

ANALYYSI

Tekoäly kiihdyttää kasvua, jos talous sopeutuu rakennemuutokseen

Suomen talous | 11.08.2025 | Aino Silvo, Juho Peltonen

KIRJOITTAJAT

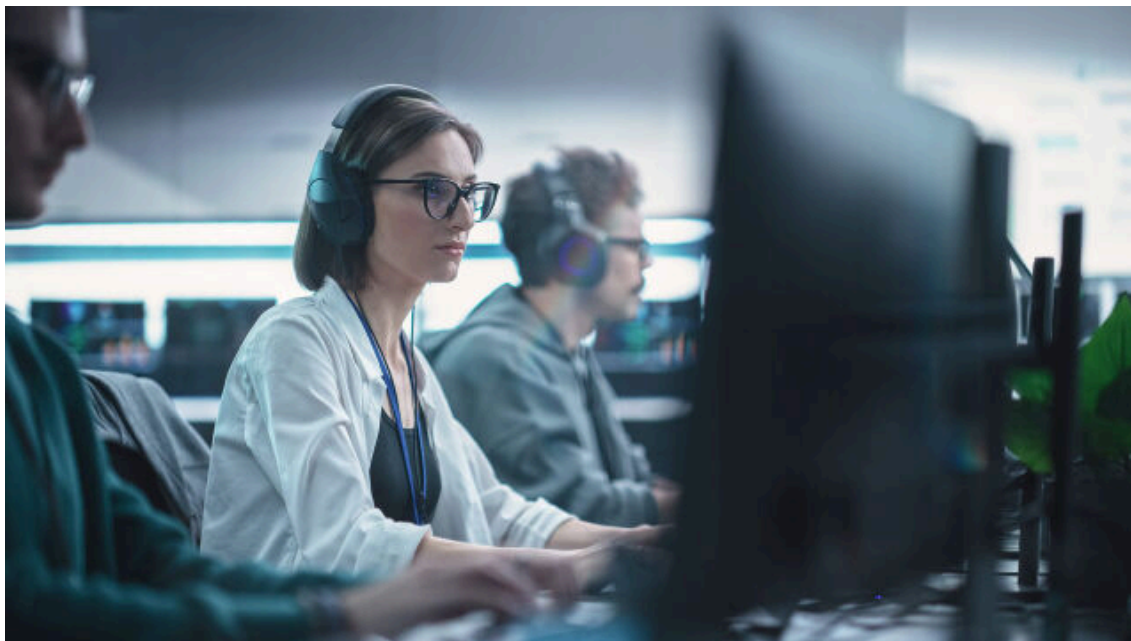


Aino Silvo
Vanhempi ekonomisti



Juho Peltonen
Ekonomisti

Tekoälyn kehitys on herättänyt paljon keskustelua sen vaikutuksista talouteen ja työhön. Tekoälytyökaluilla on saatu aikaan suuria tuottavuusparannuksia yksittäisiin työtehtäviin liittyvissä tutkimuksissa. Miten suuri vaikutus tekoälyllä on koko talouden kasvuun ja työmarkkinoihin on epävarmaa. Kasvun kiihtyminen edellyttää talouden sopeutumista teknologisen kehityksen aiheuttamaan rakennemuutokseen.



Tekoälyn talousvaikutuksia on vielä vaikea arvioida

Tekoälytyökalujen nopea kehitys on herättänyt laajan julkisen keskustelun työn ja talouden

tulevaisuudesta. Generatiivisen tekoälyn kehittyminen voi joidenkin arvioiden mukaan johtaa tuottavuuskasvun huimaan kiihtymiseen mahdollisesti jo lähivuosina, mutta toisaalta on myös herännyt huolia siitä, riittääkö ihmistyölle pian enää lainkaan kysyntää. Monia arvioita leimaa voimakas teknologiaoptimismi, usein myös suoranainen hype. Toisaalta monet arviot tekoälyn tuottavuusvaikutuksista ovat olleet varsin maltillisia ja pessimistisiäkin. Tekoälymurroksessakin voi päteä vanha havainto siitä, että teknologisen muutoksen vaikutukset usein yliarvioidaan lyhyellä aikavälillä mutta aliarvioidaan pitkällä aikavälillä.

Tutkimuskirjallisuuden laaja haarukka tekoälyn ennakoituissa kokonaistaloudellisissa vaikutuksissa kertoo osin suuresta epävarmuudesta teknologian tulevaisuuden kykyjen osalta, mutta osin myös siitä, että eri arviot käyttävät hyvin erilaisia taustaoletuksia ja käsittelevät keskenään erilaisia skenaarioita. Kaikenlaiset arviot tulevien, mahdollisesti nykyistä merkittävästi kyvykkäämpien tekoälyteknologioiden vaikutuksista ovat väistämättä spekulatiivisia.

Arviot generatiivisen tekoälyn tuottavuus- ja työmarkkinavaikutuksista riippuvat olennaisesti siitä, mitä oletetaan eri työtehtävien ja toimialojen altistumisesta nykyisen tasoiselle tekoälyteknologialle, tekoälyn tuottavuushyödyistä yksilötasolla, teknologisen kehityksen tulevasta vauhdista, uuden teknologian käyttöönoton tahdista sekä siitä, ajatellaanko tekoälyn olevan eri tehtävissä ihmistyötä tukevaa vai sitä syrjäyttävää.

Lisäksi makrotason arvioihin vaikuttavat toimialakohtaiset erot tuottavuudessa ja altistumisessa tekoälylle, työmarkkinainstituutiot ja lainsäädäntö, erilaiset kitkat työvoiman liikkuvuudessa ja pääomanmuodostuksessa sekä hinta- ja palkkajäykkyydet – siis ylipäätään talouden kyky sopeutua teknologiseen murrokseen ja rakennemuutoksiin. Pitkällä aikavälillä uusiutumattomien luonnonvarojen ja (puhtaan) energian saatavuus asettaa lopulta rajat sille, miten paljon nopeinkaan teknologinen kehitys voi kiihdyttää talouskasvua.

