

TULEVAISUUDEN MURROSTEKNOLOGIAT:

Kasvua ja resilienssiä kriittisistä teknologioista

Ella Palo

Asiantuntija, Kriittiset teknologiat, Sitra



Sitra pähkinän- kuoressa

1 Tehtävämme on vahvistaa hyvinvointia ja talouden kasvua luonnon kantokyvyn rajoissa.

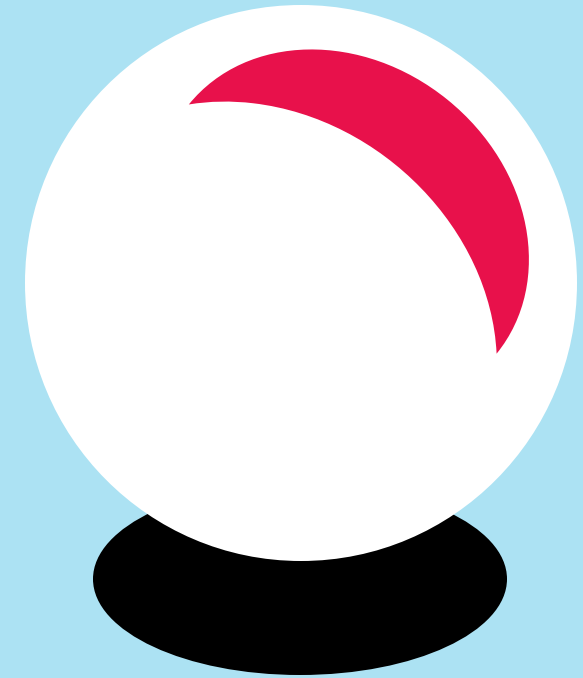
2 Ennakoimme tulevaa ja vahvistamme tulevaisuusajattelua.

3 Etsimme uusia ratkaisuja ja tuemme yhteiskunnallisia innovaatioita yhdessä kumppanien kanssa.



Miksi jotkut teknologiat ovat kriittisiä?

**Monikriisien ajassa luottamus
sääntöpohjaiseen maailmanjärjestykseen
horjuu ja teknologia kietoutuu yhä
vahvemmin politiikkaan.**



Mikä muutosta ohjaa EU:ssa?

Nykyhetken työntö

Geopoliittiset jännitteet johtavat EU:n kumppanuuksien uudelleen arviointiin

Globaalit teknologiakilvat kiihtyvät ja Eurooppa hakee omaa paikkaansa Kiinan ja Yhdysvaltojen välissä

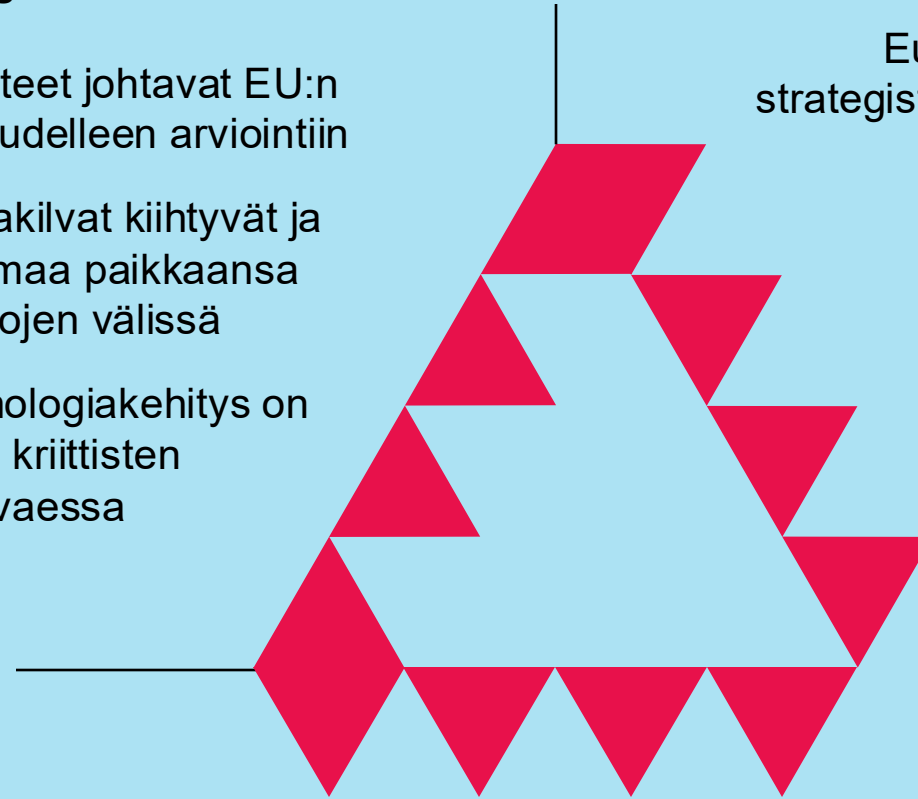
Arvopohjainen teknologiakehitys on yhä haastavampaa kriittisten riippuvuuksien kasvaessa

