



“BIG DATA” PÅ EN DÖD PLANET: DEN DIGITALA OMSTÄLLNINGENS IGNORERADE MILJÖPÅVERKAN

Författare

Javier Felipe Andreu (jfelipe@unizar.es), Alicia Valero Delgado (aliciavd@unizar.es) and Jorge Torrubia Torralba (jtorrubia@unizar.es) from the Research Centre for Energy Resources and Consumption (CIRCE Institute), Universidad de Zaragoza, CIRCE Building, Campus Río Ebro, Mariano Esquillor Gómez, 15, 50018 Zaragoza, Spain.

Lidia Ríos Vera (lrios.vera@terraqui.com) and Christian Morron Lingl (cmorron@terraqui.com) from Terraqui Avda. Diagonal, 527 1º 1ª 08029 Barcelona

Version 2.0. 15 November 2022



B-1047 Brussels, Belgium
+32 (0)2 283 23 01
left-communications@europarl.europa.eu
www.left.eu

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INTRODUKTION	5
2	EFFEKTER	9
2.1	Miljöpåverkan	9
2.2	Vatten	11
2.3	Energi	12
2.3.1	Energibesparingar för IT	12
2.3.2	Energibesparingar vid kylning	13
2.3.3	Rackkapacitet	14
2.3.4	Energiintegrering	15
2.4	Råmaterial	16
2.5	Samhällelig oro	18
2.5.1	Social digitalisering	18
3	ÅTGÄRDSSTRATEGIER	21
4	FALLSTUDIER	25
4.1	Irland	25
4.1.1	Rättsliga och politiska ramverk i Irland	26
4.2	Nederländerna	27
4.2.1	Rättsliga och politiska ramverk i Nederländerna	27
4.3	Sverige	28
4.3.1	Rättsliga och politiska ramverk i Sverige	29
4.4	Datacentrarnas inverkan i fallstudierna	30
5	POLITISKA ÖVERVÄGANDEN	31
6	SLUTSATS	37
7	FIGURFÖRTECKNING	38
8	TABELLER	39
9	REFERENSER	40

INTRODUKTION

Datacenter är utrymmen där de nödvändiga resurserna för att behandla en organisations information är koncentrerade. De fungerar som nav och lager för insamling, lagring och överföring av data. De viktigaste utrymmena i ett datacenter är: IT-rummet, supportområdet (bestående av kraft- och kylsystem) samt kontor (Sovacool, Monyei, and

Upham 2022). IT-rummet är ett rum där IT-utrustningen står installerad; i form av rack fulla med servrar, se Fig. 1. Det är på dessa servrar som all data eller information lagras. Eftersom all utrustning är elektronisk drivs datacentererna av ström och har dessutom vanligtvis reservsystem.



Fig. 1 Ett IT-rum med serverracks. Bildkälla: (FS community 2021)

Digitalisering och ny digital teknik leder till ökad efterfrågan på data inom de flesta ekonomiska sektorer (IEA 2017). Några digitala tjänster är Sakernas internet (IoT), 5G, blockkedja, krypto, artificiell intelligens, maskininlärning och virtuell verklighet. Till exempel ökar användningen av videotrafik över mobilnäten med 55 % varje år (IEA 2020) vilket förväntas öka med en multiplikatoreffekt i takt med att videokvaliteterna ökar (CISCO 2020). Därmed kan den globala datamängden nå upp till 175 ZB år 2025 från 33 ZB år 2018 (Fenn and Fesch 2020). Sådana förutsägelser brukar bli inaktuella så snart

efterfrågan ökar, vilket man kan se i den senaste prognosen för 2025 där datamängden förväntas vara 181 ZB (Statista Research Department 2022), Fig. 2. Inom EU kommer den här utvecklingen att fortsätta i och med den "digitala omställningsstrategin" (Europeiska kommissionen 2022b).

Det är viktigt att understryka att 55% av organisationers producerade data bara används en gång (Jackson and Hodgkinson 2022), vilket innebär att en stor mängd samlad och sparad data är värdelös.

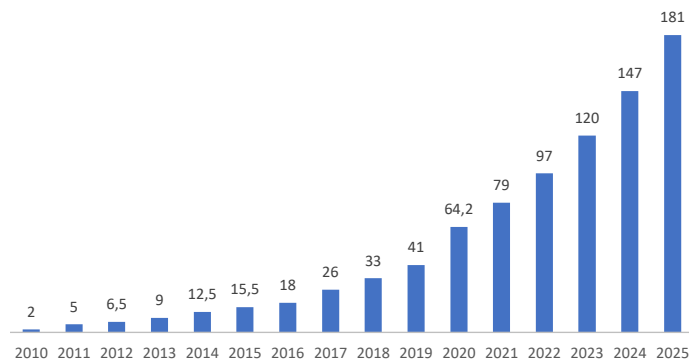


Fig. 2 Globala mängden data producerad räknat i Zettabytes. Uppgifter från: (Statista Research Department 2022)

Eftersom datakraven ökat explosionsartat de senaste åren har efterfrågan på datacenter, nätverkstrafik och arbetslaster mångdubblats. Trots den kraftiga tillväxten har elförbrukningen i datacenter ökat i en lägre takt (Masanet et al. 2020). Fig. 3 till vänster visar ökningen av internettrafik, datamängd, datacenterarnas arbetslaster och internetanvändare jämfört med datacenterarnas energibehov. Sedan 2015 har internettrafiken mer än femdubblats, arbetslasterna har tredubblats och datacenterarnas energianvändning har ökat med 40 %. Detta är tack vare de alltmer effektiva IT-hårdvarorna och övergången till hyperskaliga datacenter (Masanet et al. 2020). Fig. 3 (höger) visar energiefterfrågans¹

ökning sedan 2015 för datacenter, dataöverföringsnätverk och kryptominning. Datacenters elförbrukning var 220-320 TWh år 2021, vilket var ca 1% av den globala elen. År 2021 var energiförbrukningen för kryptovalutamining 100-140 TWh och 60-70 TWh år 2020. Sedan 2015 har förbrukningen blivit 30 gånger större. Nätverksdataöverföring stod för 260-340 TWh under 2021 (IEA 2022b). Tillsammans står de för 2,9 % av den globala elförbrukningen och 0,9 % av de globala koldioxidutsläppen från energiförbränning och industriella processer².

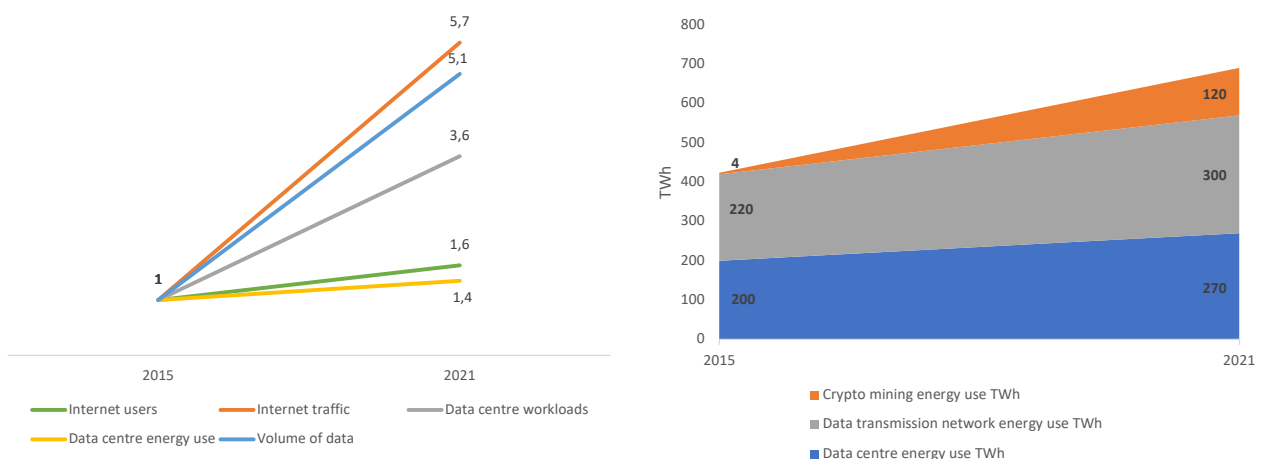


Fig. 3 Vänster: Multiplikationsfaktor för internettrafik, datacenters arbetslaster, datamängd och energianvändning sedan 2015. Höger: Efterfrågan på energi för globala datacenter, nätverk för dataöverföring och kryptominning. Uppgifter från: (IEA 2022b) och (Statista Research Department 2022)

¹ Trots att det inte finns någon samstämmighet i litteraturen om datacenters energiefterfrågan visar vi de senaste IEA-resultaten (IEA 2022b).

² De genomsnittliga utsläppen från elproduktion i världen är 475 gCO₂eq/kWh och utsläppen från global energiförbränning och industriella processer 36,3 Gt CO₂ (IEA 2022a). Om de globala utsläppen av växthusgaser 2019 beaktas: 49,76 Gt CO₂e (mätt i CO₂-ekvivalenter) utgör datacenter, kryptominer och nätverk 0,66 % av de globala växthusgasutsläppen (Ritchie and Roser 2022).

Elefterfrågan har ökat stadigt i Europa, se Fig 4. Gemensamma forskningscentrumet (JRC) uppskattade att elefterfrågan för datacenter år 2020 låg på 104 TWh (3,7% av hela Europas elefterfrågan) och förväntas öka till 160 TWh till år 2030 (Dodd et al. 2020). Detta kan försvåra EU:s

energiomställningsplaner, som dessutom nyligen skjutits fram som följd av Rysslands invasion av Ukraina och det efterföljande beslut att ta avstånd från Rysslands energikällor samt minska efterfrågan.

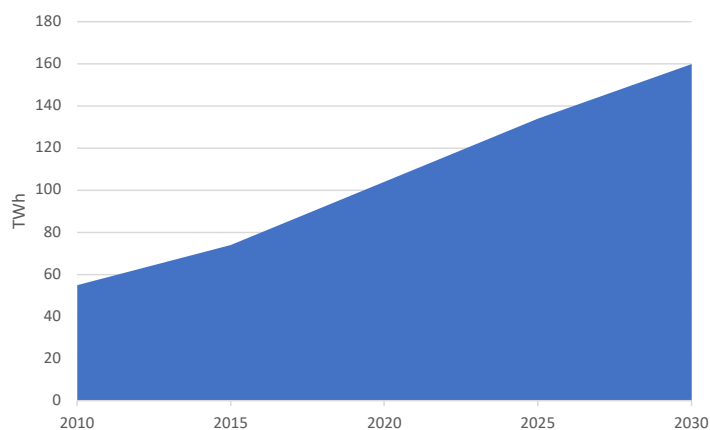


Fig. 4 Energiförbrukning hos datacenter i Europa. Uppgifter hämtade från (Dodd et al. 2020)

Komplexiteten i de digitala tjänsternas direkta och indirekta effekter gör det oerhört svårt att kvantifiera datacenterernas och digitaliseringens nettomiljöeffekter. De alternativa konsumtionsformerna, t.ex. tillgång till streamingmedia, kan ha en rekyleffekt på strömefterfrågan och datasystemenskraven (IEA 2020). Dessutom börjar andra effekter, så som vattenförbrukning och användandet av andra material, bli ämne för den offentliga debatten. Den här studien fokuserar på datacentrens direkta och indirekta effekter.

I del 2 behandlar vi effekterna av datacenter. Vi behandlar vatten-, energi- och råmaterialpåverkan samt sociala effekter. I del 3 gör vi en kort summering av rådande politik rörande datacenter. I avsnitt 4 presenteras specifika exempel från EU: Irland, Nederländerna och Sverige tillsammans med deras rättsliga och politiska ramar. I del 5 presenterar vi politiska överväganden för att minska datacentrarnas negativa inverkan med hänsyn till den nuvarande politiken, effekterna i avsnitt 2 och fallstudierna. Del 6 sammanfattar vi slutligen de viktigaste aspekterna att beakta.

EFFEKTER

Effekterna av datacenter delas vanligtvis in i tre faser: produktion/tillverkning, drift och avvecklingskedet vid uttjänt livslängd. Med produktion avses steg som anskaffning av material, tillverkning av integrerade kretsar samt uppförande, paketering och montering av datacenter. Med drift avses användning, hårdvarans livslängd samt energiförbrukning. Avvecklingskedet avser bortskaffande av material. Vi presenterar konsekvenserna av datacenter i den mån informationen funnits tillgänglig. Insamling av data har varit utmanande på grund av bristande transparens.

2.1 MILJÖPÅVERKAN

Livscykelanalys (LCA) är en metod som tar hänsyn till alla processer från vaggan till grav. När denna metodik tillämpas på datacenter finner man den största miljöpåverkan i kategorin drift (80 %). Produktion/tillverkning står för (19,78 %) och avvecklingen vid livscykelns slut har en minimal

påverkan (Whitehead, Andrews och Shah 2015). Detta beror på användningen av fossila bränslen som energikälla, eldistributionsnätet och den cancerframkallande effekten från avfallshaneringen från metallraffinering under tillverkningen av IT-komponenter. (Flucker, Tozer, and Whitehead 2018).

Utifrån koldioxidutsläpp³ visas i figur 5 en jämförelse beroende på energikälla under en serverlivslängd på 3 år: Sverige (som har lägst koldioxidutsläpp tack vare förnybar energi och kärnkraft) (8 gCO₂/kWh), Irland (281 gCO₂/kWh) och Nederländerna (333 gCO₂/kWh) (EEA 2021)⁴, världsgenomsnittet (475 gCO₂/kWh (IEA 2019)) samt användning från enbart fossila bränslen (490 gCO₂/kWh för naturgas och 820 gCO₂/kWh för kol). Serverdriften har jämförts med servertillverkningen. Tillverkningen av ett rack från Dell står för 471 kg CO₂ eq (M. Stutz, O'Connell, and Pflueger 2012).

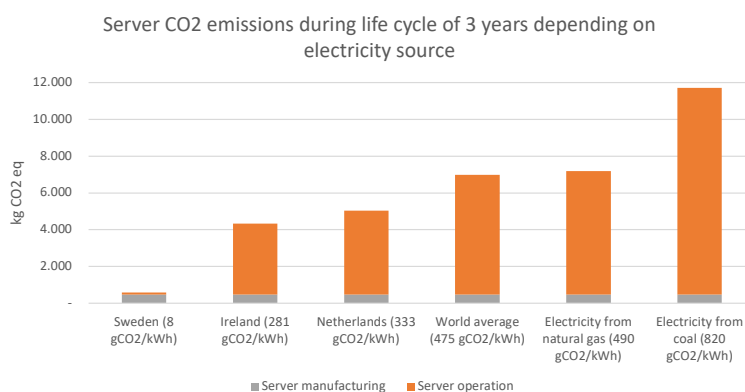


Fig. 5 Utsläpp från en Dell-server beroende på elkälla under en livscykel på 3 år.

Om källor med låga koldioxidutsläpp inte genererar någon elektricitet är energiförbrukningen under driften den största föroreningspåverkan. Därför bör satsningar på omvandling av energikällor till förnybara källor göras. Elbehovet för IT-utrustning behöver

reduceras. Nyligen har datacenter börjat köpa förnybar energi för att tillgodose sina elbehov genom energiköpsavtal (PPA). Detta tillvägagångssätt är kontroversiellt, eftersom det inte innebär att förnybar

³ För att kunna göra en jämförelse mellan elsystem har beräkningarna gjorts på koldioxidutsläpp. Andra miljöpåverkande orsaker som strålning eller energiåtervinning har inte varit med i jämförelsen. Det betyder dock inte att de inte är viktiga.

⁴ Livscykelutsläpp från förnybara energikällor ingår inte, då vissa andra datakällor visar att Sveriges utsläpp är 29 gCO₂/kWh, Irlands utsläpp 313 gCO₂/kWh och Nederländernas utsläpp 516 gCO₂/kWh år 2021 (Nowtricity 2022).

energi faktiskt används, utan fungerar snarare som en balans i företagets räkenskaper (Schulze 2022).

Om elförsörjningen sker från källor utan koldioxidutsläpp blir påverkan från driften betydligt mindre, särskilt om den kommer från förnybar energi. Med Sverige som exempel på energikällor med låga koldioxidutsläpp är tillverkningen av IT-produkten den mest kritiska faktorn, som står för 77 % av utsläppen under dess treåriga livscykel

(serveruppdateringsperiod på 3 år). Serverdrift och avveckling av produkt skulle stå för 22 % respektive 1 % (Fenn and Fesch 2020). Se fig. 6 till vänster. Om livscykelutsläppen under tillverkningen av förnybara kraftverk är med i beräkningen (Nowtricity 2022), se figur 6 till höger, skulle serverarnas koldioxidutsläpp under drift vara högre men ändå lägre än tillverkningsutsläppen, vilka motsvarar 54 % av utsläppen.