Tekoälyn määritelmästä ja historiasta

Tekoäly (*artificial intelligence, AI*) viittaa tietoteknisten järjestelmien kykyyn suorittaa tehtäviä, jotka tyypillisesti assosioituvat ihmisen älykkyyteen, kuten oppiminen, päättely, ongelmanratkaisu, päätöksenteko tai havainnointi. Tekoäly on laaja ylätasoinen käsite, jonka alle mahtuu eritasoisia järjestelmiä, joiden yhteinen nimittäjä on niiden toimiminen jostakin näkökulmasta ihmisälyn kaltaisesti (kuvio 1). Viime vuosien innostuksessa tekoäly-termiä on julkisessa keskustelussa alettu käyttää varsin löyhästi.

Kuvio 1.

1. sukupolvi: Käsintehdyn tietoisuuden järjestelmä

- Päätösperäiset ihmisen koodaamat ohjelmat
- Älykkyys ihmisen ohjelmoimien päätössääntöjen tulosta
- Ei erityisiä vaatimuksia syötedatalle tai laskentateholle, mutta vaatii hyvää koodaustaitoa

2. sukupolvi: Koneoppiminen

- Teknologia, jossa ohjelma tunnistaa toisteisia rakenteita syötemateriaalista
- Älykkyys pohjautuu syötemateriaalista rakentuneisiin päätössääntöihin ja tietomalleihin
- Vaatii laadukasta syötedataa ja usein myös paljon laskentatehoa

3. sukupolvi: Autonominen tekoäly

- Järjestelmä, joka kykenee oppimaan/kehittämään/ohjelmoimaan itse itseään
- Koneoppimisen mahdollinen seuraava kehitysvaihe
- Vaatii järjestelmän hyvää kykyä palautua tekemistään virheistä

4. sukupolvi: Yleistekoäly?

- Ei tarkkaa määritelmää. Esim: "Järjestelmä, jonka kognitiiviset kyvyt vastaavat ihmistä"
- Vaatii mahdollisesti järjestelmän kykyä vuorovaikuttaa fyysisen ja sosiaalisen ympäristön kanssa

Ensimmäisen sukupolven tekoäly on järjestelmä, jonka älykkyys on ihmisohjelmoijan laatimien päätössääntöjen tulos, niin sanottu "*käsintehdyn tietoisuuden järjestelmä*" (*Handcrafted Knowledge System*). Tunnettu esimerkki ensimmäisen sukupolven tekoälystä on Deep Blue -shakkipeliohjelma, joka voitti vuonna 1997 suurmestari Garri Kasparovin. Deep Blue -ohjelman älykkyys oli seurausta siitä, että IBM:n ohjelmoijat olivat shakkimestareiden avustamana ohjelmoineet sille lukusia kehittyneitä pelistrategioita.

Toisen sukupolven tekoälystä käytetään yleisnimeä koneoppiminen (*machine learning*). Koneoppimisessa ohjelmoija ei itse toteuta päätössääntöjä ongelman ratkaisemiseksi, vaan algoritmin, joka kertoo, miten ohjelma itse voi syötteiden perusteella oppia nämä päätössäännöt. Esimerkki koneoppimisen sovellutuksesta on kuvantunnistus. Vaikkapa kissan tunnistamiseksi ohjelmalle syötetään kuvia kissoista, joista ohjelma itse oppii kissojen ulkonäön piirteet ja rakentaa päätössäännöt ja tietomallin kissan tunnistamiseksi. Koneoppimismenetelmän avulla pystytään löytämään tehokkaasti säännönmukaisuuksia suurista tietoaaineistoista ja sitä onkin hyödynnetty jo pitkään muun muassa hakukoneissa, bioinformatiikassa, DNA-sekvenssien luokittelussa, lääketieteellisissä diagnooseissa ja luottokorttipetosten havaitsemisessa.

Koneoppiminen perustuu siis siihen, että ohjelmalle syötetään oppimateriaalia, josta se

muodostaa tietomallin ja päätössäännöt, jotka luovat tekoälyohjelman ”älykkyyden”. Koneoppimisen suorituskyvyn lisääntyminen ja digitaalisessa muodossa olevan tekstin käyttäminen oppimateriaalina johti suurten kielimallien (*large language model, LLM*) syntyyn. Kielimalli tunnistaa luonnollista kieltä, ja sitä koulutetaan syöttämällä mallille tekstiä, josta malli pyrkii ennustamaan seuraavan tavun. Kun malli on oppinut tunnistamaan kieltä, sitä voidaan käyttää tuottamaan tietoa luonnollisen kielen muodossa. Tällaisia tietoa tuottavia tekoälymalleja kutsutaan nimellä generatiivinen tekoäly (*generative artificial intelligence, GenAI*).

Suuren yleisön tietoon tekoälyn kehitys tuli 30. marraskuuta 2022, kun OpenAI-yhtiö julkaisi GPT-3-kielimallin päällä toimivan kuluttajapalvelun nimeltä ChatGPT, joka on tekstimuotoinen keskustelurobotti. ChatGPT saavutti 100 miljoonan rekisteröidyn käyttäjän rajan vain kahdessa kuukaudessa, ja nykyinen tekoälyhuuma alkoi. Seuraava askel tekoälyn kehityksessä ovat olleet suuret multimodaalimallit (*large multimodal model, LMM*), jossa yhdistetään tekstin, kuvien ja muun sisällön tuottamiseen kykeneviä malleja.

