



Vihreä IT, ostamisen opas

Janne Kalliola, Exove

EXOVE

Ostamisen opas

Versio 2025-04-01

Älä tulosta tätä kirjaa.

Tarvittavan paperin hiilijalanjälki on noin 480 gCO₂eq¹.

Copyright 2025 Janne Kalliola / Exove – kaikki oikeudet pidätetään.

Kansikuva: [Alexandre Guimont](#) / [Unsplash](#)

ISBN 978-952-65306-3-5

¹ Ana Cláudia Dias, Luís Arroja, Comparison of methodologies for estimating the carbon footprint – case study of office paper, Journal of Cleaner Production, Volume 24, 2012, Pages 30-35, ISSN 0959-6526, doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.005.

Janne Kalliola

Janne Kalliola on Exoven perustajia ja toimii nykyään kasvujohtajana.

Janne on koodannut vuodesta 1983 lähtien ja julkaissut nuoruudessaan useita kaupallisia sovelluksia niin Suomessa kuin kansainvälisestikin.

Hän on aktiivinen esiintyjä ja on puhunut sekä avoimen lähdekoodin tapahtumissa että vihreän ICT:n tilaisuuksissa.

Vihreä koodaaminen ja yleinen ekotehokkuus on kiehtonut Jannea jo vuosia ja hän puhuu ja konsultoi aktiivisesti asian tiimoilta.

Hän toimii lisäksi Koodia Suomesta ry:n hallituksen puheenjohtajana ja käynnistänyt vuonna 2022 ohjelmistoyrityksille suunnatun hiilineutraaliusmerkin kehityksen.



kallio.la

linkedin.com/in/jannekalliola

Exove

Exove on vuonna 2006 perustettu suunnittelu- ja ohjelmistoyritys, jossa analyttisyys ja teknologiaosaaminen yhdistyvät inhimilliseen ymmärrykseen. Keskitymme luomaan digitaalisia ratkaisuja, joiden avulla taistellaan digiturhautumista vastaan. Exove on osa Rebl Groupia.

Meillä on toimistot Helsingissä, Tampereella, Oulussa, Lahdessa ja Jyväskylässä. Yrityksessä työskentelee noin 110 asiantuntijaa.

Merkittävimpiä asiakkaitamme ovat Neste, Sanoma, Loiste, Rukakeskus, Oulun yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, LUT-yliopisto, Jyväskylän ammattikorkeakoulu sekä Tampereen ja Jyväskylän kaupungit.

exove.com

linkedin.com/company/exove



Exoven vastuullisuuskompassi

Olemme kehittäneet Exovella vastuullisuusohjelman, Vastuullisuuskompassin, joka ohjaa vastuullisuustoimintaamme neljässä ulottuvuudessa. Tunnistamme vaikutuksemme niin sisäisesti Exovella kuin ulkoisesti yhteistyökumppaneidemme ja asiakasprojektiemme kautta, sekä niin sosiaalisen kuin ympäristövastuun näkökulmasta. Vastuullisuuskompassin neljä ulottuvuutta ovat:

1. Vastuullinen ohjelmistosuunnittelu ja -kehitys
2. Sosiaalinen vastuullisuus
3. Ympäristövastuullisuus
4. Vastuullinen yrityshallinto

exove.com/fi/vastuullisuus/



Sisällys

1 Johdanto	1
2 Ilmastonmuutos ja IT	2
2.1 IT:n merkitys	3
3 Ostajan vastuu	5
3.1 Vastuullisuuden arviointi	6
3.2 CSRD ja CSDDD	9
4 Miksi IT:n energiankulutus kasvaa?	12
4.1 Runsaudensarviparadigma	14
5 Ohjelmistojen energiankulutus ja päästöt	17
5.1 Loppukäyttäjien laitteet	17
5.2 Verkko	18
5.3 Palvelimet ja pilviympäristöt	20
5.3.1 Tekoäly	24
Opettamisen energiankulutus	26
6 Energiatehokkuuden mittaaminen	28
6.1 Yleinen tehokkuus	28
6.2 Energiatehokkuus	29
7 Ohjelmistojen energiankulutuksen vähentäminen	32
7.1 Suunnittelu	34
7.2 Hukka ja sen poistaminen	34
7.2.1 Esimerkkejä hukasta	35
7.3 Minimointi	37
7.4 Green Software Patterns	38
7.5 Hiili-intensiteetin huomioiminen	39
7.6 Käytännön ratkaisuja	40

8 Toimittajan hiilijalanjälki	42
8.1 Yleistä hiilijalanjäljen laskemisesta	42
8.2 Ohjelmistokehittämisen hiilijalanjälki	43
8.3 Ohjelmiston jalanjälki	44
8.4 Hiilineutraalius	44
8.4.1 Viherväittämät-direktiivi	46
9 Ostamisen ohjeistus	49
9.1 Toimittajan yleinen vastuullisuus	50
9.1.1 Ympäristö- ja energiajärjestelmät	50
9.1.2 Vastuullisuusraportointi ja -sitoumukset	51
Ulkoiset vastuullisuussitoumukset	51
Vastuullisuusraportit ja -sitoumukset ostamisen tukena	52
9.1.3 Hiilijalanjäljen laskenta	52
Hiilijalanjäljen laskentapalvelut verkossa	53
9.2 Laitteiden hankinta	54
9.2.1 Laitteiden elinkaari ja hiilijalanjälki	54
Laitteiden päästölaskenta	55
Tuotesidonnaiset päästöt	55
Käytönaikaiset päästöt	56
9.2.2 Laitteiden uusiokäyttö ja käytettyjen hankinta	56
9.2.3 Laitteiden hallinta	58
9.3 Vaatimukset ohjelmistoille	58
9.3.1 Toteutus	59
Toimivuus vanhoilla laitteilla	59
E-waste	60
9.3.2 Käyttöpalvelut, datakeskukset ja pilvi	61
EU:n sääntely	62
9.3.3 Datan käyttö – tallennus ja siirto	64
Suositukset	65
9.3.4 Tekoäly	65
Kulutuksen hillintä	66
9.3.5 Saavutettavuus	66
Noudatettava ohjeistus	67
Saavutettavuuden toteuttaminen	68
Saavutettavuusdirektiivi	69
9.4 IT-palvelujen ostaminen	70
9.5 Ohjelmistokehityksen ostaminen	71

Sisällys

9.5.1 Suunnittelupalvelut	71
9.5.2 Ohjelmointipalvelut	73
9.5.3 Testauspalvelut	74
Testiympäristöt ja continuous integration -ratkaisut	75
9.5.4 Tuotantoon vienti	75
10 Esimerkkejä hankintakriteereistä	77
11 Kiitokset	90
12 Palaute	91

1 Johdanto

Kaikista hyvistä aikeista ja julkilausumista huolimatta ilmastonmuutos etenee valitettavan vääjäämättömän tuntuisesti. Vuosi 2024 oli mittaushistorian lämpimin ja ensimmäinen, jossa keskimääräinen lämpötila ylitti selkeästi 1,5 °C².

IT-alan energiankulutus ja päästöt ovat jatkaneet kasvuaan ja uudet innovaatiot, kuten tekoäly, kiihdyttävät tätä kehitystä. Vaikka teemme merkittävästi töitä muiden toimien tehostamiseksi ja alallamme on iso hiilikädenjälki³, me voisimme saavuttaa samat vaikutukset myös merkittävästi pienemmällä hiilijalanjäljellä.

Jotta tähän päästäisiin, kaikkien toimijoiden tulee osallistua. Osa onkin aloittanut jo työt vapaaehtoisesti ja vihreän koodaamisen ja IT:n ajatukset leviävät kehittäjien ja suunnittelijoiden keskuudessa. Jotta muutokseen saadaan reippaasti lisää vauhtia, on syytä laittaa rahaa peliin. Tässä kohtaa astuu esiin ostaminen.

Euro on tunnetusti paras konsultti. Jos IT-palveluja, -ratkaisuja ja -järjestelmiä ostavat organisaatiot alkavat vaatia vihreitä toteutuksia, toimittajien kravatit suurenevat asian suhteen ja vihreitä ratkaisuja alkaa syntyä aiempaa enemmän.

Tämä opas on laadittu kaikille ostajille, jotta pystyisitte ostamaan energia-
tehokkaampia ratkaisuja ja muuttamaan osaltanne ilmastonmuutoksen kulkua. Toivottavasti opas on teille hyödyllinen ja johtaa pysyvään muutokseen IT-ratkaisujen ostamisen suhteen. Hämähäkkimiehen sedän Ben Parkerin mukaan "*suuri voima tuo mukanaan suuren vastuun*."⁴ Tätä ostovoimaanne haluan tällä oppaalla ohjata maailman parantamiseen.

Espoossa 31.3.2025, Orvokin *Maria Antoinetten* soudessa.

Janne Kalliola

² Global Climate Highlights 2024, climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2024

³ fi.wikipedia.org/wiki/Hiilikädenjälki

⁴ en.wikipedia.org/wiki/With_great_power_comes_great_responsibility

2 Ilmastonmuutos ja IT

Ihmisen toiminta ja siitä johtuva energiankulutuksen räjähdysmäinen kasvu viimeisinä vuosikymmeninä on merkittävin ilmastoon kohdistuva muutosvoima. Energiankulutuksen ja päästöjen kasvu uhkaa johtaa kriittisten biofysikaalisten järjestelmien epävakauteen ja peruuttamattomiin ympäristömuutoksiin, joilla voi olla katastrofaalinen vaikutus ihmisten hyvinvointiin⁵.

Kaikkien toimijoiden on toteutettava kiireellisiä ja radikaaleja muutoksia, jotta ilmaston lämpeneminen voidaan rajoittaa Pariisin ilmastopöytäkirjan mukaiseen 1,5 celsiusasteeseen. Ilmaston lämpenemisestä yli 1,5 °C aiheutuvia haitallisia muutoksia ovat muun muassa äärimmäiset sateet tai kuivuudet, merenpinnan nousu ja valtamerten happamoituminen, lajikato sekä tulvien että erittäin voimakkaiden pyörremyrskyjen yleistymisen⁶.

YK:n mukaan ensisijaiset ilmastomuutoksen aiheuttajat ovat sähkön ja lämmön tuottaminen fossiilisista polttoaineista, tavaroiden tuottamiseen liittyvät päästöt kaivostoiminnasta ja teollisuusprosesseista, metsien hävittäminen, ihmisten ja tavaroiden kuljettaminen, ruoantuotanto, rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergia sekä ylikulutus erityisesti maailman rikkaimmissa valtioissa⁷.

Yhdysvaltain energia-alan tietohallinnon (U.S. Energy Information Administration) ennusteen mukaan maailmanlaajuinen energiankulutus kasvaa 34 pro-

⁵ J. Rockström et al., "Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity," *Ecol. Soc.*, vol. 14, p. 32, Nov. 2009, doi: 10.5751/ES-03180-140232.

⁶ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, 2023. doi: 10.1017/9781009325844.

⁷ "Causes and Effects of Climate Change," United Nations.
un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change

senttia vuosina 2022–2050, ja energiaan liittyvät hiilidioksidipäästöt lisääntyvät 15 prosenttia samalla ajanjaksolla. Vaikka uusiutuvan energian tuotannon arvioidaan kasvavan nopeammin kuin muiden energialähteiden, se ei kuitenkaan riitä tyydyttämään kasvavaa energian kysyntää. Näin ollen nestemäisten polttoaineiden ja maakaasun käytön ja siten myös hiilidioksidipäästöjen odotetaan lisääntyvän, kun taas hiilen päästöt pysyvät samalla tasolla kuin vuonna 2022⁸. Sähkön kulutuksen kasvun suuria ajureita ovat sähköajoneuvot, lämpöpumput ja datakeskukset⁹.

2.1 IT:n merkitys

IT-ala kuluttaa arviointimenetelmästä riippuen 7–10 prosenttia maailman energiasta¹⁰. Vaikka maailmanlaajuinen energiankulutus kasvaa 1–2 % vuodessa¹¹, IT-alan energiankulutuksen kasvuvauhdin arvioidaan olevan 2,7–7,9 % datakeskuksissa, 2,4–7,3 % tietoverkoissa ja 58,4–67,8 % kryptolouhinnassa¹². Tässä tulee toki huomata, että kryptolouhinta tapahtuu nykyään pääsääntöisesti datakeskuksissa ja nämä luvut ovat ajalta ennen tekoälyn käytön kasvua parin kolmen viime vuoden aikana.

Energiankulutuksen lisäksi IT-ala lisää kasvihuonekaasupäästöjä, luonnonvarojen ehtymistä, energian ja veden kulutusta sekä ilman, veden ja maaperän saastumista¹³.

⁸ "International Energy Outlook 2023," U.S. Energy Information Administration, Oct. 2023.

⁹ G. Micheletti, N. Racsko, C. Moise, D. Osimo, and G. Cattaneo, "European Data Market Study 2021–2023 – Final Report on Policy Conclusions," European Commission, Feb. 2024.

¹⁰ T. Ojala, M. Mettälä, M. Heinonen, and P. Oksanen, "The ICT sector, climate and the environment – Interim report of the working group preparing a climate and environmental strategy for the ICT sector in Finland," Oct. 2020.

¹¹ H. Ritchie, P. Rosado, and M. Roser, "Energy Production and Consumption," Our World in Data, 2020.

¹² V. Rozite, E. Bertoli, and B. Reidenbach, "Data Centres and Data Transmission Networks," International Energy Agency.
[iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks](https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks)

¹³ M. Matthews, A. Clark, and K. Carr, "Building a Sustainable ICT Ecosystem: Strategies and Best Practices for Reducing Environmental Harms in a Digital World," Information and Communications Technology Council, Jan. 2024.

IT-alan hiilijalanjälkeä on arvioitu tieteessä useasti. Aikaisemmissa tutkimuksissa jalanjälki on arvioitu olevan noin 1,4 % maailmanlaajuisista päästöistä¹⁴ ja uudemmassa tutkimuksessa on esitetty 2,1–3,9 % arvioita¹⁵. Arvioiden ero perustuu tuotteiden ja infrastruktuurin elinkaaren ja toimitusketjun päästöjen huomioon ottamiseen. IT-alan toimitusketju on monimutkainen, ja suuri osa alan ympäristövaikutuksista ei ole näkyvissä tai ymmärrettävissä edes alan ammattilaisille.

Tiivistettynä

- 1** Energiankulutuksen ja päästöjen kasvu uhkaa aiheuttaa peruuttamattomia ympäristömuutoksia, jotka vaikuttavat haitallisesti ihmisten hyvinvointiin.
- 2** Suurimmat ilmastonmuutoksen aiheuttajat ovat fossiilisiin polttoaineisiin perustuva energiantuotanto, teollisuusprosessit, metsien hävittäminen, liikenne, ruoantuotanto sekä ylikulutus.
- 3** Maailman energiankulutuksen ennustetaan kasvavan 34 % vuoteen 2050 mennessä, ja hiilidioksidipäästöjen lisääntyvän 15 %, erityisesti nestemäisten polttoaineiden ja maakaasun käytön seurauksena.
- 4** IT-ala kuluttaa 7–10 % maailman energiasta ja sen energiankulutus kasvaa nopeammin kuin muiden sektorien. Se tuottaa 2,1–3,9 % maailmanlaajuisista päästöistä ja aiheuttaa merkittäviä ympäristövaikutuksia toimitusketjun monimutkaisuuden vuoksi.

¹⁴ J. Malmodin and D. Lundén, "The Energy and Carbon Footprint of the Global ICT and E&M Sectors 2010–2015," *Sustain. Sci. Pract. Policy*, vol. 10, no. 9, p. 3027, Aug. 2018, doi: 10.3390/su10093027.

¹⁵ C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. S. Blair, and A. Friday, "The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations," *Patterns (N Y)*, vol. 2, no. 9, p. 100340, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.patter.2021.100340.

3 Ostajan vastuu

Ilmastoystävällisten ohjelmistojen ostaminen tulee tulevaisuudessa olemaan selkeästi tärkeämpää – joskus jopa kriittistä. Omien toimien ja ajattelun muuttaminen kannattaa aloittaa hyvissä ajoin, jotta mahdollisen sääntelyn tullessa ei oltaisi housut kintuissa.

Jos ohjelmistojen ostamisessa otettaisiin ilmastönäkökulma huomioon – mitä ei juurikaan tehdä tällä hetkellä – siitä kiittäisivät käyttäjät, planeetta ja talousosasto. Tehokkaammaksi tehty ohjelmisto kuluttaa vähemmän resursseja, energiaa, palvelimia, siirtoyhteyksiä ja niin edelleen, mikä on suoraa säästöä ohjelmiston ostajalle.

Julkiselle toimijalle on erityisen tärkeää ottaa vastuullisuus ja ilmasto huomioon omissa hankinnoissaan. Tällaisten toimijoiden tehtävänä on mielestäni parantaa kansalaisten tilannetta ja mahdollisuuksia, joten tulevaisuuden turvaaminen ilmastönmuutosta hillitsemällä kuuluisi automaattisesti osaksi vastuuta. Valitettavasti tällä hetkellä julkiset organisaatiot eivät panosta vastuullisuuteen samoissa määrin kuin yksityiset, mutta toivottavasti tämä muuttuu lähitulevaisuudessa.

Kaikissa organisaatioissa on tärkeä muistaa, että ostajat käyttävät suurta valtaa – kultaisen säännön mukaisesti: *"kellä on kulta, se tekee säännöt."*

3.1 Vastuullisuuden arviointi

Tieteessä useasti¹⁶ käytetty malli jakaa IT:n hyödyt ja vaikutukset kolmeen ryhmään:

1. **Ensimmäisen asteen vaikutukset** tai välittömät vaikutukset: hyödyt ja vaikutukset, jotka liittyvät suoraan IT:n käyttöön tuotteen elinkaaren aikana, joka kattaa tuotannon, käytön ja hävittämisen.
2. **Toisen asteen vaikutukset** tai mahdollistavat vaikutukset: hyödyt ja vaikutukset, jotka johtuvat IT:n käytöstä muuttamaan prosesseja muilla aloilla, kuten liikenteessä tai teollisuustuotannossa.
3. **Kolmannen asteen vaikutukset** tai rakenteelliset vaikutukset: hyödyt ja vaikutukset, jotka liittyvät IT-alan ja sen tarjoamien palvelujen saatavuudesta johtuviin keskipitkän tai pitkän aikavälin muutoksiin ihmisten käyttäytymisessä ja talouden rakenteissa. Esimerkkinä voidaan mainita, että IT-järjestelmien pitkäaikainen käyttö voi johtaa pääoman kasautumiseen, sosiaalisten normien ja lainsäädännön muutoksiin.

Vaikutukset voivat olla myös keskinäisriippuvaisia: energiatehokkaamman ratkaisun käyttöönotto voi johtaa käytön kasvuun, mikä voi johtaa lopulta entistä suurempaan energiankulutukseen.

Lisäksi ohjelmistojen kestävyyttä voidaan analysoida viiden toisiinsa liittyvän ulottuvuuden avulla¹⁷:

¹⁶ L. M. Hilty and M. D. Hercheui, "ICT and Sustainable Development," in *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 227–235. doi: 10.1007/978-3-642-15479-9_22.

I. Røpke, "The unsustainable directionality of innovation – The example of the broadband transition," *Res. Policy*, vol. 41, no. 9, pp. 1631–1642, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.respol.2012.04.002.

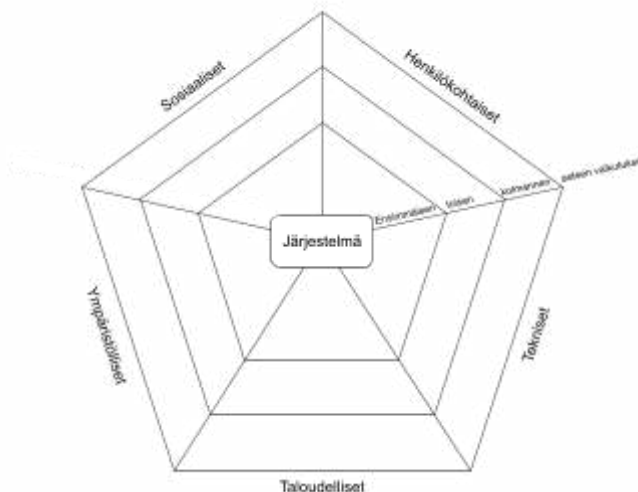
C. Becker et al., "Requirements: The Key to Sustainability," *IEEE Softw.*, vol. 33, no. 1, pp. 56–65, Jan.-Feb 2016, doi: 10.1109/MS.2015.158.

L. M. Hilty and B. Aebischer, "ICT for sustainability: An emerging research field," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, in *Advances in intelligent systems and computing*, Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 3–36. doi: 10.1007/978-3-319-09228-7_1.

¹⁷ C. Becker et al., "Requirements: The Key to Sustainability," *IEEE Softw.*, vol. 33, no. 1, pp. 56–65, Jan.-Feb 2016, doi: 10.1109/MS.2015.158.

- **Yksilöllinen ulottuvuus** käsittää yksilönvapauden, toimijuuden, ihmisarvon ja itsensä toteuttamisen.
- **Sosiaalinen ulottuvuus** koskee yksilöiden ja ryhmien välisiä suhteita, kuten keskinäisen luottamuksen rakenteita tai viestintää.
- **Taloudellinen ulottuvuus** käsittää taloudelliset näkökohdat ja liike-toiminnan arvon, kuten pääoman kasvun ja maksuvalmiuden, investoinnit ja muut rahoitustoimet.
- **Tekninen ulottuvuus** kattaa ohjelmistojärjestelmien ylläpidettävyyden ja kehitettävyyden ajan mittaan, mukaan lukien ylläpito, joustavuus ja helppo siirtyminen järjestelmästä toiseen.
- **Ympäristöulottuvuus** käsittää luonnonvarojen käytön, mukaan lukien energiankulutus, jätteiden syntyminen ja ilmastonmuutos.

Nämä mallit yhdistämällä saadaan seuraava 5x3 -kaavio, jolla voidaan jäsentää IT-hankintojen hyötyjä ja vaikutuksia.



Kuva 1. Järjestelmän vaikutusalat: sosiaaliset, henkilökohtaiset, taloudelliset, tekniset ja ympäristölliset sekä niiden kolme eri astetta¹⁸.

B. Penzenstadler, A. Raturi, D. Richardson, and B. Tomlinson, "Safety, Security, Now Sustainability: The Nonfunctional Requirement for the 21st Century," IEEE Softw., vol. 31, no. 3, pp. 40–47, May-June 2014, doi: 10.1109/MS.2014.22.

¹⁸ Duboc, L., Betz, S., Penzenstadler, B., Akinli Kocak, S., Chitchyan, R., Leifler, O., Porras, J., Seyff, N. & Venters, C. C. (2019) 'Do we Really Know What we are Building? Raising Awareness

Ohjelmistojen kestävyyttä voidaan jäsentää myös kolmen kategorian avulla¹⁹:

- **Tehokkuus** (efficiency) määrittelee, miten ohjelmisto käyttäytyy resursien kulutuksen suhteen.
- **Toteutettavuus** (feasibility) tarkastelee kestävän kehityksen näkökohtien tukemista. Katteoria jaetaan edelleen resurssisuuntautuneeseen toteutettavuuteen, jossa keskitytään ympäristövaikutuksiin, ja hyvinvointisuuntautuneeseen toteutettavuuteen, jossa keskitytään sosiaalisiin vaikutuksiin.
- **Pitkäikäisyydellä** (perdurability) tarkoitetaan sitä, missä määrin ohjelmistoa voidaan muokata, mukauttaa ja käyttää uudelleen pitkän ajan kuluessa.

Näissä luokissa ja kunkin luokan kriteereissä keskitytään nimenomaan lopputuotteeseen eikä niinkään kehitysprosessiin.

Ohjelmistojen elinkaaresta on laadittu kahdeksanportainen kestävyysmalli²⁰, joka on saanut vaikutteita kehdesta hautaan -malleista. Mallissa määritellään kahdeksan vaihetta: kehitys, jakelu, hankinta, käyttöönotto, käyttö, ylläpito, käytöstä poistaminen ja hävittäminen. Tämän mallin pohjalta on laadittu GREENSOFT-malli, joka yhdistää aiemmin mainitut ensimmäisen, toisen ja kolmannen asteen vaikutukset, kestävyyskriteerit ja -mittarit, prosessimallit sekä suositukset ja

of Potential Sustainability Effects of Software Systems in Requirements Engineering', 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference (RE), Jeju, South Korea. pp. 6-16. DOI: 10.1109/re.2019.00013.

¹⁹ E. Kern, M. Dick, S. Naumann, and A. Filler, "Labelling sustainable software products and websites: Ideas, Approaches, and Challenges," in *Proceedings of EnviroInfo and ICT for Sustainability 2015*, Paris, France: Atlantis Press, 2015. doi: 10.2991/ict4s-env-15.2015.10.

²⁰ M. Hirsch-Dick and S. Naumann, "Enhancing software engineering processes towards sustainable software product design," *EnviroInfo*, pp. 706–715, 2010.

M. Dick, S. Naumann, and N. Kuhn, "A Model and Selected Instances of Green and Sustainable Software," in *What Kind of Information Society? Governance, Virtuality, Surveillance, Sustainability, Resilience - 9th IFIP TC 9 International Conference, HCC9 2010 and 1st IFIP TC 11 International Conference, CIP 2010, Held as Part of WCC 2010, Brisbane, Australia, September 20-23, 2010. Proceedings*, unknown, Jan. 2010, pp. 248–259. doi: 10.1007/978-3-642-15479-9_24.

työkalut. Tässä mallissa portaita on viisi: kehittäminen, jakelu, käyttö, deaktivointi ja hävittäminen²¹.

Nämä mallit toimivat varsin hyvinä runkoina ohjelmistojen elinkaarille, mutta itsessään mallit eivät sisällä juurikaan valmista sisältöä – enemmänkin otsikkotason huomioita siitä, mitä missäkin vaiheessa tulisi pohtia.

3.2 CSRD ja CSDDD

CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive)²² ja CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive)²³ ovat EU:n hyväksymiä tai hyväksymisprosessin loppuvaiheessa olevia lainsäädäntöjä, jotka edistävät yritysten vastuullisuutta ja kestävästä kehitystä. Molemmat direktiivit tukevat EU:n Green Deal -ohjelmaa, jonka tavoitteena on tehdä unionista hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. CSRD keskittyy vastuullisuusraportoinnin yhtenäistämiseen ja läpinäkyvyyteen, kun taas CSDDD painottaa yritysten huolellisuusvelvoitteita koko arvoketjussa. Näin yritykset joutuvat sekä raporttoimaan kestävyystoimistaan että ottamaan vastuuta ympäristöstä ja ihmisoikeuksista.²⁴

CSRD-direktiivi velvoittaa yritykset raporttoimaan ympäristöön, sosiaaliseen vastuuseen ja hallintotapoihin (ESG) liittyviä tietoja standardoiduilla tavoilla. Tämä parantaa raporttien vertailukelpoisuutta ja tarjoaa sidosryhmille tarkempaa tietoa yritysten vastuullisuudesta.

