

JANUAR 2021
ENERGISTYRELSEN

UDVIKLINGEN AF DATACENTRE OG DERES INDVIRKNING PÅ ENERGISYSTEMET

INDHOLD

1	Introduktion	1
2	Metode	2
3	Typer af datacentre og deres typiske karakteristika	4
4	Udviklingsforløb for datacentre i Danmark frem mod 2050	7
5	Fleksibilitet og afbrydelighed	15
6	Udnyttelse af overskudsvarme	21
7	Kilder	24

1 Introduktion

Store datacentre er en forholdsvis ny type af elforbrugere i Danmark. I 2017/2018 fik Energistyrelsen derfor udført en vurdering af udviklingen af store datacentre i Danmark af COWI. Rapporten "Temaanalyse om Store Datacentre" blev offentliggjort februar 2018.

Branchen udvikler sig meget hurtigt og siden færdiggørelsen af den første rapport, er flere store projekter blevet planlagt og andre skrinlagt. Energistyrelsen har derfor vurderet, at der er behov for en opdateret beskrivelse af den forventede, langsigtede udvikling af datacentre i Danmark og deres potentielle indvirkning på energisystemet.

Nærværende rapport skal ses som et tillæg til den tidligere rapport fra 2018. Den beskriver de seneste forventninger til udvikling i de danske datacentres elforbrug. Beskrivelsen er opdelt i fire hovedområder. Først beskrives datacentre og deres typiske karakteristika. I den anden del beskrives udviklingsforløbet i de kommende årtier, herunder forventningerne til de faktorer og rammevilkår der har betydning for udviklingen. I del 3 beskrives muligheder for fleksibilitet i elforbruget og for at afbryde datacenteret fra elnettet i overbelastningssituationer. I del 4 gives et overblik over muligheder for udnyttelse af overskudsvarmen fra datacentrene.

Rapporten giver et grundlag for at forstå en mulig udvikling af datacentre i Danmark og deres indvirkning på energisystemet. Dette giver mulighed for at Energistyrelsen og andre interessenter kan inkludere datacentre i analyser og beregningsværktøjer. Rapporten kan således skabe et fundament til en eventuel efterfølgende, mere dybdegående analyse af datacentre.

På grund af datacentrenes ønske om fortrolighed har Energistyrelsen på forhånd anerkendt, at informationer om de enkelte datacentres udvikling kun har været tilgængelig i meget begrænset omfang til denne opgave.

Rapporten er udarbejdet af COWI for Energistyrelsen i tidsrummet november til december 2020.

Det skal bemærkes, at rapporten er skrevet på et tidspunkt, hvor der hersker særlig usikkerhed knyttet til COVID19-pandemien og hvor meget denne indvirker på efterspørgslen på datacentre. De foreløbige vurderinger er, at pandemien er med til at øge digitaliseringen, fx ved øget nethandel og brug af e-konferencer, og dermed øger behovet for mere datakraft og nye lokationer til nye datacentre.

2 Metode

Rapportens hovedtema er udviklingen i antallet af datacentre og deres elforbrug fra 2020 til 2050. Denne udvikling er baseret på litteratur om datamængder og tilgængelige internationale og nationale analyser om datacentre, samt COWIs viden om datacentres karakteristika og parametre, der er afgørende for valg af lokation. Den langsigtede udvikling er baseret på en simpel lineær fremskrivning af antallet af datacentre, som tager udgangspunkt i den hidtidige udvikling og tilgængelig viden om allerede planlagte centre. Det har ikke været muligt at tilgå kilder, der kan give detaljeret viden om den langsigtede planlægning af datacentre i Danmark. Der er således ikke tale om en markedsmodellering af antallet af fremtidige datacentre i Danmark, men i stedet en fremskrivning af den hidtidige udvikling.

COWI har udarbejdet rapporten ud fra kendskab til datacentermarkedet i Danmark og som rådgiver med sektorkendskab til datacentres infrastruktur samt sammenhæng med varmesystemerne.

2.1 Ordforklaring

5G = Femte generation af mobilinternet, der opererer med netværkshastigheder op til 10 gigabit per sekund og leverer dermed en mindre latency end forløberen, 4G.

Adiabatisk køling = Køling der anvender vandbestøvning for at levere en mere effektiv køling.

AI/ML/DL = "Artificial intelligence"/"Machine Learning"/"Deep Learning".

Cloud Computing = Levering af software, service og tjenesteydelser via internettet. Cloud Computing er alternativet til, at brugeren selv har installeret software på egne enheder og udfører beregninger og lagring på egne enheder.

Co-location = Flere brugere er medejere eller lejer sig ind i et datacenter. Her har de adgang til en bestemt båndbredde, køle- og forsyningskapacitet. Typen er også betegnet Co-lo.

Datacentre = Datacentre af alle størrelser. Termen bruges, når branchen omtales generelt og ikke kun vedrørende HSDC'er.

Direkte væskekøling = Et kølesystem der lader væske løbe direkte igennem de varmeproducerende servere, hvilket kan give høje væsketemperaturer, der kan anvendes i fjernvarmesystemer. Denne type betegnes også DLC, Direct Liquid Cooling.

DX køleanlæg = Mekanisk køleanlæg med direkte ekspansion. Det er det mest enkle køleanlæg med kun én kølekreds, der cirkulerer et kølemiddel mellem en indedel og en udedel (også kaldet split-anlæg) ved hjælp af en kompressor.

Edge-computing = En generel betegnelse der dækker over behovet for at slutbruger og datacentre har en placering tæt på hinanden, således at forsinkelsen på dataprocesseringen kan holdes nede.

HSDC = Hyperscale datacentre. Termen bruges om den største klasse af datacentre.

IoT = Internet of Things, når fysiske produkter (andre end computere og smart phones) er koblet op på internettet og kan udveksle data.

Latency = En betegnelse for den forsinkelse der forekommer i dataprocesseringen, når forespørgslen sendes imellem slutbruger og datacenteret.

Luftkøling = Et kølesystem der anvendes enten direkte, hvor udeluft blæses direkte ind i datacentret, eller indirekte, hvor udeluft føres gennem en veksler, således at det indre system i datacentret er lukket med en minimal friskluftudskiftning.

Mekanisk køling = Når udetemperaturen bliver for høj til traditionel frikøling, kan der suppleres med mekanisk køling ved hjælp af kølekompressorer i kombineret drift (frikøling/kompressorkøling). Når udetemperaturen stiger yderligere, så kombineret drift ikke er mulig, opereres der med ren mekanisk køling, dvs. udelukkende med kompressordrift.

Traditionel frikøling = Udbredt blandt eksisterende datacentre i Danmark. Traditionel frikøling er baseret på et vand-/brine-baseret anlæg, hvor vandet køles ned ved at blæse udeluft hen over køleflader i en tørkøler.

UPS = Uninterruptible Power Supply, ofte et system baseret på batterier, der sikrer uafbrudt strømforsyning.

Workload = Mængden af databehandling en server udfører. Typisk udløses workloads af brugere, der interagerer med programmer, hvormed programmet udfører "beregninger" eller databehandling på en server.

3 Typer af datacentre og deres typiske karakteristika

Datacentre kan opdeles i fire hovedkategorier: hyperscale, co-location, enterprise og urbane/Micro/Edge. I tabellen herunder præsenteres de typiske karakteristika for disse datacentre under danske forhold, herunder elforbrug, tilslutning på nettet, kølesystemerne og muligheder for at udnytte overskudsvarme til fjernvarme.

	Hyperscale	Co-location	Enterprise	Urbane/Micro/Edge
Typisk elforbrug/effekt per datacenter	Mellem 50-300 MW	<50 MW	Under 2 MW. Op til 10 MW i sjældne tilfælde.	Mellem 50-400 kW
Tilslutning på elnettet og spændingsniveau	Transmission (400/150/132 kV)	Distribution (50-60 kV)	Distribution (10 kV)	Distribution (10 kV)
Type af kølesystem	Luftkøling/adiabatisk køling	Primært fri- og/eller mekanisk køling. I sjældne tilfælde luftkøling/adiabatisk køling.	Primært fri- og/eller mekanisk køling. I sjældne tilfælde luftkøling/adiabatisk køling.	Container/modulbaseret med små køleanlæg, fri- og/eller mekanisk køling eller DX.
Udnyttelse af overskudsvarme?	Potentielt. Afhænger af køling. Har lav temperatur. Typisk kræver tilkobling på fjernvarmenettet at temperaturen øges med varmepumpe.	God mulighed for udnyttelse af overskudsvarme afhængigt af type kølesystem.	God mulighed for udnyttelse af overskudsvarme afhængigt af type kølesystem.	Potentielt muligt, men vil ofte være for små.
Øvrige karakteristika der kan have betydning for datacenterets relation til det omgivende energisystem	Typisk placeret i landlige omgivelser. Store i bygningsareal og effekt. Bygges af virksomheden der skal bruge dem. Typisk mindre kritisk funktion og lavere forsyningssikkerhed.	Typisk placeret i eller nær større byer, primært i udkanten af København. Kan både være generisk opbygget til at passe forskellige kunder eller designet til at afspejle specifikke kunders behov.	Datacentre der ejes og drives af private virksomheder og offentlige instanser. Typisk placeret i sammen med det tilknyttede kontor.	Decentrale små samlinger af servere der kan foretage beregninger og have kommunikation med helt lokale brugere uden om de centrale netværkscabler. Tiltænkes større rolle med udrulning af 5G og udbygning af IoT.
Flexibilitet og nødsystem	Potentiel anvendelse af smartgrid teknologier der kan flytte dataprocessering ud af spidsbelastningsperioder på elnettet. Mulighed for nøddrift ved anvendelse af batterier og diesel generatorer.	Typisk mindre fleksible end hyperscale, grundet en blanding af kunder med forskellige behov og muligheder. Mulighed for nøddrift ved anvendelse af batterier og diesel generatorer.	Potentiel anvendelse af smartgrid teknologier der kan flytte dataprocessering ud af spidsbelastningsperioder på elnettet. Potentialet for smartgrid er afhængig af forretningsmodellen. Mulighed for nøddrift ved anvendelse af batterier og diesel generatorer.	Begrænsede muligheder for smartgrid. Skal være tilgængelige med en lav latency døgnet rundt. Typisk for små til at have installeret nødsystem. I sjældne tilfælde er der tilkoblet batteri.

