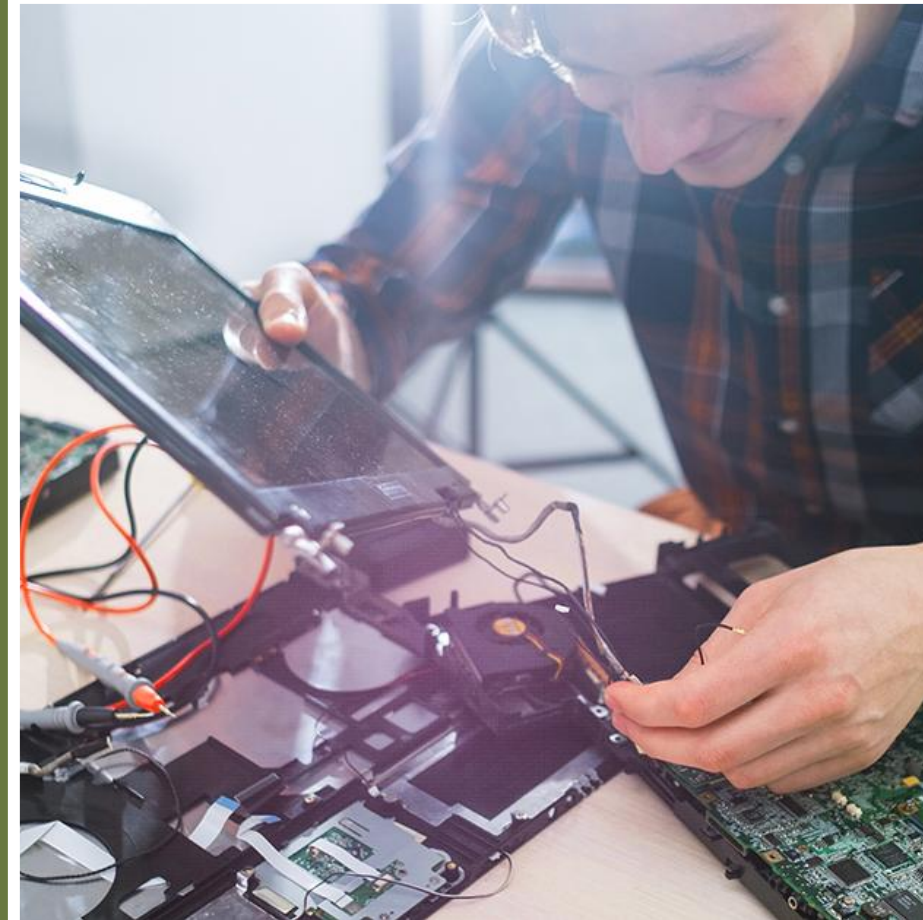


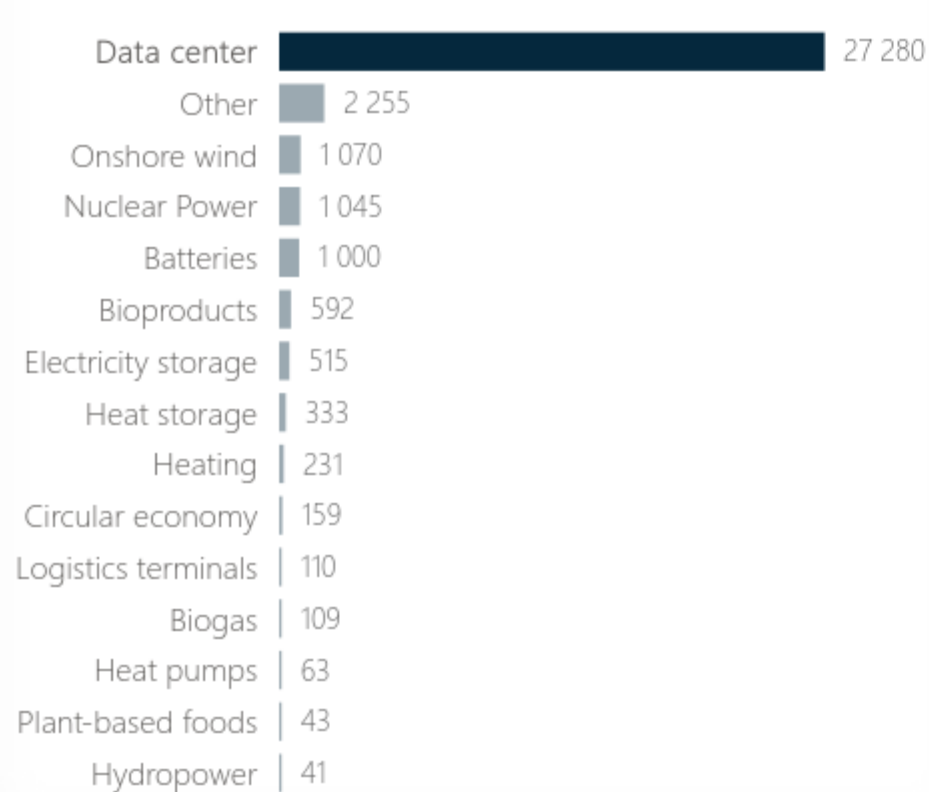
ICT EnergyLife+

