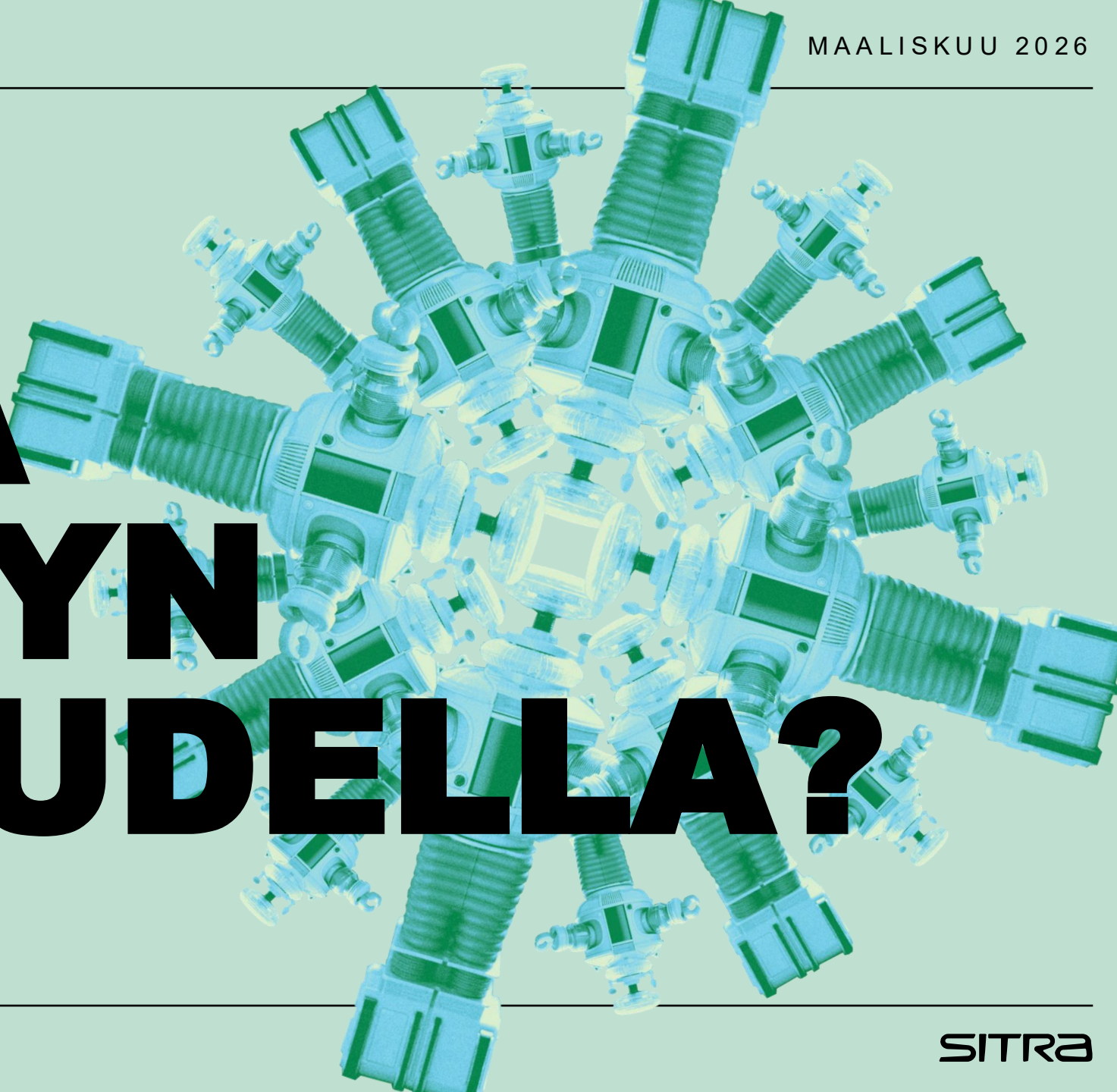


MISTÄ KASVUA TEKOÄLYN AIKAKAUDELLA?



Sisällys- luettelo

Esipuhe

1. Johdanto: tekoäly muuttaa kasvun perusteita
2. Missä arvo syntyy: tekoälyn arvoketju ja kokonaisarkkitehtuuri
3. Suomi tekoälyn kasvualustana: mahdollisuudet arvoketjussa
4. Tekoälyn gigatehdas: strateginen mahdollisuus Suomelle
5. Tekoälyn käyttö: tuottavuudesta uuteen kasvuun
6. Kvanttitekniologia esimerkkinä tiestä menestykseen
7. Elinvoimaisen tekoälyekosysteemin edellytykset
8. Sitran politiikkasuositukset: strategiasta toimeenpanoon

Sanasto

Esipuhe

Hyvä lukija, tekoäly muuttaa perustavanlaatuisesti tapaa, jolla talouskasvu, kilpailukyky ja arvonluonti rakentuvat. Kyse ei ole vain uusista sovelluksista tai tuottavuuden parantamisesta, vaan tuotantoteknologiasta, joka siirtää arvon painopistettä kohti infrastruktuuria, laskentakykyä, dataa ja osaamista. Tämä kehitys haastaa Suomen ja Euroopan tekemään tietoisia valintoja siitä, mihin osiin tekoälyn arvoketjua investoidaan ja millaisin edellytyksin uutta kasvua voidaan synnyttää.

Tämä Sitran teknologiakatsaus pohjautuu Sitran, Boston Consulting Groupin tuella, syksyllä 2025 toteuttamaan EU:n tekoälyn gigatehtaan ekosysteemivaikutusten arviointiin. Työssä hahmotettiin laajan analyysin pohjalta kokonaiskuvaa siitä, miten tekoälyinfrastruktuurin ympärille voi syntyä uusia liiketoiminta- ja kasvumahdollisuuksia Suomessa ja Euroopassa. Lämmin kiitos kaikille mukana olleille.

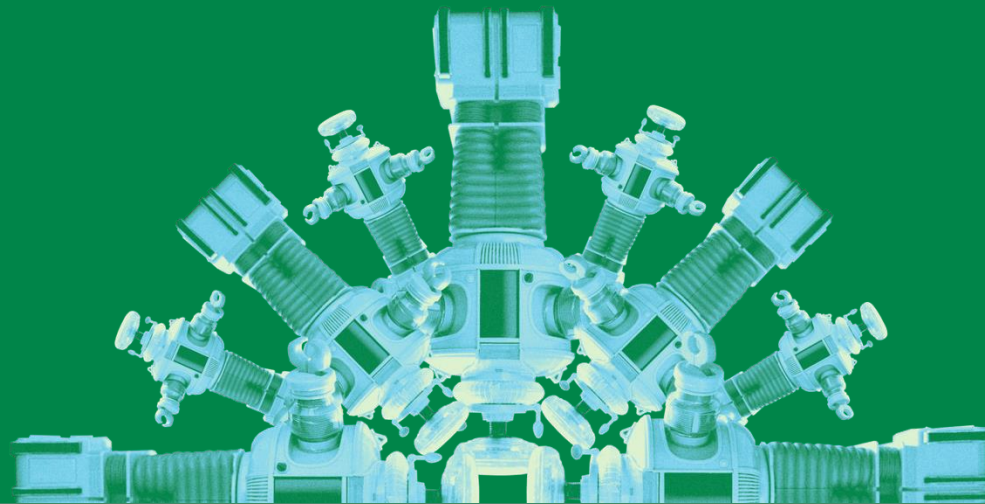
Julkaisu kokooa havainnot analyysiksi siitä, mistä kasvu syntyy tekoälyn aikakaudella, ja tukee yhteistä ymmärrystä Suomen strategisista valinnoista tekoälyn arvonluojana. Toivomme, että katsaus herättelee yhteiskunnallista keskustelua tekoälyn mahdollisuuksista Suomelle.



Laura Halenius

johtava asiantuntija,
Kasvua kriittisistä teknologioista -projekti
Sitra

1. Johdanto



Tekoäly muuttaa kasvun perusteita

Suomen talouskasvu on ollut poikkeuksellisen heikkoa jo lähes kahden vuosikymmenen ajan. Samaan aikaan Euroopan teknologisen suvereniteetin rakentaminen tarjoaa Suomelle mahdollisuuden uudelleen, tekoälyyn pohjautuvaan talouskasvuun ja arvonluontiin.

Yhä suurempi osa arvosta syntyy siellä, missä tekoälymalleja koulutetaan, dataa hallitaan ja laskentakyvykyys on strategisesti saatavilla. Tämä on johtanut arvonluonnin keskittymiseen harvoille toimijoille ja lisännyt Euroopan riippuvuutta eurooppalaisen arvoketjun ulkopuolisesta infrastruktuurista.

Vaikka Suomi kuuluu EU:n kärkimaihin tekoälyn hyödyntämisessä, ei tämä itsessään riitä uudeksi talouskasvun moottoriksi. Tekoälyn hyödyntämisen lisäksi meidän tulee tunnistaa strateginen asemoitumisemme läpi tekoälyn globaalin arvoketjun.

Tähän Suomella on harvinainen yhdistelmä vahvuuksia: edullinen ja vähäpäästöinen energia, toimiva digitaalinen infrastruktuuri sekä vahva tutkimusosaaminen tekoälyyn liittyvissä teknologioissa, kuten suurteholaskennassa ja kvanttiteknologiassa. Suomen tuleva kasvu tekoälyn aikakaudella ratkaistaan siinä, hallitsemme arvoketjun kriittisiä infrastruktuurikerroksia – vai jäämmekö vain niiden käyttäjiksi.

Suomi on jo nyt EU:n kärkimaa tekoälyn hyödyntämisessä:

66 % suomalaisyrityksistä käyttää generatiivista tekoälyä, selvästi yli EU-keskiarvon (37 %).

56 % yrityksistä investoi aktiivisesti uusiin tuotteisiin, prosesseihin ja palveluihin, mikä ylittää EU-tason selvästi (33 %).

Digitalisaation taso on korkea: **79 %** yrityksistä hyödyntää digitaalisia teknologioita.

Lähteet: OECD; Tilastokeskus; EIB Investment survey (European Investment Bank, 2025)

Tekoälyyn sijoitettu euro tuottaa 1–4 euroa takaisin

Tekoälyinvestoinnit moninkertaistavat arvonsa	Nykyiset tutkimukset arvioivat, että jokainen tekoälyyn sijoitettu euro tuottaa 1,4–3,7 euroa takaisin , tyypillisesti 1-4 vuoden aikajänteellä.
Tuottojen odotetaan kasvavan edelleen	Tulevaisuudessa sijoitetun pääoman tuoton (ROI) odotetaan nousevan yli nelinkertaiseksi, kun käyttöönotto lisääntyy ja yritykset rakentavat edistyneempiä tekoälyratkaisuja.
Johtavat yritykset voivat saada jopa 10-kertaiset tuotot	Jo nyt edelläkävijät saavuttavat selvästi korkeampia tuottoja (esim. 10,3 euroa), erityisesti nopeampien toteutusaikojen ansiosta.
Tekoälyn odotetaan kasvattavan BKT:tä ja tuottavuutta	Goldman Sachs ennakoi jopa 7 % BKT-kasvu ja 1,5 % tuottavuusnousua kymmenen vuoden aikana

Lähteet: 1. The Global Impact of Artificial Intelligence on the Economy and Jobs (IDC, 2024), The Business Opportunity of AI (IDC, 2024); 3,7 miljardia \$ vuonna 2024, 4,6 miljardia \$ vuonna 2030 ja 10,3 miljardia \$ huippujohtajille
2. The Radical ROI of Gen AI (Snowflake, 2025); 1,41 \$; AI in action: How Gen AI and agentic AI redefine business operations (Capgemini Research Institute, 2025); 3. 1,7 \$ AI ROI: The paradox of rising investment and elusive returns (Deloitte, 2025) 4.. Generatiivinen tekoäly voisi nostaa maailman BKT:tä 7 % (Goldman Sachs, 2023); A new look at the economics of AI (MIT, 2025); How Europe Can Capture the AI Growth Dividend (IMF, 2025)

Menestys tekoälyssä edellyttää investointeja eurooppalaiseen infrastruktuuriin

Muun muassa Kiina ja Yhdysvallat ovat investoineet huomattavasti tekoälyn vaatimaan infrastruktuuriin: laajamittaiseen laskentatehoon, datakeskuksiin ja ohjelmistokehityksen tukijärjestelmiin.




Euroopan unioni sen sijaan on jäänyt jälkeen tilanteessa, jossa digitaalinen infrastruktuuri ratkaisee paitsi taloudellisen kilpailukyvyn myös poliittisen ja teknologisen suvereniteetin. Ilman omaa laajamittaista tekoälyinfrastruktuuria EU on käytännössä riippuvainen yhdysvaltalaisista hyperskaalaajista.

