj hastighed eller lav latency, og behovet for båndbredde til standardtjenester er i høj grad dækket i dag. Dette afsnit beskriver:

- Hastighedskrav til forskellige standardtjenester
- Udbredelse af standardtjenester
- Estimeret udbredelse og hastighedskrav for standardtjenester

Standardtjenester har ikke behov for høj hastighed eller lav latency

Standardtjenester som søgetjenester og surfing medfører ikke et højt behov for høj hastighed (2-4 Mbit/s), mens sociale medier kan kræve en smule højere hastighed (2-5 Mbit/s) som vist i Figur 19. Streaming af musik kan foretages fra 0,1 Mbit/s til 2 Mbit/s (og højere), mens gruppe video opkald (den mest krævende form for videoopkald) kan kræver mellem 4 og 8 Mbit/s download. Dette kræver også 0,5 Mbit/s upload. Kun 4% af den danske befolkning har ikke adgang til en 10/2 Mbit/s forbindelse, hvormed brugen af standardtjenester er muligt for langt størstedelen af befolkningen.

Figur 19
Hastighedskrav til forskellige standardtjenester
Mbit/s



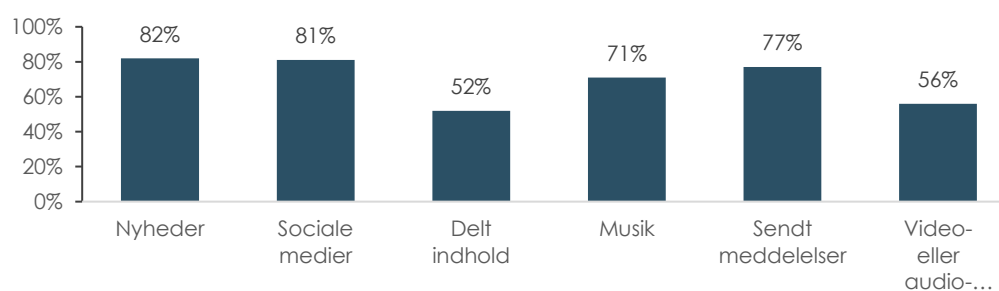
Noter: Hastighederne forudsætter 1-2 enheder i samtidig brug. Ved flere enheder i samtidig brug, vil hastighedskravet blive noget højere.

Kilder: Bredbåndsmatch.dk (2019), Skype (2019), Tjekditnet.dk (2019) samt interviews med brancheeksperter.

Størstedelen af den danske befolkning benytter standardtjenester

Størstedelen af befolkningen benytter standardtjenester, især nyheder, sociale medier og beskedtjenester som vist i Figur 20. Omkring 80% af den danske befolkning læser nyheder, bruger sociale medier og sender meddelelser via fx "Messenger". Omkring 70% lytter til musik via webradio eller streaming-tjenester og hhv. 56% og 52% af befolkningen bruger internettet til videoopkald eller til at dele billeder mv.

Figur 20
Brug af standardtjenester, 2019
Procent af befolkningen



Note: Procent af befolkningen, der har benyttet den givne tjeneste i 2019 (de sidste tre måneder). Fulde gruppenavne er henholdsvis: "Læse/downloadede nyheder", "Brugt sociale netværkstjenester", "Delt egne billeder, tekst, videoer, musik eller software", "Lytet til musik via webradio eller streaming-tjeneste", "Sendt meddelelser fx via Messenger, Skype, WhatsApp, Viber etc.", og "Brugt video- eller audioopkald fx Skype, Messenger, Facetime, WhatsApp, Viber etc."

Kilde: Danmarks Statistik, BEBRIT09

STREAMING

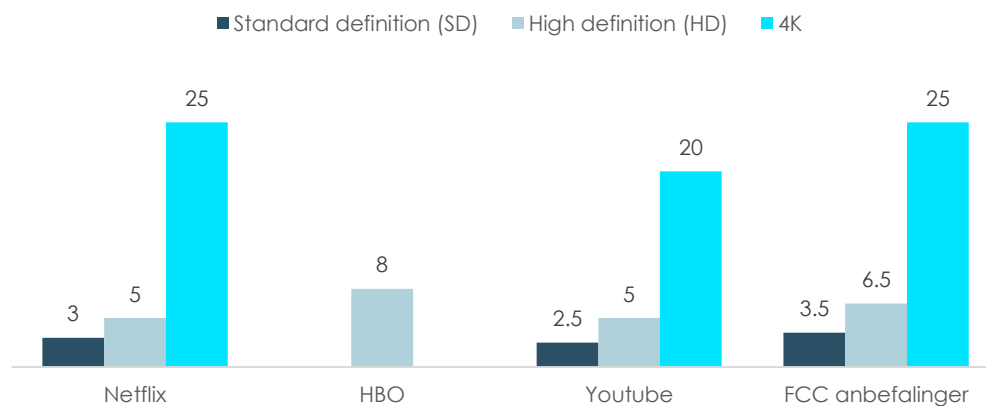
Streaming vil også i fremtiden drive en betydelig andel af datatrafikken, og højere opløsninger samt flere brugere vil bidrage til en fortsat vækst i streaming. Dette afsnit beskriver:

- Hastighedskrav til streaming for forbrugere (download)
- Hastighedskrav til streaming for indholdsskabere (upload)
- Udbredelse af streaming
- Estimeret udbredelse og hastighedskrav for streaming

Hastighedsbehovet til streaming for forbrugere kan stige i takt med udbredelsen af skærme med højere opløsning

Forbrugersiden, som vi også refererer til som streaming af indhold, dækker over privatpersoner og virksomheders brug af streaming-tjenester som eksempelvis Netflix, Youtube mv. I takt med udbredelsen af skærme i højere opløsning (til eksempelvis 4K) vil hastighedskravet stige. Mens hastighedsbehovet til streaming i HD er omkring 7 Mbit/s kræver 4K-streaming omkring 25 Mbit/s som vist i Figur 21. Streaming 8K vil kræve ca. det dobbelte båndbredde, altså omkring 50 Mbit/s.

Figur 21
Anbefalede download hastigheder, forskellige streaming-tjenester
Mbit/s



Note: Anbefalinger angivet som et interval i kilden er illustreret som gennemsnittet af den nedre og øvre anbefaling. Det er ikke oplyst for HBO, hvorvidt der er tale om standard definition eller high definition. Det antages, at der er tale om high definition.

Kilde: Netflix (2019a og 2019b), HBO (2019), Youtube (2019a), FCC (2019).

Hastighedsbehovet for indholdsskabere til upload og live-streaming vil ligeledes stige i takt med højere opløsning

Udbudssiden af streaming for privatpersoner, som vi også refererer til som indholdsskabere, er privatpersoners produktion af indhold, som publiceres via streaming-tjenester som Youtube og Twitch. Her skelnes der mellem live-streaming, altså deling af video i realtid, og upload af videoer som kan streames af forbrugere on-demand. Som vist i Boks 4 er anbefalingen for upload af videoer

i HD mellem 8 og 15 Mbit/s, mens anbefalingen er 40-75 Mbit/s for 4K. I takt med udbredelsen af 4K vil dette altså medføre højere og højere krav til internethastigheden.