University of Vaasa

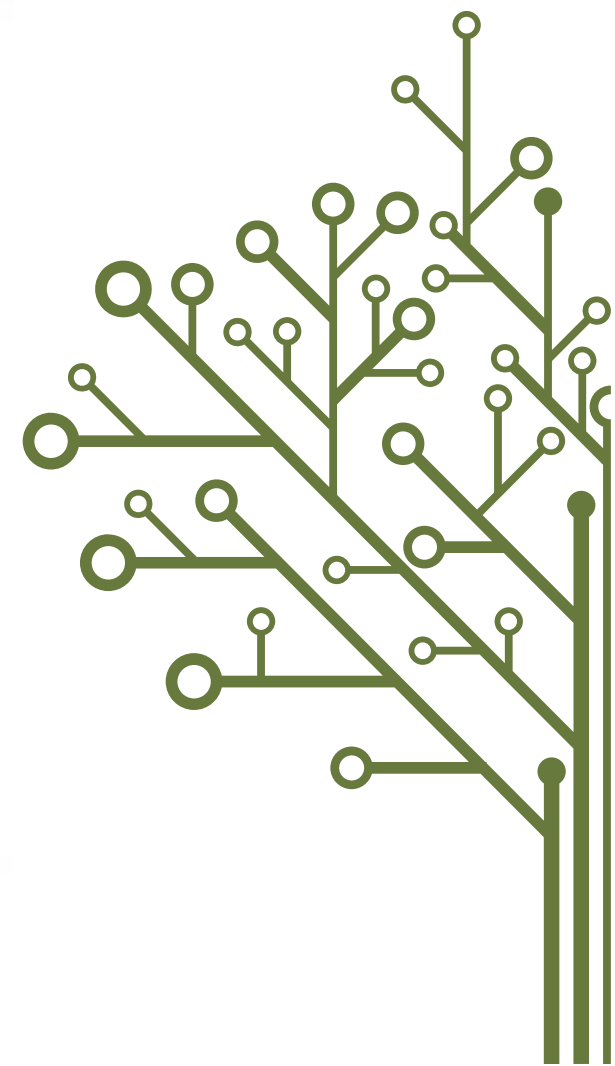
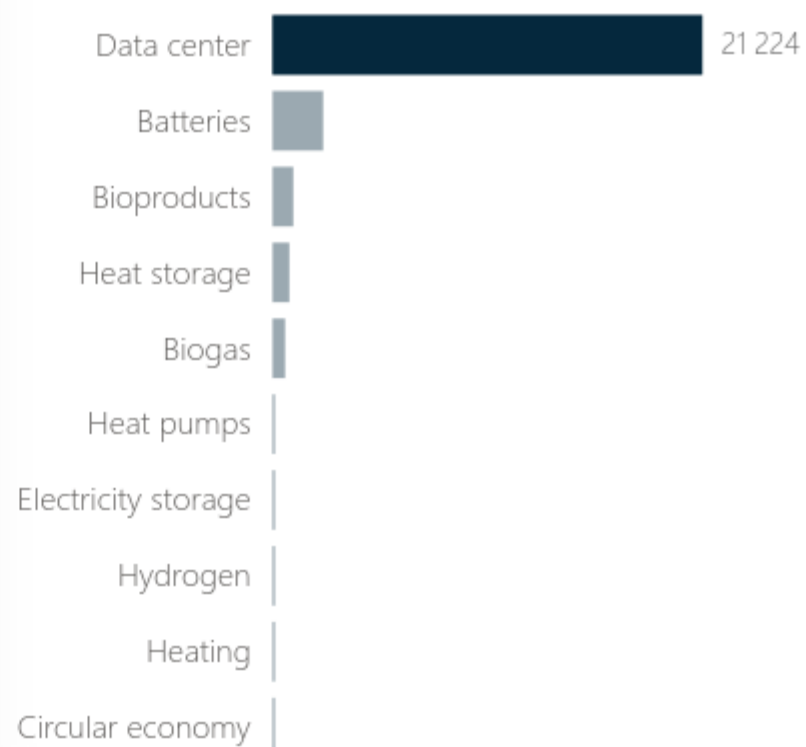