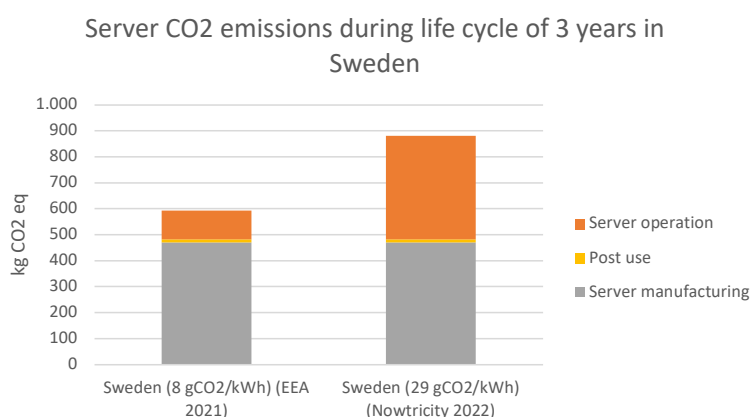


Fig. 6 Utsläpp från en Dell-server i Sverige under en livscykel på 3 år

Om man antar att strömmen genereras av förnybar energi genom PPA, visar nya studier att Scope⁵ 3 håller på att bli den största koldioxidutsläppsboven för företag som Facebook och Google, se Fig. 7 (Gupta et al. 2021). Ännu större om man räknar in förändringen i praxis för redovisning kring hårdvaruavtrycken (HW). Dessutom var det bara 12% svarsfrekvens i en ny studie angående data insamlad via scope 1, 2 och 3 i deras datacenter. Det understyker vikten av en förbättrad redovisning och rapportering kring koldioxidutsläpp.

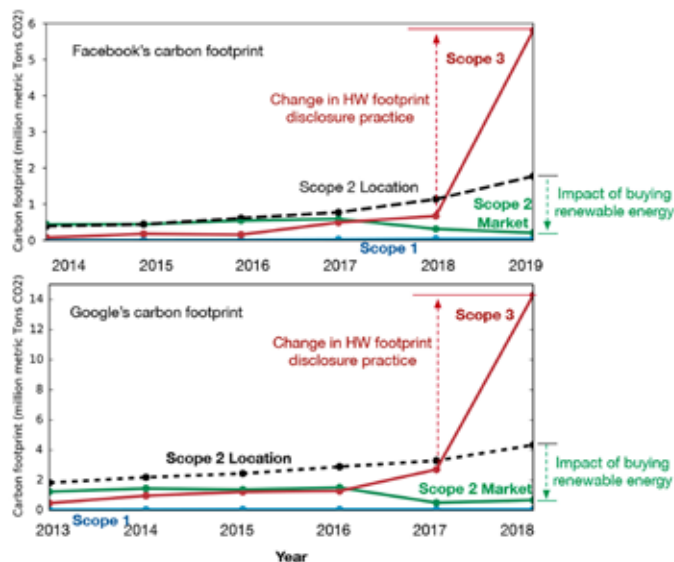


Fig. 7 Facebooks och Googles koldioxidavtryck. Källa: (Gupta et al. 2021)

⁵ Scope 1 -utsläpp (blå) kommer från anläggningens användning av köldmedium naturgas och diesel. Scope 2-utsläpp (gröna) kommer från inköpt el. Scope 3-utsläpp (röda) kommer från leveranskedjan, inklusive anställdas resor, byggnation och tillverkning av hårdvara (Gupta et al. 2021).

Utsläpp från tillverkare som Intel, AMD och TSMC som använder förnybar energi kan minska hårdvaruproduktionens miljöpåverkan avsevärt. Dock skulle det fortfarande finnas en betydande påverkan från utvinning av råmaterial och från tillverkningsprocessen, t.ex. bulkgas, wafers, PFC och diffusa utsläpp samt användning av kemikalier och gaser (Gupta et al. 2021).

Livscykelanalysen belyser vikten av att övergå till förnybara energikällor och förbättra energieffektiviteten för att minska energiförbrukningen, förlänga serverns livslängd och övergå till förnybara energikällor redan i tillverkningsstadiet.

2.2 VATTEN

Vanligtvis används vatten för att kyla datacenter. IT-utrustning genererar värme och för att bevara utrustningen måste värmen ledas bort. Många stora datacenteroperatörer har ökat sina insatser de senaste tio åren för att hushålla med vattnet, men framstegen inom industrin har varit små. Några av de största datacenterägarna har först nyligen börjat samla in data kring sin egen verksamhets vattenförbrukning; andra jobbar fortfarande på det. Endast 39% av respondenterna i en nyligen utförd enkätundersökning uppgav att deras organisation samlade in vattenförbrukningsdata (Davis et al. 2022). De resterande 61% samlade inte in data, främst för att det inte fanns någon affärsmässig motivering till det, vilket visar på det arbete som finns kvar att göra.

I vissa traditionella kylsystem med kallt vatten används kyltorn för värmeavledning. De förbrukar och släpper

ut stora mängder vatten men använder mindre energi än luftkylda kylmaskiner. Även om vattenförbrukningen ökar så använder moderna datacenter förångningskylning med låg energiförbrukning då det minskar elförbrukningen avsevärt, jämfört med luftkylda kylaggregat. Vattenbristen hotar således driftsäkerheten och framtida tillväxt i och med den senaste torkan under sommaren 2022 (Judge 2022). Dessutom har utsläppt vatten en stor miljöpåverkan då det krävs en stor saneringsprocess innan det kan återföras till sitt naturliga lopp. LCA utvärderar vanligtvis inte denna påverkan på grund av begränsade uppgifter och bristande fokus (Shah, Chen, and Bash 2012).

Som svar på oron över datacentrens vattenförbrukning utvecklade The Green Grid mätmetoden WUE (effektivitet i vattenanvändningen). Detta mått tar hänsyn till mängden vatten som används per kWh energi som förbrukas. WUE mäts i l/kWh. Den globala vattenförbrukningen i datacenter ligger mellan 20 188 och 32 806 m³ per MW, vilket innebär en genomsnittlig WUE på 1,8 liter per kWh (Shehabi et al. 2016).

Den pågående utvecklingen för nya datacenter är att undvika vattenanvändning för kylning genom att istället använda andra tekniker, exempelvis luftkylning eller andra typer av vätskor (Vermeulen och Madsen 2021). Moderna datacenter har betydligt lägre genomsnittlig vattenförbrukning; 0,1 l/kWh (Open Compute Project 2022) (0,27 l/kWh som storföretaget Facebook rapporterar (Facebook 2020) eller 0 l/kWh. (Open Compute Project 2022), Se figur 8.

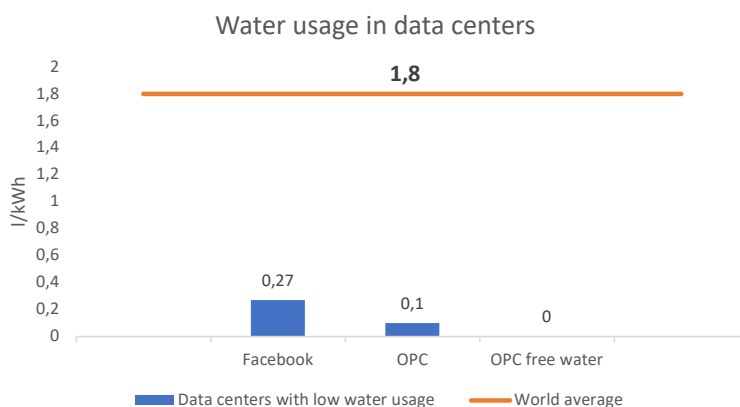


Fig. 8 Vattenanvändning i datacenter; Världsgenomsnittet jämfört med datacenter med låg vattenanvändning

2.3 ENERGI

De främsta insatserna är riktade mot att minska IT-rummets energibehov, där datacentren förbrukar mest el. IT-rummen står för 63 % av datacentrets energibehov, medan kylsystemet står för resterande 37 %. Möjligheten att återvinna spillvärme från kylsystemet finns, vilket ökar datacentrens totala effektivitet.

2.3.1 Energibesparingar för IT

Det finns tekniker som använder energihantering för att minska energibehovet. Dessa tekniker har dynamisk hårdvarubaserad energihantering för beräkning av datorkluster och grid-teknik, dynamisk kapacitetsplanering för kluster, migration till moln samt virtuella maskiner (VM). Tack vare serverkonsolidering är det möjligt att köra flera virtuella maskiner på en enda värd (Zakarya 2018). Dessa energibesparingar har möjliggjort skapandet av Moores och Koomeys lagar. Moores lag säger att processorkraften (antalet transistorer i en tät integrerad krets) fördubblas ungefär vartannat år och Koomeys lag säger att energieffektiviteten hos

datorutrustning fördubblas vart 1,5:e år (Koomey et al. 2011). Enligt rapporter har Moores lag avtagit sedan 2000, vilket gör att det krävs mer tid för att fördubbla processorkraften (Jones 2018). Det kan i sin tur äventyra de energieffektiviseringar som förväntas inom sektorn. Det innebär också högre kostnader, större och långsammare servrar samt fler servrar för samma belastning än förväntat.

Det ökade beräkningsbehovet på grund av ny nätverkstrafik och nya arbetslaster har dock överträffat energieffektiviteten i sektorn med en måttlig global energiökning (Bol, Pirson, and Dekimpe 2021), (IEA 2022b) och en global ökning av koldioxidavtrycket (se figur 3). Att fastställa framtida prognoser är komplicerat på grund av digitala miljöers tekniska osäkerhet. Men viss förväntad utveckling bör ändå beaktas. Om man beaktar osäkerheterna i fråga om minskningen av Moores lag, ökningen av dataafterfrågan som följd av ny teknik och sedan båda osäkerheterna tillsammans, förväntas det bli en ökning av efterfrågan på el oavsett scenario år 2030 enligt en studie utförd av Koot och Wijnhoven (Koot and Wijnhoven 2021), se Fig. 9.

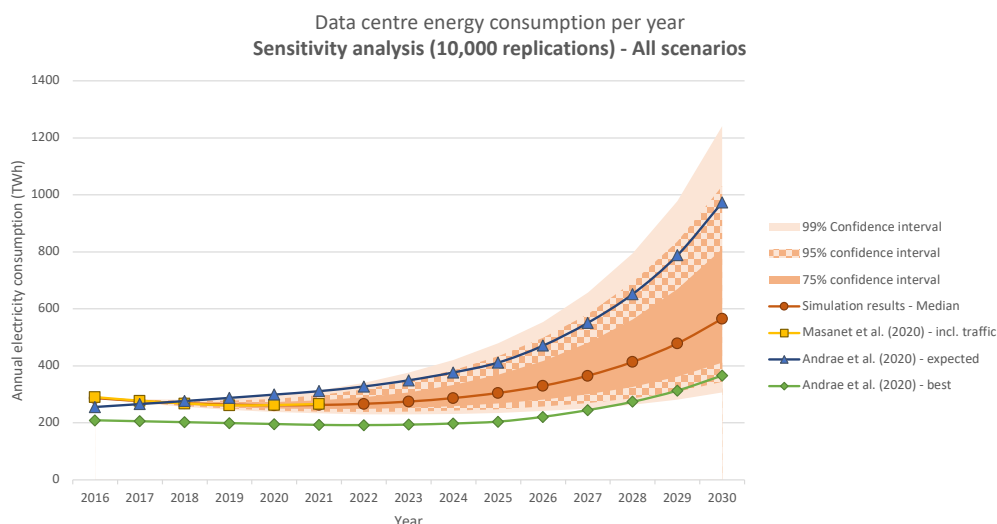


Fig. 9 Energiförbrukning i datacenter per år. Källa: (Koot and Wijnhoven 2021)

För att ta itu med miljöutmaningarna efterlyses det i vissa studier därför en nykter innovation och information- och kommunikationsteknik (IKT) i kombination med kraftfulla åtgärder för

energieffektivitet, eftersom nuvarande innovationer har ökat tillväxten i stället för att minska förbrukningen⁶ (Bol, Pirson, and Dekimpe 2021).

⁶ Trots enorma energieffektivitetsförbättringar under de senaste årtiondena ökar det globala energi- och koldioxidavtrycket från IKT fortfarande. Effektivitetsförbättringar kan därför inte vara det enda ekologiska målet, eftersom de används för att generera ekonomisk vinst snarare än för att minska det globala avtrycket. Detta förstärks i samband med tillväxtpolitiken, som förstärker rekyleffekterna. (Bol, Pirson, and Dekimpe 2021).

2.3. Energibesparingar vid kylning

Energianvändandet för kylning kan öka om konstruktionen inte lämpar sig, t.ex. olämplig placering för kylning, trångt disponerade serverracks, dålig luftströmshantering eller någon annan viktig mekanisk komponent. Energieffektivitet mäts oftast PUE (Power Usage Effectiveness). PUE jämför anläggningens totala förbrukning med IT-utrustningens förbrukning. Idealvärdet för PUE är 1. Det genomsnittliga värdet för datacenter globalt är 1.5-1.59. Dock så har de nordiska länderna tack vare sin geografiska plats och omgivande temperatur uppnått ett PUE-värde mellan 1.05 och 1.3. (Sovacool, Monyei, and Upham 2022) Nya datacenter visar sig också ha lågt PUE-värde (Open Compute Project 2022).

Det finns olika typer av energibesparande kylningstekniker för datacenter:

- Frikyla med hjälp av utomhusluft och vatten för nedkylning. Frikyla är starkt beroende av geografiskt läge och används för datacenter med låg

densitetkraft. Den har den mest utvecklade tekniken med ett PUE på vanligtvis 1.5-1.6.

- Vätskekylning med en kylplatta eller vätskekylning genom nedsänkning som tillåter en uppskalad densitet med så låga PUE-värden som 1.03 (Zhang et al. 2022). Det är en lovande teknik men som måste användas med försiktighet på grund av riskerna för läckage (Sovacool, Monyei, and Upham 2022).
- För att förbättra systemets effektivitet kan tvåfasig kylning med värmerör eller termosiphon kombineras med naturliga källor för kylning.
- Kylning med termisk energilagring mildrar obalansen mellan energiförsörjning och efterfrågetoppar vid energiintegration.

En global enkätundersökning utförd av Uptime Institute, Fig. 10, visar det globala PUE-genomsnittet för datacenter sedan 2007. I Europa ligger PUE på 1.46. Det är något lägre än det globala genomsnittet.

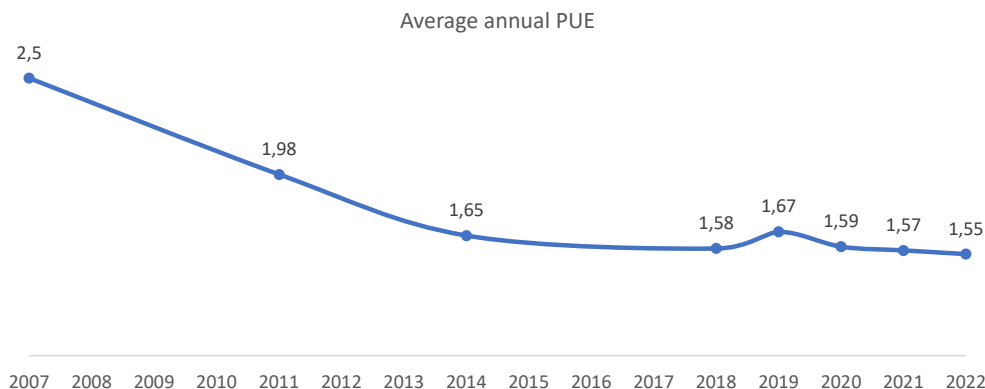


Fig. 10 PUE för världens datacenter. Uppgifter hämtade från (Davis et al. 2022)

Fig. 10 visar en marginell utveckling av PUE sedan 2013. De flesta datacenter hamnar mellan 1.2 och 1.4 PUE, med exempel där väldigt effektiva datacenter landar på 1.07 PUE (Open Compute Project 2022), se Fig. 11. Ändå finns det tusentals av gamla datacenter som inte kan uppdateras, varken ekonomiskt eller säkerhetsmässigt. Särskilt om hög tillgänglighet krävs. PUE-värdet baseras på varje anläggningens genomsnittliga PUE, oavsett storlek eller

ålder. Tack vare skalekonomi tenderar nyare datacenter, som vanligtvis byggs av hyperskaliga företag eller colocation-företag⁷, vara mycket effektivare. Större datacenter uppvisar en lägre PUE men med samma tendens till stagnation (Ascierto and Lawrence 2020), vilket förklarar det ständiga sökandet efter platser som möjliggör en lägre PUE, t.ex. i de nordiska länderna.

⁷ Colocation-tjänster gör det möjligt att lagra olika användares servrar koncentrerat i samma datacenter. Genom att olika användare grupperas tillsammans blir datacentren större. Hyperscale-datacenter är större datacenter som uppfyller dataintensiva företags tekniska, operativa och prissättningsmässiga krav och är vanligtvis exklusiva för ett företag.