Tämä riippuvuus kasvaa, kun eurooppalainen raha virtaa Yhdysvaltoihin sen sijaan, että se vahvistaisi kotimaista kyvykkyyttä.

On mahdollista, että eurooppalaisen hyperskaalaajan rakentaminen on toistaiseksi epärealistista.

Suvereenin laskenta- ja palveluinfrastruktuurin rakentaminen asteittain on kuitenkin välttämätöntä, jotta Eurooppa voi säilyttää asemansa tekoälyn globaalissa arvoketjussa.

EU on jäänyt jälkeen tekoälyn globaalissa kehityksessä ja tutkimuksessa

	Osuus globaalista tekoälykapasiteetista ¹	Merkittävien tekoälymallien määrä ¹	Yksityiset tekoäly-investoinnit mrd€ ²	Osuus tekoälypatenteista ³	Muut vahvuudet
	<5%	3%	17%	2%	Edelläkävijä tekoälyn sääntelyssä
	75%	40%	94%	21%	Edelläkävijä tekoälyyritysten määrässä
	15%	15%	8%	61%	Edelläkävijä tekoälytutkimuksessa

Lähde: 1. Eurooppalainen strategia tekoälyn hyödyntämiseksi tieteessä (Euroopan komissio, 2025); 2. Trends in AI Supercomputers (Piliz ym., 2025, Georgetown University); 3. Artificial Intelligence Index Report 2025 (Stanfordin yliopisto); Stanford University 2024 AI Index Report, data vuosilta 2010-2024.

Miksi tarvitsemme eurooppalaisia vaihtoehtoja tekoälyn aikakaudella?

Yritykset tarvitsevat kasvaakseen kehittynyttä infrastruktuuria, osaamista ja elinvoimaisen ekosysteemin. Nykyinen riippuvuus yhdysvaltalaisista palveluista jarruttaa etenkin sensitiivistä dataa käsittelevien kasvualojen, kuten terveysteknologian, kehittymistä.

Lisäksi ohjelmistokehityksen ennakoitaan olevan tekoälyn suurin tuleva kasvun moottori, ja se edellyttää luotettavaa, turvallista ja suuren mittakaavan laskentatehoa.

Suomen tulee lähestyä asiaa tarkastelemalla tekoälyn arvoketjua, ja tunnistamalla tekoälyn kokonaisarkkitehtuurissa strategiset mahdollisuutensa globaaleilla markkinoilla.

Yritysten näkökulmasta suvereeni infrastruktuuri:

- Suojelee immateriaalioikeuksia
- Vähentää riippuvuutta yhdestä toimittajasta
- Vahvistaa resilienssiä ja varmistaa jatkuvuuden häiriötilanteissa
- Rakentaa mainetta ja luottamusta
- Mahdollistaa vastuullisen tekoälyn käytön

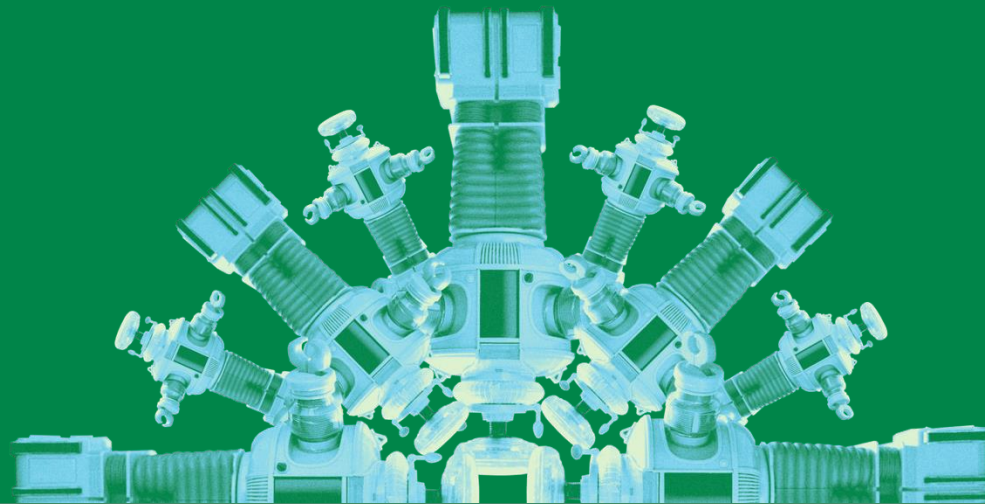
Liiallinen riippuvuus teknologiatoimittajista luo riskejä

Tekoälylaskennan kysynnän kasvaessa on entistä tärkeämpää ymmärtää riippuvuussuhteita kapeasta joukosta teknologiatoimittajia, ja sen vaikutuksista kustannuksiin.

Riippuvuus luo selviä riskejä:

- **Kustannusten nousu:** Hinnat voivat nousta pitkällä aikavälillä jyrkästi, kun vaihtoehtojen vähäisyyden takia aito kilpailu vähenee.
- **Heikentynyt neuvotteluvoima:** Rajoitetut mahdollisuudet neuvotella tai monipuolistaa ratkaisuja.
- **Strateginen haavoittuvuus:** Julkisen sektorin kriittinen digitaalinen infrastruktuuri on riippuvainen muutamasta EU:n ulkopuolisesta toimijasta.
- **Vähemmän innovaatioita:** Liiallinen riippuvuus yhdestä ekosysteemistä vähentää joustavuutta ottaa käyttöön uusia, parhaita teknologioita.
- **Datan suvereniteetti:** Arkaluonteinen kansallinen data, kuten esimerkiksi vaalidata, voi joutua toisen maan haltuun.

2. Tekoälyn arvoketju ja kokonaisarkkitehtuuri



Mistä tekoälyn taloudellinen arvo syntyy: tekoälyn arvoketju ja kokonaisarkkitehtuuri

Tekoälyn taloudellinen vaikutus ei synny yksittäisistä sovelluksista, vaan koko arvoketjusta, joka ulottuu laitteistosta ohjelmistotasoon ja niillä tehtävin korkean lisäarvon ratkaisuihin.

Arvoketjun alkupäässä on mahdollistaja, fyysinen infrastruktuuri, kuten energia, datakeskukset ja tietoliikenneyhteydet. Näitä seuraavat ohjelmistojen kerrokset, kuten GPU-pohjainen tekoälylaskenta, kehitysympäristöt, ja alustat, joilla tekoälymalleja koulutetaan ja ajetaan. Arvoketjun loppupäässä syntyvät tekoälysovellukset, uudet tuotteet, tutkimustulokset ja yhteiskunnalliset hyödyt, kuten julkisen sektorin tuottavuuden paraneminen.

Taloudellinen arvo ei kuitenkaan jakaudu tasaisesti koko ketjuun. **Yhä suurempi osa arvonluonnista keskittyy niihin kerroksiin, joissa hallitaan laskentakapasiteettia, dataa ja mallien kehittämistä.**

Tämä kehitys suosii toimijoita, joilla on pääsy laajamittaiseen, kustannustehokkaaseen ja luotettavaan laskentaan. **Ne maat ja alueet, jotka jäävät pelkiksi sovellusten käyttäjiksi, maksavat jatkuvaa vuokraa infrastruktuurin omistajille ja menettävät mahdollisuuden omistaa, hallita, ja kehittää tuotantoteknologiaa itsenäisesti.** Tekoälyn arvoketju on siten myös taloudellisen vallan ja uuden ajan teollisen kehityksen arvoketju.

Tekoälyn arvoketju luo mahdollisuuksia laajalti suomalaiselle teollisuudelle

Arvoketju ylävirtaan

- Suunnittelu
- Rakentaminen ja infrastruktuuri
- Energia, vesi ja muut hyödykkeet
- Laskenta- ja verkkolaitteisto
- Suorat palvelut
- Epäsuorat palvelut

Mahdollisuudet

Eurooppalaisen/kotimaisen osuuden maksimointi teknologia- ja palvelutoimittajien valinnassa

Operointi

- Infrastruktuurin huolto ja kunnossapito
- Teknologian operointi
- Energian kulutus
- Verotulot

Mahdollisuudet

Suorat työllisyys- ja vero vaikutukset datakeskusten ylläpidossa ja operoinnissa sekä sähkön kysynnän kasvu

Arvoketju alavirtaan

- Ohjelmisto: tekoälyohjelmistot ja muut sovellusohjelmistot
- Laitteisto: Puolijohteet, tietoverkot, tallennuskapasiteetti, datakeskusinfra, jäähdytys
- Läheiset teknologiat kuten kvanttiteknologia

Mahdollisuudet

Mahdollisuudet kehittää suvereenia ohjelmistojen, laitteistojen, ja palveluiden tarjontaa, vauhdittaen kansallista ja eurooppalaista tekoälyn innovaatioekosysteemiä

Tekoälyinfrastruktuurin hyödyntäjät

- Terveysthuolto ja lääketieteellisyys
- Teknologia-ala, media, tietoliikenne
- Raskas teollisuus
- Rahoitusala
- Liikkuminen ja logistiikka
- Julkinen sektori ja koulutus
- Puolustus ja ilmailu-/avaruusala

Mahdollisuudet

Suvereeni infrastruktuuri mahdollistaa uusien käyttötapausten luomisen tekoälysovelluksissa arvoketjun loppupäässä eurooppalaisia ratkaisuja käyttäen

Laskentakapasiteettia rakennettaessa EU:n suurin heikkous on tekoälysiruissa (GPU)

Suvereenia laskentainfrastruktuuria rakennettaessa noin 30–40 % kokonaisuudesta voidaan nykyisellään hankkia eurooppalaisilta toimittajilta.

EU:n suvereniteettia voidaan kasvattaa kahta kautta:

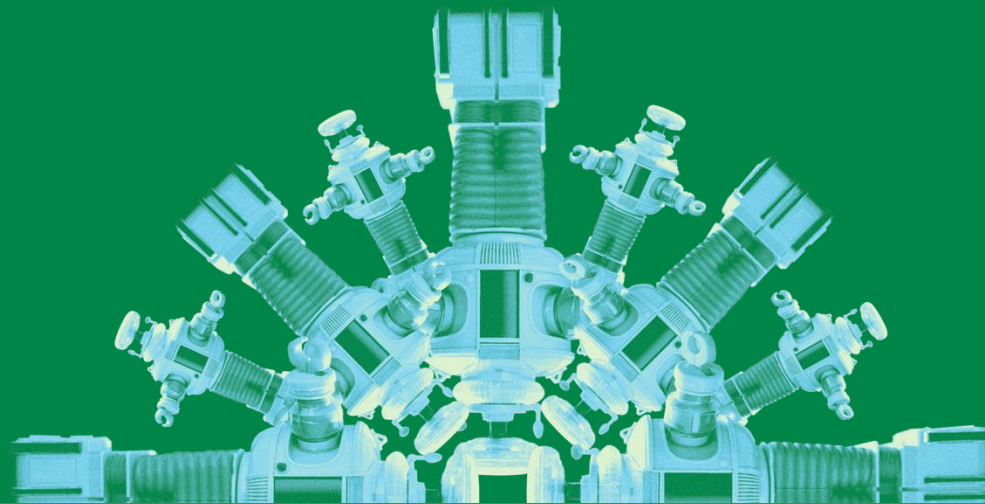
Modulaarinen arkkitehtuuri infrastruktuurissa mahdollistaa EU-laitteiston osuuden kasvattamisen ajan myötä olettaen, että EU jatkaa esimerkiksi tekoälysirujen kehittämiseen liittyviä investointeja.

Kvanttitekniikan kokonaisuus voidaan pääosin hankkia EU:sta, kun kvanttitekniikka integroidaan tekoälyyn.

Sirut	<ul style="list-style-type: none"> • GPU: grafiikkaprosessori • RAM-muisti, suorittimet (CPU), HDD/SSD-levyt • Muu palvelinlaitteisto 	0-20%
Verkot & yhteydet	<ul style="list-style-type: none"> • Valokuitukaapelit • Verkkoreitittimet • Palomuurit ja kyberturvallisuus 	70-100%
Jäähdytys & ympäristö	<ul style="list-style-type: none"> • LVI-järjestelmät • Nestejäähdytys • Ympäristöanturit 	Jopa 100%
Virta & energia	<ul style="list-style-type: none"> • Virtalähde • Varavoimageneraattorit • Muuntajat ja kytkinlaitteet 	Jopa 100%
Muut	<ul style="list-style-type: none"> • Maa-alue, rakennuksen viimeistely, fyysinen turvallisuus, suunnittelu jne. 	Jopa 100%

Lähde: IoT Analytics Research (2025); Taustaraportti (2025); Boston Consulting Group

3. Suomen mahdollisuudet tekoälyn arvoketjussa



”Suomen tulisi erityisesti pyrkiä tuottamaan huippuluokan tekoälyasiantuntijoita, jotka yhdistävät osaamisen tekoälyssä, datankäsittelyssä, ja suurteholaskennassa. Näistä muodostuisi yhdessä erittäin kilpailukykyinen kokonaisuus globaalisti.”