Digitalization revolution

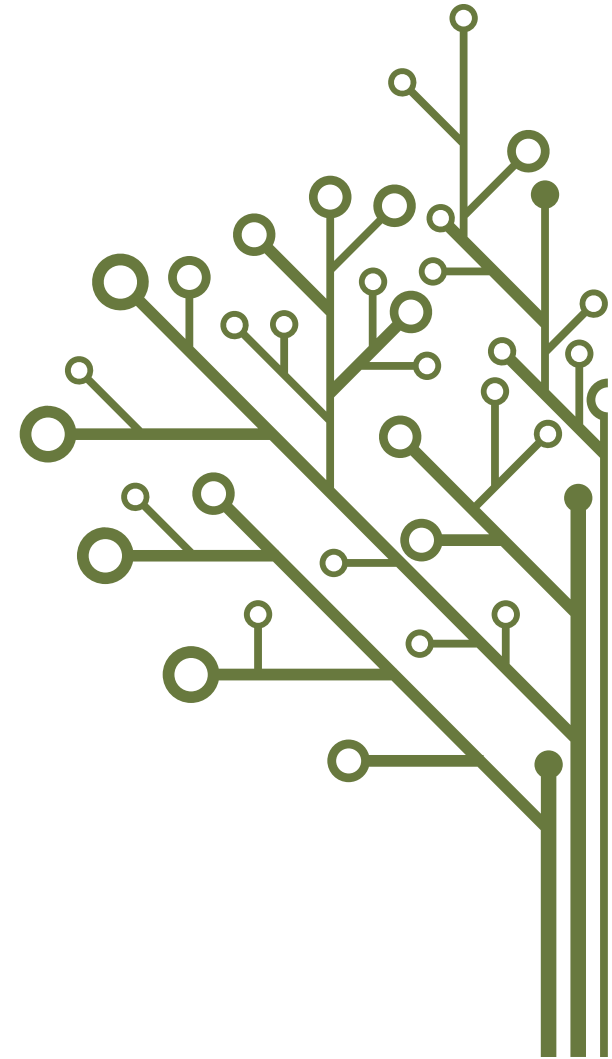
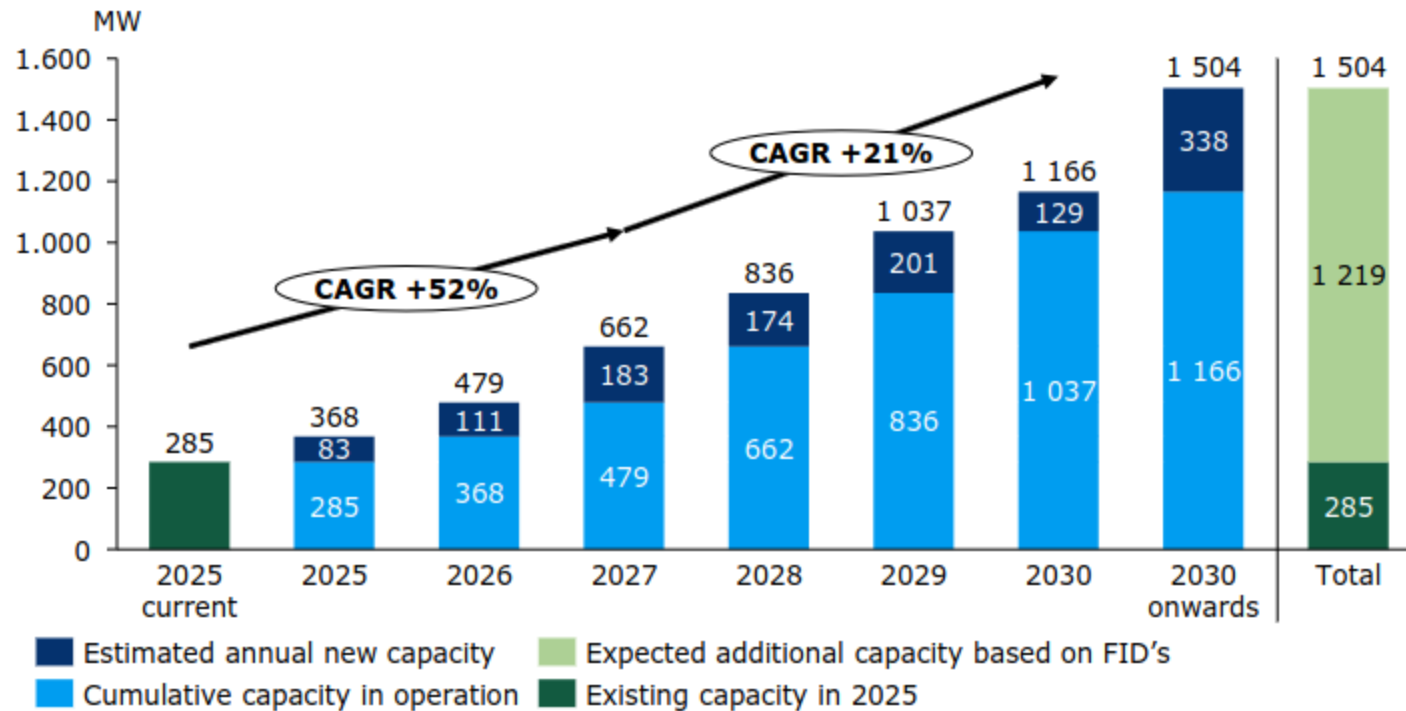
Investment amount (M€) by theme



Jobs by theme



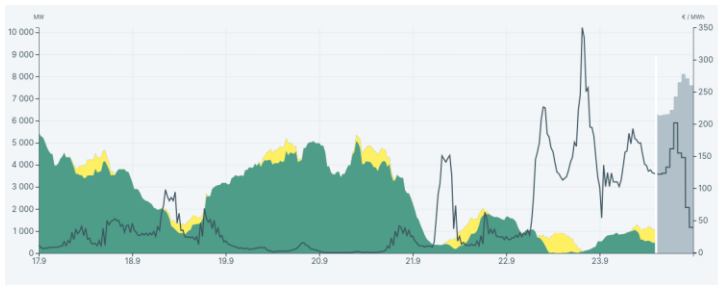
High growth in energy consumption in ICT sector is expected