CSRD aiheuttaa paineita myös hankintaketjuun, koska osana yrityksen hiilijalanjäljen laskentaa myös hankintaketjun jalanjälki tulee laskea ostettujen tuotteiden tai palvelujen osalta. Lisäksi investoinnit ja käyttöomaisuus tulee raportoida. Tällä on vaikutuksia myös direktiivin soveltamisalan ulkopuolisiin yrityksiin ja sitä kautta hiilijalanjäljen laskentatarpeet voivat koskettaa myös kaikkein pienimpiäkin yrityksiä.

²¹ S. Naumann, M. Dick, E. Kern, and T. Johann, "The GREENSOFT Model: A reference model for green and sustainable software and its engineering," *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, vol. 1, no. 4, pp. 294–304, Dec. 2011, doi: 10.1016/j.suscom.2011.06.004.

²² finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en

²³ commission.europa.eu/business-economy-euro/doing-business-eu/sustainability-due-diligence-responsible-business/corporate-sustainability-due-diligence_en

²⁴ CSRD ja CSDDD, mitä ne ovat ja mitä eroa niillä on? lehti.seamk.fi/verkkolehti/csrd-ja-csddd-mita-ne-ovat-ja-mita-eroa-niilla-on

CSDDD puolestaan asettaa yrityksille juridisen velvoitteen tunnistaa ja ehkäistä haitallisia vaikutuksia ihmisoikeuksiin ja ympäristöön koko arvoketjussa. Toisin kuin CSRD, CSDDD sisältää myös sanktioita, jos yritykset eivät noudata huolellisuusvelvoitteitaan. Lainsäädäntö vaihtelee maittain, esimerkiksi Suomessa CSRD voi aiheuttaa vain mainehaittaa, mutta muissa maissa voi olla myös rahallisia sanktioita väärästä raportoinnista.

CSRD koskee asteittain suuria yrityksiä ja listattuja pk-yrityksiä lähivuosien aikana. Ensimmäiset velvoitteet astuivat voimaan tilikaudella 2024 suurille pörssi-yhtiöille, ja direktiivi laajenee muihin suuriin yrityksiin vuonna 2025. Listatut pk-yritykset tulevat mukaan vuodesta 2026, mutta niillä on mahdollisuus lykätä raportointia vuoteen 2028. CSDDD koskee aluksi vain suuria yrityksiä, joilla on vähintään 500 työntekijää ja 150 miljoonan euron liikevaihto, sekä tietyillä korkean riskin aloilla toimivia pienempiä yrityksiä. Molemmat direktiivit ulottuvat myös EU:n ulkopuolisiin yrityksiin, jotka toimivat EU-markkinoilla ja täyttävät tietyt kriteerit.

Molemmat direktiivit ovat hyvä syy käynnistää IT:n ympäristötyö, koska sen sivutuotteena syntyy paljon direktiivien vaatimaa informaatiota.

Tiivistettynä

- 1** Ohjelmistojen hankinnassa ilmastonäkökulma tulee jatkossa olemaan entistä merkittävämpi, ja sen huomioiminen voi tuoda sekä ekologisia että taloudellisia hyötyjä. Tehokkaammat ohjelmistot kuluttavat vähemmän resursseja ja säästävät kustannuksia.
- 2** IT:n vaikutukset voidaan jakaa kolmeen tasoon: suorat vaikutukset, mahdollistavat vaikutukset muihin toimialoihin ja pitkän aikavälin rakenteelliset vaikutukset. Lisäksi ohjelmistojen kestävyys voidaan arvioida viiden ulottuvuuden kautta: yksilölliset, sosiaaliset, taloudelliset, tekniset ja ympäristölliset vaikutukset.
- 3** Ohjelmistojen kestävyys voidaan luokitella tehokkuuden, toteutettavuuden ja pitkäikäisyyden perusteella. Niiden elinkaari kattaa kehityksen, jakelun, käytön ja hävittämisen, ja siihen voidaan soveltaa kestävyttä tukevia malleja.
- 4** EU:n CSRD- ja CSDDD-direktiivit edellyttävät yrityksiä raportoimaan vastuullisuudestaan ja huomioimaan ympäristö- ja ihmisoikeusvaikutukset koko arvoketjussa. Tämä lisää paineita myös hankintaketjuille ja vaikuttaa jopa pienempiin yrityksiin.
- 5** CSRD ja CSDDD pakottavat yritykset seuraamaan ja raportoimaan toimintansa ympäristövaikutuksia, mikä tekee IT-ympäristötyöstä entistä tärkeämpää. Kestävyyden huomioiminen ohjelmistokehityksessä auttaa vastaamaan näihin vaatimuksiin ja tuottaa samalla hyödyllistä dataa raportointia varten.

4 Miksi IT:n energiankulutus kasvaa?

IT-palvelujen kulutus kasvaa edelleen. Statistan²⁵ tilastojen mukaan tammikuussa 2024 66,2 prosenttia maailman väestöstä käyttää internetiä²⁶. European Strategy and Policy Analysis Systemin raportissa luvun ennustetaan nousevan 75 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä²⁷. Statistan ennusteen mukaan internetiä käyttävien henkilöiden määrän ennustetaan kasvavan 5,36 miljardista vuonna 2022 7,32 miljardiin vuoteen 2029 mennessä²⁸. Vaikka absoluuttinen kasvu on lähes kaksi miljardia ihmistä, keskimääräinen yhdistetty vuotuinen kasvuvauhti (CAGR²⁹) on kuitenkin vain hieman alle 4,0 prosenttia.

Maailmanlaajuisesti IT-palvelujen hinnat kohtuullistuvat edelleen, ja ne lähestyvät vähitellen International Telecommunications Unionin asettamaa tavoitetta, joka on kaksi prosenttia bruttokansantulosta asukasta kohti³⁰. Hintojen lasku on edellytys IT:n käytön voimakkaalle lisääntymiselle. Halpa ja yleisesti saatavilla oleva teknologia edistää uusien sovellusten innovointia, mikä kiihdyttää käyttöä

²⁵ Statista on Saksassa 2007 perustettu maailmanlaajuisen data- ja liiketoimintatiedon alusta, joka tarjoaa laajan kokoelman tilastoja, raportteja ja analyysseja yli 80 000 aiheesta 22 500 lähteestä 170 toimialalta. [statista.com](https://www.statista.com)

²⁶ A. Petrosyan, "Worldwide internet user penetration from 2014 to January 2024," Statista. [statista.com/statistics/325706/global-internet-user-penetration](https://www.statista.com/statistics/325706/global-internet-user-penetration)

²⁷ F. Gaub, "Global Trends to 2030 – Challenges and Choices for Europe," The European Strategy and Policy Analysis System, Apr. 2019.

²⁸ J. Degenhard, "Number of internet users worldwide from 2014 to 2029." Jan. 30, 2024. [statista.com/forecasts/1146844/internet-users-in-the-world](https://www.statista.com/forecasts/1146844/internet-users-in-the-world)

²⁹ en.wikipedia.org/wiki/Compound_annual_growth_rate

³⁰ "Policy brief - The affordability of ICT services 2023," International Telecommunication Union, itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/prices2023/ICTPriceBrief2023.pdf

entisestään. Energian halvan hinnan vuoksi energiaa säästäviin innovaatioihin ei keskitytä riittävästi³¹.

Tutkimusyhtiö Arthur D. Little ennustaa, että kehittyneissä maissa verkossa vietetyn ajan määrä tasaantuu mobiililiittymissä (per henkilö) keskimäärin 3–4 tuntiin päivässä ja kiinteissä kotiliittymissä (per talous) keskimäärin 6–10 tuntiin päivässä. Samoin videoiden katselun kasvun odotetaan pysähtyvän neljään tai viiteen tuntiin päivässä³².

Toisaalta vaikka internetin käyttöaste ei ole kasvanut merkittävästi kehittyneissä maissa³³ ja verkossa vietettyjen tuntien määrä per tehtäväkategoria, esimerkiksi sosiaalisen median käyttö tai videoiden katselu, on pysynyt suhteellisen vakaana vuosien 2015 ja 2023 välillä³⁴, siirretyn tiedon määrän odotetaan kasvavan. Esimerkiksi Pohjoismaiden ja Baltian televiestintätilastot vuosilta 2017–2022³⁵ osoittavat siirretyn datan huomattavaa kasvua liittymien määrän pysyessä samana tai kasvaessa maltillisesti (pl. Liettua ja Viro):

Maa	Liittymien määrä	Datan määrä
Islanti	1.5 %	384.4 %
Latvia	7.1 %	258.9 %
Liettua	11.7 %	482.9 %
Norja	–0.1 %	200.1 %
Ruotsi	–0.8 %	256.1 %
Suomi	–2.3 %	174.5 %

³¹ I. Røpke, "The unsustainable directionality of innovation – The example of the broadband transition," Res. Policy, vol. 41, no. 9, pp. 1631–1642, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.respol.2012.04.002.

³² N. Jakopin, G. Mohr, E. Cafforio, G. Peres, M. Weber, and K. Burkhanov, "The Evolution of Data Growth in Europe," Arthur D. Little, May 2023.

³³ A. Petrosyan, "Global internet penetration rate as of April 2024, by region." May 07, 2024. statista.com/statistics/269329/penetration-rate-of-the-internet-by-region

³⁴ A. Petrosyan, "Average daily time spent using the internet by online users worldwide from 3rd quarter 2015 to 4th quarter 2023." Apr. 30, 2024. statista.com/statistics/1380282/daily-time-spent-online-global

³⁵ Traficom, "Telecommunications Markets in the Nordic and Baltic Countries 2022," Sep. 2023.

Maa	Liittymien määrä	Datan määrä
Tanska	1.8 %	253.6 %
Viro	37.5 %	350.4 %

Kasvua vauhdittavat useat kysyntätekijät, kuten parantuneet videoresoluutiot, lyhytmuotoisen videon lisääntynyt käyttö sosiaalisissa medioissa sekä tekoälyn tuottama sisältö. Tarjonnan puolella merkittävimpiä kasvutekijöitä ovat edulliset tai kiinteähintaiset mobiilipaketit, laajempi valokuituverkko kotitalouksille (fibre-to-the-premises, FTTP) ja parempi 5G-mobiiliverkon kattavuus.

Lisäksi, vaikka tiettyjen verkon käyttötapojen kulutus tasaantuu, markkinoille on ilmestynyt uusia nopeasti kasvavia käyttötapoja, kuten esineiden internet tai tekoäly, joissa kulutuksen ei odoteta tasaantuvan vastaavalla tavalla lähitulevaisuudessa³⁶. Toki näiden kaistatarpeet ovat merkittävästi pienempiä kuin kuluttajilla, joiden käytössä runsaasti kaistaa kuluttava videoiden katselu lisääntyy edelleen.

4.1 Runsaudentarviparadigma

Vallitseva digitaalisten palvelujen suunnittelu- ja toteutusmalli, jonka tutkijat ovat nimenneet runsaudentarviparadigmaksi³⁷ perustuu uskoon Mooren lain³⁸ jatkumiseen ja palvelujen "äärettömään skaalautuvuuteen" pilvessä. Paradigma sisältää seuraavat suunnitteluperiaatteet, jotka ohjaavat digitaalisen kulutuksen kasvua:

- **Henkilökohtaisuus** – käyttäjät odottavat yhä useammin, että perinteisesti ryhmille suunnitellut palvelut ovat saatavilla yksilöllisesti.

³⁶ C. Freitag, M. Berners-Lee, K. Widdicks, B. Knowles, G. S. Blair, and A. Friday, "The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends, and regulations," *Patterns* (N Y), vol. 2, no. 9, p. 100340, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.patter.2021.100340.

³⁷ C. Preist, D. Schien, and E. Blevis, "Understanding and Mitigating the Effects of Device and Cloud Service Design Decisions on the Environmental Footprint of Digital Infrastructure," in *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, in CHI '16. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, May 2016, pp. 1324–1337. doi: 10.1145/2858036.2858378.

³⁸ wikipedia.org/wiki/Mooren_laki

- **Monipuolisuus** – käyttäjät odottavat, että saatavilla on monenlaisia palveluja.
- **Välittömyys** – käyttäjät odottavat palveluiden olevan saatavilla välittömästi.
- **Jaettavuus** – käyttäjät pyrkivät luomaan sisältöä, jota voi jakaa muiden kanssa.
- **Korkea laatu** – käyttäjät odottavat yhä laadukkaampaa palvelua.
- **Kaikkialle ulottuva** – käyttäjät odottavat, että palvelut ovat saatavilla avoimesti millä tahansa laitteella.
- **Jatkuva saatavuus** – käyttäjät odottavat palveluiden olevan käytettävissä milloin tahansa ja missä tahansa.
- **Ikuinen** – käyttäjät odottavat, että heidän luomansa sisältö on aina saatavilla.
- **Lyhytaikainen** – käyttäjät luovat sisältöä välittämättä siitä, käytetäänkö sitä enää koskaan.
- **Runsas, multimodaalinen ja kaikkialla läsnä oleva** – käyttäjät odottavat palvelujen olevan vuorovaikutuksessa keskenään ja tukevan toisiaan luodakseen entistä monipuolisemman kokemuksen. Palveluita käytetään myös käyttäjien huomion taustalla. Tämän seurauksena käyttäjät käyttävät palveluja useammin ja useita palveluja samanaikaisesti, mikä lisää palvelujen kysyntää yleisesti ja vahvistaa muiden yhdeksän periaatteen vaikutusta.

Runsaudensarviparadigman muuttaminen tai ainakin hidastaminen tulisi olla kaikkien organisaatioiden agendalla. Valitettavasti moni IT-alan liiketoimintamalli kuitenkin pohjautuu paradigmaan ja on siten haitallinen luonnolle ja ilmastolle. Ostettaessa IT-palveluja kannattaa pohtia, olemmeko altistuneet paradigmalle ja pidämmekö sitä normaalina toimintana – jolloin sen kyseenalaistaminen on vaikeaa.

Tiivistettynä

- 1** Vuoteen 2030 mennessä internetin käyttäjien määrän ennustetaan kasvavan 75 %:iin maailman väestöstä, mikä lisää IT-palvelujen kulutusta ja energiantarvetta.
- 2** Halpenevat hinnat ja laajeneva saatavuus kiihdyttävät digitaalisten palvelujen käyttöä ja innovointia, mutta samalla vähentävät motivaatiota energiatehokkaisiin ratkaisuihin.
- 3** Vaikka internetin käyttöaste kehittyneissä maissa on tasaantunut, siirretyn datan määrä kasvaa merkittävästi.
- 4** Esineiden internet ja tekoäly lisäävät IT-kulutusta, eikä niiden kasvun odoteta tasaantuvan lähitulevaisuudessa.
- 5** Digitaalisten palvelujen suunnittelu perustuu rajattoman skaalautuvuuden ja jatkuvan saatavuuden periaatteisiin, mikä lisää palvelujen kulutusta ja ympäristövaikutuksia.

5 Ohjelmistojen energiankulutus ja päästöt

Nykyaikaisten ohjelmistojen energiankulutus voidaan jakaa kolmeen eri osaan:

1. Loppukäyttäjän laitteet
2. Verkko
3. Palvelimet ja pilviympäristöt

5.1 Loppukäyttäjien laitteet

Nykyaikaisista loppukäyttäjien laitteista on tulossa yhä energiatehokkaampia, mutta niiden – erityisesti pienten laitteiden – määrä kotitalouksissa on kasvussa. Esimerkiksi Statistan keräämien tilastojen mukaan maailmassa oli 14,02 miljardia mobiilidatalla verkkoon kytkeytyvää laitetta vuonna 2020, ja määrän odotetaan kasvavan 18,22 miljardiin vuonna 2025³⁹. Tämä luku sisältää siis matkapuhelinten lisäksi myös esimerkiksi internet-yhteyden omaavat autot ja IoT-laitteet. Yhdistetty vuotuinen kasvuvauhti (compound average growth rate, CAGR) on 5,38 prosenttia.

Digitaalisten loppukäyttäjälaitteiden elinkaareen liittyy useita ongelmia. Ensinnäkin laitteita ei ole suunniteltu kestäviksi, korjattaviksi, kierrätettäviksi tai päivitettäviksi. Toiseksi raaka-aineiden määrä kasvaa ja materiaalien yhdistelmät ovat monimutkaisempia. Kolmanneksi laitteita ei kierrätetä asianmukaisesti. Neljänneksi materiaaleja ei käytetä uudelleen. Lopuksi ympäristötekijöillä on vain vä-

³⁹ F. Laricchia, "Number of mobile devices worldwide 2020-2025." Mar. 10, 2023. [statista.com/statistics/245501/multiple-mobile-device-ownership-worldwide](https://www.statista.com/statistics/245501/multiple-mobile-device-ownership-worldwide)

häinen merkitys kuluttajien ostopäätöksissä⁴⁰. Digitaalisten laitteiden suhteellisen lyhyt käyttöikä nopeuttaa maapallon resurssien ehtymistä, erityisesti niukkojen ja vaikeasti saatavien resurssien⁴¹.

Toinen huomioon otettava tekijä on se, että loppukäyttäjien laitteet vaihdetaan usein. Tämä käy ilmi Eurobarometri-kuluttajatutkimuksen tuloksista⁴², joiden mukaan yleisimmät syyt uuden loppukäyttäjälaitteen hankkimiseen ovat vanhan laitteen rikkoutuminen (38 %), vanhan laitteen suorituskyvyn merkittävä heikkeneminen (30 %), tiettyjen sovellusten tai ohjelmistojen toimimattomuus vanhassa laitteessa (18 %) tai halu saada laite, jossa on uusia palveluominaisuuksia (14 %). On huomattavaa, että suorituskyvyn heikkeneminen ja sovellusten toimimattomuus – jotka molemmat liittyvät ohjelmistojen tehokkuuteen, vaikka suorituskyvyn heikkeneminen voi liittyä myös laitteistovikoihin – selittävät lähes puolet (48 %) ostopäätöksistä. EU on omalta osaltaan ratkomassa tätä ongelmaa vaatimalla kannettavien laitteiden akkujen helppoa vaihdettavuutta⁴³.

5.2 Verkko

Siirrettävän tiedon määrä kasvaa huomattavaa vauhtia. Esimerkiksi Suomessa mobiilidataa on tilastoitu vuodesta 2011 lähtien. Vuonna 2011 datan määrä oli 60 petatavua, kun se vuonna 2023 oli 4 823 petatavua⁴⁴. Yhdistetty vuotuinen kasvuvauhti (CAGR) on 44,1 prosenttia. Samanlaista selkeää ja kattavaa kuvaa data-siirroista ei ole saatavilla kiinteän laajakaistan osalta, sillä tietoja on kerätty vasta vuodesta 2021 alkaen.

⁴⁰ L. Toivonen, "Laitteiden elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset," presented at the ICT-alan ilmasto- ja ympäristöstrategian 2. seurantafoorumi, Nov. 23, 2021. api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/4de2baff-8867-4712-8b67-a250fb5f9e26/5d463e6f-7dfb-4bd1-9453-68c11a582ab7/LIITE_20230130100159.PDF

⁴¹ TWI2050-The World, The Digital Revolution and Sustainable Development: Opportunities and Challenges. Report prepared by the World in 2050 initiative. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), 2019. doi: 10.22022/TNT/05-2019.15913.

⁴² "Special Eurobarometer 503 – Attitudes towards the impact of digitalisation on daily lives," European Union, Dec. 2019.

⁴³ environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/batteries_en

⁴⁴ Traficom, "Viestintäverkoissa siirretty tieto." Apr. 15, 2024. tieto.traficom.fi/fi/tilastot/viestintaverkoissa-siirretty-tieto

Suurin osa tietoliikenteestä koostuu videosisällöstä. On arvioitu, että vuoteen 2020 mennessä 78 prosenttia maailmanlaajuisesta internetliikenteestä on videota, ja vuoteen 2022 mennessä osuus nousee 82 prosenttiin⁴⁵. Tutkimuksen mukaan 92 prosenttia internetin käyttäjistä on katsonut vähintään yhden videon viikossa⁴⁶. Nykyisin keskimääräinen eurooppalainen viettää noin kolmesta neljään tuntia päivässä katsellen videoita. Vuoteen 2030 mennessä videoiden katseluun tarvittavan kaistanleveyden odotetaan nousevan 6 gigatavuun tunnissa, mikä johtuu pääasiassa 4K-videoihin siirtymisestä³².

Toiseksi suurin tiedonsiirron lähde on lukuisat verkkopalvelut, joita käytetään verkkoselaimen kautta⁴⁷. HTTP Archive on dokumentoinut verkkosivujen kehitystä vuosittaisessa julkaisussaan Web Almanac⁴⁸. Tiedot osoittavat, että verkkosivustojen koko on kolminkertaistunut sivustojen työpöytäversioiden osalta ja lähes seitsenkertaistunut sivustojen mobiiliversioiden osalta viime vuosikymmenen aikana. Sivustojen koon kasvusta huolimatta lukijat käyvät edelleen sivustoilla lukemassa tekstisisältöä, joka muodostaa vain 1/50 osan ladatusta datasta⁴⁹.

Nykyaikaisilla verkkosivustoilla tarvittavan JavaScriptin määrä on tyypillisesti pakkaamattomana useita megatavuja riippumatta verkkosivuston käyttötarkoituksesta⁵⁰. Toki JavaScript tekstimuotoisena ja toisteisena pakkautuu hyvällä hyötysuhteella. Samoin sivustoilla käytettävistä kuvista merkittävä osa on heikosti optimoituja, jolloin siirretään liikaa tietoa suhteessa kuvan informaation sisältöön. Verkkosivustojen kehittyminen siten, että niihin sisällytetään yhä enemmän kuvia ja videoita, edellyttää vuoteen 2030 mennessä yhden gigatavun tuntitason tiedonsiirtoa tunnissa³².

⁴⁵ T. Barnett Jr, S. Jain, U. Andra, and T. Khurana, "Cisco Visual Networking Index (VNI) Complete Forecast Update," presented at the APJC Cisco Knowledge Network, Dec. 2018. cisco.com/c/dam/m/en_us/network-intelligence/service-provider/digital-transformation/knowledge-network-webinars/pdfs/1213-business-services-ckn.pdf

⁴⁶ "Digital 2024: Global Overview Report," Meltwater, Jan. 2024. datareportal.com/reports/digital-2024-global-overview-report

⁴⁷ Robert Istrate, Victor Tulus, Robert N Grass, Laurent Vanbever, Wendelin J Stark, and Gonzalo Guillén-Gosálbez. The environmental sustainability of digital content consumption. *Nature Communications*, 15(1):3724, 2024.

⁴⁸ J. Indigo and D. Smart, "Page Weight," in *Web Almanac*, HTTP Archive, 2022, pp. 651–671.

⁴⁹ J. Kalliola, *Green Code*. Exove, 2023.

⁵⁰ N. Prokopov, "JavaScript Bloat in 2024", tonsky.me/blog/js-bloat

Digitaalisten palvelujen suunnittelussa vallitseva runsaudensarviparadigma on pohjimmiltaan ristiriidassa datan kysynnän tehokkaan rajoittamisen kanssa⁵¹.

Siirtoverkkojen energiankulutusta pohdittaessa tulee huomioida, että kiinteiden verkkojen kulutuksen elastisuus on hyvin pientä. Esimerkiksi optisen kuidun tapauksessa signaalia välittävä lasersäde on päällä ja kuluttaa energiaa riippumatta kulkeeko verkossa tietoa vai ei⁵². Toisaalta langattomien verkkojen kulutus on tietyn pohjatason jälkeen melko lineaarista suhteutettuna siirrettävään tietomäärään.

Kiinteiden verkkojen osalta datamäärien pienentäminen tai kasvun hidastaminen lykkää kapasiteetin kasvattamista, mistä aiheutuu puolestaan sekä tuotesidon-
naisia että operatiivisia päästöjä.

Mikäli kuluttajan päätelaite ei ole kiinteä, kuten televisio tai pelikonsoli, se on hyvin suurella todennäköisyydellä kytketty verkkoon langattomasti. Esimerkiksi mobiiliyhteyksien laskennallinen energiankulutus per siirretty gigatavu on merkittävästi suurempi kuin kiinteiden yhteyksien⁵³, joten viimeinen yhteys saattaa kuluttaa enemmän energiaa kuin muut verkot yhteensä palvelimen ja päätelaitteen välillä.

5.3 Palvelimet ja pilviympäristöt

Tässä oppaassa käytetään termejä "pilvi" ja "datakeskus" käytännössä samassa merkityksessä. Vaikka datakeskukset määritellään fyysisiksi tiloiksi ja pilvilaskennalla tarkoitetaan laskentaresurssien toimittamista, pilvipalveluja tarjotaan datakeskuksista käsin, joten niiden voidaan katsoa edustavan samankaltaisen kokonaisuuden eri puolia. On tärkeää huomata, että pilvipalveluilla on mahdollisuus jakaa resursseja tehokkaammin kuin perinteisillä datakeskuksilla, ja ne ovat

⁵¹ J. Morley, K. Widdicks, and M. Hazas, "Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption," *Energy Research & Social Science*, vol. 38, pp. 128–137, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.erss.2018.01.018.

⁵² D. Mytton, D. Lundén, and J. Malmodin, "Network energy use not directly proportional to data volume: The power model approach for more reliable network energy consumption calculations," *J. Ind. Ecol.*, Jun. 2024, doi: 10.1111/jiec.13512.

⁵³ Joonas Nuutinen, A Comparison of the Energy Consumption of Broadband Data Transfer Technologies, joonasnuutinen.fi/wp-content/uploads/2022/01/Nuutinen2021_A-Comparison-of-the-Energy-Consumption-of-Broadband-Data-Transfer-Technologies.pdf

käytön kannalta yleensä energiatehokkaampia⁵⁴. Toisaalta, johtavat pilvipalvelujen tarjoajat, kuten Amazon, Microsoft ja Google, eivät ole julkistaneet riittävästi tietoa avoimella tavalla, jotta niiden ympäristöjalanjälkeä voitaisiin arvioida kattavasti⁵⁵.

Kannattaa huomata, että datakeskukset ja erityisesti pilvipalvelujen tarjoajat myyvät palvelujaan suurelta osin kapasiteettipohjaisesti. Eli heille tehottomat ohjelmistot ja kapasiteetin suurempi käyttö ovat itse asiassa tulonlähteitä ja tästä syystä heillä ei välttämättä ole kannustinta rajoittaa käyttöä.

Datakeskusten määrä kasvaa maailmanlaajuisesti, vastauksena kasvavaan laskentatehon ja tiedonsiirron tarpeeseen⁵⁶. Statistan vuonna 2024 tekemän arvion mukaan pilvipohjaisen IT-infrastruktuurin vuotuiset menot kasvavat tasaista vauhtia 22,3 miljardista Yhdysvaltain dollarista 104,8 miljardiin dollariin vuoteen 2023 mennessä⁵⁷.

