

WSTAR JA DATAKESKUKSEN VIHREÄT ENERGIARATKAISUT

Ghodrat Moghadampour, FT, yliopettaja

Vaasan ammattikorkeakoulu

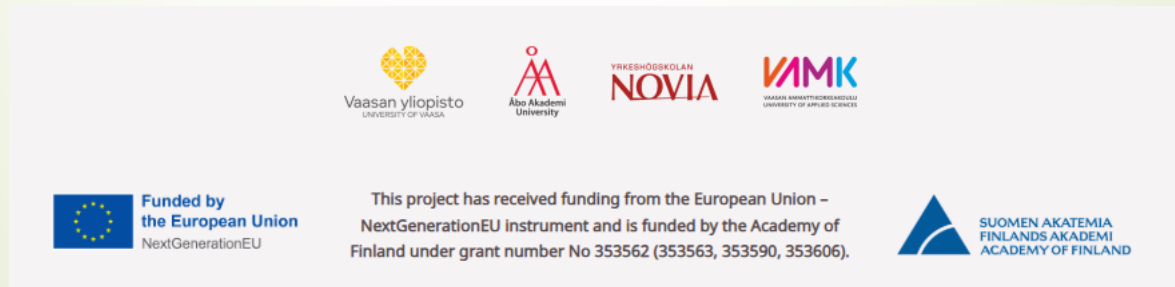
mg@vamk.fi

Sisällys

- Miksi datakeskuksia rakennetaan?
- WSTAR
- Datakeskusten sähkönkulutus
- Datakeskuksen energiankulutukseen vaikuttavat tekijät
 - Rakenteelliset ja fyysiset tekijät
 - Laitteisto ja infrastruktuuri
 - Käyttöön ja hallintaan liittyvät tekijät
 - Ulkoiset ja ympäristötekijät
- Ympäristövaikutukset
- Datakeskuksen energiatehokkuuden mittarit
- Vihreät energiaratkaisut

WSTAR

- **Wasa Zero Emission Data Center (WSTAR)** on infrastruktuurihanke, joka mahdollistaa tulevaisuuden ilmastoneutraalien datakeskusten tutkimuksen.
- **Hankkeen tiedot:**
 - **Kokonaisbudjetti:** 1,9 miljoonaa euroa
 - **Rahoittaja:** Suomen Akatemia
 - **Aikataulu:** 1.1.2023 – 31.12.2025



Miksi datakeskuksia rakennetaan?

- Datakeskukset ovat **digitaalisen yhteiskunnan perusta**.
- **Datakeskuksia rakennetaan** ympäri maailmaa, jotta ne olisivat:
 - **Lähellä käyttäjiä** (nopeus ja pienempi latenssi)
 - **Energiataloudellisia** (halpa ja vihreä sähkö)
 - **Turvallisia** (lainsäädäntö, sijainti)
 - Taloudellisesti ja ekologisesti **kannattavia**.



Datakeskusten sähkönkulutus

5

- **Maailmalla:**
 - Noin **11 800 datakeskusta** käytössä.
- **Arvio:** vuosittainen sähkönkulutus datakeskuksissa on noin **415 TWh** vuonna 2024.
- **Ennuste:** kulutus voi nousta jopa noin **945 TWh** vuodessa vuoteen 2030 mennessä.
- Tämä vastaisi **noin 1,5 % – 3 % globaalista sähkönkulutuksesta.**
- **Suomessa:**
 - Kymmeniä (**≈40–50**) datakeskuksia, riippuen laskentatavasta (operatiiviset vs. rakennusvaiheessa)
 - Datakeskusten **huippukuorma on arvioitu olevan noin 1 GW**. Jos tämä jatkuisi koko vuoden, se vastaisi noin 8,8 TWh vuodessa.
 - Datakeskukset syövät tällä hetkellä **noin 2 % maan kokonaissähkönkulutuksesta.**
 - Datakeskuskapasiteetti voi kasvaa nykyisestä kapasiteetista jopa **1,3-1,5 GW uusissa projekteissa.**