– Sitran taustaselvitykseen haastateltu asiantuntija

Menestyksen edellytykset ovat jo olemassa kriittisillä teknologia-aloilla

Suomella on jo vahva pohja tekoälyyn liittyvien teollisten ja teknologisten kyvykkyyksien osalta, jotka muodostavat tekoälyn arvoketjun kriittisen perustan: korkealaatuisissa tietoverkoissa ja tietoliikennejärjestelmissä, energiatehokkaissa datakeskus- ja infrastruktuuriratkaisuissa, sekä nopeasti kehittyvällä kvanttiteknologian ja laskennallisen tieteen kentällä.

Nämä alat ovat syntyneet pitkän aikavälin panostuksista ja teollisesta perinnöstä, joka yhdistää teknisen huippuosaamisen, vahvan tutkimuksen ja korkeatasoisen infrastruktuuriympäristön.

Suomen ei ole realistista pyrkiä kattamaan koko tekoälyn arvoketjua tai kilpailla globaalien hyperskaalaajien kanssa niiden omilla ehdoilla. Sen sijaan keskeistä on tunnistaa ne arvoketjun osat, joissa Suomi voi saavuttaa suhteellista etua ja joissa investoinneilla on suurin vipuvaikutus. Mahdollisuudet voivat syntyä yhtä lailla arvoketjun alkupäässä, esimerkiksi energiatehokkuudessa, kuin arvoketjun huipulla, kuten suurteholaskennassa ja kvanttiteknologiassa.

Suomella on johtavaa osaamista kriittisillä aloilla tekoälyn arvoketjussa

Tietoverkkoteknologiat

- Johtava maa 6G-kehityksessä, huomattavat vahvuudet langattomien yhteyksien tutkimuksessa ja reunalaskennassa

Suurteholaskenta

- LUMI-supertietokone ja tekoälytehdas vahvalla datan, suurteholaskennan ja kvanttiteknologian integraatiolla, sekä vahvalla akateemisella osaamiskeskittymällä

Kvanttitekнологia

- Euroopan johtavia maita kvanttietokoneiden kehityksessä sekä johtava kvanttialan klusteri

Data

- Laajat julkisen sektorin hallitsemat korkealaatuiset datavarannot

Energiajärjestelmä ja infraosaaminen

- Kyvykkyydet rakentaa maailman kestäväntä tekoälyinfrastruktuuria kustannustehokkaasti

Suomi mahdollistaa kustannustehokkaan, vihreän laskennan

EU:n alhaisimmat sähkön hinnat

- Sähkö muodostaa 20–40 % datakeskusten käyttökustannuksista, ja Suomessa on EU:n edullisin teollisuussähkö (8 snt/kWh, Eurostat)
- Matalat hinnat johtuvat Suomen suotuisista energiantuotanto-olosuhteista
- Suomessa energiaa on myös hyvin tarjolla, toisin kuin monissa muissa EU-maissa

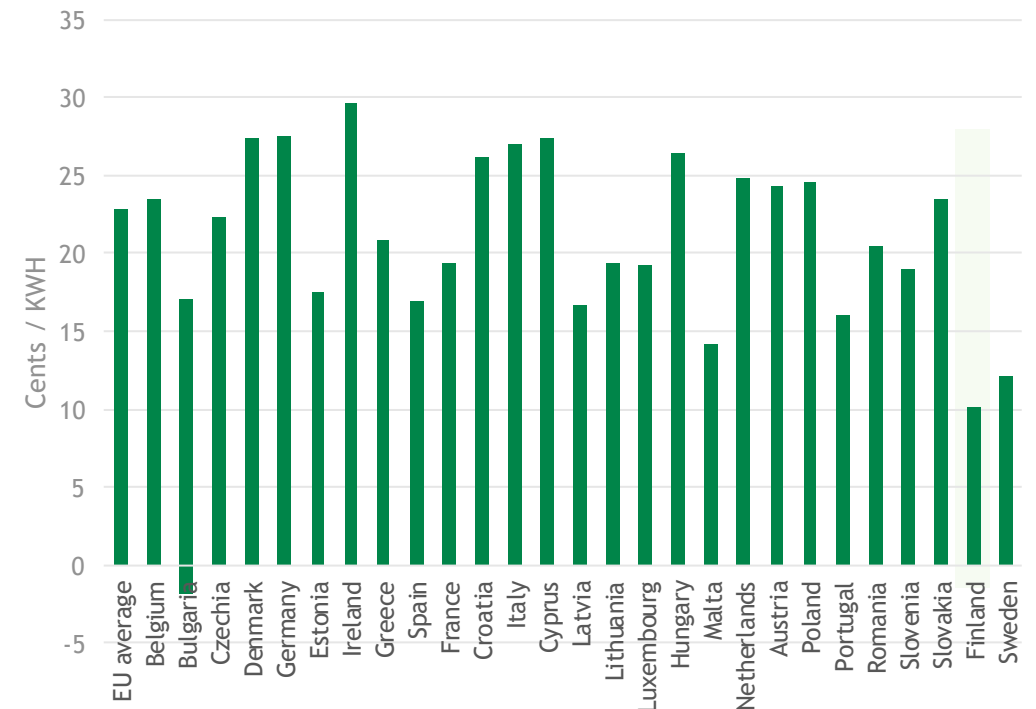
Tehokas jäähdytys sekä veden ja energian käyttö

- Kylmä ilmasto vähentää jäähdytystarvetta ja pienentäen datakeskusten kuluja huomattavasti
- Suomalaiset datakeskukset ovat EU:n toiseksi parhaita energiatehokkuudessa ja parhaita vedenkäytön tehokkuudessa

Olemassaoleva infrastruktuuri, sähköliitännät ja halvat tontit

- Suomessa on edullista maata, olemassa olevia teollisuusrakennuksia ja esimerkiksi käyttämättömiä metsäteollisuuden kiinteistöjä, jotka voidaan ottaa käyttöön nopeasti
- Yksi maailman luotettavimmista sähköverkoista, hyvä sähköliitännöiden saatavuus ja vakaa tietoliikenne takaavat toiminnan jatkuvuuden.

Teollisuuden sähkön hinta, H1 2025



Lähteet: FDCA (2025); The New Economics of Data Center Opex (2025); Eurostat (nrg_pc_205); Datakeskustoimialan potentiaali Suomessa (FDCA & EK, 2025); Helsingin Sanomat (2025); Datakeskuksista kestävä kasvun ja TK1-toiminnan alusta – 10 suositusta Suomelle (Teknologiategollisuus ry, 2025); Main grid transmission reliability rate reached the highest recorded level in 2023 (Fingrid, 2023); Taustaraportti (2025); Boston Consulting Group

Laadukas data on tekoälyn tärkein raaka-aine

Ilman laadukasta ja riittävää dataa tekoälyratkaisuista ei synny todellista arvoa eikä uusia innovaatioita. Datataloudessa EU:n vahvuus on sen poikkeuksellisen keskitetty julkinen sektori, joka kerää valtavia määriä dataa eri maista. EU:n laajat datavarannot tulisi nähdä strategisena kilpailuetuna ja säilyttää niiden suvereeni hallinta.

Suvereeni infrastruktuuri on välttämätöntä, jotta strategisesti tärkeä data ei valu Euroopan ulkopuolelle esimerkiksi yhdysvaltaisten alustojen kautta. Kysymys ei ole vain tietosuojasta, vaan myös tutkimuksesta, kehityksestä ja talouskasvusta. Jos data ja sen päälle rakentuva arvonluonti siirtyvät muualle, menetämme samalla kilpailukykyä ja mahdollisuuksia kehittää uusia ratkaisuja omilla vahvuusalueillamme

Jos data valjastetaan eurooppalaisten tekoälyinnovaatioiden polttoaineeksi, se voi luoda merkittävää taloudellista ja teknologista kilpailukykyä ja tukea tekoälyn arvoketjumme kehittymistä, erityisesti arvoketjun alapäässä sovelluskerroksessa. Tämä etu puuttuu esimerkiksi Yhdysvalloilta.

Suomen tulisi tunnistaa ne julkisen sektorin datavarannot, joilla on suurin lisäarvo tekoälyn kehityksessä, ja tehdä ne saavutettavaksi tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan. Vaikka dataa hyödynnettäisiin aluksi vain tutkimuksessa, tulokset on voitava siirtää myös kaupalliseen kehittämiseen.

Suomella on arvokkaita julkisia datavarantoja, mutta niiden hallinta on pirstaloitunut

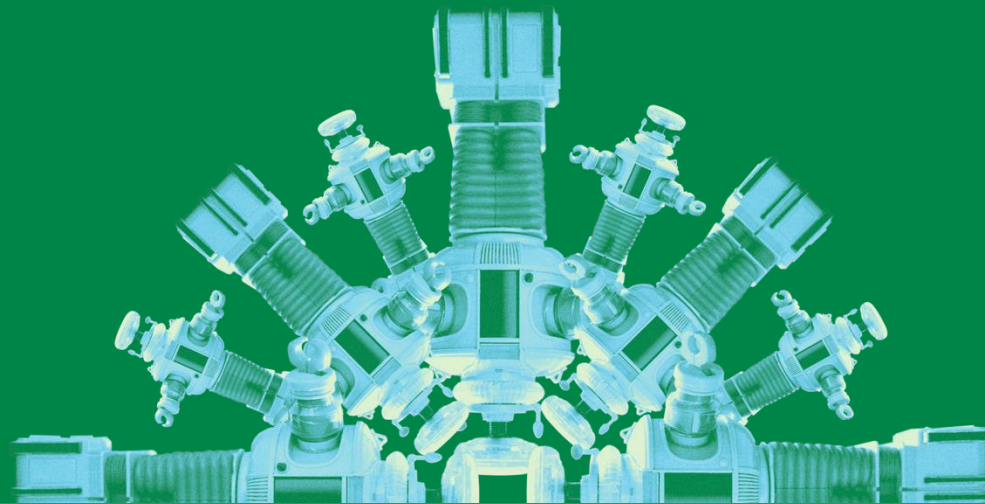
Datavaranto	Esimerkkejä datan mahdollisista käyttötarkoituksista	Dataa hallinnoi
Paikkatiedot	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnoosi- ja ennustemallien koulutus, esim. kroonisten sairauksien riskien arviointi • Täsmälääketiede ja lääkekehitys, mukaan lukien potilaskohtainen hoidon optimointi 	Sairaalat, hyvinvointialueet, viranomaiset
Terveystieto ja biometrinen data	<ul style="list-style-type: none"> • Tietokantojen (terveys, ympäristö, liikkuvuus) yhdistäminen yhteisen paikkatietoviitteen avulla • Paikkatietomallien paljastaminen ja tekoälymallien rikastaminen sijaintitiedoilla tarkempien ennusteiden ja suunnitelmien tekemiseksi 	Viranomaiset, virastot, yliopistot
Reaaliaikainen taloustieto	<ul style="list-style-type: none"> • Taloudellisten indikaattoreiden (BKT, inflaatio, työllisyys) ennustaminen • Dynaamiset politiikkasimulaatiot, esim. vero- tai tukimuutosten vaikutusten ennustaminen 	Viranomaiset, Suomen Pankki
Kaupunkien ja kuntien tietokannat	<ul style="list-style-type: none"> • Yhtenäinen kansallinen näkemys politiikka- ja investointipäätöksistä • Tekoälypohjainen kunnallinen automaatio 	Kaupungit ja kunnat
Sää-, avaruus- ja ilmastodata	<ul style="list-style-type: none"> • Korkean resoluution ilmasto- ja vaikutusmallit • Muiden tietojoukkojen rikastaminen tarkempien tulosten saamiseksi 	Virastot ja laitokset
Tutkimusartikkelit ja opinnäytetyöt	<ul style="list-style-type: none"> • Tutkimuksen nopeuttaminen ja automatisointi • Alakohtaisten tieteellisten mallien koulutus 	Yliopistot

Lähde: Taustaraportti (2025); Boston Consulting Group

”Julkisen sektorin keräämät ja hallinnoimat tietovarannot voisivat tulevaisuudessa tarjota EU:lle merkittävän kilpailuedun omia dataperustaisia tekoälyratkaisuja kehitettäessä. Tämä kilpailuetu säilyy vain suojelemalla datan suvereniteettia suhteessa Yhdysvaltoihin ja Kiinaan.”

– Sitran taustaselvitykseen haastateltu asiantuntija

4. Tekoälyn gigatehdas: strateginen mahdollisuus Suomelle



Tekoälyn gigatehtaat ovat Euroopan vastaus tekoälykuilun kuromiseen

EU pyrkii saamaan liikkeelle lähivuosina 200 miljardin euron investointiaallon kuroakseen umpeen kuilua erityisesti Yhdysvaltojen ja Kiinan kanssa niin tekoälyinvestoineissa kuin kokonaisarkkitehtuurissa.