Datakeskusten suurin energiankuluttaja on laskentaan käytettävä teho eli IT-kuorma, jonka osuus on 45 prosenttia kokonaiskulutuksesta, ja verkko, jonka osuus on 5 prosenttia. Toiseksi eniten virtaa kuluttaa jäähdytys, jonka osuus on 38 prosenttia kokonaiskulutuksesta, ja sisäinen virransyöttö muodostaa 8 prosenttia kokonaiskulutuksesta⁵⁸.

Tietokeskuksen energiatehokkuus ilmoitetaan pääasiassa⁵⁹ käyttämällä tehonkäyttötehokkuutta⁵⁹ (Power Usage Efficiency – PUE), joka laskee kyseisen kes-

⁵⁴ M. Zhang, "Cloud vs Data Center: A Comprehensive Guide," Dglt Infra.
dgtlinfra.com/cloud-vs-data-center

⁵⁵ D. Mytton, "Hiding greenhouse gas emissions in the cloud," Nat. Clim. Chang., vol. 10, no. 8, pp. 701–701, Jul. 2020, doi: 10.1038/s41558-020-0837-6.

⁵⁶ K. M. U. Ahmed, M. H. J. Bollen, and M. Alvarez, "A Review of Data Centers Energy Consumption and Reliability Modeling," IEEE Access, vol. 9, pp. 152536–152563, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3125092.

⁵⁷ L. Vailshery, "Global cloud IT infrastructure spending 2013-2026." May 29, 2024.
statista.com/statistics/503686/worldwide-cloud-it-infrastructure-market-spending

⁵⁸ K. Kant, "Data center evolution," Comput. Netw., vol. 53, no. 17, pp. 2939–2965, Dec. 2009, doi: 10.1016/j.comnet.2009.10.004.

⁵⁹ C. Malone and C. L. Belady, "Metrics to Characterize Data Center & IT Equipment Energy Use," Proceedings of the Digital Power Forum, September, vol. 18, p. 20, 2006.
researchgate.net/publication/337801067

kuksen yleiskustannukset vertaamalla kokonaiskulutettua sähköä varsinaiseen tietojenkäsittelyyn käytetyn laitteiston kuluttamaan sähköön⁶⁰.

PUE on merkittävä mittari datakeskusten hiilijalanjäljen pienentämisessä, sillä alhaiset arvot kertovat selvästi järjestelmän korkeasta tehokkuudesta⁶¹. PUE:n laskeminen kattavasti on kuitenkin haastavaa, koska energiatietoja ei ole suoraan saatavilla. Lisäksi PUE-laskelmissa ei oteta huomioon palvelinten käyttöastetta, mikä tarkoittaa sitä, että palvelinten käyttöaste on alhainen ja PUE-arvo alhainen, mikä voi itse asiassa olla vähemmän tehokasta kuin palvelinten käyttöaste on korkea ja PUE-arvo korkeampi. PUE-arvo on luontaisista rajoituksistaan huolimatta edistänyt energiatehokkuuden parantamista tieto- ja viestintä-tekniikka-alalla ja luonut vertailukohtia datakeskusten energiankulutukselle.

Huolimatta siitä, että datakeskusten energiatehokkuus on parantunut viime vuosina¹⁴ – maailmanluokan hyperscale-datakeskukset toimivat jo PUE-arvolla 1,1 tai sitä alhaisemmalla, mikä on lähellä käytännön vähimmäistasoa⁶² – ja siitä, että ohjelmistojen hiili-intensiteetti on kiinnitetty yhä enemmän huomiota⁶³, näiden toimien välillä on edelleen merkittävä epäsuhta. Perusinfrastruktuurilta puuttuu kyky kertoa nykytilanteesta ja mahdollisesta energiantuhlauksesta ohjelmistokehittäjille⁶¹.

Tietotekniikkakuormien energiankulutus datakeskuksissa voidaan arvioida useilla eri menetelmillä⁵⁶:

- **Additiiviset tehomallit** edustavat yksittäisten palvelinkomponenttien, kuten suorittimen, muistin, emolevyn ja niin edelleen, tehonkulutuksen yhteenlaskua.
- **Lähtötaso-aktiiviset (baseline-active) tehomallit** jakavat tehonkulutuksen kahteen luokkaan: palvelimen tyhjäkäynnillä tapahtuvaan

⁶⁰ T. Kennes, "Measuring IT Carbon Footprint: What is the Current Status Actually?," Jun. 08, 2023.

⁶¹ G. A. Brady, N. Kapur, J. L. Summers, and H. M. Thompson, "A case study and critical assessment in calculating power usage effectiveness for a data centre," *Energy Convers. Manage.*, vol. 76, pp. 155–161, Dec. 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2013.07.035.

⁶² E. Masanet, A. Shehabi, N. Lei, S. Smith, and J. Koomey, "Recalibrating global data center energy-use estimates," *Science*, vol. 367, no. 6481, pp. 984–986, Feb. 2020, doi: 10.1126/science.aba3758.

⁶³ The International Organization for Standardization, "Information technology — Software Carbon Intensity (SCI) specification," 21031:2024.

lähtötasoiseen energiankulutukseen ja aktiiviseen tehonkulutukseen, joka johtuu laskentakuormasta.

- **Regressiomalleissa** otetaan huomioon palvelimien toiminnallisten yksiköiden, kuten suorittimen, muistin, tallennustilan jne. virrankulutuksen ja suorituskylaskureiden välinen korrelaatio.
- **Käyttöön perustuvissa tehomalleissa** hyödynnetään yleensä palvelinten eniten tehoa kuluttavan komponentin, suorittimen, tehonkulutusta, joka on valittu mittariksi koko palvelimen kulutuksen mallintamisessa.

Kullakin näistä malleista on omat rajoituksensa. Ne edellyttävät esimerkiksi kunkin komponentin tehonkulutuksen seuranta (additiiviset mallit), niissä on suuria ennustevirheitä vähemmän CPU:ta käyttävissä järjestelmissä (perus-suorittimen aktiiviset mallit) ja ne on rajoitettu vain tietyntyyppisiin kokoonpanoihin (regressio- ja käyttötapaan perustuvat mallit)⁶⁴.

Mallien sijasta kulutus voitaisiin mitata todellisen käytön perusteella. Valitettavasti datakeskusten energiankulutuksesta ei kuitenkaan ole julkisesti saatavilla kattavia tietoja, ja kulutuksen seuranta on tällä hetkellä riittämätöntä^{10, 64}.

Datakeskusten energiankulutus on pysynyt vuosina 2010–2020 käytännössä samana huolimatta internetliikenteen kymmenkertaistumisesta – laskettuna datan määrässä⁶⁵. Euroopan komissio on ennustanut, että datakeskusten työmäärät ja dataliikenne kasvavat 25 prosenttia vuodessa, mutta EU:n datakeskusten energiankäyttö kasvaa 78 terawattitunnista (TWh) vuonna 2015 vain 90 TWh:iin vuonna 2030⁶⁶. Lisäksi, vaikka datakeskusten tuottamien päästöjen määrä on kasvanut uusien laitosten rakentamisen seurauksena, toiminnallisen energiankulutuksen hiilijalanjälki on pienentynyt pääasiassa uusiutuvien energialähteiden lisääntyvän käytön seurauksena⁶⁷.

⁶⁴ M. Avgerinou, P. Bertoldi, and L. Castellazzi, "Trends in data centre energy consumption under the European code of conduct for data centre energy efficiency," *Energies*, vol. 10, no. 10, p. 1470, Sep. 2017, doi: 10.3390/en10101470.

⁶⁵ L. Gynther, T. Kiuru, and J. Meetteri, "Energy Efficiency of Data Centers in Finland – Indicators, Policies and Good Practices," *Motiva*, Nov. 2022.

⁶⁶ C. Koronen, M. Åhman, and L. J. Nilsson, "Data centres in future European energy systems—energy efficiency, integration and policy," *Energ. Effic.*, vol. 13, no. 1, pp. 129–144, Jan. 2020, doi: 10.1007/s12053-019-09833-8.

⁶⁷ U. Gupta et al., "Chasing Carbon: The Elusive Environmental Footprint of Computing," *arXiv [cs.AR]*, Oct. 28, 2020. arxiv.org/abs/2011.02839

Datakeskusten ylläpitäjien näkökulmasta yksittäisen tietokeskuksen sähkönkulutusta koskevien yksityiskohtien paljastaminen voi johtaa siihen, että kilpailijat saavat tietää yksityiskohtaisia toimintatietoja. Tällä hetkellä ei ole olemassa anonymisoituja menetelmiä energiankulutustietojen kokoamiseksi yhteen, mikä estää laajemman kokonaisuuden kattavan muodostamisen ja seurannan⁶⁸.

Vaihtoehtoinen lähestymistapa olisi keskittyä energiankulutuksen sijasta päästöihin, sillä päästöjä voidaan pitää energiankulutuksen edustajana, koska näiden kahden muuttujan välillä on voimakas korrelaatio⁶⁹. Suurimmat pilvipalveluntarjoajat tarjoavat hiilipäästöraportointia. On valitettavaa, että avoimuutta, laajuutta – toisin sanoen sitä, mitkä kolmesta hiilipäästöjen vaikutusalueesta otetaan huomioon ja missä määrin – ja hiilidioksidipäästöjen laskennassa käytettyjä menetelmiä ei julkisteta selkeästi ja objektiivisesti.

Boavizta⁷⁰ on analysoinut kolmen suurimman pilvipalveluntarjoajan, Amazon, Google ja Microsoft, päästöraportointia⁷¹. Analyysi paljasti, että kaikilla kolmella oli useita puutteita nykyisissä raportointikäytännöissään. Näitä olivat läpinäkyvyyden puute joillakin tai kaikilla osa-alueilla, tiettyjen osa-alueiden puuttuminen tai osittainen kattavuus, käytetyt läpinäkymättömät skaalauskerroimet ja vähemmän luotettavan laskentamenetelmän käyttö energiapäästöjen osalta. Lisäksi siinä korostettiin standardoinnin puutetta, joka johtaa erilaisiin lähestymistapoihin ja tekee laskelmien vertailusta haastavaa.

5.3.1 Tekoäly

Tekoälyn käyttö on kasvanut viimeisten parin kolmen vuoden aikana merkittävästi ja saamme nähdä uusia tekoälysovelluksia viikoittain. Samoin toteutuksien tuotosten laatu on parantunut huomattavasti, erityisesti generatiivisten tekoälyjen suhteen.

⁶⁸ "The 2023 Annual Climate Summary – Global Climate Highlights 2023," Copernicus, Jan. 2024. climate.copernicus.eu/global-climate-highlights-2023

⁶⁹ J. Li et al., "The Relationship between Energy Consumption, CO2 Emissions, Economic Growth, and Health Indicators," Int. J. Environ. Res. Public Health, vol. 20, no. 3, Jan. 2023, doi: 10.3390/ijerph20032325.

⁷⁰ Boavizta on ranskalainen yhdistys, joka auttaa organisaatioita arvioimaan, hallitsemaan ja vähentämään digitaalisen toimintansa ympäristövaikutuksia yksinkertaisella, nopealla ja luotettavalla tavalla. boavizta.org/en

⁷¹ "Understanding the results of cloud providers' carbon calculators," Boavizta. boavizta.org/en/blog/calculates-carbone-clouds-providers

Toisaalta maailmalla on herätty myös tekoälyratkaisujen energiankulutukseen ja päästöihin. Ratkaisujen laaja käyttö on johtanut uusien datakeskusten perustamiseen ja sitä myötä lisääntyneisiin käytönaikaisten ja tuotesidonnaisten (embedded) päästöjen kasvuun.

Tekoälyn kuluttaman energiamäärän arviointia on haitannut pitkään yhteismitallisen datan puute. Tekoälytarjoajat ovat olleet – syystäkin – vaitonaisia kulutuksesta ja tarjonneet lähinnä yleisluontoisia huomioita energian käytöstään. Toisaalta, tekoälyn energiankulutus on ollut pääsyynä esimerkiksi Microsoftin ja Googlen vaikeuksiin leikata hiilijalanjälkeään. Molempien jalanjälki kasvoi viime vuonna ja tällä menolla kumpikaan ei tule pääsemään aiemmin asettamiinsa hiilitavoitteisiinsa.

Vuoden 2024 aikana saatiin ensimmäiset tieteelliset artikkelit tekoälyn energiankulutuksesta tai päästöistä. Toki näissäkin artikkeleissa todetaan edelleen, että aihealue on vielä varsin alitutkittu.

Esimerkiksi Alexandra Sasha Luccionin tiimeineen julkaisemassa artikkelissa⁷² on mitattu usean erilaisen tekoälyllä suoritettavan toimenpiteen hiilijalanjälkeä, esimerkiksi tekstin ja kuvien luokittelu ja tuottaminen, hahmontunnistus, yhteenvedojen laadinta ja kuvatekstien laadinta. Koska kaikki testit ajettiin samassa pilvipalvelussa, niiden hiilijalanjälki vastaa suoraan energiankulutusta.

Erot eri toimien välillä ovat valtavia. Vähiten energiaa kulutti tekstin luokittelu, 0,002 kWh tuhatta toimea kohti ja vastaavasti eniten kuvien generointi, 2,9 kWh samoin tuhatta toimea kohti. Molemmat luvut ovat keskiarvoja useammasta testistä eri tekoälymoottoreilla. Testien ääripäät ovat vieläkin kauempina, tehottomimman kuvantuotannon energiankulutus on 6 833 kertaa suurempi kuin tehokaimman tekstintuotannon energiankulutus. Yleisesti havaittiin, että tekstin käsittely on kuvien käsittelyyn verrattuna merkittävästi energiatehokkaampaa, mikä johtuu pitkälti tarvittavien tokenien⁷³ määrästä.

Samoin mallien koko vaikuttaa energiankulutukseen – suuret mallit kuluttavat enemmän kuin pienet. Mallin koon vaikutus on kuitenkin pienempi kuin mallin käyttötarkoituksen. Kaikkinensa mittausten hajonta oli suuri, vaikka eri tehtäviin

⁷² Alexandra Sasha Luccioni, Yacine Jernite, and Emma Strubell. 2024. Power Hungry Processing: Watts Driving the Cost of AI Deployment?. In ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (ACM FAccT '24), June 3–6, 2024, Rio de Janeiro, Brazil. Doi: 10.1145/3630106.3658542

⁷³ What is an AI Token? miquido.com/ai-glossary/ai-token

liittyvät mittaukset erottuvat tuloksissa ryppäinä, jotka ovat tosin osin päällekkäin.

Olennainen havainto oli, että tiettyyn tarkoitukseen suunnitellut mallit kuluttavat merkittävästi vähemmän energiaa kuin yleisen mallin käyttö samaan tarkoitukseen. Esimerkiksi tiivistelmien teossa tehtävään suunnitellut mallit tuottavat 4–10 gCO₂eq tuhannelle toimelle ja yleiset mallit 20–30 gCO₂eq samalla tehtävälle. Tämä on sinänsä ymmärrettävää, koska tehtävään suunnitellun mallin koko oli korkeintaan 600 miljoonaa parametria, kun taas suurimmat yleismallit olivat kooltaan noin 11 miljardia parametria.

Tulee toki huomata, että testiasetelma on kokonaisuudessaan merkittävästi yksinkertaisempi kuin pilvessä ajettujen isojen kielimallien käyttö, missä kuormitus on suurempaa. Lisäksi tekoälymallien tarjonta on moninaisempaa ja niitä löytyy hyvin erilaisia käyttötapauksesta liittyen – tekoäly voi olla vaikkapa lainapäätöksiä tekevä regressiomalli.

Opettamisen energiankulutus

Ajoaikaisen energiankulutuksen lisäksi tekoälyjärjestelmissä täytyy ottaa huomioon myös opetusdatan kokoamisen, siivoamisen ja järjestelyn sekä varsinaisen mallin opettamisen energiankulutus.

Valitettavasti tästä ei ole vielä juurikaan tietoa saatavilla yleisesti pilvipalveluna käytössä olevien mallien suhteen. Jos tekoälyä opettaa itse, opettamisen energiankulutus kannattaa mitata ja miettiä keinoja pienentää sitä. Yksi suoraviivainen tapa vähentää päästöjä oman yrityksen kannalta on opettaa malli pienen hiili-intensiteetin energiantuotannon maissa. Suomi ja muut Pohjoismaat ovat hyviä kandidaatteja tähän. Toki kannattaa muistaa, että maailman energiankulutus kasvaa edelleen nopeammin kuin uusiutuvien tuottaminen, joten on olennaista myös säästää energiaa siellä missä mahdollista.

Tiivistettynä

- 1** Loppukäyttäjien laitteiden määrä kasvaa, mikä lisää energiankulutusta. Laitteet eivät ole kestäviä, korjattavia tai kierrätettäviä, ja niiden elinkaari on lyhyt. Lisäksi ohjelmistojen tehottomuus vaikuttaa laitteiden käyttöikään ja uusien hankintaan, mikä lisää ympäristövaikutuksia.
- 2** Tiedonsiirron määrä kasvaa nopeasti, erityisesti videoiden kulutuksen myötä. Yleisesti otettuna, verkkosivustojen koko on moninkertaistunut, ja datan kysyntää ei ole rajoitettu tehokkaasti. Tämä lisää energiankulutusta, koska suuremmat ja monimutkaisemmat verkkopalvelut vaativat enemmän resursseja.
- 3** Datakeskusten määrä kasvaa vastatakseen tietoliikenteen tarpeisiin, mutta energiankulutus on pysynyt vakiona osittain energiatehokkuuden paranemisen ja uusiutuvan energian käytön ansiosta. Pilvipalvelujen ympäristövaikutuksia on vaikea arvioida avoimuuden puutteen vuoksi. Lisäksi päästöraportointi on epäyhtenäistä.
- 4** Tekoälyn käyttö on lisääntynyt merkittävästi, ja sen energiankulutuksesta on alettu saada ensimmäisiä tutkimustuloksia – erikoistuneet mallit kuluttavat vähemmän energiaa kuin yleismallit vastaavassa ympäristössä. Opetusdatan käsittely ja mallin koulutus lisäävät kokonaispäästöjä, mikä tekee tekoälyteknologian ympäristövaikutusten arvioinnista haasteellista.

6 Energiatehokkuuden mittaaminen

Ohjelmistojen energiatehokkuutta voitaisiin parantaa merkittävästi lisäämällä tehokkuus yhdeksi suunnitteluperiaatteeksi⁷⁴. Ohjelmistojen energiankulutusta ja päästöjä voidaan vähentää valitsemalla oikeat arkkitehtuurit, optimoimalla ohjelmistoja ja algoritmeja, valitsemalla tehokkaampia ohjelmointikieliä⁷⁵ ja kääntäjiä, optimoimalla käyttöjärjestelmiä, aikataulutushjelmiä ja kuorman tasaajia sekä hallitsemalla datakeskusjärjestelmien käyttöönottoa⁶⁷.

Ohjelmiston arkkitehtuurilla on merkittävä vaikutus ohjelmiston energiatehokkuuteen⁷⁶. Lisäksi käyttöönottomalleilla ja työmäärän jakautumisella loppukäyttäjän laitteen ja pilven/tietokeskuksen välillä voi olla huomattava vaikutus energiankulutukseen⁷⁷.

6.1 Yleinen tehokkuus

Ohjelmiston energiatehokkuus ja yleinen tehokkuus ovat sidoksissa toisiinsa – mitä tehokkaammin ohjelmisto toimii, sen vähemmän se tyypillisesti kuluttaa energiaa. Eli kaikki ohjelmistojen tehokkuuden mittaamiseen käytettävät välineet, joita löytyy merkittävä määrä, ovat käytettävissä. Niillä ei kuitenkaan saada

⁷⁴ E. Capra, C. Francalanci, and S. A. Slaughter, "Is software 'green'? Application development environments and energy efficiency in open source applications," *Information and Software Technology*, vol. 54, no. 1, pp. 60–71, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.infsof.2011.07.005.

⁷⁵ R. Pereira et al., "Ranking programming languages by energy efficiency," *Science of Computer Programming*, vol. 205, p. 102609, May 2021, doi: 10.1016/j.scico.2021.102609.

⁷⁶ Jagroep, E., van der Werf, J.M., Brinkkemper, S. et al. Extending software architecture views with an energy consumption perspective. *Computing* 99, 553–573 (2017).
doi.org/10.1007/s00607-016-0502-0.

⁷⁷ D. A. Temesgene, "Cyber foraging for green computing, improving performance and prolonging battery life of mobile devices," Lappeenranta University of Technology, 2016.

tarkkaa ymmärrystä energiankulutuksen muutoksista, mutta ne voivat olla täysin riittäviä tehokkuuden varmistamiseksi.

Tällaisten työkalujen hallinta kuuluu ohjelmistokehittämisen normaaliin osaamiseen ja niiden käyttöä tulee vaatia osana projektitoimitusta tai testausta. Tässä oppaassa ei tarkemmin pureuduta näihin työkaluihin ja prosesseihin.

6.2 Energiatehokkuus

Tehokkuushyötyjen ymmärtämiseksi on ensin kehitettävä energiatehokkuuden mittari, joka on merkityksellinen kyseisen sovelluksen kannalta⁷⁴. Mitattaessa kannattaa pyrkiä simuloimaan sovelluksen todellisia käyttötapauksia mahdollisimman aidolla ja tuotantokäyttöä vastaavalla datalla. Käsiteltävän datan määrien tulisi myös vastata todellista tilannetta.

Ohjelmistojen energiatehokkuuden mittaaminen on haastavaa useista syistä: ohjelmistojen monimuotoisuus, kerrokselliset arkkitehtuurit, jotka piilottavat toteutuksen yksityiskohdat ja käytetyn laitteiston, sekä standardien puute⁷⁸.

Yleisesti ottaen mittaustoimet voidaan jakaa kahteen luokkaan: black box -mittauksiin, joissa järjestelmää mitataan ulkopuolelta ymmärtämättä, miten se tarkalleen ottaen toimii, ja white box -mittauksiin, joissa keskitytään lähdekoodin instrumentointiin ja voidaan paikallistaa resurssi-intensiiviset osat⁷⁹.

Black box -mittaukset ovat riippuvaisia ohjelmistosta, joten niiden tuloksia ei voida yleistää. White box -mittaukset sen sijaan aiheuttavat kehittäjille suuria kustannuksia ympäristön perustamisesta ja asianmukaisten mittausten kehittämisestä, erityisesti monimutkaisten ohjelmistojen osalta. Tällä hetkellä tähän tarkoitukseen ei ole saatavilla valmiita ohjelmistoja, sillä suurin osa tutkimuksista on päättänyt kehittää omat mittaustyökalunsa kulloistakin ongelmaa varten⁸⁰.

⁷⁸ G. Kalaitzoglou, M. Bruntink, and J. Visser, "A practical model for evaluating the energy efficiency of software applications," in Proceedings of the 2014 conference ICT for Sustainability, Paris, France: Atlantis Press, 2014. doi: 10.2991/ict4s-14.2014.9.

⁷⁹ T. Johann, M. Dick, S. Naumann, and E. Kern, "How to measure energy-efficiency of software: Metrics and measurement results," in 2012 First International Workshop on Green and Sustainable Software (GREENS), IEEE, Jun. 2012, pp. 51–54. doi: 10.1109/GREENS.2012.6224256.

⁸⁰ S. Nurmivaara, "Green in Software Engineering: A Systematic Literature Review," Master of Science, University of Helsinki, 2023.

Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että energiatehokkuutta ei kannattaisi yrittää mitata. Markkinoilta löytyy erilaisia valmiita, tiettyihin tarpeisiin soveltuvia ratkaisuja sekä kaupallisina tuotteina että avoimen lähdekoodin toteutuksina. Asiansa osaa-va toimittaja osaa etsiä tai jopa suositella erilaisia ratkaisuja, vähintäänkin niitä tarjouksessa vaadittaessa.

Moderneista laitteista löytyy mahdollisuus mitata prosessorien energiankulutusta joko kokonaisuudessaan (Intelin RAPL-rajapinta⁸¹) tai per prosessi (Apple powermetrics⁸²). Näiden työkalujen suora käyttö vaatii syvää teknistä osaamista, mutta niiden päälle on rakennettu erilaisia ratkaisuja.

Yksi käytännön sovellus näille mittauksille on Firefox Profiler⁸³, jolla voidaan mitata web-sovellusten energiankulutusta selaimessa. Vastaavasti Kepler⁸⁴ mittaa kontitettujen palvelujen energiankulutusta, joten sitä voidaan käyttää esimerkiksi palvelinsovellusten ja mikropalvelujen kulutuksen selvittämiseen.

Yleiskäyttöisen, kaikille ohjelmistoille sopivan mittausympäristön luominen on haastavaa, koska se on kallista, vaatii paljon työvoimaa, ei ole skaalautuvaa ja koska laitteistopohjainen profilointi on erittäin tarkkaa vain siinä laitteessa, jota varten se on kehitetty. Lisäksi ohjelmistopohjaiseen profilointiin vaikuttaa käytettävissä olevien sensorien, kuten akun jännitetaso tai älykkään akun antureiden, tarkkuustaso⁸⁵. Edellä mainittuja ongelmia pahentavat lisäksi käyttöjärjestelmätuen rajoitukset, suuri profiloinnin yleiskustannus ja kompromissi tarkkuuden ja profilointinopeuden välillä.

Lopuksi on syytä todeta, että vaikka mittaaminen ei onnistuisikaan, niin ohjelmiston optimointiin ja tehokkuuteen kannattaa kiinnittää huomiota joka tapauksessa. Samalla kannattaa miettiä erilaisia toimivia strategioita ja malleja mittaukseen, jotta energiatehokkuus voitaisiin todentaa mittauksilla.

⁸¹ What is RAPL?, <https://greencompute.uk/Measurement/RAPL>

⁸² How to See Individual Core CPU Usage on Mac with powermetrics, osxdaily.com/2024/07/05/how-to-see-individual-core-cpu-usage-on-mac-with-powermetrics

⁸³ Firefox Profiler, profiler.firefox.com

⁸⁴ github.com/sustainable-computing-io/kepler

⁸⁵ R. W. Ahmad, A. Gani, S. H. A. Hamid, F. Xia, and M. Shiraz, "A Review on mobile application energy profiling: Taxonomy, state-of-the-art, and open research issues," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 58, pp. 42–59, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.jnca.2015.09.002.

Tiivistettynä

- 1** Ohjelmistojen energiatehokkuutta voidaan lisätä optimoimalla arkkitehtuureja, sovelluksia, algoritmeja, ohjelmointikieliä, käyttöjärjestelmiä ja datakeskusjärjestelmien hallintaa.
- 2** Energiatehokkuuden mittaaminen on haastavaa ohjelmistojen monimuotoisuuden ja standardien puutteen vuoksi. Mittaukset jaetaan black box -menetelmään (ulkoisesti mitattavat) ja white box -menetelmään (lähdekoodin instrumentointi).
- 3** Yleisen mittausympäristön luominen on kallista ja vaikeasti skaalattavaa. Mittaustuloksiin vaikuttavat laitteistoprofiloinnin rajoitukset, sensorien tarkkuus ja käyttöjärjestelmien rajoitukset.

7 Ohjelmistojen energiankulutuksen vähentäminen

Kuten aiemmissa kappaleissa on keskusteltu, energiankulutuksen vähentäminen on oleellista ja sen tulisi tapahtua nopeasti. Käytännössä IT-alan energiankulutusta kasvattaa sekä käyttäjien ja käytön määrän kasvu että ohjelmistojen paisyminen. Käytön kasvua on hankalampaa yksittäisen yrityksen estää, mutta hankittujen ohjelmistojen energiankulutukseen on mahdollista puuttua.

Ei ole yksittäistä keinoa, jolla voidaan vähentää kaikkien ohjelmistojen energiankulutusta, vaan keinot tulee katsoa ohjelmistokohtaisesti, arkkitehtuurin, tietomallien ja toimintojen mukaisesti.

Wilco Burggraaf on kirjoittanut artikkelin *The 12 Principles of Sustainable IT: Rethinking the Future of Technology*⁸⁶, jossa on erinomaisia huomioita ohjelmistojen vastuulliseen kehittämiseen liittyen:

- **Kestävyys ei ole rajoite, vaan optimointimahdollisuus.** Tehokkuus ei tarkoita vain nopeutta tai halpuutta, vaan myös resurssien järkevää käyttöä. Kestävä kehitys on teknologinen haaste, joka vaatii älykkäämpää ohjelmistoa ja energiatehokasta infrastruktuuria.
- **Rakenna muutosta varten.** IT-järjestelmien on mukauduttava kehityviini säästöihin, energiaratkaisuihin ja teknologioihin. Kestävä ohjelmisto ei vanhene nopeasti, vaan sopeutuu ajan myötä.
- **Mittaa vaikutusta, mutta älä anna mittareiden määrittää onnistumista.** Hiilijalanjäljen, energiankulutuksen ja laitteiden eliniän seuranta

⁸⁶ medium.com/@wilco.burggraaf/the-12-principles-of-sustainable-it-rethinking-the-future-of-technology-ea1f59f3f3b7

on tärkeää, mutta pelkkä lukuihin keskittyminen voi jättää huomiotta isommat vaikutukset.

- **Vähennä monimutkaisuutta, mutta muista että ohjelmistot eivät ole yksinkertaisia.** Liiallinen monimutkaisuus tuhlaa resursseja, mutta yksinkertaisuuden pakottaminen voi tehdä järjestelmistä tehottomia. Kestävä järjestelmä on optimoitu, mutta joustava.
- **Ajattele elinkaarta käyttöönoton lisäksi.** Teknologian kestävyys ei ole vain nopeaa käyttöönottoa, vaan sen koko elinkaaren huomioimista – valmistuksesta käytöstä poistoon.
- **Energiatehokkuus on tärkeää, mutta myös ajoitus ratkaisee.** Sähkön hiilijalanjälki vaihtelee. Kestävä järjestelmä käyttää energiaa fiksusti – siirtämällä laskentatehtävät ajankohtiin, jolloin sähköntuotanto on vihreämpää.
- **Laitteiden tehokkuus on nopeuden lisäksi myös pitkäikäisyyttä.** Sen sijaan, että jatkuvasti päivitetään uuteen, tulisi kehittää ohjelmistoja, jotka pidentävät olemassa olevien laitteiden käyttöikää ja vähentävät e-jätettä.
- **Vähennä hukkaa, mutta älä optimoi liikaa.** Ylioptimoitu järjestelmä voi muuttua liian jäykäksi. Kestävä kehitys tarkoittaa skaalautuvuutta ja muokattavuutta, ei vain tehokkuuden maksimointia.
- **Tee kestävyydestä kaikkien vastuulla oleva periaate.** Kestävyys ei ole vain yhden tiimin tehtävä – jokaisen, kehittäjistä tuotepäälliköihin, on tehtävä päätöksiä, jotka tukevat pitkäikäisiä ja energiatehokkaita ratkaisuja.
- **Uudelleenarvioi suorituskyky – kaiken ei tarvitse tapahtua heti.** Välitön suorituskyky lisää energiankulutusta. Kaikkea ei tarvitse käsitellä reaaliajassa – joskus kestävin ratkaisu on viiveen salliminen ja resurssien järkevä käyttö.
- **Automatisoi harkiten.** Automaation tehokkuus riippuu siitä, kuinka viisaasti sitä käytetään. Kaikkien prosessien ei tarvitse pyöriä jatkuvasti, vaan niitä tulisi optimoida tarpeen mukaan.

- **Arvioi, opi ja mukauta jatkuvasti.** Kestävyys ei ole pysyvä tavoite, vaan jatkuva prosessi. Uudet teknologiat ja tutkimustulokset muuttavat parhaita käytäntöjä, joten järjestelmien on kehityttävä mukana.

7.1 Suunnittelu

Ohjelmistoihin liittyvä suunnittelutyö asettaa raameja varsinaiselle toteutukselle ja energiankulutuksen huomiointi suunnitteluvaiheessa on ensiarvoisen tärkeää.

Suunnittelu jakaantuu konseptuaaliseen, visuaaliseen ja tekniseen suunnitteluun:

- **Konseptuaalisessa suunnittelussa** määritetään ohjelmiston toiminnallisuudet ja niiden tarkempi toiminta, reagointi käyttäjän toimiin ja käyttäjän kulkemat polut ohjelmiston sisällä. Ohjelmiston konsepti voi vaikuttaa merkittävästi energiankulutukseen ja muihin ohjelmiston vastuullisuusvaikutuksiin, joten sitä kannattaa rakentaa ja arvioida myös vastuullisuuden näkökulmasta.
- **Visuaalisessa suunnittelussa** rakennetaan ohjelmiston käyttöliittymät ja luodaan haluttu käyttäjän kokemus käyttökokemus. Käyttöliittymien suurin merkitys energiankulutukselle on käyttäjän kokemus selkeys ja virheiden vähentyminen, jotka molemmat vähentävät ohjelmiston parissa vietettyä aikaa ja sitä myöten energiankulutusta.
- **Teknisessä suunnittelussa** kehitetään ohjelmiston arkkitehtuuria, tunnistetaan tarvittavat komponentit ja suunnitellaan niiden sisäinen rakenne sekä komponenttien välinen yhteistoiminta. Samalla määritetään tietomallit, valitaan tärkeimmät algoritmit ja sovitaan integraatioista. Teknisellä suunnittelulla on merkittävä vaikutus ohjelmiston energiankulutukseen ja siinä tulee ehdottomasti huomioida energiatehokkuusnäkökulmat.

7.2 Hukka ja sen poistaminen

Jokainen sovellus on omanlaisensa yksilö omien vahvuuksiensa ja heikkouksiensa suhteen. Jotta asiaa voi lähestyä analyyttisemmin, sitä voidaan jäsentää lean-menetelmistä tutun hukan (waste) avulla⁴⁹.

Leanissa "hukalla tarkoitetaan ylimääräisiä, tuottamattomia toimintoja, jotka hidastavat prosessia tai tuottavat tarpeettomia kustannuksia."⁸⁷

Energiatehokkuuden kannalta hukka voidaan määritellä ylimääräisiksi, tuottamattomiksi toiminnoiksi, jotka kuluttavat tarpeettomasti energiaa. Kuten leanisakin, energiahukkaa on erilaisia.

Erilaisten hukkien käsittelyssä oletetaan, että sovellus on sinänsä toteutettu oikein. Jos sovellus tekee tuhat turhaa tietokantakyselyä väärin kirjoitetussa silmukassa jokaisessa operaatiossaan, kyse on ensisijaisesti ohjelmointivirheestä eikä pelkästä hukasta. Hukka on enemmän ajattelemisen tai toteutuksen laiskuutta kuin varsinaisia virheitä ja hukan poistaminen on hyvin harvoin suoraviivaista.

7.2.1 Esimerkkejä hukasta

Erilaisia hukkia on suuri määrä ja niiden merkitys energiatehokkuuden kannalta vaihtelee merkittävästi ohjelmiston luonteesta, käyttötavasta ja sen ympärillä olevasta kokonaisarkkitehtuurista riippuen.

- **Turhat ohjelmistot** – ohjelmistot, jotka eivät enää palvele mitään tarkoitusta, kuluttavat turhaan resursseja ja tulisi poistaa käytöstä. Talousosaston kanssa tehtävä kartoitus voi auttaa tunnistamaan ja karsimaan tarpeettomia ohjelmistoja.
- **Käyttö väärään tarkoitukseen** – ohjelmistojen käyttö alkuperäisestä tarkoituksesta poikkeavasti voi aiheuttaa tehokkuusongelmia ja tarpeetonta kuormitusta. Jos sovellus ei tue vaadittuja toimintoja, se voi hidastaa työntekoa ja aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Tätä ei kuitenkaan tule sotkea ohjelmistoon, josta puuttuu tarvittavia ominaisuuksia – ongelma ei ole silloin pelkästään hukka vaan myös sovelluksen sopimattomuus käyttöön.
- **Käyttäjien virheet** – Käyttäjävirheet lisäävät turhaa työkuormaa ja energiankulutusta, joten sovelluksen tulisi ennaltaehkäistä niitä selkeällä käyttöliittymällä ja saavutettavuuden huomioimisella. Parhaat ratkaisut poistavat virhemahdollisuuden kokonaan.
- **Väärä arkkitehtuuri** – Huonosti suunniteltu tai vanhentunut arkkitehtuuri lisää sovelluksen monimutkaisuutta, energiankulutusta ja virhe-

⁸⁷ fi.wikipedia.org/wiki/Lean

alttiutta. Arkkitehtuurin korjaaminen on työlästä, mutta voi olla välttämättömyyden pitkän aikavälin tehokkuuden kannalta.

- **Tietomallit tuottamassa hukkaa** – Tehottomat tai puutteelliset tietomallit voivat vaikeuttaa tiedon käsittelyä ja lisätä järjestelmän kuormitusta. Oikean tietomallin valinta on kriittistä, koska sen muuttaminen jälkikäteen voi olla vaikeaa ja riskialtista.
- **Turha tieto** – Sovelluksiin kertyy usein tarpeetonta tietoa, joka kasvattaa tallennuskustannuksia ja hidastaa järjestelmää. Tietomallien tulisi mahdollistaa vanhan tiedon hallittu poisto resurssitehokkuuden ja GDPR-vaatimusten täyttämiseksi.
- **Optimoimaton tieto** – Tiedonsiirron optimointi vähentää energiankulutusta ja parantaa suorituskykyä. Tämä voidaan saavuttaa rajoittamalla siirrettyä tietoa, optimoimalla tiedostomuotoja ja hyödyntämällä väliasteita tehokkaasti.
- **Tiedonsiirto varmuuden vuoksi** – Tietoa siirretään usein tarpeettoman monta kertaa varmuuden vuoksi, mikä lisää energiankulutusta. Synkronointikirjastot ja hajautetut protokollat voivat vähentää tätä, mutta niiden käyttöönotto monimutkaistaa kehitystä ja voi lisätä virheriskejä.
- **Algoritmillinen tehottomuus** – Ohjelmistojen tehokkuuteen vaikuttavat suuresti valitut algoritmit ja tietorakenteet. Vaikka tehokkaammat ratkaisut voivat olla monimutkaisempia, kriittisten solmukohtien optimointi tuo suurimmat säästöt.
- **Harhaanjohtaminen** – Käyttäjää saatetaan tarkoituksellisesti tai tahattomasti johtaa harhaan palveluissa, mikä voi aiheuttaa turhaa energiankulutusta. Hyvä UX-suunnittelu ja käyttäjätutkimukset auttavat välttämään harhaanjohtavia ratkaisuja.
- **Liikaa koodia** – Sovelluksissa käytetään usein liikaa kirjastoja, joista vain pieni osa on tarpeellista. Paketointityökalut ja huolellinen kirjastovalinta voivat vähentää tarpeetonta koodimäärää ja parantaa suorituskykyä, mutta toisaalta monimutkaistaa kehitystä.
- **Tehoton ohjelmointikieli** – Ohjelmointikielten tehokkuudessa ja soveltuvuudessa eri tarkoituksiin on suuria eroja, ja esimerkiksi C, Rust ja C++ ovat energiatehokkaimpia. Tämä voi osaltaan monimutkaistaa kehitystyötä ja vaatii toteuttajilta usean kielen hyvää hallintaa. Kielen vaihtami-

sen sijaan on usein tehokkaampaa optimoida nykyistä koodia ja käyttää tehokkaita ajoympäristöjä.

- **Hukka ohjelmiston käynnistyessä** – Ohjelmiston käynnistyksen yhteydessä kannattaa tehdä vain välttämättömät toimet. Nopea käynnistyminen voi mahdollistaa resurssitehokkaamman arkkitehtuurin, kuten cold standby -ratkaisun.
- **Turhat turhuudet** – Sovellusten ylimääräiset visuaaliset efektit ja animaatiot voivat lisätä energiankulutusta ilman todellista hyötyä käyttäjälle. Suunnittelussa tulisi keskittyä toiminnalliseen hyötyyn eikä tarpeetomaan "silmäkarkkiin". Kannattaa kuitenkin huomata, että sovelluksen estetiikalla on merkitystä hyväksynnän kannalta ja rumuuteen asti sovelusta ei tule riisua.

Näitä on käsitelty tarkemmin Exoven julkaisemassa kirjassa [Vihreä koodi](#), jonka voit ladata ilmaiseksi.

7.3 Minimointi

Sovellusten energiatehokkuutta voi lähestyä myös minimoinnin kautta. Tällöin yritetään laatia mahdollisimman kompakti ratkaisu, joka kuitenkin täyttää sille esitetyt välttämättömät tarpeet.

Minimointi vaatii hyvää ennakkosuunnittelua. Jokainen tarve tulee kyseenalaistaa ja miettiä, voidaanko pärjätä ilman kyseisen tarpeen täyttämistä. Mutta aidosti tärkeät toiminnot tulee kuitenkin toteuttaa, sillä jos minimoinnin tuloksena syntyy vain puolikas ohjelmisto, jota joudutaan korjaamaan myöhemmin, todennäköisyys tehottomuuteen kasvaa nopeasti. Sen sijaan hyvin suunniteltu minimaalinen ratkaisu on tyypillisesti elegantti toteuttaa ja suoraviivainen käyttää. Jotta minimoinnissa voidaan ylipäänsä onnistua, sekä liiketoiminnan että käyttäjien tarpeet tulee tuntea riittävän yksityiskohtaisella tasolla.

Erityisen hyvin minimointi toimii tilanteissa, joissa ratkaistavat haasteet ovat tarkasti määritettävissä. Lisäksi niiden vertailu lukujen avulla helpottaa suuruusluokkien ymmärtämistä ja päätöksiä ei tehdä omien ajatusten vinoumien ja pintymien kautta.

Kun palvelun päätarkoitus on keskiössä, palvelusta tulee selkeä ja käyttäjäkokemus paranee. Samalla konversiot kasvavat ja käyttäjäpolut lyhenevät, mikä

parantaa sekä liiketoiminnan tuloksia, energiatehokkuutta että käyttäjien kokemusta.

Tarpeiden karsimisen lisäksi kohderyhmän rajaaminen helpottaa minimointia, koska samalla rajataan pois erilaisia käyttöskenaarioita. Rajaus kannattaa tehdä rooleittain, eli esimerkiksi tarjotaanko palkanlaskijoille suunnatussa palvelussa näkymiä myös johdolle ja työntekijöille, vai hoidetaanko heidän tarpeet jotakin muuta kautta. Asiantuntijoille ja muille pro-käyttäjille voidaan lisäksi laatia omia käyttöliittymiä palvelun pääfokuksen ympärille, jolloin ne eivät sotke peruskäyttäjien tarpeiden tyydyttämistä.

Kannattaa myös huomioida, että liiallinen karsinta voi johtaa tilanteeseen, jossa minimoitua ratkaisua joudutaan kiertämään tai käyttämään väärin. Tällöin minimoinnilla ollaankin sahattu omaa oksaa ja lopputulos voi olla energiankulutuksen kannalta huonompi.

Erityisesti kuluttajapalveluissa on erittäin tärkeää pitää huoli, että kohderyhmän rajauksella ei kavenneta jonkun ihmisryhmän mahdollisuuksia käyttää palvelua, koska silloin saatetaan päätyä syrjintään. Esimerkiksi saavutettavuuden poistaminen sovelluksen vaatimuksista ei ole järkevää minimointia.

Minimoinnin etuna on sovelluksen yksinkertaistuminen, jolloin tarvitaan lyhyempiä käyttäjäpolkuja, vähemmän toimintoja ja niiden virhetilanteiden varmistuksia, käyttöliittymä on selkeämpi ja vähemmän virheherkkä ja käyttäjän kognitiivinen kuorma jää pienemmäksi, sovelluksen tarjotessa rajoitetummin visuaalisia viestejä.

7.4 Green Software Patterns

Green Software Foundation julkaisi elokuussa 2022 Green Software Patterns -kataloginsa⁸⁸, joka sisältää ohjelmiston suunnittelumalleja päästöjen vähentämiseksi. Katalogi tarjoaa käytännönläheisiä ja välittömästi sovellettavia ratkaisuja erilaisiin ohjelmoinnissa tunnistettaviin tilanteisiin. Suunnittelumallit eivät ole yleispäteviä, vaan oikeat valinnat voivat vaihdella teknologioiden välillä. Esimerkiksi tekoälylle toimiva suunnittelumalli ei välttämättä sovi verkkosovelluksiin.

⁸⁸ Green Software Patterns, patterns.greensoftware.foundation

Mallien vaikutus vaihtelee myös. Tätä on pyritty kuvaamaan mallien esittelyteksteissä, mutta lopullinen vaikutus riippuu myös ympäristöstä, jossa mallia pyritään soveltamaan.

Kuka tahansa voi myös ehdottaa uusia suunnittelumalleja, jotka käyvät läpi lyhyen arviointiprosessin. Näin käyttäjät voivat luottaa katalogiin päätyneiden suunnittelumallien soveltamisen vähentävän ohjelmistojen päästöjä.

Tällä hetkellä suunnittelumalleja löytyy tekoälylle, pilvipalveluille ja web-sovelluksiin.

7.5 Hiili-intensiteetin huomioiminen

On olemassa kirjastoja ja muita vastaavia ratkaisuja, joilla sovelluksen toimintaa voidaan mukauttaa saatavilla olevan energian hiili-intensiteetin⁸⁹ mukaan. Esimerkiksi Grid Aware SDK⁹⁰ tai Carbon Aware Computing⁹¹ tarjoavat erilaisia ratkaisuja selvittää energian hiili-intensiteettiä ja tehdä sen mukaisesti päätöksiä.

Green Software Foundation Grid Aware Websites⁹² -projektissa laaditaan vastaavaa ratkaisua webbisivuille. Todettakoon, että tämän oppaan kirjoittaja toimii projektin neuvonantajana.

Ratkaisuissa ei puututa niinkään energiankulutukseen vaan pyritään siirtämään se mahdollisimman vähäpäästöisiin hetkiin. Uudistuvan energian tuotannon kasvun myötä energian hiili-intensiteetti vaihtelee merkittävästi olosuhteiden mukaisesti. Raskaamman laskennan siirtäminen pienempien päästöjen kohdalle on sinänsä järkevää. Haasteeksi mallissa tulee mahdollinen laitteiston määrän kasvu, jos siirtoa tapahtuu suuressa mittakaavassa.

Toinen vaihtoehto on lykkäämisen sijasta jättää kokonaan asioita tekemättä, mutta tällöin voi tietysti kysyä, että voisiko ne jättää tekemättä myös energian ollessa puhdasta.

⁸⁹ What is carbon intensity? nationalgrid.com/stories/energy-explained/what-is-carbon-intensity

⁹⁰ Carbon-Aware SDK, github.com/Green-Software-Foundation/carbon-aware-sdk

⁹¹ Carbon Aware Computing, carbon-aware-computing.com

⁹² Grid-aware websites, thegreenwebfoundation.org/news/introducing-our-grid-aware-websites-project

7.6 Käytännön ratkaisuja

Ajatusmallien lisäksi löytyy myös käytännön ratkaisuja, joilla ohjelmistojen energiankulutusta voidaan hillitä:

- **Tallennetun tiedon minimointi** – Sovelluksen tietomallia kannattaa keventää poistamalla tarpeeton ja vanhentunut tieto, rajoittamalla käyttäjän syötteitä sekä hyödyntämällä tehokkaita tallennusformaatteja. Kuvien ja videoiden optimointi sekä analytiikkatiedon hallittu säilytys vähentävät tiedon määrää. Tiedon kylmävarastointi voi olla vaihtoehto silloin, kun tietoa ei voida kokonaan poistaa.
- **Siirretyn tiedon minimointi** – Tiedonsiirtoa voi vähentää harventamalla siirtoväliä, pakkaamalla tietoa, valitsemalla energiatehokkaita protokollia ja siirtomuotoja sekä välttämällä tarpeettomia HTTP-uudelleenohjauksia ja -otsakkeita. Vain muuttuneen tiedon siirron siirtäminen, esitystiedon tuottaminen päätelaitteessa ja tiedonsiirron yhdistäminen voivat vähentää datan määrää ja energiankulutusta.
- **Koodin vähentäminen** – Sovelluksen kuollut koodi kannattaa poistaa, kirjastoja ja ominaisuuksia karsia ja sovelluksen kokoa pienentää. Eri ympäristöihin käännettävä ohjelmisto voi olla kevyempi, jos se optimoidaan kullekin alustalle erikseen. Koodin hallittu keventäminen voi nopeuttaa sovellusta ja pienentää sen resurssitarvetta.
- **Sovelluksen tehokkuuden parantaminen** – Oikeiden algoritmien ja tietorakenteiden valinta parantaa suorituskykyä ja vähentää energiankulutusta. Optimoimalla kriittiset kohdat ja välttämällä ennen aikaista optimointia voidaan saavuttaa tehokkuutta ilman turhaa monimutkaisuutta. Refaktorointi, ajoympäristön ja ohjelmointikielen optimointi sekä taustajon huomiointi voivat parantaa sovelluksen ekotehokkuutta.
- **Ulkoisten ratkaisujen käyttö** – Sisällönjakeluverkot (content delivery networks, CDN), välimuisti- ja kuormantasausratkaisut voivat vähentää palvelimen kuormitusta ja nopeuttaa tietojen toimitusta käyttäjille. Nämä ratkaisut voivat parantaa suorituskykyä tai energiatehokkuutta, mutta vaativat huolellista suunnittelua ja tasapainottamista.

Näitä on käsitelty tarkemmin Exoven julkaisemassa kirjassa [Vihreä koodi](#), jonka voit käydä lataamassa ilmaiseksi.

Tiivistettynä

- 1** Ohjelmistojen energiankulutusta lisäävät turhat toiminnot, väärin käytetyt ohjelmistot, huonosta käytettävyydestä johtuvat käyttäjien tekemät virheet ja huono arkkitehtuuri. Näiden ongelmien minimointi parantaa tehokkuutta ja vähentää tarpeetonta energiankulutusta.
- 2** Ohjelmistojen energiatehokkuutta voidaan parantaa minimoimalla tarpeettomia ominaisuuksia ja tiedon määrää sekä keskittymällä ydintoiminnallisuuteen. Hyvin suunniteltu, selkeä ratkaisu vähentää sekä käyttäjien että järjestelmän kuormitusta.
- 3** Green Software Foundationin julkaisemien suunnittelumallien avulla voidaan vähentää ohjelmistojen päästöjä. Mallit tarjoavat käytännön ratkaisuja eri teknologioille, kuten tekoälylle, pilvipalveluille ja verkkosovelluksille.
- 4** Tiedon tallennuksen ja siirron optimointi, ylimääräisen koodin vähentäminen sekä tehokkaiden algoritmien ja tietorakenteiden hyödyntäminen parantavat ohjelmiston suorituskykyä ja pienentävät sen energiankulutusta.
- 5** Erilaiset ulkoiset palvelut, kuten sisällönjakeluverkot, välimuistit ja kuormantasaukset voivat vähentää palvelimen kuormitusta, parantaa suorituskykyä tai vähentää energiankulutusta, kun niitä käytetään oikein.

8 Toimittajan hiilijalanjälki

Toimittajan hiilijalanjälki on merkityksellistä erityisesti palveluiden vastuullisessa ostamisessa. Laitteiden ja muiden fyysisten tuotteiden hiilijalanjälki on yleensä laskettu vastuullisten toimittajien puolesta valmiiksi, mutta palveluissa tilanne ei ole yhtä hyvä. Oman hiilijalanjäljen laajuusalan (scope) kolme, joka sisältää arvo- ketjusta ja hankinnoista aiheutuvat päästöt, laskennassa on olennaista tietää ostet- tujen palveluiden ja tuotteiden hiilijalanjäljet.

Ostajan kannalta helpointa on vaatia toimittajaa tuottamaan laskelma jalanjäljestä. Laskelma tulee kuitenkin tarkastaa ja laskennassa käytettyjen metodien ja raja- aus- ten tulisi olla yhteensopivia oman jalanjäljen laskennan kanssa.

8.1 Yleistä hiilijalanjäljen laskemisesta

Hiilijalanjäljen laskenta on monimutkainen prosessi, jossa huomioidaan laaja kirjo tekijöitä, kuten laskennan rajaukset, käytettävät tiedot ja tulosten todentaminen. Laskentaa ohjaavat kansainväliset ohjeistukset ja standardit, kuten GHG Protocol tai ISO 14064. Päästöjen laskeminen on keskeinen askel kohti ilmastoystävällisiä toimintatapoja, ja alkuun pääseminen on tärkeämpää kuin täydellinen tarkkuus heti alussa. Datan tarkkuus kannattaa kuitenkin pitää mielessä, kun sen pohjalta tehdään päätöksiä.

Hiilijalanjäljen mallintamiseen on tarjolla useita metodeja. Eri menetelmillä saa- dut tulokset voivat kuitenkin poiketa toisistaan, mikä tekee vertailusta haastavaa. Läpinäkyvyyden puute laskentamenetelmissä ja käytetyissä päästökertoimissa vaikeuttaa vertailua, vaikka avoimuus olisi ratkaisevaa laskentojen luotettavuuden ja vertailukelpoisuuden kannalta. Yleisiä laskentarajauksia ovat esimerkiksi "keh- dosta hautaan" -malli, jossa huomioidaan kaikki elinkaaren aikaiset päästöt, ja "kehdesta portille" -malli, jossa keskitytään vain raaka-aineiden valmistuksesta tuotantoon asti.