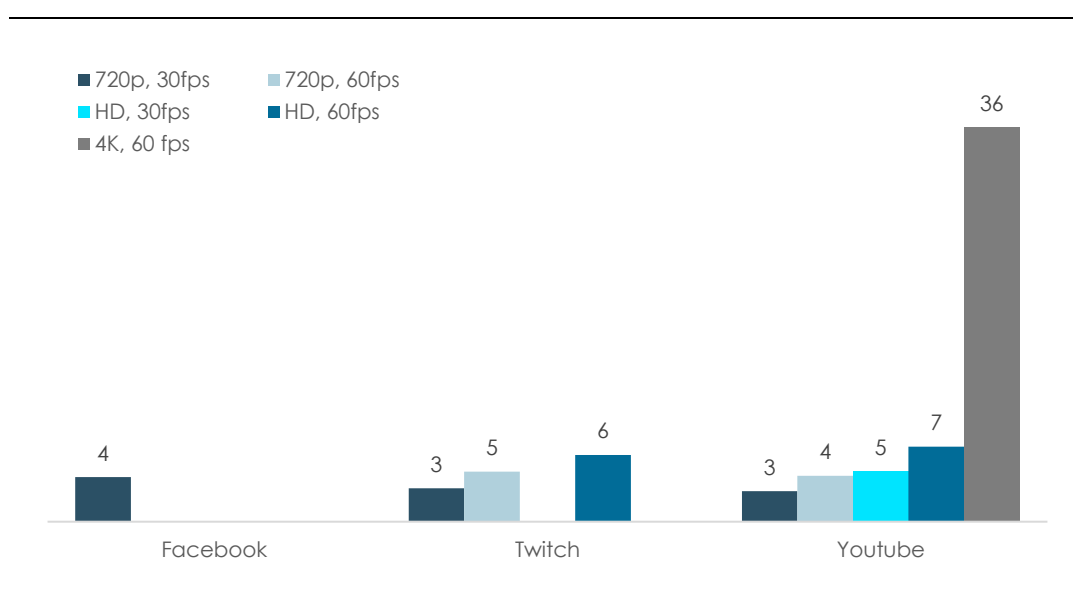
Boks 4 Youtube upload anbefalinger

- HD: 8-15 Mbit/s
- 2K: 16-30 Mbit/s
- 4K: 40-75 Mbit/s

Kilde: Youtube (2019b)

Live-streaming i HD kan foretages ved uploadhastigheder mellem 5 og 7 Mbit/s, mens live-streaming i 4K kræver 36 Mbit/s som vist i Figur 22. Live-streaming foretages blandt andet af gaming, men en del live-streaming kan også findes sted "på farten". Dermed stiller det potentielt set høje krav til uploadhastigheden for mobilt internet.

Figur 22
Anbefalede uploadhastigheder for live-streaming
Mbit/s

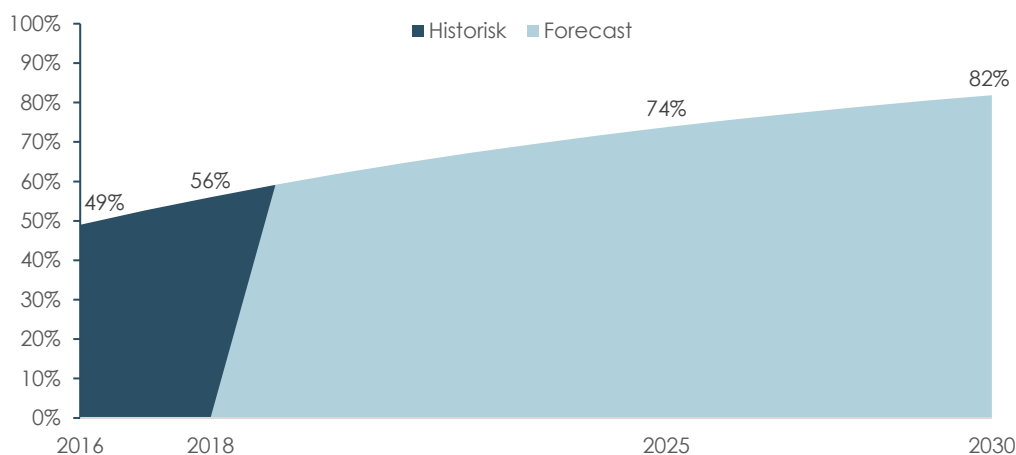


Note: For Facebook er der tale om en teknisk begrænsning og ikke et loft på grund af behov.
Kilder: Facebook (2019). Twitch (2019), Youtube (2019c).

Streaming af film og TV er støt stigende

Fra 2016 til 2018 steg andelen af befolkningen, der streamer film og TV fra 49% til 56%, svarende til en "take-up rate" blandt ikke-streamere på ca. 7% pr. år. Hvis denne historiske udvikling fortsætter, estimerer vi at 82% af den danske befolkning vil have et behov for at streame film og TV i 2030, se Figur 23.

Figur 23
Udvikling i streaming af film og TV
Procent af befolkningen



Noter: Data fra før 2016 (2014-2015) er ikke inkluderet pga. databrud som følge af en indsnævret definition af streaming. Data fra 2017 foreligger ikke, hvorfor vi har foretaget en imputation.

Kilde: Copenhagen Economics på baggrund af Danmarks statistik, BEBRIT16

Hvor stor en stigning dette medfører i den samlede trafik, afhænger af hvilke skærme, der streames på. Det estimeres at 62% af de tilsluttede fladskærms TV vil være 4K i 2022.⁵⁰ Dette sammenholdt med en stigende andel af befolkningen, der streamer, vil medføre en stigning i den samlede trafik, som streaming-tjenester kræver. På den anden side vil en del streaming-løsninger hverken kræve eller have gavn af 4K. Eksempler herpå er streaming på smartphones og i nogen grad også tablets, da skærmene er for små til, at brugeren har reel gavn af den høje opløsning.