Tavoitteena on rakentaa suvereenia tekoälyinfrastruktuuria, johon on tähän mennessä kuulunut erityisesti tutkimuskäyttöön rakennettavia tekoälytehtaita eri puolilla Eurooppaa, kuten LUMI AI. Tämä ei kuitenkaan vielä riitä.

Vision seuraavassa vaihessa EU on myöntämässä yhteensä 20 miljardia euroa **3-5 tekoälyn gigatehtaalle**, joiden vetovastuu olisi yksityisellä sektorilla kattaen myös tekoälyn kaupallisen käytön.

Tekoälyn gigatehdas (AIGF) on erittäin suuren mittakaavan laskentainfrastruktuuri, joka mahdollistaa vaativan tekoälykehityksen, mallien koulutuksen ja jatkuvan tuotantokäytön. Se eroaa perinteisistä datakeskuksista ja

supertietokoneista ennen kaikkea kapasiteetissa, erikoistuneessa laitteistossa ja kyvyssä palvella samanaikaisesti tutkimusta, yrityksiä ja julkista sektoria.

Gigatehtaat ovat tarkoitettu kaikkein vaativimpiin käyttötapauksiin, kuten laajojen kieli- ja perustamallien koulutukseen, teolliseen simulointiin ja dataintensiiviseen optimointiin. Ne toimivat alustana, jonka päälle voidaan rakentaa uusia tekoälyratkaisuja, ei vain yksittäisinä laskentaresursseina. Tässä mielessä gigatehdas on strateginen infrastruktuuri, ei pelkkä tekninen investointi.

Tekoälyn gigatehtaat ovat käytettävissä **teollisuudelle, tutkijoille, ja startuppeille** ja ne toimivat katalysaattorina laajasti koko alueen tekoälyekosysteemille. Gigatehdasaloite varmistaa, että Euroopalla on itsenäinen kyvykkyys tekoälyssä, ilman riippuvuutta amerikkalaisista tai aasialaisista hyperskaalajaajista.

Ketkä ovat tekoälyn gigatehtaiden hyödyntäjiä?

Terveys- ja hyvinvointisektorilla tekoälyn laajempi hyödyntäminen edellyttää ympäristöä, jossa potilas- ja genomidata voidaan käsitellä EU-sääntelyn alaisena ja omistuksellisesti eurooppalaisessa infrastruktuurissa. **Vastaavasti puolustus- ja turvallisuussektorilla** tekoälyn käyttö kytkeytyy kansalliseen turvallisuuteen, eikä kriittistä dataa tai malleja voida sijoittaa Euroopan ulkopuolisten toimijoiden infrastruktuuriin.

Rahoitussektorilla pankkialaisuus, riskimallinnus ja sääntely asettavat rajoitteita tekoälyn hyödyntämiselle avoimilla pilvialustoilla. Myös **korkean tuotekehitysintensiteetin teknologia- ja teollisuusyritykset**, joiden kilpailukyky perustuu yrityssalaisuuksiin ja omaan dataan, tunnistavat tarpeen suojatulle tekoälylaskentaympäristölle.

Tutkimusorganisaatiot ja yliopistot ovat gigatehtaan keskeisiä käyttäjiä erityisesti laskentaintensiivisessä tieteellisessä tekoälyssä, kuten fysiikkapohjaisessa mallinnuksessa, materiaalitieteessä sekä lääke- ja ilmastotutkimuksessa.

Startup-yritykset ja deep tech -toimijat hyötyvät gigatehtaasta mahdollisuutena kehittää omia malleja ja uusia ratkaisuja ilman hyperskaalaajiin liittyviä kustannus- ja riippuvuusrakenteita.

Näillä toimialoilla tekoälyn gigatehdas mahdollistaa tekoälyn käytön laajemmin kuin nykyiset ratkaisut, ei vain kustannusten vaan ennen kaikkea luottamuksen, hallinnan ja suvereniteetin näkökulmasta.

Tekoälyn gigatehdas: keskeiset hyödyt Suomelle

Yhden eurooppalaisen gigatehtaan rakentamisen arvioidaan tuottavan noin 200 miljoonaa euroa verotuloina ensimmäisen viiden vuoden aikana ja työllistävän jopa 4 700 ihmistä rakennusvaiheessa. Suvereenin tekoälyinfrastruktuurin rakentaminen luo yhteiskunnallista hyötyä ja lisäarvoa kuitenkin paljon suoria talous- ja työllisyysvaikutuksia laajemmin.

Suomelle gigatehdas tarjoaa mahdollisuuden siirtyä tekoälyn käyttäjästä sen mahdollistajaksi. Kotimainen, ennustettava ja luotettava laskentaympäristö parantaa edellytyksiä kehittää ja skaalata tekoälyä erityisesti terveys- ja hyvinvointisektorilla, puolustus- ja turvallisuussektorilla sekä rahoitusalailla ja korkean tuotekehitysintensiteetin teollisuudessa. Tekoälyn gigatehdas tukee lisäksi laskentaintensiivistä tutkimusta, kuten fysiikkapohjaista mallinnusta, materiaalitiedettä sekä ilmasto- ja energiajärjestelmien simulointia, joissa nykyinen pilvipohjainen peruskäyttö ei riitä.

Gigatehtaan suurin arvo syntyy sen ympärille rakentuvista ekosysteemivaikutuksista. Se voi houkutella Suomeen yksityisiä investointeja, osajia ja kansainvälisiä kumppaneita sekä vahvistaa tutkimuksen ja yritystoiminnan kytkentää. Kytkeytyä LUMI AI:n ympärille rakentuneeseen huippututkimukseen gigatehdas vahvistaa Suomen ainutlaatuista tekoäly-suurteholaskenta-kvantti-kokonaisuutta.

Eurooppalainen tekoälyn gigatehdas voisi täyttää monia rooleja ja tarpeita

1	2	3	4	5
Eurooppalainen hyperskaalaaja	Suvereeni neocloud	Toimialakohtainen laskentakapasiteetti & datan käyttö	Tekoälyn innovaatiohub	Julkisen sektorin tekoälyn alusta
<ul style="list-style-type: none"> Euroopaan syntyisi keskipitkällä aikavälillä omia hyperskaalaajan kokoisia yrityksiä, jotka kykenisivät kilpailemaan yhdysvaltaisten hyperskaalaajien kanssa markkinoilla 	<ul style="list-style-type: none"> Tekoälylaskentaa dataintensiivisiin suvereenihin käyttötapauksiin tarjoava pilvi 	<ul style="list-style-type: none"> Eurooppalaisia keskuksia valitulle strategisesti merkittävälle toimialoille, joilla käytössään huomattava määrä laskentakapasiteettia ja datan suvereeni hallinta 	<ul style="list-style-type: none"> Eri kokoiset yritykset (startup, pk, veturiyritykset) yhteistyössä tutkimusorganisaatioiden ja muun julkisen sektorin kanssa 	<ul style="list-style-type: none"> Julkisen sektorin siirtymä suvereenin infrastruktuurin käyttäjäksi Tekoälyn käyttöönoton, tuottavuuden, ja julkisen sektorin innovaatioiden vauhdittaminen euroopassa

Mitä hyötyjä tekoälyn gigatehdas voisi tuottaa vuoteen 2030 mennessä?

Taustaselvityksen haastatteluista kerätty Visio 2030

A Eurooppalainen hyperskaalaja

Eurooppalainen hyperskaalaja, jolla 20% Euroopan ~60 miljardin € markkinasta. 50% markkinaosuus julkisella sektorilla

12mrd€

Eurooppalaisen hyperskaalajan vuotuinen tuotto

B Enemmän startupeja ja kasvuyrityksiä

1 eurooppalainen yksisarvinen ja 1 kymmenen miljardin euron startup 2030 mennessä

>15mrd€

lisäarvoa uusista startupeista

C Tekoäly kirittämään teollisuuden kasvua

Tekoäly-innovaatioilla 1.7x vuotuinen kasvu. Edelläkävijöinä puolustus- ja terveysalat sekä lääketieteellisyys.

>20mrd€

vuotuiset teollisuuden tulot

D Julkisen sektorin tuottavuus

10–20% tapauskohtainen tuottavuusloikka 100 tekoäly-projektin kautta

~1mrd€

tuottavuusloikka

E Tutkimuksen kaupallistaminen

10% enemmän tekoälyyn liittyviä tutkimusjulkaisuja ja patenteja, joista 40 % kaupallistettu

>10 kaupallistettua tekoäly-innovaatiota

- ✓ BKT-kasvu
- ✓ Enemmän korkean lisäarvon työpaikkoja
- ✓ Enemmän verotuloja
- ✓ Vähemmän julkisia menoja
- ✓ Parantunut maakuva

Lähde: Boston Consulting Group (2025): Taustaraportti, asiantuntijahaastattelut

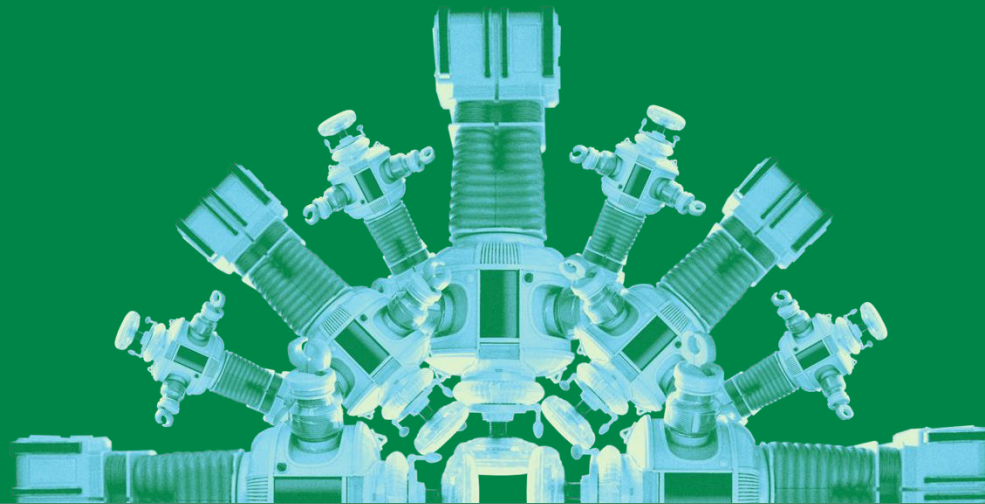
Miten tekoälyn gigatehtaan hyödyt voitaisiin realisoida?

A. Eurooppalainen hyperskaalaaja	B. Enemmän startup- ja kasvuyrityksiä	C. Tekoäly kirittämään teollista kasvua	D. Julkisen sektorin tuottavuus	E. Tutkimuksen kaupallistaminen
<ul style="list-style-type: none"> • Yhteen toimivat eurooppalaiset AIGF:t muodostavat EU-laajuisen laskentakapasiteetin ja verkoston, jonka varaan voidaan rakentaa hyperskaalaajatasoisia tekoälypalveluja Euroopassa. 	<ul style="list-style-type: none"> • AIGF:n laskentakapasiteetin, pääsyn proprietarydataan sekä tutkimuksen ja teollisuuden yhteistyön kohdentaminen madaltaa markkinoille tulon kynnyistä ja tukee tekoälyinnovaatioiden kehittämistä ja skaalaamista. 	<ul style="list-style-type: none"> • Teollisuuden tarpeisiin suunnattu, turvallinen ja suvereeni tekoälylaskenta sekä räätälöidyt palvelut ja dataresurssit mahdollistavat uusien tekoälymallien koulutuksen, hienosäädön ja toimialakohtaiset sovellukset. 	<ul style="list-style-type: none"> • Turvallinen, suvereeni ja kustannuskilpailukykyinen laskentakapasiteetti julkisen sektorin tekoälyn käyttöönottoon sekä alusta käyttötapausten yhteiskehittämiseksi yhteistyössä yritysten kanssa lisää julkisen sektorin tuottavuutta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kohdennettu askentakapasiteetti, tekoälytyökalut ja proprietaryaineistot sekä sujuva siirtymä tutkimusympäristöistä (esim. LUMI) kaupalliseen AIGF-ympäristöön nopeuttavat tutkimustulosten hyödyntämistä ja markkinoille vientiä.

”Valtavasta osasta akateemista ja teollista T&K-toimintaa on tulossa vahvasti simulaatiopohjaista. Tämän perustana on fysiikkaperusteinen mallinnus tekoäly-ympäristössä, jonka avulla voidaan ajaa samoja kokeita kuin jos testi tehtäisiin fyysisesti. Pelkästään tämän kehityssuunnan perusteella ennustan merkittävää kasvua huipputasoisen tekoälyn laskentakapasiteetin kysynnässä.”

– Sitran taustaselvitykseen haastateltu asiantuntija

5. Tekoälyn käyttö ja arvolupaus



Tuottavuudesta arvонуontiin: tekoälyn seuraava vaihe

Tekoälyn käyttö on yleistynyt nopeasti lähes kaikilla toimialoilla, mutta sen tähänastiset hyödyt ovat painottuneet pääosin yksittäisten työtehtävien tehostamiseen. Generatiivista tekoälyä hyödynnetään laajasti esimerkiksi tekstin tuottamisessa, käännöksissä ja tiedonhaussa, mikä parantaa tuottavuutta, mutta harvoin synnyttää kestäväää kilpailuetua. Tämä johtuu siitä, että vastaavat ratkaisut leviävät samanaikaisesti kaikkialle, jolloin erot organisaatioiden ja maiden välillä jäävät pieniksi.

Tekoälyn todellinen arvolupaus liittyy sen seuraavaan kehitysvaiheeseen, jossa tekoäly mahdollistaa kokonaan uusia tuotteita, palveluja ja tutkimusmenetelmiä. Tällöin tekoäly ei ainoastaan tehosta olemassa olevia prosesseja, vaan muuttaa tapaa, jolla tietoa tuotetaan, päätöksiä tehdään ja innovaatioita syntyy. Tämä korostuu erityisesti aloilla, joissa laskennallinen mallinnus, simulointi ja ennakointi ovat keskeisiä, kuten lääke- ja materiaalikehityksessä, energia- ja ilmastoratkaisuissa sekä puolustus- ja turvallisuussektorilla.

Kasvun näkökulmasta ratkaiseva kysymys on, siirtyykö tekoälyn käyttö tukitoiminnoista kohti strategisia, liiketoimintaa uudistavia ja tutkimusta kiihdyttäviä sovelluksia. Tämä muutos erottaa tuottavuusparannukset aidosta uuden arvon luonnista.

Tekoäly mahdollistaa erilaisia hyötyjä tehokkuudesta läpimurto-innovaatioihin

Tehtävien automatisointi

Tekoäly automatisoi tehtäviä, alentaa kustannuksia ja vähentää virheitä, esimerkiksi back-office-prosessien automatisointi agenttipohjaisilla työkaluilla.

Tehokkuuden parantaminen

Tekoälykopilotit ja -apulaiset nopeuttavat työtä, parantavat sen laatua ja keventävät kognitiivista kuormaa esimerkiksi koodauksessa, tutkimuksessa ja tiivistämisessä.

Uuden luominen

Tekoäly tuottaa tekstiä, kuvia ja videoita, mahdollistaen uusia innovaatioita ja madaltaen kustannuksia.

Tutkimuksen ja tuotekehityksen kiihdyttäminen

Tekoälymallit nopeuttavat tutkimusta ja prototyyppien kehitystä esimerkiksi säämalleissa, lääkekehityksessä, digitaalisten kaksosten rakentamisessa, sirujen suunnittelussa, fysiikassa ja mallipohjaisessa tutkimuksessa.

Päätöksenteon tuki

Tekoäly tehostaa ennustamista, pisteytystä, optimointia ja poikkeamien tunnistamista tarkkuudella, joka ylittää ihmisen kyvyn.

Älylaitteet

Tekoäly ohjaa robotteja, drooneja ja autonomisia ajoneuvoja mahdollistamalla 24/7-toiminnan.

Näiden lisäksi tekoäly vie eteenpäin laajaa ja kasvavaa sovelluskenttää, jonka täysi potentiaali on vielä toteutumatta.

Esimerkkejä tekoälyn soveltamisesta ja uuden liiketoiminnan mahdollisuuksista teollisuudessa

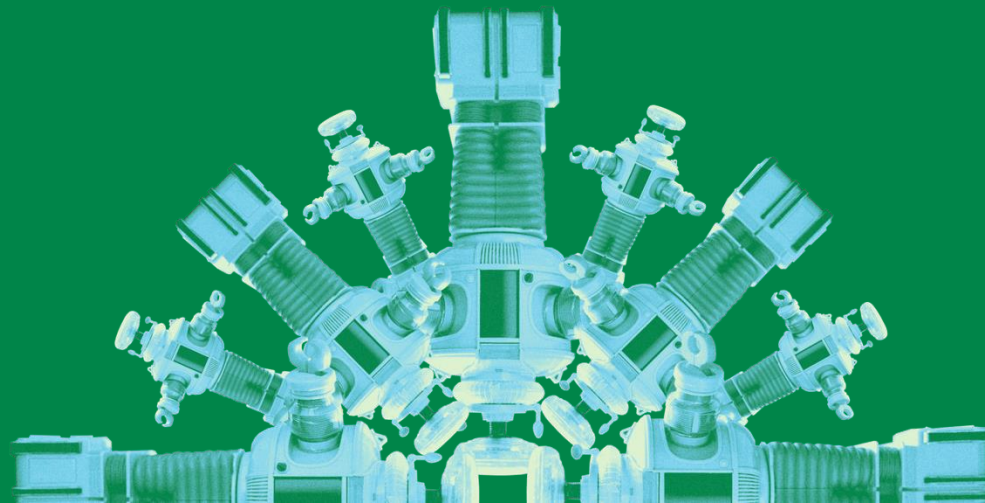
Perusmallien kehitys ja mukauttaminen	Agenttinen tekoäly, automaatio ja kognitiiviset järjestelmät	Fyysinen tekoäly ja robottinen älykkyyys	Simulaatiointensiivinen T&K ja optimointi	Tieteellinen tekoälyavusteinen tutkimus
<ul style="list-style-type: none"> Organisaatioiden omiin tarpeisiin räätälöityjen suurten tekoälymallien (kuten LLM-mallien) kehittäminen Suurten mallien laajamittainen hienosäätö ja kouluttaminen esim. toimialakohtaisella datalla Mallikoulutus eri datatyypeillä yhtä aikaa (teksti + kuva + puhe + sensoridata) Simulaatioihin tai synteettiseen dataan perustuvien mallien koulutus 	<ul style="list-style-type: none"> Agenttiset tekoälyjärjestelmät, jotka suorittavat monivaiheisia tehtäviä itsenäisesti Autonomiset päätöksenteon tukimootorit jotka analysoivat dataa itsenäisesti, ja antavat suosituksia päätöksenteon tueksi Parvintelligenssi / moniagenttisimulaatiot, joka yhdistää joukon tekoälyagentteja toimimaan ryhmänä 	<ul style="list-style-type: none"> Autonomiset droonit, ajoneuvot, ja puolustusrobotit Fyysisesten tekoälysovellusten vahvistusoppiminen (reinforcement learning) fyysisissä ympäristöissä Reaaliaikainen ohjausmallien optimointi, jossa mallia optimoidaan reaaliaikaisesti samalla kun se ohjaa fyysisistä tai digitaalista prosessia 	<ul style="list-style-type: none"> Tehtaiden, infrastruktuurin ja kaupunkien laajamittaiset digitaaliset kaksoset Sää-, ilmasto- ja energiaverkon mallintaminen Teollisten prosessien optimointi ja järjestelmien ennakoiva käyttäytyminen Liikenne- tai logistiikkaverkkojen simulaatiot Rahoitusriskien mallinnus ja stokastiset simulaatiot 	<ul style="list-style-type: none"> Molekyylimallinnus ja lääkekehitys Materiaalitieteiden tutkimus ja kehitys Tekoälyn ja kvanttilaskennan yhdistäminen tieteellisissä laskenta- ja tutkimusprosesseissa, joita edes supertietokoneet eivät pysty ratkaisemaan yhtä tehokkaasti.
Korkea ja kertaluonteinen laskentateho (koulutusvaihe)	Matala ja jatkuva laskentateho (inferenssi)	Sekä kertaluonteinen koulutus että jatkuva inferenssi	Laskentatehon tarve vaihtelee matalasta korkeaan käytötapauksesta riippuen	Tyypillisesti korkea ja kertaluonteinen laskentateho

Lähde: Boston Consulting Group (2025): Taustaraportti

”Painopisteen tulisi olla sellaisen tekoälykapasiteetin rakentamisessa, jolla voidaan ratkaista täysin uusia tieteellisiä ja teollisia ongelmia. Tällaiset yksittäiset tekoälyongelmat voivat olla pienempiä kuin yhden suuren kielimallin rakentaminen, mutta kun tällaisia tapauksia on EU:n teollisuudessa ja tutkimuksessa ratkaistavana kymmeniä tuhansia, mikään laskentateho ei ole liikaa.”

– Sitran taustaselvitykseen haastateltu asiantuntija

6. Kvanttitekniologiat Suomen vahvuutena



Tekoälyyn verrattuna Euroopalla on merkittävät vahvuudet kvanttiteknologiassa




Euroopalla on poikkeuksellisen vahva asema kvanttiteknologioissa verrattuna moniin muihin kriittisiin digitaalisiin teknologioihin. EU:lla on osaamista koko kvanttiteknologian kokonaisarkkitehtuurissa aina tutkimuksesta laitteistoon, ohjelmistoihin ja sovelluksiin.

Toisin kuin tekoälyssä, Eurooppa ei ole kvantissa pelkästään käyttäjän asemassa, vaan sillä on useita globaaleja kärkitason toimijoita ja tutkimusympäristöjä. Kvantti onkin yksi harvoista syväteknologioista, joissa Euroopalla on realistinen mahdollisuus määrittää kehityksen suuntaa.

Euroopan kvanttivahvuudet perustuvat pitkäjänteisiin tutkimus- ja infrastruktuuripanostuksiin, vahvaan fotonikan, kryogeniikan ja materiaalitieteen osaamiseen sekä varhaiseen suurteholaskennan ja kvanttilaskennan integraatioon.

Tämä tekee kvanttiteknologiasta myös strategisesti merkittävän osan Euroopan taloudellista turvallisuutta ja teknologista autonomiaa. EU:n kvanttistrategiat ja yhteiset ohjelmat tunnistavat kvanttiteknologiat nimenomaan kaksikäyttöisenä ja taloudellisesti merkittävänä teknologia-alueena.

EU:lla on vahva asema yrityskannassa ja rahoituksessa, mutta jää jälkeen patenteissa

	Osuus alan yrityksistä	Toimialan työntekijät	Julkinen rahoitus mrd\$ (kumulatiivinen)	Kerätty pääoma mrd\$	Osuus kvantti-patenteista	Muut vahvuudet
	32%	7 000-8 000	12	0,6	6%	Vahvat kyvykkyydet laajasti teknologian eri osa-alueilla; varhainen integraatio suurteholaskennan (HPC) kanssa
	~25%	5 000-6 000	6	1,7	23%	Vahvuus korkean kubittimäärän suprajohtavissa järjestelmissä; suuria pääomia omaavia toimijoita (IBM, Google, Microsoft); vahva ohjelmistotason ekosysteemi
	~5%	Ei julkista tietoa, nopeasti kasvava toimiala viittaa vähintään USA:n skaalaan	15	Ei julkista tietoa	46%	Pitkäjänteistä T&K-toimintaa tukeva massiivinen julkinen rahoitus; jatkuvasti kasvava korkeastikoulutettu työvoima ja tutkimusyksiköiden määrä

Lähteet: Quantum Europe in a Changing World (Quantum Europe Strategy, 2025); Kvanttitekniologia: 32 % maailman yrityksistä, mutta vain 6 % patenteista on EU:sta (Euroopan komissio, 2025); Quantum Technology Monitor (McKinsey, 2025); State of the Global Quantum Industry (QED-C, 2025); Boston Consulting Groupin analyysi.

Pitkäjänteisen työn ansiosta Suomi on Euroopan huippumaa kvanttiteknologiassa

Suomi sijoittuu tässä eurooppalaisessa kokonaisuudessa poikkeuksellisen vahvaan asemaan. Suomi on yksi harvoista maista, joissa yhdistyvät kvanttilaitteiden rakentaminen, yritysvetoinen kehitys ja suurteholaskennan tiivis kytkentä.






Erityisesti kvantin, suurteholaskennan ja tekoälyn yhdistäminen samaan infrastruktuuriseen kokonaisuuteen on tehnyt Suomesta EU-tasolla referenssimaan.

Suomen kvanttiekosysteemi osoittaa, että määrätietoisella erikoistumisella ja infrastruktuuri-investoinneilla voidaan nousta eurooppalaiseksi ja globaaliksi edelläkävijäksi. Tämä asemoituminen luo myös vahvan lähtökohdan tarkastella, mitä kvantista voidaan oppia tekoälyn kasvustrategiassa.

Menestys kvanttiteknologiassa osoittaa, että Suomi kykenee edelleen rakentamaan itselleen edelläkävijyyttä valikoiduilla teknologia-aloilla.

Menestys ei ole sattumaa, vaan pitkäjänteisen työn ja strategisten investointien tulos.

Suomi on Euroopan johtava kvanttimaa kaikilla mittareilla

Maa	Yritykset	Työntekijät	Start-up-rahoitus (M USD) ¹	Patentit (sisältää haetut patentit) ²
	11	500	240	72
	5	500+	<10	48
	5	400	24	35
	32	1000+	360	331
	14	600+	85	91

Suomi on kokoaan suurempi

Suuri määrä kvanttiyrityksiä: Suomessa on kokoonsa nähden poikkeuksellisen suuri määrä kvanttiyrityksiä, mikä on vahvan tutkimuksen kaupallistamisen ja tiiviisti integroidun kansallisen ekosysteemin ansiosta.

Vahva osaamisopohja: 500 huippuosaajan joukko heijastaa vuosikymmenten kohdennettuja investointeja (fysiikka, insinööritaito ja kryogeniikka), joita tukevat kansallinen koulutus ja osaamisen kehittäminen.

Korkea rahoitusaste: Start-up-rahoitusta vauhdittavat strategiset julkiset investoinnit ja globaalisti kilpailukykyiset yritykset (esim. IQM), yksi EU:n korkeimmista rahoitusasteista.

Tutkimuksesta markkinoille: Korkea innovaatiotuottavuus, joka perustuu maailmanluokan tutkimukseen, aktiiviset kaupallistamispolut.

Lähteet: TEM - Suomen kvanttiteknologiastrategia 2025–2035 1. Kumulatiivinen, perustuu TEM-raporttiin; 2. Perustuu TEM-raporttiin

Pääkaupunkiseudun kvanttiklusteri on maailman toiseksi paras

EU:n paras ja globaalisti #2 kvanttiklusteri

Toiseksi paras heti Cambridgen jälkeen, edellä sekä Oxfordia että Piilaaksoa. Yhdistää akateemisen huippuosaamisen (Aalto, VTT) ja keskittyneen, huipputasoisien startup-kentän.

#2 markkinaorientoituneudessa

Poikkeuksellisen vahva kaupallistamiskyky ja korkea riskipääoman määrä suhteessa BKT:hen.

#4 ekosysteemin kypsyydessä

Yksi maailman korkeimmista kvanttialaan keskittyneiden organisaatioiden määristä asukasta kohden. Vahva kasvuputki ja merkittävä määrä yrityksiä, jotka vievät tutkimusta kohti markkinoita.

#4 tutkimuksen ja teollisuuden yhteistyön intensiteetissä suhteessa BKT:hen

Erittäin tuottava tutkimus- ja yritys yhteistyö. Vahvat linkit akatemian ja teollisuuden välillä mahdollistavat nopean siirtymän tutkimuksesta kaupallistamiseen.

Yksi maailman kansainvälisesti verkottuneimmista kvanttikeskittymistä

Pääkaupunkiseutu kuuluu maailman ulospäinsuuntautuneimpiin ja yhteistyöintensiivisiin kvanttiekosysteemeihin.

Sija	Kvantti-klusteri	Maa	Alue	Markkinaorientoituneisuus	Yhteistyön intensiteetti	Ekosysteemin kypsyyys
1	Cambridge	UK	UK, Kanada ja Australia	2-	11-	2
2	Pääkaupunki-seutu	Suomi	EU	2-	15	4
3	Oxford	UK	UK, Kanada ja Australia	8	5	3
4	San Francisco Bay -alue	US	US	1	11-	8-
5	Glasgow'n alue	UK	UK, Kanada, ja Australia	16-	4	5
6	Tel Avivin alue	Israel	Muu maailma	6	19	7
7	Karlsruhe	Saksa	EU	20-	2-	6
8	Hefei	Kiina	Kiina	4-	6-	24-
9	Denver-Boulder -alue	US	US	4-	28-	15-
10	Geneva-Bern -alue	Sveitsi	Muu maailma	12	6-	15-

Lähteet: ECIPE (2025), Quantum Clusters: Ranking the World's Deep-Tech Epicentres; Boston Consulting Group (2025): Taustaraportti

Suomen menestys on esimerkki onnistuneesta strategisesta erikoistumisesta

Suomen työ kvanttiteknologian kehityksessä tarjoaa hyvän esimerkin siitä, miten pieni maa voi nousta globaalisti relevantiksi toimijaksi syväteknologiassa määrätietoisen erikoistumisen kautta. Suomen vahvuus kvanttiteknologiassa ei ole syntynyt yksittäisen läpimurron seurauksena, vaan pitkäjänteisten tutkimus- ja infrastruktuuri-investointien, osaamisen kehittämisen ja ekosysteemin yhteisvaikutuksesta.

Suomelle keskeistä on ollut keskittyminen valittuihin vahvuuksiin sen sijaan, että olisi pyritty kattamaan koko teknologiapino. Tämä on mahdollistanut kansainvälisesti kilpailukykyisen tutkimuksen ja yritystoiminnan samanaikaisen kehittämisen.

Kvanttiteknologian tapauksessa tutkimuksen, yritysten ja julkisen sektorin välinen kytkentä on ollut poikkeuksellisen tiivis. Huippututkimus ei ole jäänyt akateemiseksi saarekkeeksi, vaan se on kytkeytynyt kaupallisiin avauksiin ja vientipotentiaaliin.

Kvanttiteknologia on tunnistettu strategiseksi osa-alueeksi osana laajempaa teknologia- ja innovaatiopolitiikkaa. Tämä on luonut toimijoille ennustettavuutta ja pitkäjänteisyyttä. Keskeinen oppi on, että kilpailuetu ei synny teknologiasta itsestään, vaan kyvystä rakentaa sen ympärille toimiva ekosysteemi. Tämä osoittaa, että Suomi pystyy onnistumaan syväteknologioissa, kun valinnat tehdään ajoissa ja niitä viedään johdonmukaisesti eteenpäin.

Suomen kvanttihistoria: yli 50 vuotta kylmäfysiikan ja suprajohtavuuden tutkimusta

Kryogeniikan edelläkävijästä koko kvanttialan johtajaksi

2020-luku: Suomesta tulee kvanttilaskennan maa

VTT käynnistää Suomen kvanttietokoneohjelman (2020)
VTT rakentaa ensimmäisen kvanttietokoneensa (2021), kasvattaen sitä 20 kubittiin (2023) ja 50 kubittiin (maaliskuu 2025)

2000-luvun jälkeen: Maailmanluokan kvanttitutkimus ja -osaaminen

Suomi nousee tutkimuskeskittymästä kvanttiteknologian teolliseksi voimaksi, erityisesti kryogeniikassa (Bluefors perustettu 2005) sekä suprajohtavissa kvanttijärjestelmissä

1960–1990-luvut: Matalalämpöfysiikan ja kvanttimateriaalien perustutkimus

Suomesta tulee maailman johtavia maita seuraavilla alueilla:

- Kryogeniikka
- Suprajohtavuus
- Kvanttianturit ja SQUID-teknologiat

Tämä tutkimus on myöhemmin mahdollistanut Suomen aseman kvanttianturien ja suprajohtavien kvanttilaitteiden huippumaana.

- ✓ Merkittävä asema kvanttiteknologioissa
- ✓ Maailmanlaajuisesti tunnustettu osaaminen
- ✓ Ensimmäinen EU:ssa, joka yhdistänyt kvantti- ja tekoälylaskennan

Kvanttiteknologian TKI-polku tarjoaa esimerkin tekoälyinfrastruktuurin kehitykselle

Tekoäly, suurteholaskenta ja kvanttiteknologia eivät kehity erillisinä polkuina, vaan kytkeytyvät yhä tiiviimmin toisiinsa erityisesti tieteellisessä laskennassa, simuloinnissa ja teollisissa optimointitehtävissä. Tekoäly tukee jo nyt kvanttilaitteiden kehitystä, esimerkiksi ohjauksessa, virheenkoroauksessa ja mallinnuksessa. Pitkällä aikavälillä kvanttilaskenta voi puolestaan täydentää tekoälyn kaikkein vaativimpia laskentatehtäviä.

Kvanttiteknologian esimerkki osoittaa, että juuri laitteistotason infrastruktuuriin panostaminen voi luoda kestäväää kilpailuetua kriittisissä teknologioissa. Suomella on mahdollisuus yhdistää kvanttiteknologiasta opittu erikoistumisen malli tekoälyyn. Sen sijaan, että tekoäly nähtäisiin ainoastaan sovellustason kysymyksenä, se tulisi kytkeä samaan infrastruktuuri- ja osaamispolkuun kuin suurteholaskenta ja kvanttiteknologia. Näin tekoäly voidaan ankkuroida osaksi Suomen laajempaa laskennallista vahvuutta ja kääntää se pitkän aikavälin kasvun ajuriksi.

Keskeinen opetus on, että yksittäiset hankkeet eivät riitä: tarvitaan pitkäjänteinen ekosysteemiologiikka, jossa infrastruktuuri, osaaminen ja yritystoiminta vahvistavat toisiaan.

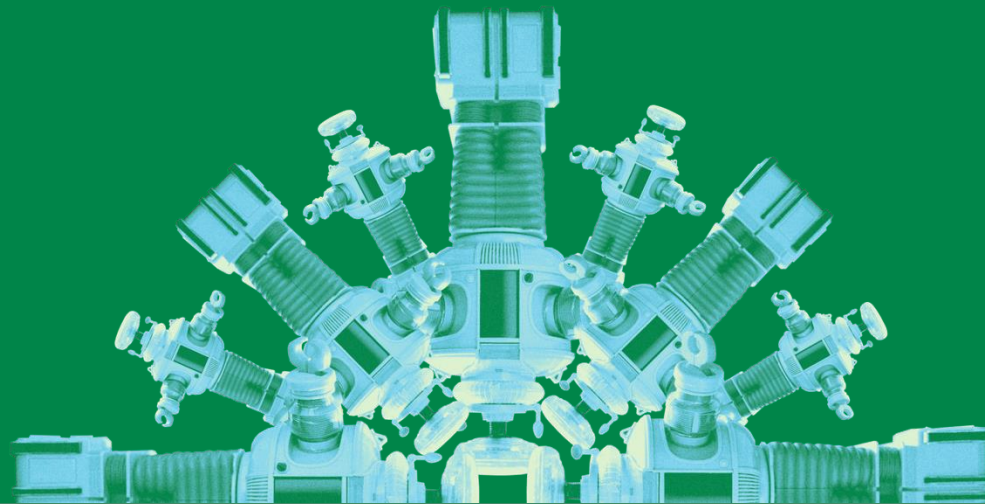
Tekoäly ja kvanttilaskenta rinnakkain – lukuisia potentiaalisia teollisia käyttökohteita

Esimerkkejä käytötapauksista

Lääketiede ja biotieteet	Materiaalitiede ja kemia	Energia- ja ilmastoteknologia	Valmistus ja robotiikka	Rahoitus ja riskienhallinta	Puolustus, turvallisuus ja kryptografia	Liikkuminen ja autonomiset järjestelmät
<ul style="list-style-type: none"> Molekyylimallinnus ja lääkekehitys, joissa kvanttietokoneet simuloivat monimutkaisia kemiallisia vuorovaikutuksia ja HPC/AI optimoivat tulokset Lääketieteellisten materiaalitieteiden kehittäminen, yhdistäen kvanttisimulaatiot ja tekoälypohjaisen analyysin 	<ul style="list-style-type: none"> Uusien metalliseosten, katalyyttien ja suprajohteiden suunnittelu, joissa kvantti-algoritmeilla voidaan saavuttaa atomitaso tarkkuus ja tekoälyllä ohjataan suunnittelua Akku- ja energianvarastointitutkimus, hyödyntäen tekoälyn ja kvanttilaskennan hybridimalleja molekyylitaso optimointiin 	<ul style="list-style-type: none"> Tekoälyn ja kvanttilaskennan yhdistäminen ratkaisemaan sähköverkon optimointia ja kysynnän ennustamista Ilmasto- ja virtausdynamiikan simulaatiot (esim. tulvien tai ilmanvirtauksen ennustus), yhdistäen satelliittidataa ja kvanttiavusteisia malleja 	<ul style="list-style-type: none"> Prosessi- ja logistiikkaoptimointi, jossa kvanttilaskenta ratkaisee erittäin monimutkaisia yhdistely- ja optimointiongelmia ja tekoäly tulkitsee kvantti-algoritmien tuottamat ratkaisut ja muuttaa ne käytännön toimenpiteiksi Edistynyt robotiikka ja ohjausjärjestelmät, mukaan lukien humanoidit ja robotit, jotka vaativat kvantti-AI-yhteiskäsittelyä reaaliaikaiseen oppimiseen 	<ul style="list-style-type: none"> Sijoitussalkun optimointi, optioiden hinnoittelu, ja petosten havaitseminen kvanttikiihdytettyjen koneoppimisalgoritmien avulla, jotka kykenevät käsittelemään valtavia tietomääriä 	<ul style="list-style-type: none"> Kvanttiturvallisten salauksien rakentaminen sekä signaalien ja kuvien prosessointi valvontatehtävissä Puolustuslogistiikan tai operaatioiden suunnittelun simulointi, yhdistäen kvanttisimulaation ja tekoälyn skenaarioanalyysin 	<ul style="list-style-type: none"> Itseohjautuvat ajoneuvot ja logistiikkasovellukset, joissa kvanttiteknologialla tuotettu synteettinen data parantaa tekoälymallien koulutusta epätodennäköisten tapahtumien ja turvallisuus-skenaarioiden varalta