Kolmantena tekoälyn sukupolvena spekuloidaan olevan autonomisen tekoälyn. Tämä tarkoittaisi koneoppimista, jossa ihminen ei enää valitse syötteitä, joilla tekoälymallia opetetaan, vaan ohjelma opiskelee uusia tietoja itsenäisesti ja opettaa tai ohjelmoi itse itseään paremmaksi. Yksi autonomisen tekoälyn muoto ovat tekoälyagentit (*AI agents*). Nämä ovat erikoistuneita, jonkin tietyn tehtävän itsenäiseen hoitamiseen ja siihen liittyvään päätöksentekoon itsenäisesti kykeneviä ohjelmia. Jo aiemmin on toteutettu ensimmäisen sukupolven sääntöpohjaiseen teknologiaan pohjautuvia agentteja, mutta uudempi kehitysvaihe tähtää täysin itsenäisesti toimiviin ja oppiviin agentteihin, jotka kykenevät muuttamaan omaa toimintaansa. Toistaiseksi tällaiset tekoälyagentit ovat vielä liian virhealttiita laajempaan tuotantokäyttöön, eivätkä ne osaa toipua virhetilanteista kovinkaan hyvin.

Autonomisen tekoälyn kehittynein muoto olisi lopulta yleistekoäly (*artificial general intelligence, AGI*), jolla olisi ihmisen tasoinen tai sitä parempi kognitio lähes kaikissa tehtävissä. Jos tarkastellaan tekoälyn historiaa, generatiivisen tekoälyn synty on ollut looginen seuraus suorituskyvyn ja digitaalisen tiedon lisääntymisestä, sillä kaikki vaaditut elementit ovat olleet olemassa jo vuosikymmeniä. Yleistekoälyn haasteet ovat huomattavasti vaikeammin ratkaistavissa olevia ongelmia, eikä sellaisen toteutumisesta tai kehittymisen aikataulusta ole kuin arvauksia.

Generatiivinen tekoäly voi vaikuttaa laajaan joukkoon ammatteja

Tekoälyaltistus mittaa laajuutta, jolla teknologia koskettaa erilaisia ammatteja

Generatiivisen tekoälyn työmarkkinavaikutusten tutkimuksen eräs pääsuunta on viime vuosina ollut tekoälyaltistuksen mittaaminen. Altistus tarkoittaa päällekkäisyyttä jonkin ammatin tai työtehtävän vaatimien kykyjen ja tekoälyn teknisten kykyjen välillä. Altistus on neutraali mittari siinä mielessä, että sekä ihmisen korvaaminen työtehtävässä että ihmistyön täydentäminen ovat molemmat altistumista.

Altistumittareita voidaan pitää eräänlaisena ylärajana sille, kuinka paljon generatiivinen tekoäly eri ammatteja ja työtehtäviä enimmillään koskettaa. Ne eivät myöskään huomioi tekoälyn käyttöönoton kustannustehokkuutta tai lainsäädännön, työntekijöiden suojan, yritysten prosessien mukauttamisen, yrityskulttuurin tai yhteiskunnallisen hyväksynnän aiheuttamia esteitä tai kustannuksia. Tekoälyaltistumisen mittaamista kuvataan tarkemmin artikkelissa [Tekoälyn kehitys vaikuttaa työmarkkinoihin ja tuottavuuteen](#).

Tekoälyaltistusta mittaavassa tutkimuskirjallisuudessa on havaittu, että naisvaltaiset alat ja korkeasti koulutetut työntekijät ovat alttiimpia generatiivisen tekoälyn vaikutuksille kuin miesvaltainen teollisuus ja matalasti koulutetut suorittavaa fyysistä työtä tekevät työntekijät (Pizzinelli ym. 2023). Teollisuudessa runsaasti työtehtäviä on jo automatisoitu menneinä vuosikymmeninä robotiikan avulla. Kansantalouksista kehittyneet taloudet ovat alttiimpia tekoälylle, mutta niillä on myös parhaat valmiudet, sekä infrastruktuurin että työntekijöiden koulutuksen osalta, hyödyntää tekoälyteknologioita (Gmyrek ym. 2023).

Generatiiviselle tekoälylle erityisen alttiita ammatteja ovat rutiinitehtäviä sisältävät ammatit, kuten toimistoapulaiset, asiakaspalvelutyöntekijät tai telemarkkinoijat, mutta myös vaativaa päätöksentekoa sisältävät ammatit, esimerkiksi ohjelmoijat, tuomarit ja asianajajat (Gmyrek ym. 2023). Se, että näissä ammateissa on runsaasti työtehtäviä, joissa generatiivinen tekoäly on kyvykäs, ei kuitenkaan väistämättä tarkoita, että tekoäly syrjäyttäisi ihmisen niiden hoitamisessa. Esimerkiksi tuomioistuimessa tekoäly kykenisi käsittelemään todistusaineiston ja tekemään päätöksen tuomiosta, mutta juridisista syistä ihmistuomaria ei ainakaan kovin pian tulla korvaamaan tekoälytuomarilla.

Yksittäisissä työtehtävissä tekoäly tehostaa työntekoa

Laajoja rekisteripohjaisia aineistoja hyödyntäviä tutkimuksia generatiivisen tekoälyn

työllisyysvaikutuksista on toistaiseksi vähän. Generatiivisen tekoälyn vaikutuksia tuottavuuteen on tutkittu tapaustutkimuksilla yksittäisissä työtehtävissä tai ammateissa. Näissä tutkimuksissa on löydetty todella suuriakin tuottavuusvaikutuksia tehtävissä, joihin generatiivinen tekoäly sopii erityisen hyvin, kuten ohjelmointityössä (esim. Peng ym. 2023, Asam ja Heller 2024, Hoffmann ym. 2024) tai asiakaspalvelussa (esim. Brynjolfsson ja Raymond 2025). Näissä tutkimuksissa on usein jaettu työntekijät satunnaisesti kahteen ryhmään, joista toinen on saanut käyttöönsä tekoälytyökalun ja toinen on tehnyt samoja tehtäviä ilman tekoälyn apua. Ryhmien välisen vertailun perusteella tekoälytyökalujen käyttöönotto paransi työn tuottavuutta näissä yksittäisissä työtehtävissä huomattavasti.