I det følgende uddybes de fire typer af datacentre.

3.1 Hyperscale

Hyperscale er store datacentre der oftest ejes, drives og anvendes af internetbaserede virksomheder. Hyperscale datacentre agerer derfor ofte som serviceplatform for sociale medier, søgemaskiner, streamingtjenester og e-handelssider. Grundet disse virksomheders online tilstedeværelse, kræver denne type virksomheder en stor datakapacitet. Det er derfor oftest velkendte virksomheder såsom Google, Facebook og Apple, der bygger disse hyperscale datacentre for at opnå den nødvendige datakapacitet, som er nødvendig for at opretholde og udvikle deres online forretningsmodel.

Elforbruget for hyperscale datacentre er notorisk højt med en estimeret el-effekt på mellem 50 og 300 MW svarende til et elforbrug på mellem 438 og 2628 GWh om året. Grundet det meget høje elforbrug er hyperscale datacentrene som hovedregel koblet direkte på el-transmissionsnettet. Denne direkte opkobling giver ligeledes datacentrene en bedre skalerbarhed, idet der ofte ikke vil være problemer med at øge energiinputtet ved en opkobling til el-transmissionsnettet¹.

Hyperscale datacentrene anvender typisk luft- eller adiabatisk køling af de installerede servere. Konsekvensen af denne type kølesystemer er, at hyperscale datacentrenes overskudsvarme typisk medfører en lavere vandtemperatur end for mekanisk køling, hvorfor en eventuel udnyttelse af overskudsvarme er mere vanskelig, idet der kræves brug af varmepumper²³.

3.2 Co-location

Co-location datacentre er kendetegnet ved, at operatøren udlejer plads, elektricitet og køling til en række forskellige kunder. Kunderne står typisk selv for at opsætte deres eget IT-udstyr i co-location faciliteterne. Derved adskiller co-location sig fra andre forretningsmodeller ved at være baseret på et delekoncept. Co-location datacentrene agerer altså som serviceplatform for et større antal kunder, der efterspørger datacenterinfrastruktur på specifikke lokationer.

Den estimerede el-effekt for co-location datacentrene ligger typisk under 50 MW per datacenter eller hvad der svarer til et elforbrug på under 438 GWh om året. Dette relativt lave elforbrug betyder, at co-location datacentrene som udgangspunkt ikke er koblet direkte på el-transmissionsnettet, men i stedet er koblet på elnettet på lavere spændingsniveauer (10-60 kV).

Co-location datacentrene anvender typisk mekanisk køling med eller uden kompressor. Dog ses der også co-location datacentre, der anvender luft- eller adiabatisk køling ligesom i hyperscale datacentrene. I de typiske co-location datacentre med et mekanisk kølesystem er der potentielt set mulighed for at udnytte mellem 50-80 % af el-inputtet som overskudsvarme.

¹ Nordic Council of Ministers, 2018, "Data Centre Opportunities in the Nordics"

² Facebook, 2020, "Facebook's hyperscale data center warms Odense"

³ Ingeniøren, 2018, "Apples nye datacenter vil anvende overskudsvarmen – måske"

3.3 Enterprise

Enterprise datacentre er et traditionelt lokalt server set-up. Enterprise datacentre drives som egne serviceplatforme til virksomheder der har valgt ikke at outsource deres operationelle IT-behov til f.eks. en co-location eller cloud baseret løsning. Dermed er enterprise datacentrenes servere typisk placeret i et dedikeret lokale i virksomhedens egne bygninger og danner dermed grundlag for virksomhedens interne netværk og IT-løsninger.

Idet virksomheders behov for datakapacitet er vidt forskellige, er det vanskeligt at rapportere et typisk elforbrug for denne type datacenter. Dog vurderes el-effekten for enterprise datacentre typisk til at være under 2 MW, svarende til et elforbrug på under 17,5 GWh/året. I sjældne tilfælde findes der enterprise datacentre med en el-effekt på over 10 MW eller svarende til over 87,6 GWh om året. Grundet den fysiske placering i virksomhedernes egne lokaler samt deres relativt lave elforbrug er disse enterprise datacentre typisk koblet op på det lokale el-distributionsnetværk.

Enterprise datacentre anvender, ligesom co-location datacentre, typisk mekanisk køling med eller uden kompressor. Ligesom ved co-location datacentre ses der også i sjældne tilfælde enterprise datacentre, der anvender luft- eller adiabatisk køling. Grundet den typiske mekaniske køling er der potentiale for at udnytte mellem 50-80 % af el-inputtet som overskudsvarme.

3.4 Urbane

Urbane datacentre er mindre datacentre, der servicerer kunder med en efterspørgsel på datakapacitet med en meget lav latency. Denne type er i udvikling i takt med behovet fra en voksende kundebase der efterspørger edge-computing. Grundet kravet om en meget lav latency, er det krævet at denne type datacentre ligger i umiddelbar nærhed af deres kunder. Dermed ses denne type datacentre oftest i byer eller forstæder. De urbane datacentre tiltænkes en fortsat større rolle i forbindelse med udrulningen af 5G og IoT, grundet et øget behov for at datacentre er placeret tæt på slutbrugeren.

Idet de urbane datacentre er af mindre størrelse, ses der typisk en eleffekt på 50 til 400 kW per datacenter, svarende til et elforbrug på mellem 438 MWh og 3504 MWh om året. Grundet datacentrenes urbane placering er disse typisk koblet til det lokale el-distributionsnet.

De urbane datacentre er ofte konstrueret som container- eller modulbaserede anlæg med små fri-, mekaniske eller DX køleanlæg. Udnyttelse af overskudsvarme fra datacentre vil potentielt være muligt. Dog vurderes det, at datacentre typisk vil være for små til at en sådan udnyttelse vil give mening, da mængden af overskudsvarme er for lille til at det er rentabelt.

4 Udviklingsforløb for datacentre i Danmark frem mod 2050

4.1 Drivere for udviklingen af datacentre

De næste årtiers udvikling af datacentre og deres elforbrug bestemmes af den løbende teknologiudvikling og heraf følgende databehov, datacentrenes it-infrastruktur og deraf følgende energieffektivisering, den grønne omstilling og Danmarks evne som lokation og tilkobling til internationale datakabler. I det følgende uddybes disse tendenser.

Driver 1. Teknologitendenser og større databehov

Der stilles stadig større krav til datacentre om at udvide deres serverkraft i takt med, at den globale internetefterspørgsel stiger⁴. Det er specielt store teknologitrends såsom; streamingtjenester, 5G services, IoT, automatisering og datatunge AI/ML/DL modeller, der driver stigningen i den globale internettrafik⁵⁶.

Driver 2. Effektivisering af datacentrenes infrastruktur

Den løbende effektivisering af datacentrenes it-infrastruktur bevirker, at det enkelte datacenter kan håndtere større datamængder på det samme antal servere. Det modvirker i nogen grad det stigende elforbrug, der følger det voksende databehandlingskrav. Effektiviseringen er primært drevet af forbedringer i it-infrastrukturen igennem introduktionen af og forbedringer i den virtualiseringssoftware, der håndterer dataprocesseringen i det enkelte datacenter⁷.

Driver 3. Den grønne omstilling

Den grønne omstilling har stor betydning for, at Danmark er en attraktiv lokalisering for datacentre. I takt med den grønne omstilling og både de offentlige og private sektors behov for at opfylde decarboniseringsforpligtigelserne fra Parisaftalen⁸, underlægges datacentre på grund af deres store elforbrug også krav om klimaneutral drift. Danmark har som i de øvrige nordiske lande mulighed for at tilbyde attraktive klimaneutrale løsninger fra vedvarende energikilder⁹. Dette betyder, at vi også fremover må forvente at se flere datacenteroperatører søge til Danmark og de øvrige nordiske lande.