Lähteet: Boston Consulting Group (2025): Taustaraportti, asian tuntijah aastattelut

7. Elinvoimaisen tekoälyekosysteemin edellytykset



Menestyminen tekoälyn arvoketjussa tarvitsee dynaamisen ja kattavan kansallisen ekosysteemin

 <p>Koulutus & osaamisen kehittäminen</p> <ul style="list-style-type: none"> Tutkinto-ohjelmat, jotka varmistavat tasaisen osaajavirran Muut koulutusaloitteet ja -ohjelmat, jotka päivittävät nykyisen työvoiman osaamista 	 <p>Kansainvälisten osaajien houkuttelu</p> <ul style="list-style-type: none"> Suomen houkuttelevuus ja pitovoima, mukaan lukien elämänlaatu, palkkataso, verotus Rakenteet, jotka tukevat osaajien saantia ja asettumista 	 <p>Tutkimuksen laatu & relevanssi</p> <ul style="list-style-type: none"> Tekoälytutkimus yliopistoissa T&K-toiminta yrityksissä Rakenteet, jotka tukevat patenttien syntyä ja tutkimuksen kaupallistamista 	 <p>Yksityinen pääoma & rahoitus</p> <ul style="list-style-type: none"> Kyvykyys kerätä yksityistä pääomaa, erityisesti startupeille Julkisen rahoituksen saatavuus ja helppous alan T&K-hankkeisiin 	 <p>Toimialojen sisäinen ja välinen yhteistyö</p> <ul style="list-style-type: none"> Rakenteet ja kannusteet, jotka mahdollistavat yhteistyön ja innovaatiot Yhteistyö toimialaa kiihdyttävien toimialojen kanssa, kuten kvanttiteknologia
 <p>Yhdessä toimiva alan keskittymä</p> <ul style="list-style-type: none"> Olemassa olevien tekoälyverkostojen ja klusterien sitominen yhteen kansalliseksi ekosysteemiksi Kriittinen massa yrityksiä tekoälyn arvoketjun eri kohdissa 	 <p>Digitaalinen infrastruktuuri & datan saatavuus</p> <ul style="list-style-type: none"> Olemassa olevien datavarantojen hyödyntäminen TKI:ssa Toimiva datajakelun infrastruktuuri: laajakaista- ja reunayhteydet (5G/6G) 	 <p>Vakaa toimintaympäristö</p> <ul style="list-style-type: none"> Vakaa poliittinen ympäristö sekä ennakoitava ja pitkäjänteinen sääntely 	 <p>Julkisen sektorin kannustimet</p> <ul style="list-style-type: none"> Taloudelliset ja muut kannustimet, joilla houkutelnaan tekoälytoimijoita ja investointeja 	 <p>Tontit, infrastruktuuri & kestävyys</p> <ul style="list-style-type: none"> Tonttien ja keskeisen infrastruktuurin saatavuus ja hinta (mm. sähkö, jäähdytys) Maantieteellinen sijainti ja infrastruktuuri, jotka antavat kilpailuetua kestävyudessa ja tekoälyinfrastruktuurin hinnoittelussa

”Korkean lisäarvon tekoälyosaajista on merkittävä pula sekä Suomessa että Euroopan tekoälyekosysteemissä. Vaikka Suomessa olisi tekoälyn “gigatehdas”, tarvittaisiin silti osaavaa työvoimaa, jotta yksityinen sektori voisi hyödyntää tällaista laskentakapasiteettia. Siksi osaamisen kehittäminen ja osaajien houkuttelu ovat keskeisiä tekijöitä, joihin Suomen tulisi sijoittaa resursseja ekosysteeminsä vahvistamiseksi.”

– Sitran taustaselvitykseen haastateltu asiantuntija

Osaaminen, tutkimus ja kyky uudistua

Elinvoimaisen tekoälyekosysteemin perusta on osaamisessa. Läpi tekoälyn arvoketjun tämä koskee tekoälyinfrastruktuurien rakentamista ja operoimista, sekä kykyä soveltaa tekoälyä huippututkimukseen, tuotekehitykseen, ja innovaatioihin yrityksissä ja julkisella sektorilla. Korkeatasoinen tutkimus luo pitkän aikavälin kilpailuetua, mutta ilman soveltavaa osaamista ja kykyä kaupallistaa, sen taloudellinen vaikutus jää rajalliseksi.

Tekoäly muuttaa myös työn ja osaamisen rakennetta. Pelkkä tekninen tekoälyosaaminen ei riitä, vaan tarvitaan yhdistelmä kykyä hyödyntää dataa, suurteholaskentaa, ja tekoälyä sekä kykyä uudistaa toimintamalleja. Organisaatiot, jotka kykenevät yhdistämään nämä, saavat tekoälystä selvästi enemmän arvoa kuin ne, jotka keskittyvät vain teknisiin ratkaisuihin.

Osaajien saatavuus on samalla kansainvälinen kilpailukysymys. Huippuosaajat hakeutuvat ympäristöihin, joissa on maailmanluokan infrastruktuuri, mielenkiintoisia hankkeita, riittävät resurssit ja selkeä tulevaisuuden näkyminen. Elinvoimainen ekosysteemi vetää puoleensa osaajia ja tarjoaa pitovoimaa, kun taas hajautunut kenttä näyttäytyy vähemmän houkuttelevana.



Koulutus & osaamisen kehittäminen

- Tutkinto-ohjelmat, jotka varmistavat tasaisen osaajavirran
- Muut koulutusaloitteet ja -ohjelmat, jotka päivittävät nykyisen työvoiman osaamista



Kansainvälisten osaajien houkuttelu

- Suomen houkuttelevuus ja pitovoima, mukaan lukien elämänlaatu, palkkataso, verotus
- Rakenteet, jotka tukevat osaajien saantia ja asettumista



Tutkimuksen laatu & relevanssi

- Tekoälytutkimus yliopistoissa
- T&K-toiminta yrityksissä
- Rakenteet, jotka tukevat patenttien syntyä ja tutkimuksen kaupallistamista

Infrastrukturi ja data ekosysteemin selkärankana

Tekoälyekosysteemi ei voi toimia ilman kilpailukykyistä infrastruktuuria. Erityisesti laskentakyky on noussut keskeiseksi pullonkaulaksi, joka määrittää, missä tekoälyä voidaan kehittää ja skaalata. Ilman edullista ja luotettavaa laskentaa tutkimus, startupit ja teollisuus hakeutuvat ekosysteemeihin, joissa kapasiteetti on paremmin saatavilla.

Infrastrukturi ei ole vain tekninen kysymys, vaan myös talous- ja innovaatiopolitiikan väline. Kun laskentaa on tarjolla kotimaassa, se mahdollistaa uudenlaisten kokeilujen ja korkean lisäarvon käyttötapausten kehittämisen. Samalla se vahvistaa suvereniteettia ja vähentää riippuvuutta ulkopuolisista toimijoista.

Suomen etu on siinä, että infrastrukturi voidaan kytkeä muihin vahvuuksiin, kuten puhtaaseen energiaan, tutkimusympäristöihin ja datavarantoihin. Näin infrastruktuurista tulee ekosysteemin selkäranka, joka tukee laajasti eri toimijoita ja toimialoja. Ilman tätä perustaa tekoälyekosysteemi jää hauraaksi.



Digitaalinen infrastrukturi & datan saatavuus

- Olemassa olevien datavarantojen hyödyntäminen TKI:ssa
- Toimiva datajakelun infrastrukturi: laajakaista- ja reunayhteydet (5G/6G)



Tontit, infrastrukturi & kestävyys

- Tonttien ja keskeisen infrastruktuurin saatavuus ja hinta (mm. sähkö, jäähdytys)
- Maantieteellinen sijainti ja infrastrukturi, jotka antavat kilpailuetua kestävydessä ja tekoälyinfrastruktuurin hinnoittelussa

Rahoituksen pullonkaula tekoälyssä on skaalausvaiheessa

Suomalaiset tekoäly-yritykset onnistuvat tyypillisesti keräämään siemen- ja alkuvaiheen rahoitusta, mutta suuret kasvurahoituskierrokset ovat jääneet harvinaisiksi. Tämä hidastaa lupaavien ratkaisujen kaupallistamista ja kansainvälistä laajentumista sekä lisää riskiä siitä, että yritykset myydään ulkomaisille toimijoille ennen kuin niistä ehtii kehittyä merkittäviä kotimaisia kasvuyrityksiä.

Rahoituksen pullonkaula korostuu erityisesti tekoälyliiketoiminnassa, jossa kustannusrakenne poikkeaa perinteisestä ohjelmistokehityksestä. Monien ratkaisujen skaalaaminen edellyttää jatkuvaa mallien koulutusta, hienosäätöä ja merkittävää laskentakapasiteettia jo ennen kuin liikevaihto kasvaa. Tämä kasvattaa pääomatarvetta varhaisessa vaiheessa ja heikentää sijoitusten ennustettavuutta rahoittajan näkökulmasta.

Sovellusten skaalautuminen ja erityisesti start-upien T&K vaatii niin julkisia rahoitusinstrumentteja, joilla laskentakapasiteettiin päästään käsiksi, että kykyä kotiuttaa yksityistä pääomaa.



Yksityinen pääoma & rahoitus

- Kyvykkyys kerätä yksityistä pääomaa, erityisesti startupeille
- Julkisen rahoituksen saatavuus ja helppous alan T&K-hankkeisiin

Koordinoitu toimintamalli ja julkisen sektorin rooli

Elinvoimainen tekoälyekosysteemi ei synny itsestään, vaan vaatii koordinoitua toimintaa. Julkisella sektorilla on keskeinen rooli suunnan asettajana, kysynnän luojana ja riskien jakajana. Tämä ei tarkoita markkinoiden korvaamista, vaan edellytysten luomista yksityisen sektorin investoinneille ja kasvulle.

Kansallinen toimintamalli tai tekoälyn toimintasuunnitelma voi toimia välineenä, jolla eri toimenpiteet kytketään yhteen. Ilman yhteistä kehystä investoinnit koulutukseen, infrastruktuuriin ja tutkimukseen jäävät helposti irrallisiksi. Koordinaatio auttaa myös priorisoimaan ja tekemään valintoja tilanteessa, jossa kaikkea ei voida tehdä samanaikaisesti.

Pitkällä aikavälillä elinvoimainen ekosysteemi tuottaa itse itsensä vahvistavan kierteen. Kun osaaminen, infrastruktuuri ja yritystoiminta kasvavat rinnakkain, Suomi voi nousta houkuttelevaksi ympäristöksi tekoälyyn perustuville investoinneille. Tämä on edellytys sille, että tekoälystä tulee kestävän talouskasvun lähde eikä vain yksittäinen tuottavuusparannus.