Esimerkiksi ohjelmistokonsultoinnissa kehdosta portille -malli voi olla toimivampi, jolloin ohjelmiston käytönaikaiset päästöt ja sen tuotantoympäristön päästöt jätetään laskematta toimittajan hiilijalanjälkeen. Ne lasketaan ohjelmiston ostajan ja käyttäjän hiilijalanjälkeen.

Euroopan unionissa hiilijalanjälkilaskentaa tukee esimerkiksi tuotteiden ympäristöjalanjälkimenetelmä (PEF), joka arvioi tuotteiden elinkaaren aikaisia ympäristövaikutuksia kuudessatoista eri vaikutusluokassa. PEF-ohjeet määrittelevät kullekin tuoteryhmälle vaaditut lähtötiedot ja arviointimallit ja näin luovat tarkemmat raamit laskennalle. Näiden menetelmien avulla pyritään luomaan yhteisiä ja luotettavia tapoja arvioida ja vähentää tuotteiden ja palveluiden ympäristövaikutuksia.

Hiilijalanjälkilaskennassa käytetään primääri- ja sekundääridataa, jotka täydentävät toisiaan ja vaikuttavat merkittävästi laskennan luotettavuuteen. Primääridata koostuu suorista, tarkasti kerätyistä tiedoista, kuten raaka-aineiden määristä tai energiankulutuksesta, ja sitä saadaan suoraan esimerkiksi raaka-ainetoimittajilta tai valmistusprosesseista. Tämä alkuperäislähteistä peräisin oleva data on keskeistä jokaisessa elinkaaren vaiheessa, sillä se mahdollistaa tarkkojen ja luotettavien päästöarvioiden tekemisen.

Sekundääridata puolestaan perustuu tietokantoihin, tilastoihin tai julkaistuihin yleiskertoimiin, jotka kuvaavat päästöjä esimerkiksi raaka-aineiden tuotannossa, kuljetuksissa tai muissa elinkaarivaiheissa. Sekundääridataa käytetään erityisesti silloin, kun primääridataa ei ole saatavilla, mutta sen luotettavuus riippuu siitä, kuinka avoimesti tiedon keräämiseen käytetty metodologia on saatavilla. Molempien datatyyppeiden laadun varmistaminen on tärkeää, jotta hiilijalanjälkilaskennassa saavutetaan tarkkoja ja vertailukelpoisia tuloksia.

Sekundääridatasta voidaan laskea hiilidioksidipäästöt käyttäen europohjaista päästökerrointa. Päästöt voidaan laskea esimerkiksi kirjanpidon perusteella kertomalla kulutetut eurot tuotteen tai palvelun keskimääräisellä päästökertoimella. Tätä käytetään laskennan helppouden vuoksi tai jos muuta tietoa ei ole saatavilla. Laskentatavan virhemarginaali on suurin.

8.2 Ohjelmistokehittämisen hiilijalanjälki

Kehitystyön hiilijalanjälki on pitkälti vastaava kuin normaalin toimistotyön jalanjälki. Ohjelmistokehittäjät käyttävät tietokoneita vastaavalla tavalla kuin muutkin toimistotyöläiset. Lisäksi tulee laskea sovelluskehitystä tukevien järjestelmien –

versionhallinta, testipalvelimet, tiketöinti, julkaisuputki ("build pipeline") ja niin edelleen – jalanjälki.

Projektit voivat jakaa resursseja, joiden jalanjälki tulisi jakaa käytön mukaisessa suhteessa. Tämä ei välttämättä ole helppoa, joten usein joudutaan tyytymään arvioihin. Olennaista on varmistaa, että jalanjälki jaetaan kokonaisuudessaan, mutta ei kuitenkaan moninkertaisesti.

8.3 Ohjelmiston jalanjälki

Ohjelmiston jalanjälki koostuu käytetystä energiasta ja tarvittavien laitteiden elinkaaripäästöistä. Joskus energiankäyttö sisältyy elinkaareen, joten tässä kannattaa olla tarkkana, ettei tule tehtyä tuplalaskentaa.

Ohjelmiston energiankulutus korreloi pitkälti sovelluksen käyttämän ajoajan kanssa, riippumatta toteutuskielestä. Nopeammin toimiva ohjelmisto on siis energiatehokkaampi. Tässä kannattaa huomata, että sovelluksia tulee ajaa samassa ympäristössä, eli tietokoneen päivittämisen myötä tapahtunut nopeutus ei muuta sovellusta energiatehokkaammaksi.

Samoin siirretyn tiedon määrä vaikuttaa jalanjälkeen siirtotien mukaisesti. On syytä huomata, että osa verkoista – tyypillisesti kiinteät verkot – kuluttavat saman määrän energiaa riippumatta kuinka paljon tietoa siirretään.

Käyttäjien päätelaitteiden energiankulutus ja päästöt voidaan joko sisällyttää tai jättää huomiotta jalanjäljen laskennassa. Päätökseen vaikuttaa esimerkiksi ohjelmiston käyttötapa. Esimerkiksi sisäisessä työkäytössä olevan ohjelmiston päätelaitteiden kulutus tulee laskea mukaan, mutta esimerkiksi yritysasiakkaille tarjottun ohjelmiston päätelaitteiden kulutus voi sisältyä yritysten omiin hiililaskelmiin. Myös kuluttajaohjelmistoissa rajanveto on hankalaa. Oleellista on kuitenkin tehdä päätös suuntaan tai toiseen ja perustella se kirjallisesti, jolloin laskennan auditointi on myöhemmin helpompaa.

8.4 Hiilineutraalius

Käytännössä mikään ohjelmistoihin liittyvä liiketoiminta ei voi itsessään olla hiilineutraalia, vaan se tuottaa aina kasvihuonekaasupäästöjä. Tässä yhteydessä hiilineutraalius tarkoittaa toiminnan hiilijalanjäljen laskemista ja minimointia sekä jäljelle jääneiden päästöjen kumoamista hankkimalla vastaavan määrän ilmasto-

yksiköitä vapaaehtoisilta hiilimarkkinoilta⁹³ – tyypillisesti kompensoimalla tai harvemmin päästöjä vastaavan hiilidioksidimäärän kaappaamisella ja sitomisella. Tulee huomata, että osa kompensoinneista perustuu hiilidioksidin kaappaamiseen ja sitomiseen jotakin tiettyä teknistä prosessia käyttäen, osa taas esimerkiksi metsän kasvuun tai hiilidioksidilähteiden poistamiseen.

Hiilineutraaliuden olennaisena osana on yrityksen kaikkien ilmastopäästöjen laskenta. Kaikki kolme GHG-protokollan laajuusalaa (scope) tulee käydä tarkasti läpi. Olennaisuusanalyysin (materiality analysis) avulla voidaan tunnistaa käytännössä epäolennaisia päästölähteitä, jotka voidaan jättää huomiotta.

Laskennan jälkeen päästöt voi kumota ja näin saavuttaa hiilineutraalius. Ostajan kannattaa kuitenkin varmistaa, että ennen kumoamista yritys on tehnyt riittävästi toimia oman hiilijalanjälkensä minimoimiseksi. Käytetty kumoamisen menetelmä tulee selvittää ja varmistaa, että lopputulos on todellinen, mitattavissa, pysyvä ja lisäinen^{94, 95}. Asiat eivät ole itsestään selviä ja markkinointipuheisiin tulee suhtautua terveellä varauksella. Aiheesta löytyy esimerkiksi Suomen valtion tuottamaa ohjeistusta^{96, 97}. Lisäksi kannattaa huomata, että ilmastoyksiköiden kriteerit ovat muuttuneet ja kiristyneet merkittävästi viimeisten vuosien aikana ja tämä prosessi ei ole vielä päätöksessään.

Ohjelmistoyhtiöille on Suomessa tarjolla Koodia Suomesta ry:n hallinnoima Hiilineutraaliusmerkki⁹⁸, jonka saadakseen yrityksen tulee sitoutua seuraaviin ehtoihin:

- Yritys on Koodia Suomesta -yhdistyksen varsinainen jäsen.

⁹³ Vapaaehtoiset hiilimarkkinat, ym.fi/vapaaehtoiset-hiilimarkkinat

⁹⁴ Mariko Landström, Sitra, Onko päästöjen kompensointi rahastusta?, sitra.fi/blogit/onko-paastojen-kompensointi-rahastusta

⁹⁵ Lisäisyys määritellään perusuran kautta, joka on laskennallinen arvio hiilinielun muutoksista ilman tiettyä toimenpidettä. Vain perusuran ylittävä osa hiilinielua on lisäistä. Perusura tarkoittaa laskennallista arviota päästöjen tai hiilinielun muutoksista ilman tiettyä toimenpidettä. havulatva.fi/mita-lisaisyyys-tarkoittaa

⁹⁶ Ympäristöministeriö, Vapaaehtoiset hiilimarkkinat, ym.fi/vapaaehtoiset-hiilimarkkinat

⁹⁷ Laine, Anna et al., Opas vapaaehtoisten hiilimarkkinoiden hyviin käytäntöihin : Vapaaehtoisten ilmastotekojen edistäminen ilmastoyksiköillä, julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164604

⁹⁸ Hiilineutraaliusmerkki, koodiasuomesta.fi/merkit/hiilineutraaliusmerkki

- Yritys laskee oman hiilijalanjälkensä vuosittain alalla yleisesti käytössä olevien menetelmien mukaisesti.
- Yritys sitoutuu minimoimaan omaa hiilijalanjälkeään.
- Yritys kompensoi koko hiilijalanjälkensä vähintään vuosittain yhden tai useamman luotettavan kompensatiopalveluntarjoajan avulla.
- Käytetyt kompensatiomenetelmät ovat linjassa hyvän kompensaaion kriteerien kanssa.

8.4.1 Viherväittämät-direktiivi

Euroopan parlamentti hyväksyi maaliskuussa 2024 direktiivin (EU) 2024/825, joka kieltää perusteettomat ympäristöväitteet ja harhaanjohtavat tuotetiedot. Jäsenvaltioilla on aikaa 27. maaliskuuta 2026 asti saattaa direktiivi osaksi kansallista lainsäädäntöään.

Direktiivin mukaan ilman tieteellistä näyttöä ja todennettavissa olevaa perustelua esitettyjen yleisten ympäristöväitteiden, kuten "ympäristöystävällinen", "ekologinen" ja "vihreä", käyttö kielletään.

Muita kiellon piirissä olevia käsitteitä ovat mm.

- ilmastoneutraali
- sertifioidusti hiilidioksidineutraali
- hiiliposiitivinen / hiilinegatiivinen
- nettonollavaikutus
- ilmastokompensoitu
- vähemmän ympäristövaikutuksia
- pieni hiilidioksidijalanjälki.

Kielto koskee tuotteita ja palveluita sekä yritysten nimiä, markkinointinimiä ja ympäristömerkintöjä ja -väittämiä. Kielto koskee kaikkia informaation muotoja: tekstit, kuvat, graafiset elementit ja symbolit.

Direktiivi rajoittaa myös päästökompensaatioon perustuvia väitteitä. Tällaiset ympäristöväitteet ovat sallittuja vain, jos:

- Ne koskevat ainoastaan jäljelle jääviä päästöjä sen jälkeen, kun kaikki mahdolliset päästövähennystoimet on toteutettu.
- Ne on vahvistanut riippumaton kolmas osapuoli.

Lisäksi kestävyysmerkintöjen käyttöä säännellään entistä tarkemmin. Jatkossa vain kolmannen osapuolen sertifioimat tai viranomaisten tunnustamat merkinnät ovat sallittuja. Yritykset eivät saa luoda omia ympäristömerkintöjään ilman ulkopuolista vahvistusta.

Euroopan Unionin käsittelyssä oleva viherväittämät (green claims) -direktiivi tiukentaa ympäristöväitteisiin liittyviä sääntöjä entisestään, pyrkien kitkemään erilaiset pohjaa vailla olevat väittämät tuotteiden ja palveluiden vihreydestä ja ekologisuudesta. Taustalla on erilaisten ympäristöväittämien suuri kirjo ja osan harhaanjohtavuus. Kuluttajia voidaan johtaa harhaan ja yritykset voivat antaa väärän kuvan ympäristövaikutuksistaan tai -hyödyistään.

Saavuttaakseen nämä tavoitteet EU kieltää⁹⁹:

- yleisluontoiset ympäristöväitteet, joita ei voida todistaa
- väitteet, että tuotteella on neutraali, pienentynyt tai positiivinen vaikutus ympäristöön, koska valmistaja kompensoi päästöjään
- kestävyysmerkinnät, jotka eivät perustu hyväksyttyihin sertifiointijärjestelmiin tai joita viranomaiset eivät ole hyväksyneet

Sen varmistamiseksi, että kuluttajat saavat luotettavaa, vertailukelpoista ja todentavissa olevaa ympäristötietoa tuotteista, ehdotukseen sisältyy¹⁰⁰:

- selkeät kriteerit siitä, miten yritysten olisi todistettava ympäristöväitteensä ja -merkkinsä
- vaatimukset, joiden mukaan riippumattoman ja akkreditoidun todentajan on tarkastettava nämä väittämät ja merkit, ja
- ympäristömerkintäjärjestelmien hallintoa koskevat uudet säännöt, joilla varmistetaan, että järjestelmät ovat vakaita, avoimia ja luotettavia

⁹⁹ europarl.europa.eu/topics/fi/article/20240111STO16722/loppu-viherpesulle-miten-eu-saantelee-ymparistovaitteita

¹⁰⁰ Green Claims, environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/green-claims_en

Tiivistettynä

- 1** Toimittajan hiilijalanjäljen tunteminen on tärkeää erityisesti palveluiden vastuullisessa hankinnassa. Laskelmien tulee olla yhteensopivia oman hiilijalanjäljen laskennan kanssa, ja ostajan kannattaa vaatia toimittajalta läpinäkyvää ja tarkastettavaa laskentaa.
- 2** Hiilijalanjälkilaskenta perustuu kansainvälisiin standardeihin ja eri menetelmien käyttö voi tuottaa eroja tuloksiin. Primääri- ja sekundääridatan laatu vaikuttaa laskennan tarkkuuteen, ja on tärkeää varmistaa, ettei päästöjä lasketa moneen kertaan – vältetään kaksoislaskentaa.
- 3** Ohjelmistokehitystyön jalanjälki muistuttaa muuta toimistotyötä, mutta siihen sisältyy myös kehitystyössä käytettävät järjestelmät. Ohjelmiston käytön hiilijalanjälkeen vaikuttavat energiankulutus, laitteiden elinkaari ja tiedonsiirron tehokkuus. Laskennassa on tehtävä selkeät rajaukset.
- 4** Ohjelmistoliiketoiminta ei voi olla täysin hiilineutraalia, mutta päästöjä voidaan kumota, kunhan ensin minimoidaan oma jalanjälki. Kumoamiseen liittyvien menetelmien on oltava luotettavia, mitattavissa ja pysyviä, ja niiden markkinointiväitteisiin tulee suhtautua kriittisesti.
- 5** EU:n viherväittämät-direktiivi kieltää perusteettomat ympäristöväitteet ja vaatii tieteellistä näyttöä kaikille ympäristövaikutuksiin liittyville väitteille. Yritykset eivät saa väittää tuotteitaan hiilineutraaleiksi vain kompensoinnin perusteella, ja kestävyysmerkinnät edellyttävät viranomaisten tai riippumattoman tahon hyväksyntää.

9 Ostamisen ohjeistus

Vastuullinen ostaminen jakautuu useaan eri toimintatapaan, riippuen pitkälti ostettavien palveluiden, laitteiden tai aineettomien oikeuksien erityispiirteistä. Tämän luvun ohjeistus koskettaa pitkälti ekologista vastuuta, energiankulutusta ja päästöjä. Niiden lisäksi on hyvä ottaa huomioon myös eettiset ja sosiaaliset kohdat vastuullisuudesta, mutta tämä opas keskittyy ainoastaan ekologiseen vastuullisuuteen.

Vastuullisuuden suhteen tulee olla johdonmukainen ja vaadittujen asioiden tulee liittyä kilpailutettavaan hankintaan. Mikäli kilpailutuksissa vaaditaan milloin mitäkin satunnaista vastuullisuuden yksityiskohtaa, niin vaikutus saattaa olla jopa negatiivinen. Ennakoimattomuus ja poukkoilevuus saattavat vähentää yritysten motivaatiota ryhtyä vastuullisuustoimiin.

Sen sijaan kannattaa pisteyttää toimittajien vastuullisuus niiltä osa-alueilta, jotka kilpailutuksessa halutaan huomioida. Tästä on seuraavia hyötyjä:

- Hankinnan kannalta relevanteinta vastuullisuutta tarjoavat toimittajat saavat enemmän pisteitä.
- Vältetään tilanteet, joissa kukaan ei voi tarjota liian tiukkojen vaatimusten tai ylisuuren työkuorman vuoksi.
- Pisteytyksellä saadaan paremmin eroa eri toimijoiden välille verrattuna kyllä/ei-vaihtoehtoihin.
- Kattavampi vastuullisuuden huomiointi kannustaa toimittajia yleiseen vastuullisuuteen.
- Vapaamuotoisempi vastuullisuuden huomiointi kannustaa toimittajia innovatiivisempaan vastuullisuuteen.

9.1 Toimittajan yleinen vastuullisuus

Toimittajilta kannattaa vaatia selvitys heidän vastuullisuudestaan sekä yleisellä tasolla että erityisesti myös vihreän IT:n suhteen. Mitä tarkempaa selvitystä pyydetään, sen paremmin saadaan selville kyseisen toimittajan suhtautuminen vastuullisuuteen ja sen nykytilanne tulevaisuuden suunnitelmineen. Toisaalta tarkkojen selvitysten kirjoittamiseen, lukemiseen ja arviointiin kuluu aikaa kaikilta osapuolilta.

Mahdollisuuksien mukaan vastuullisuuteen liittyvät kysymykset kannattaa kirjoittaa sellaiseen muotoon, että saadaan kyllä/ei -vastauksia, ennalta annettuja vaihtoehtoja tai erilaisia skaaloja. Näin helpotetaan tarjousten vertailua ja saadaan selkeä pisteytys, jota on vaikea toimittajan lähteä riitauttamaan.

Pisteytettävien vastausten lisäksi on oleellista selvittää tarkemmin, kuinka kyseinen asia on hoidettu. Kannattaa suosia yksityiskohtaisempia selvityksiä yleismaailmallisten "teemme hyvää luonnolle", "olemme vastuullinen toimija" tai vastaavien sijaan. Yksityiskohtien määrästä ja vastuullisuuden läpileikkaavuudesta voidaan päätellä ymmärryksen oikea taso yrityksessä.

Vastuullisuudokumentaation lisäksi on syytä selvittää, kuinka asiat hoidetaan käytännössä. Onkin syytä kysyä esimerkkejä vastuullisuuden toteutumisesta tai pyytää referenssikuvauksia yhteystietoineen.

9.1.1 Ympäristö- ja energiajärjestelmät

Jos toimittajalla on ulkoisia sertifikaatteja tai muita todistuksia ympäristö- tai energiajärjestelmiin kuulumisesta, ne helpottavat molempien osapuolien työtaakkaa. Ulkoinen taho on tällöin jo arvioinut toimittajan.

Olennaista on kuitenkin selvittää, mitä järjestelmään tai merkkiin sitoutuminen tarkalleen ottaen tarkoittaa ja kuinka tämä on varmistettu myönnön yhteydessä. Samoin on hyvä ymmärtää, mikä suhde kriteereillä on organisaatiosi toimintaan, eli onko kriteeristö relevantti.

On myös kohteliasta tarjota toimijoille mahdollisuus osallistua tarjouspyyntöön ilman tiettyä sertifikaattia. Tällöin sertifikaatista kannattaa poimia omalle organisaatiolle olennaiset asiat ja antaa mahdollisuus vastata niitä koskeviin kysymyksiin vaihtoehtoisena tapana. Näin varmistetaan myös pienempien ja nuorempien yritysten osallistumisen mahdollisuudet.

9.1.2 Vastuullisuusraportointi ja -sitoumukset

Vastuullisuusraportointi ja -viestintä tarjoavat yritykselle keinon kertoa avoimesti ja läpinäkyvästi liiketoimintansa sosiaalisesta vastuusta ja ympäristövaikutuksista. Samalla ne osoittavat yrityksen sitoutumisen vastuulliseen toimintaan.

Vastuullisuusraportoinnilla yritys dokumentoi toimintansa vaikutukset ympäristöön, yhteiskuntaan ja talouteen. Se tukee yrityksiä vastuullisuustyössä ja auttaa kehittämään toimintaa entistä kestävämmäksi. Lisäksi raportointi tarjoaa sidosryhmille, kuten asiakkaille, työntekijöille, sijoittajille ja yhteisölle, arvokasta tietoa yrityksen vastuullisuudesta. Standardien käyttö raportoinnissa parantaa vertailtavuutta toimialan sisällä.

Raportointi auttaa yrityksiä tunnistamaan ja hallitsemaan vastuullisuuteen liittyviä riskejä, kuten ympäristövaikutuksia, sosiaalista vastuuta ja hallintotapaa. Se toimii myös työkaluna vastuullisen liiketoiminnan kehittämiseen ja seurantaan.

Vastuullisuusraportointi kannattaa integroida osaksi muuta raportointia, esimerkiksi tilinpäätöksen yhteydessä, jotta se tukee yrityksen kokonaisvaltaista johtamista ja päätöksentekoa.

Vastuullisuusraportin lisäksi yritys voi julkaista myös vastuullisuussitoumuksen, jossa se sitoutuu hyviksi havaitsemiinsa vastuullisuuteen teemoihin ja mahdollisesti aikatauluttaa niiden saavuttamista vaiheittain.

Ulkoiset vastuullisuussitoumukset

Omien vastuullisuussitoumusten lisäksi yritys voi liittyä myös erilaisiin kolmansien osapuolien hallinnoimiin sitoumuksiin. Näissä etuna on valmiiksi mietitty rakenne ja mahdollisesti joukko tavoitteita tai mittareita, joilla omaa toimintaa voi ryhdyttää vastuullisuusmatkalla.

Yksi esimerkki tällaisesta on UN Global Compact¹⁰¹, joka on YK:n yritys-vastuualoite ja maailman suurin yritysvastuuverkosto – siihen kuuluu yli 20 000 yritystä ja lähes 4 000 muuta organisaatiota yli 160:stä maasta. Pohjoismaista aloitteeseen on liittynyt jo yli 1 700 yritystä. Aloitteessa mukana olevat organisaatiot sitoutuvat edistämään yritys vastuun kymmentä periaatetta sekä YK:n kestävän kehityksen tavoitteita, jotka yhdessä muodostavat vastuullisuustyön globaalin viitekehyksen.

¹⁰¹ globalcompact.fi/meista

YK:n entisen pääsihteerin Kofi Annanin aloitteesta vuonna 2000 perustetun UN Global Compactin tavoitteena on vauhdittaa liike-elämän toimia kestävän kehityksen edistämiseksi ja kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Aloite pyrkii vaikuttamaan kestävän kehityksen haasteisiin ja tarjoamaan niihin ratkaisuja. Erityinen painopiste on nopeaa ja välitöntä toimintaa vaativissa teemoissa, kuten ihmisoikeuksissa, sukupuolten tasa-arvossa, työelämän oikeuksissa ja ihmisarvoisessa työssä, ilmastonmuutoksessa, korruption vastaisessa toiminnassa sekä kestävän kehityksen tavoitteiden integroimisessa liiketoimintaan.

Vastuullisuusraportit ja -sitoumukset ostamisen tukena

Yrityksen vastuullisuusraportit ja -sitoumukset tarjoavat hyvän mahdollisuuden arvioida vastuullisuuden kunnianhimon ja toteutettavuuden tasoa. Näitä dokumentteja onkin hyvä pyytää toimitettavaksi tarjouksen mukana. Tässäkin kannattaa antaa yritykselle mahdollisuus tarjota vastaavat tiedot ilman valmista dokumenttia.

On hyvä huomata, että nämä dokumentit ovat luonteeltaan yleisluontoisia ja IT-asiat on yleensä kuitattu hyvin lyhyesti. Pelkästään niiden varaan ei siis kannata perustaa vastuullista ostamista, mutta jo dokumentin olemassaolo on positiivinen signaali – aihetta on ehditty yrityksessä perusteellisesti tutkia ja pohtia.

Lisäksi jos halutaan saada yhteismitallisia tarjouksia, dokumenttien toimittamisen yhteydessä on syytä pyytää yritystä vastaamaan tiettyihin täsmällisiin kysymyksiin ja viittaamaan vastauksen lisätietoa-kohdassa vastuullisuusdokumentin kohtaan, jossa vastausta on käsitelty.

9.1.3 Hiilijalanjäljen laskenta

Hiilijalanjäljen laskentaan on käytössä useampi hieman toisistaan poikkeava laskentatapa¹⁰². Niistä yleisimmin käytössä on Greenhouse Gas Protocol (GHG)¹⁰³. Laskentatavan lisäksi varsinaiseen laskentaan voi vaikuttaa myös sitoutuminen tiettyyn toimintamalliin. Esimerkiksi Science Based Targets initiative (SBTi)¹⁰⁴ asettaa tavoitteeksi, että kompensatiota ei saa käyttää, vaan yrityksen tulee saavuttaa tavoitteensa vähentämällä päästöjä. Tällöin arvoketjun hiilijalanjäljestä

¹⁰² Carbon Accounting, en.wikipedia.org/wiki/Carbon_accounting

¹⁰³ GHG Protocol, ghgprotocol.org/

¹⁰⁴ Science Based Targets, fi.wikipedia.org/wiki/Science_Based_Targets

tulee poistaa kompensatioiden vaikutus, jotta tiedetään todellinen jalanjäljen koko.

Jos toimittaja on laskenut hiilijalanjälkensä jollakin yleisesti käytetyllä laskentatavalla, sen voi olettaa pitävän riittävällä tarkkuudella paikkansa. Kannattaa kuitenkin huomata, että jalanjäljen laskennassa on merkittävän paljon epävarmuuksia ja erilaisia tapoja laskea. Tästä syystä saman laskentatavan sisälläkin voidaan päätyä hyvin erilaisiin lopputuloksiin.

Olennaista on, että laskennassa käytetyt oletukset ja datalähteet on tiedossa ja mahdolliset arviot ja laskentakaavat pohjautuvat mahdollisimman tarkkoihin tietoihin.

Asiakkaan kannalta on oleellista tietää, mikä on heidän osuutensa alihankkijan hiilijalanjäljestä. Se voidaan laskea esimerkiksi euromääräisesti liikevaihdosta, asiakkaalle tehtyjen tuntien määrästä suhteessa kokonaistyömäärään tai muusta vastaavasta datasta, jossa asiakkaalle tehty työ voidaan erottaa muille tehdystä työstä.

Hiilijalanjäljen laskentapalvelut verkossa

Verkosta löytyy joukko hiilijalanjäljen laskentapalveluita mitä erilaisimpiin tarkoituksiin. Niiden käyttöön kannattaa suhtautua hieman varauksella, koska osa niistä on suunniteltu myymään laskuria tarjoavan yrityksen palveluja ja osa on huomionhakuksia tai alarmistisia.