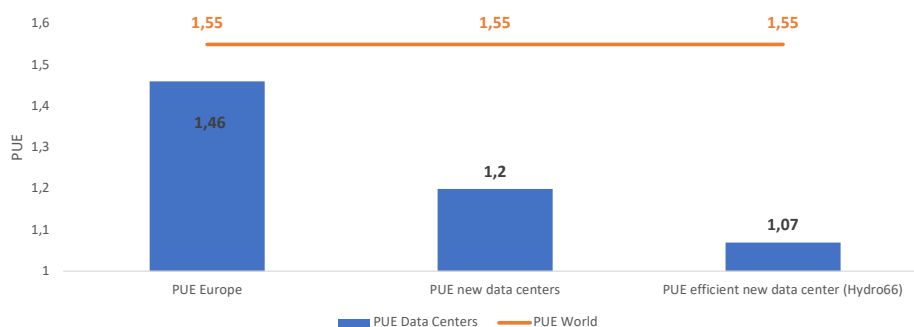


Fig. 11 PUE-jämförelse mellan hela världen, Europa och nya högeffektiva datacenter

Under de senaste åren har det miljömässiga driftsområdet för luft som kommer in i IT-utrustning utvidgats, vilket har lett till att hårdvarutillverkarna har arbetat med att minska energibehovet för kylsystem i datacenter (Flucker, Tozer och Whitehead 2018). Trots detta är ny IT-utrustning mer kompakt, vilket ökar racktätheten, som i sin tur ökar värmeutvecklingen i datacenter. Det tvingar fler IT-kylsystem att utformas explicit för vätskekylning eller tvåfasig kylning (Ascierto and Lawrence 2020).

2.3.3 Rackkapacitet

Kapaciteten per rack (kilowatts [kW] per skåp) är en kritisk siffra för kylning inom datacenterdesign. Det har kommit varningar om IT-utrustningens blixtsnabba kapacitetsökning, som det senaste decenniet nått ett genomsnittligt värde på 8.4 kW/rack (Ascierto and Lawrence 2020), se Fig. 12.

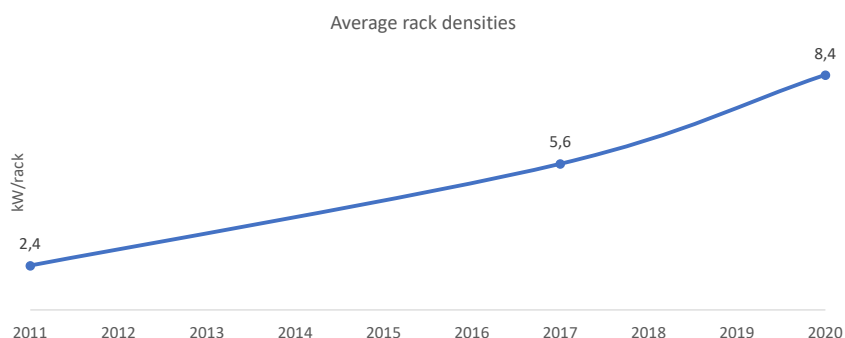


Fig. 12 Average density rack. Data obtained in (Ascierto and Lawrence 2020)

En av anledningarna till ökningen är spridningen av datorintensiva arbetslaster (AI, IoT, kryptovaluta och virtuell verklighet), vilket ökar behovet för racks med hög densitet. En nyligen utförd studie visar att den vanligaste rackstyrkan är 6 kWA men att ju större datacenter-anläggning desto högre racks (Davis et al. 2022). Den visar också att dessa anläggningar har lägre PUE. Vidare visar Fig. 13 ett rådande skifte och

en övergång till hyperskaliga datacenter, vilka vanligtvis använder racks med högre kapacitet. Det betyder att racks med hög kapacitet förväntas användas i framtiden. Samtidigt kommer den senaste tidens kraftiga ökning av smarta lösningar och 5G kräva edge computing, eller "kantdatorsystem", med edge-datacenter som är mindre och närmre källan (PwC 2019).

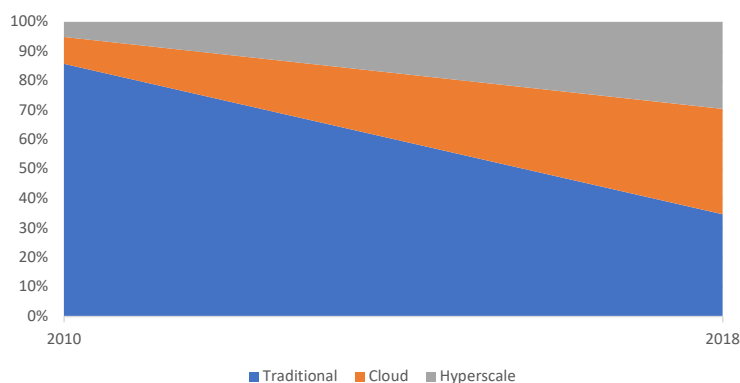


Fig. 13 Typ av datacenter 2010-2018. Uppgifter hämtade från (Masanet et al. 2020)

För 25% av befintliga datacenter har en rackkapasitet på 20 kW och högre blivit en realitet (Davis et al. 2022). När rackdensiteten är högre än 20-25 kW blir direkt vätskekyllning och preciserad luftkyllning mer ekonomiskt och effektivt, vilket möjliggör energiintegrering på datacenter (Ascierto and Lawrence 2020).

2.3.4 Energiintegrering

När rackkapaciteten ökar och blir mer kompakt med större behov av nedkylning är energiintegrering en möjlighet (Ascierto and Lawrence 2020). I bästa fall kan varje MWh av energiintegrering, när man använder en konventionell värmepanna, spara 260 kg CO₂eq (Dodd et al. 2020).

Exempel på användning av spillvärme från närliggande industri är torkning av biomassa, uppvärmning av ett kraftverk eller återanvändning av värme via en organisk rankinecykel (ORC) (Sovacool, Monyei, and Upham 2022) eller till och med uppvärmning av växthus och vattenbruk. Exempelen är begränsade till förekomsten av industrier i närheten och deras möjliga användningsområden. Spillvärme kan också användas för fjärrvärme eller kylning genom absorption. Temperaturerna vid datacentrens utlopp ligger mellan 25 och 35 °C. För att integrera energin in i fjärrvärmesystemet måste temperaturen höjas till 75-90 °C. Fjärrvärme av fjärde generationen kan dock drivas vid lägre temperaturer, t.ex. 35°C-55°C (Koronen, Åhman, and Nilsson 2020).

Det finns några framgångshistorier med datacenter och energiintegrering:

- DigiPlex Oslo Ulven, som byggdes mitt i stadskärnan, har en framgångsrik energiintegrering med inbyggt fjärrvärmesystem. Oslo Rosenholm använder spillvärme till sitt närliggande campus vintertid (Sovacool, Monyei, and Upham 2022).
- Amsterdam Science Park, har 1,300 lägenheter som blir uppvärmda av spillvärme och i Eindhoven värms 40 kontorsbyggnader på High Tech Campus upp. Ett annat datacenter värmer upp en swimmingpool, en skola och en förskola. Snart kommer 2,500 hem att läggas till i Groningen.

Dock visar praktisk erfarenhet att det är ytterst få (färre än 100) datacenter inom EU som använder spillvärme (Dodd et al. 2020). Enligt en enkätundersökning riktad till datacenterägare är återanvändningen av spillvärme ett dilemma. De vittnar om att det är svårt att uppfylla villkoren som krävs (en anläggning som kräver värme, den infrastruktur som värmeväxling kräver, ett kraftverk eller högspänningsledningar för att driva datacentret). "Om du är nära ett kraftverk är du vanligtvis för långt ifrån staden eller anläggningen som behöver värmen. Eller, om du bygger ett datacenter i en stad, har du längre överföringsledningar, höga kostnader och 10-12% förlorad drift på grund av överföringen" (Sovacool, Monyei, and Upham 2022).

2.4 RÅMATERIAL

Tillverkningen av IT-utrustning är också resurskrävande. Med tanke på tillverkningens komplexitet och de stora mängder metaller som behövs ökar också efterfrågan på material som förväntas finnas för energiomställningen. Det medför en risk för materialbrist (Valero et al. 2018).

De främsta råvarukonsumenterna under livscykeln är de uppdaterande serverna. En undersökning visar att en knapp majoritet av cheferna för datacenter

anser att det inte längre är lika motiverat att uppdatera hårdvaran ofta. Några av orsakerna är att Moores lag saktar in (Ascierto and Lawrence 2020) och rådande brist på halvledare (Davis et al. 2022). Å andra sidan har man noterat planerad föråldring av servrar, antingen på grund av maskinvarufel eller på grund av att programvaran förnyas och är inkompatibel med den gamla maskinvaran, vilket gör att serverna måste uppdateras. Figur 14 visar den aktuella utvecklingen där datacenter börjar förlänga uppdateringstiden för servrar.

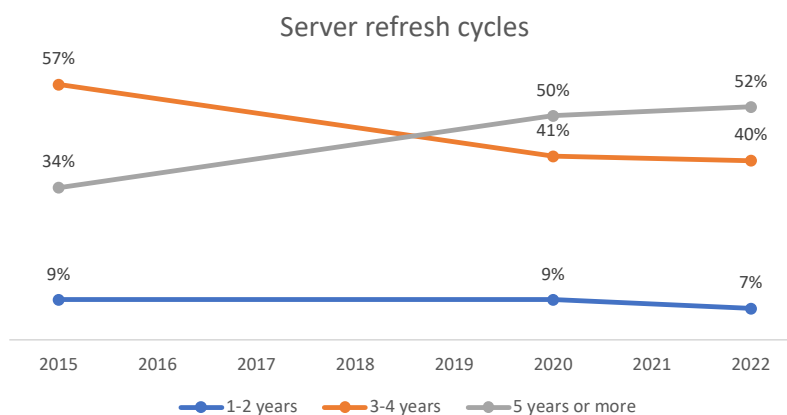


Fig. 14 Serveruppdateringscykler i datacenter. Uppgifter från (Davis et al. 2022)

Tabell 1 visar den typiska sammansättningen för en 4.22 kW rackserver (Pehlken et al. 2020). Detta rack består av 13 servrar. En datacenteranläggning med en styrka på 4.22 MW består av 1000 sådana rack. Ett enskilt rack innehåller material så som antimon Sb, barium Ba, sällsynta jordartsmetaller, beryllium BE, kisel Si, indium In, tantal Ta, bauxit Ba, niobi Nb och gallium Ga. Enligt EU-kommisionen är dessa material av avgörande betydelse (European

Commission 2020d) och har låg förekomst av återvinning (Graedel et al. 2011).

En oberoende undersökning som gjordes med datacenter i Spanien kunde konstatera att när servrar blir föråldrade intalleras nya kablar. De föråldrade kablarna samlas i sin tur inte in vilket leder till stor ackumulering av koppar.

Tabell 1 Mineralsammansättning i gram för ett rack på 4,22 kW

Material	Total (g)	End of Life Recycling Rate (%) (Graedel, Reck, and Miatto 2022)
Au	0.33	90%
Ag	1.50	35%
Pd	0.04	60%
Al	1,040.84	60%
Cu	897.04	48%
Fe	10,482.24	78%
Dy	0.08	0%
Nd	0.07	1%
Y	0.05	1%
Ba	13.02	0%
Ga	0.57	5%
In	2.09	5%
Nb	0.22	6%
Sb	3.59	5%
Ta	0.43	20%
Ti	2.37	70%
W	0.94	25%
Si	700.41	63%
Sn	2.31	30%
Be	0.00	21%

Utrustningen är av flera skäl i många fall överkonstruerad; på grund av höga Tier⁸-nivåer, kundernas begäran om en viss reservkapacitet när de specificerar sina krav, högre kostnader för avbrott (Davis et al. 2022) och konstruktioner som använder sina säkerhetsmarginaler. Det gör att efterfrågan på råmaterial blir ett problem. Data kan lagras två och tre gånger, vilket kräver fler servrar. Dimensionering av anläggningar resulterar ofta i ett modellval som är nästa storlek uppåt (Flucker, Tozer, and Whitehead 2018). Att designa och utforma för nödfallssituationer innebär också att de flesta mekaniska komponenter dubbleras eller är, som en säkerhetsåtgärd, överdimensionerade. Det kanske dock inte behövs

för alla IT-tjänster (Flucker, Tozer, and Whitehead 2018), eftersom det finns exempel på datacenter som arbetar med en lägre redundansnivå (Sovacool, Monyei, and Upham 2022).

Det är under tillverkningen och avfallshanteringen av IT-utrustning som farliga kemikalier (så som kvicksilver, bly, Kadmium, krom, polybomierad difinyleter osv.) utsöndras och sprids. Hälso- och miljökonsekvenserna blir ännu värre när e-avfallet skeppas till fattiga länder och tillväxtländer som har lägre standard i sina miljö-, hälso- och arbetslagar.

Det uppskattas att 200-250 miljoner ton avfall av elektrisk och elektronisk utrustning (WEEE) med låg återvinningsgrad genereras i världen och att denna mängd har en procentuell ökning på 3-5% (Guillaume, Benjamin, and Vincent 2022). I Europa beräknas 11 miljoner ton elektrisk och elektronisk utrustning (EEE) ha släppts på marknaden under 2019 och endast 4,49 miljoner ton samlades in samma år (Eurostat 2022a), med en hög andel WEEE som inte samlas in. År 2008 uppskattades det att mellan 16 och 38 % av WEEE exporterades (Dodd et al. 2020), ibland olagligt, med en uppskattning på 10 % (Forti et al. 2020). I en nyligen genomförd undersökning var det endast 28 % av de svarande som följde upp sitt WEEE eller sin utrustnings livscykel (Davis et al. 2022).

Med tanke på den stora mängd elektroniskt avfall som genereras i datacenter världen över uppstår möjligheter till cirkulär ekonomi. Den globala trenden går mot hyperskaliga datacenter på grund av deras lägre kostnader och högre effektivitet. De kräver dock kortare uppdateringscykler än traditionella datacenter. Detta är en möjlighet för strategier för cirkulär ekonomi, eftersom många andra datacenter kan använda utrustningen utan att kompromissa med prestandan (Fenn and Fesch 2020). Om cirkulär ekonomi tillämpas kan 24 % av koldioxidekvivalenterna sparas genom att tillverkningen av servrar skulle halveras, visar en nyligen genomförd studie (Fenn and Fesch 2020).

⁸ Datacenter Tier förklarar infrastrukturen som krävs för datacenters operativa verksamhet. Det finns olika uppdelningar av Tiers beroende på hur ofta datan efterfrågas. Dessa uppdelningar är metoder för att jämföra resultatet på en plats med en annan. <https://uptimeinstitute.com/tiers>

2.5 SAMHÄLLELIG ORO

I de första stadierna har ankomsten av datacenter till småstäder och avlägsna regioner välkomnats i väntan på lokala arbetstillfällena och kompetensutveckling. Förhoppningar om att förbättra lokala ekonomiska, demografiska eller sociala kriser har väckts, med exempel från Athenry i Irland och Gröningen i Nederländerna (Libertson, Velkova, and Palm 2021).

Enligt en studie har människor och samhällen i de nordiska regionerna en allmän medvetenhet kring datacenters funktioner men har inte tänkt så mycket på datacenter i sig. Deras huvudsakliga oro gällde användning och missbruk av data och uppgifter, inklusive säkerhetsbrister genom hackning. Deltagarna litade dock på själva datacentrens säkerhetsinsatser. Därefter fanns oro för energiförbrukningen, de potentiella konsekvenserna för konsumenternas elpriser och det eventuella behovet av att bygga ytterligare infrastruktur för energiförsörjning och distribution. Andra var mest oroad över effekterna av klimatuppvärmningen nära hemmet eller föroreningar från energiförsörjningen. Andra frågor som nämndes av enskilda personer var: möjliga effekter av fiberoptiska kablar under havet på marina däggdjur, frågor om tillräcklighet och att utvecklingen inte har ett slut (Sovacool, Monyei, and Upham 2022).

Å andra sidan finns det i länder där datacenter installeras i stor utsträckning, som Irland, en stor oro för att bränslen eller eltillgången ska minska och för att miljöpåverkan på grund av utsläpp, kan försvåra målen att 80 procent av elförsörjningen ska bestå av förnybar energi till 2030. Detta beror på överbelastning av elnätet, vilket gjorde att EirGrid uteslöt Dublin

från installation av nya datacenter fram till åtminstone 2028 (Swinhoe 2022). I Sverige har olika parter - regering, företag och privatpersoner - uttryckt oro över att utöka datacenterkapaciteten just på grund av överbelastningsrisken av elnätet samt risken att det begränsar andra industrier (Cappella 2022). Med perioder av torka i Europa och den energikris orsakad av kriget i Ukraina, finns en stor oro kring energi- och vattenförbrukningen i Nederländerna (Judge 2022).