⁴ International Energy Agency, 2020, "Data Centres and Data Transmission Networks"

⁵ Nordic Council of Ministers, 2018, "Data Centre Opportunities in the Nordics"

⁶ COWI, 2018, "Temaanalyse om store datacentre"

⁷ International Energy Agency, 2020, "Data Centres and Data Transmission Networks"

⁸ Parisaftalen trådte i kraft i 2020 og er grundlaget for det internationale samfunds forpligtigelser i forhold til bl.a. dekarboniseringsindsatsen.

⁹ Energinet, 2020, "Dansk elproduktion slog i 2019 ny grøn rekord – laveste CO2-udledning nogensinde"

Driver 4. Danmarks evne som lokation

I "Temaanalyse om Store Datacentre" fra 2018 blev de overordnede kriterier for valg af lokation gennemgået baseret på internationale undersøgelser og interviews. Det er kendt, at de nordiske landes evne til at tiltrække nye datacenterinvesteringer i det sidste årti har ligget højt sammenlignet med resten af verden¹⁰. Denne evne synes ikke at være forringet siden og forventes fortsat at skabe forventninger til yderligere placeringer.

Der er mange parametre der afgør virksomhedernes beslutninger. De samlede driftsomkostninger har en særlig stor indflydelse på placeringen af datacentre. Danmark har med et velfungerende og konkurrencedygtigt elmarked, relativt lave temperaturer, politisk stabilitet samt relativt få procedurer og dermed hurtige godkendelser et godt forretningsmiljø som er medvirkende til at datacenterne kan holde deres driftsomkostninger og risiko nede^{11,12}.

Driver 5. Danmarks internationale dataforbindelser

Siden den tidligere rapport "Temaanalyse om store datacentre" er Danmark blevet tilkøbt en række nye internationale datakabler. Denne tilkobling øger Danmarks attraktivitet for placering af datacentre, idet en placering i Danmark nu faciliterer et større globalt perspektiv, ligesom flaskehalse på de trafikale knudepunkter i netværksforbindelserne formodes at blive mindsket grundet en stor kapacitet på de nye internationale og oversøiske datakabler. Konkret kan nævnes det nye "Havfruekabel"¹³, der forbinder Danmark med USA mellem Esbjerg og New Jersey samt det nye "Havhingsten kabel", der forbinder Danmark og Irland¹⁴. Ligeledes skal "The Arctic Connect Telecom Cable Project" bemærkes i forbindelse med Danmarks attraktivitet, idet denne fiberforbindelse imellem Kina og Finland sandsynligvis vil gøre Norden, som helhed, mere interessant for nye potentielle datacenteroperatører¹⁵.

4.2 Skift i datacentermix og infrastruktur

Danmark vurderes som beskrevet i afsnit 4.1 at være en attraktiv lokation for både de store og mindre dataleverandører. Udviklingen af datacentre i Danmark formodes dog i større grad at bevæge sig imod flere mindre datacentre placeret i umiddelbar nærhed af slutbrugerne. Denne ændring i det danske datacentermix skyldes hovedsageligt at potentielle operatører af hyperscale datacentre ønsker en mere fleksibel udvidelse af datakapaciteten, en øget efterspørgsel efter

¹⁰ TECHMONITOR, 2020, "Why the Nordics are the best place in the world to put a data centre"

¹¹ Nordic Council of Ministers, 2018, "Data Centre Opportunities in the Nordics"

¹² TECHMONITOR, 2020, " Why the Nordics are the best place in the world to put a data centre"

¹³ AQUACOMMS, 2020, "The North Atlantic Loop"

¹⁴ AQUACOMMS, 2020 "Havhingsten Telecommunication Cable"

¹⁵ Submarine Cable Networks, 2020, "The Arctic Connect telecom cable project becomes more international: Cinia having new partners from Japan, Norway and Finland"

internettjenester med lav latency samt at de traditionelle enterprise datacentre bliver nedlagt til fordel for co-location og urbane løsninger. I de følgende afsnit uddybes disse emner.

Tendens mod flere mindre datacentre

Danmark har siden COWIs første rapport 'Temaanalyse om Store Datacentre' set en række hyperscale datacentre blive planlagt på dansk jord. Heriblandt Apple i Viborg og Kassø, Facebook i Odense og Esbjerg, SAP i Kassø og Padborg samt Google i Fredericia¹⁶. Dog er der over de seneste år blevet trukket et antal planlagte datacentre tilbage; Facebook er ude af Esbjerg¹⁷, Apple er ude af Kassø¹⁸ mens SAP endnu ikke har konkrete planer om at bygge i hverken Kassø eller Padborg¹⁹. Disse aflysninger i opførelsen af hyperscale datacentre, skal ses i lyset af et stigende antal co-location datacentre i Danmark. Det kan tyde på at en række store internetbaserede virksomheder, der havde planlagt at opføre hyperscale datacentre i Danmark, i stedet har valgt at etablere sig igennem co-location løsninger²⁰. Denne tendens formodes at fortsætte, da en sådan løsning giver operatørerne mulighed for en mere fleksibel udvidelse af deres datakapacitet.

Der ses endvidere i disse år en tendens til, at operatørerne af enterprise datacentre flytter deres traditionelle engagement til mere moderne datacenterløsninger såsom co-location og urbane datacentre, så andelen af enterprise datacentre i Danmark forventes at være faldende²¹. Denne udvikling kan forklares ved, at virksomheder med eksisterende enterprise datacentre i stigende grad overgår til cloudløsninger, og en stadig stigende efterspørgsel efter internettjenester med en lav latency, som f.eks. edge-computing. Sidstnævnte skyldes blandt andet udrulningen af 5G og IOT. Edge-computing kræver flere datacentre med en fysisk placering i umiddelbar nærhed af slutbrugerne. Derfor må det forventes at stadig flere urbane datacentre vil blive etableret i Danmark. Denne fordeling på et større antal mindre datacentre vil ligeledes kunne bevirke en nedbringelse af potentielle flaskehalse på datanetværksforbindelserne.

Den øgede urbanisering af de danske datacentre vil bevirke, at de nye mindre datacentre vil placeres relativt længere fra el-transmissionsnettet end hyperscale datacentre, der typisk bygges med kort afstand til el-transmissionsnettet for øje. Grundet den længere afstand til el-transmissionsnettet, tilkobles de mindre datacentre til det lokale el-distributionsnet. Omvendt vil afstanden til eksisterende fjernvarmesystemer ofte være mindre, idet de nye urbane datacentre

¹⁶ Danmarks Radio, 2019, "Datacentre i Danmark – to på vej og to er droppet"

¹⁷ JyskeVestkysten, 2019, "Facebook dropper Esbjerg: Rystet og ærgerlig borgmester tror på andet datacenter"

¹⁸ JyskeVestkysten, 2019, "Apple dropper kæmpe datacentre I Sønderjylland"

¹⁹ JyskeVestkysten, 2020, "Global virksomhed ledte I hele Europa – valget faldt på Aabenraa"

²⁰ Berlingske, 2020, "Endnu et datacenterbyggeri til trecifret millionbeløb går I gang"

²¹ Gartner, 2018, "Gartner Identifies the Top 10 Trends Impacting Infrastructure and Operations for 2019"

vil være placeret nærmere byerne, hvorfor en udnyttelse af evt. overskudsvarme typisk vil være lettere.

4.3 Lineær fremskrivning

Den fremtidige datacenterkapacitet i Danmark forventes at være stigende. Denne forventning er i overensstemmelse med COWIs tidligere rapport "Temaanalyse om store datacentre i Danmark"²². På trods af fortsatte effektiviseringer i eksisterende datacentres serverkapacitet, forventes den kraftige stigning i internettrafik at drive en stigende efterspørgsel efter nye datacentre i Europa²³. Danmark og en lille håndfuld andre lande står stærkt i konkurrencen om at tiltrække disse nye datacentre.

Det hører med til billedet at der, som beskrevet i afsnit 4.2, i de kommende år formentligt bliver opført flere co-location og urbane centre, frem for hyperscale og enterprise datacentre. Stigningen i de mindre typer af datacentre betyder, at datacentre rykker tættere på byerne og derfor oftest længere fra el-transmissionsnettet, men tættere på el-distributionsnettene og fjernvarmenettene. Et sådant skift i det danske datacentermix vil isoleret set formodes at sænke det totale elforbrug. Ligeledes vil konsekvensen formentlig være, at Danmark vil opleve en mere jævn stigning i elforbruget fra datacentre på grund af en mere jævn udvidelse med de mindre urbane og co-location datacentre, end hvis der var bygget hyperscale og enterprise datacentre i stedet.