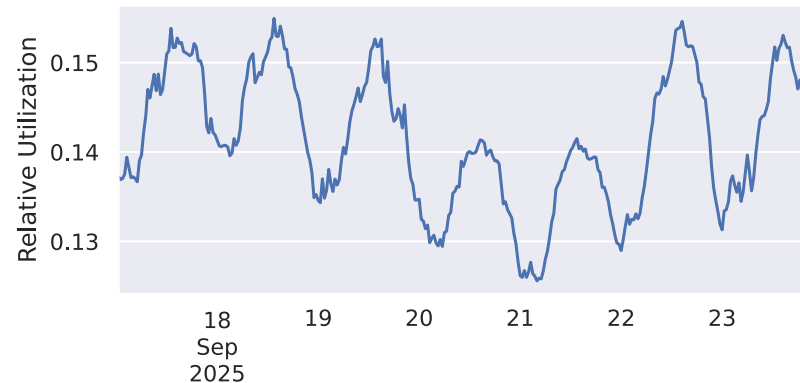
FDCA-Market-Study-Impact-Modeling

Twin transition

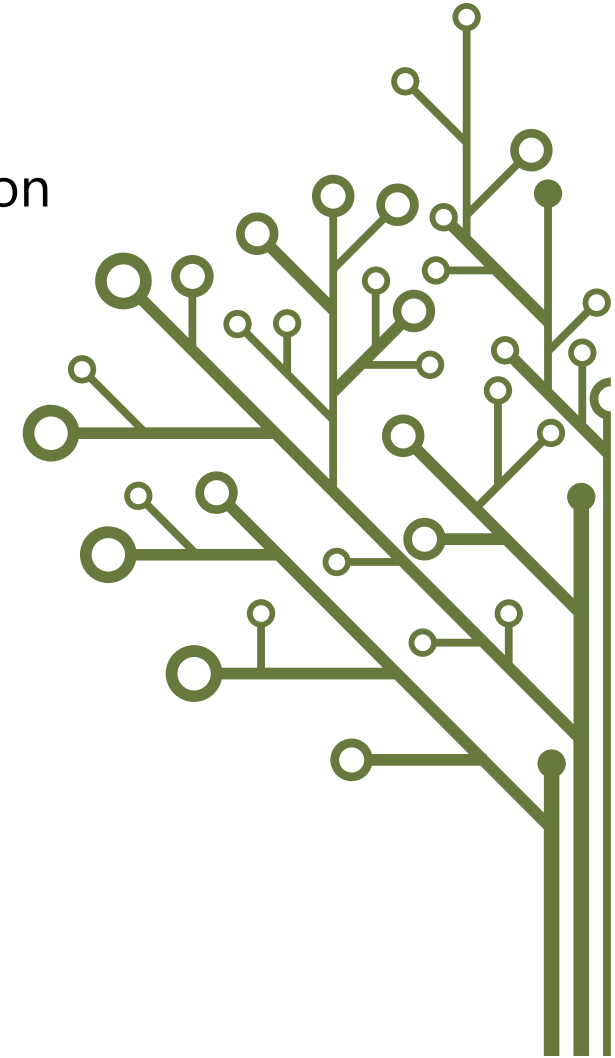
- Digital transformation can help the green transformation, but it can itself cause new energy problems
- The energy consumption of ICT has become important, and production and consumption does not meet as often as previously
- Increasing temptation to bring fossils back to grid



Wind and solar production
during 7 days



Data center load variation
during 7 days



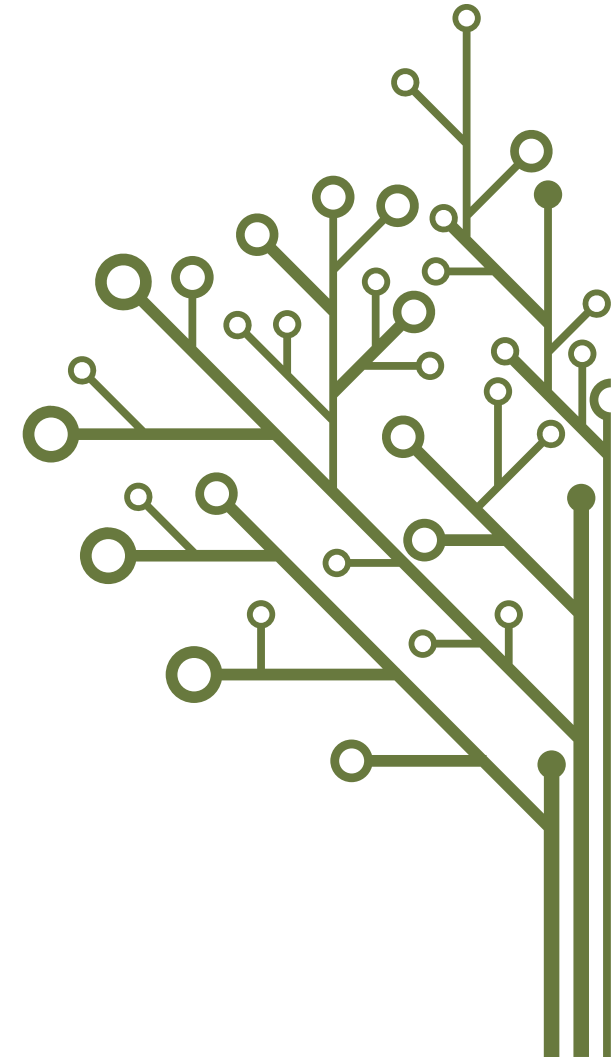
Web page energy consumption

- Web browsing constitutes almost 23% of digital content consumption [1]
- The share of emissions from web page use [2]
- User devices: 54% Network data transfer: 24% Data center use: 22%
- Different CPU architectures have a drastic effect on energy efficiency. MacOS results were less than one-thirtieth of Windows results.

	Data centers	Network	End user devices
Operational	82%	82%	49%
Embodied	18%	18%	51%

[1] S. G. Paul, A. Saha, M. S. Arefin, T. Bhuiyan, A. A. Biswas, A. W. Reza, N. M. Alotaibi, S. A. Alyami, and M. A. Moni, "A comprehensive review of green computing: Past, present, and future research," IEEE Access, vol. 11, pp. 87445–87494, 2023.

[2] J. Kalliola and J. Vepsäläinen, "Challenges Related to Approximating the Energy Consumption of a Website," IEEE Access, vol. 13, pp. 139001–139017, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3596459.



Human in the loop

- A key missing factor in energy consumption discussions is the role of the user.
- Jevons' Paradox: as software and hardware become more efficient, users may increase their usage, offsetting potential energy savings.
- In research ICT is often viewed as a driver of sustainability and less frequently a target for sustainability analysis [1]
- Energy feedback systems in ICT sector are mainly for professionals, while in building sector they are for end users. [1]
- Better energy feedback systems are needed in computing

[1] T. Zaragoza, A. Nouredine, and E. Exposito, "A systematic mapping study on software-based feedback for energy consumption," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 222, p. 115889, Oct. 2025, doi: [10.1016/j.rser.2025.115889](https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115889).