Generellt uppmuntrar länder uppbyggnaden av datacenter vid sina gränser där det är låga energiskatter och säkrade energitillgångar. Det innebär att de snarare avskräcker datacenter från att installera självförsörjande förnybar energi vilket medför sänkt nätverkskapacitet för andra användare vilket kan medföra ytterligare konsekvenser för lokala samhällen och regionala företag. Förnybar energi på plats i städerna kan dock leverera en liten del av datacentrens totala energiförbrukning. Låt oss till exempel betrakta potentialen för solceller (PV) på byggnadstak med en kraftkapacitet på 100 W/m² (installationsfaktor). Det är mycket lägre än datacenters genomsnittliga kraftkapaciteten 4 kW/m², vilket täcker mindre än 1 % av energin. En datacenters kraftkapacitet på 0,4 kW/m² kan täcka 3 % av energin.

2.5.1 Social digitalisation

Behovet av fler datacenter beror bland annat på att antalet internetanvändare som deltar i sociala nätverk och den tid de spenderar på dem ökar varje år. Figur 15 visar den senaste ökningen av antalet personer som använder internet för att delta i sociala nätverk i Europa, Irland, Nederländerna och Sverige. Den visar att 57 % av européerna använde internet för sociala nätverk år 2021 (Eurostat 2022b).

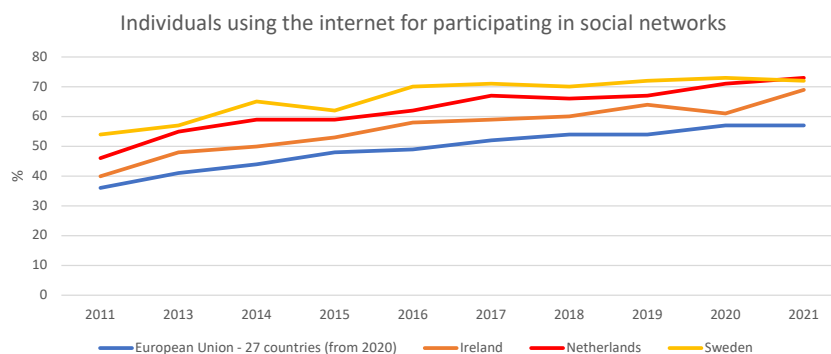


Fig. 15 Personer som använder internet för att delta i sociala nätverk. Uppgifter från Eurostat 2022b).

De verktyg som används för att öka antalet användare och den tid som spenderas på sociala nätverk är bland annat personlig marknadsföring, alltför många push-notiser (för att återuppta användarnas intresse), ha ett kontinuerligt berättarflöde, en social ömsesidighet, användandet av "variable ratio"-scheman⁹, belöningsmekanismer, spelapplikationer, virtuella minnen i applikationer och tidsanvändningsmekanismer inom applikationer (Coleman 2021). Alla dessa verktyg genererar ett beroende hos användarna, vilket har rapporterats att likna substansmissbruk (Ko et al. 2009), (Hormes, Kearns, and Timko 2014). Detta förstärker de nyligen framförda kraven om digital nykterhet (Ferreboeuf

2019) och öppnar möjligheter att reglera sektorn för att skydda internetanvändarna och begränsa datamängderna (fig. 2). Det bör noteras att år 2023 kommer konsumenterna att stå för 74 % av internetanslutningarna och företagssegmentet för de återstående 26 % (CISCO 2020).

I den här studien tas inte andra hälsoeffekter i beaktning, som t.ex. en stillasittande livsstil och personlig isolering bakom skärmar, vilka kan leda till ökad fetma eller bristande utveckling av sociala färdigheter samt hälsoproblem på grund av dålig hållning (Farbiarz-Mas 2022).

⁹ Variable ratio-schema innebär att ett svar förstärks efter ett oförutsägbart antal svar. Detta schema skapar en jämn och hög svarsfrekvens. Spel och lotterispel är bra exempel på vinst som bygger på detta schema.

ÅTGÄRDSSTRATEGIER

Bristen på reglering i kombination med den senaste tidens sociala oro har fått datacentersektorn att skapa självreglerande initiativ för energieffektivitet, koldioxidfri energi, vattenbesparing, energiintegration, återanvändning och serverreparation. Initiativen syftar till att göra datacenter klimatneutrala senast 2030 (Climate Neutral Data Centre Pact 2022). En riktlinje för bästa praxis är EU:s uppförandekod för energieffektivitet i datacenter som leds av GFC (Europeiska kommissionen 2022a). Ett annat initiativ med anknytning till hårdvarudesign är Open Compute Project (Open Compute Project 2022).

I Gröna given är digitaliseringen kopplad till hållbarhet. Man planerar att undersöka antagandet av åtgärder för att förbättra energieffektivitet och prestanda med avseende för sektorns cirkulära ekonomi. Den europeiska gröna given planerar också att utvärdera behovet av att öka transparensen gällande elektroniska kommunikationstjänsters miljöpåverkan samt antagandet av strängare åtgärder vid utbyggnaden av nya nät. Även fördelarna med att stödja insamlingssystem som uppmuntrar till återlämnande av utrustning ska uppmärksammas.

EU:s politiska ramverk för datacenter består av strategier som fastställer planen för att uppnå målen om hållbar resursförbrukning och en minskning av koldioxidutsläppen:

- I den digitala europeiska strategin anges det att datacenter och telekommunikationer måste bli mer energieffektiva, återanvända spillvärme och använda mer förnybara energikällor. De kan och bör bli klimatneutrala senast 2030. Det spelar roll hur IKT-utrustning utformas, köps, används och återvinns. Utöver kraven på energieffektivitet i ekodesign måste IKT-utrustning bli helt cirkulär - utformad för att hålla längre, underhållas på lämpligt sätt, innehålla återvunnet material och vara lätt att demontera och återvinna (Europeiska kommissionen 2020b)
- EU:s datastrategi syftar till att förverkliga visionen om en gemensam datamarknad i det gemensamma området. Miljömålen omfattar ekonomins utfasning

av fossila bränslen samt stöd till Gröna given prioriterade åtgärder gällande klimatförändringar, cirkulär ekonomi, nollförroeningar, biologisk mångfald, avskogning och garanti för efterlevnad (Europeiska kommissionen 2020a)

- I 55%-paketet behandlas datacenter i fråga om energieffektivitet, med uttrycklig skyldighet att från och med 2024 varje år offentliggöra information om deras energiförbrukning. Kommissionen kommer att offentliggöra denna information i en offentlig databas (Europeiska rådet pressmeddelande 2022).
- EU:s strategi för energisystemintegration pekar på datacentrens återanvändningspotential av spillvärme genom att ansluta den till fjärrvärmenät. Redovisning av energiprestanda och ramavtal är del av revideringen av direktivet om förnybar energi och Direktiv 2012/27 om energieffektivitet.
- RMI (EU-rättsakt om kritiska råvaror) är strategin för att hantera frågan kring hållbar tillgång till råvaror inom EU. Strategin är nödvändig för att kunna genomföra digitaliseringen och har en direkt koppling till datacenterindustrin.

Den rättsliga ramen består av direktiv och förordningar. Direktiven sätter upp mål som medlemsländerna måste uppnå. Dock är det upp till varje enskilt land hur målen skall uppnås. Samtidigt måste förordningarna tillämpas i sin helhet av medlemsländerna. Några direktiv och förordningar I EU behandlar digitalisering och effekterna av datacenter, se här nedan:

Energieffektivitet

- Det största hindret för att inkludera en reglering av datacenter i Direktiv 2012/27 om energieffektivitet är svårigheterna att mäta vissa immateriella aspekter som är förknippade med molndatabehandling. I direktivet om energieffektivitet påpekas dock en av de aspekter som har stor potential när det gäller energieffektivitet: användningen av spillvärme i infrastrukturer för fjärrvärme och fjärrkyla. I direktivet om energieffektivitet anges att medlemsstaterna ska främja effektiva uppvärmnings- och kylsystem samt potentialen för att utveckla lokala och regionala värmemarknader ska beaktas.
- För att uppmärksamma övervakningen/kontrollen av datacenters energispill anges i förslaget till Europaparlamentets och rådets direktiv om energieffektivitet att medlemsstaterna bör samla in och offentliggöra relevant information om energiprestanda, vattenförbrukning och datacenters flexibilitet på efterfrågan med en effekt på minst 100 kW. Datasamlingen måste baseras på en standardiserad unionsmall som säkerställer att spillvärme utnyttjas när det är tekniskt och/eller ekonomiskt möjligt. Informationen bör användas för att fastställa hållbara indikatorer för energieffektivitet, förnybara energikällor, återanvändning av spillvärme, kylningseffektivitet, kolanvändning och sötvattenanvändning. Dessutom bör medlemsstaterna uppmuntra ägare och operatörer av datacenter på 1 MW eller mer att anta den europeiska uppförandekoden för datacenters energieffektivitet. Kommissionen bör även senast 2025 skapa miniminormer för prestanda för datacenter.
- För att främja användningen av spillvärme och spillkyla från datacenter införs förslaget om ändring av direktiv (EU) 2018/2001, Förordning (EU) 2018/1999 och Direktiv 98/70/EG när det gäller främjande av energi från förnybara energikällor. Även upphävande av rådets Direktiv (EU) 2015/652 för att skapa en skyldighet hos medlemsstaterna att underlätta användningen av spillvärme och kyla genom en samordningsram. Den inbegriper

företag inom industri- och tertiärsektorerna som genererar spillvärme och kyla som kan återvinnas på ett ekonomiskt sätt via fjärrvärme- och fjärrkylsystem (till exempel datacenter).

Ekodesign

- Direktiv 2009/125/EC om fastställande av ett ramverk med krav på ekodesign för energirelaterade produkter och fastställer obligatoriska minimikrav på effektivitet för produkter som får släppas ut på den europeiska marknaden under sin livscykel. Kommissionens förordning (EU) 2019/424 om fastställande av ekodesignkrav för servrar och datalagringsprodukter i enlighet med direktiv 2009/125/EG och om ändring av kommissionens förordning (EU) nr 617/2013 förbättrar ekodesignkraven för servrar och datalagringsprodukter. Den beaktar effektivitet i strömförsörjningen, krav på materialeffektivitet (för demontering) och undvikande av planerad föråldring (senaste inbyggda programvaran efter 2 år från första försäljningen till 8 år från sista försäljningen samt inbyggd programvara för säkerhet minst 8 år efter det att slutprodukten släppts ut på marknaden), maximal effekt i tomgångstillstånd, minimala verkningsgrader i aktivt tillstånd, viktintervall för kobolt i batterier, neodym i hårddiskar, särskilda driftförhållanden för att säkerställa fri kylning och testning av utrustningen för att den ska kunna fungera under extrema förhållanden. En översyn av kraven på ekodesign för datorer och dataservrar kommer att tas fram (2022).
- Kommissionens förordning (EU) 2021/341 om ändring av förordningarna (EU) 2019/424, (EU) 2019/1781, (EU) 2019/2019, (EU) 2019/2020, (EU) 2019/2021, (EU) 2019/2022, (EU) 2019/2023 och (EU) 2019/2024 om krav på ekodesign för servrar och datalagringsprodukter, elmotorer och varvtalsreglerade motorer, kyl- och frysapparater, ljuskällor och separata manöverdon, elektroniska displayer, hushållsdiskmaskiner, hushållstvättmaskiner, hushållstvättmaskiner, hushållstorkmaskiner och kyl- och frysapparater med direktförsäljningsfunktion ändrar båda. Kriterierna för metodiken för mätningar fastställs. Det finns ett nytt förslag till förordning 2022/0095 om ekodesign för hållbara produkter (COD), som upphäver direktivet om ekodesign.

Kriterier för EU-miljömärket

- Företag kan välja att genomföra en ekologisk produktionscertifiering på sin elektroniska utrustning. Kommissionens beslut (EU) 2020/1804

upprättade EU-miljömärkningskriterier särskilt för elektroniska bildskärmar med en kravlista angående energiförbrukning, miljöeffekterna gällande giftiga ämnen, användning av resurser, avfallsgenereering och sociala aspekter.

Elektroniskt avfall

- Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/19/EU 4 juli 2012 om avfall som utgörs av eller innehåller elektriska eller elektroniska produkter (WEEE-direktivet). Direktivet syftar till att reglera insamling, återvinning och återanvändning av elektroniskt avfall. I WEEE-direktivet fastställs att medlemsstaterna ska främja utformning och tillverkning av elektriska och elektroniska produkter som tar hänsyn till och underlättar demontering och återvinning, särskilt återanvändning och återvinning av elektroniskt avfall, dess komponenter och material. Medlemsstaterna ska vidta lämpliga åtgärder för att minimera bortskaffandet av elektroniskt avfall så som osorterat kommunalt avfall och på så sätt uppnå en hög nivå av separat insamling av elektroniskt avfall. Enligt direktivet ska medlemsstaterna inrätta system som gör det möjligt för slutanvändare och distributörer att återlämna elektroniskt avfall utan kostnad. För att säkerställa en miljövänlig behandling av separat insamlat elektroniskt avfall fastställs i direktivet om elektroniskt avfall behandlingskrav för specifika material och komponenter i elektroniskt avfall samt behandlings- och lagringsplatser. Denna rättsliga ram bygger på principen om utvidgat producentansvar, vilket innebär att producenterna måste organisera och/eller finansiera insamling, behandling och återvinning av sina produkter i slutet av deras livslängd. Den ökade mängden behandlat elektroniskt avfall måste redovisas och rapporteras till den behöriga nationella myndigheten. Varje EU-medlemsstat samt Norge, Schweiz och Island har genomfört nationell lagstiftning i enlighet med förhållandena i varje land (Farbiarz-Mas 2018).
- Transporter av elektroniskt avfall regleras av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1013/2006 av den 14 juni 2006 om transport av avfall, där det fastställs förfaranden och kontrollsystem för transport av avfall, beroende på avfallens ursprung, destination och rutt, vilken typ av avfall som transporteras och vilken typ av behandling som ska tillämpas på avfallet vid destinationen. Det finns ett nytt förslag till om bestämmelser angående avfallstransporter för att stödja en ren och cirkulär ekonomi i EU.

Farliga ämnen

- I Europaparlamentets och rådets direktiv 2011/65/EU 8 juni 2011 om användning av vissa farliga ämnen i elektriska och elektroniska produkter (RoHS-direktivet) behandlas frågan om att undvika farliga ämnen i elektronisk utrustning.

Taxonomi

- I enlighet med EU:s taxonomi fastställde Kommissionens delegerade förordning (EU) 2021/2139 4 juni 2021 om komplettering av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2020/852 genom att fastställa de tekniska screeningkriterierna för fastställande under vilka förutsättningar en ekonomisk verksamhet kan anses bidra väsentligt till att mildra klimatförändringarna eller anpassa sig till klimatförändringarna och för att fastställa om den ekonomiska verksamheten inte orsakar någon betydande skada på något av de andra miljömålen. Den innehåller vissa kriterier för databehandling, värdeverksamhet och därmed sammanhängande verksamhet.

Digitala tjänster

- Det nyligen antagna paketet om digitala tjänster gör det möjligt för Europeiska kommissionen att reglera onlineplattformars oärliga beteenden mot användare, där t.ex. vilseledande webbdesign (aka dark patterns) och variable ratioscheman som används av onlineplattformar räknas in (Europeiska rådet 2022). Europeiska kommissionen föreslog två lagstiftningsinitiativ: lagen om digitala tjänster (DSA) och lagen om digitala marknader (DMA). Båda texternas huvudmål är att skapa ett säkrare digitalt utrymme och att främja innovation, tillväxt och konkurrenskraft (Europeiska kommissionen 2022).

Fluorerade växthusgaser

- Europaparlamentets och rådet förordning (EU) nr 517/2014 av den 16 april 2014 om fluorerade växthusgaser anger villkoren för användning av kylaggregat med global uppvärmningspotential (GWP).

Miljöanpassad offentlig upphandling

- Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/24/EU av 26 februari 2014 om offentlig upphandling och den tekniska rapporten Utveckling av EU:s mål för miljöanpassad offentlig upphandling (GPP) fastställer kriterier för datacenter, serverrum och molntjänster (Dodd et al. 2020).

FALLSTUDIER

Tre europeiska fallstudier granskas nedan: Irland, Nederländerna och Sverige. De konsekvenser som deras datacenter ger upphov till och den särskilda nationella lagstiftning som gäller för dem analyseras.

4.1 IRLAND

Det som gör Irland till en attraktiv plats för stora företag är dess tempererade klimat (som hjälper till att hålla energibehovet för kylning av serverna nere), deras låga bolagsskatter (bland de lägsta i världen) och deras and företagsvänlig lagstiftning. Dessutom är Irland rankat på plats 28 för datacenterinvesteringar av Arcadis (Arcadis 2021). När det gäller WEEE

genererade Irland år 2019 93 kt E-avfall och samlade upp 52 kt (Forti et al. 2020).