Näiden tulosten yleistettävyyks (edes toimialan sisällä) on kuitenkin rajallinen, sillä tehtävät ja ammatit ovat tutkimusasetelmissa erittäin tarkkaan rajattuja. Vaikutukset eivät myöskään ole samanlaisia kaikilla työntekijöillä. Tapaustutkimuksissa on havaittu tuottavuuden nousun olevan erityisen suurta kokemattomilla työntekijöillä. Lisäksi heidän ammattiin oppimisensa on havaittu tehostuvan. Toisaalta vaikutukset riippuvat työtehtävien sisällöstä, sillä tekoälytyökalujen on havaittu vähentävän hallinnollisiin tehtäviin kuluva työaika.

Tekoälyn vaikutukset kokonaistuottavuuteen ja työmarkkinoihin ovat vielä epävarmoja

Tekoäly syrjäyttää vanhaa ja luo uutta työtä

Taloustieteellisessä tutkimuskirjallisuudessa tekoälyn makrotaloudellisia vaikutuksia on tähän asti käsitelty pitkälti jatkumona aiemmalle tutkimukselle, joka käsittelee teknologisten murrosten ja erityisesti teollisen automaation tuottavuus- ja työmarkkinavaikutuksia. Tästä kirjallisuudesta kumpuava työmarkkinoita kuvaava työtehtävien jakautumiseen perustuva malli (*task-based model*, jäljempänä ”työtehtävämalli”; ks. mm. Acemoglu ja Autor 2011, Acemoglu ja Restrepo 2018) on tällä hetkellä luontevin teoreettinen viitekehys myös generatiivisen tekoälyn tuottavuus- ja työmarkkinavaikutusten hahmottamiseen. Se tarjoaa myös hyviä eväitä ymmärtää, miksi hajonta eri arvioissa generatiivisen tekoälyn makrotaloudellisista vaikutuksista on tällä hetkellä niin suurta.

Työtehtävämallissa jokaisen ammatin tai toimenkuvan ajatellaan koostuvan joukosta monenlaisia yksittäisiä työtehtäviä tai -vaiheita. Tekoälyteknologia, joka lasketaan osaksi aineetonta tuotannollista pääomaa, voi olla kunkin työtehtävän hoitamisessa ihmistyötä täydentävää tai korvaavaa. Osan kunkin ammatin työtehtävistä pystyy kokonaan hoitamaan tekoälyn avulla, eli ne ovat automatisoitavissa. Tällöin tekoäly lopulta syrjäyttää ihmisiä kokonaan sellaisissa ammateissa, joissa riittävän suuri osuus yksittäisistä työtehtävistä voidaan automatisoida.

Työtehtävämallin keskeinen oivallus on, että ammattien sisäinen työnjako eri tuotannontekijöiden eli ihmistyön ja tuotannollisen pääoman kesken ei ole staattinen, vaan riippuu pääoman ja työvoiman suhteellisesta edusta kunkin työtehtävän hoitamisessa. Tämä suhteellinen etu muuttuu, kun teknologia kehittyy. Teknologinen kehitys johtaa näin ollen muutoksiin eri ammattien työn sisällössä, työn kysynnässä ja lopulta makrotasolla kokonaistuottavuudessa, työllisyydessä, yleisessä palkkatasossa sekä eri työntekijöiden suhteellisissa palkoissa.

Työtehtävämallin avulla voidaan erottaa neljä pääasiallista välitöntä vaikutuskanavaa, joiden kautta tekoälyn käyttöönotto ja automaatio yleisemminkin vaikuttavat työmarkkinoihin (kuvio 2).

Kuvio 2.

1. Syrjäytysvaikutus

- Tekoälyn mahdollistama automaatio syrjäyttää ihmistyötä.
- Vähentää työn kysyntää automatisoitavissa olevien työtehtävien hoitamisessa.
- Laskee palkkoja ja työn tulo-osuutta.

2. Tuottavuusvaikutus

- Tekoäly lisää työn tuottavuutta työtehtävissä, joissa se täydentää ihmistyötä.
- Lisää ihmistyön kysyntää ja nostaa palkkoja näissä tehtävissä.

3. Automaation syvenemisvaikutus

- Tekoäly mahdollistaa jo aiemmin automatisoitujen työtehtävien entistä tehokkaamman hoitamisen.
- Ei enää syrjäytä enempää työvoimaa näissä työtehtävissä.
- Parantaa pääoman tuottavuutta ja lisää työn kysyntää kokonaisuutena.

4. Työn uudistumisvaikutus

- Teknologinen kehitys synnyttää kokonaan uusia työtehtäviä.
- Uudistaa ammattien työn sisältöä.
- Lisää työn kysyntää, nostaa palkkoja ja kasvattaa työn tulo-osuutta.

Lähde: Acemoglu (2024).

Aiemmissa teknologisissa murroksissa uudet tehtävät ovat tyypillisesti syntyneet korkeaa osaamista vaativille aloille ja matalan koulutuksen aloilla työn kysyntä on vähentynyt. Myös nykyisen generatiivisen tekoälyn käyttöönoton seurauksena syntyvät uudet työtehtävät todennäköisesti sijoittuvat ainakin osittain eri ammatteihin ja toimialoille kuin automatisoidut työtehtävät, mikä synnyttää kohtaanto-ongelmia ja aiheuttaa työmarkkinoille rakenteellisia muutoksia. Myös säilyvien ammattien työn sisältö ja osaamisvaatimukset todennäköisesti

muuttuvat merkittävästi.