Esimerkiksi yleisesti käytetyssä sivustojen hiilijalanjäljen laskentapalvelussa, *websitecarbon.com*:ssa, on useita haasteita: laskelma pohjautuu ainoastaan yhteen muuttujaan – siirretyn tiedon määrään, käytetyn energian hiili-intensiteetti on globaali ja käyttää liian vanhaa tietoa, eikä palvelu osaa suorittaa JavaScriptia, mikä voi aiheuttaa suuria mittausvirheitä moderneilla JavaScriptiin pohjautuvilla sivustoilla.

Yleisesti voidaan todeta, että mitä yksinkertaisempi laskurin toimintalogiikka on, sitä enemmän tulokset etääntyvät todellisuudesta. Hiilijalanjäljen laskenta on edelleen työlästä ja oikotiet pohjautuvat yleensä keskiarvojen käyttöön ja laskentakategorioiden yhdistämiseen.

9.2 Laitteiden hankinta

Laitteiden elinkaaren aikaisista hiilipäästöistä syntyy valmistuksessa 20–50 %¹⁰⁵ – kuten alla olevassa taulukossa on esitetty – joten hankintaohjeiden tulee ohjata mahdollisimman ympäristöystävällisesti valmistettujen laitteiden ostamiseen. Jos mahdollista, uusien laitteiden ostamista tulisi vähentää tai myöhentää. Tämä tapahtuu käytännössä nykyisten laitteiden elinkaarta pidentämällä tai hankkimalla käytettyjä laitteita.

Päästöt	Datakeskus-laitteet	Verkko-laitteet	Käyttäjien laitteet
Käytönaikaiset	82%	82%	49%
Tuotesidonnaiset	18%	18%	51%

9.2.1 Laitteiden elinkaari ja hiilijalanjälki

Laitteiden elinkaaren maksimointi on oleellista erityisesti hiilijalanjäljen kannalta. Noin puolet kuluttajalaitteiden päästöistä liittyy niiden valmistamiseen, jolloin jokainen lisävuosi laitteen käytössä on merkityksellinen.

Jotta laitteiden elinkaari olisi mahdollisimman pitkä, kannattaa selvittää ja vaatia seuraavia asioita:

- **Laatu** – laadukas laite kestää pitempään kuin huonolaatuinen. Lisäksi laitteen käytössä on vähemmän katkoksia ja tarvetta huolloille.
- **Kestävyys** (robustness) – kestävä laite sietää paremmin käsittelyä ja pärjää pitempään äärioloissa.
- **Modulaarinen** – laitteen osia voidaan vaihtaa helposti ja sitä voidaan mahdollisesti laajentaa uusien käyttötarpeiden mukaisesti. Modulaarisuus saattaa aiheuttaa haasteita kestävyydelle.

¹⁰⁵ J. Malmodin, N. Lövehagen, P. Bergmark, and D. Lundén, "ICT sector electricity consumption and greenhouse gas emissions – 2020 outcome," *Telecomm. Policy*, vol. 48, no. 3, p. 102701, Apr. 2024, doi: 10.1016/j.telpol.2023.102701.

- **Korjattavuus** – laitteen huoltaminen on mahdollista ja kustannusten kannalta järkevää. Huolletun laitteen tulee pystyä toimimaan vastaavasti kuin aiemminkin.
- **Varaosien saatavuus** – laitteen huollettavuuteen liittyy oleellisesti varaosien saatavuus, erityisesti pitemmän ajan kuluttua laitteen hankinnasta.
- **Pitkäaikainen tuki ja huolto** – tarjotaanko laitteelle tuki- ja huoltopalveluja myös takuuajan jälkeen ja miten läheltä palvelut ovat saatavissa.
- **Vaihto-korjaus -palvelu** (swap-repair service) – mahdollisuus vaihtaa viallinen tai muuten heikosti toimiva laite vastaavaan korjattuun, jolloin laite ei ole poissa käytöstä huollon ajan.
- **Pidemmät takuut** – yli kolmen vuoden pituiset takuut laitteille ja akuille antavat mielenrauhaa ja myös aitoja takeita, että laite on laadukkaasti tehty ja kestää käyttöä.
- **Standardoitu USB-C -liitin** – tarjoaa tulevaisuusturvallisuutta laitteen kytkennän ja lataamisen suhteen, ei sido toimittajan omiin liitin-ratkaisuihin ja mahdollistaa laitteen toimittamisen ilman mahdollisesti turhaksi jääviä kaapeleita ja latureita.

Laitteisiin liittyy myös erilaisia ympäristösertifikaatteja, kuten *TCO Certified*, *EPEAT*, *Blue Angel* tai *Energy Star*. Sertifikaattien myönnön kriteereihin kannattaa tutustua ennen hankintaa, jotta tiedetään sertifiointin kunnianhimon taso – sitä voidaan puolestaan arvioida omien tavoitteiden suhteen.

Laitteiden päästölaskenta

Laitteisiin – ja muihin fyysisiin tuotteisiin – liittyvät päästölaskennat tulee tehdä aina kehdosta hautaan -rajauksella (cradle-to-grave), eli valmistuksesta aina käytöstäpoistoon saakka, ellei perustetta suppeammalle rajaukselle ole.

Laitteiden päästöt jaetaan kahteen luokkaan: tuotesidonnaiset ja käytönaikaiset päästöt.

Tuotesidonnaiset päästöt

Tuotesidonnaiset päästöt (embedded emissions) ovat raaka-aineiden hankinnasta, laitteen valmistamisesta, logistiikasta ja käytöstä poistamisesta syntyvät päästöt.

Suurelta osalta laitteiden valmistajilta löytyy kattavat selvitykset tuotesidonnaisista päästöistä. Ne on myös jaoteltu laitteen elinkaaren mukaisesti. Niissä saattaa olla mukana myös laitteen käytönaikaisten päästöjen arvio, mutta se on helposti liian suuri suomalaiseen käyttöön. Tämä johtuu suomalaisen sähkön pienestä hiili-intensiteetistä verrattuna globaaliin keskiarvoon.

Käytöstä poistaminen voi vähentää laskennallisia päästöjä, mutta tällöin laite tulee kierrättää oikeaoppisesti raaka-aineiden hyödyntämiseksi uudelleen.

Käytönaikaiset päästöt

Käytönaikaiset päästöt ovat digilaitteiden suhteen käytännössä aina laitteen kuluttaman sähköenergian tuottamia. Datakeskustasolla tulee huomiotavaksi myös jäähdytyksen päästöt ja vedenkulutus.

Käytönaikaiset päästöt vaihtelevat suuresti laitteen käyttötarkoituksen mukaan. Jatkuvasti päällä ja kovassa kuormassa oleva laite kuluttaa yleensä merkittävästi enemmän kuin vastaava laite satunnaisessa käytössä. Akkukäyttöiset laitteet ovat käytännössä kykeneviä säästämään energiaa, kun käyttötarve pienenee. Verkkovirtaan kytkettävien laitteiden osalta tilanne vaihtelee ja asia kannattaa selvittää hankinnan yhteydessä.

Energiankulutuksen lisäksi käytönaikaisiin päästöihin vaikuttaa käytetyn energian hiili-intensiteetti, eli kuinka monta kiloa hiilidioksidia syntyy kilowattitunnista energiaa. Tässä on merkittäviä eroja sekä käyttöpaikan että -ajankohdan suhteen. Pohjoismaissa on tarjolla yleensä hyvin puhdasta energiaa, mutta tilanne vaihtelee muiden maiden suhteen merkittävästikin.

Käytönaikaisia päästöjä voidaan laskea reaaliaikaisesta sähkönkulutuksesta, jos kyseisen hetken hiili-intensiteetti on tarjolla. Tämä on kaikkein tarkin tapa. Yleensä riittää kuitenkin esimerkiksi päivä-, kuukausi- tai vuosikulutus ja keskimääräinen hiili-intensiteetti samalle ajanjaksolle. Hiili-intensiteetti kannattaa selvittää omalta sähköntuottajalta, jolloin saadaan tarkemmat luvut kuin esimerkiksi valtakunnallinen keskiarvo Fingridiltä.

9.2.2 Laitteiden uusiokäyttö ja käytettyjen hankinta

IT-ala on edelleen valitettavan kaukana kiertotaloudesta. Laitteita ei suunnitella huollettavaksi ja vanhat laitteet päätyvät helposti kerryttämään pölyä varastoihin tai komeroihin – sen sijaan, että ne laitettaisiin uusiokäyttöön tai kierrätykseen.

Laitteiden hankinnan lisäksi täytyy myös miettiä laitteiden käytöstä poistaminen ja niiden mahdollinen uusiokäyttö. Alan parhaat tarjoajat lupaavat laitteille jopa 12 vuoden käyttöiän kolmella toimijalla ja samalla vähentävät halpojen laitteiden – joiden käyttöikä ei pääse lähellekään 12 vuotta – käyttöä aloilla, joissa ei ole mahdollisuutta hankkia kalliita laitteita. Jotta tuohon käyttöikään päästään, laite huolletaan kahdesti elinkaarensa aikana.

Vastaavasti kannattaa vakavasti harkita käytettyjen laitteiden hankintaa sekä käyttäjille että palveluiden tuottamiseen. Esimerkiksi kytkimet eivät erityisesti kulu käytössä ja niiden nopeus on ollut pitkään täysin riittävä normaalin toimistotyöhön. Suomessa toimii nykyisin useampia verkkokauppoja, joista voi tilata edullisia käytettyjä älypuhelimia ja kannettavia tietokoneita vuoden takuulla.

Käytettyjen laitteiden hankinnasta on useita etuja:

- Rahansäästö
- Päästöjen pienentyminen
- Elektroniikkaromun vähentyminen
- Luonnonvarojen vähäisempi käyttö – osaan näistä, esimerkiksi mineraaleihin ja öljyyn, liittyy myös riskejä ihmisoikeusloukkauksista

Kun laitteita hankitaan käytettyinä, kannattaa käyttää seuraavaa kriteeristöä varmistamaan laitteen laadukkuus ja sopivuus. Sama kriteeristö toimii myös laitteiden uusiokäyttöön tarjoamisessa, koska aivan jokaisella laitteella ei ole enää tulevaisuutta edessään ja niiden uusiokäyttö yrityksiin voi kulua turhaan aikaa ja vai-
vaa.

- **Tietoturva** – laitteessa olevat tiedot tulee olla pyyhitty dokumentoidusti.
- **Päivitysten saatavuus** – saako laitteelle vielä päivityksiä, esimerkiksi firmware, käyttöjärjestelmä ja varusohjelmistot. Toimiiko siinä tarvittavat ohjelmistot.
- **Takuu** – laitteelle kannattaa pyytää takuu, esimerkiksi käytetylle kannettavalle tietokoneelle tulisi saada 2–3 vuoden takuu.
- **Puhdistettu ja ehjä** – laite ei saa olla likainen eikä siinä saa olla käyttöä tai käyttäjää häiritseviä kolhuja tai naarmuja. Tässä suhteessa laitteiden päällystäminen tarroilla on ongelmallista, koska niitä ei välttämättä saada koskaan pois. Toisaalta, tarroilla voidaan myös peittää naarmuja.

- **Testattu** – toimittajan tulee olla testannut laite, jotta se toimii oletetusti eikä mahdollisista diagnostiikkatesteistä tule varoituksia.
- **Akkujen kesto** – akut ovat valitettavasti kuluvia osia. On syytä selvittää, kuinka monta sykliä akku on käynyt läpi, mihin varaustasoon se latautuu ja kuinka nopeasti se purkautuu. On hyvä myös selvittää, saako laitteeseen uusia akkuja. Vaikka laite tulisi kiinteästi verkkovirtaan, akun kunnolla on merkitys. Vanha akku voi turvota, lämmetä tai jopa syttyä tuleen, ja toisaalta laite ei välttämättä toimi lainkaan ilman akkua.
- **Takaisinotto** – ottaako käytetyn laitteen myyjä sen myös takaisin ja millä ehdoilla. Tässä on samalla syytä tutkia, mitä tapahtuu takaisinoton jälkeen ja mitä mahdollista käyttöä laitteella on oman käytön jälkeen.

9.2.3 Laitteiden hallinta

Jotta edellä mainittuja asioita voidaan toteuttaa, laitteet tulee olla hallinnassa ja luetteloituina:

- Laitteiden sijainti ja käyttäjä tulee olla tiedossa.
- Laitteiden käytölle, uusimisille ja käytöstä poistolle tulee olla selkeät ohjeet ja säännöt.
- Laitteista ja niiden käytöstä kerättyä dataa kannattaa hyödyntää päätöksenteossa – tämän toimen merkitys kasvaa yrityksen koon kasvaessa.
- Laitehallintaa tulee kehittää ja kehittymistä tulee seurata ja arvioida.

9.3 Vaatimukset ohjelmistoille

Energiankulutus ja päästöt tulee sisällyttää ohjelmiston vaatimuksiin vastaavasti kuten tietoturva ja -suoja on lisätty niihin viimeisten vuosien aikana. Näin ne tulevat huomioiduksi heti suunnittelun alkuvaiheesta alkaen ja niitä vastaan voidaan laatia testejä ja mittareita.

Vaatimuksissa täytyy tietenkin pitää tolkkua, ettei mennä ylispeksaamisen puolelle. Työtä hankaloittaa myös tiedon sirpaleisuus ja suoranainen puutekin. Myös kokemus digiratkaisujen energiansäästöstä on kovin lyhyt – ellei kyseinen alue ole joko energiantensiivinen (datakeskukset) tai vähäisen energiamäärän kanssa tekemisissä (sulautetut järjestelmät).

Vaatimustenkin kirjoittamisessa voidaan harrastaa kokeilukulttuuria ja käydä aktiivista vuoropuhelua toimittajien kanssa. Näin saadaan ensimmäinen järkevä taso määriteltä ja siitä voidaan lähteä parantamaan vuosi vuodelta.

9.3.1 Toteutus

Ohjelmisto voidaan hankkia valmisohjelmistona, räätälöitävänä ratkaisuna tai toteutettuna alusta alkaen. Jokaisella tavalla on puolensa ja niiden eroja ei käsitellä tarkemmin tässä oppaassa.

Vastuullisuuden ja kestävyyskannalta ohjelmistojen hankinnassa kannattaa kiinnittää huomiota muutamaan erityiskohtaan, jotka kannattaa liittää ohjelmiston vaatimuksiin.

Toimivuus vanhoilla laitteilla

Ennen aikainen vanheneminen (premature obsolescence) synnyttää erityisesti käyttäjien laitteiden päivityspaineita, joka puolestaan aiheuttaa tuotesidonnaisia päästöjä uusien laitteiden valmistuksessa.

Mobiililaitteisiin keskittyneessä tutkimuksessa¹⁰⁶ on havaittu useita syitä päivittää laitteita, tärkeimpinä: tallennustilan loppuminen, haasteet laitteen päivityksessä sekä tästä syntyvät tietoturvaongelmat ja laitteiden/ohjelmistojen toiminnan virheiden kasvu. Lisäksi haastattelupohjaan oli tunnistettu useita muita syitä, kuten laitteen hitaus, sovellusten bugit, sovellusten saatavuuden heikentyminen laitteen vanhetessa, puuttuvat ominaisuudet ja toisaalta myös sosiaalisia syitä, kuten kautek uusempien laitteiden omistajia kohtaan ja työn tai sosiaalisen elämän hankaloituminen.

Osa näistä ongelmista on ratkottavissa teknisin keinoin. Esimerkiksi sovellusten tarjoaminen vanhemmille laitteille on ensisijaisesti tarjoajan päätettävissä oleva asia. Toki uudemmissa laitteissa voi olla uusia ominaisuuksia, joita halutaan käyttää, mutta tarvitseeko niiden käytön estää sovelluksen käyttöä vanhemmissa laitteissa?

Aina vanheneminen ei ole edes tietoista. Sovelluksen sisällä olevasta kirjastosta julkaistaan uusi versio, joka ei enää tuekaan vanhoja laitteita. Kun tämä kirjasto

¹⁰⁶ Léa Mosesso, Nolwenn Maudet, Edlira Nano, Thomas Thibault, Aurélien Tabard. Obsolescence Paths: living with aging devices. ICT4S 2023 - International Conference on Information and Communications Technology for Sustainability, Jun 2023, Rennes, France. DOI: [10.1109/ICT4S58814.2023.00011](https://doi.org/10.1109/ICT4S58814.2023.00011)

otetaan käyttöön, joko tietoturvasyistä tai ihan vain yleisistä syistä, sovellus lakkaa toimimasta osalla laitteista. Koska sovelluskehittäjillä on tyypillisesti uudehkot laitteet, kukaan tiimistä ei välttämättä edes huomaa tilannetta ennen kuin asiakas antaa palautetta.

Vanhojen laitteiden tuen suhteen onkin syytä määritellä yrityksen politiikka, joka ottaa kantaa seuraaviin kysymyksiin:

- Kuinka vanhoja laitteita halutaan tukea?
- Kuinka paljon vanhempien laitteiden tukemiseen halutaan investoida?
- Miten toimitaan tilanteessa, jossa laitteen valmistajan tuen loppumisen takia laitteessa on tietoturvaongelma, joka voi haitata sovelluksen toimintaa tai vaarantaa yrityksen toimintaa?
- Kuka tekee päätöksen laitteiden tukemisen lopettamisesta? Miten päätös dokumentoidaan?
- Kenen vastuulla on tarkastaa sovelluksen käyttämien kirjastojen ja muiden komponenttien laiterajaukset? Miten niiden synnyttämät ristiriidat ratkaistaan?
- Kuinka vanhojen laitteiden testaus järjestetään?
- Miten tuettujen laitteiden listaa ylläpidetään ja kuinka tiedotetaan tuen poistumisesta tietyltä laitteilta?

E-waste

Elektroninen jäte eli digitaalisten laitteiden jäte on yksi maailman nopeimmin kasvavista jätelajeista – kasvu on viisi kertaa nopeampaa kuin sen kierrättämisen kasvu¹⁰⁷ – ja vuonna 2023 vain 22,3 % elektronisesta jätteestä kierrätettiin ympäristön kannalta järkevästi¹⁰⁸. Tämän luvun arvioidaan vieläpä pienenevän ja olevan

¹⁰⁷ The Global E-waste Monitor 2024, ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2024/12/GEM_2024_EN_11_NOV-web.pdf

¹⁰⁸ Joanna Murzyn, Branch Magazine, Echoes of electronic waste, branch.climateaction.tech/issues/issue-8/echoes-of-electronic-waste

vain 20 % vuonna 2030, johtuen pitkälti digitaalisten laitteiden suurista tuotantomääristä¹⁰⁹.

On erittäin vastuullista pidentää laitteiden käyttöikää ja totuttaa henkilökunta käyttämään laitteita merkittävästi nykyistä pidempään.

9.3.2 Käyttöpalvelut, datakeskukset ja pilvi

Ohjelmistot vaativat edelleen rautaa toimiakseen ja sitä voidaan hankkia useilla eri tavoilla. Olennaista on tietenkin, että rauta on sopivanlaista ohjelmiston toiminnan ja käytön kannalta. Tässä yhteydessä on syytä nostaa esiin myös ympäristö- ja energia-asiat. Esimerkiksi kontitukset¹¹⁰ ja virtuaalikoneet¹¹¹ luovat uusia kerroksia, jotka syövät hieman tehoa – mutta toisaalta tarjoavat mahdollisuuksia jakaa fyysinen laite useamman ohjelmiston kesken tai helpottaa palvelun siirtoa tai hajauttamista palvelimelta toiselle.

Datakeskusten ja pilvipalveluiden valinnassa on useampia asioita, joihin tulee kiinnittää huomiota:

- Käytetyn sähköenergian uusiutuvuus ja yleisesti hiili-intensiteetti.
- Hukkalämmön hyötykäyttö
- Datakeskuksen tehokkuus (PUE-arvo)
- Veden käyttö ja kierto datakeskuksessa
- Laitteiden elinkaaripäästöt ja elinkaaren pituuden optimointi
- Mahdolliset ympäristösertifikaatit

Kaikkia näitä tietoja ei ole yleensä mahdollista saada, ainakaan suoraan ja helposti. Pilvipalveluista tietoa ei välttämättä ole tarjolla tai se koskee laajempaa maantieteellistä aluetta.

¹⁰⁹ The global E-waste Monitor 2024 – Electronic Waste Rising Five Times Faster than Documented E-waste Recycling, ewastemonitor.info/the-global-e-waste-monitor-2024

¹¹⁰ [en.wikipedia.org/wiki/Containerization_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Containerization_(computing))

¹¹¹ fi.wikipedia.org/wiki/Virtuaalikone

Kannattaa myös huomata, että pelkkä uusiutuvan energian käyttö ei ole riittävää, vaan energiaa tulee säästää mahdollisuuksien mukaan. Maailman energiankulutus kasvaa edelleen nopeammin kuin uusiutuvien energianlähteiden tuotanto.

EU:n sääntely

EU on alkanut lisätä datakeskusten sääntelyä vastauksena niiden kasvavaan energiankulutukseen sekä tarpeeseen vähentää niihin liittyviä taloudellisia, ympäristö- ja energiaturvallisuusvaikutuksia. Tavoitteena on ohjeistaa ja kannustaa datakeskusten operaattoreita ja omistajia vähentämään energiankulutusta kustannustehokkaasti ilman, että datakeskusten kriittiset toiminnot vaarantuvat.

EU-taksonomia on luokittelujärjestelmä, joka on luotu tunnistamaan ja edistämään ympäristön kannalta kestäviä taloudellisia toimintoja. Sen tavoitteena on lisätä läpinäkyvyyttä ja ohjata pääomaa kestävyyttä tukeville investoinneille.

Datakeskusten osalta taksonomia sisältää kriteerit kohdassa *Activity 8.1: Data processing, hosting, and related activities*¹¹², joissa painotetaan kestävyyttä ja energiatehokkuutta.

Datakeskusten osalta kriteerit sisältävät:

- **Relevanttien käytäntöjen käyttöönotto:** Datakeskusten on otettava käyttöön European Code of Conduct for Energy Efficiency in Data Centres -dokumentissa määritellyt käytännöt. Tämän toteutuksen on vahvistettava riippumaton kolmannen osapuolen auditoija vähintään kolmen vuoden välein.
- **Toiminnallisen kestävyyyden KPI:t:** Datakeskusten on luotava järjestelmät ja menettelytavat toiminnalliseen kestävyYTEEN liittyvien tietojen ja keskeisten suorituskykyindikaattoreiden (KPI) mittaamiseen, tallentamiseen ja raportointiin. Näiden järjestelmien avulla datakeskus voi tehokkaasti seurata kestävyys-suoritustaan.
- **Merkittävän haitan välttäminen muille ympäristötavoitteille:** On varmistettava, että datakeskuksen toiminta ei vaikuta haitallisesti esimerkiksi vedenkäyttöön, saastumisen ehkäisyyn, biodiversiteetin suojeluun tai kiertotalouden käytäntöihin.

¹¹² Assessment Framework for Data Centres in the Context of Activity, e3p.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/documents/publications/jrc_assessment_framework_final_v2.pdf

*Data Centres Energy Efficiency Code of Conduct*¹¹³ avulla pyritään saavuttamaan EU:n asettamat tavoitteet parantamalla ymmärrystä datakeskusten energiankulutuksesta, lisäämällä tietoisuutta sekä suosittelemalla energiatehokkaita parhaita käytäntöjä ja tavoitteita.

COC on viitekehys datakeskusten kehitysmahdollisuuksien tunnistamiseen sekä kokoelma parhaita käytäntöjä. Sitä ei ole tarkoitettu eikä kehitetty auditointia varten, eikä siihen liity sertifiointimahdollisuutta. Siinä pyritään kokoamaan kiinnostuneita sidosryhmiä yhteen ja koordinoimaan vastaavia toimia laitevalmistajien, toimittajien, konsulttien ja energiayhtiöiden kesken. Sääntöihin sitoutuvien osapuolten odotetaan noudattavan sen periaatteita ja täyttävän sovitut velvoitteet.

EU:n energiatehokkuusdirektiivi¹¹⁴ (EED) velvoittaa datakeskuksia aktiivisesti seuraamaan ja raportoimaan energiankulutuksensa ja päästönsä, jotta ne ovat linjassa EU:n kestävä kehityksen tavoitteiden kanssa. Viimeisimmät päivitykset direktiiviin sisältävät sitovan tavoitteen vähentää EU:n lopullista energiankulutusta 11,7 % vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi direktiivi asettaa asteittaisia vuotuisia energiansäästötavoitteita: tällä hetkellä 0,8 %, vuosina 2024–2025 1,3 %, vuosina 2026–2027 1,5 % ja vuodesta 2028 eteenpäin 1,9 %. Direktiivi korostaa energianhallintajärjestelmien ja systemaattisten energiakatsausten käyttöönottoa.

15. toukokuuta 2024 alkaen EU:n datakeskusten omistajien ja operaattorien on raportoitava vuosittain edellisen vuoden energiatehokkuutensa Euroopan laajuiseen tietokantaan. Lisäksi ehdotuksessa Draft Delegated Act (DDA) käynnistetään julkinen kuuleminen EU- ja ETA-alueen datakeskusten yhteisestä energiatehokkuusluokitusjärjestelmästä. DDA määrittelee raportoittavat keskeiset energiankäyttö- ja kestävyysindikaattorit (KPI:t), ja kootut tiedot tullaan julkaisemaan julkisesti.

EED:n keskeiset määräykset datakeskuksille:

- **Pakollinen raportointi:** Datakeskusten operaattorien, joiden kokonaisteho on vähintään 500 kilowattia (kW), on julkisesti raportoitava vuosittain energiatehokkuustietonsa. Raporttiin sisältyvät muun muassa energiankulutus, Power Usage Effectiveness (PUE) -suhde, lämpötila-

¹¹³ Data Centres Code of Conduct, e3p.jrc.ec.europa.eu/communities/data-centres-code-conduct

¹¹⁴ Energy Efficiency Directive, energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en

asetukset, hukkalämmön hyödyntäminen, vedenkulutus ja uusiutuvan energian käyttö.

- **Hukkalämmön hyödyntäminen:** Datakeskusten, joiden kokonaisteho ylittää 1 megawatin (MW), on hyödynnettävä hukkalämpönsä esimerkiksi lämmitykseen tai muuhun energian talteenottoon, ellei se ole teknisesti tai taloudellisesti toteuttamiskelvotonta. Tämä edistää kiertotalouden käytäntöjä ja vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista.
- **Uusiutuvan energian käyttö:** Datakeskuksia kannustetaan ensisijaisesti käyttämään uusiutuvia energialähteitä sähkötarpeisiinsa, mikä vähentää niiden hiilijalanjälkeä ja tukee kestävää energiantuotantoa.
- **Energiankulutuksen optimointi:** Datakeskusten on toteutettava toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamiseksi, kuten jäähdytysjärjestelmien optimointi, energiatehokkaampien laitteiden käyttö sekä virtualisointi- ja palvelinkonsolidointitekniikoiden käyttöönotto.