AR/VR

Augmented reality (AR) og virtual reality (VR) stiller store krav til både internethastighed og lav latency, og udbredelsen forventes at stige fremadrettet. Dette afsnit beskriver:

- Hastighedskrav og latency-krav til AR/VR
- Udbredelsen af AR/VR
- Estimeret udbredelse og hastighedskrav for AR/VR

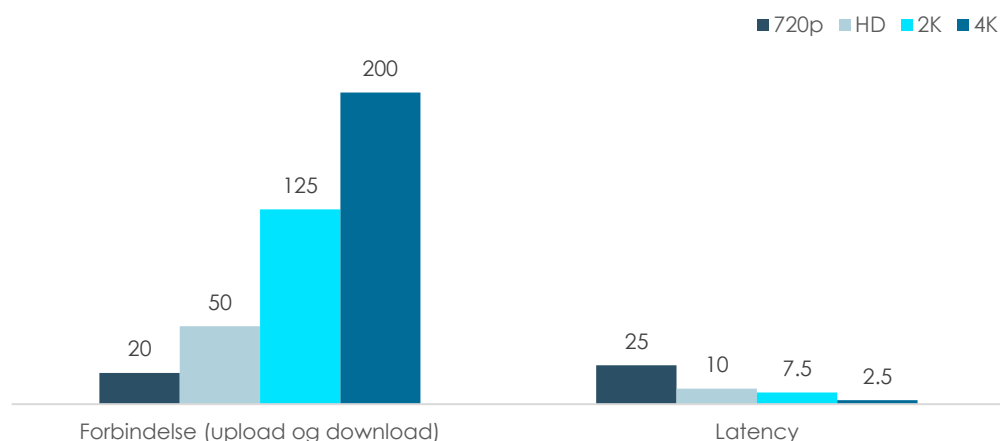
AR/VR stiller høje krav til såvel internethastighed som latency

AR og VR har vist sig også at have en række anvendelsesmuligheder hos virksomheder såvel som hos forbrugere og den offentlige sektor. AR/VR stiller høje krav til både hastighed og latency med op mod 200 Mbit/s for AR/VR i 4K og latency ned til 2,5 ms⁵¹, se Figur 24.

⁵⁰ Cisco (2018)

⁵¹ Der behøves lavere latency ved højere opløsninger primært fordi højere opløsninger kræver mere databehandling. Datamodtagelsen skal derfor ske tidligere ved højere opløsninger for at brugeren opnår den samme visuelle oplevelse i realtid.

Figur 24
Systemkrav for AR/VR-teknologi
Mbit/s (forbindelse) og ms (latency)



Noter: 4K er estimeret på baggrund af cloud gaming og cloud computing. Latency beregnet som halvdelen af RTT (Round-trip time).
Kilde: IHS Markit (2018).

Boks 5 beskriver disse to teknologier. Virksomheder benytter sig af teknologierne til at øge effektiviteten på arbejdspladsen, eksempelvis i form af virtuelle oplæringssystemer eller forbedrede muligheder for fjernstyring. Som eksempel kan nævnes Microsofts Hololens®, som benytter mixed reality til eksempelvis fjernkommunikation med specialister.⁵²

Boks 5 AR- og VR-teknologi

- Virtual reality (VR, "virtuel virkelighed") er en kunstig gengivelse af et miljø, der bruger lyd og billeder, potentielt suppleret med andre sanseindretninger.
- Augmented reality (AR, "udvidet virkelighed") er en præsentations-metode, hvor den virkelige verden suppleres med kunstige digitale objekter, der enten kan supplere eller maskere den virkelige verdens objekter

Source: GSMA Future Networks (2019)

Hos forbrugerne er fokus hovedsageligt på underholdning; VR-briller ses anvendt til gaming og 360 graders video, mens AR-teknologien fik sit store gennembrud med mobil-appen Pokémon GO i 2016 og Snapchats filtre har ligeledes gjort teknologien tilgængelig for mange.^{53, 54} Med hensyn til den offentlige sektor er der et stort potentiale for VR-teknologi fx indenfor sundhedssektoren, hvor

⁵² Microsoft (2019a)

⁵³ GSMA Future Networks (2019)

⁵⁴ Se Snapchat (2019) og Pokémon (2019)

VR-briller benyttes til en række ting, eksempelvis i forbindelse med behandling af angst.⁵⁵ AR/VR kan både benyttes af private og virksomheder.

