Eduskunnan tulevaisuusvaliokunta

Asia: O 9/2023 vp Tulevaisuusvaliokunnan selvityshankkeet 2023 – 2027

Kiitän mahdollisuudesta lausua siitä, miten Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy (VTT) ennakoi teknologian tulevaisuutta.

VTT:llä on pitkä historia teknologian ennakoinnin alalla. Teknologioihin ja innovaatioihin keskittyvä tutkimusyksikkömme on jo vuosikymmenten ajan tehnyt kansainvälisesti korkeatasoista ennakointitutkimusta, joka on ollut laajasti sovellettavissa niin julkisella kuin yksityiselläkin sektorilla.

Teknologiaennakointi on keskeinen osa VTT:n lakisääteistä tehtävää. Laki VTT:stä velvoittaa tutkimuslaitoksen harjoittamaan soveltavan tutkimuksen lisäksi teknologioihin ”liittyvää ennakointitoimintaa”[1]. Teknologinen toimintaympäristömme on yhä kompleksisempi ja nopeammin muuttuva, minkä vuoksi ennakoinnin merkitys on entisestään korostunut.

Tässä lausunnossa keskityn siihen, miten VTT ennakoi teknologian tulevaisuutta. Tiivistän esityksessäni viimeaikaisia VTT:n julkisia ennakointitutkimuksia havainnollistaakseni yksikön toimintaa ja tutkimusotetta.

Teknologiaennakointia yhdessä teknologiaosaajien kanssa

VTT:n ennakointityön ytimessä on tiivis yhteistyö teknologiaa kehittävien tutkijoiden kanssa. Asiantuntijatieto on, ja tulee jatkossakin olemaan, keskeisessä roolissa teknologisen muutoksen ennakoinnissa. VTT:n ennakointitutkimuksen vahvuutena on mahdollisuus tehdä työtä rinnakkain tulevaisuuden teknologioita kehittävien asiantuntijoiden kanssa. Tämä yhteistyö on keskeinen tekijä VTT:n korkeatasoisen ennakoinnin taustalla.

Esimerkkinä yhteistyöstä teknologia-asiantuntijoiden kanssa nostan esiin solumaatalouden kehittymistä käsitelleen ennakointitutkimuksen, joka julkaistiin aiemmin tänä vuonna. Tutkimus toteutettiin vaiheittain: ensin kartoitettiin alan nykytila, sitten järjestettiin työpajoja eri sidosryhmien kanssa, ja lopuksi tunnistettiin yhteisiä muutospolkuja. Näiden pohjalta määriteltiin askelmerkit tulevaisuuteen, jossa solumaatalous on integroitu osaksi Suomen ruokajärjestelmää[2]. Työn keskeinen vahvuus oli mahdollisuus tehdä kiinteää yhteistyötä solumaatalouden tutkijoiden kanssa.

Toisena esimerkkinä esitän kvanttilaskennan tulevaisuusvaikutuksia käsitelleen ennakointitutkimuksen. Yhteistyössä teknologiaosaajien kanssa tuotettiin käytännönläheinen opas, joka perustui analyysiin niistä toimialoista, joihin kvanttilaskennan arvioitiin vaikuttavan

[1] FINLEX (2014) Laki Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy -nimisestä osakeyhtiöstä. https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/saadoskokoelma/2014/761
[2] Seisto, A., Ritala, A., Suominen, A., et al. (2025). *Kestävää kasvua solumaatalouden arvoketjuista: Toimenpidesuunnitelma Suomelle*. VTT Technical Research Centre of Finland. https://cris.vtt.fi/en/publications/kest%C3%A4v%C3%A4%C3%A4-kasvua-solumaatalouden-arvoketjuista-toimenpidesuunnitel

voimakkaimmin. Ennakointimenetelmänä käytettiin teknologia- ja liiketoimintaskenaarioita, joiden avulla yrityksiä ja julkisia organisaatioita tuettiin valmistautumaan kvanttiteknologian käyttöönottoon (Wallin et al. 2025)[3]. Tässä esimerkissä VTT:n ennakointi nojasi tutkimuslaitoksen syvälliseen kvanttiteknologian osaamiseen, mutta toi yhteen myös elinkeinoelämän toimijoita. Tavoitteena oli tuottaa konkreettista ja liiketoimintarelevanttia ennakointia, joka tukee suomalaisten yritysten teknologian käyttöönottoa.