Tulevaisuuden imu

Eurooppa pyrkii kasvattamaan strategista autonomiaa ja digitaalisen infrastruktuurin resilienssiä

Uudet kumppanuudet ja ”keskivaltojen” liittoumat muuttavat kansainvälistä yhteistyötä

Kestävyys, resurssien saatavuus ja energiankäyttö



Menneisyyden paino

Teknologioiden ja digitaalisten infrastruktuurien ulkoistaminen on luonut EU:lle strategisia riippuvuuksia

The futures triangle, Inayatullah 2008.

Kriittiset teknologiat

Euroopan komissio on tunnistanut kymmenen kriittistä teknologia-alueita, jotka ovat keskeisiä strategisten intressien sekä taloudellisen turvallisuuden kannalta.

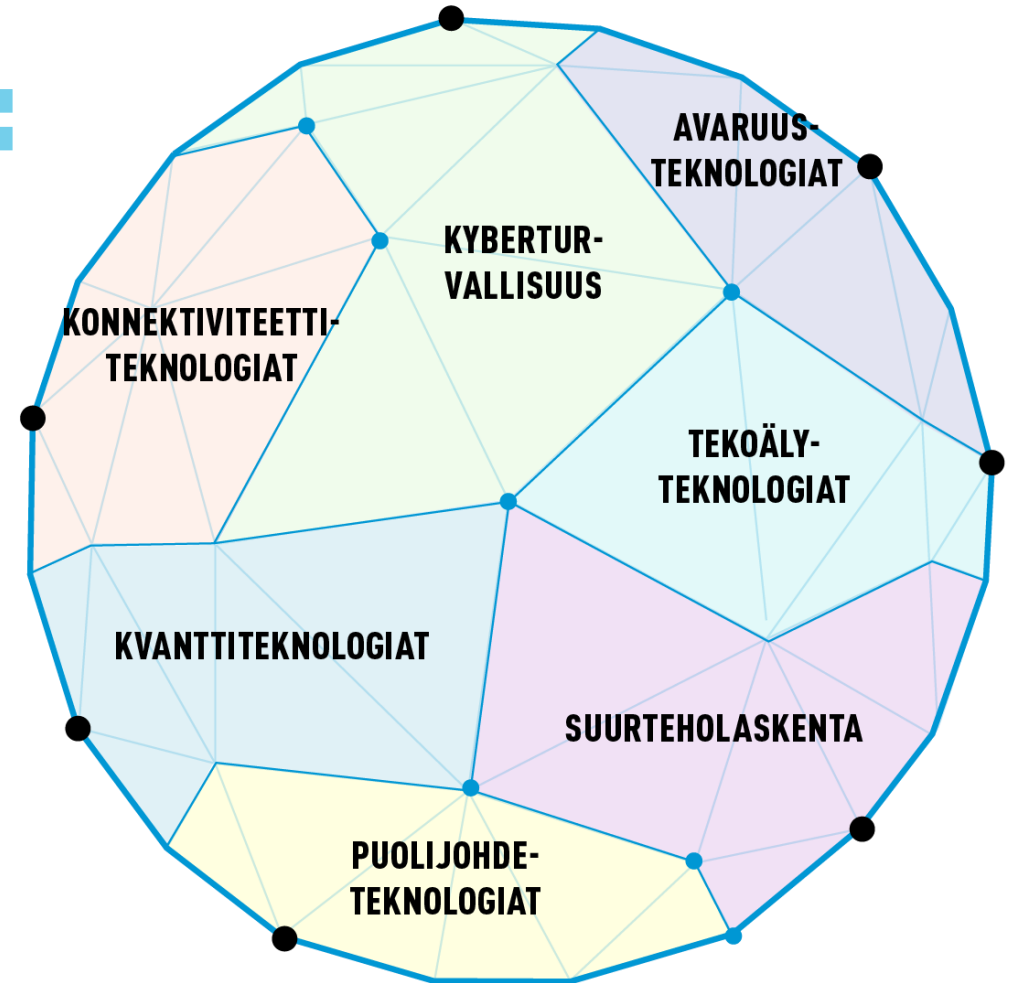
1. **Edistyneet puolijohteet:** Mikroelektroniikka, fotonikka, korkean taajuuden sirut ja puolijohteiden valmistuslaitteet.
2. **Tekoäly:** Suurteholaskenta, pilvi- ja reunalaskenta, data-analytiikka, konenäkö ja kielten prosessointi.
3. **Kvanttitekniologiat:** Kvanttilaskenta, kryptografia, kvanttiviestintä ja kvanttisensorit.
4. **Bioteknologiat:** Geenimuuntelu, uudet genomiikkatekniikat, geeniohjaus (gene drive) ja synteettinen biologia.
5. **Edistynyt konnektiviteetti:** 6G, kyberturvallisuus, esineiden internet (IoT), virtuaalitodellisuus, digitaalinen identiteetti ja paikannus.
6. **Edistynyt sensorointi:** Elektro-optiset, tutka-, kemialliset, biologiset ja vedenalaiset sensorit.
7. **Avaruus- ja työntövoimateknologiat:** Avaruuden valvonta, paikannus ja ajanmääritys (PNT), suojattu viestintä ja hypersoniset teknologiat.
8. **Energiateknologiat:** Ydinfuusio, vetyteknologia, nettonollateknologiat, älykkäät verkot ja energian varastointi.
9. **Robottiikka ja autonomiset järjestelmät:** tekoälyohjatut dronit, eksoskeletoinit ja robottiohjatut tarkkuusjärjestelmät
10. **Edistyneet materiaalit ja valmistus:** Nanomateriaalit, 3D-tulostus ja kriittisten raaka-aineiden kierrätys