Elforbruget i de danske datacentre er estimeret til at udgøre omkring 0,88 TWh (svarende til 100 MW) i 2020. Det er baseret på estimerer for den hidtidige udbygning af de tre allerede etablerede hyperscale datacentre fra Apple²⁴, Facebook og Google samt en række co-location datacentre, der primært er lokaliseret omkring københavnsområdet²⁵.

Da de nuværende hyperscale datacentre samt en række co-location datacentre endnu ikke er fuldt udbyggede, har deres samlede elforbrug fortsat ikke nået fuld kapacitet. Eksempelvis forventes udbygningen af Apples datacenter at foregå over en 10-årig periode²⁶. Microsoft har endvidere lanceret planer om opførelsen af 3 datacentre med et endnu uvist elforbrug. Endelig er der på nuværende tidspunkt planlagt opførelse af en række co-location datacentre fra bl.a. Interxion og Digiplex.

²² COWI, 2018, "Temaanalyse om store datacentre"

²³ International Energy Agency, 2020, "Data Centres and Data Transmission Networks"

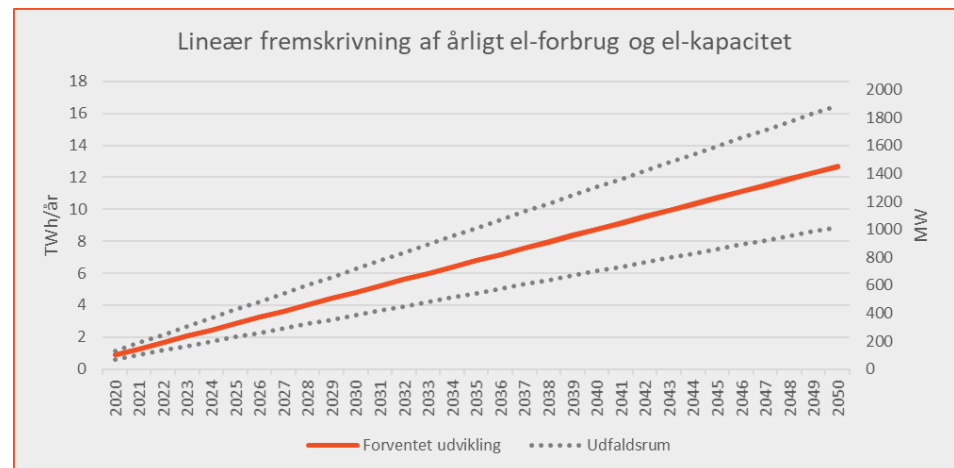
²⁴ Ingeniøren, 2015, "Analyse: Hvor stort bliver Apples datacentre i Viborg?"

²⁵ Se f.eks. om Digiplex: <https://www.computerworld.dk/art/244280/digiplex-skal-bygge-flere-datacentre-i-danmark-disse-omraader-kigger-selskabet-paa>

²⁶ Ugeavisen, 2015, "Apple investerer 6,3 milliarder i nyt datacenter"

Den fulde idriftsættelse af de nuværende datacentre i Danmark, en stigende global internettrafik, Danmarks attraktivitet for datacenteroperatører, Danmarks internationale datakabelforbindelser samt Danmarks grønne omstilling forventes i fremtiden at drive udviklingen af nye datacentre og deres elforbrug i Danmark.

På baggrund af ovenstående og ved hjælp af en lineær fremskrivning er datacentres elforbrug estimeret til 4,8 TWh/år (svarende til 550 MW), 8,76 TWh/år (svarende til 1000 MW) og 12,70 TWh/år (svarende til 1450 MW) i henholdsvis 2030, 2040 og 2050.



Note: Der er i fremskrivningen anvendt fuld drift af datacentrene, idet datacentre typisk kører tæt på fuld kapacitet hele døgnet. Således er der regnet med 8760 timer, hvorfor elforbruget (TWh/året) er svarende til el-kapaciteten (MW). Dermed antages sæsonrelaterede udsving i forbindelse med køling at udligne sig over året. Dermed er det årlige forventede elforbrug et udtryk for et gennemsnit over året. For en dybdegående gennemgang af disse temperaturrelaterede udsving henvises til afsnit 5.1 omkring forventede driftsprofiler.

Fremskrivningen ligger under niveauet fra den tidligere fremskrivning fra "Tema-analyse om store datacentre". Således estimerede den tidligere rapport det samme årgennemsnitlige elforbrug i 2020 på 0,88 TWh/året (svarende til 100 MW), mens der i 2040 var estimeret et elforbrug på 11,43 TWh/året (svarende til 1300 MW). Den lavere forventning til det fremtidige elforbrug kan primært tilskrives, at et antal tidligere planlagte hyperscale datacentre i Danmark er blevet skrinlagte.

Det skal understreges, at fremskrivningen er behæftet med en stor usikkerhed, idet datacenterbranchen er i hurtig udvikling. Således kan både teknologiske og forretningsmæssige ændringer have afgørende betydning for det realiserede elforbrug. For at imødekomme denne usikkerhed, er der i fremskrivningen estimeret et udfaldsrum på plus/minus 30 % i forhold til den sandsynlige lineære fremskrivning. Det vil sige at den absolutte usikkerhed er stigende over tid. Baggrunden for udfaldsrummet er uddybet i afsnit 4.3.1.

Med den seneste tendens hvor flere dataoperatører synes at foretrække co-location frem for hyperscale (som beskrevet i afsnit 4.2), er det desuden vanskeligt at beskrive det fremtidige elforbrug opdelt på datacentertyperne. Det skyldes at

det ikke har været muligt at få adgang til de enkelte dataoperatørers strategier med hensyn til investeringer i de enkelte datacentertyper.

Det vurderes, ud fra bl.a. de nuværende placeringer af hyperscale datacentre, at udbygningen af datacenterkapacitet i løbet af de kommende år hovedsageligt vil finde sted i Vestdanmark. På længere sigt vil det forventes at Østdanmark vil tage mere kapacitet, men ikke nødvendigvis udligner forskellen mellem elforbrug til datacentre i Øst- og Vestdanmark.

4.3.1 Udfaldsrum for udviklingen

Mange studier har beskæftiget sig med forudsigelser af det fremtidige dataforbrug, digitaliseringstakter og datacentrenes elforbrug. Ens for dem alle er, at der er stor usikkerhed om udviklingen, fordi den afhænger af nogle helt centrale drivere, som beskrevet i afsnit 4.1. Denne usikkerhed er også forplantet i de danske datacentererhverv, og det er derfor vanskeligt at vurdere det reelle udfaldsrum.

På baggrund af branchekendskab og research af de eksisterende udbygningsplaner samt en skelen til nogle af de grundlæggende lokale og globale faktorer har COWI dog vurderet, at den lineære fremskrivning har en usikkerhedsmargin på plus/minus 30 %. COWI har blandt andet inddraget usikkerhedsmargin fra flere studier²⁷, som er udarbejdet af blandt andet OECD, Cisco og IEA²⁸. Det skal understreges, at der er tale om et overslag og grundet de hurtige teknologiske og forretningsmæssige udviklinger i datacenterbranchen, kan det realiserede elforbrug potentielt afvige mere end det forventede udfaldsrum.

I det følgende beskrives tre grundlæggende faktorer, der potentielt kan påvirke det realiserede elforbrug.

- Ændring i den globale og europæiske internettrafik

Den globale og, i særdeleshed, den europæiske internettrafik har en direkte indflydelse på det antal datacentre der opføres på europæisk jord. Dermed vil større afvigelser fra den forventede fremtidige internettrafik kunne påvirke antallet af datacentre der opføres i Europa og dermed potentielt i Danmark. OECD har i deres 2019-rapport vurderet udviklingen af den globale datacentertrafik på baggrund af Ciscos Global Cloud Index 2016 – 2021 og Cisco's Visual Networking Index 2017 – 2022. Globalt set forventes der en årlig stigning i dataforbruget på den korte bane på mellem 22 % og 24 % i Vesteuropa.

- Ændring i Danmarks attraktivitet

²⁷ Herunder især Cisco (2018) Global cloud index – Forecast and Methodology 2016-2021, OECD (2019) Measuring the Digital Transformation og IEA (2020) Data Centres and Data Transmission Networks.

²⁸ Cisco (2018) Global cloud index – Forecast and Methodology 2016-2021

Danmark anses, som i den tidligere rapport "Temaanalyse om store datacentre"²⁹, fortsat at være en attraktiv placering for opførelse af nye datacentre. Det er COWIs vurdering, at det bedste bud på Danmarks fremtidige position på området vil være, at den ligner den nuværende. Der kan dog ikke stilles en garanti for, at de tidligere faktorer bliver ved med at være de mest afgørende. Ligesom Danmarks tiltrækningsevne for datacentre ikke blot kan antages at være konstant. Det er vanskeligt at spå om ændringer i det realiserede elforbrug ved ændringer i de nuværende attraktivitetsfaktorer. Dermed vurderes ændringer i Danmarks attraktivitet både at kunne medføre stigninger eller fald i elforbruget – ligesom elforbruget kan forblive konstant.