AR/VR er endnu ikke særlig udbredt, men markedet er i kraftig vækst

IHS Markit anslår, at der eksisterer 35 millioner VR-enheder i verden i 2019, og estimerer en nær fordobling til 68 millioner enheder frem mod 2022.⁵⁶ Hvis dette viser sig at fortsætte, vil AR/VR ofte være at finde i danske husstande og virksomheder i 2030. Det estimeres, at AR/VR-trafik vil stige med 65% per år og 12-dobles mellem 2017 og 2022.⁵⁷ I næste afsnit har vi antaget, at 10% af befolkningen har adgang til AR/VR-teknologi i 2030 baseret på dialog med markedseksperter og skøn ud fra tilgængelige rapporter.⁵⁸

AR/VR er en stor driver for det samlede behov for en høj hastighed, især med 4K opløsning. Derfor er udbredelsen af disse teknologier afgørende for, hvor stort behovet bliver. Dette belyses i analysen af brugertyper i afsnit 2.3.

GAMING

Cloud gaming i 4K stiller høje krav til hastigheden med anbefalede hastigheder op til 200 Mbit/s og behov for lav latency. Dette afsnit beskriver:

- Hastighedskrav og latency-krav til cloud gaming
- Udbredelsen af cloud gaming
- Estimeret udbredelse og hastighedskrav for cloud gaming

Høj hastighed og lav latency er vigtigt for cloud gaming

Cloud gaming i 4K stiller høje krav til hastigheden med anbefalede hastigheder op til 200 Mbit/s i 4K og 50 Mbit/s i HD som vist i Figur 25.

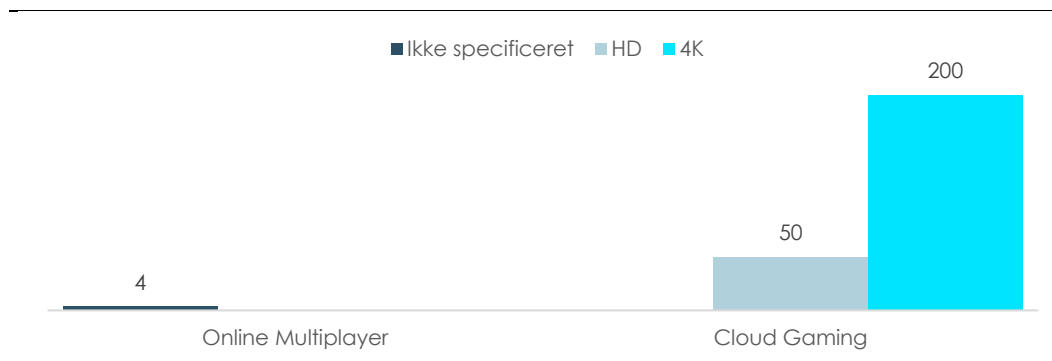
⁵⁵ Se for eksempel TV2 (2019).

⁵⁶ Approksimering baseret på IHS Markit (2018)

⁵⁷ Cisco (2018)

⁵⁸ Det estimeres at 17,3% af den amerikanske befolkning vil bruge VR mindst én gang om måneden i 2021, mens 25,8% vil bruge AR (under antagelse af en amerikansk befolkning på 330 millioner). Dansk Industri (2019) viser at danske virksomheder sakker bagud i forhold til andre lande (specifikt nabolandene Norge og Sverige) på digitaliseringsområdet. Dermed antages brugen af AR/VR at være mindre udbredt i Danmark fremadrettet end det estimeres i USA.

Figur 25
Anbefalede hastighedskrav til forskellige typer gaming
Mbit/s

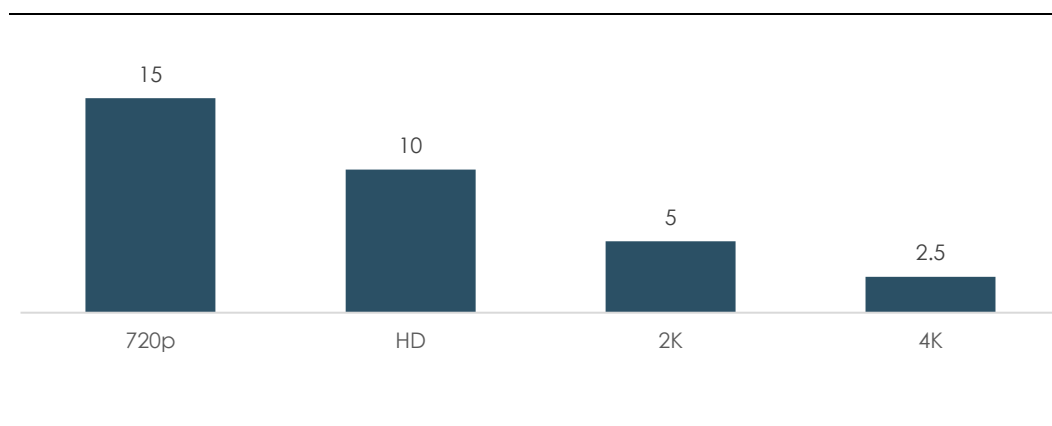


Note: I praksis stiller eksempelvis Google Stadia lavere krav end anslået af IHS Markit (2018) på omkring 35 Mbit/s for 4K 60 frames per second cloud gaming, jf. Google (2019b).