Suomen vahvuudet: Kriittinen ydin

Kriittinen ydin (critical core) koostuu Suomen kannalta strategisista digitaalisista teknologia-alueista, jotka ovat olennaisia Euroopan kilpailukyvyn, taloudellisen kestävyuden ja turvallisuuden kannalta.

Vahvistamalla ja yhdenmukaistamalla näitä osalualueita Suomi ja Eurooppa voivat vähentää ulkoisia riippuvuuksia ja vahvistaa asemaansa globaaleilla markkinoilla.

Lähde: Critical Digital Tech From Finland, 2025



Kriittinen teknologia vai murrosteknologia?

Murrokselliset teknologiat, kuten kvanttitekniologia tai tekoäly, ovat teknologioita, ”joiden piiristä ennakoitaan syntyvän laajoja taloudellisia, yhteiskunnallisia tai jopa kansainvälispoliittisia muutoksia aikaansaavia innovaatioita.

Kriittiset teknologiat voivat olla tai olla olematta murroksellisia teknologioita nyt tai tulevaisuudessa, tai ne saattoivat olla sellaisia markkinoille tullessaan.”

Lähde: Murrokselliset teknologiat, Ulkopoliittinen instituutti, 2024

Murrosteknologioiden vaikutukset arkeen ja talouteen voimistuvat

Murrosteknologioiden, kuten tekoälyn, kvanttitekniikan tai tietoliikennetekniikan, vaikutukset ulottuvat markkinoihin, tavarantuotannon ja palvelujen arvoketjuihin, instituutioihin ja sääntelyyn.

Miten teknologia voi palvella myös ihmisten ja luonnon hyvinvointia?






MEGA-
TRENDI-
KORTIT

SITRA

”Kestävyyssiirtymä ja uuden teknologian käyttöönotto edellyttävät kriittisiä materiaaleja, infrastruktuuria ja osaamista”

Sitran megatrendit, 2026

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.

Teknologiariippuvuuden riskejä



1. Kustannusten nousu

Hinnat voivat nousta pitkällä aikavälillä jyrkästi, kun vaihtoehtojen vähäisyyden takia aito kilpailu vähenee.

2. Heikentynyt neuvotteluvoima

Rajoitetut mahdollisuudet neuvotella tai monipuolistaa ratkaisuja.