Energy feedback and optimisation tools

PowerTOP v2.11 Overview Idle stats Frequency stats Device stats Tunables WakeUp

Summary: 619.2 wakeups/second, 0.0 GPU ops/seconds, 0.0 VFS ops/sec and 14.1% CPU use

Power est.		Usage	Events/s	Category	Description
571 mW	15.4 ms/s	127.2	Process	[PID 19958] marco	
500 mW	100.0%		Device	Audio codec hwC1D0: Nvidia	
500 mW	100.0%		Device	Audio codec hwC0D0: IDT	
449 mW	1.0 ms/s	113.4	Timer	tick_sched_timer	
254 mW	10.3 ms/s	58.2	Process	[PID 20315] mate-terminal	
173 mW	64.8 µs/s	43.7	kWork	flush_to_ldisc	
156 mW	2.2 ms/s	34.4	Process	[PID 2167] /usr/lib/xorg/Xorg :0 -seat seat0 -auth	
103 mW	1.0 ms/s	25.7	Interrupt	[0] HI_SOFTIRQ	
90.2 mW	179.3 µs/s	22.8	Process	[PID 12] [rcu_sched]	
79.1 mW	1.4 ms/s	18.6	Process	[PID 19942] /usr/bin/mate-settings-daemon	
61.8 mW	21.4 ms/s	7.2	Process	[PID 1654] /usr/lib/xorg/Xorg :0 -seat seat0 -auth	
59.3 mW	1.9 ms/s	13.6	Process	[PID 19983] /usr/lib/mate-panel/wnck-applet	
51.2 mW	2.1 ms/s	12.2	Process	[PID 19868] /usr/bin/ibus-daemon --daemonize --xim	
50.6 mW	407.5 µs/s	12.6	Process	[PID 1242] [irq/35-nvidia]	
44.4 mW	136.8 µs/s	11.2	Process	[PID 242] [usb-storage]	
43.9 mW	66.7 µs/s	11.1	kWork	psi_avgs_work	
40.1 mW	463.9 µs/s	10.0	Process	[PID 2460] /usr/local/bin/ollama serve	
26.3 mW	1.3 ms/s	5.3	Process	[PID 20344] /usr/lib/mate-applets/mate-multiloader	
23.1 mW	1.0 ms/s	5.0	Process	[PID 19871] /usr/libexec/ibus-ui-gtk3	
19.3 mW	60.9 µs/s	4.9	kWork	hci_rx_work	