Som eksempel på usikkerheden kan alene en beslutning om at skrinlægge eller etablere et nyt hyperscale-datacenter potentielt resultere i et fald/stigning i størrelsesordenen 300 MW, hvilket vil svare til et 30% fald/stigning i forhold til den lineære fremskrivning i 2040.

- Radikale teknologiske og forretningsmæssige skift

Større teknologiske fremskridt eller forretningsmæssige skift kan potentielt have stor indflydelse på danske datacentres realiserede elforbrug. Til eksempel vurderede netværks- og infrastrukturudbydere ifølge IEA, at 5G kan være 10 til 20 gange mere energieffektiv end 4G. Et andet eksempel er udviklingen inden for blockchain-teknologier. Ifølge IEA har blockchain-relaterede tjenester hidtil ikke brugt mere end mellem 0,1 - 0,3 % af det globale elforbrug, men et gennembrud i disse teknologier kan få store effekter på datatrafikken og datacentrenes elforbrug. Blandt lovende teknologier er også kvantecomputere, der vurderes at have potentiale til at revolutionere de klassiske datacentre. En optimistisk vurdering for introduktionen af kvantecomputere er allerede i 2023³⁰. Da teknologien fortsat er i hastig udvikling, er det dog for tidligt at vurdere dens indvirken på datacentrenes elforbrug.

Endvidere vil nye, endnu ikke kendte, teknologiske trends kunne påvirke det fremtidige elforbrug i både stigende og faldende retning.

Endelig kan store regionale eller globale begivenheder også påvirke udbuddet og efterspørgslen efter data og datacentre. I skrivende stund er det nærliggende at pege på, at den globale internettrafik steg kraftigt i 2020 på grund af Covid-19 pandemien. Dette skyldes blandt andet vækst i video-streaming, online spil og social interaktion på nettet³¹.

²⁹ COWI (2018) Temaanalyse om store datacentre

³⁰ Fortune, 2020, "Quantum computing could reach the market by 2023, says IBM CEO"

³¹ IEA, 2020 "Data Centres and Data Transmission Networks"

4.4 Energipolitiske tiltag

De hidtidige energipolitiske rammer i Danmark har tilsyneladende været gunstige for datacentre i Danmark, når man ser på det sidste årtis stigning i antallet af datacentre. I det følgende fremhæves de ændringer i energipolitikken, som vurderes at få indflydelse på udviklingen af datacentre i Danmark.

4.4.1 Opfyldelse af de danske klimaforpligtigelser

Den danske målsætning om 70 % reduktion af klimagasser i 2030 ift. 1990 øger Danmarks attraktivitet for datacentre. Dette skyldes datacenteroperatørernes ønske om en grøn profil. Flere datacenteroperatører har på nuværende tidspunkt indgået aftaler^{32,33} om grøn elproduktion, der dækker datacentrenes elforbrug. Således vil et grønnere dansk energimix bevirke at der kræves en mindre investering fra datacenteroperatørernes side for at drive klimaneutrale datacentre.

4.4.2 Grøn omlægning af varmeafgifter

Datacentre har ved deres elektricitetsforbrug et stort teknisk potentiale i at opsamle og udnytte overskudsvarmen til blandt andet fjernvarmesystemer. Tidligere var datacentre pålagt en procentvis afgift af vederlaget for denne overskudsvarme, hvilket reducerede det økonomiske incitament til at fjernvarmeværkerne kunne udnytte overskudsvarmen fra datacentre.

Klimaafspraken for Energi og industri fra juni 2020³⁴ ændrede på dette, så der fra og med 2021 ikke længere vil være en afgift på el-baseret overskudsvarme fra datacentre. Dette fremmer muligheden for at udnytte overskudsvarme fra datacentre.

4.4.3 Grøn skattereform

I december 2020 indgik regeringen og et flertal i Folketinget en aftale om en grøn skattereform. Skattereformen vil i første omgang blandt andet hæve afgifterne på energi fra fossile brændsel, hvilket formentligt ikke påvirker datacentre i noget stort omfang. På længere sigt forventes en mere ensartet CO₂-afgift at blive indført, hvilket også vil kunne omfatte en omlægning af afgifterne på elproduktionen og dermed på priserne for elforbruget. Reformen vil ved indførslen af en direkte, ensartet CO₂-afgift formentligt skabe et større økonomisk incitament for datacentre til at sikre, at deres el- og energiforsyning kommer fra vedvarende energikilder. Desuden vil reformen formentligt også kunne tilskynde datacenteroperatørerne til at forberede sig på et mere fleksibelt elforbrug, så operatørerne kan flytte en større andel af deres elforbrug til de tidspunkter på døgnet, hvor andelen af strøm fra vedvarende energikilder er størst. Deres mulighed for dette er beskrevet i afsnit 5.2. herunder.

³² Altinget, 2019, "Facebook bygger datacentre I Danmark, men vindmøller I Norge: Klimaet er jo ligeglad"

³³ TV Midtvest, 2020, "Apple får strøm fra solceller I Thisted og møller I Esbjerg"

³⁴ Finansministeriet, 2020, "Klimaaftale for energi og industri mv. 2020"

5 Fleksibilitet og afbrydelighed

Den grønne omstilling og den stigende andel af fluktuerende vedvarende energi samt et stigende elforbrug forårsaget af en øget elektrificering får stor betydning for planlægningen og driften af det danske elsystem i fremtiden. Derfor har datacentrenes evne til at variere deres elforbrug betydning for den fremtidige planlægning af elnettet og forsynings sikkerheden. Jo større mulighed datacenteroperatørerne har for at koble centrene fra elnettet i kortere perioder, eller flytte elforbruget geografisk til andre datacentre, des større fleksibilitet vil el-operatører opnå. I dette afsnit gennemgås datacentrenes muligheder for at skabe større fleksibilitet i deres fremtidige elforbrug.

5.1 Forventede typiske driftsprofiler

Et datacenters elforbrug kan inddeles i tre overordnede kategorier, hhv. datacentres IT-forbrug, køling og effekttab.

- **IT-forbrug:** Størstedelen af et datacenters elforbrug går til IT-forbrug. IT-forbruget dækker over selve dataprocesseringen, som datacenteret foretager for dets brugere. Dataprocesseringen bliver foretaget af en række installerede servere i datacentret. Dermed er det datacentrets servere, der bestemmer, hvor stort et elforbrug et datacenter maksimalt kan have på IT-forbrug. IT-forbruget i datacentrene vil typisk være relativt konstant, idet datacenteroperatørerne stræber efter at udnytte den fulde kapacitet i datacentrene over hele året og alle tidspunkter af døgnet.
- **Køling:** En konsekvens af dataprocesseringen i datacentrenes servere er, at der udvikles varme. Datacentrets servere kræver særlige temperaturforhold for at operere med optimal kapacitet. Dermed er det nødvendigt at installere køling, der har et varierende elforbrug alt efter de eksterne klimatiske forhold, som datacenteret opererer i.
- **Effekttab:** På trods af en generel høj effektivitet i de danske datacentre, er der et effekttab i de elektriske installationer. Dette effekttab kan primært tilskrives tab i transformere, der konverterer højspændt AC til lavspænding DC, UPS, batterier og el-tavler. Det er vanskeligt at fastslå et præcist effekttab, idet tabet varierer imellem forskellige datacentre. Dog vurderer COWI, at effekttabet typisk vil være omkring 5% af et datacenters IT-forbrug.

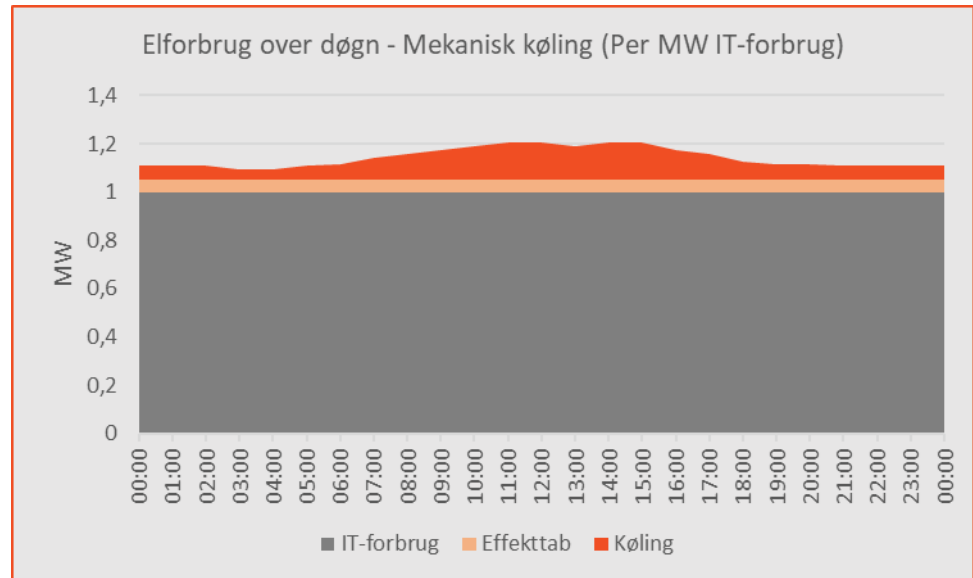
Der har de senere år ikke været større teknologiske fremskridt indenfor datacentrenes effektivitet i forhold til effekttab og køling. Nedenfor er de typiske driftsprofiler for mekanisk køling med kompressor og adiabatisk køling henover et forårsdøgn³⁵ og hele året³⁶. Det skal bemærkes, at effekttabet og køleforbruget er opgivet relativt til 1 MW IT-forbrug.