Ostajan kannalta edellä mainitut sääntelyt asettavat minimitason Euroopan alueella toimiville datakeskuksille. Taso on jo varsin korkea, mutta toki kannattaa aina kirittää omia toimittajiaan olemaan vielä parempia.

Vastaavasti EU:n ulkopuolella olevat datakeskukset ovat sääntelyn ulkopuolella. Tällöin energiatehokkuuden varmistaminen jää enemmän asiakkaan harteille. Toki isoilla datakeskustoimijoilla on keskuksia kaikkialla maailmassa ja heille energiankulutuksen hillitseminen pienentää suoraan kustannuksia.

9.3.3 Datan käyttö – tallennus ja siirto

Datan käyttö kasvaa vuosi vuodelta ja suuri osa datasta säilytetään, vaikka sitä ei tultaisikaan käyttämään uudestaan. Haasteena on tunnistaa se osa datasta, jota tullaan tulevaisuudessa tarvitsemaan – ja siksi onkin helpompaa säilyttää kaikki.

Datan tallentaminen on lähtökohtaisesti halvempaa kuin datan siivoaminen ja tuhoaminen. Kannattaa kuitenkin miettiä datan elinkaari jo suunnitteluvaiheessa ja pyrkiä tunnistamaan hetket, joissa data vanhenee ja joiden jälkeen data voidaan turvallisesti poistaa. Tällöin data olisi syytä poistaa automaattisesti, koska ei voida luottaa siihen, että ihmiset muistavat tehdä poistoja.

Kannattaa huomioida, että datan määrä helposti moninkertaistuu. Siitä pidetään useampaa kopiota tarjolla esimerkiksi pilvipalvelussa joko saatavuuden varmistamiseksi.

miseksi tai latenssin minimoimiseksi. Sen lisäksi datasta otetaan varmuuskopiot ja dataa kopioidaan esimerkiksi testiversioihin. Datan poistolla on siis kumuloituva vaikutus.

GDPR omalta osaltaan rajoittaa yksityisyydensuojanalaisen tiedon käsittelyä ja sen perusperiaatteista kannattaa ottaa mallia myös asetuksen ulkopuolelle jäävän datan käsittelyn suhteen.

Datan siirrossa kannattaa huomata, että merkittävä osa siirtoverkkojen energiankulutuksesta ei ole elastista luonteeltaan. Toisin sanoen, verkko kuluttaa saman tai lähes saman verran energiaa lähetetään dataa koko kaistan leveydeltä tai ei lainkaan. Suurimman poikkeuksen tähän muodostavat langattomat verkot, joissa energiaa kuluu vähemmän, kun lähetettävää ei ole.

Siirrettävän datan lukeminen, valmistelu, lähettäminen, käsittely, näyttäminen ja tallentaminen kuluttavat joka tapauksessa energiaa lähettävällä ja vastaanottavalla laitteella.

Toisaalta siirretyn datan määrän kasvaessa joudutaan lisäämään kapasiteettia verkkoon, jolloin syntyy päästöjä sekä valmistuksessa että käytössä.

Suositukset

- Kerää vain dataa, jota todella tarvitset ja joka on liiketoiminnallesi arvokasta.
- Harkitse, onko hyväksyttävää odottaa uuden datan kertymistä vai tarvitsetko sen heti mahdollisia tulevia tarpeita varten.
- Säilytä mieluiten johdettua tietoa raakadatan sijaan, jos mahdollista.
- Poista data, jota ei enää käytetä, arkistoi se tai muodosta siitä aikasarjoja.
- Siirrä dataa vain harkiten
- Noudata GDPR-asetusta.

9.3.4 Tekoäly

Tekoäly on noussut yhdeksi suurimmista energiankuluttajista IT-alalla. Sen käytön ennustetaan kasvavan nopeasti ja ainakin tällä hetkellä energiankulutus on seurannut käyttöä. Todennäköisesti tulevaisuudessa julkaistaan aiempaa vähemmän energiaa kuluttavia tekoälymalleja ja on oletettavaa, että tekoälyn energian-

kulutukseen kiinnitetään yleisesti huomiota, kun tekoälyn käytön hinta alenee ja sitä myöten käyttö kasvaa merkittävästi.

Tällä hetkellä energiankulutusta ei juurikaan pohdita, koska aihe on uusi ja tekoälyn hyödyt ovat moninkertaisia kuluihin nähden.

Kestävyyden kannalta tekoälyn kuluttamaan energiaan ja syntyneisiin päästöihin kannattaa puuttua jo nyt, koska ostajilta saatu paine hillitä kulutusta johtaa myös suurempaan kiinnostukseen tuottaa energiapihimpiä tekoälyratkaisuja.

Tekoälyn energiankulutuksesta ei valitettavasti ole tarjolla vielä juurikaan luotettavaa tietoa, mutta aiheesta on tekeillä akateemista tutkimusta ja mahdollisesti EU:n datakeskuksiin liittyvät direktiivit pakottavat pilvitoimittajat avaamaan omaa energiankulutustaan. Sitä ennen on pakko toimia vaillinaisen tiedon varassa.

Kulutuksen hillintä

Tekoälyn energiankulutusta ja päästöjä voidaan hillitä seuraavilla toimilla:

1. Valitse, mitä tehtäviä tekoälyllä ratkaistaan.
2. Käytä tehtävään suunniteltua mallia yleisen mallin sijaan, jos mahdollista. Huomioi, että mallin lisäksi myös ajoympäristöllä on merkitystä energiankulutuksen suhteen ja esimerkiksi pilvessä ajettava yleinen malli voi olla tehokkaampi kuin paikallisesti ajettu tehtäväpohjainen malli.
3. Suunnittele käytettävät kehotteet (prompt) huolellisesti, älä sisällytä niihin ylimääräistä
4. Ota mallin käyttämä energia – jos tiedossa – huomioon vertailtaessa eri malleja.
5. Opetta järjestelmät matalan hiili-intensiteetin datakeskuksissa ja mieluiten silloin, kun yhteiskunta kuluttaa vähemmän sähköä tai uusiutuvaa on tarjolla normikulutusta enemmän.

9.3.5 Saavutettavuus

Saavutettavuudella (accessibility) tarkoitetaan digitaalisen palvelun ja sen sisällön käytettävyyttä riippumatta käyttäjän henkilökohtaisista ominaisuuksista tai käyttötavasta. Palveluiden digitaalisuus ja niiden kehittäminen saavutettaviksi

onkin ennennäkemätön mahdollisuus saada tieto aiempaa helpommin kaikkien ulottuville¹¹⁵.

Saavutettavuus digitaalisessa palvelussa muodostuu kolmesta osa-alueesta: teknisestä toteutuksesta, visuaalisesta käyttöliittymästä ja sisällöistä. Jotta ohjelmisto olisi saavutettava, on kaikki nämä osa-alueet otettava huomioon paitsi ohjelmiston julkaisun yhteydessä, myös koko digitaalisen palvelun elinkaaren ajan. Toisin sanottuna saavutettavuutta tulee ylläpitää jatkuvasti esimerkiksi valvomalla sisällön laatua, huolehtimalla saavutettavuusnäkökulman mukana-pitämisestä niin pienissä kuin suurissakin kehitysohjelmissa ja mahdollisesti kouluttamalla sisällöntuottajia ja -syöttäjiä. Näin jo saavutettu taso säilyy toivotulla tavalla.

Saavutettavuudesta puhutaan yleensä vain kytkettynä erilaisiin erityisryhmiin, mutta saavutettava ja helppokäyttöinen palvelu hyödyttää todellisuudessa kaikkia käyttäjiä erilaisissa käyttötilanteissa.

Noudatettava ohjeistus

Saavutettavuutta tarkastellaan yleisesti Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)¹¹⁶ -suosituksen pohjalta. Tämän oppaan kirjoittamisen aikana suositus on versiossa 2.2, joka julkaistiin vuoden 2024 joulukuussa.

WCAG-ohjeistus jakautuu neljään periaatteeseen: havaittavuus, hallittavuus, ymmärrettävyys ja toimintavarmuus. Nämä ohjeet ovat lyhyitä ja käskymuotoisia, eivätkä ne ota kantaa varsinaiseen toteutukseen. WCAG:n ohjeet jakautuvatkin yksityiskohtaisiksi onnistumiskriteereiksi¹¹⁷:

- **Havaittavuus:** palvelun sisällön ja käyttöliittymän tarjoaminen siten, että ne ovat havaittavissa tarvittavassa muodossa rajoitteista riippumatta.
- **Hallittavuus:** palvelun tulee olla käytettävissä erilaisilla laitteilla.
- **Ymmärrettävyys:** sisältöjen, toiminnallisuuksien ja palvelujen tulee olla ymmärrettäviä, ennakoitavia ja virheensietäviä.

¹¹⁵ Exove, Digitaalisten palveluiden saavutettavuus –opas, exove.com/fi/saavutettavuusopas

¹¹⁶ Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2, [w3.org/TR/WCAG22](https://www.w3.org/TR/WCAG22)

¹¹⁷ Exove, Verkkokaupan saavutettavuus -opas, exove.com/fi/verkkokaupansaavutettavuusopas

- **Toimintavarmuus:** palvelun tulee olla mahdollisimman yhteensopiva nykyisten ja tulevien käyttäjäsovelluksien kanssa, mukaan lukien avustavat teknologiat.

Saavutettavuuden toteuttaminen

Lähestymistavat ovat erilaisia riippuen siitä, onko kyseessä täysin uusi vai jo olemassa oleva ohjelmisto. Jos kyseessä on olemassa oleva ohjelmisto, on hyvä lähteä liikkeelle asiantuntijan tekemällä saavutettavuusauditoinnilla.

Auditoinnissa testataan ohjelmiston saavutettavuus erilaisilla työkaluilla, jotta saadaan kokonaiskuva ohjelmiston nykytilasta saavutettavuuden osalta. Arvioinnin tuloksena asiakas saa raportin parannuskohteista, sekä mahdollisista haasteista selkeine parannusehdotuksineen. Kun muutokset on tehty, asiakas voi laatia raportin ja korjausten perusteella saavutettavuusselosteen.

Uusia ohjelmistoja hankkiessa kannattaa varmistaa saavutettavuusvaatimusten sisällyttäminen jo hankinta- ja määrittelyvaiheeseen. Asetetut tavoitteet tulisi pitää esillä myös koko projektin ajan, suunnitelmia ja toteutuksia mietittäessä.

Lisäksi toteutetulle ohjelmistolle olisi vielä julkaisuvaiheessa hyvä tehdä auditointi varmistamaan vaatimustason täyttyminen ja saavutettavuusselosteen ajantasaisuus. Saavutettavuustaso tyypillisesti rapistuu ajan kanssa, joten kouluttaminen ja säännölliset tarkistukset valmiilla työkaluilla auttavat sen ylläpidossa.

Saavutettavuustason lisäksi olisi hyvä huolehtia palvelun yleisestä käytettävyydestä. Vaikka nämä asiat kulkevat usein käsi kädessä, on parasta varmistua testamalla palvelua oikeilla käyttäjillä.

Kannattaa huomioida, että saavutettavuus ei ole projekti joka alkaa ja päättyy, sillä saavutettavuustason ylläpidosta on huolehdittava myös varsinaisen projektin jälkeen. Kun palveluun luodaan uusia sisältöjä tai elementtejä, saavutettavuuden tasosta on samalla huolehdittava. Tason ylläpitämiseksi tarvitaan usein myös sisällönsyöttäjien ja ylläpitäjien kouluttamista.

Tässä ohjeistuksessa ei käydä tarkemmin läpi saavutettavuuden toteuttamista yksityiskohtineen, siitä on olemassa erillinen ohjeistus, jonka voit [ladata](#) ilmaiseksi.

Saavutettavuusdirektiivi

Saavutettavuus on osalla organisaatioista lakisääteinen pakko EU:n saavutettavuusdirektiivin¹¹⁸ myötä ja lopuillekin erinomainen mahdollisuus tuottaa helppokäyttöisempiä, ymmärrettävämpiä ja käyttäjän virheitä vähentäviä digitaalisia ratkaisuja.

Laki digitaalisten palveluiden tarjoamisesta velvoittaa siis kaikkia viranomais-tahoja: valtion organisaatioita ja liikelaitoksia, kunnallisia organisaatioita, liikelaitoksia ja kouluja, julkisoikeudellisia yhdistyksiä ja laitoksia, yliopistoja ja ammattikorkeakouluja. Lisäksi laki velvoittaa yrityksiä, jotka hoitavat julkisia lakisääteisiä tai hallinnollisia tehtäviä. Tällaisia ovat esimerkiksi katsastuskonttorit, vakuutusyhtiöt, energia- ja vesihuolto-yhtiöt sekä pankit.

Välillisesti laki koskee myös yrityksiä, jotka tarjoavat, toimittavat ja tuottavat digitaalisia palveluita julkishallinnon toimijoille tai edellä mainituille sektoreille. Näiden toimijoiden tulisi huomioida tarjoamassaan palvelussa saavutettavuusvaatimukset soveltuvin osin.

Kaikkien lain piiriin kuuluvien julkishallinnon sekä yksityisen sektorin toimijoiden tulisi noudattaa saavutettavuusvaatimuksia laissa määritellyn aikataulun mukaisesti. Vaatimusten noudattamista valvoo Etelä-Suomen Aluehallintovirasto, joka voi määrätä uhkasakon saavutettavuusvaatimusten toteuttamisen tehostamiseksi.

Tällä hetkellä lainsäädännössä viitataan WCAG-ohjeistuksen versioon 2.1, uusimman julkaistun version ollessa 2.2. Vaikka sitä ei vaaditakaan, valvontaviranomainen suosittelee käyttämään saman tien uusinta saatavilla olevaa versiota ohjeistuksesta tuleviin lakimuutoksiin varautumiseksi.

Laki vaatii, että jokainen lainalainen palvelu julkaisee saavutettavuusselosteen, jossa kuvataan sivuston saavutettavuuden tila. Selosteessa kerrotaan mahdollisista saavutettavuuspuutteista ja annetaan ohjeet, miten käyttäjät voivat antaa palautetta saavutettavuudesta.

Laki digitaalisten palvelujen saavutettavuudesta tulee vuonna 2025 ulottumaan myös verkkokauppoihin, mikä edellyttää, että kaikilla käyttäjillä, riippumatta heidän kyvyistään, on tasavertaiset mahdollisuudet käyttää verkkokauppaa. Verkkokaupoilta vaaditaan jatkossa WCAG-saavutettavuusstandardin AA-tason

¹¹⁸ Julkisen sektorin verkkosivustojen ja mobiilisovellusten saavutettavuus, tiivistelmä, eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:4314916

noudattamista, saavutettavuusselosteen julkaisemista sekä myytäviin tuotteisiin tai palveluihin mahdollisesti liittyvien saavutettavuustietojen julkaisua.

Lisäksi verkkokaupan on lisävaatimuksena tarjottava tietoa myytävien tuotteiden ja palvelujen esteettömyydestä ja saavutettavuudesta, jos kyseisistä tuotteista ja palveluista vastuussa oleva talouden toimija, esimerkiksi valmistaja tai maahan-tuoja, on toimittanut kyseiset tiedot. Tämä ei kuitenkaan aseta velvollisuutta palveluntarjoajalle vaatia tai tiedustella kyseisiä tietoja, vaikka se onkin suositel-tavaa.

9.4 IT-palvelujen ostaminen

Suuri osa yrityksistä ja muista organisaatioista on ulkoistanut IT-palvelujen tuotannon kumppanilleen. Todennäköisesti tässä ulkoistussopimuksessa ei juurikaan oteta kantaa vastuullisuuteen tai energiatehokkuuteen. Jos kumppani oman palvelunsa lisäksi hankkii laitteita tai palveluja asiakkaan lukuun, tämä puute kumuloituu.

On suositeltavaa lisätä omat osiot vastuullisuudesta ja energiatehokkuudesta IT-palvelukumppaneiden sopimuksiin. Heidän tulisi asiakkaan puolesta toimiessaan olla energiatehokkaita ja olla selvillä kaikkien heidän kauttaan hankittujen palvelujen ja laitteiden energiankulutuksesta ja päästöistä, tarvittaessa myös hiili-intensiteetistä – koska tämä helpottaa eri palvelujen päästökerrointen arviointia.

Vastuullisuuden ja tehokkuuden tunnusluvut tulee selvittää ja niitä kannattaa seurata kumppanin kanssa vähintäänkin vuositasolla, isommissa yrityksissä tiukemmalla rytmillä. Näiden lukujen kehittymiselle pitää asettaa tavoitteet, joihin pyritään yhdessä toimittajan kanssa – kaikkea ei voi säilyttää toimittajan harteille, koska asiakkaan henkilökunnan tapa käyttää palveluja vaikuttaa niiden energiankulutukseen.

Jos vain mahdollista, tunnuslukuihin kannattaa kiinnittää palkkioita tai sanktioita. Mieluiten palkkioita hyvästä toiminnasta ja asioiden kehittämisestä suunnitellusta, sanktioita vain merkittävistä epäonnistumisista tai piittaamattomuudesta. Näin vastuullisuuden kehittäminen säilyy positiivisena myös kumppanille.

9.5 Ohjelmistokehityksen ostaminen

Merkittävä määrä ohjelmistokehityksestä teetetään alihankkijoilla. Tyypillisimpiä malleja ovat yksittäisten konsulttien tai tiimien vuokraus asiakkaan ohjaukseen tai avaimet käteen -ratkaisujen hankinta tavoitteelliseen tai kiinteään hintaan.

Mitä enemmän ostaja ottaa vastuuta alihankkijoiden ohjaamisesta, sitä suurempi vastuu on myös energiatehokkuuden vaalimisesta projekteissa. Jos työ hajaantuu useamman toimijan henkilöiden tehtäväksi, projekteihin täytyy luoda omat toimintatavat energiatehokkuuden suhteen. Tällöin tietysti kannattaa tutustua toimittajien omiin tapoihin ja poimia sieltä projektissa toimivaksi havaittuja käytäntöjä.

Yleisellä tasolla kannattaa vaatia, että toimittajien henkilökunta on koulutettu vähintäänkin vihreän koodaamisen perusteisiin ja heiltä löytyy myös syvempää asiantuntemusta omasta organisaatiostaan – ja tämä osaaminen on tarvittaessa asiakkaan käytettävissä.

Vastaavasti jos asiakkaan organisaatiota koulutetaan tai muuten tuetaan vihreän koodaamisen suhteen, nämä koulutukset tai tukimuodot kannattaa ulottaa myös projekteissa toimivien alihankkijoiden henkilökuntaan.

9.5.1 Suunnittelupalvelut

Digitaalisten ratkaisujen ja järjestelmien energiankulutukseen, päästöihin ja yleisesti kestävyys vaikuttaa merkittävästi palvelumuotoilu ja konseptisuunnittelu. Parhaimmillaan järkevä suunnittelu minimoi osaltaan päästöjä, pahimmillaan ohjelmistokehittäjän kädet voidaan sitoa jo ennen toteutuksen aloittamista. Onkin ensiarvoisen tärkeää aloittaa energiankulutuksen käsittely jo suunnitteluvaiheessa.

Energiankulutukseen vaikuttaa valittu kokonaiskonsepti, käytössä olevien toimintojen valitseminen ja niiden yksityiskohtien suunnittelu, käyttöliittymän yksinkertaisuus tai monimutkaisuus sekä virheherkkyys ja saavutettavuus.

Käyttökokemuksen ja -liittymän kestävyyttä voidaan edistää seuraavilla tavoilla¹¹⁹:

¹¹⁹ Vitaly Friedman, Sustainable Design Patterns For UX Designers, [linkedin.com/pulse/sustainable-design-patterns-ux-designers-vitaly-friedman-iiihe/](https://www.linkedin.com/pulse/sustainable-design-patterns-ux-designers-vitaly-friedman-iiihe/)

- **Hukan vähentäminen.** Hukkaa on esimerkiksi tarpeettoman tai liian raskaan sisällön tuottaminen. Tyypillisiä kohteita ovat PDF-tiedostot, kuvat, animaatiot ja videot.
- **Vanhentuneen tai harhaanjohtavan sisällön poistaminen.** Sisältöä tai sen osia tulee aktiivisesti poistaa tai siirtää julkaistusta takaisin luonnostilaan.
- **Uudelleenkäytettävyyden maksimointi.** Koskee kaikkea suunnittelua käyttöliittymäkomponenteista ja suunnitteluprosesseista malleihin ja sisältötuotoksiin.
- **Ihmisten auttaminen tekemään kestävämpiä valintoja,** esimerkiksi tarjoamalla kestävämpiä oletusasetuksia ja malleja¹²⁰, sekä lyhentämällä kriittisten tehtävien tai keskeisten käyttäjäpolkujen suorittamiseen käytettävää aikaa.

Sustainable Web Design¹²¹ tarjoaa 94 suunnitteluohjetta ja strategiasuositusta, joiden avulla suunnittelijat voivat luoda kestävämpiä digitaalisia tuotteita ja palveluita. Katalogi on jaettu kategorioihin ja tunnisteisiin, jotka helpottavat nopeaa tietojen löytämistä.

Decarbonisation Management System¹²² on viitekehys, jota voidaan käyttää Sustainable Web Design -ohjeiden käytön suunnittelussa, seurannassa ja hallinnassa. Vastaavasti The Sustainable UX Network on koontanut laajan joukon erilaisia kestävyteen liittyviä ratkaisuja yhteen dokumenttiin¹²³.

IBM:n julkaisemasta IBM Design for Sustainability¹²⁴ -ohjeesta löytyy hyvä kestävän suunnittelun muistilista, jota voidaan käyttää myös osana hankinnan vaatimuksia.

¹²⁰ Artiom Dashinsky, Product Design for Sustainability, uxdesign.cc/product-design-for-sustainability-3fffb2a7f0e

¹²¹ Sustainable Web Design, sustainablewebdesign.org/

¹²² James Chudley, Decarbonisation Management System (v1.0), axiomatic-block-3be.notion.site/Decarbonisation-Management-System-v1-0-15e0e84c56b28062bccafb7528b600ea

¹²³ SUX Network - Resource Collection, suxnetwork.notion.site/SUX-Network-Resource-Collection-36fe841f898b4fe9a8f37b6636852c49

¹²⁴ IBM Design for Sustainability, ibm.com/design/practices/design-for-sustainability/design-for-sustainability-positionpaper.pdf

Suunnittelupalveluja ostettaessa kannattaa varmistaa toimittajan osaaminen ja halukkuus suunnitella energiatehokkaita palveluja. Yleistasoisen varmistamisen lisäksi on syytä antaa toimittajien kertoa, kuinka nämä asiat on otettu huomioon ja millaisia työkaluja, menetelmiä tai suunnittelukehikkoja on käytössä.

9.5.2 Ohjelmointipalvelut

Sovellusten ja järjestelmien ohjelmointivaihe määrittää lopulta tuotetun ratkaisun kestävyuden ja vastuullisuuden. Aiemmat vaiheet ovat tiettyssä mielessä syötteitä ohjelmoinnille ja myöhemmät vaiheet vastaavasti varmistavat lopputuloksen laadun ennen sen vientiä tuotantoon.

Ei ole olemassa yksiselitteisiä ja kaikkiin tapauksiin sopivia ohjeita, joita noudattamalla tuotetusta ohjelmistosta tulee energiatehokas tai kestävä. Ohjelmiston käyttötarpeet ja -ympäristöt vaihtelevat suuresti – jolloin ne vaativat myös erilaisia lähestymistapoja. Aiemmin tässä oppaassa on kuvattu tapoja hillitää tai vähentää ohjelmistojen energiankulutusta. Niiden muuttaminen ostokriteereiksi ei kuitenkaan ole suoraviivaista.

Motivan ylläpitämästä Kriteeripankista¹²⁵ löytyy muutamia Green ICT MitViDi -hankkeessa¹²⁶ laadittuja kriteerejä ohjelmistoille. Uusia kriteerejä on tarkoitus lisätä ajan kuluessa. Näihin kriteereihin kannattaa tutustua ja poimia niiden joukosta omiin käytötarkoituksiin sopivia kriteerejä.

Kannattaa kuitenkin huomata, että jos ohjelmointia ei tunne, helposti päätyy käyttämään vääriä ja jopa haitallisia vaatimuksia ohjelmiston tehokkuuden määrittämiseen. Esimerkiksi ohjelmiston nukahtamiskyvykkyyden vaatiminen ei ole tarkoituksenmukaista kaikissa arkkitehtuureissa tai ympäristöissä, esimerkiksi se ei sovi mikropalveluarkkitehtuurin mukaisten ratkaisujen arviointiin. Kyseisen arkkitehtuurin mukaisesti ohjelmisto ei kuluta energiaa, kun sinne ei tule pyyntöjä, mutta toisaalta se ei kuitenkaan ole nukkumassa. Onkin suositeltavaa käyttää tarvittaessa ohjelmointiin perehtynyttä konsultointia apuna kriteerien valinnassa ja niiden pisteytyksessä.

Web-palveluiden toteutukselle löytyy W3C:n ylläpitämä Web Sustainability Guidelines¹²⁷, johon on koostettu merkittävä määrä ohjeita ja energiatehokkaita

¹²⁵ Motiva Kriteeripankki, kriteeripankki.fi

¹²⁶ Mittarit vihreän digitalisaation julkisiin ICT-hankintoihin, greenict.fi/hankkeet/green-ict-mitvidi/

¹²⁷ Web Sustainability Guidelines, w3c.github.io/sustainableweb-wsg/

lähestymistapoja erilaisiin web-palveluissa toistuviin tarpeisiin. Tämän oppaan kirjoitushetkellä Guidelines on vielä luonnos, mutta sen sisältö on jo käytettävissä ja sieltä on helposti poimittavissa erilaisia kriteerejä web-palvelujen ostoon.

Kannattaa kuitenkin huomata, että osa kriteereistä on hyvinkin yksityiskohtaisia ja niiden käyttäminen ilman tarkempaa pohdintaa saattaa johtaa lähinnä tarjous-työn hankaloitumiseen ilman merkittäviä parannuksia lopputuloksen kestävyysdessä.

9.5.3 Testauspalvelut

Testausvaihe on oleellinen varmistamaan, että suunniteltu ja toteutettu ratkaisu vastaa järjestelmästä annettuja vaatimuksia. Jos vaatimusluettelossa on energia-tehokkuuteen tai vaikkapa päätelaitteisiin liittyviä vaatimuksia, niiden tulisi ilmetä myös testitapauksina. Testisuunnitelma ja testitapaukset tulee lukea huolellisesti läpi ja varmistaa, että järjestelmää testataan myös laadittujen vastuullisuusvaatimusten suhteen.