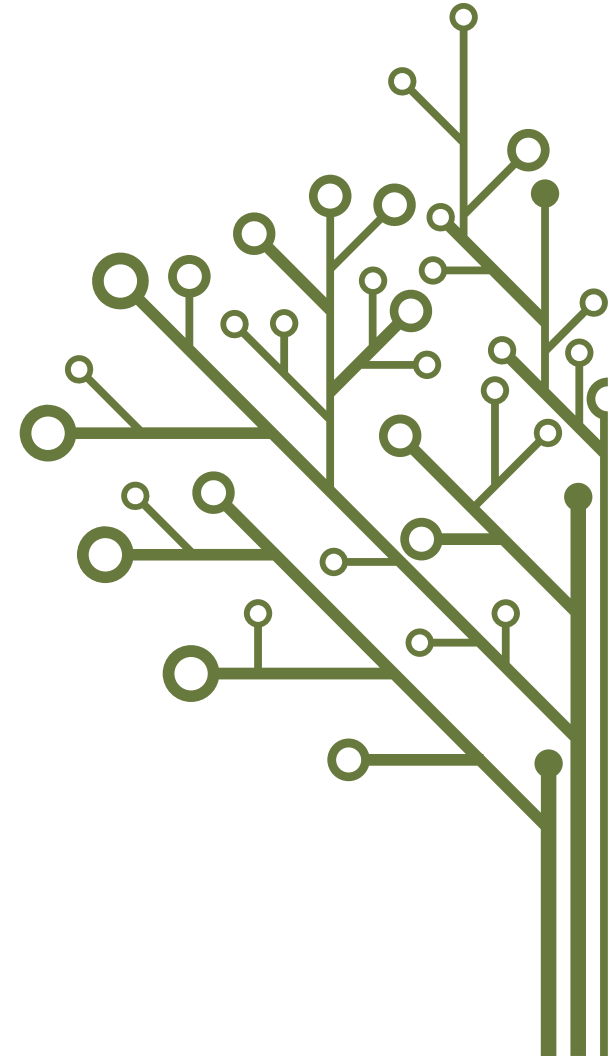
Energy feedback and optimisation tools

- WattSeal



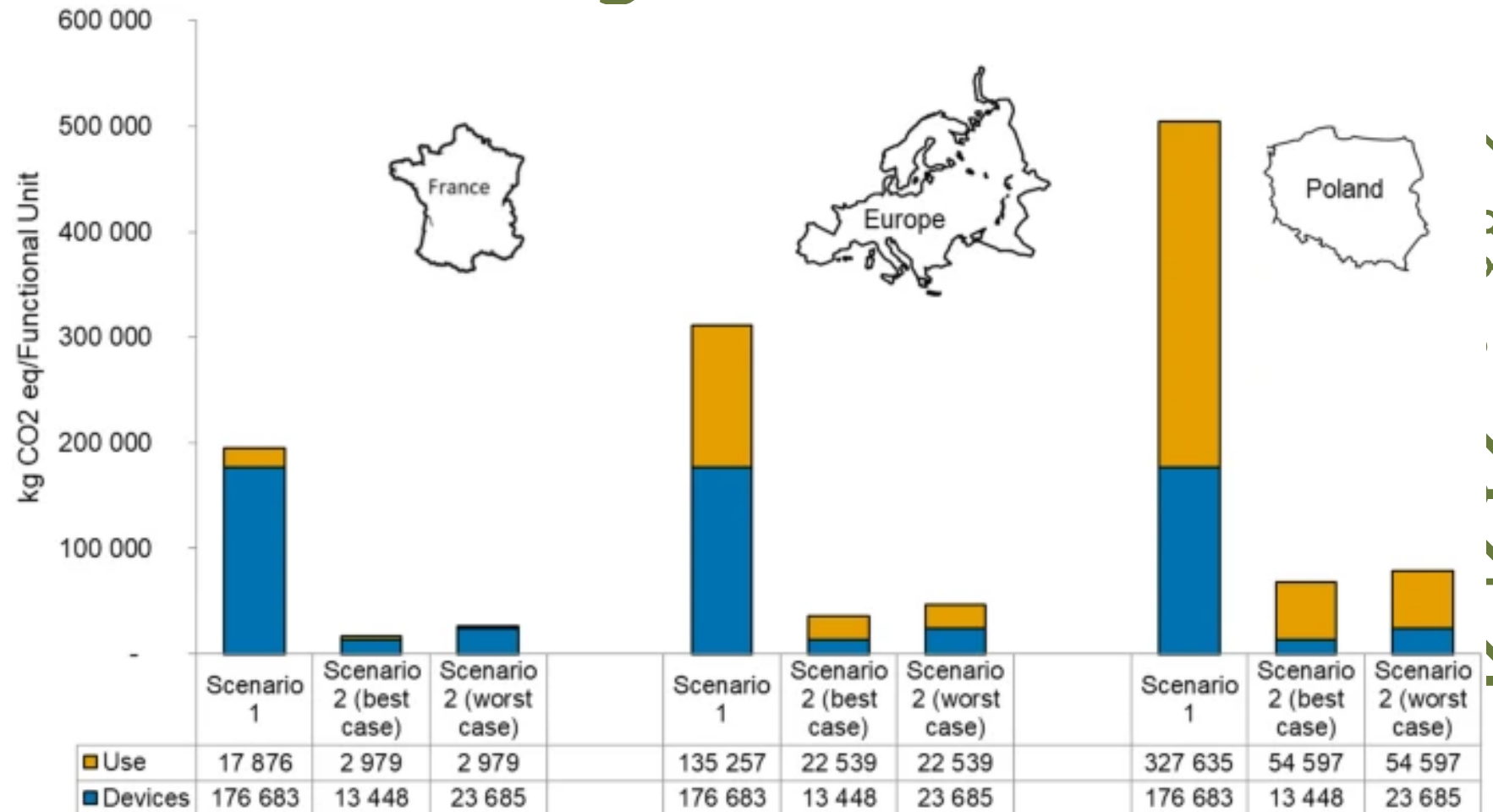
Development needs

- Understanding of energy consumption and emissions
- Profiling user devices and servers
- Measuring and modelling consumption
- Optimisation of the whole ICT system



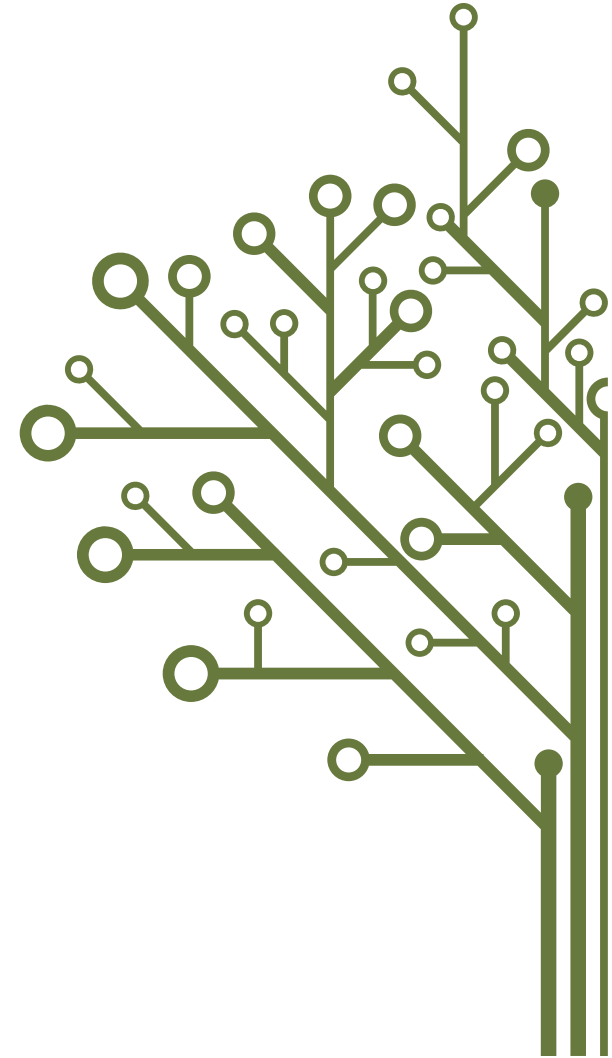
The optimisation of the computing system can make a huge difference

[1] P. Loubet, A. Vincent, A. Collin, C. Dejours, A. Ghiotto, and C. Jegu, "Life cycle assessment of ICT in higher education: a comparison between desktop and single-board computers," Int J Life Cycle Assess, vol. 28, no. 3, pp. 255–273, Mar. 2023, doi: 10.1007/s11367-022-02131-z.



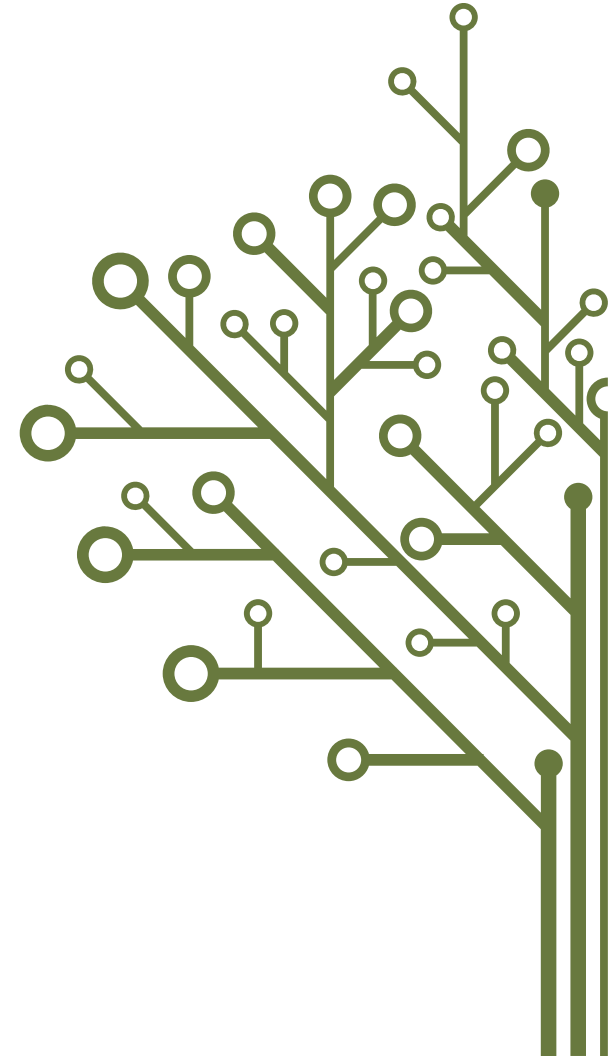
Vaasan yliopisto

- Vastuualue työpaketti 3
- T3.1 ICT laitteen energiaprofiilin selvittäminen
 - Selvitetään tyypillisten ICT laitteiden energiankulutusprofiileja kirjallisuuden, valmistajan antamien tietojen ja mittausten perusteella, ja koostetaan niistä avoin referenssitietokanta
- T3.2 Käyttöasteen seuranta
 - Kehitetään laitekohtaisia ja verkkopohjaisia menetelmiä ICT-laitteiden käyttöasteen seurantaan, kuten digitaalinen käyttötuntimittari ja verkkoliikenteen monitorointiin perustuva käyttöastelogi
- T3.3 Energiankulutuksen arviointi
 - Demonstroidaan energiankulutusprofiilin ja käyttöasteen seurannan soveltuvuutta ICT-kokonaisuuden energiankulutuksen ja käytönaikaisten päästöjen arviointiin sekä elinkaaripäästöjen minimointiin
- T3.4 ICT järjestelmän optimointi
 - Hyödynnetään käyttöasteen seurantaa ja energiaprofiileja ICT-laitteiston kokoonpanon ja tulevien hankintojen optimointiin



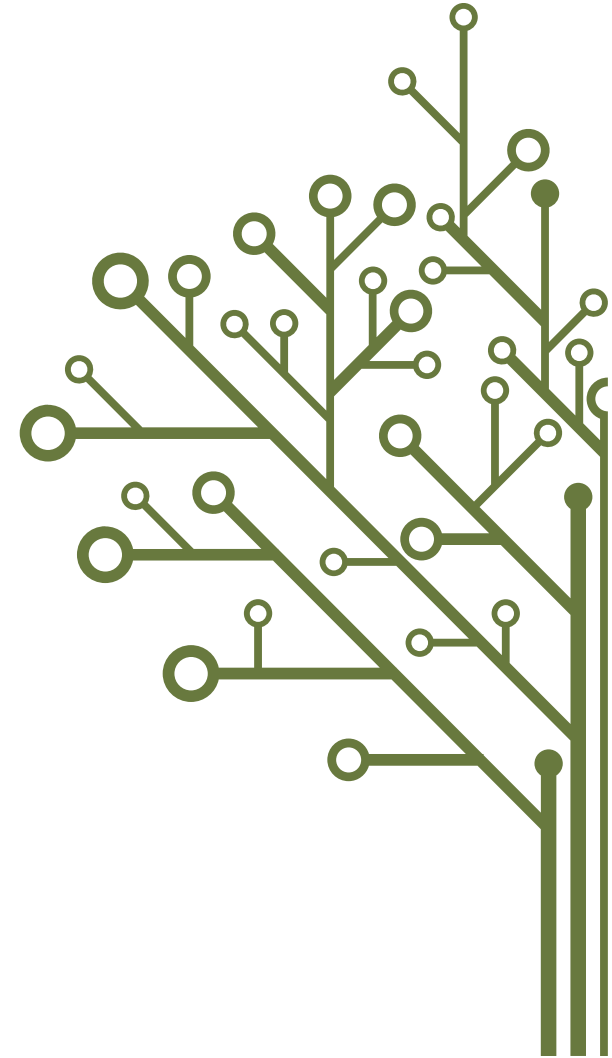
Ohjelmistojen ja käyttöprofiilin vaikutus energiankulutukseen ja päästöihin