VTT:n teknologiaennakoinnille on ominaista myös se, että teknologinen muutos ymmärretään osaksi yhteiskunnallista kehitystä, ei siitä irrallisena ilmiönä. Tästä on esimerkkinä VTT:n tutkimus tulevaisuuden kuluttajista. Yhteistyössä logistiikkapalveluita tarjoavan pk-yrityksen kanssa toteutettiin hanke viimeisen mailin logistiikasta. Ennakoinnin tavoitteena oli arvioida teknologian hyväksyttävyyttä ja käyttöä tulevaisuudessa. Työ toteutettiin kvantitatiivisen kyselyn avulla, jonka pohjalta kehitettiin kaksi uutta palvelukonseptia. Näitä arvioitiin ja kehitettiin edelleen fokusryhmätyöskentelyn avulla (Komonen 2024)[4].

Drone-teknologian tulevaisuutta puolestaan tarkasteltiin laajoilla kyselyillä ja fokusryhmillä, joita toteutettiin sekä ennen pandemiaa että sen jälkeen. Ennakointimenetelminä käytettiin KAP-mallia (tieto, asenne, käytäntö) sekä luottamusteoriaa. Tavoitteena oli ymmärtää teknologian käyttöönoton esteitä ja rakentaa sidosryhmäperustaista näkemystä teknologian julkisen hyväksyttävyyden ehdoista (Oksman et al. 2024)[5].

Laadulliset menetelmät VTT:n ennakointityössä

Historiallisesti VTT:n ennakointityö on nojannut vahvasti laadullisiin menetelmiin: asiantuntijahaastatteluihin, skenaarioihin, ennakointityöpajoihin ja yhteiskehittämiseen. Nämä menetelmät ovat edelleen keskeinen osa VTT:n tutkimusotetta. Esimerkkinä mainittakoon kaupunkien kestävyysjohtamista käsitellyt ennakointitutkimus, jossa yhdistettiin dokumenttiaineisto, työpajat ja asiantuntijahaastattelut. Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa transformaatio-kyvykkyyksiä, kuten strateginen reflektiivisyys ja kyky mitata kestävyyttä erilaisissa kaupunkien tulevaisuuskuvissa (Bhatia et al. 2023)[6].

VTT tutkii myös yritysten ennakointikyvykkyyksiä tavoitteenaan vahvistaa suomalaisen elinkeinoelämän kykyä analysoida ja hyödyntää tulevaisuustietoa. Laajassa yritysennakointia käsittelevässä tutkimuksessa ennakointi liitettiin osaksi strategista johtamista ja organisaatiokäytäntöjä. Tutkimuksessa hyödynnettiin ennakoivia haastatteluja, esikyselyä ja työpajoja, joiden pohjalta tunnistettiin neljä erilaista yritysennakoinnin toimintamallia. Tulokset osoittivat, kuinka organisaatiorakenne vaikuttaa ennakoinnin legitimiteettiin ja tehokkuuteen, tarjoten samalla konkreettisia työkaluja yritysten omaan strategiseen ennakointiin (Pihlajamaa et al. 2025)[7].