Irland har börjat publicera sin nationella energiförbrukning för datacenter de senaste åren; energiförbrukningen har mer än tredubblats sedan 2015. Den officiella statistiken visar att datacentrens elförbrukning är 3.99 TWh, vilket motsvarar 14% av landets totala elförbrukning (Central Statistics Office 2022). EirGrid, Irlands elnätsoperatör, har nyligen publicerat att elförbrukningen för datacenter och ny teknologi år 2021 var 5.3 TWh, 16.7% landets totala elförbrukning. År 2031 kommer datacenter och ny teknologi stå för 28% av Irlands elektricitets efterfrågan (EirGrid and Soni 2022), se Fig. 16.

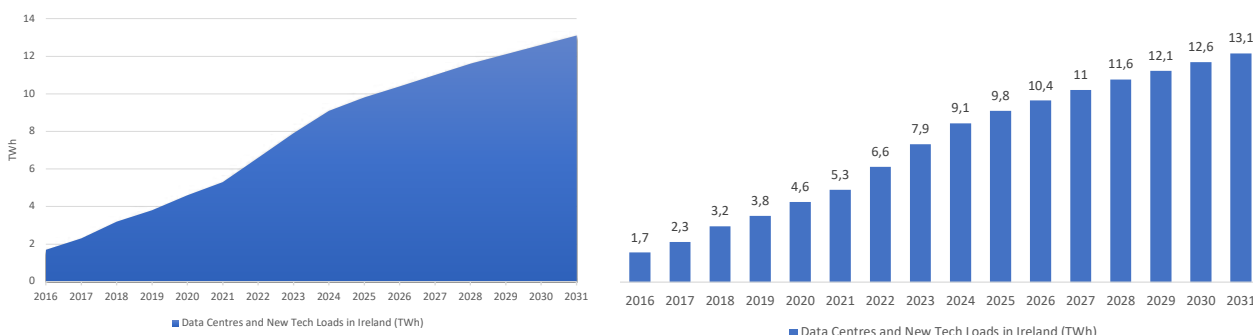


Fig. 16 Datacenter och ny teknik i Irland. Uppgifter hämtade från (EirGrid and SONI 2022)

Irlands ökade efterfrågan på elektricitet från datacentren oroar nätoperatörerna. Kommissionens delegerade förordning (CRU) har varnat att en för stor ökning av datacenter kan resultera i återkommande strömavbrott och har bett om ett tillfälligt förbud mot nya datacenter. De drog senare tillbaka sitt krav på grund av "konstruktivt engagerande från aktörer inom industin". På grund av problem med överbelastning har EirGrid uteslutit Dublin som plats att bygga nya datacenter på, åtminstone till 2028 (Dan Swinhoe 2022). EirGrid rekommenderar istället installation på mindre belastade platser med större utbud av förnybara energikällor.

Det uppstod nyligen en samhällelig oro gällande ett nytt datacenter, angående dess föroreningar och energiintensitet. Utvecklaren av Ennis nya datacenter har kungjort att bygget kommer generera 250 permanenta arbetstillfällen och 1200 temporära anställningar. Centret skulle bestå av sex byggnader med två våningar vardera. Det skulle vara utrustat med 18 naturgasdrivna motorer och 66 dieseldrivna reservgeneratorer med utsläpp på 657,000 ton CO2 varje år. Den siffran motsvarar 1.1% av de globala växthusutsläppen för Irland (EPA 2022).

4.1.1 Rättsliga och politiska ramverk på Irland

Den irländska regeringen har övervägt att införa ett moratorium för nya datacenter i landet. Men istället har beslut om mer restriktiva bestämmelser för datacenter att vara belägna i Irland tagits.

I juli 2022 antog regeringen ett uttalande om datacentrarnas roll i Irlands affärsstrategi, som innehåller sex principer för att uppnå en hållbar utveckling för datacenter i Irland. Datacenter som tar hänsyn till dessa principer och som i första hand bygger på energieffektivitet och förnybara energikällor föredras. I korthet innebär dokumentet att man föredrar de datacenter som:

- är kopplade till landets ekonomiska verksamhet (principen om ekonomisk påverkan),
- använder elnätet på ett effektivt sätt och visar att användningen av förnybar energi är prioriterad (principen om nätkapacitet och effektivitet och principen om prioriterad användning av förnybar energi),
- har möjlighet att samlokalisera sin anläggning för förnybar produktion eller avancerad lagring med datacentret (colocation-principen samt närhet till en framtidssäkrad kraftförsörjning),
- kan visa arbetet mot en minskning av koldioxidutsläpp och tillhandahållande av datatjänster med nollutsläpp (principen om designade datacenter med minskat koldioxidutsläpp),
- och ge små och medelstora företag möjlighet att delta samt bidra med samhällsnytta (principen om tillträde för små och medelstora företag och samhällsnytta).

I 2021 *Climate Action Plan* planeras en ökning av andelen förnybar el i landet till 80 % fram till 2030. Med tanke på sin intensiva elförbrukning har datacentersektorn mycket att bidra med i detta avseende.

I november 2021 offentliggjordes CRU:s beslut för systemoperatörer om datacenters behandling av nätanslutning. Beslutet gör det möjligt för företag inom datacentersektorn att ansluta sig till elnätet under vissa villkor så att de kan tillgodose sin egen energiefterfråga. Det kan t.ex. vara produktion på plats och/eller batterilagring för nya datacenteranslutningar. För att vara i linje med

landets klimatmål att fasa ut fossila bränslen inom sektorn bör produktionen kunna drivas med förnybara källor, inklusive förnybar gas eller grönt väte (när tillgången blir större).

Det nyligen avgivna uttalandet om datacentrarnas roll i Irlands affärsstrategi noterar kapacitetens betydelsen för datacentrens energihantering (flexibilitetstjänster). Flexibilitetstjänster avser datacentrarnas förmåga att ändra sin efterfrågan på eller produktion av el, via styrning av sina interna processer (uppvärmning och kylning). Vid de tillfällen då elnätet pressas av hög efterfrågan ska datacenter kunna använda lagrings- eller produktionsanordningar på plats.

I och med de nya principerna för datacentrens hållbara utveckling spelar CPPA (avtal om elköp från företag) en viktig roll i minskningen av koldioxidutsläpp i energisektorn. Genom dessa avtal kan datacenter köpa förnybar el från producenter av förnybar el, vilket genererar finansiering för projekt inom förnybar elproduktion. För det ändamålet är det viktigt att datacenter placeras nära anläggningar för förnybar elproduktion. CPPA är dock ett kontroversiellt instrument eftersom det inte innebär att man fysiskt konsumerar förnybar energi från nätet, utan snarare fungerar som en balans i företagets räkenskaper.

I uttalandet om datacentrarnas roll i affärsstrategin betonas datacentrens potential att bidra till nätet genom att tillhandahålla spillvärme till urbana anläggningar, t.ex. kommersiella inrättningar eller bostäder. På så sätt kan kostnaderna och koldioxidhalten i lokala energisystem minska. Regeringens politik ska underlätta användningen av spillvärme och främja pro-sumer-figuren. Ett exempel är ett projekt där spillvärme från Amazons datacenter används för att leverera värme till en lokal parlamentsbyggnad i södra Dublin och till Tallaghts campus (Dublins tekniska universitet) via Tallaght-distriktets värmesystem.

Som följd av *Climate Action Plan 2021* behandlar SEAI (Irlands myndighet för hållbar energi) i samråd med berörda parter ett förslag om att införa striktare regler kring rapportering om utsläpp för utsläpp för stora energianvändare, så som datacenter.

4.2 NEDERLÄNDERNA

Nederländerna är ledande när det gäller installation av datacenter i Europa. Nyligen rankades Nederländerna som det 19:e landet i världen som är bäst lämpat för investeringar i datacenter (Arcadis 2021). Den totala kapaciteten för datacenter är 590 MW. Eftersom små nederländska datacenter har stängts och flyttats till större har antalet datacenter minskat under flera år (Vermeulen and Madsen 2021)

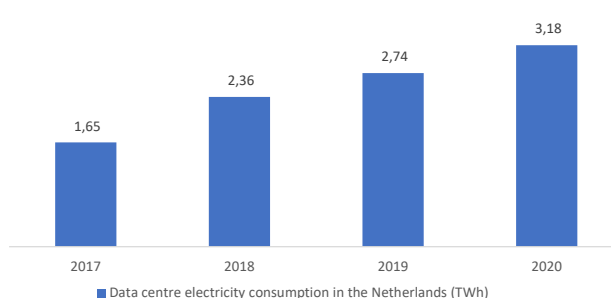
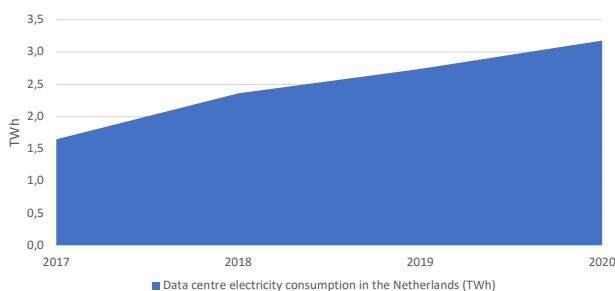


Fig. 17 Elförbrukning för datacenter i Nederländerna. Uppgifter hämtade från (CBS 2021), (Dutch Data Centre Association 2022)

Nederländska datacenter köper merparten (86%) av sin energi från förnybara källor genom PPA-energiköpsavtal. Genom att monopolisera förnybar produktion blir dock den resterande elen mer förorenad för konsumenterna om de inte främjar direktinstallation av förnybara källor (Vermeulen and Madsen 2021)

Femtio procent av datacentren lagrar eller återanvänder spillvärme. Spillvärme från datacenter används t.ex. av Amsterdam Science Park, som har 1,300 lägenheter som blir uppvärmda av spillvärme. I Eindhoven värms 40 kontorsbyggnader på High Tech Campus upp. Ett annat datacenter värmer upp en swimmingpool, en skola och en förskola. Snart kommer 2,500 hem att läggas till i Groningen. Enligt DDCA (Dutch Data Centre Association 2022) skulle det kunna bli många fler om bestämmelserna ändrades och blev mer restriktiva.

Vattenanvändningen bland nederländska datacenter varierar; 17 % använder inget vatten, 17 % använder gråvatten¹⁰ och 65 % använder dricksvatten (Vermeulen and Madsen 2021). Vattenförbrukningen i Microsofts anläggningar (78 miljoner m³) har sedan den senaste torkan i Nederländerna väckt social oro (Judge 2022). Microsoft uppger att WUE för deras nya anläggningar är 0,08 l/kWh (lägre än det

Under de senaste åren har Nederländerna börjat offentliggöra datacenterarnas energiförbrukning (CBS 2021). Nederländska datacenter förbrukar 3,2 TWh el, dvs. 2,7 % av Nederländernas totala elförbrukning (Dutch Data Centre Association 2022) Nederländernas elförbrukningen har nästan fördubblats sedan 2017, se figur 17. Vattenförbrukningen är en miljon m³ (CBS StatLine 2022), vilket innebär 0,08 % av kravvattenförbrukningen, med ett WUE på 0,3125 l/kWh.

nederländska genomsnittet), trots att de är utformade för en effektivitet på 0,01 l/kWh (Microsoft 2022).

När det gäller WEEE erbjuder 8 % av datacentren fullservicelösningar för återvinning, 21 % stimulerar återvinning, 29 % erbjuder tredjepartslösningar för återvinning och 42 % har ingen lösning för återvinning (Vermeulen and Madsen 2021). År 2019 genererade Nederländerna 373 kt e-avfall och samlade in 166 kt (Forti et al. 2020).

The Open Compute Project offentliggör information om datacenteranläggningen "Maincubes AMS01" i Nederländerna. Anläggningen är belägen i Capronilaan 2 1119NR Schiphol-Rijk och har en yta på 4 400 kvm med 4,7 MW IT-energi och en PUE < 1,6. Kylsystemet använder inte vatten och består av ett främre-till-bakresystem där alla skåp i det vita utrymmet har en varm/kall gång. Immersionkyllning är också tillgänglig. Datacentret levererar förnybar energi (Open Compute Project 2022).

4.2.1 Rättsliga och politiska ramverk i Nederländerna

Med hänsyn till fysisk planering och resursförbrukning har den nederländska regeringen tillkännagivit vissa

¹⁰ Gråvatten är använt vatten utan giftiga kemikalier eller avföring.

åtgärder för att kontrollera den ohållbara expansionen av hyperskaliga datacenter.

Rumslig strategi för datacenter 2030 identifierar sektorns svagheter samtidigt som den fastställer en färdplan för att kunna behålla kontrollen över sina dataportar. Strategin skiljer på små datacenter (med en yta på 500-5 000 m² och låg energiförbrukning, mindre än 2 MW) och hyperskaliga datacenter (med en yta på 2 000-50 000 m² och hög energiförbrukning, från 1 till 25 MW). Faktorer som storlek och energiförbrukning är väsentliga i val av placering. Vissa delar av Amsterdams storstadsområde är lämpliga för att placera kluster av hyperskaliga datacenter. Platser som Almere, Lelystad, Zeewolde eller Droten skulle kunna vara alternativ för deras expansion.

För att uppnå de mål som fastställs i Klimaataakkoord påpekar strategin att datacenter måste placeras nära förnybar energiproduktion och att hållbarhetskraven måste uppfyllas. Det skulle kunna genomföras genom t.ex. att installera solpaneler på tak och fasader.

Baserat på den ovannämnda strategin för datacenter 2030 har den nyligen antagna nationella strategin för fysisk planering och miljö (Nationale Omgevingsvisie - NOVI) antagits. Den syftar till att främja en selektiv tillväxt av datacenter i landet, för vilken man fastställer villkor som måste uppfyllas kumulativt innan ett datacenter kan installeras på en viss plats; nämligen: 1) att energibehovet kan tillgodoses på ett hållbart sätt genom befintliga eller framtida energinät, 2) genom att göra det är möjligt att leverera spillvärme till fjärrvärmenät och 3) genom att marknadsaktörernas krav på digital konnektivitet är uppfyllda.

För att underlätta övergången till den nya modellen med selektiv tillväxt av datacenter i Nederländerna antogs i februari 2022 det nationella interimbeslutet för att förhindra hyperskaliga datacenter. Beslutet skjuter upp skapandet av hyperskaliga datacenter (moratorium), dvs. datacenter eller en uppsättning strukturer som fungerar kollektivt med funktionen att tillhandahålla stöd för transport eller lagring, vars utbredning överstiger 10 hektar och vars elektriska effekt överstiger 70 megawatt. Giltigheten av beslutet är begränsad till nio månader och gäller endast hyperskaliga datacenter.

Provinsen Noord-Holland är först med att anta sin egen strategi för datacenter för 2022-2024. Enligt strategin får nya datacenter endast etableras i industriområdena Amsterdam, Haarlemmermeer och

Hollands Kroon. De måste först komma överens med provinsen om landskapsintegration, energi- och vattenförbrukning och användning av spillvärme genom lämplig fysisk planering och miljöplanering. På samma sätt måste riskerna till följd av klimatförändringarna, t.ex. översvämningar eller vattenbrist, bedömas i miljöplaneringen. I denna strategi fastställs grunderna för att upprätthålla datacentersektorns tillväxt.

I sin politik begränsar kommunen Haarlemmermeer på lokal nivå den nuvarande tillväxten av datacenter i vissa zoner genom en allmän plan för områdesindelning. Amsterdam (2020-2030) fokuserar på datacenterarnas miljömässiga hållbarhet snarare än på specifik zonindelning av datacenter, inklusive åtgärder för rumslig integration av datacenterbyggnader, energieffektivitet och säkerhet, minskad färskvattenförbrukning, utnyttjande av spillvärme genom fjärrvärmenät, produktion av förnybar energi samt övervakning och utvärdering av utvecklingen av datacenter i kommunen.

4.3 SVERIGE

Norden anses vara den ideala platsen för datacenter sett till dess lämpliga landområden, kalla temperatur för naturlig nedkylning och sina rena energikällor (Sovacool, Monyei, and Upham 2022). Dessutom erbjuder Sverige låga priser och skatter på el till datacenter. Sverige har goda förbindelser med Danmark och de baltiska länderna via undervattenskablar. Därför har det internationella konsultbolaget Arcadis utsett Sverige som den bästa platsen i Europa för datacenterinvesteringar (följt av Norge, Danmark och Finland) och som fjärde i världen (Arcadis 2021) vilket gör att en stor expansion av datacenter förväntas i landet.