Generatiivinen tekoäly ja suuret kielimallit saattavat myös huomattavasti tehostaa tutkimukseen ja kehitykseen liittyviä tehtäviä ja prosesseja. Ne voivat helpottaa uusien ideoiden keksimistä, koeasetelmien suunnittelua, innovointia ja monimutkaista ongelmanratkaisua. Esimerkiksi Googlen AlphaFold-malli on kyennyt ennustamaan monimutkaisia proteiininirakenteita, mistä sen kehittäjät saivat vuonna 2024 kemian Nobel-palkinnon.¹

Tätä kautta generatiivinen tekoäly voi kertaantuvasti kiihdyttää kaikkea muutakin teknologista kehitystä ja johtaa nopeasti kiihtyvään talouskasvuun (Aghion ym. 2019, Aghion ja Bunel 2024, Korinek ja Suh 2024). Varsinkin nykyistä kehittyneemmällä tekoälyagenteilla, puhumattakaan mahdollisesta yleisestä tekoälystä, voi tulevaisuudessa olla kaikkea teknologista kehitystä selvästi kiihdyttävä vaikutus.

Tekoälyn ja sen eri kehitystasojen työmarkkinavaikutukset riippuvat siitä, mitkä näistä vaikutuskanavista ovat dominoivia. Eri skenaarioiden ja laskelmien hyvinkin erilaiset arviot tekoälyn työmarkkina- ja tuottavuusvaikutuksista selittyvät pitkälti sillä, että kuviossa 2 kuvattujen neljän vaikutuskanavan voimakkuudesta tehdyt oletukset ovat erilaisia. Syrjäytysvaikutus on näistä vaikutuskanavista ainoa, joka suoraan vähentää ihmistyön kysyntää. Muut pikemminkin lisäävät sitä.

Aiemmissa historiallisissa teknologisissa murroksissa etenkin uusien työtehtävien syntyminen on havaittu pitkällä aikavälillä kokonaisuutena lisänneen työn kysyntää teollisesta automaatiosta huolimatta, mutta työmarkkinoiden sopeutuminen murrokseen vie väistämättä aikaa (Autor 2015, Acemoglu ja Restrepo 2019). Yleisesti ottaen kaikki tuottavuuskasvu alentaa yritysten tuotantokustannuksia ja parantaa kannattavuutta, mikä lisää työn kysyntää.

Tuotannon automaatiota tutkineessa kirjallisuudessa työtä syrjäyttävä vaikutus on kuitenkin usein arvioitu varsin voimakkaaksi, mikä on syönyt tuottavuuskasvusta juontuvaa työn kysynnän lisääntymistä (Acemoglu ja Restrepo 2019). Tässä suhteessa generatiivinen tekoäly saattaa kuitenkin erota aiemmasta teknologisesta kehityksestä. Se on monessa ammatissa ihmisen tekemää tietotyötä tukevaa, vaikka sen työvoimaa syrjäyttävä potentiaali on monissa ammateissa myös ilmeinen. Lisäksi se saattaa parantaa työn tuottavuutta monissa matalan ja keskitason koulutusta vaativissa töissä, mikä pienentää riskiä siitä, että työmarkkinakehitys suosisi vain korkeaa osaamista vaativia ammatteja.

Tekoälyteknologian tuleva kehitys määrittää voimakkaasti sen vaikutusta talouteen

Osin valtavat erot arvioissa tekoälyn työmarkkina- ja tuottavuusvaikutuksissa liittyvät siihen, käsitelläänkö laskelmissa nykyisenkaltaisen generatiivisen tekoälyn vaikutuksia vai pyritäänkö niissä rakentamaan paljon nykyistä edistyneemmän tai jopa yleisen tekoälyn (AGI:n) vaikutuksia kuvaavia skenaarioita. Kaikissa skenaariolaskelmissa ei välttämättä edes ole eksplisiittisesti määritelty, miten tekoälyteknologian kykyjen ajatellaan tulevaisuudessa kehittyvän.

2010-luvulla tapahtuneen tekoälyn kehityksen on havaittu Euroopan maissa olleen yhteydessä työn kysynnän kasvun kanssa tekoälylle eniten altistuneissa ammateissa. Työn kysynnän kasvu suosi korkeasti koulutettuja työntekijöitä. Työllisyysvaikutuksissa on kuitenkin ollut eroja eri maiden välillä. Mm. korkea koulutusaste ja työmarkkinoiden edistynyt digitalisaatio näyttivät olleen yhteydessä suotuisampiin työllisyysvaikutuksiin. Työntekijöiden laaja työsuhdeturva ja tiukka kilpailulainsäädäntö puolestaan olivat yhteydessä vähäisempiin työllisyysvaikutuksiin (Albanesi ym. 2024). Toisaalta on viitteitä myös siitä, että samalla ajanjaksolla Yhdysvalloissa tekoälylle altistuneissa *yrityksissä* työn kysyntä väheni ja samalla kohdistui uudentyypisiin työntekijöiden ominaisuuksiin. Näin ollen tekoäly vaikutti osin syrjäyttäneen työvoimaa (Acemoglu ym. 2022).

Viime aikoina on julkaistu myös useita arvioita sekä nykyisen generatiivisen tekoälyn että sitä edistyneemmän (vielä toteutumattoman) tekoälyteknologian makrotaloudellisista vaikutuksista. Arviot siitä, kuinka paljon generatiivinen tekoäly voi kiihdyttää vuotuista tuottavuuskasvua koko talouden tasolla seuraavan vuosikymmenen aikana, liikkuvat tyypillisesti 0,1 ja 1,5 prosenttiyksikön välillä (ks. esim. Acemoglu 2024, Aghion ja Bunel 2024, Filippucci ym. 2024). Arvioiden haarukka on siis suuri.

Arviot tekoälyn tuottavuushyödyistä ovat sitä suuremmat, mitä suuremmiksi arvioidaan tekoälyn tuottamat kustannussäästöt yrityksille ja mitä enemmän arvioidaan syntyvän uusia, aiempaa tuottavampia työtehtäviä. Myös se, miten tekoälyteknologian oletetaan kehittyvän tulevaisuudessa ja kuinka nopeasti uutta teknologiaa otetaan yrityksissä käyttöön, vaikuttaa arvioihin merkittävästi.