---

[3] Wallin, A., Apilo, T., Nurmi, O., Nuutinen, M., & Kotovirta, V. (2025). Kvanttilaskenta: Käytännön matkaopas tulevaisuuteen. VTT Technical Research Centre of Finland. https://cris.vtt.fi/en/publications/kvanttilaskenta-k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6n-matkaopas-tulevaisuuteen

[4] Komonen, P. (2024). Exploring access-based consumption in last-mile logistics: A customer foresight study. Foresight, 26(3), 393–404. https://cris.vtt.fi/en/publications/exploring-access-based-consumption-in-last-mile-logistics-a-custo

[5] Oksman, V., Kulju, M., & Kramar, V. (2024). Exploring the Factors Influencing Public Acceptance and Intention to Use Automated Drone Delivery Systems: A Trust Theory Approach. In Proceedings of the 43rd AIAA DATC/IEEE Digital Avionics Systems Conference (DASC 2024). IEEE. https://cris.vtt.fi/en/publications/exploring-the-factors-influencing-public-acceptance-and-intention

[6] Bhatia, R., Pihlajamaa, M., Hyytinen, K., & Jäntti, A. (2025). Capabilities for transformative sustainability management in cities. Public Management Review, 27(4), 1179-1203. Capabilities_for_transformative_sustainability_management_in_cities.pdf

[7] Pihlajamaa, M., Komonen, P., Huuhanmäki, J., & Kurki, S. (2025). Four archetypes of organizing corporate foresight at the intermediate maturity stage. *Technological Forecasting and Social Change*, 215, 124117. https://cris.vtt.fi/en/publications/four-archetypes-of-organizing-corporate-foresight-at-the-intermed

Sen lisäksi, että VTT vahvistaa sidosryhmiensä, kuten yritysten, valmiuksia ennakointiin, tutkimuslaitos panostaa myös ennakoinnin laadulliseen menetelmäkehitykseen ja vaikuttavuuden arviointiin. Tästä on esimerkkinä Futures Frequency-menetelmän arviointitutkimus, jossa hyödynnettiin kehittävää arviointia, osallistavia foorumeita ja monimenetelmäistä aineistonkeruuta. Ennakoinnin kohteena oli menetelmän vaikutus yksilöiden ja yhteisöjen tulevaisuusajatteluun. Tulokset osoittivat, että menetelmä vahvisti kykyä hahmottaa vaihtoehtoisia tulevaisuuksia ja toimia niiden suuntaisesti (Halonen et al. 2024)[8].

Panostus dataohjautuvaan ennakointiin

2010-luvun alusta alkaen VTT on kehittänyt systemaattisesti data-analytiikkaan perustuvia ennakointimenetelmiä, kuten luonnollisen kielen analyysiä, verkkodatan louhintaa, koneoppimista sekä laajojen kielimallien käyttöä. VTT:llä on tehty tekoälyyn perustuvaa ennakointitutkimusta merkittävästi jo ennen nykyistä kiinnostusta tekoälyyn ja kielimalleihin. Dataohjautuvasta ennakoinnista voidaan nostaa esiin useita esimerkkejä.

Yhtenä varhaisena esimerkkinä mainittakoon 2010-luvun alussa toteutettu tutkimus, jossa hyödynnettiin patenttidataa (~160 000 patenttia) ja Latent Dirichlet Allocation -menetelmää (ohjaamaton oppiminen) ICT-yritysten teknologiastrategioiden ennakointiin. Tämän avulla mallinnettiin yritysten osaamistarpeiden muutoksia ja markkinapositioiden siirtymiä (Suominen et al. 2017)[9].

Toisena esimerkkinä nostan esiin tutkimuksen, jossa analysoitiin tekoälyosaamiseen liittyviä työpaikkailmoituksia. Tutkimuksessa käytettiin kolmiportaista luokitusta ja tekoälyyn liittyvää osaamissanastoa, ja analyysi kohdistui yli 480 000 ilmoitukseen vuosilta 2013–2020. Tavoitteena oli ennakoida tekoälyosaamisen kysynnän kehitystä eri sektoreilla luonnollisen kielen analyysin keinoin (Bäck et al. 2021)[10].