Kilder: Online multiplayer, FCC (2019). / Cloud gaming, HIS Markit (2018).

Ligeledes er latency-kravet særdeles vigtigt for cloud gaming. Eksempelvis er latency-kravet for cloud gaming i 4K 2,5 ms som vist i Figur 26.

Figur 26
Latency-krav for gaming forskellige opløsninger
ms



Note: Latency er beregnet som RTT (round trip time) divideret med 2.

Kilde: IHS Markit (2018)

Selv cloud gaming i HD kræver latency under 10 ms, hvormed adgang til lav latency potentielt set er en større barriere for udbredelsen af cloud gaming end adgangen til høj hastighed er, da kun 7% af befolkningen ikke har adgang til en 100/30 Mbit/s forbindelse, se Tabel 4 i afsnit 1.1.2. Grunden til, at latency-kravet falder, når billedopløsningen stiger, er, at billederne komprimeres og kodes inden de transporteres fra skyen og ud til brugeren. En højere komprimeringshastighed vil være skadelig

for billedkvaliteten, hvorfor en lav latency er nødvendigt for at ”købe tid” for billederne til at blive pakket ud idet de når frem til modtageren.⁵⁹

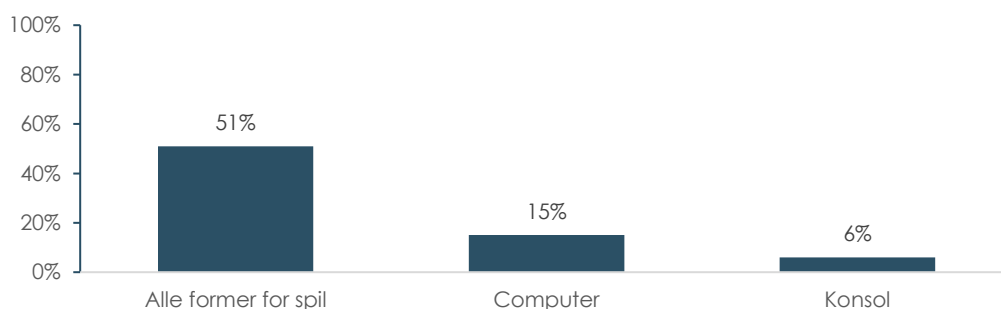
Over halvdelen af den danske befolkning gamer, men under 15% benytter spil, der som udgangspunkt må forventes at stille krav til høj hastighed og lav latency (dvs. spil på computer eller konsol).

Lidt over halvdelen af den danske befolkning (51%) har spillet en form for digitale spil inden for de sidste tre måneder, se Figur 28. Decideret gaming via computer eller konsol er mindre udbredt og henholdsvis 15% og 6% af den danske befolkning har spillet på disse enheder inden for de sidste tre måneder.

Figur 27

Personer der har spillet digitale spil inden for de sidste tre måneder

Procent af befolkningen



Note: "Alle former for spil" indeholder digitale spil på en række forskellige enheder; smartphone, tablet, computer og spillekonsol (som fx Playstation, Nintendo eller Xbox). Andel af befolkningen, der har benyttet den angivne form for spil inden for de sidste 3 måneder.

Kilde: Danmarks statistik, KVUSPIL2

Cloud gaming er ikke særlig udbredt i dag, men udbredelsen er stigende.⁶⁰ Som eksempler på nylige udgivelser kan nævnes det nyligt lancerede Google Stadia⁶¹ og Microsofts Project xCloud,⁶² hvor sidstnævnte tillader brugeren af spille på sin Xbox via sin smartphone.

UDBREDELSE OG BEHOV FOR TJENESTER

Den forventede udbredelse af forskellige tjenester varierer meget, men ingen tjenester med højt hastighedskrav forventes at blive meget udbredt i store dele af befolkningen som vist i Figur 28.