Suuri merkitys on myös sillä, miten huomioidaan tuotannontekijöiden (työvoiman ja pääoman) liikkuvuus toimialojen välillä ja toimialojen väliset kytkökset välituotekäytön kautta. Jos tekoälyn käyttöönotto on voimakkaasti keskittynyt tietyille toimialoille, työvoiman tai pääoman liikkuvuudessa eri toimialojen välillä on kitkoja tai jos välituotteiden kysyntä on hyvin joustamatonta suhteellisten hintojen muuttuessa, tekoälyn tuottavuushyödyt voivat koko talouden tasolla jäädä paljon vaatimattomammiksi kuin yksittäisillä sille altistuneilla toimialoilla

(Filipucci ym. 2024).

”Työn loppu” vaatii tekoälyn ja robotiikan yhteistä voimakasta kehittymistä

Kaikista spekulatiivisimmat skenaariot liittyvät yleisen tekoälyn vaikutuksiin. Jos tekoälyteknologia kehittyy niin paljon, että se suoriutuu tulevaisuudessa ihmistä paremmin (lähes) kaikista nykyisin ihmisten hoitamista työtehtävistä, se syrjäyttää lähes kaiken ihmistyön. Tällainen skenaario vaatii samanaikaisesti robotiikan voimakasta kehittymistä ja tekoälyn sovittamista toimimaan fyysisessä ympäristössä, jotta tekoäly voi suoriutua myös fyysisistä tehtävistä itsenäisesti. Tällöin työvoiman kysyntä ja samalla markkinaehtoisesti määräytyvät palkat laskevat dramaattisesti. Talous kasvaa hyvin nopeasti, mutta tuotannontekijätulo kertyy tekoälyteknologian ja muun pääoman omistajille (Korinek ja Suh 2024).

Taloukasvua rajoittaa tällaisessa tilanteessa pääoman, ei työvoiman määrä taloudessa. Koska pitkällä aikavälillä myös pääomakanta sopeutuu, talous kasvaa rajatta, ellei jokin kiinteä tuotannontekijä rajoita kasvua. Viime kädessä tällaiseksi voivat muodostua uusiutumattomat luonnonvarat ja energian saatavuus. Toisaalta jos tulevaisuudessakin säilyy riittävä määrä työtehtäviä, joita tekoäly ei kykene hoitamaan ihmistä paremmin, työvoiman kysyntä säilyy ja myös yleinen palkkataso jatkaa nousuaan tuottavuuskasvun mukana. Eri ammattiryhmien väliset suhteelliset palkat voivat silti muuttua dramaattisesti.

Vaikka tekoälyn tuottavuusvaikutuksissa on tutkimusten välillä suuria eroja, suurin osa akateemisista arvioista asettuu kuitenkin karkeasti samalle tasolle ns. ICT-vallankumouksen 1990-luvulla aikaansaaman tuottavuuskasvun kanssa.² Toistaiseksi siis arviot tuottavuuskasvun kohentumisesta ovat merkittäviä mutta eivät välttämättä ennakoisi historiallisesti täysin poikkeuksellista kehitystä. Nämä tulokset koskevat pääosin varhaisempia tekoälyn muotoja tai viime vuosina yleistynyttä generatiivista tekoälyä.

Onko generatiivinen tekoäly erilainen teknologinen murros kuin aiemmat?

Generatiivisen tekoälyn vaikutukset saattavat vertautua aiempien teollisten ja teknologisten vallankumousten, kuten höyrykoneen, sähkö, mikrotietokoneen tai internetin keksimiseen. Toisaalta generatiivisen tekoälyn vaikutus kohdistuu sellaisiin ammatteihin, työtehtäviin ja toimialoihin, joiden tehtävien automatisointi laajasti on ollut mahdotonta aiempien automatisointia tehostaneiden teknologioiden (höyrykone, sähkö, teollisuusrobotit) avulla. Generatiivinen tekoäly vaikuttaa luovaan ja päätöksentekoa vaativaan asiantuntijatyöhön,

korkeasti koulutettuihin työntekijöihin. Tekoälysovellutuksia voidaan räätälöidä yksilöllisiin tarpeisiin, ja tekoäly kykenee tukemaan ihmistyötä aiemmista teknologioista poikkeavalla tavalla. Toisaalta monet piirteet tekoälyn hyödyntämisessä ja sen rajoitteissa muistuttavat aiempia teknologisia murroksia.

Monet tutkijat pitävät generatiivista tekoälyä ja suuria kielimalleja yleiskäyttötكنولوجياana (*general purpose technology*). Generatiivinen tekoäly voidaan kuitenkin räätälöidä avustamaan ihmistä erilaisissa ammateissa ja työtehtävissä. Tämä erottaa tekoälyn yleiskäyttötكنولوجياana esimerkiksi internetistä, joka tarjoaa yleisen, standardoitujen protokollien mukaisesti käytettävän tiedonvälitysalustan.

Teollisten vallankumousten innovaatiot, erityisesti höyrykone ja sähkö, otettiin taloudessa käyttöön hitaasti, sillä infrastruktuuria, osaamista ja toimintamalleja ei ollut olemassa näiden keksintöjen hyödyntämiselle. Kun infrastruktuuri piti luoda tyhjästä, teknologioiden diffuusioon kului vuosikymmeniä aikaa ja vaikutukset talouskasvuun syntyivät hitaasti.

Myös aiempien ICT-teknologioiden käyttöönotto yrityksissä on ollut hidasta ja vaatinut merkittäviä investointeja aineettomaan pääomaan.³ Tämä piirre hidastaa merkittävästi sitä, miten nopeasti yleiskäyttötكنولوجياat voivat kohentaa tuottavuuskasvua koko talouden tasolla. Generatiivisen tekoälyn osalta tämä hidaste voi olla pienempi, sillä tietokoneita, ohjelmistoja ja tietoverkkoja on laajasti käytössä ja ihmiset ovat myös tottuneet käyttämään digitaalista teknologiaa sekä työssä että vapaa-ajalla.