3. Strateginen haavoittuvuus

Julkisen sektorin kriittinen digitaalinen infrastruktuuri on riippuvainen muutamasta EU:n ulkopuolisesta toimijasta.

4. Datan suvereniteetti

Arkaluonteinen kansallinen data, kuten esimerkiksi vaalidata, voi joutua toisen maan haltuun.



5. Vähemmän innovaatioita:

Liiallinen riippuvuus yhdestä ekosysteemistä vähentää joustavuutta ottaa käyttöön uusia, parhaita teknologioita.

Menestys tekoälyssä edellyttää investointeja eurooppalaiseen infrastruktuuriin

Suvereenin laskenta- ja palveluinfrastruktuurin rakentaminen on välttämätöntä, jotta Eurooppa voi säilyttää asemansa tekoälyn globaalissa arvoketjussa ja vaikuttaa teknologisen kehityksen suuntaan.

Miten luodaan luotettavaa suomalaista ja eurooppalaista teknologiaa?

- **Teknologinen suvereniteetti:** Kyky kehittää ja hallita kriittisiä teknologioita ilman kohtuutonta riippuvuutta ulkopuolisista toimijoista
- **Avoin strateginen autonomia:** Tasapainon löytäminen teknologisen omavaraisuuden ja globaalin yhteistyön välillä
- **Taloudellinen turvallisuus:** EU:n teollisen perustan suojaaminen ja ulkoisten riippuvuuksien vähentäminen
- **Turvallisuus ja puolustus:** Kriittisten teknologioiden kaksoiskäyttöluonteen tunnistaminen sekä kasvavat investoinnit kyvykkyyksiin, jotka vahvistavat sekä taloudellista että sotilaallista resilienssiä

EU to build AI gigafactories in €20bn push to catch up with US and China

Up to five sites with power-hungry supercomputers and datacentres planned to drive AI 'moonshots'

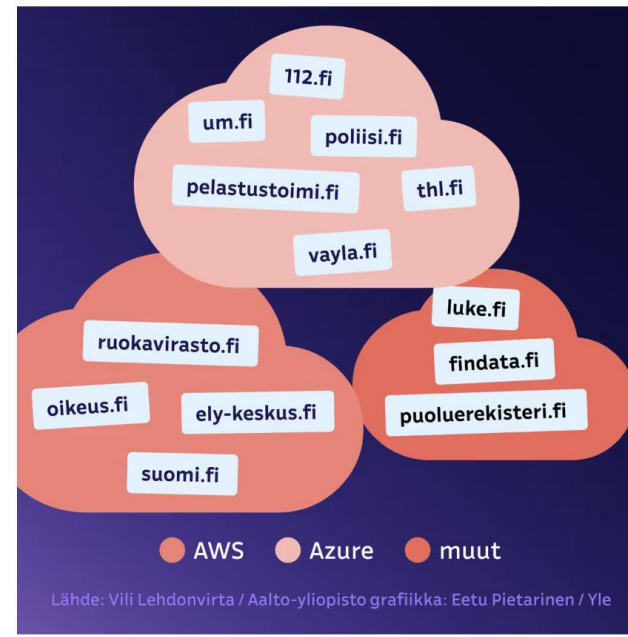
● [Europe live - latest updates](#)



📷 The Lumi supercomputer in Finland. The best-performing AI factories have supercomputers equipped with up to 25,000 advanced AI processors. Photograph: CSC

Eurooppa on ryhtynyt pyristelemään irti USA:n teknologiajäteistä – mitä tekee Suomi?

Lähes puolet julkisen sektorin digipalveluista on yhden ainoan yhdysvaltalaisen pilvijätin datakeskuksissa, selviää tuoreesta tutkimuksesta.