Datakeskusten sähkönkulutus

6

- Yhden suuren datakeskuksen kulutus voi vastata pienen kaupungin sähkönkäyttöä.
- Energiankulutus kasvaa noin 10 % vuodessa, erityisesti tekoäly- ja pilvipalvelujen kasvun vuoksi.
 - Googlen Haminan datakeskus kuluttaa arviolta 60–100 MW jatkuvaa tehoa, eli Lahden tai Kuopion kaltaisen kaupungin (noin 300–400K asukkaan) sähkönkulutusta!

Datakeskuksen koko	Teho (MW)	Sähkönkulutus / vuosi (kWh)	Riittävyys/hlö
Pieni (paikallinen)	0,5	≈ 4M	~1,5-2K
Keskisuuri	5	≈ 40M	~13-20K
Suuri (hyperscale, esim. Google, Microsoft)	50	≈ 400M	~130-200K
Erittäin suuri (100 MW+)	100	≈ 800M	~260-400K

Energiankulutukseen vaikuttavat tekijät

- Datakeskuksen sähkönkulutus määräytyy sekä **teknisten** että **ympäristöön** liittyvien tekijöiden perusteella:
 - Rakenteelliset ja fyysiset tekijät
 - Laitteisto ja infrastruktuuri
 - Käyttöön ja hallintaan liittyvät tekijät
 - Ulkoiset ja ympäristötekijät

Rakenteelliset ja fyysiset tekijät

Tekijä	Vaikutus
Palvelinten määrä ja teho	Suurin yksittäinen sähkönkulutuksen lähde (noin 40–50 %)
Tallennusjärjestelmät	Suuret datavarastot (NAS (Network Attached Storage), SAN (Storage Area Network)) kuluttavat jatkuvasti sähköä
Verkkolaitteet (reitittimet, kytkimet)	Vastaa tiedonsiirrosta, 5–10 % kokonaiskulutuksesta
Sähkönsyöttö, UPS ja muuntajat	Sähkön siirtohäviöt ja varavoiman valmiustila kuluttavat energiaa

Rakenteelliset ja fyysiset tekijät

9

Tekijä	Vaikutus
Varavoimajärjestelmät ja akut	Ylläpitolataus ja testaus lisäävät kulutusta
Jäähdytysjärjestelmät (ilma, vesi, neste)	30–40 % kokonaiskulutuksesta, riippuen tehokkuudesta
Valaistus ja turvallisuusjärjestelmät	Pieni, mutta jatkuva sähkönkulutus

Laitteisto ja infrastruktuuri

Tekijä	Vaikutus
Rakennusmateriaali ja eristys	Heikko eristys lisää jäähdytyksen energiankulutusta
Tilavuus ja rakenne	Suuri hallitila vaatii enemmän ilmanvaihtoa ja jäähdytystä
Sijainti ja ilmasto	Kuuma ja kostea ilmasto lisää jäähdytyksen energiankulutusta
Rakennuksen ilmanvaihto ja ilmankierto	Hyvin suunniteltu ilmankierto voi säästää jopa 20–30 % jäähdytysenergiasta
Aurinkoaltistus ja ilmanpaine	Lämpimät ja aurinkoiset alueet lisäävät lämpökuormaa

Käyttöön ja hallintaan liittyvät tekijät

Tekijä	Vaikutus
Käyttöaste ja virtualisointi	Alhainen palvelinten käyttöaste johtaa hukkaenergiaan. Virtualisointi vähentää laitteiden määrää
Kuormituksen hallinta ja automaatio	Tekoälypohjainen ohjaus optimoi jäähdytyksen ja sähkönkäytön
Käyttöaika (24/7 toiminta)	Jatkuva käyttö tekee energiankulutuksesta tasaisen, mutta suuren
Ohjelmistojen tehokkuus	Tehoton ohjelmakoodi voi kuormittaa palvelimia tarpeettomasti
Huolto ja varajärjestelmät	Testaus ja varajärjestelmien valmiustila kuluttavat energiaa