³⁵ DMI, 2017, "Teknisk rapport 12-17"

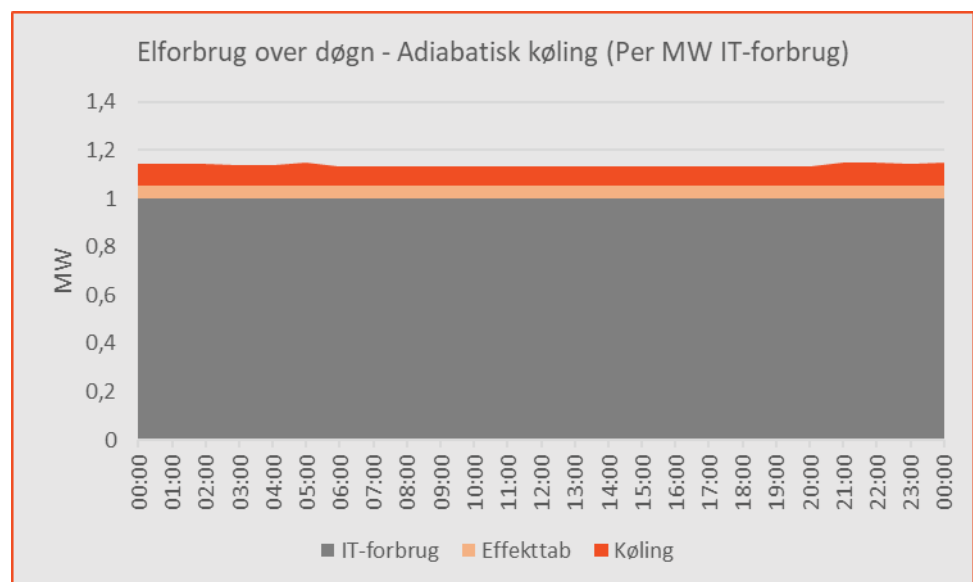
³⁶ ASHRAE månedlige middeltemperaturer over året for målestation placeret i Billund.

5.1.1 Typiske driftsprofiler henover døgnet

Et datacenters køleanlæg har et elforbrug som afhænger af udetemperaturen og varierer derfor over døgnet. Diagrammerne nedenfor viser denne variation over et dansk forårsdøgn for mekanisk køling og adiabatisk køling. Alle eksempler tager udgangspunkt i et konstant elforbrug til IT.



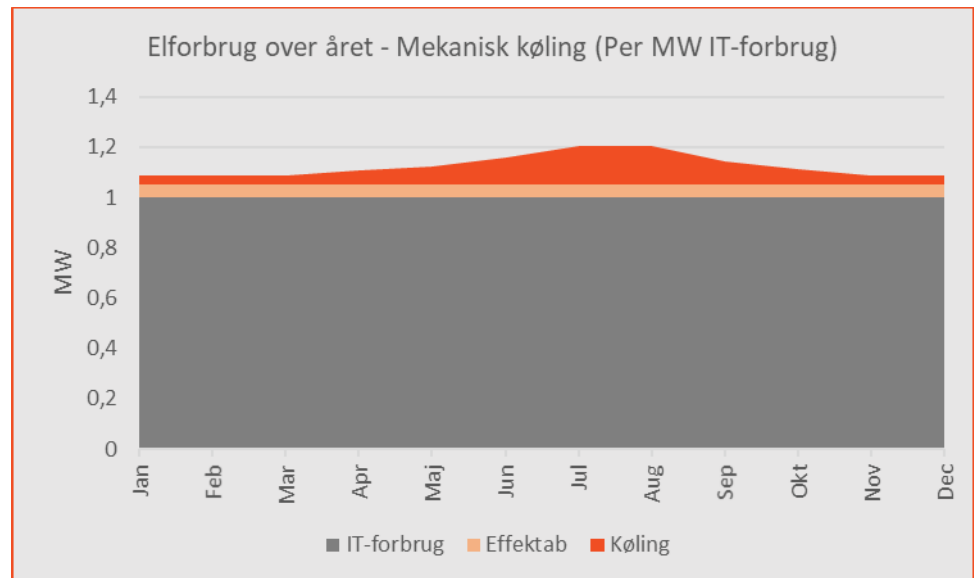
Note: Diagrammet viser variationen i elforbrug over et døgn for et mekanisk køleanlæg ved en udetemperatur mellem 5 °C og 16,7 °C.



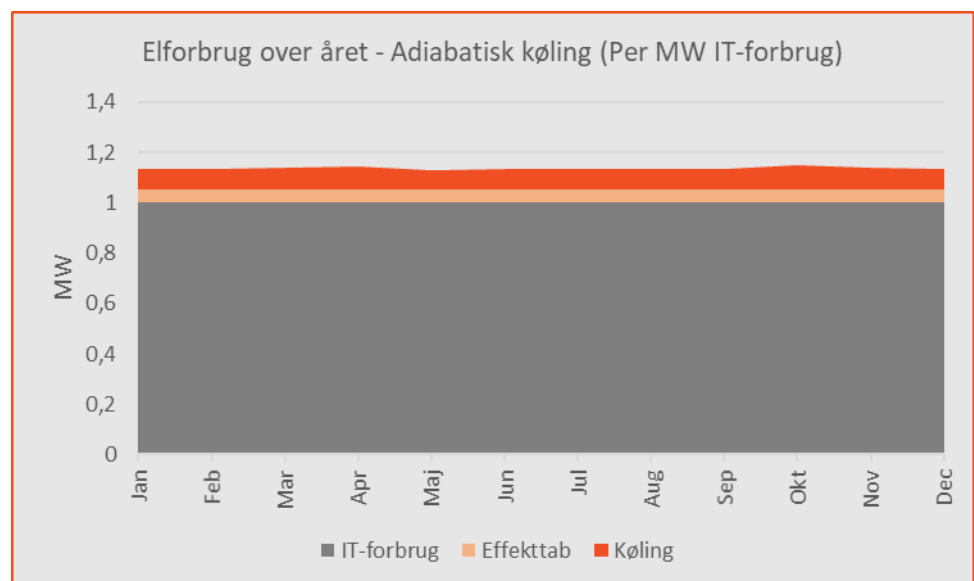
Note: Diagrammet viser variationen i elforbrug over et døgn for et adiabatisk køleanlæg ved en udetemperatur mellem 5 °C og 16,7 °C.

5.1.2 Typiske driftsprofiler henover året

Elforbruget til et datacenters køleanlæg varierer ligeledes over året, som følge af forskelle i udetemperaturen, med forskellige profiler afhængigt af køletypen.



Note: Der ses et større forbrug i de varme sommer måneder da frikøling i denne periode ikke er mulig og kompressorkøling må anvendes.



Note: For adiabatisk køling ses en mindre variation i elforbruget over året end for mekanisk køling, som følge af at lufttemperaturen sænkes ved befugtning og blæserenergiforbruget holdes nogenlunde konstant.

Som det kan ses af driftsprofilerne, er elforbruget i den mekaniske køling med kompressor mere følsomt overfor temperaturudsving, imens adiabatisk køling har en mere jævn forbrugsprofil. Dette skyldes, at der ved mekanisk køling med kompressor ikke kan anvendes frikøling ved høje temperaturer, hvorfor kompressorerne i denne type kølesystem har et højere elforbrug i sådanne perioder.

Ved adiabatisk køling forstøves vand i luften hvilket sænker temperaturen. Den elforbrugende proces er primært blæseenergi, hvilket holder udsving i elforbruget nede på trods af temperaturforskelle.

Det skal videre bemærkes, at luftkøling vil minde meget om adiabatisk køling, idet blæserne er tæt på identiske – eneste reelle forskel er forstøvningen af vand, som gør adiabatisk køling lidt mere energieffektiv. Valget imellem de to vil reelt set være baseret på den ønskede temperatur i datacenteret. Ligeledes vil energiforbruget ved frikøling (mekanisk køling uden kompressor) i høj grad minde om mekanisk køling med kompressor i de kolde vintermåneder – imens mekanisk køling med kompressor vil kunne opretholde en lavere temperatur i de varmere sommermåneder – med et tilhørende højere elforbrug til følge.