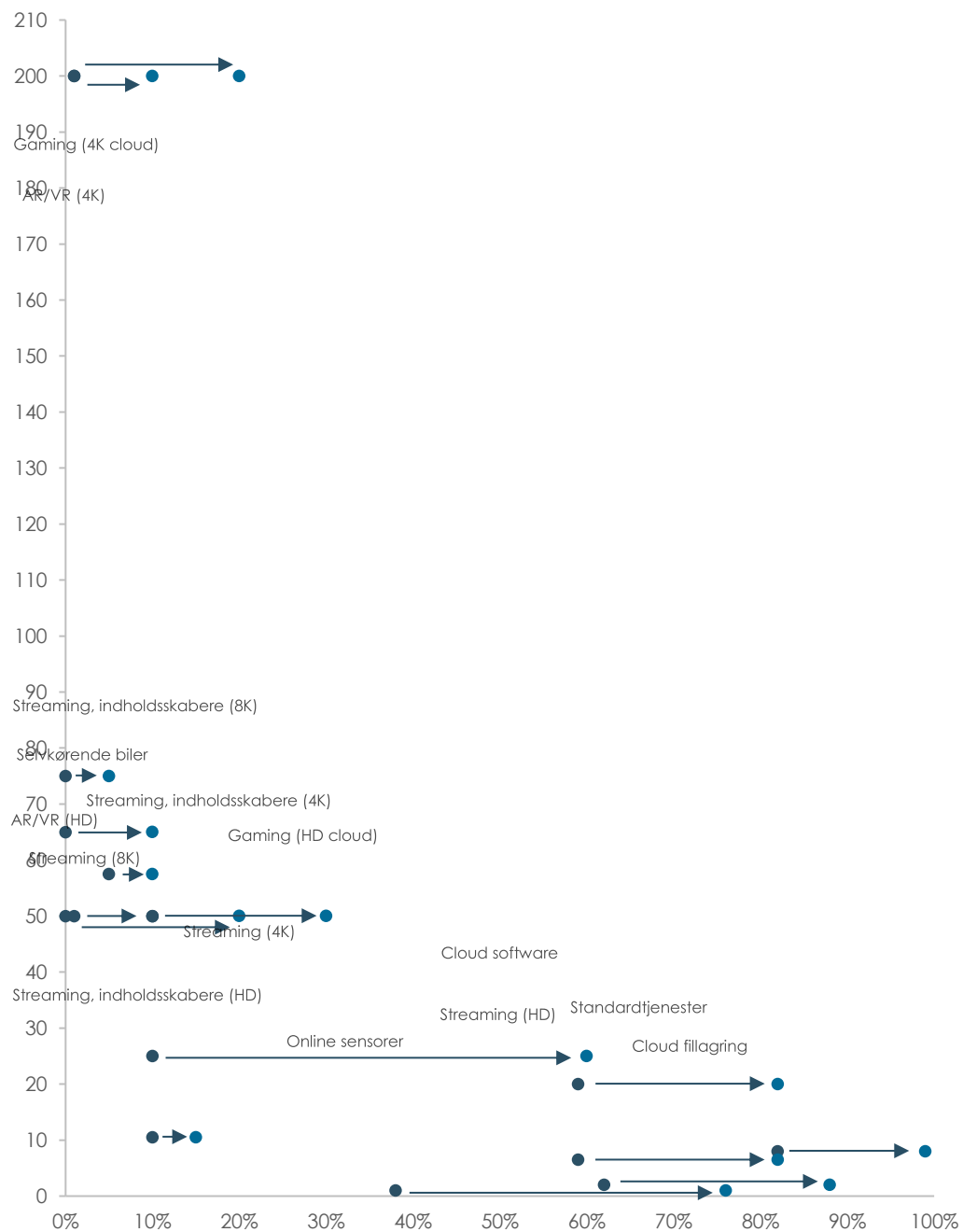
⁵⁹ IHS Markit (2018), s. 17

⁶⁰ Cai et al. (2016).

⁶¹ Google (2019)

⁶² Microsoft (2019b)

Figur 28
Behov i dag og i 2030 for de forskellige tjenester
Mbit/s per enhed (y-aksen) og procent af befolkningen (x-aksen)



Note: For streaming (indholdsskabere), er der tale om uploadhastighed.
Kilde: Copenhagen Economics.