- Tavoite
 - Kehittää menetelmiä ICT-laitteiden energiankulutuksen, käyttöasteen ja käytönaikaisten päästöjen mittaamiseen, jotta ICT-järjestelmien elinkaaripäästöjä voidaan vähentää
- Miksi tämä on tärkeää?
 - ICT-laitteiden energiankulutus kasvaa jatkuvasti
 - Käyttämättömät tai alimitoitettut laitteet aiheuttavat turhia päästöjä
 - Ohjelmistojen ja laitteiden optimoinnilla voidaan pienentää energiankulutusta merkittävästi
 - Paremmat hankintapäätökset vähentävät myös valmistuksen aiheuttamia päästöjä
- Vaasan yliopiston vahvuudet
 - WSTAR-tutkimusinfrastruktuuri palvelinten energiankulutuksen mittaamiseen
 - ICT-laitteiden energiankulutuksen mittaus- ja analysointiympäristöt
 - Ohjelmistojen energiatehokkuuden tutkimus



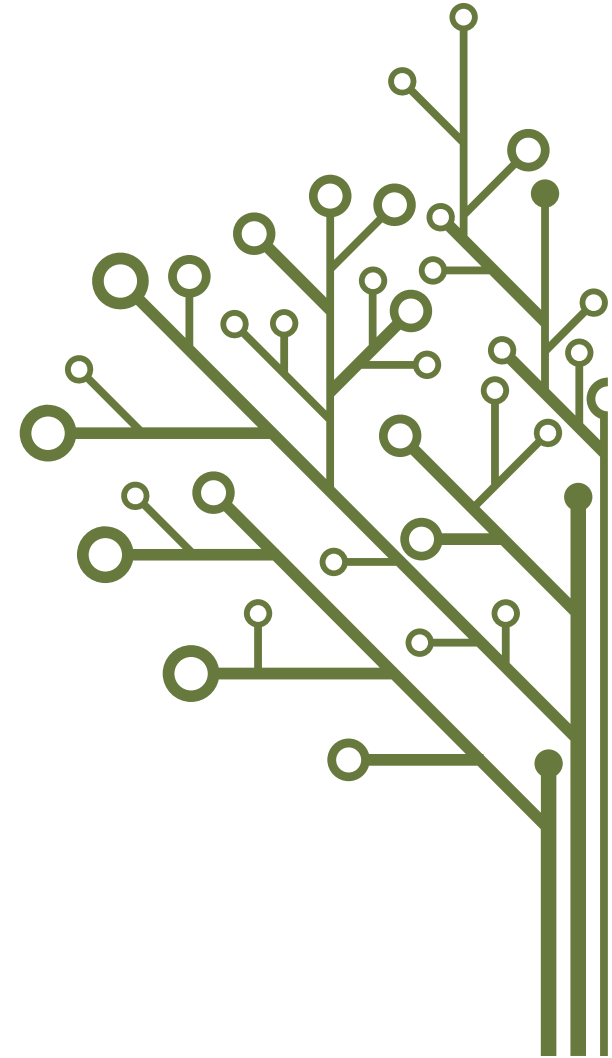
Neljä vaihetta kohti energiatehokkaampaa ICT:tä

- 1. Energiaprofiilit
 - Selvitetään erilaisten ICT-laitteiden energiankulutusprofiilit
 - Luodaan avoin referenssitietokanta
- 2. Käyttöasteen seuranta
 - Käyttötuntimittarit ja käyttöasteseuranta
 - Verkkoliikenteeseen perustuvat analyysimenetelmät
- 3. Energiankulutuksen arviointi
 - Lasketaan ICT-kokonaisuuden energiankulutus
 - Verrataan laskennallisia tuloksia todellisiin mittauksiin
- 4. ICT-järjestelmien optimointi
 - Paremmat hankintapäätökset
 - Laitteiden second life –hyödyntäminen
 - Pilvi- ja paikallisratkaisujen optimaalinen työnjako



Yhteistyömahdollisuuksia yrityksille

- Pilottikohteeksi
 - Yritys tarjoaa valitun ICT-ympäristön: esim. työasemat, palvelimet, IoT-järjestelmät tai verkkolaitteet
 - → analysoimme käyttöasteen, energiankulutuksen ja kehityskohteet.
- Yhteiskehittäjäksi
 - Käyttöasteseurannan ohjelmistot
 - Uudet energiatehokkuuspalvelut
 - Päästöjen arviointityökalut
 - Tuotteistettavat ratkaisut ohjelmistoyrityksille
- Testaajaksi
 - Demonstraatiot todellisissa käyttöympäristöissä
 - Optimointimallien validointi
 - Tulosten arviointi yhdessä yrityksen asiantuntijoiden kanssa



Mitä hyötyä yritykselle?

- Taloudelliset hyödyt
 - ✓ Energiankulutuksen pienentyminen
 - ✓ Tehokkaammat laitehankinnat
 - ✓ Laitteiden käyttöiän pidentäminen
- Vastuullisuus ja raportointi
 - ✓ Päästöjen mittaaminen ja seuranta
 - ✓ Tietoa vastuullisuusraportointiin
 - ✓ Tukea ympäristö- ja hiilineutraaliuustavoitteisiin
- Liiketoiminnan kehittäminen
 - ✓ Mahdollisuus uusiin tuotteisiin ja palveluihin
 - ✓ Yhteistyö tutkimusorganisaatioiden kanssa
 - ✓ Näkyvyys osana ICT EnergyLife+ -ekosysteemiä