Sverige har flera datacenterkluster runt om i landet vilket ger gott om colocation-möjligheter. Sveriges främsta marknader för colocation-datacenter är Stockholm, Malmö, Göteborg, Luleå och Linköping. Det finns 81 svenska datacenter. De flesta av dessa colocationanläggningar är belägna i och runt Stockholm.

De svenska colocation-anläggningarna har över 122,54 MW effekt och har en rad olika racktätheter (från 3 kW till 20 kW). Deras PUE, indikator för energieffektivitet, ligger mellan 1,07 och 1,70. Den genomsnittliga PUE för svenska datacenter är 1,37 (Cloudscene 2022) och många datacenter använder sin spillvärme i fjärrvärmenätet. Sverige har också

världens första koldioxidnegativa¹¹ datacenter. Det är byggt av EcoDataCentres i Falun (Emily Holbrook 2018).

Eftersom Sverige sedan 2015 har ett underskott på nätkapacitet har flera partier i Sverige, (liksom i Irland) uttryckt tveksamhet för att utöka datacenterkapaciteten (Nicole Cappella 2022). De främsta orsakerna till underskottet är urbaniseringen, nya industrier och datacenter. Kapacitetsproblem som orsakas av datacenter påverkar andra branscher negativt; så som underskott i vissa regioner i södra Sverige. Det ger heller ingen garanti för nya nödvändiga elbehov i allt från DSO till utbyggnad av befintliga anläggningar (Libertson, Velkova, and Palm 2021).

Open Compute Project möjliggör information från dataanläggningen Hydro66 Hydrogränd 2 - Hall 1. Den är belägen i Hydrogränd 2, 961 43 Boden, Sverige och har en yta på 500 kvm. Den har 1,6 MW el-IT och direkt front-to-back fri luftkylning med inneslutande varm/kall gång för alla skåp. Energiförsörjning kommer från 100 % förnybar vattenkraft med en svänghjuls-UPS. Anläggningens PUE är lägre än 1,08 och förbrukar 0,059 liter vatten per kWh. Kolanvändningseffektiviteten är 0,0428 kgCO₂/kWh (Open Compute Project 2022).

Ett annat exempel är datacentret Stockholm SWE01: SIF DC. Anläggningen har en IT-last på 11,2 MW och genererar spillvärme som Stockholm Exergi använder för att värma upp lokala bostäder. Det är ett datacenter på 6 000 m² som huserar upp till 40 kW luftkyld infrastruktur eller över 100 kW för infrastruktur för vätskekylning för att möta den växande efterfrågan på storskalig databehandling. Kapaciteten är upp till 600 rack. Det försörjs med koldioxidfri energi vilket innebär att energin är fri från föroreningar. Dock är reservgeneratorerna dieselgeneratorer (atNorth 2021).

Gällande WEEE genererade Sverige under 2019 208 kt e-avfall och samlade in 142 kt (Forti et al. 2020).

4.3.1 Legal and political framework in Sweden

I april 2018 antogs överenskommelsen om den svenska energipolitiken, där målet är att den svenska ekonomin ska vara klimatneutral 2045. Även om elproduktionen i Sverige nästan är koldioxidfri har regeringen skurit av de subventioner som är avsedda för kärnkraft för att avskräcka från den energikällan. Traditionellt har Sverige beslutat att främja energieffektivitet och minska sina koldioxidutsläpp genom att införa skatter (t.ex. energi- och koldioxidskatt). Sveriges energimix består av kärnkraft och vattenkraft, vilka genererar cirka 40 procent energi vardera medan de återstående 10 procenten kommer från vindkraft (IEA, 2022).

I juli 2022 trädde ett förbud mot utvinning av kol, olja och naturgas i Sverige i kraft. Förslaget föreslår ändringar i den svenska minerallagen och miljöbalken. Det innebär bland annat ett förbud mot utvinning av kol, brunkol, råolja, skifferolja och naturgas på samma sätt som man gjort med uran, samt skärpta regler för utvinning ur alunskiffer.

I rapporten *Energipolitiken i IEA-länderna, Sverige 2019* rekommenderar Internationella energirådet att man ökar 4G-uppvärmningen i stadssystemen samt integrerar den i smarta stadsnät.

I breddbandsstrategin "Ett helt uppkopplat Sverige senast 2015" påpekas behovet av att utveckla integrerade elnät för att möta hela infrastrukturens kapacitetsutmaning under intensiva efterfrågeperioder av energi. Med tanke på de senaste regeringsförändringarna kan man dock förvänta sig en drastisk förändring av landets energi- och klimatpolitik. Förändringarna i den svenska politiken börjar bli märkbar i och med beslutet att avskaffa Miljödepartementet och integrera det i Näringsdepartementet. För att trygga energiförsörjningen under energikrisen, som förvärrats av kriget i Ukraina och avbrotten i gasförsörjningen, planeras nya kärnkraftsreaktorer byggas. Dessutom kommer nätverket av laddningsstationer för elfordon utökas. För närvarande kan man förvänta sig att kärnkraften kommer att spela en viktigare roll för reduceringen av koldioxidutsläppen.

¹¹ Spillvärmerna används externt (på så sätt använder spillvärmekonsumenterna inte fossila bränslen för uppvärmning). Eftersom datacentret använder förnybar energi för att tillgodose sitt elbehov så minskar den totala effekten av koldioxidutsläppen.

4.4 EFFEKTERNA AV DATACENTER I FALLSTUDIERN

Vi har utvärderat effekterna av datacenter i Irland, I Nederländerna och I Sverige med hänsyn till deras respektive elmix¹².

Ireland: Irlands elmix består till 29 % av förnybar energi med en utsläppsintensitet på 281 gCO₂/kWh (EEA 2021). För ett nytt datacenter med en nätansluten 1MW IT-energi skulle det innebära 3 854 ton koldioxidutsläpp per år och en materialintensitet på 423 kg vart tredje år.

Netherlands: 18% av Nederländernas elförbrukning kommer från förnybara källor (PBL Nederländernas miljöprövningsmyndighet 2020). Utsläppsintensiteten i det nederländska elnätet är 333 gCO₂/kWh (EEA 2021). Ett nytt datacenter med nätansluten 1 MW IT-energi skulle alltså ge upphov till 4 568 ton

koldioxidutsläpp per år och en materialintensitet på 423 kg vart tredje år.

Om man tar hänsyn till kolintensitet som är högre än 516 gCO₂/kWh I det nederländska elnätet, som Nowtricity hävdar (Nowtricity 2022), skulle de totala utsläppen uppgå till 6 269 ton koldioxid per år.

Sweden: Sveriges totala elproduktion från förnybara källor är 59 % (Swedish Energy Agency 2021) med en koldioxidintensitet på 8,8 gCO₂/kWh (EEA 2021)¹³. Ett nytt datacenter med nätansluten 1 MW IT-energi skulle således generera 110 ton koldioxid per år med en materialintensitet på 423 kg vart tredje år.

Fig. 18 jämför de tre ländernas servrar med en treårig livscykel. Som diskuterat ovan; om energiproduktionen ger låga koldioxidutsläpp blir klimatpåverkan som följer lägre, vilket är fallet för Sverige.

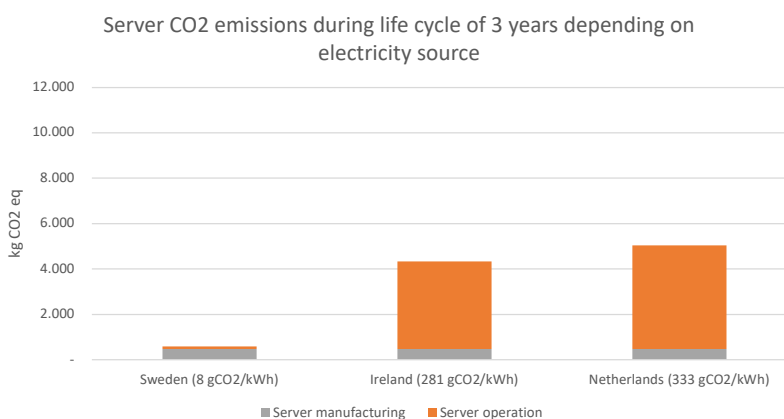


Fig. 18 CO₂-utsläpp från servrar under en serverlivscykel på 3 år för Sverige, Irland och Nederländerna.

¹² För att göra en jämförelse mellan elsystemen har beräkningar gjorts på koldioxidutsläpp. Andra miljökonsekvenser till följd av strålning eller användning av avfall för elproduktion har inte beaktats. Det betyder inte att de inte är viktiga.

¹³ Även om koldioxidutsläppen från elproduktionen är låga i Sverige finns andra miljöeffekter som inte har beaktats i den här studien, t.ex. strålning från kärnkraftverk.

POLITISKA ÖVERVÄGANDEN

Vi har sammanställt flera överväganden som kan möjliggöra en minskning av datacentrarnas påverkan. Vissa av dem behandlas redan i de EU-direktiv och nationella lagar som diskuteras ovan. Den första aspekten som bör nämnas är att det var svårt att samla in uppgifter och information. I den litteratur som granskats råder det i allmänhet enighet om att datatransparens och att skapa databaser med offentlig information är nödvändigt. Man är också överens om att inrätta ett vetenskapligt observatorium och en vetenskaplig kommitté som kan ge konsensus och kvalitetgranskad information om den digitala teknikens miljö- och hälsoeffekter till Europeiska kommissionen. Detta observeras genom det nyligen framlagda förslaget till direktiv om energieffektivitet.

Nedan finns en förteckning över bästa praxis som kan tillämpas i datacenter. Listan är uppdelad i specifika åtgärder och allmänna aspekter rörande energi, kylning, råvaror och användarskydd.

ALLMÄNNA ASPEKTER

- Främja **obligatorisk rapportering till offentliga myndigheter** för att möjliggöra datatransparens (energiförbrukning, energikällor, materialanvändning i servrar, vattenanvändning, LFA). Hållbarhet och ESG-rapportering bör vara obligatoriska för alla datacenter, med global koldioxidredovisning och Scope 1, 2 och 3-rapportering inkluderat. Användningen av digitala tjänster bör således ingå i normen för växthusgasutsläpprapporteringen. När det gäller materialanvändning tar förslaget till direktiv om energieffektivitet inte hänsyn till servernans materialinnehåll. Förordning (EU) 2019/424 tar endast hänsyn till två material. Om alla, eller åtminstone de viktigaste materialen (dvs. kritiska råvaror), rapporterades skulle det vara möjligt att utföra exakta livscykelanalyser. Detta föreslås i EU:s uppförandekod för energieffektivitet i datacenter.
- Säkerställa **rättvisa skattesystem** för datacenter (undvika skatteincitament och undantag från ländernas sida samt främja högre beskattning vid högre omsättning eller högre användning av resurser i datacenter).
- Medlemsländerna bör utveckla **planer och strategier för att kontrollera expansionen av datacenter med zonindelningskriterier** med klimatförändringens effekter och risker i beaktande (Lawrence 2021). I Amsterdam och Frankfurt är det under reglering. Planerna bör ta hänsyn till datacentrets bidrag till ekonomin, den lokala sysselsättningen, potentialen att generera förnybar energi samt de möjligheter och fördelar som det ger samhället.
- Främja **skatteincitament för att minska datacentrarnas miljöpåverkan**. Förrföra året (15 november 2021) godkände Frankrike till exempel lag nr 2021-1485 som åsyftar till att minska den digitala teknikens miljöavtryck och som med reducerad skattesats gynnar de datacenter som tillämpar god praxis (t.ex. återvinning av spillvärme som genereras i deras anläggningar). Dessutom skulle skatteincitament kunna införas för företag som använder sig av öppen källkod vilket skulle öka energieffektiviteten inom databehandling. Samtidigt bör högre skatter tillämpas för datacenter som inte tillämpar bästa möjliga standard eller som inte följer EU:s uppförandekod för energieffektivitet i datacenter. Dessutom är uppförandekoden inriktad på datacenter på 1 MW men dess tillämpning bör uppmuntras för alla (oberoende av storlek), särskilt med den senaste tidens ökning av edge-datacenter (PwC 2019).
- Tillämpa **kriterierna för miljöanpassad offentlig upphandling (GPP) för datacenter**, serverrum och molntjänster samt främja CBA-avtal (Community Benefit Agreements) mellan projektutvecklaren och det samhälle där projektet byggs.

- **Undvika överskyddssystem och TIER IV-nivåer¹⁴.** Duplicering av data bör endast användas om det är nödvändigt för att undvika massiv datainsamling vid nödfallsplanering. Minska redundansen av komponenter vid utformningen av datacenter samt fastställa standarder för vilken typ av datacenter (eller information) som får dupliceras i enlighet med dess nytta.
- **Öka samtidigt datacentrarnas motståndskraft genom övervakning och förebyggande underhåll** för att minska konsekvenserna av en incident, t.ex. ett avbrott i elförsörjningen (TechUK 2021). Uppmuntra till produktion på plats och/eller batterilagring tillräcklig nog för att tillgodose den egna efterfrågan och som kan drivas med förnybara bränslen.
- **Dataanvändning:** För att undvika lagring av stora mängder data **bör åtgärder för att automatiskt radera oanvända data med tiden övervägas** (med hjälp av mekanismer som CO2-marknaden eller progressiva avgifter som är kopplade till dataanvändning).
- Tillämpa **restriktioner för kryptomining** och stimulera migreringskryptons verksamhet till **proof-of-stake** för att utföra valideringsfunktionen i **stället för den nuvarande proof-of-work-mekanismen¹⁵**.
- Öka finansieringen av **forskning och utveckling** för bättre energi- och materialanvändning samt nästa generations dator- och kommunikationsteknik.
- Överväga gemensam lagstiftning för potentiella datacenter på havsbotten. För detta är det nödvändigt att bedöma de fördelar (tempererat klimat eller kapacitet för förnybar energi) och nackdelar som denna nya plats för datacenter erbjuder jämfört med traditionella datacenter på land. Den inverkan som kan uppstå på de marina ekosystemen måste tas i beaktning. Utvecklingen öppnar också för en ny debatt om de rättsliga kryphål som kan uppstå på internationellt vatten.

ENERGI

Energiförsörjning:

- **Förnybar elförsörjning i elnäten**, genom att garantera energiköpsavtal med närliggande leverantörer för att möjliggöra en fysisk integrering av förnybara energikällor och integrering av mer förnybar kapacitet. Nya installationer av förnybar energi bör främjas, t.ex. obligatorisk ny förnybar energiförsörjning (en procent av ett datacenters efterfrågan måste komma från nya förnybara installationer och måste ligga inom en radie av X kilometer, eller självförbrukas, för att undvika att förnybara källor monopoliseras och att nätet blir mer förorenande för resten av konsumenterna). I Förslag till direktiv om energieffektivitet tas det hänsyn till användningen av indikatorer för energikällor, men inte till närheten.
- **Avancerad användning av energilagransanordningar med fossilbränslefri backup.**
- **Stoppa energiskatteincitamenten för datacenter**, eftersom det begränsar andra användares tillgång till nätet vid överbelastningsproblem och avskräcker datacenter från att installera förnybar energi för egen konsumtion. Införliva i stället incitament för datacenter som bidrar till nätkapaciteten genom energiproduktion och efterfrågestyrning. Inköp av förnybar energi står dock bara för en del av datacentrarnas koldioxidavtryck, eftersom de energikällor som används för utvinning och tillverkning av de komponenter och material som används också måste bedömas för att undvika att man hamnar i greenwashing. Av särskild betydelse i detta avseende är klassificeringen av verksamheter och hållbarhetskriterierna i den delegerade förordningen (EU) 2021/2139, som anger när datacentrarnas verksamhet kan anses bidra till att mildra klimatförändringen och inte orsaka betydande skada på något av miljömålen, inklusive aspekter som återvinning av uttjänta elektriska och elektroniska produkter.
- Skapa ett **särskilt utvärderingsorgan** för att analysera vilka verksamheter som bör prioriteras när elförsörjningen är begränsad. Detta organ måste undvika ojämlika maktförhållanden.