Der tages forbehold for potentielle effektivitetsforskelle i de forskellige datacenter typer. Således kan de store hyperscale datacentre formodes at være relativt mere effektive end de mindre co-location, enterprise og urbane datacentre med samme kølesystem. Dette skyldes at kølingssystemerne i hyperscale datacentre typisk anvender luft- eller adiabatisk køling i store haller med fælles blæsere. Således opnås en højere effektivitet, hvilket typisk bringer det samlede elforbrug til køling ned.

5.2 Muligheder for flytning af elforbrug

Der ses en tendens, hvor hyperscale datacentre er begyndt at tilpasse sig elnettet ved at flytte databehandlingsopgaver, som f.eks. serveropdateringer, til tidspunkter, hvor det ikke falder sammen med elnettets spidsbelastningstidspunkter.

I praksis findes de optimale tidspunkter til at behandle de ikke-tidsafhængige opgaver ved hjælp af to typer forecasts: Et forecast af det lokale el-produktionsmix og et af datacenterets el-behov. Tilsammen giver dette datacenteroperatørerne mulighed for at tilpasse deres belastning af elnettet efter de lokale energiforhold og datacenterets el-behov.

Anvendelsen af en sådan smart grid-teknologi muliggør, at datacentrene kan anvende en højere andel af vedvarende energikilder, idet der udenfor spidsbelastningstidspunkterne ofte vil være en mindre andel af fossile brændsler i el-produktionsmixet. På nuværende tidspunkt har Google testkørt et lovende pilotprojekt på datacenterniveau. Dog forventer Google i fremtiden at udvide denne form for smart grid-teknologi, så det ikke kun er timingen af databehandlingen der arbejdes med, men også hvilke datacentre, der håndterer dataprocesseringen, så der altid anvendes det mest favorable energimix i forhold til at opnå en høj andel af vedvarende energi i elforbruget³⁷.

Udviklingen af smart grid-teknologierne kan potentielt optimere driften af datacentrenes elforbrug og skabe større fleksibilitet. Flexibiliteten passer bedre til et

³⁷ Google, 2020, "Our data centers now work harder when the sun shines and wind blows"

elnet, der er baseret på en voksende andel af vedvarende energi, idet vedvarende energi varierer i forhold til vejrforhold. Det er vanskeligt at kvantificere omfanget af dataopgaver der på sigt vil blive flyttet imellem forskellige datacentre og tidspunkter. Dog tyder tendensen på at sådanne former for smart-grid teknologier vil blive mere udbredte i fremtiden.

5.3 Muligheder for planlagt afbrydelse fra det kollektive elnet

Grundet datacentres store elforbrug kan de ved at planlægge afbrydelser fra det kollektive elnet medvirke til at stabilisere det danske elnet i spidsbelastningsperioder. Datacentre har potentielt selv mulighed for planlagt at flytte dele af driften til andre datacentre og tidspunkter eller overgå til nødforsyning. Dette er uddybet i de to følgende afsnit. Det er dog vigtigt at bemærke, at ikke alle datacentre nødvendigvis er villige til at afhjælpe spidsbelastningsperioder, idet en planlagt afbrydelse kan indebære risici i forhold til datacenterets opetid.

5.3.1 Flytning af belastning til andre datacentre eller tidspunkter

I tilfælde af at datacenteroperatøren driver flere datacentre, vil der potentielt være mulighed for helt eller delvist at flytte dataprocesseringen. Dermed kan datacentret aflaste elnettet i de situationer, hvor der er spidsbelastning på det lokale elnet, ved at fordele belastningen ud over de øvrige datacentre, som operatøren driver. Konsekvensen for slutbrugeren vil potentielt være en højere latency, som ikke nødvendigvis medfører forringet brugeroplevelse³⁸. Ved ikke-tidskritiske opgaver kan datacenteroperatørerne ligeledes vælge at flytte opgaverne til andre tidspunkter som benævnt i afsnit 5.2.

5.3.2 Potentiale for nødforsyning

Der findes en række løsninger til nødforsyningsanlæg af datacentre. Traditionelt set har datacentre anvendt dieselgeneratorer. En sådan nødforsyning med anvendelse af dieselgeneratorer kan typisk opretholde en normaldrift af datacentre i op til 48 timer, afhængig af tankkapacitet på den lagrede diesel. Det skal bemærkes at der som udgangspunkt ikke er begrænsninger på generatorers driftstimer, så længe de fastlagte emissionsgrænseværdier overholdes³⁹. I kraft af den grønne omstilling og det stadig stigende krav om klimaneutral drift, kan klimaneutrale brændstoffer eller batterier⁴⁰ potentielt set gå ind og erstatte den traditionelle dieselolie. Dermed kan datacentre sikre en klimaneutral drift i tilfælde af effektmangel på elnettet. På trods af at visse datacenteroperatører har mulighed for at flytte dele af deres dataprocessering til andre af de centre som

³⁸ Google, 2020, "Our data centers now work harder when the sun shines and wind blows"

³⁹ Retsinformation, 2017, "Bekendtgørelse om begrænsning af emission af nitrogenoxider og carbonmonoxid fra motorer og gastubiner"

⁴⁰ Google, 2020, "Cleaner data centers, batteries included"

de driver, så må det forventes at især hyperscale og co-location datacentre og i en vis grad de større enterprisedatacentre fortsat vil have generatorer tilkoblet datacenteret. Hvorimod de helt små urbane datacentre må forventes at have et batteri, der anvendes som nødforsyningsanlæg.

5.4 Nødvendig teknologi og rammevilkår

Det er som udgangspunkt store teknologivirksomheders ønske om en grøn profil, der har betydning for, hvorvidt planlagte afbrydelser fra det kollektive elnet i spidsbelastningsperioder bliver udbredt. Dog er der en række teknologier og rammevilkår, der ligeledes kan understøtte denne udvikling. Disse er uddybet i de følgende afsnit.

Før datacentrene er parate til at tilrettelægge driften med en større fleksibilitet i elforbruget, og udnytte muligheder for at afkoble sig elnettet i spidsbelastningsperioder, skal datacenteroperatørene have de rette teknologier, så driften sker både økonomisk og miljømæssigt effektivt. Blandt potentielle teknologier, der kan accelerere dette er smart-grid teknologier som nævnt i afsnit 5.2⁴¹, anvendelse af batterier⁴² samt tilvejebringelse af klimaneutrale brændstoffer til centre-nes nødgeneratorer.

Datacentrenes incitament til at tilrettelægge planlagte afbrydelser øges formentligt i takt med at de danske netselskaber kan tilbyde mere gunstige tariffer. I skrivende stund er et nyt tarifsystem (Tarifmodel 3.0), som skal styrke tidsdifferentiering og belønne fleksibilitet, til godkendelse i forsyningsstilsynet⁴³. Systemet forventes først at være klar til brug i løbet af 2022. Når det sker, vil det formentligt accelerere datacentrenes interesse for at flytte deres forbrug til de tidspunkter på døgnet hvor det er billigst, og dermed kunne reducere deres forbrug i spidsbelastningsperioder.

⁴¹ Google, 2020, "Our data centers now work harder when the sun shines and wind blows"

⁴² Google, 2020, "Cleaner data centers, batteries included"

⁴³ Dansk Energi, 2020, "Ny tarifmodel er anmeldt til Forsyningsstilsynet"

6 Udnyttelse af overskudsvarme

Datacentrenes mulighed for udnyttelse af overskudsvarme afhænger af den teknologiske udvikling, det fremtidige datacentermix og datacentrenes valg af kølesystemer. Ligeledes er omkostningerne forbundet med tilkobling af datacentre til eksisterende fjernvarmenet en vigtig faktor.

6.1 Hyperscale

Hyperscale datacentre anvender typisk luft- eller adiabatisk køling, hvorfor deres overskudsvarme typisk har så lave temperaturer, at det ikke kan betale sig at udnytte overskudsvarmen til fjernvarme. Det er dog lykkedes for Facebook i Odense at tilkoble deres datacenter til det eksisterende fjernvarmenet⁴⁴.

En løsning som Facebooks kræver, at temperaturen på overskudsvarmen fra datacentre hæves, inden varmen kan tilføres til fjernvarmenettet. Dette er dyrt, idet der kræves investeringer i store varmepumper samt løbende omkostninger til energi for at drive varmepumperne. Videre bygges hyperscale datacentre typisk i relativt tyndt befolkede områder, hvorfor der ofte er langt til eksisterende fjernvarmenet. Dette giver problemer i forhold til udnyttelse af overskudsvarmen, idet denne skal flyttes over længere distancer, ligesom det øger omkostningerne for opkobling til det eksisterende fjernvarmenet.

6.2 Co-location

Co-location datacentre anvender typisk mekanisk køling. Denne type køling giver gode muligheder for udnyttelse af overskudsvarme i fjernvarmesystemer, idet varmen er til rådighed ved højere temperaturer end ved luft- eller adiabatisk køling, som typisk anvendes i hyperscale datacentre.