Toistaiseksi generatiivisen tekoälyn diffuusio on ollut hidasta. Generatiivinen tekoäly vertautuukin aiempiin digitaalisiin teknologioihin kuten internetiin siinä, että sen tehokkuushyödyt toteutuvat vain, jos yritykset muuttavat tuotantoprosessejaan hyödyntämään uutta teknologiaa. Samoin kuin aiempien teknologioiden kohdalla, myös tekoälyn yleistymistä hidastavat työntekijöiden koulutus, työmarkkinarakenteet ja sääntely.

Oikeanlaisten tekoälytyökalujen puuttuminen ja niiden kehittämisen kalleus voivat muodostua esteeksi laajemmalle käytölle. Suurten kielimallien kehittäminen on erittäin kallista. Edistyksellisimpien mallien kehittäjät ovatkin olleet pääosin yhdysvaltalaisia digijättiläisyrityksiä (esim. Google, Meta, Microsoft) tai suuresti rahoitettuja tekoälykehittäjiä (esim. OpenAI). Tämä on johtanut suurten kielimallien omistuksen keskittymiseen pienelle joukolle yrityksiä. Monilla näistä on jo valmiiksi vakiintunut markkina-asema digitaalisissa palveluissa. Voimakkaasti keskittynyt omistajuus rajoittaa kilpailua ja saattaa hidastaa generatiivisen tekoälyn kehitystä ja käyttöönottoa. Tällaista tilannetta ei lähtökohtaisesti ole ollut aiempien teknologioiden kohdalla.

Miten vastata tekoälymurroksen aikaansaamaan talouden rakennemuutokseen?

On todennäköistä, että generatiivinen tekoäly on teolliseen vallankumoukseen ja ICT-murrokseen verrattavissa oleva teknologinen murros, joka kiihdyttää tuottavuus- ja talouskasvua lähivuosina ja -vuosikymmeninä Suomessa ja muissa kehittyneissä talouksissa näkyvästi. Se voi myös tehostaa koko teknologisen kehityksen ja innovoinnin prosessia, missä saattaa piillä eräs sen merkittävimmistä tuottavuushyödyistä koko talouden tasolla. Ihmistyölle riittänee kysyntää myös jatkossa – sitä enemmän, mitä enemmän tekoäly tukee ja täydentää ihmisten työskentelyä sen sijaan, että se korvaisi sitä.

Toistaiseksi generatiivisen tekoälyn teknologioita on kuitenkin otettu käyttöön vasta kapea-alaisesti tietyillä toimialoilla ja tietynlaisissa työtehtävissä. Suomessakin sen järjestelmällinen käyttö yrityksissä näyttää vielä olevan vähäistä (Kauhanen ym. 2024). Myös aiemmissa teknologisissa murroksissa on vienyt useita vuosikymmeniä, ennen kuin niiden tuomat tuottavuushyödyt ovat levinneet laajalle talouteen.

Resursseja suurten kielimallien kaltaiselle generatiivisen tekoälyn kehittämiseksi ei Suomen kaltaisessa pienessä avotaloudessa käytännössä ole. Keskeistä onkin tukea uuden, muualla kehitetyn teknologian käyttöönottoa eri toimialoilla. Esimerkiksi väestön ikääntyminen lisää kysyntää terveyspalveluille, joissa tekoälyä voidaan tulevaisuudessa todennäköisesti merkittävästi hyödyntää.

Vaikka tekoälyteknologian kyvykkyys itsessään jatkaisikin nopeaa kehitystään, laajojen tuottavuushyötyjen saaminen edellyttää suuria muutoksia tuotannon ja työnteon prosesseihin yrityksissä. Uusien tekoälytyökalujen käyttöönotto vaatii merkittäviä investointeja muuhun aineettomaan pääomaan (tietojärjestelmät, tietokannat, ohjelmistot) ja työntekijöiden osaamiseen.⁴ Suomen työikäinen väestö on varsin hyvin koulutettua, mutta koulutustaso on huolestuttavasti laskussa nuorissa ikäluokissa. Työvoiman osaamiseen ja koulutukseen onkin syytä panostaa.

Suomen työmarkkinoiden voi kuitenkin olla vaikea sopeutua generatiivisen tekoälyn aiheuttamaan murrokseen. Suomen työmarkkinoiden kyky sopeutua rakenteellisiin muutoksiin on ollut 2000-luvulla melko heikko. Sopeutumista hidastavat runsaat kitkatekijät ja kohtaantongelmat, joiden seurauksena rakenteellinen työttömyysaste on korkea. Tekoälyn tehokas hyödyntäminen edellyttää työvoiman riittävää uudelleen koulutusta ja liikkuvuutta toimialojen välillä.

Jotta tekoälyn mahdollistamat tuottavuushyödyt voidaan saavuttaa, yrityscentän luovalle tuholle

sekä suhteellisten palkkojen muutoksille eri ammattiryhmien välillä ja sisällä on annettava tilaa. Muutoin rakenteellinen työttömyysaste uhkaa nousta entisestään. Samalla sosiaalisen koheesion ylläpitämiseksi keskeistä on huolehtia, ettei suuri joukko työntekijöitä syrjäydy pysyvästi työmarkkinoilta tekoälymurroksen vuoksi.

Kirjallisuus

Acemoglu, D. (2024). "The simple macroeconomics of AI". *Economic Policy* 2024, s. 1–46.

Acemoglu, D. ja Autor, D. (2011). "Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings". Luku 12 teoksessa *Handbook of Labor Economics*, Vol. 4(B), s. 1043–1171, toim. Card, D. ja Ashenfelter, O. Elsevier.