Ulkoiset ja ympäristötekijät

12

Tekijä	Vaikutus
Sähkön lähde	Fossiilinen sähkö aiheuttaa korkeammat hiilidioksidipäästöt kuin uusiutuva energia
Sähkön toimitusvarmuus ja häviöt	Pitkät sähkönsiirtomatkat lisäävät häviöitä
Vedenkulutus jäähdytyksessä	Vesijäähdytys lisää paikallista vedenkäyttöä ja ympäristövaikutuksia

Ympäristövaikutukset

- **Hiilidioksidipäästöt**: monet datakeskukset toimivat edelleen **fossiilisella sähköllä**
- **Lämmön tuotto**: jäähdytysjärjestelmät kuluttavat energiaa ja siirtävät **lämpöä ympäristöön**
- **Vedenkulutus**: erityisesti vesijäähdytysratkaisut voivat kuluttaa **suuria määriä vettä**
- **Elektroniikkajäte**: vanhojen palvelinten ja akkujen hävittäminen **lisää e-jätettä**

Datakeskuksen energiatehokkuuden mittarit

► PUE – Power Usage Effectiveness

$$\text{PUE} = \frac{\text{Datakeskuksen kokonaisenergiankulutus}}{\text{IT-laitteiden ergiankulutus (kWh)}}$$

- **Tavoite:** Mitä lähempänä **1.0**, sitä energiateho
- **Hyvä taso:** 1.1–1.3 (modernit vihreät datakeskukset)
- **Keskimäärin:** 1.6–2.0

► CUE – Carbon Usage Effectiveness

$$\text{CUE} = \frac{\text{Datakeskuksen CO}_2\text{-päästöt (kg)}}{\text{IT-laitteiden ergiankulutus (kWh)}}$$

- Kuvaa, kuinka **hiilineutraalia energiaa** datakeskus käyttää
- **Alhainen CUE = ympäristöystävällinen keskus**
- Jos käytetään **vain uusiutuvaa sähköä:** CUE \approx 0

Datakeskuksen energiatehokkuuden mittarit

➤ WUE – Water Usage Effectiveness

$$\text{WUE} = \frac{\text{Veden kulutus (litroina)}}{\text{IT-laitteiden ergiankulutus (kWh)}}$$

- Kertoo, **kuinka paljon vettä tarvitaan jäähdytykseen**
- Tärkeä **erityisesti lämpimissä ilmastoissa**
- **Modernit ilmajäähdytysjärjestelmät voivat pienentää WUE-arvoa lähes nollaan.**

➤ DCiE – Data Center Infrastructure Efficiency

$$\text{DCiE} = \frac{1}{\text{PUE}} \times 100\%$$

- Käänteinen mittari PUE:lle.
- Esimerkki: jos **PUE = 1,4 => DCiE = 71,4 %.**
- Näyttää, **kuinka suuri osuus kokonaisenergiasta menee suoraan IT-laitteille.**

Datakeskuksen energiatehokkuuden mittarit

► ERE – Energy Reuse Effectiveness

$$\text{ERE} = \frac{\text{Kokonaisenergia} - \text{Hyötykäytetty energia}}{\text{IT-laitteiden energiankulutus (kWh)}}$$

► Mittaa, **kuinka hyvin datakeskus hyödyntää hukkalämmön** (esim. kaukolämpöverkkoon).

► **Mitä pienempi arvo, sitä paremmin energiaa kierrätetään.**

► IT Load Efficiency / Server Utilization

► Mittaa **kuinka tehokkaasti palvelimet on kuormitettu**

► Monesti **palvelimista jopa 30–50 % toimii vajaateholla, mutta kuluttaa lähes saman määrän sähköä**

► **Virtualisointi ja automaattinen kuormanhallinta** parantavat tätä merkittävästi.