¹⁴ Ett Tier IV-datacenter har flera oberoende och fysiskt isolerade system som fungerar som redundanta kapacitetskomponenter och distributionsvägar. (<https://uptimeinstitute.com/tiers>)

¹⁵ För mer information, se: https://www.iea-4e.org/wp-content/uploads/2021/12/4E-Policy-Brief-EDNA_14-010322.pdf

Energianvändning:

- Främja **märkning av IT-utrustningens energieffektivitet och livscykelpåverkan** genom att skapa en standard med etablerade mätvärden, bedömningsverktyg och metoder. Dessa märkningar måste ses över med jämna mellanrum. Detta är tänkt i förordning (EU) 2021/341. I förslaget till direktiv om energieffektivitet anges dessutom att kommissionen ska fastställa hållbara minimiindikatorer för energieffektivitet. Några europeiska standarder om energieffektivitet och PUE är följande: (Klimat- och energihantering EN 50600-TR 99, SC3-kriterium, miljöledning TS 5; EN 50600-2-3, god praxis för kylsystem TS 7; EN 50600-TR 99, norm EN 50600-4-2).
- Fastställa **riktlinjer för korrekt installation** av datacenter med rekommendationer och bästa praxis, t.ex. användning av likström (DC) i datacenter, modulär avbrottsfri strömförsörjning för ökad effektivitet eller användning av högpresterande utrustning och installation av anordningar för dynamisk styrning av system för att förbättra effektiviteten vid partiell belastning.
- Inrätta **obligatoriska energibesiktningar** för att se till att anläggningarna följer de viktigaste energiåtgärderna som föreslås i EU:s uppförandekod för energieffektivitet i datacenter.
- **Harmoniserad beskattning i medlemsstaterna** för att stimulera effektiv energiförbrukning och minska koldioxidutsläppen från energiförbrukning, t.ex. genom skatter på förorenande bränslen. (Chitakasem 2020).
- **Ekonomiskt stöd för energieffektivitetsåtgärder** kan övervägas, särskilt för små och medelstora företag som driver datacenter. Till exempel efter åtgärder som att stänga av eller sätta servrar som inte används i standby-läge.
- Energiintegration bör främjas. **Incitament för energiintegration** kan vara attraktiva eftersom det för närvarande inte finns några incitament för att investera i sådan infrastruktur, t.ex. lägre beskattning av energi från spillvärme och erkännande av återvunnen och återanvänd värme som en energikälla som minskar utsläppen. Förslaget till direktiv om energieffektivitet överväger att medlemsstaterna ska se till att datacenter med en effekt på minst 100 kW återvinner spillvärme när det är ekonomiskt eller tekniskt genomförbart. Det kan vara intressant att införa en politisk ram i Europa som underlättar och uppmuntrar alla energiintensiva

industrier att genomföra projekt för värmeåtervinning och återanvändning i samarbete med samhällen eller företag. Några mätvärden för värmeåteranvändning är: ETSI ES 205 200-2-1 (ISO/IEC 30134-6:2021); EN 50600-4-6-6:2020 Part 4-6: Energy Reuse Factor.

KYLNING

- **Förbättra lufthanteringen** för kylning för att minska behovet av kylning. Fri kylning ska ses som det föredragna alternativet eller vätskekylning för att undvika vattenkylning, t.ex. genom att genomföra studier om luftflödeshantering med hjälp av programvara för beräkningsdynamik.
- Använd avgränsning av varma och kalla gångar vid luftkylning för att förbättra energieffektiviteten vid kylning, dvs. blanda inte den kalla zonen (den zon där luften tas in för kylning) med den varma zonen (den zon som luften släpps ut i från servern).
- Öka de tillåtna temperaturerna i serverrummen eftersom det sparar energi för kylning. Förordning (EU) 2019/424 fastställer temperaturtrösklar för drift.
- För kylning underlätta **återanvändning av industriellt vatten** och andra vattenkällor som inte är dricksvatten.
- Undvik köldmedier med global uppvärmningspotential, vilket föreskrivs i förordning (EU) 517/2014.

RÅMATERIAL:

Tillverkning:

- Främja **bästa miljöledningspraxis** för tillverkare.
- **För datacenter kräva certifikat för material** och undvika att använda konfliktmineraler.
- Fastställa en **minimimängd återvunnet material** i nya servrar, med särskilt fokus på att minska beroendet av kritiska råvaror.
- **Förbättra tillverkningsprocesserna** för att minska användningen av kolbaserade bränslen och giftiga ämnen. Minska till exempel användningen av tungmetaller vid tillverkningen av IT-komponenter för att minska tillverkningsfasens cancerframkallande effekter. Minska utsläppen av perfluorkarboner (PFC) i tillverkningsprocessen för flashminnen. Samtidigt bör man minska guld och koppar i

komponenter och de processer som används vid deras förädling för att minska de långsiktiga utsläppen.

- Genom virtualisering av servrar och konsolidering av datacenter **främja dematerialisering av konstruktioner**. Om man inte tar hänsyn till lagringsverkningarna för användaren kan centralisering och stordriftsfördelar genom molndatabehandling eller hyperskaliga anläggningar få sina motsvarigheter som rekyleffekter.
- **Undvik planerad föråldring av servrar**, antingen när det gäller deras hårdvarudesign eller förändrade programvarubehov, genom att förlänga garantin till minst lika lång tid som den optimala uppdateringstiden. I förordning (EU) 2019/424 anges en minimitid för uppdatering av fast programvara.

Drift

- Uppmuntra märkning för att välja **IT-utrustning med låg miljöpåverkan**.
- **Förläng uppdateringstiden**. Främja konstruktionen för förlängda uppdateringsperioder och genom att reglera uppdateringstiden skapa en optimal varaktighet för uppdatering av maskinvaran, (Bashrouh 2018), som till exempel Eureka-projektet.

Livscykelns slut

- Undvik regler som hindrar cikulärt ekonomiskt materialflöde samt stödja regler som underlättar **återanvändning och återvinning av utrustning**.
- Främja **utformningen för stegvis avveckling**, vilket möjliggör att byta ut endast de delar som har nått slutet av sin livslängd i stället för att byta ut allt (inklusive kablar). Man skulle till exempel kunna fastställa ett minsta antal renoverade servrar i datacenter. I ekodesigndirektivet 2009/125/EG och WEEE-direktivet 2012/19/EU behandlas denna fråga. Det bör dock göras mer specifikt med hjälp av standardiserade metoder (t.ex. med NSF/ANSI 426-2019 Miljöansvar och företagets sociala ansvar för serverutvärdering). Dessutom bör ett minimumkrav för **indikatorer för reparerbarhet och demontering** skapas. Det finns en europeisk standard som rör detta: UNE-EN 45559:2019.
- **Skapa andra marknader för IT-produkter**. Några exempel: Hyperskaliga center behöver bättre

servrar och kan kräva snabbare uppdatering. Utrustningen kan användas inom andra sektorer. Skapa standardcertifieringar av kvalitet och produktursprung för denna andra IT-marknad. För att underlätta återanvändning bör man standardisera hårdvara genom att främja t.ex. öppna hårdvaruprojekt. Exempel: Open Compute Project (OPC) drar nytta av innovationer (Open Compute Project 2022) och delar med sig av konstruktioner för lägre materialanvändning och bättre energieffektivitet.

- Investera i **forskning för att optimera den nuvarande processen** för att få fram ädelmetaller i elektroniska skivor och återvinna kritiska och icke-ädelmetaller från elektroniska produkter/avfall - investera i återvinningsanläggningar för WEEE. Börja betrakta elektronik som resurser för att undvika att elektronik flödar ut över gränserna och återvinna den innanför gränserna, för att försöka undvika olaglig export av WEEE.
- **Undvika olikhetskriterierna** och, på statlig nivå, förenhetliga genomförandet samt tolkningen av normerna av avfallstransportsreglering eftersom en del WEEE exporteras olagligt. Det är nödvändigt att utveckla en mer exakt definition av elektronikavfall för att undvika kryphål som främjar olaglig export till utvecklingsländer under förutsättningen att WEEE återanvänds, trots att de exporterade materialen ofta är irreparabla och ofta hamnar på deponier där farligt avfall samlas på hög.

SKYDD AV ANVÄNDARNA (DET ÖKADE DATABEHOVET BEROR PÅ ATT ANVÄNDARNA IBLAND ÄR BEROENDE AV SOCIALA NÄTVERK).

- Med hjälp av kontrollkommittéer skydda användarna från missbruksmekanismer genom driften av plattformar eller tillämpningar. Detta kan ingå i definitionen av vilseledande webbdesign inom DSA (Digitala tjänster-paket).
- Investera i utbildning för att öka konsumenternas medvetenhet om databeroende, tillhörande miljöpåverkan och energianvändning.

- Genom att tillämpa rekommendationerna ovan kan datacenterarnas konsekvenser minskas avsevärt. Vi har genomfört scenarier för potentiella besparingar av koldioxidutsläpp för ett datacenter på 1 MW med beaktande av några av följande åtgärder:
- I grundscenariot har man räknat med en PUE på 1,46, vilket är genomsnittet i EU. En koldioxidintensitet i elproduktionen på 255 gCO₂/kWh (EEA 2021). En serveruppdateringsperiod på 3 år.
- Om man räknar med en effektiv PUE på 1,07 kan koldioxidutsläppen minskas med 23 %.
- Om förnybar energi används kan koldioxidutsläppen minskas med ytterligare 72%.
- Om man överväger att förlänga uppdateringstiden till fem år kan man uppnå en ytterligare minskning av koldioxidutsläppen med 26 %.
- Om man tillämpar metoder för cirkulär ekonomi kan man minska koldioxidutsläppen med ytterligare 16 %¹⁶.
- Om alla åtgärder vidtas kan man uppnå en minskning av koldioxidutsläppen med 87 %, se Fig. 19.



Fig. 19 Möjlighet att minska koldioxidutsläppen för ett datacenter på 1 MW

¹⁶ Om man tillämpar metoder för cirkulär ekonomi kan 24 % av koldioxidkvivalenterna sparas genom att hälften av serverarna tillverkas enligt studien av Fenn och Fesch (2020)

SLUTSATS

Slutet på Moores lag och en kraftigt ökande efterfrågan på data innebär att alla prognoser visar en förväntad exponentiell ökning av energibehovet. Varje år överträffas förväntningarna på datacentrens energitillväxt av verkligheten. Om 5-10 år kommer dagens energibesparingar förmodligen inte kunna motverka den exponentiella ökningen av dataefterfrågan på ett effektivt sätt. Insatserna behöver riktas på följande sätt:

- Obligatorisk standardiserad datainsamling och datatransparens.
- Integrering av hänsyn till sociala frågor och överbelastningsproblem vid utformning av datacenter och inrättande av mekanismer för klagomål.
- Främjande av energiförsörjning från förnybara källor för att minska den totala påverkan.
- Utöver minskning av PUE och energiintegrering: Ökad effektivitet inom IT (databehandling, hårdvara, design, virtualisering, etc.).
- Vattenbesparing genom att undvika användning av vatten för kylning.
- Tillverkning av IT-komponenter med låga koldioxidutsläpp och maximal användning av återvunnet material (särskilt kritiska material).
- Med hjälp av en cirkulär ekonomi med obligatoriska standarder på EU-nivå och nationell nivå förbättra avfallshantering av elektronisk utrustning, återvinning och återanvändning samt förlängning av servernas livslängd.
- Undvik onödig data.

Kort sagt konstaterar denna rapport att EU:s nuvarande politik är förenlig med de ovan nämnda goda metoderna för att minska datacentrarnas påverkan. Med det sagt är transparens och spårbarhet fortfarande en utmaning för datacenterbranschen. I dagsläget beror det på företagets vilja och engagemang. I förslaget till direktiv om energieffektivitet planeras en rättsligt bindande ram som tvingar datacenter att öka transparensen gällande energieffektivitet, användning av förnybara källor, återanvändning av spillvärme och vattenanvändning. Det är nödvändigt att utveckla lämpliga standarder för att mäta datacentrarnas hållbarhet. Ett gemensamt ramverk för att främja användningen av förnybara energikällor (genom till exempel beskattning) skulle också vara en fördel. Direktiven om WEEE och ekodesign tar upp frågan om råvaruförbrukning. Även här bör man tillhandahålla mer specifika standarder för användningen av konfliktfria mineraler, materialeffektivitet, utrustningens hållbarhet, användningen av återvunna delar och material samt främja återanvändning och återvinning i slutet av livscykeln. Slutligen blir den sociala dimensionen av dataanvändning allt viktigare på grund av den snabba datamängdsökningen med frågan om syftet med datakonsumtionen och de sociala beroende- och hälsoproblem som den genererar som grund. Enligt den nuvarande utvecklingen kommer dessa frågor att bli allt viktigare och måste tas upp i framtida EU-lagstiftning.

FIGURFÖRTECKNING

Fig. 1	An IT room with racks full of servers. Imagen source: (FS community 2021)	3
Fig. 2	Volume of data created in the world in Zettabytes. Data obtained in: (Statista Research Department 2022)	3
Fig. 3	Left: Global trends in internet traffic, data centre workloads and energy use. Right: Global data centre, data transmission networks and crypto mining energy demand. Data obtained in: (IEA 2022b) and (Statista Research Department 2022)	4
Fig. 4	Data centre energy consumption in Europe. Data obtained in (Dodd et al. 2020)	5
Fig. 5	Emissions of a Dell server depending on the electricity source during a life cycle of 3 years	6
Fig. 6	Emissions of a Dell server in Sweden during a life cycle of 3 years	7
Fig. 7	Carbon footprint of Facebook and Google. Source: (Gupta et al. 2021)	7
Fig. 8	Water usage in data centres world average vs low water usage data centres	9
Fig. 9	Data centre energy consumption per year. Source: (Koot and Wijnhoven 2021)	10
Fig. 10	PUE of world data centres. Data obtained in (Davis et al. 2022)	11
Fig. 11	PUE comparison between world, Europe, new and highly efficient data centres	11
Fig. 12	Average density rack. Data obtained in (Ascierto and Lawrence 2020)	12
Fig. 13	Data centre type 2010-2018. Data obtained in (Masanet et al. 2020)	12
Fig. 14	Server refresh cycles in data centres. Data obtained in (Davis et al. 2022)	14
Fig. 15	Individuals using the internet for participating in social networks. Data obtained in (Eurostat 2022b).	17
Fig. 16	Data Centres and New Tech Loads in Ireland. Data obtained in (EirGrid and SONI 2022)	22
Fig. 17	Data centres electricity consumption in the Netherlands. Data obtained in (CBS 2021), (Dutch Data Centre Association 2022)	24
Fig. 18	Server CO ₂ emissions during a server life cycle of 3 years for Sweden, Ireland and Netherlands.	28
Fig. 19	Potential CO ₂ emissions reduction for 1 MW data centre	33

TABELLER

Table 1 Mineral composition in grams for a 4.22 kW rack

14

REFERENSER

- Arcadis. 2021. "The Arcadis Data Center Location Index 2021." <https://datacenters.arcadis.com/locationindex/p/1>.
- Ascierto, Rhonda, and Andy Lawrence. 2020. "Uptime Institute Global Data Center Survey 2020."
- atnorth. 2021. "Info Sheet Facility-SWE01: SIF DC." <https://atnorth.com/uploads/atNorth-Info-Sheet-SWE01-Sif-DC.pdf>.
- Bashroush, Rabih. 2018. "A Comprehensive Reasoning Framework for Hardware Refresh in Data Centers." *IEEE TRANSACTIONS ON SUSTAINABLE COMPUTING* 3 (4): 209–20. <https://doi.org/10.1109/TSUSC.2018.2795465>.
- Bol, David, Thibault Pirson, and Remi Dekimpe. 2021. "Moore's Law and ICT Innovation in the Anthropocene." In *Proceedings -Design, Automation and Test in Europe, DATE, 2021-February:19–24*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.23919/DAT51398.2021.9474110>.
- CBS. 2021. "Electricity Supplied to Data Centres, 2017-2019." Cbs.Nl. April 16, 2021. <https://www.cbs.nl/en-gb/custom/2020/51/electricity-supplied-to-data-centres-2017-2019>.
- CBS StatLine. 2022. "Watergebruik Bedrijven En Particuliere Huishoudens; Nationale Rekeningen." March 2022. <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82883NED/table?dl=1A42C>.
- Central Statistics Office. 2022. "Data Centres Metered Electricity Consumption 2021." Cso.Ie. May 3, 2022. <https://www.cso.ie/en/releasesandpublications/ep/p-dcmec/datacentresmeteredelectricityconsumption2021/>.
- Chitakasem, P. 2020. "The Future of Data Centres in the Face of Climate Change." Singapore. <https://www.digitalcentre.technology/wp-content/uploads/2020/11/The-Future-of-Data-Centres-in-the-Face-of-Climate-Change-Report.pdf>.
- CISCO. 2020. "Cisco Annual Internet Report (2018-2023)." <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html>.
- Climate Neutral Data Centre Pact. 2022. "Climate Neutral Data Centre Pact." <https://www.Climateneutraldatacentre.Net/>. May 2022. <https://www.climateneutraldatacentre.net/>.
- Cloudscene. 2022. "Market Profile Sweden." <https://Discover.Cloudscene.Com/Market/Data-Centers-in-Sweden/All>. 2022. <https://discover.cloudscene.com/market/data-centers-in-sweden/all>.
- Council of the EU Press release. 2022. "'Fit for 55': Council Agrees on Higher Targets for Renewables and Energy Efficiency." Consilium.Europa. June 27, 2022. <https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2022/06/27/fit-for-55-council-agrees-on-higher-targets-for-renewables-and-energy-efficiency/>.
- Dan Swinhoe. 2022. "EirGrid Says No New Applications for Data Centers in Dublin until 2028 - Report." <https://www.Datacenterdynamics.Com/En/News/Eirgrid-Says-No-New-Applications-for-Data-Centers-in-Dublin-till-2028/>. January 2022. <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/eirgrid-says-no-new-applications-for-data-centers-in-dublin-till-2028/>.
- Davis, J., D. Bizo, A. Lawrence, O. Rogers, M. Smolaks, L. Simon, and D. Donnellan. 2022. "Uptime Institute Global Data Center Survey 2022." New York, USA.
- Dodd, N, F Alfieri, L Maya-Drysdale, J Viegand, S Flucker, R Tozer, B Whitehead, A Wu, and F Brocklehurst. 2020. "Development of the EU Green Public Procurement (GPP) Criteria for Data Centres, Server Rooms and Cloud Services, Final Technical Report." Luxembourg. <https://doi.org/10.2760/964841>.
- Dutch Data Center Association. 2022. "Statistics." <https://www.Dutchdatacenters.Nl/En/Statistics/>. 2022. <https://www.dutchdatacenters.nl/en/statistics/>.
- EEA. 2021. "Greenhouse Gas Emission Intensity of Electricity Generation in Europe." <https://www.Eea.Europa.Eu/lms/Greenhouse-Gas-Emission-Intensity-of-1>. November 18, 2021. <https://www.eea.europa.eu/lms/greenhouse-gas-emission-intensity-of-1>.