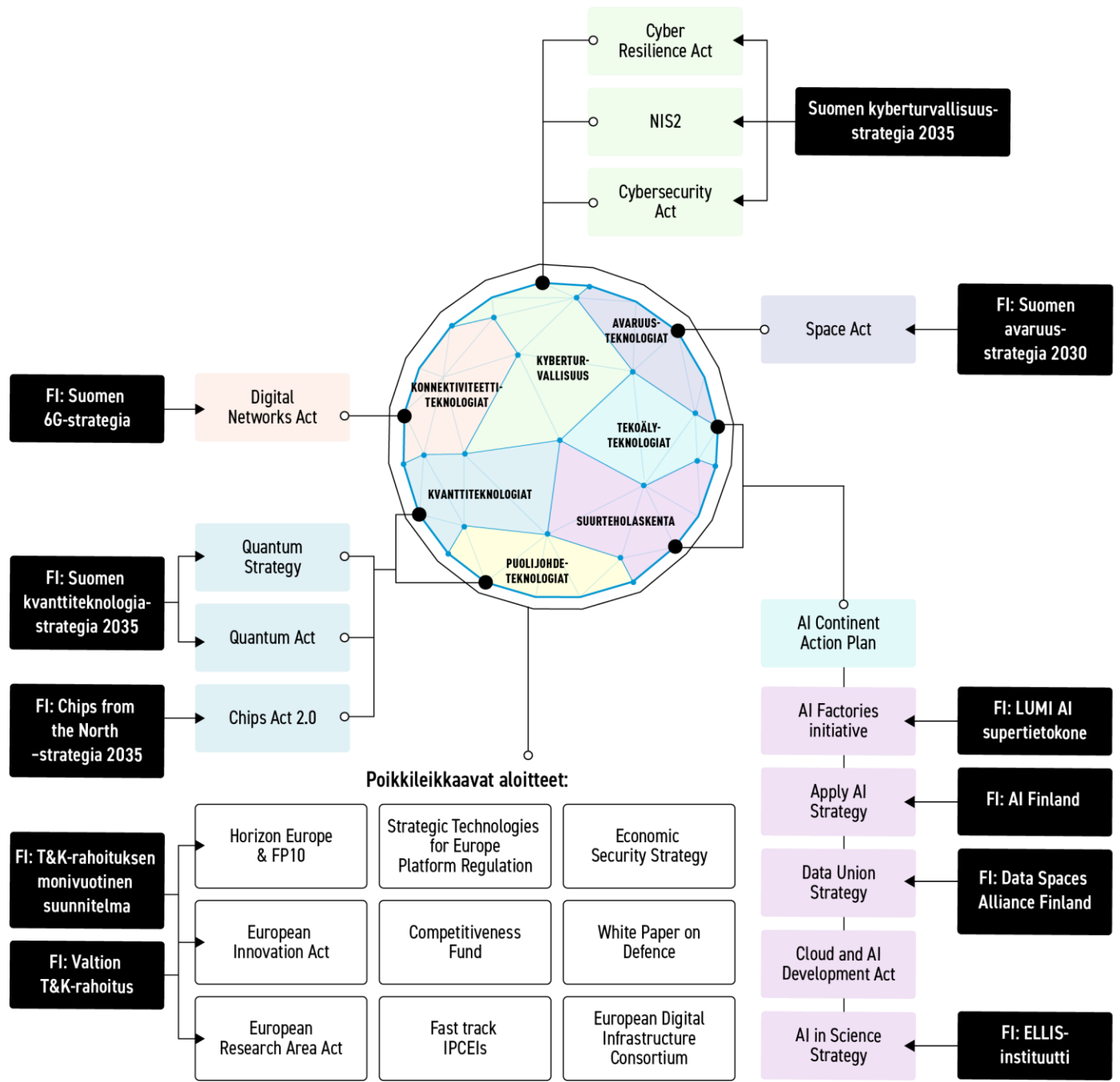


Digieuro irrottaa Visan ja Mastercardin otetta korttimaksamisesta

Digitaalinen euro tarjoaa kolmen vuoden päästä kuluttajille sähköisen keskuspankkirahan. Digieuro vähentää riippuvuutta amerikkalaisista korttimaksujäteistä.



Kuva: Eetu-Mikko Pietarinen / Yle



Aloitteita Suomesta ja EU:sta

EU pyrkii vähentämään strategisia riippuvuuksia säilyttäen samalla asemansa globaalina talousmahtina useiden poliittisten aloitteiden avulla.

Myös Suomi on kehittänyt omia strategisia aloitteitaan täydentämään ja vahvistamaan EU:n toimia.