Grundet den højere temperatur på overskudsvarmen vil der typisk skulle investeres i en mindre varmepumpe, ligesom der skal bruges mindre energi til at øge temperaturen, end det er tilfældet ved hyperscale datacentre. Videre er co-location datacentre typisk placeret relativt tættere på det eksisterende fjernvarmenet end hyperscale datacentre. Dette er med til at holde omkostningerne forbundet med tilslutningen til fjernvarmenettet nede.

6.3 Enterprise

Enterprise datacentre anvender, ligesom co-location datacentre, typisk mekanisk køling. Dermed har enterprise datacentre typisk gode muligheder for at udnytte overskudsvarmen i fjernvarmesystemer.

Ligesom ved co-location datacentre skal der investeres i en mindre varmepumpe og bruges mindre energi til at øge temperaturen. Videre er enterprise

⁴⁴ Facebook, 2020, "Facebook's hyperscale data center warms Odense"

datacentre typisk også placeret relativt tæt på eksisterende fjernvarmenet, hvilket er med til at holde omkostningerne forbundet med tilslutningen til fjernvarmenettet nede.

6.4 Urbane

Urbane datacentre anvender, ligesom co-location og enterprise datacentre, typisk mekanisk køling. Urbane datacentre har derfor også muligheder for at udnytte overskudsvarmen til fjernvarme, men de vil typisk være for små til at det vil være økonomisk rentabelt at tilkoble dem til fjernvarmenettet.

6.5 Datacentermix

Grundet forskellene i datacentertyperne er det fremtidige danske datacentermix essentielt i forhold til udnyttelse af overskudsvarme i det danske fjernvarmenet. Således anses potentialet for udnyttelse af overskudsvarmen i fremtiden at være drevet af kølemetoden og dermed temperaturen på overskudsvarmen, størrelsen af de enkelte datacentre og dermed om det kan betale sig at tilslutte datacenteret til fjernvarmenettet samt afstanden til allerede etablerede fjernvarmenet.

Den stigende tendens mod flere mindre datacentre, benævnt i afsnit 4.2, betyder således at det kan forventes, at overskudsvarmen generelt vil have en højere temperatur og dermed et større potentiale for udnyttelse i fjernvarmen. Ligeledes taler den typiske urbane placering, som ofte er tæt på eksisterende fjernvarmenet for, at disse mindre datacentertyper indgår i fjernvarmenettene. Det skal dog bemærkes, at datacentre med mekanisk køling typisk er af mindre størrelse, hvorfor det i nogle tilfælde ikke vil kunne betale sig at koble datacenteret til det lokale fjernvarmenet, når der ses på den potentielle udnyttelse af overskudsvarme over for omkostningerne. Dette er særligt gældende for de mindre enterprise- og helt små urbane datacentre.

Det er vigtigt at bemærke, at fremtidige ændringer i datacentermixet eller nye teknologiske udviklinger i høj grad kan ændre på de fremtidige forventninger.

6.6 Direkte væskekøling

Direkte væskekøling vil være den mest effektive køletype i forhold til fjernvarmetilslutning. Ved direkte væskekøling ledes væsken direkte igennem de varmeproducerende servere, hvilket medfører høje væsketemperaturer op mod 60 °C, der i nogle tilfælde, som ved i brug ved lavtemperaturfjernvarmesystemer vil være høje nok til at kunne anvendes direkte i fjernvarmenettet, uden investering i varmepumper⁴⁵. Denne type køling ses dog på nuværende tidspunkt mest

⁴⁵ Ingeniøren, 2019, "Uden dyre varmepumper: Datacenter skal levere overskudsvarme direkte til Aalborgs fjernvarmenet"

anvendt i udlandet, mens Danmark kun har forsøgsoptillinger eller meget små installationer.⁴⁶

Direkte væskekøling har længe været teknisk muligt. Metoden er dog med undtagelse af "high performance computing", anvendt af f.eks. supercomputere og ved kryptovaluta-mining, ikke særlig udbredt. Det skyldes, at den er sværere at gøre redundant, og IT-komponenter traditionelt set er udviklet til luftkøling. Dog ses der nu en udvikling henimod at flere producenter udvikler chipsæt til væskekøling. Udviklingen sker i takt med, at IT-udstyr generelt set kan håndtere højere temperaturer, hvilket ligeledes medfører højere temperaturer på overskudsvarmen og gør udnyttelse af denne mere oplagt.⁴⁷

Det vurderes, at direkte væskekøling vil vinde frem. Det skyldes stigende temperaturer og densitet af IT-udstyr, samt det stigende fokus på lavere energiforbrug og genanvendelse af overskudsvarme. I fremtiden vil direkte væskekøling også kunne vinde frem i større skala i hyperscale datacentre. Dette vil dog kræve en væsentlig modning af teknologien.

⁴⁶ <https://www.asetek.com/data-center/energy-saving-technology/greener-data-centers/qa-with-andre>

⁴⁷ Research and Markets, 2020, "Data Center Liquid Cooling Market by Component (Solution and Services), End User (Cloud Providers, Colocation Providers, Enterprises, and Hyperscale Data Centers), Data Center Type, Enterprise, and Region – Global Forecast to 2024"

7 Kilder

Altinget, 2019, "Facebook bygger datacentre I Danmark, men vindmøller I Norge: Klimaet er jo ligeglåd"

AQUACOMMS, 2020 "Havhingsten Telecommunication Cable"

AQUACOMMS, 2020, "The North Atlantic Loop"

Berlingske, 2020, "Endnu et datacenterbyggeri til trecifret millionbeløb går I gang"

COWI, 2018, "Temaanalyse om store datacentre"

Danmarks Radio, 2019, "Datacentre i Danmark – to på vej og to er droppet"

Dansk Energi, "Ny tarifmodel er anmeldt til Forsyningstilsynet", nyhed på dansk-energi.dk, 19. oktober, 2020.

DMI, 2017, "Teknisk rapport 12-17"

Energinet, 2020, "Dansk elproduktion slog i 2019 ny grøn rekord"

Energinet, 2020, "Power to X kan hjælpe Danmark med at nå 2030-målet – og klimaneutralitet på lang sigt"

Energistyrelsen, 2020, "Dansk Klimapolitik"

Ernst & Young, 2020, "Ny overskudsvarmeafgift – dyrere og mere kompliceret?"

Facebook, 2020, "Facebook's hyperscale data center warms Odense"

Finansministeriet, 2020, "Klimaaf tale for energi og industry mv. 2020"

Fortune, 2020, "Quantum computing could reach the market by 2023, says IBM CEO"

Gartner, 2018, "Gartner Identifies the Top 10 Trends Impacting Infrastructure and Operations for 2019"

Gartner, 2020, "5 Trends Drive the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies"

Google, 2020, "Cleaner data centers, batteries included"

Google, 2020, "Our data centers now work harder when the sun shines and wind blows" Ingeniøren, 2015, "Analyse: Hvor stort bliver Apples datacentre I Viborg?"

Ingeniøren, 2018, "Apples nye datacenter vil anvende overskudsvarmen, – måske"

Ingeniøren, 2019, "Uden dyre varmepumper: Datacenter skal levere overskudsvarme direkte til Aalborgs fjernvarmenet"

Ingeniøren, 2020, "Virksomheder i fælles opråb: Danmark kan blive Power-to-X frontløber"

International Energy Agency, 2020, "Data Centres and Data Transmission Networks"

IT-kanalen, 2020, "Vertiv udpeget som global leder i hurtigt voksende marked for datacenter-køling"

JyskeVestkysten, 2019, "Apple dropper kæmpe datacentre I Sønderjylland"

JyskeVestkysten, 2019, "Facebook dropper Esbjerg: Rystet og ærgerlig borgmester tror på andet datacenter"

JyskeVestkysten, 2020, "Global virksomhed ledte I hele Europa – valget faldt på Aabenraa"

Klimarådet, 2019, "Analyse: Datacentrene udfordrer den grønne omstilling"

Klimarådet, 2019, "Store datacentres effect på energisystem og samfundsøkonomi frem mod 2030"

Nordic Council of Ministers, 2018, "Data Centre Opportunities in the Nordics"

Retsinformation, 2017, "Bekendtgørelse om begrænsning af emission af nitrogenoxider og carbonmonoxid fra motorer og gastubiner"

Research and Markets, 2020, "Data Center Liquid Cooling Market by Component (Solution and Services), End User (Cloud Providers, Colocation Providers, Enterprises, and Hyperscale Data Centers), Data Center Type, Enterprise, and Region – Global Forecast to 2024"

Skatteministeriet, 2020, "Grøn skattereform #1, På vej mod et grønnere Danmark"

Submarine Cable Networks, 2020, "The Arctic Connect telecom cable project becomes more international: Cinia having new partners from Japan, Norway and Finland"

TECHMONITOR, 2020, "Why the Nordics are the best place in the world to put a data centre"

TV Midtvest, 2020, "Apple får strøm fra solceller I Thisted og møller I Esbjerg"

Ugeavisen, 2015, "Apple investerer 6,3 milliarder i nyt datacenter"