- EirGrid, and Soni. 2022. "Ireland Capacity Outlook 2022-2031." Dublin. https://www.eirgridgroup.com/site-files/library/EirGrid/EirGrid_SONI_Ireland_Capacity_Outlook_2022-2031.pdf.
- EirGrid, and SONI. 2022. "2022 - 2031 All-Island Generation Capacity Statement Data Workbook." <https://www.eirgridgroup.com/site-files/library/EirGrid/GCS-2022-2031-Data-Workbook.xlsx>.
- Emily Holbrook. 2018. "World's First Carbon-Positive Data Center Launches in Sweden." 2018. <https://www.environmentalleader.com/2018/10/worlds-first-carbon-positive-data-center-launches-in-sweden/>.
- EPA. 2022. "Latest Emissions Data." [https://www.Epa.Ie/Our-Services/Monitoring--Assessment/Climate-Change/Ghg/Latest-Emissions-Data/#:~:Text=In%202020%2C%20Ireland's%20GHG%20emissions,59.84%20Mt%20CO2%20eq\)](https://www.Epa.Ie/Our-Services/Monitoring--Assessment/Climate-Change/Ghg/Latest-Emissions-Data/#:~:Text=In%202020%2C%20Ireland's%20GHG%20emissions,59.84%20Mt%20CO2%20eq).). 2022. <https://www.epa.ie/our-services/monitoring--assessment/climate-change/ghg/latest-emissions-data/#:~:text=In%202020%2C%20Ireland's%20GHG%20emissions,59.84%20Mt%20CO2%20eq>.
- European Commission. 2020a. "COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A European Strategy for Data." Eur-Lex. February 19, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=EN>.
- . 2020b. "COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Shaping Europe's Digital Future." EUR-Lex. February 19, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0067>.
- . 2020c. "COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Powering a Climate-Neutral Economy: An EU Strategy for Energy System Integration." Eur-Lex.Europa.Eu. July 8, 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1596190051609&uri=CELEX%3A52020DC0299>.
- . 2020d. "Critical Raw Materials Resilience: Charting a Path towards Greater Security and Sustainability." Brussels. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52020DC0474>.
- . 2022a. "Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres." Joint-Research-Centre. 2022. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/energy-efficiency/energy-efficiency-products/code-conduct-ict/code-conduct-energy-efficiency-data-centres_en.
- . 2022b. "Towards a Green, Digital and Resilient Economy: Our European Growth Model." Ec.Europa.Eu. March 2, 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_1467.
- European Council. 2022. "Digital Services Package." <https://www.Consilium.Europa.Eu/>. 2022. <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/digital-services-package/>.
- Eurostat. 2022a. "Waste Statistics - Electrical and Electronic Equipment." Brussels. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment#Electronic_equipment_.28EEE.29_put_on_the_market_and_WEEE_collected_by_country.
- . 2022b. "Individuals Using the Internet for Participating in Social Networks." <https://Ec.Europa.Eu/Eurostat/Databrowser/View/Tin00127/Default/Line?Lang=en>. March 30, 2022. <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tin00127/default/line?lang=en>.
- Facebook. 2020. "FACEBOOK Sustainability Report 2019." https://sustainability.fb.com/wp-content/uploads/2020/12/FB_Sustainability-Report-2019.pdf#:~:text=In%202019%2C%20we%20achieved%20a,emissions%2C%20compared%20to%202017%20levels.&text=In%202019%2C%20we%20achieved%2086,wind%20and%20solar%20projects%20online.
- Farbiarz-Mas, A. 2022. "Afectaciones Psicosociales y Medioambientales de La Digitalización." September 6, 2022. <https://alexandrarfarbiarz.com/afectaciones-psicosociales-y-medioambientales-de-la-digitalizacion/>.
- Fenn, Ali, and Florian Fesch. 2020. "THE FINANCIAL & CASE FOR CIRCULARITY, Maximize the Life of Your IT Hardware and Gain Environmental and TCO Benefits." April 2020. <https://itrenew.com/resources/the-global-circular-data-industry/>.
- Ferreboeuf, H.; Bihouix, P.; Fabre, P.; Kaplan, D.; Lefevre, L.; Monnin, A.; Ridoux, O.; Vajja, S.; Vautier, M.; Verne, X.; Ducass, A.; Efoui-Hess, M.; Kahraman, Z. 2019. "LEAN ICT TOWARDS DIGITAL SOBRIETY." https://theshiftproject.org/wp-content/uploads/2019/03/Lean-ICT-Report_The-Shift-Project_2019.pdf.
- Flucker, Sophia, Robert Tozer, and Beth Whitehead. 2018. "Data Centre Sustainability – Beyond Energy Efficiency." Building Services Engineering Research and Technology 39 (2): 173–82. <https://doi.org/10.1177/0143624417753022>.
- Forti, V., C.P Baldé, R. Kuehr, and G. Bel. 2020. "The Global E-Waste Monitor 2020: Quantities, Flows and the Circular Economy Potential." Bonn/Geneva/Rotterdam. https://www.itu.int/en/ITU-D/Environment/Documents/Toolbox/GEM_2020_def.pdf.

- FS community. 2021. "Wiki Del Rack de Servidores Del Centro de Datos: Definición, Tipos y Guía de Compra." <https://Community.Fs.Com/Es/Blog/Different-Types-of-Server-Rack-Used-in-Data-Center.Html>. 2021. <https://community.fs.com/es/blog/different-types-of-server-rack-used-in-data-center.html>.
- Graedel, T. E., Barbara K. Reck, and Alessio Miatto. 2022. "Alloy Information Helps Prioritize Material Criticality Lists." *Nature Communications* 13 (150). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27829-w>.
- Graedel, T.E., J. Allwood, J-P. Birat, B.K. Reck, S.F. Sibley, G. Sonnemann, M. Buchert, and C. Hagelüken. 2011. "Recycling Rates of Metals – A Status Report. A Report of the Working Group on Global Metal Flows to the International Resource Panel." <https://www.resourcepanel.org/reports/recycling-rates-metals>.
- Guillaume, Bourgeois, Duthil Benjamin, and Courboulay Vincent. 2022. "Review of the Impact of IT on the Environment and Solution with a Detailed Assessment of the Associated Gray Literature." *Sustainability (Switzerland)*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14042457>.
- Gupta, Udit, Young Geun Kim, Sylvia Lee, Jordan Tse, Hsien-Hsin S. Lee, Gu-Yeon Wei, David Brooks, and Carole-Jean Wu. 2021. "Chasing Carbon: The Elusive Environmental Footprint of Computing." In *2021 IEEE International Symposium on High-Performance Computer Architecture (HPCA)*, 854–67. IEEE. <https://doi.org/10.1109/HPCA51647.2021.00076>.
- Hormes, Julia M, Brianna Kearns, and C Alix Timko. 2014. "Craving Facebook? Behavioral Addiction to Online Social Networking and Its Association with Emotion Regulation Deficits." <https://doi.org/10.1111/add.12713>.
- IEA. 2019. "Global Energy & CO2 Status Report 2019." <https://www.iea.org/reports/global-energy-co2-status-report-2019>.
- . 2020. "The Carbon Footprint of Streaming Video: Fact-Checking the Headlines." Paris. <https://www.iea.org/commentaries/the-carbon-footprint-of-streaming-video-fact-checking-the-headlines>.
- . 2022a. "Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021." IEA.Org. 2022. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-co2-emissions-in-2021-2>.
- . 2022b. "Data Centres and Data Transmission Networks." Paris. Paris. <https://www.iea.org/reports/data-centres-and-data-transmission-networks>.
- Jack Coleman. 2021. "7 Mobile Engagement Stats That Show How Push Notifications Boost ROI." <https://www.Airship.Com/Blog/7-Mobile-Engagement-Statistics-That-Show-How-Push-Notifications-Boost-Roi/>. May 22, 2021. <https://www.airship.com/blog/7-mobile-engagement-statistics-that-show-how-push-notifications-boost-roi/>.
- Jones, Nicola. 2018. "How to Stop Data Centres from Gobbling up the World's Electricity." *Nature* 561 (7722): 163–66. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-06610-y>.
- Judge, P. 2022. "Drought-Stricken Holland Discovers Microsoft Data Center Slurped 84m Liters of Drinking Water Last Year." *Datacenterdynamics*. August 16, 2022. Drought-stricken Holland discovers Microsoft data center slurped 84m liters of drinking water last year.
- Ko, Chih Hung, Gin Chung Liu, Sigmund Hsiao, Ju Yu Yen, Ming Jen Yang, Wei Chen Lin, Cheng Fang Yen, and Cheng Sheng Chen. 2009. "Brain Activities Associated with Gaming Urge of Online Gaming Addiction." *Journal of Psychiatric Research* 43 (7): 739–47. <https://doi.org/10.1016/J.JPSYCHIRES.2008.09.012>.
- Koomey, Jonathan G., Stephen Berard, Marla Sanchez, and Henry Wong. 2011. "Implications of Historical Trends in the Electrical Efficiency of Computing." *IEEE Annals of the History of Computing* 33 (3): 46–54. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2010.28>.
- Koot, Martijn, and Fons Wijnhoven. 2021. "Usage Impact on Data Center Electricity Needs: A System Dynamic Forecasting Model." *Applied Energy* 291 (June): 116798. <https://doi.org/10.1016/J.APENERGY.2021.116798>.
- Koronen, Carolina, Max Åhman, and Lars J Nilsson. 2020. "Data Centres in Future European Energy Systems-Energy Efficiency, Integration and Policy." *Energy Efficiency* 13: 129–44. <https://doi.org/10.1007/s12053-019-09833-8>.
- Lawrence, A. 2021. "The Gathering Storm: Climate Change and Data Center Resiliency ." Seattle. https://uptimeinstitute.com/uptime_assets/1d430c1fe0846e5c3ca4ac58a18c10126d6d4b2918d5d1960e794cecc52d230d-the-gathering-storm-climate-change-and-data-center-resiliency.pdf.
- Libertson, Frans, Julia Velkova, and Jenny Palm. 2021. "Data-Center Infrastructure and Energy Gentrification: Perspectives from Sweden." *Sustainability: Science, Practice and Policy* 17 (1): 152–61. <https://doi.org/10.1080/15487733.2021.1901428>.
- Masanet, Eric, Arman Shehabi, Nuoa Lei, Sarah Smith, and Jonathan Koomey. 2020. "Recalibrating Global Data Center Energy Use Estimates." *Science* 367 (6481): 984–86. <https://doi.org/10.1126/science.aba3758>.
- Max Schulze. 2022. "Why PPAs Don't Make Data Centers More Sustainable." <https://Blog.Sdialliance.Org/Why-Ppas-Dont-Make-Data-Centers-More-Sustainable>. 2022. <https://blog.sdialliance.org/why-ppas-dont-make-data-centers-more-sustainable>.

- Microsoft. 2022. "Microsoft Datacenters Are Key to Our Sustainability Goals." Local.Microsoft. 2022. <https://local.microsoft.com/wp-content/uploads/2022/06/Microsoft-datacenters-in-Netherlands.pdf>.
- Nicole Cappella. 2022. "Sweden and the Sustainable Data Centre." <https://www.Techerati.Com/Features-Hub/Opinions/Sweden-and-the-Sustainable-Data-Centre/>. January 2022. <https://www.techerati.com/features-hub/opinions/sweden-and-the-sustainable-data-centre/>.
- Nowtricity. 2022. "Real Time Electricity Production Emissions by Country." 2022. <https://www.nowtricity.com/>.
- Open Compute Project. 2022. "<https://www.Opencompute.Org/>." 2022. <https://www.opencompute.org/>.
- PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. 2020. "Netherlands Climate and Energy Outlook 2020 - Summary." <https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2020-netherlands-climate-and-energy-outlook-2020-summary-4299.pdf>.
- Pehlken, Alexandra, Ralph Hintemann, Fernando Penaherrera, Volkan Gizli, Karsten Hurrelmann, Simon Hinterholzer, Kerstin Kuchta, et al. 2020. "Abschlussbericht Verbundprojekt TEMPRO Total Energy Management for Professional Data Center." https://tempro-energy.de/images/pdfs/Tempro_Endbericht_final_2020_05_14.pdf.
- pwc. 2019. "Edge Data Centers: Riding the 5G and IoT Wave." Salt Lake City. <https://www.pwc.com/us/en/industries/capital-projects-infrastructure/library/assets/pwc-edge-data-centers.pdf>.
- Ritchie, H., and M. Roser. 2022. "Greenhouse Gas Emissions - Our World in Data." Ourworldindata.Org. 2022. <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>.
- Shah, Amip J., Yuan Chen, and Cullen E. Bash. 2012. "Sources of Variability in Data Center Lifecycle Assessment." In IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology. <https://doi.org/10.1109/ISSST.2012.6227975>.
- Shehabi, Arman, Sarah Smith, Dale Sartor, Richard Brown, Magnus Herrlin, Jonathan Koomey, Eric Masanet, Nathaniel Horner, Inês Azevedo, and William Lintner. 2016. "United States Data Center Energy Usage Report." Berkeley, California. <https://www.osti.gov/servlets/purl/1372902#:~:text=Based%20on%20current%20trend%20estimates,servers%20operating%20in%20data%20centers>.
- Sovacool, Benjamin K., Chukwuka G. Monyei, and Paul Upham. 2022. "Making the Internet Globally Sustainable: Technical and Policy Options for Improved Energy Management, Governance and Community Acceptance of Nordic Datacenters." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 154 (February). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111793>.
- Statista Research Department. 2022. "Amount of Data Created, Consumed, and Stored 2010-2020, with Forecasts to 2025." Statista. September 8, 2022. <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>.
- Stutz, M., S. O'Connell, and J. Pflueger. 2012. "Carbon Footprint of a Dell Rack Server." <http://content.dell.com/Jus/en/corp/d/corp>.
- Swedish Energy Agency. 2021. "Energy in Sweden 2021 An Overview." Eskilstuna. <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=198022>.
- TechUK. 2021. "Sector Readiness for Climate Change Risks: Data Centres." <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKewii8eOS4Nz6AhU0g84BHdDcAxIQFnoECAwQAO&url=https%3A%2F%2Fwww.techuk.org%2Fasset%2F98E70633-1060-42EE-A0278548E6E828CB%2F&usg=AOvVaw03Odl2b-xUz1E0VBQO2Xv4>.
- Valero, Alicia, Antonio Valero, Guiomar Calvo, and Abel Ortego. 2018. "Material Bottlenecks in the Future Development of Green Technologies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 93 (October): 178–200. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.05.041>.
- Vermeulen, Peter, and Penny Madsen. 2021. "State of the Dutch Data Centers, the Roadmap to Recovery." www.dutchdatacenters.nl.
- Whitehead, Beth, Deborah Andrews, and Amip Shah. 2015. "The Life Cycle Assessment of a UK Data Centre." *International Journal of Life Cycle Assessment* 20 (3): 332–49. <https://doi.org/10.1007/s11367-014-0838-7>.
- Zakarya, Muhammad. 2018. "Energy, Performance and Cost Efficient Datacenters: A Survey." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.005>.
- Zhang, Yelong, Yanqi Zhao, Siyuan Dai, Binjian Nie, Hongkun Ma, Jianming Li, Qi Miao, Yi Jin, Linghua Tan, and Yulong Ding. 2022. "Cooling Technologies for Data Centres and Telecommunication Base Stations – A Comprehensive Review." *Journal of Cleaner Production* 334 (February): 130280. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.130280>.



The Left in the European Parliament
Rue Wiertz 43 B-1047 Brussels
www.left.eu