Suomen vahvuudet EU:n tukena

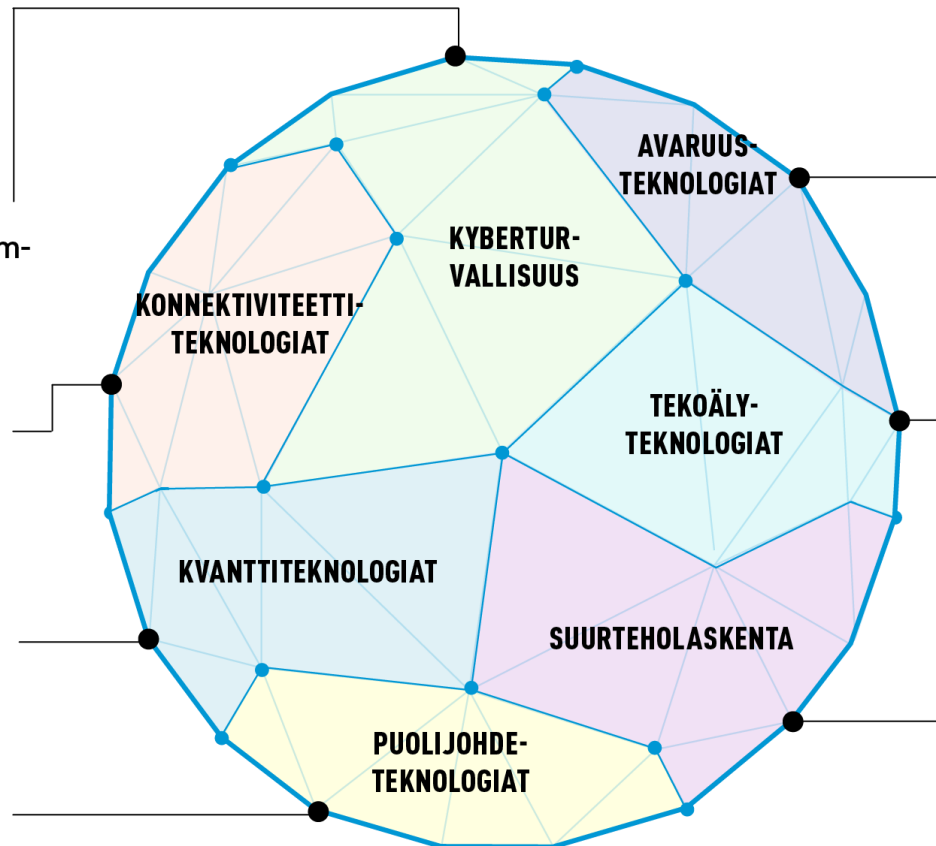
Suomi vahvistaa Euroopan resilienssiä ja kilpailukykyä useilla kriittisten digitaalisten teknologioiden aloilla. Suomen vahva painotus teknologian luotettavuuteen ja kestävyYTEEN tukee Euroopan kykyä kehittää luotettavia ja kilpailukykyisiä digitaalisia ratkaisuja.

Ainutlaatuista kyvykkyyttä kvanttiturvatussa salauksessa, turvallisten tietoyhteyksien rakentamisessa sekä tekoälyohjatussa riskientorjunnassa.

Johtava maa 6G-kehityksessä, vahvuudet langattomien yhteyksien tutkimuksessa järeunalaskennassa sekä Nokia globaalin telekommunikaatioinnovaation edistäjänä.

Johtava kvanttilaskennan keskustoimija teollisella pilottilinjalla, klassisen laskennan ja kvanttilaskennan integraatio, suprajohdattavien sirujen T&K.

Globaali johtajuus edistyneissä materiaaleissa. Prosessiteknologiat, MEMS, muotoilu ja fotonikka viidessä EU pilottilinjassa.








Nopeasti kasvava avaruus-sektori, vahva satelliitti-osaaminen, innovatiiviset startupit, avainasema EU:ssa.

Korkean tason tutkimus, tiivis startup-ekosysteemi, johtajuus sovelletussa tekoälyssä sekä eettisissä toimintamalleissa.

LUMI supertietokone ja tekoälytehdas vahvalla datan, suurteholaskennan ja kvanttitekniologian integraatiolla.

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 kvanttitieteiden strategia 2025–2035 1. Kumulatiivinen, perustuu TEM-raporttiin; 2. Perustuu TEM-raporttiin

Suomen pääkaupunkiseutu EU:n paras ja globaalisti #2 kvanttikeskittymä

Toiseksi paras heti Cambridgen jälkeen, edellä sekä Oxfordia että Piilaaksoa.

Yhdistää akateemisen huippuosaamisen (Aalto, VTT) ja keskittyneen, huipputasoisen startup-kentän.