Acemoglu, D., Autor, D., Hazell, J. ja Restrepo, R. (2022). "Artificial Intelligence and Jobs: Evidence from Online Vacancies". *Journal of Labor Economics* 40(S1), s. S293–S340.

Acemoglu, D. ja Restrepo, R. (2018). "The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment". *American Economic Review* 108(6), s. 1488–1542.

Acemoglu, D. ja Restrepo, R. (2019). "Artificial Intelligence, Automation, and Work". Luku 8 teoksessa *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, toim. Agraval, A., Gans, J. ja Goldfarb, A. University of Chicago Press, Chicago.

Aghion, P. ja Bunel, S. (2024). "AI and Growth: Where Do We Stand?". Federal Reserve Bank of San Francisco Policy Note. <https://www.frbsf.org/wp-content/uploads/AI-and-Growth-Aghion-Bunel.pdf>. Viitattu 6.8.2025.

Aghion, P., Jones, B. F. ja Jones, C. I. (2019). "Artificial Intelligence and Economic Growth", luku 9 teoksessa *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, toim. Agraval, A., Gans, J. ja Goldfarb, A. University of Chicago Press, Chicago.

Albanesi, S., Dias da Silva, A., Jimeno, J. F., Lamo, A. ja Wabitsch, A. (2024). "New technologies and jobs in Europe". European Central Bank Working Paper Series No. 2831.

Allen, G. (2020). "Understanding AI technology". Joint Artificial Intelligence Center (JAIC) The Pentagon United States, s. 24–32.

Autor, D. H. (2015). "Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace

Automation". *Journal of Economic Perspectives* 29(3), s. 3–30.

Brynjolfsson, E., Rock, D. ja Syverson, C. (2021). "The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies". *American Economic Journal: Macroeconomics* 13(1), s. 333–372.

Brynjolfsson, E., Li, D. ja Raymond, L. (2025). "Generative AI at Work". *Quarterly Journal of Economics* 104(2), s. 889–942.

Filipucci, F., Gal, P. ja Schief, M. (2024). "Miracle or Myth? Assessing the macroeconomic productivity gains from Artificial Intelligence". *OECD Artificial Intelligence Papers No. 29*.

Gmyrek, P., Berg, J. ja Bescond, D. (2023). "Generative AI and jobs: A global analysis of potential effects on job quantity and quality". *ILO Working Paper 96*.

Heller, D. ja Asam, D. (2024). "Generative AI and Firm-level Productivity: Evidence from Startup Funding Dynamics". *SSRN 4877505*.

Hoffmann, M., Boysel, S., Nagle, F., Peng, S., ja Xu, K. (2024). "Generative AI and the Nature of Work". *CESifo Working Paper No. 11479*.

Humlum, A., ja Vestergaard, E. (2025). "Large language models, small labor market effects" *NBER Working Paper No. 33777*.

Kauhanen, A., Kässi, O., Pajarinen, M., Rouvinen, P. ja Vanhala, P. (2024). "Generatiivisen tekoälyn käyttö Suomessa". *ETLA Muistio 144, 19.11.2024*.

Korinek, A. ja Suh, D. (2024). "Scenarios for the transition to AGI". *NBER Working Paper No. 32255*.

Peng, S., Kalliamvakou, E., Cihon, P. ja Demirer, M. (2023). "The Impact of AI on Developer Productivity: Evidence from Github Copilot". *ArXiv preprint, arXiv:2302.06590*.

Pizzinelli, C., Panton, A. J., Tavares, M. M. M., Cazzaniga, M. ja Li, L. (2023). "Labor market exposure to AI: Cross-country differences and distributional implications". *International Monetary Fund Working Paper WP/23/216*.

Teutloff, O., Einsiedler, J., Kässi, O., Braesemann, F., Mishkin, P. ja del Rio-Chanona, R. M. (2025). "Winners and losers of generative AI: Early Evidence of Shifts in Freelancer Demand". *Journal of Economic Behavior & Organization, 106845*.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, L. ja Polosukhin, I.

(2017). "Attention is all you need." Konferenssijulkaisussa *Advances in neural information processing systems* 30, toim. I. Guyon, U. Von Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan ja R. Garnett. Curran Associates, Inc.

Viitteet

1. Ks. Nobel-palkintolautakunnan lehdistötiedote 9.10.2024. ↑
2. Filippuccin ym. (2024) mukaan ICT-vallankumouksen arvioidaan Yhdysvalloissa kiihdyttäneen kokonaistuottavuuden vuosikasvua arviolta 1–1,5 prosenttiyksiköllä vuosina 1995–2004 (ks. myös Byrne ym. 2013, Bunel ym. 2024). Kirjoittajat huomauttavat myös, että Euroopassa ICT:n hyötyjä talouskasvuun ei samalla ajanjaksolla saavutettu juuri lainkaan. ↑
3. Filippuccin ym. (2024) mukaan sähköistyminen yleistyi 1900-luvun alussa siten, että 10 vuoden kuluttua sen kaupallisesta läpimurrosta 23 % yrityksistä käytti sähköä tuotantoprosesseissaan. Internet puolestaan yleistyi 1990-luvulla siten, että 10 vuoden kuluessa Internetin läpimurrosta kaupalliseen käyttöön 40 % yrityksistä oli ottanut sen käyttöönsä. ↑
4. Pitkällä aikavälillä tuottavuuskasvu on Suomessa perustunut sekä tuotannollisen että inhimillisen pääoman kasvuun; ks. Kokkinen, Jalasjoki ja Obstbaum (2025), Työikäisen väestön supistuminen ja heikko tuottavuus painavat Suomen pitkän ajan kasvunäkymää, *Euro & Talous* 31.1.2025. ↑

Tässä artikkelissa esitetyt mielipiteet ovat kirjoittajien omia eivätkä välttämättä edusta Suomen Pankin näkemystä.

Asiasanat

rakennemuutos, tekoäly, tuottavuus, työmarkkinat