Yhdessä toimiva alan keskittymä

- Olemassa olevien tekoäly-verkoston ja klusterien sitominen yhteen kansalliseksi ekosysteemiksi
- Kriittinen massa yrityksiä tekoälyn arvoketjun eri kohdissa



Toimialojen sisäinen ja välinen yhteistyö

- Rakenteet ja kannusteet, jotka mahdollistavat yhteistyön ja innovaatiot
- Yhteistyö toimialaa kiihdyttävien toimialojen kanssa, kuten kvanttiteknologia



Vakaa toimintaympäristö

- Vakaa poliittinen ympäristö sekä ennakoitava ja pitkäjänteinen sääntely



Julkisen sektorin kannustimet

- Taloudelliset ja muut kannustimet, joilla houkuteltaan tekoälytoimijoita ja investointeja

Kokonaisvaltaisen tekoälyohjelman tulisi kattaa kaikki menestyvän tekoälyekosysteemin mahdollistajat

- 1. Riittävästi osaajia ja innovaatiota**
- Koulutus ja osaamisen kehittäminen
 - Tutkimuksen laatu ja relevanssi
 - Osaajien houkuttelu ja elämänlaatu

- 2. Organisaatiot, jotka tukevat ekosysteemin kasvua**
- Yksityinen pääoma ja rahoitus
 - Toimialojen välinen yhteistyö
 - Alan merkittävät keskittymät

- 3. Ekosysteemin mahdollistava toimintaympäristö**
- Digitaalinen infrastruktuuri ja datan saatavuus
 - Vakaat olosuhteet
 - Sääntely ja kannusteet

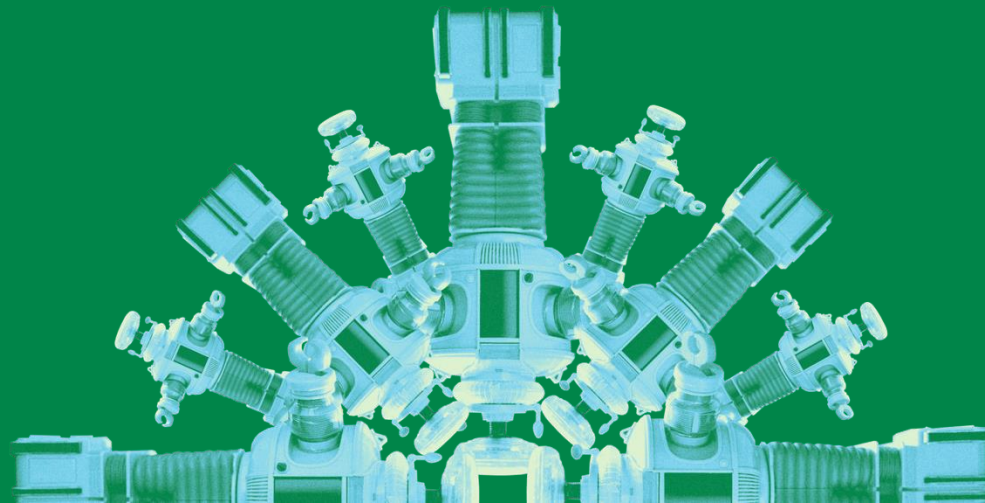
- 4. Edullinen tekoälyn laskentakyky**
- Tontit, infrastruktuuri ja kestävyys

Suomi tarvitsee yhtenäisen tekoälyn toimeenpano-ohjelman, läpi koko tekoälyn arvoketjun

- ✓ Tekoälyyn perustuva kasvu ei synny yksittäisistä teknologiahankkeista tai irrallisista kokeiluista. Se edellyttää elinvoimaista ekosysteemiä, jossa osaaminen, infrastruktuuri, rahoitus ja kysyntä vahvistavat toisiaan.
- ✓ Vastatakseen tähän, Suomen tulee laatia tekoälyn toimeenpano-ohjelma, jossa kaikki ekosysteemin osat on huomioitu tarkasti.
- ✓ Ohjelman tulee perustua ymmärrykselle siitä, mitkä Suomen mahdollisuudet tekoälyn globaalissa arvoketjussa ovat, ja miten ekosysteemiä tulee vahvistaa ja kehittää, jotta kasvupotentiaali tekoälyssä toteutuu.

8.

Politiikkasuositukset

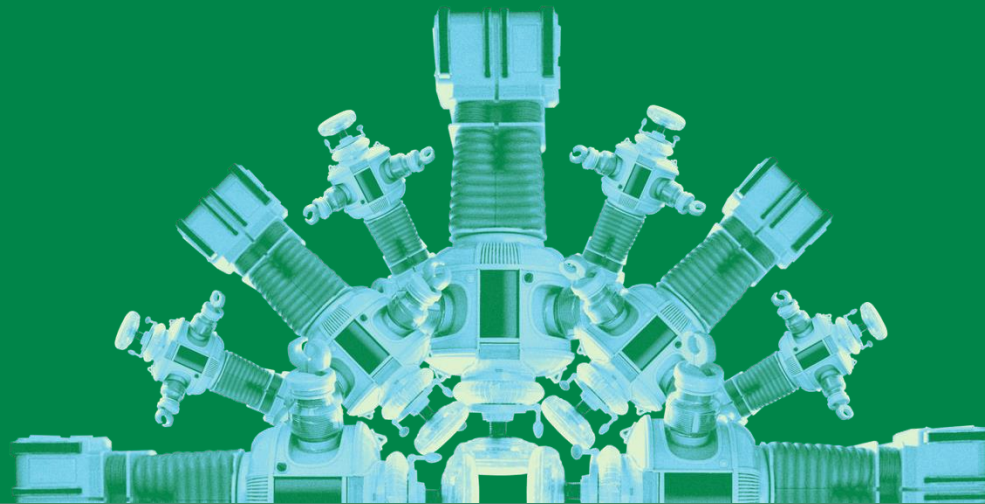


Suositukset

Sitran suositukset toimiksi:

- Tunnistetaan Suomen vahvuudet ja suurimmat kasvun mahdollisuudet globaalissa tekoälyn arvoketjussa.
- Laaditaan kansallinen tekoälyn toimeenpano-ohjelma, jolla varmistetaan kansallisen tekoälyekosysteemin kilpailukyky valituilla kasvualueilla.
- Houkutellaan Suomeen tekoälyn infrastruktuuri-investointeja, jotka vauhdittavat niiden ympärille rakentuvan osaamis- ja teknologiakeskittymän kasvua.
- Panostetaan korkean lisäarvon tekoälyosaamiseen ja radikaaleihin uusiin innovaatioihin.
- Varmistetaan suvereeni eurooppalainen tekoäly, joka kiihdyttää myös Suomessa tehtävää tutkimusta, innovaatioita ja osaamista.
- Luodaan strategisia tutkimus-, kehitys-, ja innovaatiokumppanuuksia julkisen ja yksityisen sektorin välillä.
- Vauhditetaan suvereenin tekoälyinfrastruktuurin ja palvelutarjonnan rakentumista strategisilla julkisilla hankinnoilla.

Liitteet



Sanasto

Datakeskus: Fyysinen kokonaisuus, jossa sijaitsee laitteisto (palvelimet, tallennusjärjestelmät, verkot) digitaalisten palveluiden pyörittämiseen. Datakeskukset tarjoavat laskentatehoa, tiedon tallennusta ja verkkoyhteyksiä.

Tietoverkot: Järjestelmät, jotka yhdistävät tietokoneita ja palvelimia toisiinsa mahdollistaen datan siirron. Tekoälyssä verkot ovat keskeisiä datan liikuttamisen kannalta.

Suurteholaskenta (HPC, High Performance Computing): Laskentaympäristöt, joissa tuhannet tai miljoonat laskentayksiköt tekevät työtä rinnakkain. Käytetään muun muassa ilmastomalleissa, tekoälyssä ja tieteellisissä simulaatioissa. Esimerkkinä Kajaanissa sijaitseva LUMI-supertietokone.

Laitteistokerros: Fyysiset laskentaresurssit kuten GPU:t, CPU:t, QPU:t, palvelimet ja datakeskukset.

Ohjelmistokerros: Taso, joka sisältää tekoälyn kehitykseen, mallien hallintaan ja ajamiseen tarvittavat ohjelmistot, kuten koneoppimiskirjastot, kehitysalustat ja käyttöjärjestelmät.

GPU (Graphical Processing Unit): Tekoälysiiru, joka pystyy käsittelemään suuria datamääriä nopeasti rinnakkain. Tekoälyn avainteknologia. GPU:ita käytetään erityisesti suurten mallien kouluttamiseen ja pyörittämiseen niiden erittäin tehokkaan laskentakyvyn vuoksi.

CPU (Central Processing Unit): Tietokoneen yleiskäyttöinen prosessori, joka huolehtii yleisistä tehtävistä ja ohjelmien ajamisesta, hallitsee järjestelmän toimintaa ja sopii hyvin yksittäisiä tehtäviä suorittavaan laskentaan. Hitaampi suurten massalaskujen käsittelyssä verrattuna GPU:hun.

QPU (Quantum Processing Unit): Kvanttilaskennan prosessori, joka ei laske tavallisilla biteillä, vaan kvanttibiteillä. Tämän ansiosta QPU voi ratkaista joitakin erityisen hankalia ongelmia paljon nopeammin kuin perinteiset tietokoneet, mutta teknologia on vielä kehitysvaiheessa.

Kvanttitekniologia: Kvanttitekniologia tarkoittaa teknologiaa, joka hyödyntää kvanttifysiikan ilmiöitä. Sen avulla voidaan rakentaa uudenlaisia laitteita ja järjestelmiä, esimerkiksi kvanttietokoneita, jotka voivat ratkaista joitakin tehtäviä huomattavasti nopeammin tai turvallisemmin kuin perinteiset teknologiat.

Tekoälyn kokonaisarkkitehtuuri (AI stack): Teknologinen kokonaisuus, joka kattaa tekoälyn rakentamisen ja käytön edellytykset: laitteistot, ohjelmistot, mallikehityksen, datan hallinnan ja tekoälysovellukset.

Tekoälyinfrastruktuuri: Kaikki eri teknologiat, joita tekoälyn käyttö edellyttää, kuten palvelimet, sirut (kuten GPU:t), tietoverkot, datakeskukset, ohjelmistot sekä työkalut, joilla malleja koulutetaan ja käytetään.

Tekoälyn arvoketju: Kaikki eri vaiheet, joissa syntyy arvoa tekoälyä luodessa. Se alkaa datasta ja laitteistoista, jatkuu mallien kehittämiseen ja päättyy sovelluksiin, joita ihmiset ja yritykset käyttävät.

Laskentateho: Tietokonejärjestelmän kyky suorittaa laskutoimituksia aikayksikössä. Tekoälyssä laskentateho vaikuttaa suoraan mallien koulutuksen ja käytön nopeuteen.

Tekoälymalli: Algoritmien ja datan muodostama kokonaisuus, joka kykenee suorittamaan älykkäitä tehtäviä, kuten ennustamista, luokittelua tai sisällön tuottamista.

Kielimalli: Tekoälymalli, joka on koulutettu käsittelemään ja tuottamaan luonnollista kieltä. Esimerkiksi ChatGPT on suuren mittakaavan kielimalli.

Generatiivinen tekoäly: Generatiivinen tekoäly on sovellus, joka osaa luoda uutta sisältöä: esimerkiksi tekstiä, kuvia, videoita, ääntä tai koodia. ChatGPT on yksi tunnetuimmista esimerkeistä.

Data: Raakainformaatio, jota tekoälymallit käyttävät oppimiseen ja päätöksentekoon. Data voi olla tekstiä, kuvia, ääntä, numeerisia arvoja tai muita havaintoja.

Sensitiivinen data: Tieto, joka vaatii erityistä suojaa, kuten henkilötiedot, terveystiedot, luottamukselliset asiakirjat ja muut arkaluonteiset tiedot. Vaatii tiukkoja tietoturva- ja tietosuojakäytäntöjä.

Hyperskaalaaja: Hyperskaalaaja tarkoittaa yritystä, joka rakentaa ja pyörittää valtavia datakeskuksia ja tarjoaa niistä pilvipalveluja globaalisti. Esimerkiksi suuret yhdysvaltalaiset toimijat.

Pilvipalvelu: Pilvipalvelussa ohjelmat, tiedostot ja laskentateho eivät ole omalla koneella, vaan niitä käytetään internetin kautta palveluntarjoajan ylläpitämillä palvelimilla. Tämä helpottaa käyttöä, koska käyttäjän ei tarvitse huolehtia omista palvelimista tai ohjelmistojen ylläpidosta, sillä kaikki toimii verkon yli riippumatta siitä, missä käyttäjä on. Pilvipalveluita käytetään mm. datan säilyttämiseen.

Teknologinen suvereniteetti: Kyky kehittää ja hallita kriittisiä teknologioita ilman kohtuutonta riippuvuutta ulkopuolisista toimijoista.

Innovaatioekosysteemi: Toimijoiden (eri kokoiset yritykset, tutkimuslaitokset, julkisen sektori) muodostama kokonaisuus, joka yhdessä edistää uuden teknologian kehitystä, käyttöönottoa ja kaupallistamista.

Teknologiakatsaus, Sitra 24.3.2026

Kirjoittajat: Lauri Korvenmaa, Laura Halenius, Heikki Aura

Taitto: Miltton Oy

Tämä Teknologiakatsaus perustuu Boston Consulting Groupin Sitralle tuottamaan taustaraporttiin (2025) sekä Sitran asiantuntijoiden työhön. BCG:n taustaraportti tehtiin EU:n tekoälyn gigatehtaan ekosysteemivaikutusten arviointia varten.

Työ on osa Sitran Kasvua kriittisistä teknologioista -projektia, jonka tavoitteena on vauhdittaa Suomen talouskasvua ja vientiä sekä tukea yhteiskuntamme innovaatiokykyä ja resilienssiä. Autamme Suomea kotiuttamaan kansainvälisiä investointeja ja rakentamaan kasvua tuottavaa ekosysteemiä yhdessä sidosryhmiemme kanssa.



**TEKOJA
TULEVAI-
SUUDELLE**