Testausdokumentaation lisäksi on syytä tutustua myös testitapausten suoritusten seurantaan ja tarvittaessa vaatia pääsyä katsomaan testiajojen suorituslokeja, joista selviää testien ajokerrat ja läpäisy tai hylkäykset.

Ratkaisujen energiatehokkuuden testaaminen muistuttaa kuormitustestausta, koska siinäkin mitataan ratkaisun tehokkuutta ja kuormansietokykyä. Toimittajia valitessa onkin syytä tarkastaa, löytyykö heiltä osaamista kuormitustestaukseen, ellei heillä ole suoraa osaamista energiankulutuksen testaamisesta.

Käyttäjien virheiden välttämiseksi käytettävyyss- ja saavutettavuustestaaminen on oleellista. Näihin löytyy valmiita työkaluja, joilla voidaan mekaanisesti selvittää esimerkiksi webbisivujen tai -sovellusten saavutettavuusongelmia. Työkalujen käyttö ei yksinään riitä, vaikka niitä käyttämällä saadaan kiinni suurin osa perusvirheistä ja nopeutetaan testaamista merkittävästi, vaan lisäksi tarvitaan saavutettavuuteen tai käytettävyyteen perehtyneen testaajan osaamista.

Jos tavoitellaan saavutettavuutta myös apuvälineillä, kuten ruudunlukuohjelmilla, pistekirjoitusnäytöillä ja näppäimistöillä, lopputulos tulee myös testata niillä. Pienetkin ongelmat suunnittelussa tai toteutuksessa voivat aiheuttaa ylitse-pääsemättömiä ongelmia tällaisten apuvälineiden käyttäjille.

Testiympäristöt ja continuous integration -ratkaisut

Ratkaisun toteutuksen energiankulutukseen tulee sisällyttää myös käytettyjen testiympäristöjen ja CI/CD-ratkaisujen (continuous integration, continuous delivery) kuluttama energia. Jos projektissa tehdään nopealla tahdilla muutoksia versionhallintaan, CI/CD-järjestelmää ajetaan myös vastaavalla nopeudella ja se testaa helposti turhan laajalla skaalalla suhteessa tehtyihin muutoksiin.

Nykyään testi- ja CI/CD-järjestelmät osaavat priorisoida testejä esimerkiksi aiempien testikierrosten virheiden mukaisesti, mutta testien energiankulutusta ei voi ottaa suoraan järjestyksen pohjaksi. Toki testien raskaudesta voi tehdä arvioita tai käyttää testien suoritusajoja raskauden mittarina. Näin voidaan järjestellä testit siten, että raskaimmat testit ajetaan joko viimeisenä – jos sinne asti päästään ilman virheitä – tai ne ajetaan vain kerran päivässä jokaisen muutoksen yhteydessä ajamisen sijaan.

Kannattaa myös pohtia, kannattaako testaaminen pysäyttää ensimmäiseen löydettyyn virheeseen tai tiettyyn lukumäärään virheitä vai annetaanko sen ajaa aina kaikki testit. Molemmissa on puolensa: ensimmäisessä vaihtoehdossa energiaa kuluu vähemmän ja toisessa voi paljastua useampia virheitä kerralla, mikä nopeuttaa projektin etenemistä.

Ostettaessa kannattaa vaatia, että testi- ja CI/CD-järjestelmien suunnittelussa on otettu energiankulutus huomioon ja pyytää kuvaukset energiankulutusta vähentävistä ratkaisuista.

9.5.4 Tuotantoon vienti

Ohjelmistojen tuotantoon viennin tulee olla suunniteltu ja harjoiteltu prosessi, mieluiten automatisoitu. Näin vältetään virheitä viettäessä ohjelmiston uutta versiota tuotantoon.

Tuotantoon tulee viedä ainoastaan testattu ja hyväksytty versio ohjelmistosta. Tämä prosessi tulee olla määriteltynä ja sitä on käytettävä kaikissa tuotantoon vienneissä. Erikseen voi olla pikakorjausten käyttöprosessi, jolla voidaan hätätilanteessa nopeuttaa esimerkiksi kriittiseen ongelmaan kaatuneen ohjelmiston korjaamisesta ja käynnistämistä.

Jos ohjelmisto asennetaan käyttäjien päätelaitteille, jokainen uusi tuotantoversio aiheuttaa päivitystarpeen käyttäjille. Tämä prosessi on tyypillisesti automaattinen, kun ohjelmistoa jaetaan esimerkiksi sovelluskaupoista. Jos ohjelmistoa joudutaan päivittämään laatusyistä useasti, päivittäminen aiheuttaa merkittävää energian-

kulutusta käyttäjien ladatessa ja asentaessa uusia versioita tiheästi. Tällainen toiminta on omiaan myös huonontamaan käyttäjien kokemuksia ohjelmistosta.

Toki ohjelmisto tulee päivittää mahdollisimman pikaisesti, jos siitä löytyy kriittinen haavoittuvuus tai muu vakava ongelma. Tällaiset ongelmat tulisi jäädä haaviin jo aiemmassa vaiheessa, mutta yksikään prosessi ei voi taata 100 % onnistumista.

Tiivistettynä

- 1** Vastuullinen ostaminen keskittyy ekologisuuteen, energiankulutukseen ja päästöihin. Toimittajien vastuullisuus kannattaa pisteyttää kilpailutuksessa, jotta valikoituvat parhaat toimijat, edistetään innovaatioita ja kannustetaan laajempaan vastuullisuuteen.
- 2** Laitteiden hankinnassa tulisi suosia pitkäikäisiä ja ympäristösertifioituja vaihtoehtoja, sillä valmistus aiheuttaa merkittävän osan päästöistä. Datakeskusten ja pilvipalveluiden valinnassa tulee huomioida energiankulutus, uusiutuvan energian käyttö ja hukkalämmön hyödyntäminen.
- 3** EU asettaa datakeskuksille energiatehokkuusvaatimuksia, kuten raportointivelvollisuuksia ja säästötavoitteita. IT-palveluiden ulkoistamisessa energiatehokkuus tulee sisällyttää sopimuksiin, ja vastuullisuutta on seurattava tunnuslukujen avulla.
- 4** Datan säilytystä ja siirtoa tulee minimoida tarpeettoman energiankulutuksen välttämiseksi, ja GDPR:n periaatteita voidaan soveltaa laajemmin. Tekoälyn energiankulutusta voi vähentää optimoimalla malleja, minimoimalla resurssien käyttöä ja hyödyntämällä vähäpäästöisiä datakeskuksia.
- 5** Ohjelmistojen suunnittelussa energiatehokkuus tulee huomioida käyttöliittymistä ohjelmointiin saakka. Testausympäristöjen energiankulutusta on minimoitava, ja tuotantoon vienti on optimoitava virheiden sekä ylimääräisen energiankulutuksen välttämiseksi.

10 Esimerkkejä hankintakriteereistä

Tähän lukuun on koottu esimerkkejä erilaisista hankintakriteereistä, joilla toimittajan tai toimituksen energiatehokkuutta ja päästöttömyyttä voidaan arvioida ja pisteyttää. Pisteytykset ovat esimerkkejä ja pisteiden painoarvoa sekä tarkempaa kuvausta kannattaa vaihdella omien tarpeiden ja arvojen mukaisiksi.

Kaikki kriteerit eivät sovi jokaiseen hankintaan. Kuten aiemmin on jo todettu, vääränlaisista kriteereistä on vain harmia sekä ostajalle että toimittajille. Jos ostettavan ratkaisun tekninen toteutus ei ole riittävän selkeä, suosittelen vahvasti ottamaan teknisiä asiantuntijoita avuksi kriteerien laadintaan.

Nämä kriteerit ovat vapaasti käytettävissä ja muokattavissa. Jos haluat lisätä uusia kriteerejä listaan, ole yhteydessä kirjan [palautelomakkeen](#) kautta. Huomaa, että uusien kriteerien käytön ja muokkauksen tulee olla vastaavasti vapaata kuin näidenkin.

Vihreä arkkitehtuuri ja ohjelmistokehitys

Toimittajan projektihenkilökunta – suunnittelijat, kehittäjät, testaajat – on koulutettu vihreän ja energiatehokkaan koodin tuottamiseen.	0	ei koulutettu
	1	koulutettu kertaalleen
	2	sisältyy yrityksen koulutusohjelmaan ja täydennyskoulutuksia järjestetään vähintään kerran vuodessa

Esimerkkejä hankintakriteereistä

Toimittajalla on esittää referenssejä vihreän koodin toteutuksista.	0	ei referenssejä
	1	yksi referenssi
	2	kaksi tai useampi referenssi
Toimittajalla on kokemusta hiili-intensiteetin mukaan toimintaansa säätelevien ohjelmistojen toteutuksesta.	0	ei kokemusta
	1	löytyy kokemusta
<i>Huom! Tätä vaatimusta voi käyttää vain sellaisten ohjelmistojen hankinnassa, missä hiili-intensiteetin mukaisesta säätymisestä on hyötyä.</i>		
Toimittajan konseptuaalinen / tekninen suunnitteluprosessi ottaa energiatehokkuuden huomioon	0	ei ota
	1	perustasolla
	2	yksityiskohtaisella tasolla
<i>Voit valita joko toisen tai molemmat suunnitteluprosessit.</i>	<i>Perus- ja yksityiskohtainen taso tulee määritellä tarjouspyyntöön. Niiden tulee olla suhteessa tehtävään hankintaan.</i>	
Toimittaja pystyy kertomaan toteutusvaiheen eri valintojen seurauksista energiatehokkuudelle.	0	ei pysty
	1	pystyy perustasolla
	2	pystyy yksityiskohtaisesti – määriteltävä tarjouspyynnössä
Toimittajalla on kokemusta erilaisten arkkitehtuurien, ohjelmointikielien, algoritmien, käytettyjen komponenttien ja kirjastojen, asennuspaketin koon, ajoympäristöjen sekä tiedostojen koon ja formaattien vaikutuksista energiankulutukseen.	0	ei kokemusta
	1	perustason kokemus
	2	laaja kokemus
<i>Perustaso ja laaja kokemus tulee määritellä tarjouspyyntöön. Niiden tulee olla suhteessa tehtävään hankintaan.</i>		

Toimittaja on selvittänyt yleisesti käyttämiensä komponenttien, kirjastojen ja järjestelmien energiankulutuksen.	0	ei selvitetty
	1	selvitetty projektikohtaisesti
	2	selvitetty yritystasolla
Toimittaja minimoi toimittamiensa järjestelmien tallentaman datamäärän.	0	ei minimoi
	1	minimoi tapauskohtaisesti
	2	minimointi sisältyy yrityksen normaaliin toimintatapaan
Toimittaja optimoi toimittamiensa järjestelmien sisäiset ja ulkoiset data-virrat.	0	ei optimoi
	1	optimoi tapauskohtaisesti
	2	optimointi sisältyy yrityksen normaaliin toimintatapaan
Toimittajalla on laitteiden ennen-aikaista vanhenemista (obsolescence) estävä politiikka.	0	ei politiikkaa
	1	politiikka koskee toimittajan omaa ohjelmistokehitystä
	2	politiikka koskee myös toimittajan käyttämien kolmansien osapuolien ohjelmistoratkaisuja
Toimittaja pystyy takaamaan ohjelmiston toiminnan vanhoilla laitteilla. <i>Toimittajalta tulee kysyä mahdolliset rajoitukset politiikkaan. Kysymyksessä kannattaa myös määritellä käytetyt laitteet, jos mahdollista.</i>	0	ei pysty
	1	alle viisi vuotta vanhat laitteet tuettuina
	2	alle kymmenen vuotta vanhat laitteet tuettuina
	3	yli kymmenen vuotta vanhat laitteet tuettuina

Esimerkkejä hankintakriteereistä

Toimittajan ohjelmistokehityksessä käyttämän tekoälyn energiankulutus on minimoitu.	0	ei huomioitu tai ei minimoitavissa
	1	toimittaja pystyy toimittamaan selonteon minimoinnista tai tekoäly ei ole käytössä

Suunnittelu

Toimittajalla on ohjeistus vihreään ja energiatehokkaaseen ratkaisuun joltavaan suunnitteluun.	0	ei ohjeistusta
	1	ohjeistus keskittyy vain suunnitteluun
	2	ohjeistus integroitu tiiviisti vihreän sovelluskehittämisen prosesseihin

Toimittajan suunnitteluohjeistus minimoi tuotettavan ratkaisun energiankulutusta.	0	ei minimoi
	1	ohjeistus on yleisellä tasolla
	2	ohjeistus on yksityiskohtainen ja sen avulla pystytään arvioimaan energiankulutuksen muutoksia

Toimittajalla on prosessi suunnittelusta saavutettavien hyötyjen tai ominaisuuksien ja niihin liittyvien haittojen arvioimiseksi.	0	ei prosessia
	1	prosessi on kuvattu perustasolla
	2	prosessi on kuvattu yksityiskohtaisesti ja sisältää esimerkkejä ja/tai laskentakaavoja

Toimittajalla on esittää referenssejä vihreän suunnittelun toteutuksista.	0	ei referenssejä
	1	yksi referenssi
	2	kaksi tai useampi referenssi

Toimittajan suunnitteluprosessi johtaa käyttäjien tekemien virheiden määrän vähenemiseen.	0	ei johda tai ei huomioitu
	1	prosessissa huomioidaan käyttäjien virheiden tekomahdollisuudet ja aktiivisesti minimoidaan niitä

Toimittajan suunnitteluprosessi ottaa saavutettavuuden huomioon.	0	ei huomioi
	1	huomioi perustasolla
	2	huomioi yksityiskohtaisesti ja WCAG 2.2 AA -tasolla

Testaus ja julkaisu

Toimittajalla on kokemusta energiankulutukseen liittyvästä testaamisesta.	0	ei kokemusta
	1	kokemusta yksittäisistä projekteista
	2	kokemusta useista projekteista

Toimittaja kykenee mittaamaan ohjelmiston kuluttamaa energiaa osana testausta.	0	ei kykene
	1	kykenee erikseen järjestämällä
	2	kykenee jokaisella testikierroksella

Toimittajan automaattitestauksen energiankulutus on hallinnoitua ja minimoitua.	0	energiankulutusta ei ole huomioitu
	1	energiankulutus on huomioitu perustasolla
	2	energiankulutus on yksi suunnitteluperiaate testaukselle

Toimittajalla on määritelty tuotantovientiprosessi.	0	ei ole prosessia
	1	prosessi on manuaalinen
	2	prosessi on automaattinen

Esimerkkejä hankintakriteereistä

Toimittajan prosessit minimoivat käyttäjille tuotettujen sovellusten päivitystarpeen, esimerkiksi käytössä havaittujen ongelmien korjaamisen takia.	0	ei ole prosessia
	1	yksinkertainen prosessi – esimerkiksi toistettava, mutta ei mitattava
	2	selkeä, johdonmukainen ja mitattava prosessi

Alustapalvelut ja pilvi

Alustapalvelun tai pilven energiankäyttöä voi mitata.	0	energiankulutusta ei voi mitata
	1	energiankulutusta voi mitata osassa palveluja
	2	energiankulutusta voi mitata kaikissa palveluissa

Alustapalvelun tai pilven päästöjä voi mitata.	0	päästöjä ei voi mitata
	1	päästöjä voi mitata osassa palveluja tai osassa laajuusaloja (scope)
	2	päästöjä voi mitata kaikissa palveluissa ja kaikissa laajuusaloissa (scope)

Alusta- tai pilvipalvelujen käyttöä optimoidaan energiankulutuksen ja päästöjen vähentämiseksi.	0	ei optimoida
	1	osa palveluista on optimoituja
	2	kaikki palvelut ovat optimoituja ja optimointi on jatkuva prosessi

Tutustu lisäksi energiankäyttöön liittyviin vaatimuksiin, joita voidaan soveltaa myös alustapalveluihin.

Tekoäly

Toimittajalla on politiikka tekoälyn energiatehokkaaseen käyttöön.	0	ei politiikkaa
	1	energiankulutus on huomioitu perustasolla
	2	energiankulutus on yksi suunnitteluperiaate tekoälyn käytölle
Toimittaja rajaa tekoälyn käyttöä ottamalla huomioon saadut hyödyt ja aiheutetut haitat.	0	ei rajaa
	1	rajaukset perustasolla
	2	rajaukset yksityiskohtaisia ja sovellettavissa useaan eri käyttö-tarkoitukseen
Toimittajan tekoälyn valinta- ja käyttö-prosessi ottaa huomioon energian-kulutuksen.	0	ei huomioi
	1	huomioi perustasolla
	2	huomioi yksityiskohtaisesti ja käsittelee erikseen sekä opetuksen että käytön

Energiankäyttö

Toimittaja käyttää uusiutuvia energia-lähteitä omassa toiminnassaan.	0	uusiutuvat eivät käytössä tai ei tietoa
	1	uusiutuvat käytössä
Toimittajan tarjoamien pilvi- tai käyttöpalveluiden käyttämä energia on uusiutuvaa.	0	uusiutuvat eivät käytössä tai ei tietoa
	1	uusiutuvat käytössä

Esimerkkejä hankintakriteereistä

Käytetyn energian hiili-intensiteetti on selvitetävissä.	0	hiili-intensiteettiä ei voida selvittää
	1	hiili-intensiteetti on selvitetävissä
<i>On suositeltavaa, että hiili-intensiteettiä laskettaessa ei huomioida mahdollisia kompensointeja.</i>	2	hiili-intensiteetti raportoidaan säännöllisesti
	3	hiili-intensiteetti on nähtävissä reaaliaikaisesti ja historiatieto on saatavilla (huom. ei sovi kaikkiin tapauksiin)

Käytetyn energian hiili-intensiteetti on matala.	0	hiili-intensiteettiä ei voida selvittää tai se ylittää raja-arvon
<i>Hiili-intensiteettiä laskettaessa ei saa huomioida mahdollisia kompensointeja.</i>	1	hiili-intensiteetti on alle alueen vuosittaisen keskiarvon
	2	hiili-intensiteetti on alle puolet alueen vuosittaisesta keskiarvosta
	3	hiili-intensiteetti on alle neljännes alueen vuosittaisesta keskiarvosta

Laitteet

Toimittaja tarjoaa mahdollisuuden hankkia käytettyjä laitteita.	0	ei tarjoa
	1	tarjoaa
Toimittaja tarjoaa takuun käytetyille laitteille.	0	ei tarjoa
	1	takuu alle vuosi
	2	takuu yli vuosi
Toimittajan tarjoamille laitteille on pitkä käyttöjärjestelmän tekninen tuki ja tietoturvapäivitykset	0	tuki on alle viisi vuotta
	1	tuki on alle kahdeksan vuotta
	2	tuki on yli kahdeksan vuotta

Toimittajan huoltotoiminnot ja -prosessit ottavat ekologisuuden huomioon.	0	eivät huomioi
	1	huomioivat perustasolla
	2	toimintojen ja prosessien lähtökohtana on energiankulutuksen välttäminen
Toimittajan tarjoamille laitteille on tarjolla varaosia ja komponentteja pitkäksi aikaa.	0	varaosia tarjotaan alle viisi vuotta
	1	varaosia tarjotaan alle kahdeksan vuotta
	2	varaosia tarjotaan yli kahdeksan vuotta
Toimittajan tarjoamat laitteet on suunniteltu huollettavaksi myös itse	0	itse huoltaminen ei ole mahdollista
	1	laitetta on mahdollista huoltaa itse
	2	laitetta on mahdollista huoltaa itse ja on mahdollista käyttää kolmansien osapuolien toimittamia komponentteja
Toimittajan käyttämä laitteiden asennusprosessi ottaa huomioon ekologisuuden.	0	ei huomioi
	1	huomioi perustasolla
	2	prosessin lähtökohtana on energiankulutuksen välttäminen
Toimittajalla on määritelty käytettyjen laitteiden takaisinottoprosessi.	0	ei prosessia
	1	uudet laitteet kierrätetään kerran
	2	uudet laitteet kierrätetään kahdesti tai niiden käyttöikä on muuten yli kymmenen vuotta

Esimerkkejä hankintakriteereistä

Toimittaja on määrittänyt laitteiden elinkaaren.	0	ei määritelty
	1	elinkaari määritelty
	2	elinkaari määritelty ja optimoitu energiankulutuksen ja päästöjen vähentämiseksi

Toimittaja kierrättää elektronisen jätteen.	0	ei kierrätä
	1	elektroninen jäte kierrätetään
	2	elektronisen jätteen kertyminen on minimoitu ja loput kierrätetään

Tietoliikenne

Tietoliikenteen energiankäyttöä voi mitata.	0	energiankulutusta ei voi mitata
	1	energiankulutusta voi mitata osassa palveluja
	2	energiankulutusta voi mitata kaikissa palveluissa

Tietoliikenteen päästöjä voi mitata.	0	päästöjä ei voi mitata
	1	päästöjä voi mitata osassa palveluja tai osassa laajuusaloja (scope)
	2	päästöjä voi mitata kaikissa palveluissa ja kaikissa laajuusaloissa (scope)

Toimittaja minimoi tietoliikennettä.	0	ei minimoi
	1	minimoi osassa palveluja
	2	minimoi kaikkien toimintojen osalta

Toimittajan tietoliikennetkaisu pyrkivät välttämään langattomien verkkojen käyttöä.	0	eivät vältä
	1	langattomien verkkojen käyttöä ei suosita
	2	langattomien verkkojen käyttö on viimeinen vaihtoehto

Hallinto

Toimittajalla on ympäristöjärjestelmä.	0	ei ympäristöjärjestelmää
	1	ympäristöjärjestelmä
	2	sertifioitu tai auditoitu ympäristöjärjestelmä

Toimittajan ympäristöjärjestelmässä on huomioitu IT.	0	ei huomioitu
	1	huomioitu yleisellä tasolla
	2	huomioitu seikkaperäisesti

Toimittaja raportoi vaikutuksistaan ympäristöön.	0	ei ympäristöraporttia
	1	ympäristöraportti
	2	ulkopuolisen tahon tarkastama ympäristöraportti (huom. voi aiheuttaa tarpeettomia eroja pienten ja isojen yritysten välille)

Esimerkkejä hankintakriteereistä

Toimittaja laskee hiilijalanjälkensä.

Hiilijalanjälki tulee laskea jollakin yleisesti käytössä olevalla menetelmällä.

- 0 ei laskettu 18 kk sisällä tai laskelmassa ei ole huomioitu kaikkia laajuusaloja (scope)
 - 1 laskettu toimittajan omasta toimesta
 - 2 ulkopuolisen tahon suorittama tai tarkastama hiilijalanjälkilaskelma (huom. voi aiheuttaa tarpeettomia eroja pienten ja isojen yritysten välille)
-

Toimittaja minimoi aktiivisesti hiilijalanjälkeään.

- 0 ei minimoi
 - 1 minimoi perustasolla
 - 2 minimoi tavoitteellisesti ja pitkäjänteisesti
-

Toimittajalla on hiilijalanjälkeen liittyvät pienennystavoitteet.

- 0 ei tavoitteita
- 1 perustason tavoitteet
- 2 kunnianhimoiset tavoitteet

Perustaso ja kunnianhimon taso tulee määritellä tarjouspyynnössä. Niiden täytyy olla suhteessa tehtävään hankintaan.

Toimittajalla on henkilöstöohjeistus vastuullisuuteen IT-asioissa.

- 0 ei ohjeistusta
 - 1 yleistasoinen ohjeistus
 - 2 seikkaperäinen ohjeistus
-

Toimittajalla on eettinen ohjeistus.

- 0 ei ohjeistusta
 - 1 yleistasoinen ohjeistus
 - 2 seikkaperäinen ohjeistus
-

Toimittaja raportoi sisäisesti IT:n ympäristövaikutuksista.	0	ei raportoi
	1	raportoi kerran vuodessa
	2	raportoi seikkaperäisesti ja useammin kuin kerran vuodessa
Toimittajan IT:n ympäristövaikutukset auditoidaan	0	ei auditoida
	1	auditoitu sisäisesti
	2	auditoitu kolmannen tahon toimesta tai auditoinnin tuloksena on myönnetty kolmannen tahon sertifikaatti
Toimittajan IT:n ympäristövaikutusten raportoinnilla on sponsori ylimmässä johdossa.	0	ei sponsoria
	1	sponsori ylimmässä johdossa
	2	sponsori ylimmässä johdossa ja vaikutukset raportoidaan useammin kuin kerran vuodessa

11 Kiitokset

Tämä opas on tietysti mielessä hyvinkin luonnollinen jatkumo Vihreä koodi -kirjalleni ja lisäksi äärimmäisen tärkeä työkalu IT-alan energiankulutuksen ja päästöjen hillitsemiseksi. Pelkästään energiankulutuksen ja päästöjen kasvun taittaminen olisi askel oikeaan suuntaan.

Yritykset ja julkiset organisaatiot hallinnoivat merkittävää osaa IT-ratkaisuista ja käytännössä kaikki kuluttajien käyttämät sovellukset ovat yritysten käsialaa, joten muutoskin kannattaa aloittaa yrityksissä.

Exoven CTO Kalle Varisvirran kanssa laatimani Vihreän IT kypsyyssmalli¹²⁸ toimi pohjana useille kirjassa esitetyille ratkaisuille ja erityisesti hankintakriteereille.

Erityiskiitokset tämän kirjan esilukijoille, joilta sain merkittävän määrän uusia ajatuksia ja huomioita lisättäväksi tekstiin. Esilukijoina toimivat Valohain CTO Aarni Koskela, Rebl Groupin Sustainability Specialist Meeri Nyberg ja Konsepton toimitusjohtaja Mikko Paltamaa. Lisäksi Exoven Growth Marketer Essi Rostedt ja Rebl Groupin viestintäpäällikkö Kati Iharanta oikolukivat tekstin ja antoivat sille kielenhuoltoa. Ilman teitä tämä kirja olisi huomattavasti suppeampi ja ylipäänsä heikompi laadultaan.

Sanomattakin lienee selvää, että kaikki mahdolliset virheet ovat allekirjoittaneen käsialaa.

¹²⁸ exove.com/fi/palvelut/vihrea-it-kypsyyssmalli

12 Palaute

Otan mielelläni vastaan palautetta ja uusia ideoita vihreämpään IT-hankintaan. Aiheella on merkitystä sekä IT-alan kehittymisen että ilmastonmuutoksen hidastamisen suhteen. Lisäksi se on minulle henkilökohtaisesti hyvin tärkeä ja siksi pyrin parantamaan tämän oppaan laatua ja vaikuttavuutta.

Haluan tietää, jos koit jonkin aiheen jääneen käsittelemättä tai käsittelyn olleen vain pintapuolista. Samoin kuulen mielelläni uusia ideoita hukista tai vinkkejä hankintojen vihreyden parantamiseksi. Olisin myös kiitollinen jos raportoisit havaitsemistasi virheistä.

Jos haluat parantaa tämän oppaan laatua tai vaikkapa vain kehua sitä, niin toivoisin sinun täyttävän lyhyen kyselyn:

[Täytä kysely](#)

Kiitos.