Sija	Kvantti-klusteri	Maa	Alue	Markkina-orientoituneisuus	Yhteistyön intensiteetti	Eko-systeemin kypsyy
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

Innovaatiot eri aloilla vauhdittavat toisiaan

Kriittisiä teknologioita ei kannata tarkastella vain yksittäisinä sektoreina.

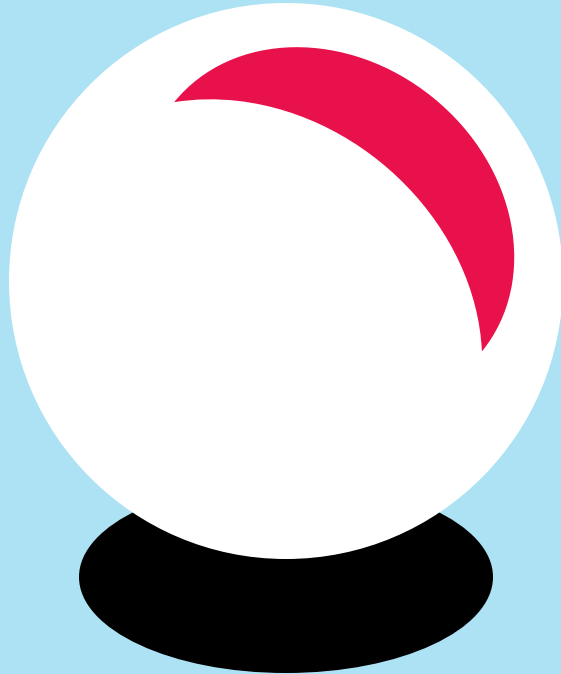
Teknologinen konvergenssi kuvaa tilaa, jossa eri teknologiat muodostavat uusia teknologisia sovelluksia ja kiihdyttävät toistensa kehitystä. Suomessa esimerkiksi LUMI AI Factory kytkee suurteholaskennan yhteen sekä tekoälyn ja kvanttitekologian kanssa.

Konvergenssin huomiointi on olennaista erityisesti teknologiaennakoinnissa sekä vaikutustenarvioinnissa.

Konvergenssin lisäksi teknologiakehityksen kestävyys ja teknologian sosiaalisten vaikutusten arviointi on keskeistä.

Enables/depends on	AI	HPC	Semi-conductors	Quantum
AI	-	Requires large-scale training on super-computers	Drives demand for specialised chips	Supplies error-mitigation and optimisation algorithms for quantum devices
HPC	Accelerates AI model training and inference	--	Depends on cutting-edge semi-conductor nodes	Performs quantum-system simulation and error-correction workloads
Semi-conductors	Supplies AI-specific chip designs	Provides high-bandwidth memory for super-computers	---	Enables control electronics that operate at cryogenic temperatures for quantum chips
Quantum	Works with AI to solve complex optimisation tasks	Uses HPC clusters for quantum-circuit simulation	Relies on ultra-pure semi-conductor fabrication lines	--

Lähde: Teknologinen konvergenssi, Sitra, 2025



Miltä teknologiaennakointi näyttää omassa organisaatiossasi?

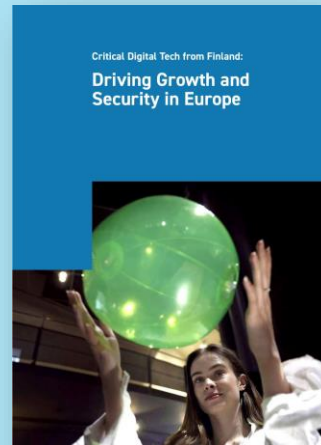
On mahdotonta täysin ennustaa tulevaa, mutta teknologiaennakointi tarjoaa keinoja ymmärtää mahdollisia kehityskulkuja ja varautua niihin.

Suomella on selkeitä vahvuuksia kriittisten teknologioiden aloilla, mutta tarvitsemme vahvempaa yhteistyötä sekä teknologiaennakointia strategisten päätöksien tueksi niin EU:n, Suomen kuin kuntien ja kaupunkien tasolla.

Tutustu Sitran julkaisuihin



Megatrendit 2026



Critical Digital Tech from Finland



Technological convergence



Maailmanpolitiikan dynamiikka murroksessa



Mistä kasvua tekoälyn aikakaudella?

Kiitos





**TEKOJA
TULEVAI-
SUUDELLE**