Udbredelsen af IoT og M2M vil stille krav til connectivity

En højere udbredelse af sensorer med internetopkobling stiller krav til "connectivity" (muligheden for at have mange enheder tilsluttet samtidig), mens den kun i begrænset omfang vil stille krav til hastigheden som påpeget ovenfor. Dette vil både være drevet af virksomheder og private. Eksempelvis stiller 3GPP til fabriksautomatiseringsteknologien "motion control" krav om mulighed til 100.000 tilsluttede enheder pr. kvadratkilometer⁶³. Privates brug af sensorer til eksempelvis varmestyring vil ligeledes stille højere krav til connectivity i takt med udbredelsen af sådanne sensorer.⁶⁴

Stor udbredelse af cloud-løsninger frem mod 2025-2030 vil afstedkomme en anseelig datatrafik

Udbredelsen af cloud-løsninger som vist ovenfor koblet med et anseeligt hastighedskrav på op til 20 Mbit/s og mange brugere vil afstedkomme en anseelig datatrafik. Dette er illustreret i Figur 28. Hastighedskravene kan være stigende fremadrettet i takt med at standard-filer bliver større. Eksempelvis vil øget billedkvalitet medføre en større datatrafik til fillagring af sådanne billeder. Dette er ikke illustreret, da det er forbundet med stor usikkerhed.

Udbredelsen af standardtjenester kan med rimelighed antages at nærme sig 100% frem mod 2030

Det bliver i stigende grad vigtigt at være online i Danmark, både i form af nyheder, interaktion med offentlige instanser og meget andet. Vi antager derfor, at næsten 100% af den danske befolkning vil benytte standardtjenester frem mod 2030 som vist i Figur 28.

Høje krav til den samlede trafik som følge af høj udbredelse og skærme i høj opløsning

Som vist i Figur 28 vil stigningen i andelen af befolkningen, der streamer, være ledsaget af en højere og højere opløsning. Dette vil medføre en stigning i den samlede trafik. Som nævnt tidligere er skærmen afgørende for, om brugeren har gavn af streaming i fx 8K. HD streaming vil primært være på mindre skærme (smartphones og tablets), mens streaming på standarden for streaming på fladskærme vil være 4K. Da mange forbrugere med rimelighed kan antages at streame på smartphones eller tablets, er stigningen i behovsudviklingen for både 4K og 8K streaming i Figur 28 sat lavere end de 82%, der estimeres i Figur 23. For 4K benyttes 60%, hvilket svarer til andre estimater.⁶⁵

Selv med en begrænset udbredelse vil AR/VR stille store krav til både hastighed og lav latency for mange danskere

Som nævnt antages en udbredelse til 10% af befolkningen frem mod 2030, hvilket må ses som et konservativt skøn. Selv med en sådan relativt begrænset udbredelse, vil et så højt hastighedskrav på op til 200 Mbit/s kræve adgang til hurtigt internet for mange danske husstande. Udbredelsen sammenholdt med den opkrævede hastighed (4K) er vist i Figur 28.

Selv med en begrænset udbredelse vil cloud gaming stille store krav til både hastighed og lav latency for mange danskere

Der antages en udbredelse af cloud gaming til 20% af befolkningen frem mod 2030. Selv med en sådan relativt begrænset udbredelse, vil et så højt hastighedskrav på op til 200 Mbit/s kræve

⁶³ 5G Americas (2019), *5G: The Future of IoT* (<https://www.5gamericas.org/5g-the-future-of-iot/>), s. 63.

⁶⁴ Se eksempelvis Danfoss: <http://www.smartheating.danfoss.com/dk>. Link tilgæet 6.11. (2019).

⁶⁵ Cisco (2018).

adgang til hurtigt internet for mange danske husstande. Udbredelsen sammenholdt med den opkrævede hastighed (4K) er vist i Figur 28.

BILAG B

OVERSICHT OVER INTERVIEWPERSONER**Tabel 24**
Oversigt over interviewpersoner - teleindustrien

VIRKSOMHED	KONTAKTPERSON
3DK	Kim Christensen, CTO
Norlys Infrastructure	Lars Skovgaard, VP Martin Juul Nielsen, Senior Associate
Norlys Erhverv	Michael Balto, CEO
Boxer	Ulf Lund, CEO Brian Abrahamsen, Chief Product Officer
Seges	Peter Enevoldsen, Director, Group Digital
Holo	Christian Bering Pedersen, Technology and Data Lead
Microsoft Danmark	Anders Thomsen, Direktør for Politik og Strategi

Note: Figuren viser udelukkende de personer, der har medvirket i et interview. Flere personer er blevet kontaktet for interview.

Kilde: Copenhagen Economics.