VTT:n ennakoinnissa dataa ja tekoälyä hyödynnetään laajasti. Analysoimme aktiivisesti tiedejulkaisu-, patentti- ja uutisaineistoja käyttäen monipuolisia luonnollisen kielen analyysin, koneoppimisen ja laajojen kielimallien menetelmiä. Lisäksi kehitämme omia ennakointiaineistoja, joiden avulla voidaan mallintaa teknologista muutosta yhä yksityiskohtaisemmin. Hyvä esimerkki tästä on eurooppalaisen konsortion kanssa toteutettu hanke, jossa VTT:n tutkijat kehittivät menetelmän verkkolouhia ~96 000 eurooppalaisen yrityksen verkkosivuilta tietoa näiden tuotteista, strategioista ja yhteistyökumppaneista (Ashouri et al. 2022)[11]. Tuloksena saatiin ainutlaatuinen aineisto, jonka avulla voidaan mallintaa teknologista muutosta yritystasolla. Tämän aineiston pohjalta on jo julkaistu tutkimus, jossa analysoitiin yritysten digitalisaatiokehitystä verkkosivudatasta johdetun mittarin avulla (Ashouri et al. 2024)[12].

VTT:n tulevaisuuden ennakointityössä keskeinen painopiste on suurten kielimallien ja asiantuntijatyön yhä tiiviimpi yhdistäminen. Tavoitteena on toteuttaa ennakointia siten, että data-

[8] Halonen, M., Hyytinen, K., & Kurki, S. (2024). Evaluation of Futures Frequency method: Approach and main results. *New Directions for Evaluation*, 2024(182), 13–29. https://cris.vtt.fi/en/publications/evaluation-of-futures-frequency-method-approach-and-main-results
[9] Suominen, A., Toivanen, H., & Seppänen, M. (2017). Firms' knowledge profiles: Mapping patent data with unsupervised learning. Technological Forecasting and Social Change, 115, 131–142. https://cris.vtt.fi/en/publications/firms-knowledge-profiles-mapping-patent-data-with-unsupervised-le
[10] Bäck, A., Hajikhani, A., & Suominen, A. (2021). Text mining on job advertisement data: Systematic process for detecting artificial intelligence related jobs. In CEUR Workshop Proceedings (Vol. 2871, pp. 111–124). https://cris.vtt.fi/en/publications/text-mining-on-job-advertisement-data-systematic-process-for-dete
[11] Ashouri, S., Suominen, A., Hajikhani, A., et al. (2022). Indicators on firm level innovation activities from web scraped data. Data in brief, 42, 108246. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340922004486
[12] Ashouri, S., Hajikhani, A., Suominen, A., et al. (2024). Measuring digitalization at scale using web scraped data. Technological Forecasting and Social Change, 207, 123618. https://cris.vtt.fi/en/publications/measuring-digitalization-at-scale-using-web-scraped-data

analyysi tukee ja täydentää asiantuntijoiden työtä vuorovaikutteisesti. Esimerkkinä tästä nostan esiin Hajikhani & Cole (2024)[13] -tutkimuksen, jossa hyödynnettiin kielimallia yritysten kestävyystavoitteisiin (SDG-teemat) liittyvän viestinnän mallintamiseen tekstiaineistosta.

VTT:n ennakointityön hyödyntäminen päätöksenteon tukena

VTT:n tuottama ennakointitieto palvelee useita kohderyhmiä: VTT:n omaa strategiatyötä, yritysten innovaatioprosesseja ja julkishallinnon päätöksentekoa. Merkittävä osa tutkimuksesta on laaja-alaista, eri sidosryhmiä palvelevaa ennakointityötä.

Yhtenä esimerkkinä voidaan mainita Business Finlandille toteutettu Suomea ja Japania vertaillut Delphi-tutkimus. Siinä yhdistettiin määrällinen tutkimusaineisto ja laaja asiantuntijapaneeli, joiden avulla arvioitiin Suomen T&K-kyvykkyyksiä suhteessa globaaleihin, erityisesti Japanin, teknologiatrendeihin ja osaamisiin. Ennakointimenetelmänä käytettiin systemaattista väittämärakennetta ja asiantuntijavastausten vertaamista indikaattoritietoihin (Suominen et al. 2022)[14].