Datakeskuksen energiatehokkuuden mittarit

- Renewable Energy Factor (REF)
- $ERE = \frac{\text{Uusiutuvan energian määrä}}{\text{Kokonaisenergiakulutus}}$
 - Kuvaa uusiutuvan energian osuutta käytetystä sähköstä
 - REF = 1: datakeskus toimii täysin uusiutuvalla energialla

Vihreät energiaratkaisut

1. Laitteiston ja infrastruktuurin energiatehokkuus

- **Virtuaalisointi ja konttitekniologiat** vähentävät fyysisten palvelinten määrää ja siten energiankulutusta
- **Energiatehokkaat prosessorit ja muistit** (esim. ARM-arkkitehtuuri tai DDR5) kuluttavat vähemmän sähköä
- **Automaattinen kuormanhallinta**: palvelimet voivat mennä virransäästötilaan, kun kuorma on alhainen

2. Jäähdytysjärjestelmien optimointi

- **Vapaajäähdytys (free cooling)**: hyödynnetään ulkoilmaa tai merivettä jäähdytykseen (esim. Suomessa ja Norjassa).
- **Nestemäinen jäähdytys**: tehokkaampi kuin ilmapirtaan perustuva, vähentää energiankulutusta merkittävästi.
- **Lämmön talteenotto**: jäähdytyksessä syntynyt lämpö voidaan kierrättää esim. kaukolämpöverkkoon.

Vihreät energiaratkaisut

3. Uusiutuvan energian käyttö:

- **Aurinko-, tuuli- ja vesivoima:** datakeskukset voivat tuottaa osan sähköstään itse tai ostaa uusiutuvaa energiaa
- **Sähkön varastointi:** akut ja vetyvarastot mahdollistavat uusiutuvan energian tasaisen käytön.
- **Sähkösopimukset (PPA):** suuret toimijat kuten Google ja Microsoft sitoutuvat pitkäaikaisiin uusiutuvan energian ostoihin.

4. Älykäs energianhallinta ja automaatio:

- **Tekoälypohjainen optimointi:** algoritmit säätävät reaaliaikaisesti jäähdytyksen ja sähkönkäytön tarpeen mukaan
- **Reaaliaikainen seuranta:** energiankulutusta ja hiilijalanjälkeä mitataan jatkuvasti ja optimoidaan

Vihreät energiaratkaisut

.5. Ekologinen sijainti ja rakennussuunnittelu

- **Sijoittaminen viileisiin ilmastoihin** (kuten Suomi, Islanti, Norja) vähentää jäähdytyksen tarvetta.
- **Luonnonresurssien hyödyntäminen**: datakeskus voidaan sijoittaa lähelle uusiutuvan energian lähteitä.

6. Kiertotalous ja vastuullisuus

- **Vanhentuneiden laitteiden kierrätys ja uudelleenkäyttö**.
- **Hiilineutraali strategia**: kompensointi ja vihreät sertifikaatit (kuten ISO 50001, LEED).
- **Vedenkulutuksen vähentäminen**: jäähdytysjärjestelmissä käytetään kierrätettyä tai merivettä.

Lähteet

21

- ▶ https://diesl.eu/finnish-data-centre-census-2025/?utm_source=chatgpt.com
- ▶ https://www.fdca.fi/data-centers-emerging-as-a-cornerstone/?utm_source=chatgpt.com
- ▶ https://www.datacenterdynamics.com/en/news/iea-data-center-energy-consumption-set-to-double-by-2030-to-945twh/?utm_source=chatgpt.com
- ▶ https://www.iea.org/reports/energy-and-ai/energy-demand-from-ai?utm_source=chatgpt.com
- ▶ https://strategicenergy.eu/data-center/?utm_source=chatgpt.com
- ▶ https://sustainabilityonline.net/news/data-centres-to-account-for-3-of-global-electricity-consumption-by-2030/?utm_source=chatgpt.com
- ▶ https://www.motiva.fi/en/solutions/energy_use_in_finland/electricity_supply_and_demand
- ▶ <https://wstardatacenter.fi/>