Ennakoinnin tehtävänä on myös tukea keskustelua teknologian yhteiskunnallisista vaikutuksista ja tarjota tietopohjaa tulevaisuuteen suuntautuvalle päätöksenteolle. Esimerkiksi tekoälyn yhteiskunnallisia vaikutuksia tarkasteltiin eettisen ennakoinnin lähestymistavalla, jossa hyödynnettiin horisonttiskannausta, skenaarioiden rakentamista ja eettisten ulottuvuuksien analyysiä. Sovellusalueina olivat erityisesti sosiaali- ja terveyspalvelut sekä julkinen sääntely (Gotcheva & Wessberg 2024)[15].

VTT:n ennakointitutkimuksella on myös suoraa yhteyttä poliittiseen päätöksentekoon. Esimerkiksi tutkimuksessa, jossa käsiteltiin immateriaalioikeuksien kehittämisen esteitä, käytettiin kyselyaineistoa ja analysoitiin rakenteellisia ja kulttuurisia haasteita tutkimusorganisaatioiden IPR-toiminnassa. Ennakointinäkökulmana oli tunnistaa, miten organisaatiorakenteet ja toimintakulttuurin jännitteet vaikuttavat valmiuteen muuttaa toimintatapoja (Suominen & Deschryvere 2024). Hanke tuki osaltaan Suomen kansallisen IPR-strategian uudistamista. VTT toteuttaa myös lukuisia ennakointihankkeita Euroopan komissiolle, muun muassa komission ennakointiin keskittyvän puitesopimuksen kautta[16].

Lisäksi VTT tekee suoria ennakointitoimeksiantoja yrityksille. Näissä painopisteenä on yrityksen teknologisen toimintaympäristön muutoksen analysointi. Tavoitteena on tukea strategia- ja T&K-toimintaa sekä parantaa valmiuksia ottaa käyttöön uusia teknologioita. Esimerkiksi KONE Oyj:lle toteutetussa teknologiaennakointiprojektissa VTT:n työ on johtanut useisiin uusiin T&K-hankkeisiin yrityksen sisällä[17].

---

[13] Hajikhani, A., & Cole, C. (2024). A critical review of large language models: Sensitivity, bias, and the path toward specialized AI. Quantitative Science Studies, 5(3), 736–756. https://cris.vtt.fi/en/publications/a-critical-review-of-large-language-models-sensitivity-bias-and-t

[14] Suominen, A., Hajikhani, A., Ahola, A., et al. (2022). A quantitative and qualitative approach on the evaluation of technological pathways: A comparative national-scale Delphi study. Futures, 140, 102967. https://cris.vtt.fi/en/publications/a-quantitative-and-qualitative-approach-on-the-evaluation-of-tech

[15] Gotcheva, N., & Wessberg, N. (2024). Ethical foresight approach for anticipating societal impacts of AI technologies. In Handbook of Services and Artificial Intelligence (pp. 296–307). Edward Elgar Publishing. https://cris.vtt.fi/en/publications/ethical-foresight-approach-for-anticipating-societal-impacts-of-a

[16] VTT on mukana Euroopan komissiota palvelevassa ”Foresight on Demand” -puitesopimuksessa

[17] Julkinen referenssi saatavilla Case KONE: Parempaa kaupunkielämisen päätöksentekoa ennakoinnilla | VTT

Edellä mainitut ovat esimerkkejä VTT:llä viime aikoina toteutetuista ennakointiprojekteista. Vastaan mielelläni mahdollisiin lisäkysymyksiin.

Espoossa 13. kesäkuuta 2025,



Professori Arho Suominen
Tutkimusprofessori
Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy