



TEKOÄLYN HYÖDYNTÄMINEN KIINTEISTÖ- JA RAKENNUSALALLA

Osku Torro (FT, KTM)

**Tekoälyn hyödyntäminen kiinteistö- ja rakennusalalla
Osku Torro (FT, KTM)**

ISBN 978-952-03-3451-2

Tampereen yliopisto. Kiinteistökehittäminen.

2024

Kannen kuva: Osku Torro (Midjourney) / Tampereen yliopisto

Alkusanat

Digitalisaatio on ollut jo pitkään KiRa-alan keskustelun ytimessä, sillä se on tunnistettu ratkaisevaksi tekijäksi esimerkiksi suunnittelun, yhteistyön ja tuotannon tehokkuuden parantamisessa. KiRa-alan erityispiirteet, kuten projektien yksilöllisyys, datan monimuotoisuus ja manuaalisen työn tekeminen vaihtelevissa olosuhteissa, tekevät kuitenkin digitalisaation toteuttamisesta monimutkaisempaa kuin monilla muilla teollisuuden aloilla.

Viimeaikaiset edistysaskeleet tekoälyn kehityksessä ovat tarjonneet merkittäviä mahdollisuuksia näiden haasteiden ratkaisemiseksi. Tekoäly on lyhyessä ajassa noussut KiRa-alan digitalisaation kärkitrendiksi¹. Yksinkertaistaen voidaan todeta, että tällä hetkellä tekoäly on yhtä kuin digitalisaatio.

KiRa-ala on ainutlaatuisessa asemassa tekoälyn hyödyntämisen suhteen alalla olevan laajan datamäärän ja vahvan osaamisen myötä. Tällä hetkellä tekoäly mahdollistaa sekä toiminnan tehokkuuden parantamiseen että uusien prosessien kehittämiseen läpi koko rakennusalan arvoketjun. Tekoälyn räjähdysmäinen kehitys tuo kuitenkin mukanaan sekä mahdollisuuksia että haasteita, joiden kokonaisvaltainen hahmottaminen saattaa olla vaikeaa.

Tämä raportti esittelee ajankohtaisen yleiskuvan tekoälyn tarjoamista mahdollisuuksista ja haasteista KiRa-alalla. Raportissa syvennyttään tekoälyn kehitykseen ja sen nykytilaan, tutkien eri tekoälyn muotoja, niiden perusteita ja käyttötapoja. Raportti käsittelee tekoälyn uusimpia edistysaskeleita, keskittyen erityisesti generatiiviseen tekoölyyn, ja esittelee runsaasti käytännön esimerkkejä tekoälyn soveltamisesta alalla sekä nykyhetkessä että tulevaisuudessa. Raportti antaa myös konkreettisia ohjeita ja suosituksia tekoälyn kehittämiseen ja käyttöönottoon sekä tarjoaa ensiaskeleet tekoälyprojektien käynnistämiseen.

Raportin tavoitteena on valottaa tekoälyn potentiaalia keskeisenä teknologiana KiRa-alan digitalisaation edistämisessä. Se on suunnattu kaikille alan ammattilaisille, jotka haluavat pohtia tekoälyn merkitystä omassa työssään.

Raportti on laadittu osana Corelabin "Kiinteistökehittämisen tulevaisuusfoorumi FutuRED" -hanketta, jonka tavoitteena on tunnistaa ja analysoida tulevaisuuden trendejä KiRa-alalla.

Haluan kiittää Juha-Matti Junnosta (TKL) osallistumisesta raportin tarkastukseen ja viimeistelyyn, sekä Jukka Puhtoa (TKT) tämän raportin kirjoitusmahdollisuuden tarjoamisesta.

¹ [Rics.org](https://www.rics.org): Digitalisation in construction report

Sisällysluettelo

1. Johdanto	5
1.1 Tekoälyn historia: Ihmismäistä tekoälyä etsimässä	5
1.2 Generatiivinen tekoäly: Uusi tietojenkäsittelyn paradigma	5
1.3 Tekoälyn vaikutus työmarkkinoihin ja yhteiskuntaan	6
2. Tekoäly kiinteistö- ja rakennusalalla: nykytila, haasteet ja esimerkit	8
2.1 Taso I: Tietopohjaiset järjestelmät ja optimointi	9
2.2 Taso II: Koneoppiminen, automaattinen suunnittelu ja aikataulutus	10
2.3 Taso III: Konenäkö, robotiikka ja generatiivinen tekoäly	13
2.4 Multimodaalinen tekoäly ja Moravecin paradoksi	20
2.5 Autonomiset tekoälyagentit	25
3. Tekoälyn kehittäminen ja käyttöönotto	29
3.1 Data ratkaisee	29
3.2 Tekoälyn ja liiketoiminnan yhteensovittaminen	34
3.3 Ihminen ja tekoäly: Uudet yhteistyön muodot	36
4. Kuinka liikkeelle?	40

1. Johdanto

1.1 Tekoälyn historia: Ihmismäistä tekoälyä etsimässä

Tekoälyn nykytilanteen hahmottaminen vaatii paluuta sen alkujuurille. Tekoälyn historia ulottuu 1950-luvun alkuun, jolloin tietojenkäsittelytieteen pioneeri Alan Turing esitti kuuluisan kysymyksensä "Voivatko koneet ajatella?" Tämä kysymys johti myös Turingin testin kehittämiseen, eli menetelmään arvioida tekoälyn "ihmismäisyyttä". Tästä seuraavina vuosikymmeninä oltiin kuitenkin vielä kaukana nykyisen kaltaisista chatboteista. Tekoälyn varhainen kehitys liittyi pääosin symboliseen laskentaan, eli ongelmien ratkaisemiseen käyttäen symboleja ja merkkejä pelkkien numeroiden sijaan.

Kuilu symbolisen laskennan ja Turingin visioiman ihmismäisen tekoälyn välillä kuroutui umpeen odotuksia hitaammin. Vuosikymmeninä 1970-, 80- ja 90-luvuilla koettiin ns. "tekoälytalvia", jolloin tekoälyn tutkimus ja rahoitus vähenivät merkittävästi, koska tekoälyn käytännön sovellusten edistyminen eivät vastanneet markkinoiden odotuksia.

Tekoäly koki kuitenkin 1990-luvulla uudelleenheräämisen, ja erityisesti koneoppimisen ja syväoppimisen myötä tämä kehitys kiihtyi 2000-luvun alusta lähtien. Koneoppiminen mahdollisti koneiden oppimisen aikaisemmasta datasta. Syväoppiminen toi mukanaan monimutkaisempia neuroverkkoja, jotka pystyivät käsittelemään ja oppimaan suurista datamääristä, imitoiden ihmisaivojen toiminnan peruseräiteitä. Tänä aikana internetillä oli merkittävä rooli tekoälyn kehityksessä, sillä se mahdollisti kasvavien datamäärien, erityisesti "big datan", hyödyntämisen.

1.2 Generatiivinen tekoäly: Uusi tietojenkäsittelyn paradigma

2010-luvulta lähtien on nähty generatiivisen tekoälyn esiinmarssi. Generatiiviset mallit, kuten OpenAI:n ChatGPT, tuottavat tekstiä, kuvia, videoita ja muita sisältötyyppejä. Generatiivista tekoälyä voidaan pitää uudenlaisena paradigmana tietojenkäsittelyssä, koska se avaa ennennäkemättömiä mahdollisuuksia vuorovaikutukseen teknologian kanssa, jossa käyttöliittymänä toimivat luonnollisen kielen kehoitteet eli promptit.

Generatiivisen tekoälyn kehityksessä on taustalla kolme merkittävää tekijää: 1) kasvanut laskentateho (transistorien määrän kasvu, pilvilaskenta, supertietokoneet ja erityisesti GPU-piirien kehitys²), 2) datan ja parametrien määrän lisääntyminen, sekä 3) kriittiset innovaatiot, kuten GAN (Generative Adversarial Networks), transformer-arkkitehtuurit ja diffuusiomallit, joiden toimintaperiaatteita sekä käyttötapauksia avataan tämän dokumentin myöhemmissä luvuissa.

Tekoälyn kehitys näyttää edelleen jatkuvan räjähdysmäisen jyrkkänä. Tekoälyalgoritmien jatkuva kehittyminen ja niiden suorituskyvyn optimointi, kasvava laskentateho ja parametrien määrän lisääntyminen kiihdyttävät tekoälyn kehitystä voimakkaasti eksponentiaaliseen suuntaan³. Myös synteettinen eli

² Nvidia.com: Accelerating AI with GPUs: A New Computing Model

³ [1] Time.com: 4 Charts That Show Why AI Progress Is Unlikely to Slow Down; [2] Ho, A. et al. (2024). Algorithmic progress in language models. *arXiv preprint arXiv:2403.05812*

tietokonealgoritmien avulla luotu data näyttää toimivan mallien kehittämisessä, jolloin edes reaali maailman datan saatavuus ei välttämättä enää muodosta merkittäviä esteitä tekoälyn kehittymiselle⁴. Tällä hetkellä monet tekoälymallit ovat jo ylittäneet ihmisen suorituskyvyn monella eri mittarilla mitattuna, vaikkakin niiden kyky päätellä asioita ”oikeassa maailmassa” on edelleen hyvin rajallinen⁵. Osa uusimmista tekoälymalleista kuitenkin kykenee jo nyt soveltamaan opittuja tietoja uusiin yhteyksiin loogisesti, kuten ihmiset⁶.

Tällä hetkellä kaikki maailman suurimmat teknologiayritykset, kuten Microsoft, Meta, Apple, Nvidia ja Google, ovat tiiviisti mukana generatiivisen tekoälyn kehityksessä. Tekoäly on saavuttanut positiivisen kierteen vaiheen: laskentatehon ja datan määrän kasvu sekä yhä parempien mallien kehittäminen johtaa lisääntyneeseen rahoitukseen ja investointeihin, mikä puolestaan edesauttaa alaa kehittymään entisestään. Tämän kehityksen myötä on syntynyt uusia tekoälyn sovelluksia monilla eri aloilla, mukaan lukien esimerkiksi terveydenhuolto⁷, koulutus⁸ sekä erityisesti luovat alat, kuten sisällöntuotanto ja design⁹.

1.3 Tekoälyn vaikutus työmarkkinoihin ja yhteiskuntaan

Tekoälyn markkinoiden arvo on vauhdikkaassa kasvussa, ja globaalisti sen arvioidaan ylittävän 2 biljoonaa Yhdysvaltain dollaria vuoteen 2030 mennessä¹⁰. Suomessa pelkästään generatiivisen tekoälyn arvioidaan, käyttöönoton nopeudesta riippuen, tuovan jopa 20–25 miljardia euroa BKT:hen seuraavan kymmenen vuoden aikana¹¹. Generatiivisen tekoälyn suurimmat vaikutukset nähdään kohdistuvan markkinointiin ja myyntiin, ohjelmistokehitykseen, asiakaspalveluun sekä hyvin laaja-alaisesti erilaiseen asiantuntijatyöhön. Lisäksi sen ennakoitaan nopeuttavan automaation kehitystä 10 vuodella aiempiin arvioihin nähden¹². Generatiivisen tekoälyn tuoman arvon odotetaan ilmenevän sekä käyttötapauksista syntyvänä tulovaikutuksena että erityisesti tuottavuuden kasvuna¹³.

Nopeasti muuttuva maailma ja teknologinen kehitys synnyttää myös haasteita. Monet tutkijat ja ammattilaiset ovatkin esittäneet huolensa hallitsemattomasta tekoälykehityksestä ja sen vaikutuksesta yhteiskuntaan¹⁴. Yksi merkittävimmistä haasteista on tekoälyn mukanaan tuoma nopea yhteiskunnallinen murros. Esimerkiksi vuoden 2023 World Economic Forumin raportin mukaan seuraavan viiden vuoden

⁴ [1] [Microsoft.com: Orca 2: Teaching Small Language Models How to Reason](#); [2] [Forbes.com: Synthetic Data Is About To Transform Artificial Intelligence](#)

⁵ [1] [Science.org: AI software clears high hurdles on IQ tests but still makes dumb mistakes](#); [2] [Businessinsider.com: GPT-4 can ace the bar, but it only has a decent chance of passing the CFA exams](#)

⁶ [Nature.com: Human-like systematic generalization through a meta-learning neural network](#)

⁷ [Weforum.org: Emerging tech, like AI, is poised to make healthcare more accurate, accessible and sustainable](#)

⁸ [Pcmag.com: Harvard's New Computer Science Teacher Is a Chatbot](#)

⁹ [I AM AI | NVIDIA GTC 2023 | Official Keynote Intro \(YouTube\)](#)

¹⁰ [Fortune Business Insights 2023](#)

¹¹ [ICG: The economic opportunity of AI in Finland \(PDF\)](#)

¹² [McKinsey & Company: Generatiivisen tekoälyn taloudellinen potentiaali Suomelle \(PDF\)](#)

¹³ [McKinsey.com: The economic potential of generative AI: the next productivity frontier](#)

¹⁴ [Futureoflife.org: Pause Giant AI Experiments: An Open Letter](#)

aikana odotetaan tapahtuvan huomattavia rakenteellisia muutoksia työmarkkinoilla, joiden uskotaan vaikuttavan jopa 23 % työpaikoista. Raportin mukaan 673 miljoonasta tarkastellusta työpaikasta ennustetaan 69 miljoonan uuden työpaikan syntymistä ja 83 miljoonan työpaikan katoamista. Nettotuloksena tämä ennuste tarkoittaa siis 14 miljoonan työpaikan vähenemistä, mikä on jopa 2 % nykyisistä työpaikoista. Tekoälyn rooli tässä muutoksessa on keskeinen. Arvioiden mukaan noin 75 prosenttia kyselyyn vastanneista yrityksistä aikoo ottaa käyttöön erilaisia tekoälyratkaisuita. Uusissa työrooleissa ihmiset työskentelevät yhä enemmän yhteistyössä koneiden ja algoritmien kanssa¹⁵.

ICG:n tutkimuksen mukaan Suomessa tekoäly vaikuttaa seuraavan kymmenen vuoden aikana 1,7 miljoonaan työpaikkaan, joista kuudessa prosentissa yli puolet tehtävistä on mahdollista korvata tekoälyllä. Tutkimuksessa arvioidaan, että noin 100 000 työpaikkaa todennäköisesti muuttuu radikaalisti tai häviää kokonaan tekoälyn käyttöönoton seurauksena. Samalla on kuitenkin tärkeää huomata, että huomattava enemmistö työntekijöistä kokee tekoälyn esiinmarssin vaikuttavan positiivisesti heidän työtehtäviinsä. Suomi on myös globaalisti hyvin asemoitunut tekoälyn käyttöönottoon vahvan tutkimusympäristönsä, korkean digitaalisen valmiuden, kattavan tekoälykoulutuksen ja innovatiivisten julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuuksien ansiosta¹¹.

Maailman muuttuessa tekoälyn käytöstä on nopeasti tulossa tärkeä kansalais- ja työelämätaito, ja sen odotetaan asteittain arkipäiväistyvän sekä integroituvan huomaamattomasti erilaisiin sovelluksiin ja järjestelmiin, josta käytännön esimerkkinä toimii Microsoftin Copilot osana Windowsia ja 365-sovelluksia¹⁶. Tekoälyn nopean kehittymisen ja yleistymisen myötä tekoälyn käyttöönotto ja kehittäminen on myös muodostumassa yhä olennaisemmaksi osaksi monien organisaatioiden liiketoimintaa ja strategiaa.

¹⁵ [Weforum.org: The Future of Jobs Report 2023](https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs-report-2023)

¹⁶ [Copilot.microsoft.com](https://copilot.microsoft.com)

2. Tekoäly kiinteistö- ja rakennusalalla: nykytila, haasteet ja esimerkit

Arvioiden mukaan tekoälyn hyödyntäminen KiRa-alalla on haastavampaa kuin monilla muilla toimialoilla¹¹. KiRa-alan syvällisempi tarkastelu on kuitenkin tarpeen, sillä alalta löytyy merkittäviä mahdollisuuksia toiminnan tehostamiseen ja prosessien uudistamiseen. KiRa-alalla on myös useita erityispiirteitä, joiden ansiosta ala on jopa poikkeuksellisen hyvin asemoitunut erilaisiin hyvin edistyneiden tekoälyratkaisuiden kehittämiseen.

Tekoälyn aiempi käyttö alalla antaa lähtökohdan nykyhetken tarkastelulle. Viimeisten noin kuudenkymmenen vuoden aikana tapahtuneen teknologisen kehityksen pohjalta KiRa-alan tekoälyteknologiat voidaan luokitella kolmeen eri kypsyyssluokkaan¹⁷:

- **Taso I, Kypsät teknologiat: tietopohjaiset järjestelmät ja optimointi.** Nämä teknologiat ovat jo vakiinnuttaneet asemansa alalla, tarjoten luotettavia ratkaisuja esimerkiksi prosessien tehostamiseen ja kustannusten optimointiin. Näiden tekoälyratkaisuiden hyötyjen painopiste on usein yrityksen toiminnan tehostamisessa enemmän kuin uuden liiketoiminnan luomisessa tai toimialan mullistamisessa.
- **Taso II, Kehittyvät teknologiat: koneoppiminen sekä automaattinen suunnittelu ja aikataulutus.** Nämä teknologiat edustavat tekoälyn muotoja, joista löytyy KiRa-alalle sekä vakiintuneita ratkaisuita että uusia innovaatioita. Koneoppiminen on keskeinen teknologia, jonka eri muodot toimivat perustana monille tekoälysovelluksille.
- **Taso III, Emergentit teknologiat: Konenäkö, robotiikka ja generatiivinen tekoäly.** Emergenttien teknologioiden keskeinen potentiaali on radikaaleissa innovaatioissa ja KiRa-alan toimintatapojen uudistamisessa. Näiden teknologioiden kehittäminen ja käyttöönotto on kuitenkin uutta ja haastavaa, vaatien organisaatioilta merkittävää kehitystyötä ja uusien kyvykkyyksien omaksumista. Erityisesti generatiivisen tekoälyn ratkaisut edustavat teknologian eturintamaa. Näiden teknologioiden vaikutuksista KiRa-alalle löytyy kuitenkin hyvin vähän käytännön kokemusta tai tutkimusta, jättäen monia avoimia kysymyksiä.

On selvää, että KiRa-alan digitaalinen siirtymä ei toteudu pelkästään perustason (Taso I ja II) tekoälyteknologioiden avulla. Tämän vuoksi tämä selvitys keskittyy erityisesti Tason III teknologioihin, jotka kantavat suurinta innovaatioarvoa ja kehityspotentiaalia. Tekoälyn tuomat edut KiRa-alalle perustuvat kuitenkin kaikkien kolmen teknologiatason – kypsien, kehittyvien ja emergenttien –synergiaan. Tekoälymallit ovat parhaimmillaan toimiessaan yhteistyössä, samankaltaisesti kuin aivojen eri osat, jotka erikoistuvat omiin tehtäviinsä. Generatiivinen tekoäly vaikuttaa olevan tässä ratkaisevassa roolissa, voimistaen jo olemassa olevien tekoälyratkaisuiden potentiaalia.

¹⁷ Soveltaen ja päivittäen Abioye et al. (2021) -tutkimuksen mm. generatiivisen tekoälyn ratkaisulla: *Artificial intelligence in the construction industry: A review of present status, opportunities and future challenges. Journal of Building Engineering, 44, 103299*

Lisäksi KiRa-alan erityisteknologiat, kuten rakennustiedon mallintaminen (BIM) tai digitaalinen kaksonen (digital twin), luovat uusia mahdollisuuksia näiden tekoälymallien sekä niiden yhdistelmien soveltamiselle. Semanttisesti yhteensopiva data, standardit ja muut KiRa-alalle spesifit tekijät, sekä erilaiset alustat ja sovellukset, luovat perustan näiden ratkaisuiden kehittämiseksi.

Tässä piilee KiRa-alan digitalisaation ydin: erilaiset tekoälyratkaisut ja -teknologiat, sekä KiRa-alan jo olemassa olevat ratkaisut, täydentävät toisiaan, ja niiden yhdistelmä voi tuottaa arvoa, joka ylittää yksittäisten osien summan.

2.1 Taso I: Tietopohjaiset järjestelmät ja optimointi

Tietopohjaiset järjestelmät

Klassiset tietopohjaiset järjestelmät hyödyntävät tietokoneiden päätöksentekokykyä käyttäen hyväksi tallennettua tietoa. Nämä järjestelmät voidaan luokitella neljään päätyyppiin: (1) asiantuntijajärjestelmät, jotka sisältävät tietoa tietyltä alueelta ja matkivat ihmisen päätöksentekoa ratkaistakseen ongelmia; (2) tapauspohjaiset päättelyjärjestelmät, jotka etsivät ratkaisuja vertaamalla uusia ongelmia aiempiin; (3) älykkäät opetusjärjestelmät, jotka tarjoavat räätälöityä opetusta; ja (4) tietokannan hallintajärjestelmät, jotka helpottavat tietokantojen hallintaa.

Näiden järjestelmien etuihin kuuluvat esimerkiksi helppo pääsy tietoon, tiedon läpinäkyvyys ja tiedon päivittyksen vaivattomuus, mutta haasteina ovat muun muassa immateriaalioikeuksien suojaaminen, tietoturva ja tiedon validointi. Nykyään tietopohjaisten järjestelmien toiminnallisuudet ovat integroituneet osaksi laajempia järjestelmiä, eikä erillisiä standalone-sovelluksia näistä ratkaisuksista enää yleisesti tarjota.

Optimointi

Optimoinnissa pyritään löytämään parhaat mahdolliset ratkaisut annettujen rajojen sisällä. Monet optimointialgoritmit soveltavat toiminnassaan evoluution periaatteita, jolloin hukkaa pyritään välttämään ja suorituskykyä maksimoimaan olemassa olevilla resursseilla. Vastaavasti optimointi voi tuoda organisaatiolle merkittäviä säästöjä sekä ajan että kustannusten suhteen, koska resursseja samaan lopputulokseen pääsemiseksi kuluu vähemmän optimoinnin ansiosta.

Rakennusteollisuudessa tekoälypohjainen optimointi on ollut tärkeä tutkimuskohde vuosikymmenten ajan. Tämä johtuu pitkälti rakennusteollisuuden pitkäaikaisista haasteista matalien tuottavuustasojen kanssa. Optimointiprosessit voivat kuitenkin olla haastavia suuren laskentatehon tarpeen ja skaalautuvuuden kannalta, erityisesti suurissa ja monimutkaisissa järjestelmissä.

Taso I – esimerkkejä:

- ❖ *Autodesk Construction IQ* on projektinhallintasovellus, joka hyödyntää tietopohjaisen järjestelmän periaatteita ja koneoppimista ennustamaan,

ehkäisemään ja hallitsemaan riskejä esim. rakennusprojektien kustannusten, aikataulun, laadun ja turvallisuuden suhteen¹⁸.

- ❖ *Autodesk Fusion 360* on suunnittelusovellus, joka sisältää muun muassa generatiivisen suunnittelun toimintoja, joiden perusteella suunnitteluratkaisut optimoidaan huomioimalla esimerkiksi suunnitelmien kustannukset, materiaalien käyttö, ympäristövaikutukset ja rakenteiden kestävyys¹⁹.
- ❖ *AI AEC 2023 -konferenssissa* esitelty optimointiratkaisu auttoi teleskoopin suojausrakenteen suunnittelussa, mikä johti parannuksiin teleskoopin massan pienentämisessä sekä vastaavasti sen hydraulisylintereiltä vaaditun voiman vähentämisessä²⁰.
- ❖ *Finch 3D* on kehitysvaiheessa oleva arkkitehtityökalu, joka optimoi rakennuksen pohjapiirustuksia ja designia parametriseen suunnitteluun avulla, mahdollistaen niiden nopean iteroimisen suunnitteluvaiheessa²¹.
- ❖ *R8 Digital Operator* -tekoälyratkaisu säättää lämmityksen, ilmanvaihdon ja ilmastoinnin asetuksia optimoidakseen sisäilman mukavuustason mahdollisimman vähäisin kustannuksin, esimerkiksi suurissa kauppakeskuksissa²².

2.2 Taso II: Koneoppiminen, automaattinen suunnittelu ja aikataulut

Koneoppiminen

Koneoppiminen on tekoälyn keskeinen osa-alue, joka mahdollistaa tietokoneiden oppimisen kokemuksesta tai olemassa olevasta tiedosta ilman suoraa ohjelmointia. Koneoppiminen toimii usein sekä vakiintuneiden (Taso I) että emergenttien (Taso III) tekoälyratkaisujen perustana. Koneoppimisen muodot voidaan jakaa neljään pääluokkaan:

- *Ohjatussa oppimisessa* koneet ennustavat tuloksia annettujen syötteiden ja haluttujen lopputulosten avulla, mikä mahdollistaa ennusteiden tekemisen perustuen aiemmin opittuun dataan. Tämä menetelmä on tehokas, kun data on selkeästi merkitty ja tavoitteet määritellyt. Ohjatun oppimisen avulla voidaan esimerkiksi pyrkiä ennustamaan kiinteistöjen hintakehitystä²³.
- *Ohjaamattomassa oppimisessa* koneet tutkivat ja löytävät itse datan piilotettuja rakenteita, ilman ennalta määriteltäviä vastauksia tai merkintöjä. Tämä mahdollistaa uusien yhteyksien ja ryhmittelyjen löytämisen suurista datamääristä, kuten esimerkiksi erilaisten kaupunkikehityksen trendien tunnistamisen yhteydessä²⁴.

¹⁸ [Autodesk.eu - Construction IQ](https://www.autodesk.com/industry/ai)

¹⁹ [Autodesk.com – Fusion 360](https://www.autodesk.com/industry/ai)

²⁰ [Gradišar, L. & Dolenc, M. \(2023\). Telescope enclosure optimization using machine learned generative design. *AI in AEC 2023*.](#)

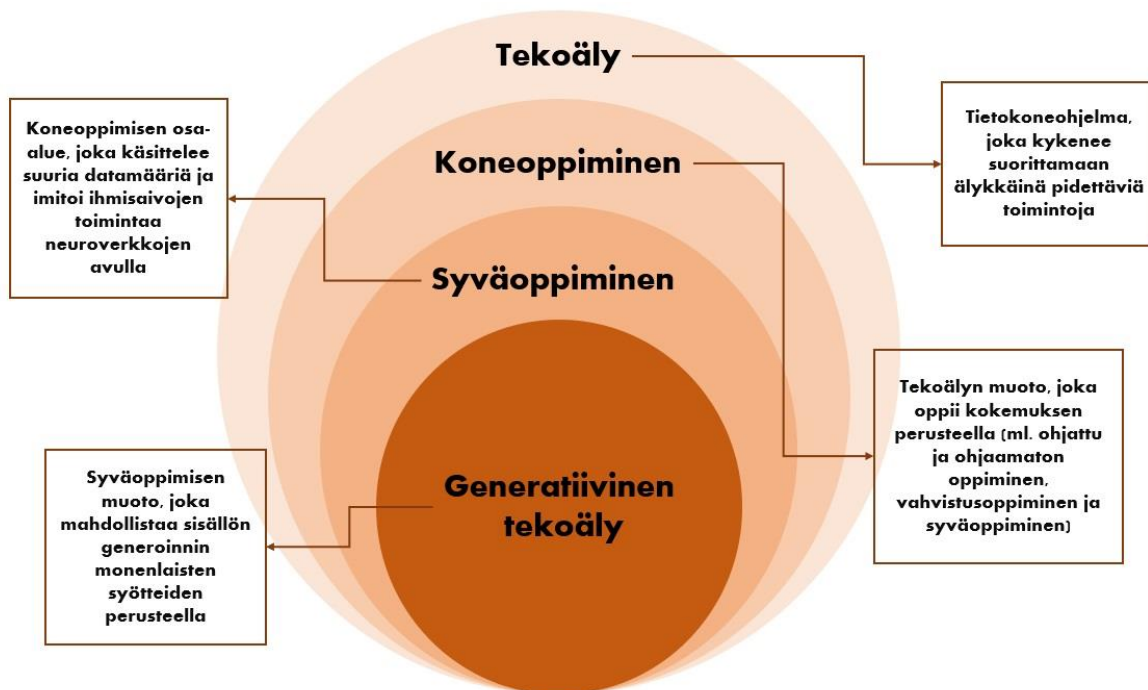
²¹ [Finch3D.com](https://finch3d.com)

²² [R8tech.io](https://www.r8tech.io)

²³ [Matey, V. et al. \(2022\). Real Estate Price Prediction using Supervised Learning. In *2022 IEEE Pune Section International Conference \(PuneCon\)* \(pp. 1-5\). IEEE.](#)

²⁴ [Wang, J., & Biljecki, F. \(2022\). Unsupervised machine learning in urban studies: A systematic review of applications. *Cities*, 129, 103925.](#)

- *Vahvistusoppiminen* keskittyy tekoälyn kykyyn tehdä päätöksiä ja oppia niiden seurauksista, parantaen suorituskykyään saamansa palautteen perusteella. Tämä menetelmä on hyödyllinen kompleksisissa ympäristöissä, joissa oikeat toimintatavat on löydettävä kokeilemalla. Vahvistusoppimista voidaan hyödyntää esimerkiksi robottien kouluttamisessa, jotta ne oppivat suorittamaan tehtäviä tai navigoimaan ympäristössään itsenäisesti²⁵ – tämä prosessi vertautuu esimerkiksi siihen, kuinka lapsi oppii kävelemään erehdyksen ja onnistumisen kautta.
- *Syväoppiminen* käyttää neuroverkkoja mallintamaan ihmisaivojen toimintaa, mikä mahdollistaa monimutkaisten mallien oppimisen ja massiivisten tietomäärien käsittelyn. Rakennus- ja kiinteistöalalla tämä tekniikka on otettu käyttöön esimerkiksi rakenteiden tarkastuksessa ja työmaiden turvallisuutta tarkkailevissa konenäköalgoritmeissa²⁶. Myös generatiivinen tekoäly on yksi syväoppimisen osa-alueista.



Kuva 1. Tekoälyn eri tasot: Koneoppiminen keskeisenä osa-alueena, joka sisältää sekä vakiintuneita ratkaisuita että uusia innovaatioita.

Koneoppimisen haasteita ovat muun muassa datan määrä ja laatu, parametrien tasapainottaminen, laskentatehon vaatimukset mallien kouluttamisessa, sekä mallien skaalautuvuus niiden monimutkaisuuden kasvaessa. On huomioitava, että usein koneoppimismalleja myös kuvataan "mustina laatikkoina", koska emme aina pysty täysin selittämään, miten ne päätyvät tiettyyn lopputulokseen.

²⁵ Kim, D. et al. (2024). Digital twin for autonomous collaborative robot by using synthetic data and reinforcement learning. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 85, 102632.

²⁶ Hou, L. et al. (2021). Deep learning-based applications for safety management in the AEC industry: A review. *Applied Sciences*, 11(2), 821.

Automaattinen suunnittelu ja aikataulutus

Automaattinen suunnittelu ja aikataulutus viittaa tekoälyratkaisuihin, joilla muun muassa analysoidaan projektien aikatauluja, vähennetään suunnittelutyötä sekä parannetaan projektin edistymisen seuranta. Ratkaisujen hyödyt ilmenevät vastaavasti prosessien tehostamisen, tuottavuuden kasvun, suunnittelutyön minimoinnin, seuranta- ja hallintajärjestelmien yksinkertaistamisen sekä aikataulujen virtaviivaistamisen kautta. Haasteisiin kuuluvat esimerkiksi toteutuksen korkeat kustannukset, kompleksisuus, sekä datan reaaliaikainen ja dynaaminen päivittäminen. Kuten tietopohjaisten järjestelmien osalta, myös automaattisen suunnittelun ja aikataulutuksen ratkaisut integroidaan usein osaksi KiRa-alan laajempia järjestelmiä²⁷.

Taso II – esimerkkejä:

- ❖ *Silo AI:n ja Rambollin* yhteistyössä kehittämä koneoppimISRatkaisu keskittyy vesihuollon laadun ennustamiseen ja toiminnan tehostamiseen. Ratkaisu mahdollistaa vesikäsitteilyprosessien tehokkaamman seurannan ja ennakoivan riskienhallinnan²⁸.
- ❖ *Aurivus AI* ymmärtää ja analysoi laserkeilauksia rakennuksista, laitoksista ja tehtaista. Scan-to-BIM-ratkaisu tunnistaa objektit 3D-pistepilvessä koneoppimisen avulla²⁹.
- ❖ *NeRF-teknologia* hyödyntää syväoppimista luodakseen realistisia 3D-objekteja 2D-valokuvista. Tämä tekniikka mahdollistaa nopean ja tehokkaan 3D-mallinnuksen, tarjoten merkittäviä nopeutuksia verrattuna aiempiin menetelmiin³⁰.
- ❖ *3D Gaussian Splatting* mahdollistaa fotorealististen 3D-mallien luomisen valokuvista tai videokuvasta³¹. Menetelmä käyttää koneoppimisen tekniikoita kouluttaakseen ja parantaakseen renderöinnin laatua. Teknologiaa voidaan käyttää esimerkiksi siltojen tai ylikulkuteiden turvallisuustarkastuksiin etänä, valmistelemaan tuhoutuneiden rakennusten uudelleenrakentamista tai suunnittelemaan vaarallisten kohteiden purkamista³².
- ❖ *PredictHQ* on alusta, joka kerää ja analysoi globaalia ja paikallista tapahtumadataa ennustaakseen kysynnän muutoksia tapahtuma- ja palvelualalla³³.
- ❖ *Versatile'n* AI- ja IoT-alusta tehostaa rakennustyömaiden toimintaa tarjoamalla reaaliaikaista dataa ja analytiikkaa työmaanostureista, parantaen tuottavuutta ja lyhentäen projektien aikatauluja³⁴.

²⁷ [Trimble.com: Get complete visibility of all moving project pieces to create optimal construction project schedules](#)

²⁸ [Silo.ai: How artificial intelligence is transforming the water sector: Case Ramboll](#)

²⁹ [Aurivus.com](#)

³⁰ [Blogs.nvidia.com: NVIDIA Research Turns 2D Photos Into 3D Scenes in the Blink of an AI](#)

³¹ [3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering \(YouTube\)](#)

³² [Inria.fr: Creating stunning real time 3D scenes: the breakthrough of 3D Gaussian Splatting](#)

³³ [PredictHQ](#)

³⁴ [Versatile.ai](#)

2.3 Taso III: Konenäkö, robotiikka ja generatiivinen tekoäly

Konenäkö

Konenäkö on ihmisen näkökyvyn digitaalinen vastine, joka pystyy muuntamaan visuaalisen maailman koneiden ymmärtämäksi dataksi. Tämän vuoksi konenäön käyttötapaukset painottuvat usein erilaisin visuaalisiin tehtäviin tai ongelmanratkaisuun, alkaen teollisuuden automaattisista tuotantolinjoista ja itseohjautuvista ajoneuvoista dokumenttien analysoimiseen. Kehittyessään konenäkö sulautuu yhä syvemmin päivittäin käytössä oleviin teknologioihin, kuten matkapuhelimiin, tarjoten muun muassa kasvojentunnistusta, lisätyn todellisuuden sovelluksia tai yhä älykkäämpiä kameratoimintoja.

Konenäön tarjoamat hyödyt KiRa-alalla liittyvät muun muassa prosessien tai työtehtävien automaattiseen tarkastukseen ja valvontaan. Konenäkö on usein myös kustannustehokas ratkaisu, joka esimerkiksi vähentää virheiden ja vahinkojen riskiä, samalla kun se lisää tuottavuutta optimoimalla toimintoja. Konenäön haasteisiin kuuluvat esimerkiksi kokonaisvaltainen ympäristön ymmärtäminen, laitteiden ja työntekijöiden toiminnan tunnistaminen, sekä seurannan tarkkuuden parantaminen ja seurantatulosten tehokas ja reaaliaikainen visualisointi käyttäjäystävällisessä muodossa.

Konenäköalgoritmien suorituskyky on ottanut lähivuosina merkittäviä harppauksia generatiivisen tekoälyn myötä, koska nämä teknologiat ovat tehneet mahdolliseksi aiempaa monimutkaisempien ja realistisempien kuvien generoinnin ja analysoinnin, mikä puolestaan on syventänyt koneiden kykyä "nähdä" ja ymmärtää visuaalista dataa³⁵.

Robotiikka

Robotiikka sisältää robottien suunnittelun, valmistuksen, käytön ja ylläpidon, ja se käyttää kehittyneitä algoritmeja ihmisen toimintojen tai muiden fyysisten prosessien jäljittelemiseen. Robottien käyttö KiRa-alalla kattaa esimerkiksi dronejen hyödyntämisen ilmakuvauksessa, 3D-tulostuksen rakenteiden valmistuksessa ja purkurobotit vaativissa purkutöissä.

Lähitulevaisuudessa robottien odotetaan saavan yhä ihmismäisempiä piirteitä ja suoriutuvan yhä monimutkaisimmista tehtävistä. Niiden on kyettävä liikuttamaan itseään sujuvasti suhteessa ympärilleen mallintamiinsa kohteisiin, kuten ihmisiin, esineisiin tai rakennuksiin, sekä osallistumaan vuorovaikutukseen näiden kohteiden kanssa reaaliajassa hyödyntämällä eri modaaliteetteja, kuten ääni, näkö, puhe tai tuntoaisti. Useat tutkijat pitävät robotteja tekoälyn kehityksen kannalta keskeisenä teknologiana, koska niiden toiminta monimuotoisessa, fyysisessä ympäristössä antaa tekoälylle mahdollisuuden oppia ja kehittyä tavoilla, joka simuloi ihmisen älykkyyden kehittymistä³⁶.

³⁵ [Towardsdatascience.com: Five GANs for better image processing](https://towardsdatascience.com/five-gans-for-better-image-processing/)

³⁶ [Technologyreview.com: "We'll never have true AI without first understanding the brain"](https://technologyreview.com/2019/04/23/417111/we-ll-never-have-true-ai-without-first-understanding-the-brain/)

Robottiikan KiRa-alalle tuomat hyödyt sisältävät muun muassa parantuneen turvallisuuden, lisääntyneen tuottavuuden, parantuneen laadun ja tarkkuuden sekä ihmisiin verrattuna nopeamman ja johdonmukaisemman suorituskyvyn. Robottiikan haasteisiin kuuluvat korkeat alkukustannukset, automaation myötä mahdollisesti syntyvä työpaikkojen väheneminen, ylläpito- ja korjauskustannukset sekä haasteet sopeutumisessa monimutkaisiin ja vaihtuviin työympäristöihin. Robottiikan keskeisiin haasteisiin kuuluvat myös vahvistusoppimisen ongelmat, koska kokeilun, onnistumisen ja erehdyksen kautta tapahtuva oppiminen fyysisessä maailmassa on hidasta ja monimutkaista. Fyysistä maailmaa voidaan kuitenkin tarvittaessa simuloida, jonka avulla robotteja voidaan kouluttaa synteettisellä³⁷, tai esimerkiksi videodatalla³⁸, välttämällä näin tarpeen oppia ”todellisessa maailmassa”.

Generatiivinen tekoäly

Generatiivinen tekoäly on osoittautunut tekoälyn kehityksen ”puuttuvaksi palaseksi”. Se mahdollistaa työnteon muotoja, jotka aiemmin miellettiin vain ihmisille ominaisiksi, kuten erilaisten sisältöjen – tekstien, kuvien, 3D-mallien, musiikin ja koodin – luomisen ja analysoinnin. Vastaavasti generatiivisen tekoälyn odotetaan muuttavan organisaatioiden vielä hyödyntämättömät ei-rakenteelliset datavarannot (suunnittelumallit, luonnokset, videot, kuvat, raportit, jne.) arvokkaiksi resursseiksi, koska ihmisistä poiketen tekoäly kykenee käsittelemään massiivisia tietomääriä nopeasti ja tehokkaasti. KiRa-alalla generatiivinen tekoäly pääsee kuitenkin parhaiten oikeuksiinsa, kun se integroidaan osaksi sekä nykyisiä tekoälyratkaisuja että alalla jo käytössä olevia järjestelmiä, teknologioita ja datavarantoja.

Generatiivisen tekoälyn kehityksessä koettiin merkittäviä läpimurtoja erittäin lyhyessä ajassa viime vuosikymmenellä, erityisesti vuosien 2014 ja 2017 välisenä aikana³⁹. Tämä kehitys siirtyi käytännön tasolle OpenAI:n ChatGPT:n myötä, jonka julkaisu marraskuussa 2022 toi teknologian suuren yleisön ulottuville. Generatiivisen tekoälyn kolme kriittisintä innovaatiota tältä ajanjaksolta ovat GAN-verkot (Generative Adversarial Network), diffuusiomallit ja transformer-arkkitehtuuri:

- *GAN-verkot* koostuvat kahdesta yhteen liitetystä osasta: generaattorista ja luokittelijasta. Generaattorin tavoitteena on luoda uutta dataa, jonka se pyrkii esittämään aitona luokittelijalle. Luokittelijan tehtävänä on erottaa tämä keinotekoisesti luotu data aidosta. Toiminnaltaan GAN-verkot perustuvat siis näiden kahden komponentin väliseen kilpailuun. GAN-verkot ovat tehokkaita tuottamaan realistisia kuvia sekä tarvittaessa ääntä ja tekstiä. GANien haasteena on näytteiden rajallinen monimuotoisuus. Tämän vuoksi ne sopivat parhaiten erityisalojen datan generointiin, esimerkiksi konenäön koulutusdatan tuottamisessa.
- *Diffuusiomallit* perustuvat datan asteittaiseen muuttamiseen rakenteellisesti monimutkaisemmaksi, mahdollistaen realistisen ja yksityiskohtaisen sisällön

³⁷ [Nvidia Special Address at CES 2024 \(YouTube\)](#)

³⁸ [Ai.meta.com: Robots that learn from videos of human activities and simulated interactions](#)

³⁹ [1] [Towardsdatascience.com: Generative Adversarial Networks – History and Overview](#); [2] [Appliedphysics.stanford.edu: Surya Ganguli's work on diffusion models powers modern AI tools like DALL-E](#); [3] [Forbes.com: Transformers Revolutionized AI. What Will Replace Them?](#)

luomisen. Ne siis lähestyvät GAN-verkkojen kanssa samaa ongelmaa, mutta eri näkökulmasta käsin. Diffuusiomalleja käytetään niiden luotettavuuden, vakauden ja skaalautuvuuden vuoksi monissa yleisissä kuvien generointisovelluksissa, kuten Midjourney ja DALL·E.

- *Transformer-arkkitehtuuri* on merkittävä edistysaskel luonnollisen kielen käsittelyn (Natural Language Processing, NLP) saralla. Keskeinen osa tätä teknologiaa on erityinen huomiomekanismi, joka auttaa tekoälymallia tunnistamaan ja keskittymään tärkeimpiin tietoihin suurista datamääristä. Se on tehnyt mahdolliseksi esimerkiksi tekstien syvällisemmän ymmärtämisen ja niiden kontekstin huolellisen analysoinnin. Tunnettuja transformer-arkkitehtuuria hyödyntäviä sovelluksia ovat muun muassa OpenAI:n ChatGPT ja Googlen Gemini.

Vielä muutama vuosi sitten luonnollisen kielen käsittely oli KiRa-alan vähiten tutkittu tekoälyn osa-alue¹⁷. Nyt generatiivinen tekoäly on muuttanut tilanteen päälaelleen. Generatiivinen tekoäly luo täysin uudenlaisen vuorovaikutuksen ihmisen ja koneen välille. Se mahdollistaa muun muassa toistuvien tietotyötehtävien automatisoinnin, sekä uusien työroolien kehittämisen ihmisten ja algoritmien välille⁴⁰. Kielitä ymmärtävä tekoäly tarjoaa myös mielenkiintoisia mahdollisuuksia teknisesti vähemmän osaavien henkilöiden osallistumiselle eri prosesseihin ilman tarvetta monimutkaisten järjestelmien syvälliselle osaamiselle.

Kielimalli voi olla kytköksissä muihin generatiivisen tekoälyn sovelluksiin ja sisältöihin seuraavasti:

- Text-to-text: Muuntaa tekstin toiseksi tekstiksi, kuten hajanaisen tekstidatan muuntaminen raportiksi tai sopimus pohjaksi.
- Text-to-image: Luo tekstikuvauksen perusteella kuvia, kuten sisustusta ja designia⁴¹.
- Text-to-video: Tuottaa tekstistä videoita, esimerkiksi mainoskäyttöön⁴².
- Text-to-audio: Tuottaa tekstistä esimerkiksi musiikkia⁴³ tai puhuttuja uutisia⁴⁴.
- Text-to-3D: Muuttaa tekstikuvaukset 3D-malleiksi, esimerkiksi suunnittelussa⁴⁵.
- Text-to-task: Suorittaa tehtäviä tekstisyötteen perusteella, kuten kysymyksiin vastaaminen, hakuoperaatioiden suorittaminen tai ennusteiden tekeminen.

Näiden toiminnallisuuksien seurauksena kielimallien voima piilee niiden kyvyssä ymmärtää, päätellä ja tuottaa tietoa ja sisältöä hyvin monipuolisilla tavoilla. Generatiivisen tekoälyn odotetaan tuovan KiRa-alalle merkittäviä uusia

⁴⁰ [1] Dell'Acqua et al. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality. *Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper*, (24-013); [2] Saka et al. (2023). Conversational artificial intelligence in the AEC industry: A review of present status, challenges and opportunities. *Advanced Engineering Informatics*, 55, 101869.

⁴¹ [Resources.nvidia.com](https://resources.nvidia.com): A Textured Approach: NVIDIA Research Shows How Gen AI Helps Create and Edit Photorealistic Materials

⁴² [1] [Runwayml.com](https://runwayml.com); [2] [Blog.adobe.com](https://blog.adobe.com): Reimagining our video and audio tools with Adobe Firefly; [3] [OpenAI.com](https://openai.com): Creating video from text (Sora)

⁴³ [Udio.com](https://ud.io)

⁴⁴ [Elevenlabs.io](https://elevenlabs.io)

⁴⁵ [Nvidia.com](https://nvidia.com): 3D by AI: Using Generative AI and NeRFs for Building Virtual Worlds

mahdollisuuksia eri sidosryhmille (omistajat, arkkitehdit, suunnittelijat, urakoitsijat, hankinta, logistiikka, rakennuttajat, jne.) rakennuksen eri elinkaaren vaiheissa⁴⁶:

- *Tarveselvitys ja hankesuunnitteluvaiheessa* tekoäly voi auttaa mm. toiminnan tilavaatimusten ja vaihtoehtojen määrittelyssä, projektin budjetin ja aikataulun määrittelyssä sekä projektiohjelman luomisessa. Lisäksi voidaan luoda visuaalisia esityksiä esimerkiksi tontin käytön vaihtoehtoista sekä liikennejärjestelyistä.
- *Suunnitteluvaiheessa* tekoäly voi auttaa muun muassa luomaan vaihtoehtoisia ehdotus- ja yleissuunnitelmia, automatisoimaan kustannusarviot ja kehittämään riskianalyysijä.
- *Hankintavaiheessa* tekoäly tarjoaa esimerkiksi mahdollisuuksia luoda ja visualisoida materiaalitoimitusten aikatauluja ja generoida tai analysoida tarjouspyyntöjä eri standardien ja viitekehysten mukaisesti. Ne voivat myös esimerkiksi tehostaa sekä automatisoida tuotetiedon hallintaa.
- *Rakentamisvaiheessa* tekoäly voi esimerkiksi tukea projektidokumentaation hallintaa, kuten asiakirjojen luomista ja kääntämistä. Se voi myös luokitella ja ryhmitellä asiakirjoja aliurakoitsijoiden, projektivaiheiden, asiakirjatyypin, materiaalien, toimitusketjun ja muiden vastaavien kriteerien perusteella. Tekoäly voi auttaa tilannekuvan muodostamisessa ja tunnistamaan turvallisuusriskejä esimerkiksi drone-integraation avulla. Lisäksi se voi tukea laadunvalvontaa vertaamalla suoritettuja tehtäviä projektin määrittelyihin tunnistukseen puutteita ja poikkeamia, sekä tuottaa kohdennettua turvallisuuskoulutusmateriaaleja.
- *Ylläpito- ja kunnossapitovaiheessa* tekoälystä saattaa olla apua esimerkiksi huolto-ohjelmien ja ennakoivan kunnossapito-ohjelman generoinnissa. Lisäksi se voi tuottaa energiankulutusraportteja tai tarjota chatbotin, joka avustaa käyttäjiä kiinteistön käyttöön liittyvissä asioissa.

Monissa eri rakentamisen vaiheissa lisäksi korostuu generatiivisen tekoälyn potentiaali esimerkiksi BIM-mallien käyttöliittymänä⁴⁷, sekä ihmisen ja robotin välisen vuorovaikutuksen parantamisessa⁴⁸. Esille nousee myös esimerkiksi ESG-raportoinnin, ainakin osittainen, automatisointi läpi rakennusprojektin toimitusketjun⁴⁹. Ratkaisussa tekoäly voisi esimerkiksi verrata kerättyä tietoa ESG:n ja muiden raportointistandardien vaatimuksiin, tunnistaa mahdolliset tiedon puutteet ja esitäyttää raportit käytettävissä olevan datan perusteella.

⁴⁶ Ghimire et al. (2023). Generative ai in the construction industry: Opportunities & challenges. *arXiv preprint arXiv:2310.04427*.

⁴⁷ [1] Rane et al. (2023). Integrating Building Information Modelling (BIM) with ChatGPT, Bard, and similar generative artificial intelligence in the architecture, engineering, and construction industry: applications, a novel framework, challenges, and future scope; [2] Ghimire et al. (2024). Opportunities and Challenges of Generative AI in Construction Industry: Focusing on Adoption of Text-Based Models. *Buildings*, 14(1), 220; [3] Wang et al. (2022). Improving knowledge capture and retrieval in the BIM environment: Combining case-based reasoning and natural language processing. *Automation in Construction*, 139, 104317.

⁴⁸ DeepMind.Google: Scaling up learning across many different robot types

⁴⁹ [1] Thomson Reuters: Unlocking digital transformation and AI in supply chain transparency; [2] C3.ai: How AI Is Turning ESG Into a Business Opportunity

Generatiivisen tekoälyn kehittämiseen ja käyttöönottoon liittyy myös useita haasteita, kuten:

- Generatiivisen tekoälyn perusmallien (foundation models) kouluttaminen vaatii erittäin suurta laskentatehoa. Esimerkiksi suomalainen Silo AI käyttää Poro-kielimallin kehityksessä Kajaanissa sijaitsevaa Euroopan nopeinta supertietokonetta Lumia⁵⁰.
- Generatiivisen tekoälyn ala- ja organisaatiokohtainen hienosäätäminen vaatii substanssiosaajien tiivistä mukanaoloa mallien koulutusprosessissa.
- "Mustan laatikon" ongelma tekee tekoälyn päätöksenteon ymmärtämisestä sekä mallien parametrien tasapainottamisesta haastavaa.
- Mallit vaativat aina hienosäätöä, kun ympäristö (esim. termistö, sisällöt) muuttuvat⁵¹.
- Alakohtaisesti räätälöidyt mallit myös tarvitsevat korkealaatuista dataa toimiakseen, mutta kaikki data ei kelpaa koulutukseen, ja joillakin toimijoilla dataa on niukasti.
- Mallien koulutukseen liittyy IPR-oikeuksien ja regulaatioiden riskejä, jolloin datan lisenssit ym. on syytä ottaa huomioon⁵².
- Mallit saattavat "hallusinoida", jolloin ne tuottavat epätarkkaa tai kokonaan keksittyä tietoa, mikä heikentää niiden luotettavuutta. Tätä voidaan minimoida muun muassa mallin tarkalla ja alakohtaisella kouluttamisella⁵³.
- Mallien laajuuden vuoksi sisällön tuottamisessa voi ilmetä viiveitä, mikä on haaste erityisesti reaaliaikaista vuorovaikutusta vaativissa sovelluksissa. Pienempiä malleja voi kuitenkin ajaa lokaalisti käyttäjän omalta laitteelta, joka mahdollistaa lähes reaaliaikaisen nopeuden lisäksi paremman tietoturvan⁵⁴.
- Uudet tietoturva-asteet, kuten "kehotteen injektiohyökkäys" (prompt injection) saattavat uhata kielimallien datan tietoturvaa⁵⁵.
- Generatiivisen tekoälyn integroiminen liiketoimintaan nostaa esiin monia sosioteknisiä haasteita ja kysymyksiä, jotka vaativat vielä paljon tutkimusta. Esimerkiksi "talk-to-data" -käyttötapauksessa työntekijä ei välttämättä tarkista tiedon alkuperäislähdettä, vaikka se hänelle esitetään⁵⁶.

Taso III - esimerkkejä:

Konenäkö:

- ❖ *OpenSpace* tarjoaa 360-asteen kuviin perustuvan rakennuskuvadokumentoinnin, joka tallentaa ja linkittää kuvat automaattisesti projektisuunnitelmaan sekä rakennuksen tietomalliin⁵⁷.

⁵⁰ [Tivi.fi: Euroopan nopein Lumi-supertietokone kouluttaa paraikaa uutta suomalaista tekoälyä – uusi perusta tarjoaa vaihtoehdon jenkkiäteille](#)

⁵¹ [Research.ibm.com: What is retrieval-augmented generation?](#)

⁵² [Tivi.fi: ChatGPT:n kehittäjä jälleen vaikeuksissa – epäillään GDPR:n rikkomisesta](#)

⁵³ [Developer.nvidia.com: RAG 101: Demystifying Retrieval-Augmented Generation Pipelines](#)

⁵⁴ [1] [Nvidia.com: ChatRTX](#); [2] [Zefort.com: The rise of local LLMs – What to look out for in 2024](#)

⁵⁵ [Arstechnica.com: AI-powered Bing Chat spills its secrets via prompt injection attack](#)

⁵⁶ [Dell'Acqua, F., 2022. Falling asleep at the wheel: Human/AI Collaboration in a Field Experiment on HR Recruiters. Working paper.](#)

⁵⁷ [Openspace.ai](#)

- ❖ *Hosta A.I.* mahdollistaa asuin- ja liikekiinteistöjen etäarvioinnit valokuvien perusteella⁵⁸.
- ❖ *Samsungin Ballie-robotti* toimii älykkään kodin henkilökohtaisena kotiaivustajana, liikkuen itsenäisesti kotona suorittaen erilaisia tehtäviä. Se yhdistää ja hallinnoi kodinkoneita, soittaa musiikkia, projisoi videoita, oppii käyttäjien tavoista tarjoten älykkäämpiä, personoituja palveluita ja lähettää videoita lemmikeistä tai läheisistä kun käyttäjä on poissa. KiRa-alalla vastaava konseptia voitaisiin soveltaa esimerkiksi palveluasumisen kontekstissa⁵⁹.
- ❖ *AirWorks* tallentaa korkean resoluution ilmakuvia ja dataa, jotka käsitellään ja analysoidaan koneoppimisalgoritmeja käyttäen tarkkojen 2D-karttojen, 3D-mallien ja topografisten kartoitusten luomiseksi⁶⁰.
- ❖ *DroneDeploy* on alusta, joka yhdistää ja analysoi dataa koneoppimisen avulla erilaisista kuvälähteistä, kuten droneista, roboteista, 360-kameroista tai matkapuhelimista⁶¹.
- ❖ *GeoAI* on ohjelmisto, joka hyödyntää konenäköä ja koneoppimista maantieteellisen datan keräämiseen ja analysointiin, mukaan lukien satelliittikuvat, videot, pistepilvet ja geotieteellinen data (esim. teksti), vähentäen merkittävästi manuaalisen datan keruun tarvetta. Ohjelmiston avulla voidaan esimerkiksi tunnistaa rakennuksia satelliittikuvista tai ennustaa aluekohtaisia riskejä, kuten tulvia tai maanvyörymiä⁶².

Robottiikka:

- ❖ *Dusty Roboticsin FieldPrinter-robotti* automatisoi digitaalisen rakennusmallin siirron suoraan rakennustyömaan lattialle 1/16 tuuman tarkkuudella, varmistuen, että kaikki rakentavat saman datan pohjalta, yksityiskohtaisten ohjeiden, räätälöityjen viivojen, värien, yms. avulla⁶³.
- ❖ *Figure 01* on maailman ensimmäinen kaupallisesti elinkelpoinen itsenäisesti toimiva humanoidirobotti, joka on suunniteltu ihmisen muotoon, jotta se voi avata ovia, käyttää työkaluja, liikkua tehokkaasti ja auttaa monenlaisissa tehtävissä. Yhtiö on muun muassa allekirjoittanut yhteistyösopimuksen BMW Manufacturingin kanssa sijoittaakseen humanoidirobottejaan autonvalmistajan Yhdysvaltain tehtaalle⁶⁴.
- ❖ *1X Technologies* suunnittelee humanoidirobotteja, jotka työskentelevät ihmisten rinnalla vastatakseen eri alojen työvoimatarpeisiin. Robotit ymmärtävät ja jakavat tehtävän vaiheet, kuten laatikon nostamisen ja siirtämisen, ja saavat kokemusta jokaisesta suoritetusta tehtävästä, mikä tekee niistä ajan myötä tehokkaampia⁶⁵.
- ❖ *NVIDIA Omniverse™ Isaac Sim* on alusta, joka yhdistää tekoälymallit ja erilaiset teknologiat, luoden esimerkiksi 2D-pohjakuvista nopeasti 3D-malleja ja objekteja.

⁵⁸ [Hosta.ai](https://www.hosta.ai)

⁵⁹ [Ballie: Your perfect home #AICompanion | Samsung \(YouTube\)](https://www.youtube.com/watch?v=...)

⁶⁰ [Airworks.io](https://www.airworks.io)

⁶¹ [Dronedeploy.com](https://www.dronedeploy.com)

⁶² [1] [Esri.com](https://www.esri.com): GeoAI; [2] Li, W., & Hsu, C. Y. (2022). GeoAI for large-scale image analysis and machine vision: Recent progress of artificial intelligence in geography. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(7), 385.

⁶³ [Dustyrobotics.com](https://www.dustyrobotics.com)

⁶⁴ [Figure.ai](https://www.figure.ai)

⁶⁵ [1x.tech](https://www.1x.tech)

Nämä mallit voivat toimia muun muassa robottien virtuaalisena koulutusalueena ja tukevat älykkäiden rakennusten kehitystä KiRa-alalla, integroiden robotiikan osaksi rakennusten toiminnallisuutta⁶⁶.

Visuaalinen sisällöntuotanto ja suunnittelu:

- ❖ *Skema AI* on tekoälypohjainen ohjelmisto, joka automatisoi suunnitteluprosessin toistuvia tehtäviä ja mahdollistaa nopean, yksityiskohtaisten Revit-mallien luonnin aiempien suunnitelmien pohjalta. Tällöin esimerkiksi aiempaa konseptisuunnittelua ja BIM-dataa ei tarvitse hylätä, vaan sitä voidaan käyttää uusien layoutien pohjana ja tekoälyn koulutusmateriaalina⁶⁷.
- ❖ *Visoid* on generatiivista tekoälyä hyödyntävä visualisointiohjelmisto, joka on suunniteltu arkkitehteille ja alan ammattilaisille nopeuttamaan ja yksinkertaistamaan projektien visualisointia. Työkalun avulla käyttäjät voivat esimerkiksi kokeilla erilaisia materiaaleja, valaistusta ja vuodenaikoja sekä iteroida kuvia lisäten tai poistaen elementtejä projektinsa kehittämiseksi⁶⁸.
- ❖ *ArchitectGPT* tarjoaa tavan suunnitella ja visualisoida tiloja, antaen käyttäjille mahdollisuuden kokeilla erilaisia teemoja, materiaaleja ja valaistusta sekä luoda yksilöllisesti räätälöityjä huoneita⁶⁹.
- ❖ *TileGPT* on Autodesk Researchin kehittämä suunnittelutyökalun prototyyppi, joka mahdollistaa generatiivisen tekoälyn käytön suunnitteluprosessin nopeaan iteroimiseen ja optimointiin, kuten suorituskykyyn perustuvan rakennusmassan, tontin suunnittelun, julkisivujen asetelujen ja muun generoinnin⁷⁰.
- ❖ *Mae Architects* käyttää sekä generatiivisen suunnittelun että generatiivisen tekoälyn työkaluja arkkitehtonisen suunnitteluprosessin tehostamiseksi ja uudistamiseksi. Tämä yhdistetty lähestymistapa tekee mahdolliseksi ideoiden nopean kokeilun ja jatkokehittelyn, tarjoten samalla myös tarkkaa dokumentointia⁷¹.
- ❖ *ArkoAI* uudistaa havainne- ja suunnittelukuvien renderöintiprosessin generatiivisella tekoälyllä, tehden siitä nopeampaa ja käyttäjäystävällisempää⁷².
- ❖ *Matterport Genesis* hyödyntää generatiivista tekoälyä rakennusten digitaalisten kaksosten luomisessa ja muokkaamisessa. Ratkaisu kattaa useita käyttötapauksia, kuten sisätilojen ja rakennusten suunnittelun ja tilankäytön optimoinnin, sekä energiatehokkuuden, ylläpidon ja korjausten, ja turvallisuuden parantamisen⁷³.

Kielimallit:

- ❖ *Klarna* on kehittänyt OpenAI:n teknologiaan perustuvan tekoälyavustajan, joka on yhden kuukauden aikana hoitanut 2,3 miljoonaa asiakaskeskustelua ja vastaa

⁶⁶ [NVIDIA Special Address at CES 2024 \(YouTube\)](#)

⁶⁷ [Skema.ai](#)

⁶⁸ [Visoid.com](#)

⁶⁹ [ArchitectGPT.io](#)

⁷⁰ [Autodesk.com: TileGPT: Generative AI Tools for Intuitive Building Design Exploration](#)

⁷¹ [Architectsjournal.co.uk: Generative design vs generative AI: a guide to the basics](#)

⁷² [Arko.ai](#)

⁷³ [Matterport.com: Matterport Announces Genesis: A Generative AI Initiative to Transform How Buildings are Designed, Built, and Managed](#)

tehokkuudeltaan 700 henkilön työpanosta. Avustaja on parantanut asioiden ratkaisun tarkkuutta 25 %, lyhentänyt ratkaisuaikoja ja tukee yli 35 kieltä 23 eri markkinalla. Arvioiden mukaan ratkaisu tuo Klarnalle 40 miljoonaa dollaria lisävoittoa vuonna 2024⁷⁴. Vastaavanlaisia chatbotteja voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kiinteistöalalla asiakaspalvelussa tai huollon tukena.

- ❖ *AWS:n* ja *C3 AI:n* tarjoamat ratkaisut demonstroivat, kuinka generatiivista tekoälyä voidaan käyttää ESG-datan hallinnassa. Nämä ratkaisut käyttävät hyväkseen kielimallia, joka mahdollistaa ESG-datan haun, analysoinnin ja raportoinnin tehostamisen sekä automatisoinnin. Kielimalli toimii käyttöliittymänä, mikä helpottaa monimutkaisen ja hajanaisen datan käsittelyä. Hallusinoitiriskin minimoimiseksi kielimalli ei tuota ESG-tietoa suoraan, vaan toimii välittäjänä käyttäjän ja ESG-datan välillä⁷⁵.
- ❖ *Inclus AI* on riskienhallintatyökalu, joka auttaa tunnistamaan liiketoiminnan riskejä ja suunnittelemaan niiden hallintatoimia. Tuotteen osalta tarkoituksena on myöhemmin edetä kohti riskienhallintaan liittyvää tekstin- ja sisällönanalyysiä sekä erilaisten riskiprofiilien ennustamista⁷⁶.
- ❖ *ClickUp Brain* on generatiivista tekoälyä hyödyntävä tietotyöalusta, joka hallitsee tehtäviä, asiakirjoja ja yritystietämystä. Alustan työkalut esimerkiksi vastaavat työtehtäviä, asiakirjoja ja projekteja koskeviin kysymyksiin, automatisoivat projektien hallinnan ja seurannan, tehostavat sisällöntuotantoa ja viestintää, sekä tarjoavat kirjoitusapua ja oikolukua⁷⁷.
- ❖ "*15-Minute-City*" -on Digital Blue Foam in kehittämä generatiivisen tekoälyn sovellus, joka automatisoi kaupunkisuunnittelukonseptien luonnin käyttäen luonnollista kieltä. Sovellus perustuu 15-Minute City -periaatteisiin ja räätälöi suunnittelukonsepteja eri sijainteihin ja projekteihin⁷⁸.
- ❖ *Rakennustiedon ChatGPT-tekoälyassistentti* tukee rakennusalan ammattilaisia ohjaamalla heidät nopeasti oikean ja luotettavan tiedon lähteille. Tekoälyassistentti hyödyntää RT-kortiston tietosisältöä vastatakseen kysymyksiin ja opastamaan käyttäjiä liittyvien RT-ohjekorttien pariin. Assistentti on vielä kehitysvaiheessa⁷⁹.

2.4 Multimodaalinen tekoäly ja Moravec in paradoksi

Multimodaalinen tekoäly viittaa tekoälyjärjestelmiin, jotka pystyvät käsittelemään ja ymmärtämään useita erilaisia datalähteitä tai -modaliteetteja, kuten tekstiä, kuvia, ääntä ja videoita. Sen sijaan, että tekoäly olisi rajoittunut yhdenlaiseen dataan – esimerkiksi pelkästään tekstiin tai pelkästään kuviin – multimodaaliset järjestelmät kykenevät tulkitsemaan ja yhdistelemään tietoa monipuolisesti eri lähteistä. Multimodaalisten mallien odotetaan integroituvan keskeiseksi osaksi puhelinten,

⁷⁴ Klarna.com: Klarna AI assistant handles two-thirds of customer service chats in its first month

⁷⁵ [1] AWS re:Invent 2023 - Using AI for ESG reporting and data-driven decision-making (SUS204) (YouTube); [2] C3 AI: Using Generative AI for ESG Insights (YouTube)

⁷⁶ [Inclus.com](https://inclus.com)

⁷⁷ [Clickup.com/ai](https://clickup.com/ai)

⁷⁸ [Digitalbluefoam.com](https://digitalbluefoam.com): Generative Pre-trained Transformers for 15-Minute City Design

⁷⁹ [Rakennustieto.fi](https://rakennustieto.fi): RT-kortiston ChatGPT-tekoälyassistentti ohjaa oikeaan ja luotettavaan tietoon

tietokoneiden ja muiden järjestelmien käyttöliittymiä ja käyttökokemusta jo kuluvan vuoden aikana⁸⁰.

Yksinkertainen esimerkki multimodaalisesta tekoälystä on kuvien generoiminen ChatGPT:llä: Käyttäjä esittää kirjoittamalla tai puhumalla idean kuvasta ChatGPT:lle, joka sen jälkeen automaattisesti luo räätälöityjä ja tarkkoja kehoitteita DALL·E 3:lle, mikä puolestaan tuottaa halutun kuvan. Tässä prosessissa luonnollinen kieli toimii käyttöliittymänä sekä kieltä käsittelevälle transformer-mallille (ChatGPT) että kuvia käsittelevälle diffuusiomallille (DALL·E 3)⁸¹. Lisäksi ChatGPT:n avulla voidaan esittää kysymyksiä monimutkaistenkin kuvien, kuten kaavioiden ja graafien sisällöstä, selvittäen mitä ne esittävät.

KiRa-alalla multimodaalinen tekoäly mahdollistaa esimerkiksi monimutkaisten työmaaolosuhteiden, rakennusprojektien edistymisen ja turvallisuusriskien seurannan, yhdistämällä ja analysoimalla tietoa eri lähteistä, kuten rakennuspiirustuksista, työmaan valvontakameroiden kuvavirrasta, äänitallenteista ja erilaisista sensoreista kerätystä datasta. Uusimpien mallien avulla voidaan tehdä yksityiskohtaisia kyselyitä ja ratkaista ongelmia suoraan eri datalähteistä ja hyvin suurikokoisista tiedostoista⁸². KiRa-alalla tämä voisi tarkoittaa esimerkiksi seuraavaa:

- Rakennusprojektin suunnitelma (teksti): "Mitkä ovat 10 tärkeintä huomautusta tästä suunnitelmasta ja millä sivuilla ne ovat?"
- Työmaakokouksen tallenne (ääni): "Mitkä ovat tärkeimmät tehtävät, jotka täytyy muistaa toteuttaa ja kenen vastuulla ne ovat?"
- Työmaakameroiden striimi (video): "Missä rakennusmateriaalit X ja Y sijaitsevat tällä hetkellä?"
- Ilmankosteuden ja lämpötilan sensorit (sensorit): "Mikä on ilmankosteuden ja lämpötilan taso työmaan sisätiloissa, ja vaikuttaako se aikatauluun?"

Yllä kuvatuissa käyttötapauksissa multimodaalinen tekoäly analysoi ensin tekstisyötteen ja sen jälkeen käsittelee tekstiä, ääntä, videota ja sensoridataa kuhunkin sisältötyyppiin erikoistuneilla algoritmeilla. Nämä algoritmit toimivat puolestaan syötteenä, jonka perusteella tekoäly muodostaa käyttäjälle vastauksen kysymykseen. Esimerkiksi, kun prosessoidaan työmaakameran videota ja palautetaan tieto tekstiksi, kyse on "text-to-video-to-text" prosessista. Tässä prosessissa multimodaalinen tekoäly matkii ihmisen aivojen toimintaa: kielen ymmärtäminen, visuaalisen tiedon prosessointi ja kielen tuottaminen tapahtuvat kaikki omissa erikoistuneissa aivoalueissaan. Kuitenkin käyttäjän näkökulmasta nämä prosessit yhdistyvät saumattomasti yhdeksi kokonaiseksi tekoälyksi, aivan kuten emme näe ihmistä vain hänen aivojensa eri osien summana.

Tekoälymallien kyky yhdistellä eri modaaliteetteja ja niiden monikäyttöisyys tekevät generatiivisesta tekoälystä keskeisen osan tekoälypohjaisten prosessien

⁸⁰ [1] [Zdnet.com](https://zdnet.com): Apple reportedly eyeing generative AI push and Siri overhaul for the iPhone; [2] [News.samsung.com](https://news.samsung.com): Samsung and Google Cloud Join Forces to Bring Generative AI to Samsung Galaxy S24 Series

⁸¹ [Openai.com](https://openai.com): DALL·E 3

⁸² [Developers.googleblog.com](https://developers.googleblog.com): Gemini 1.5: Our next-generation model, now available for Private Preview in Google AI Studio

kehittämisessä KiRa-alalla. Koska tekoälyä käytetään luonnollisen kielen avulla, tämä mahdollistaa uudet projektin- tai työmaanhallintaan liittyvät työnkulut, jotka eivät välttämättä vaadi korkean tason teknistä osaamista. Kielimalli toimii siis ikään kuin linkkinä olemassa olevaan tietoon, joka voi – ainakin tulevaisuudessa - olla peräisin lähes mistä tahansa lähteestä.

Tekoälyn avulla voi esimerkiksi ”keskustella” BIM-mallin kanssa. Esimerkiksi rakennusvaiheessa, kun käyttäjä tiedustelee ilmanvaihtojärjestelmän sijaintia, generatiivinen tekoäly tulkitsee kyselyn ja näyttää BIM-mallista kyseiset komponentit. Ylläpitovaiheessa se voi helpottaa esimerkiksi huolto- ja ylläpitodokumentaation hallintaa vastaamalla kysymyksiin laitteiden huollosta tarkkojen ohjeiden kera suoraan huoltokirjoista. Tämän mahdollistamiseksi generatiivinen tekoäly tulkitsee käyttäjien kyselyt ja toinen tehtävänsä erikoistunut tekoäly suorittaa haut BIM-mallista⁸³.

Yllä olevassa esimerkissä tarvittavan datan täytyy olla valmiiksi upotettuna BIM-malliin, jotta tekoäly voi vastata kysymyksiin. Esimerkiksi, vastatakseen kysymykseen ”missä ilmanvaihtojärjestelmä sijaitsee?” ja antaakseen tähän sanallisen vastauksen, kuten ”viidennessä kerroksessa”, BIM-mallin on sisällettävä kyseinen sijaintitieto. Tulevaisuudessa kontekstia ymmärtävä tekoäly saattaa kuitenkin huomattavasti tehostaa tiedonhakuja 3D-sisällöistä, jopa ilman että tieto on eksplisiittisesti upotettu näihin sisältöihin. Tämä olisi samankaltaista kehitystä kuin mitä on jo nähty tekoälyn kyvyssä ymmärtää 2D-kuvien sisältöjä. Tämä edellyttää kuitenkin erittäin edistyneitä tekoälyalgoritmeja, jotka kykenevät semanttiseen ja kokonaisvaltaiseen 3D-sisältöjen ymmärtämiseen⁸⁴.

KiRa-alalla myös esimerkiksi älyrakennus tarjoaa erityisen lupaavan kontekstin multimodaalisen tekoälyn hyödyntämiselle. Luonnollisen kielen käyttö rakennuksen käyttöliittymänä voi muuttaa perusteellisesti tapaa, jolla ihmiset vuorovaikuttavat rakennusten kanssa. Esimerkiksi integroimalla kielimallit ja optimointialgoritmit, asukkaat voivat tehdä yksinkertaisia pyyntöjä, kuten pyytää sähkölaskun säästöjä samalla kun illat pidetään mukavina. Tekoäly voi analysoida lämmitysdataa ja ehdottaa toimenpiteitä, kuten lämpötilan alentamista eri kerroksissa yöaikana, mikä parantaa nukkumismukavuutta ja säästää lämmityskuluissa. Samalla logiikalla käyttäjä voisi käyttää valvontakameroita, valaistusta tai muita kodin älylaitteita yksinkertaisesti keskustelemalla niiden kanssa, huomattavasti nykyisiä ratkaisuita tehokkaammin ja monipuolisemmin.

Tässä yhteydessä generatiivinen tekoäly ei ainoastaan toimi siltautuvana elementtinä älyrakennuksen eri tekoälymalleihin ja niiden hallitsemiin toimintoihin, vaan se kykenee myös keräämään asukkaiden mieltymyksiä koskevaa subjektiivista tietoa.

⁸³ [1] Zheng, J., & Fischer, M. (2023). BIM-GPT: a prompt-based virtual Assistant framework for BIM information retrieval. *arXiv preprint arXiv:2304.09333*; [2] Buildings.com: Using GPT AI with BIM Models: A Comprehensive Approach to Revolutionize Building Management

⁸⁴ [1] Nvidia.com: 3D Perception for Semantic Scene Understanding; [2] Lei, Y. et al. (2023). Recent Advances in Multi-modal 3D Scene Understanding: A Comprehensive Survey and Evaluation. *arXiv preprint arXiv:2310.15676*; [3] Huang, J. et al., (2023). An embodied generalist agent in 3d world. *arXiv preprint arXiv:2311.12871*; [4] Chen, Z. et al., (2024). Bridging the domain gap: Self-supervised 3d scene understanding with foundation models. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 36.

Tämä tieto voidaan myös muuttaa luonnollisen kielen avulla palautteeksi ja koulutusdataksi, jota hyödynnetään rakennuksen älykkäissä hallintajärjestelmissä⁸⁵.

Multimodaalinen tekoäly tarjoaa mielenkiintoisia mahdollisuuksia KiRa-alalle myös esimerkiksi silloin, kun hyödynnetään konenäkömalleja ja niiden kykyä visualisoida tietoa tai tehtäviä fyysisen maailman ympäristöön. Yhtenä käytännön esimerkkinä tästä voisi olla operatiivisen tuen ja laitehuollon tehostaminen tekoälyn avulla. Tässä ratkaisussa konenäkö tunnistaa laitteet ja esittää tarvittavat huoltotehtävät visuaalisesti oikeassa kontekstissa, kun taas kielimalli tarjoaa apua ongelmanratkaisussa ja raportoinnissa, käyttäen hyväkseen esimerkiksi laitteen manuaalia ja huoltohistoriaa.

Vastaavalla logiikalla, yhdistämällä konenäkö- ja kielimalleja, sekä esimerkiksi generatiivisen sisällöntuotannon toiminnallisuuksia jo olemassa oleviin XR (laajennettu todellisuus, mukaan lukien AR ja VR) -ratkaisuihin, kuten koulutussimulaatioihin tai suunnittelusovelluksiin, voimme tuoda niihin merkittävästi lisää ”älykkyyttä” ja interaktiivisuutta⁸⁶. Lisäksi tekoälyagenttien toteuttaminen avatar-muodossa mahdollistaisi vuorovaikutuksen, joka muistuttaa kasvokkaista kommunikointia ihmisen kanssa, ollen vastavuoroista, reaktiivista ja sisältäen nonverbaalisia eleitä ja ilmeitä⁸⁷.

Multimodaalisen tekoälyn kehitykseen liittyy kuitenkin useita haasteita, kuten datan laadun ja määrän hallinta, sekä sen reaaliaikainen käsitteleminen, yhdistäminen ja analysointi. Kun datamäärä kasvaa ja analysoitavien tiedostojen koot suurenevat, analyysin tarkkuus voi myös kärsiä. Lisäksi esimerkiksi generatiivisen tekoälyn integroiminen osaksi KiRa-alan teknologioita voi edellyttää datan muuntamista tekoälylle ymmärrettävään muotoon, mikä puolestaan saattaa vaatia teknistä erikoisosaamista esimerkiksi tietokantojen osalta⁸⁸.

Tekoälyn on myös erityisen vaikeaa ymmärtää ihmisen maailman monia pieniä yksityiskohtia ja niiden välisiä lukemattomia syy-seuraussuhteita. Tehtävät, jotka ovat ihmisille vaivattomia, voivat olla tekoälylle erittäin vaikeita, ja päinvastoin. Tätä ongelmaa kutsutaan Moravec'in paradoksiksi (Kuva 2). Viimeaikainen nopea teknologinen kehitys viittaa kuitenkin siihen, että ratkaisuja tähän ongelmaan saattaa olla jo näköpiirissä.

⁸⁵ Panchalingam, R., & Chan, K. C. (2021). A state-of-the-art review on artificial intelligence for Smart Buildings. *Intelligent Buildings International*, 13(4), 203-226.

⁸⁶ Lv, Z. (2023). Generative Artificial Intelligence in the Metaverse Era. *Cognitive Robotics*.

⁸⁷ Torro, O., Jalo, H., & Pirkkalainen, H. (2021). Six reasons why virtual reality is a game-changing computing and communication platform for organizations. *Communications of the ACM*, 64(10), 48-55.

⁸⁸ [Pinecone.io: What is a Vector Database & How Does it Work? Use Cases + Examples](https://pinecone.io/what-is-a-vector-database-how-does-it-work-use-cases-examples)

”On suhteellisen helppoa saada tietokoneet suoritumaan aikuisen tasolla älykkyytsteissä, pelata tammaa tai laskea π :n arvo miljardiin desimaaliin, mutta on vaikeaa tai mahdotonta antaa niille yksivuotiaan taitoja havainnoinnin ja liikkuvuuden suhteen... Ne lapsen henkiset kyvyt, joita pidämme itsestäänselvyytenä – kasvon tunnistaminen, kynän nostaminen tai huoneen ylittäminen kävellen – ratkaisevat itse asiassa joitakin vaikeimpia insinööritieteellisiä ongelmia, joita on koskaan keksitty. Suuressa, korkeasti kehittyneessä ihmisen aivojen aistinvaraisessa ja motorisessa osassa on miljardi vuotta kokemusta maailman luonteesta ja siitä, kuinka siinä selviytyä.”

Moravec, Hans (1988), *Mind Children*, Harvard University Press



Kuva 2. Moravecin paradoksi: Yksinkertaiset tehtävät, jotka ovat ihmisille vaivattomia (kuten rappusten kävely), voivat olla tekoälylle erittäin vaikeita. Kuva: Osku Torro (Midjourney).

Multimodaalinen tekoäly – esimerkkejä:

- ❖ *Google Gemini Pro 1.5* on tekoälymalli, joka kykenee suorittamaan monimutkaisia ymmärrys- ja päättelytehtäviä eri modaliteeteissa, kuten kysymysten esittäminen suoraan ääni- tai videotiedostoista⁸⁹.
- ❖ *MultiPLY* on multimodaalinen kielimalli, joka on erikoistunut toimimaan 3D-ympäristössä. Malli kerää ja analysoi muun muassa näkö-, kuulo-, kosketus- ja lämpödataa⁹⁰.
- ❖ *Ego-Exo4D-videotietokannan* avulla voidaan kouluttaa konenäkömalleja tai robotteja ymmärtämään ja tarvittaessa toteuttamaan erilaisia monimutkaisia fyysisen ympäristön työtehtäviä⁹¹. Ratkaisun avulla voidaan esimerkiksi kehittää konenäkömalleja, jotka tukevat ja visualisoivat operatiivista työtä.
- ❖ *Multimodaalinen tekoälyassistentti Noa* mahdollistaa muun muassa reaaliaikaisen visuaalisen prosessoinnin ja tiedonhaun, kuvien generoinnin, puheentunnistuksen ja -käännöksen reaaliajassa. Ratkaisu on integroitu lisätyn todellisuuden laseihin⁹².
- ❖ *Metan Segment Anything Model (SAM)* on edistyneellinen avoimen lähdekoodin konenäköalgoritmi, joka pystyy tunnistamaan ja erottamaan erilaiset objektit niiden ympäristöstä ilman erillistä opetusta. Ratkaisun avulla voidaan esimerkiksi AR/VR-teknologiaan yhdistettynä tunnistaa ”mikä tahansa” objekti ympäristöstä käyttäjän katseenseurannan avulla⁹³.
- ❖ *Silo AI:n Poro* on foundation-kielimalli, joka on koulutettu avoimella datalla ja suunniteltu ymmärtämään eurooppalaisia kieliä. Tulevissa versioissa malli saa multimodaalisen päivityksen⁹⁴.

⁸⁹ [Blog.google: Our next-generation model: Gemini 1.5](#)

⁹⁰ [Cs.umass.edu: MultiPLY](#)

⁹¹ [Ai.meta.com: Introducing Ego-Exo4D: A foundational dataset for research on video learning and multimodal perception](#)

⁹² [Brilliant.xyz: Frame AI glasses](#)

⁹³ [Segment-anything.com](#)

⁹⁴ [Silo.ai: Europe's open language model family Poro extends checkpoints, languages and modalities](#)

- ❖ *VIMA* on kielimalli, johon on liitetty robottikäsi. Se ottaa vastaan multimodaalisia kehoitteita: tekstiä, kuvia, videoita tai niiden sekoituksia⁹⁵.
- ❖ *Boston Dynamicsin Spot-robottiopas* on integroitu ChatGPT:n ja muiden tekoälymallien kanssa, demonstroidakseen multimodaalisen tekoälyn sovelluksia robotiikassa. Robotti voi muun muassa kierrellä ympäristössä, kuvailla näkemiään kohteita, vastata yleisön kysymyksiin ja suunnitella seuraavia toimiaan, toimien eri aksenteilla puhuvana ja improvisoivana ”näyttelijänä”, joka tuntee ympäristönsä ja toimialansa⁹⁶.
- ❖ *Googlen AlphaGeometry* yhdistää kielimallin ja symbolista laskentaa suorittavan tekoälymallin, tarjoten korkean tason ymmärrystä geometriasta. Ratkaisussa kielimalli generoi ideoita edustaen ”nopeaa ajattelua”, kun taas symbolinen tekoälymalli ottaa nämä ideat vastaan ja soveltaa sääntöjä sekä kaavoja ongelmien ratkaisuun, mikä vastaa ”hitaampaa ajattelua”. Malli käyttää synteettistä dataa ja oppii ilman todellisen maailman esimerkkejä. Ratkaisut ovat sekä koneella todennettavissa että ihmisen ymmärrettävissä⁹⁷. Mitä geometrisia ongelmia ymmärtävä ja ratkaiseva tekoäly voisi tarkoittaa KiRa-alalla?

2.5 Autonomiset tekoälyagentit

Generatiivisen tekoälyn seuraava merkittävä kehitysaskel näyttää siirtyvän kohti autonomisesti toimivia tekoälyagentteja. Autonomiset agentit eivät vaadi ihmisen syöttämiä kehoitteita toimiakseen, vaan ne kykenevät suunnittelemaan, suorittamaan ja valvomaan erilaisia tehtäviä itsenäisesti, sekä mukauttamaan toimintaansa ennalta asetettujen päämäärien saavuttamiseksi. Tämä avaa laajan mahdollisuuden eri alojen työprosessien ja järjestelmien laajamittaiseen automatisointiin. Autonomisten agenttien kehittämiseksi on käynnistetty useita erittäin suosittuja avoimen lähdekoodin projekteja, kuten AutoGPT⁹⁸, BabyAGI⁹⁹, Crewai¹⁰⁰ tai AutoGen¹⁰¹.

Aivan kuten ihmistyöntekijät, myös autonomiset agentit kykenevät hyödyntämään ulkoisia tietolähteitä, työkaluja ja sovelluksia toiminnassaan. Lisäksi agenttien kyky oppia ja kehittää itseään, kuten lähdekoodinsa korjaaminen ja päivittäminen, on keskeinen osa niiden toiminnallisuutta. Teknologiayhtiöt työstävät myös parhaillaan keinoja antaa agenteille pidempikestoista muistia, jolloin ne voivat suoriutua tehtävistään entistä paremmin aikaisempien kokemustensa perusteella¹⁰². Tällöin agenteilla voidaan potentiaalisesti automatisoida hyvinkin monimutkaisia työprosesseja. Lisäksi viimeaikainen kehitys on mahdollistanut agenttien tehokkaan toiminnan suoraan päätelaitteilla, kuten puhelimissa, ilman tarvetta pilvipohjaisille

⁹⁵ [Vimalabs.github.io](https://vimalabs.github.io)

⁹⁶ [Bostondynamics.com](https://bostondynamics.com): Robots that can chat

⁹⁷ [Deepmind.google](https://deepmind.google): AlphaGeometry: An Olympiad-level AI system for geometry

⁹⁸ [Autogpt.net](https://autogpt.net)

⁹⁹ [Github.com](https://github.com): BabyAGI

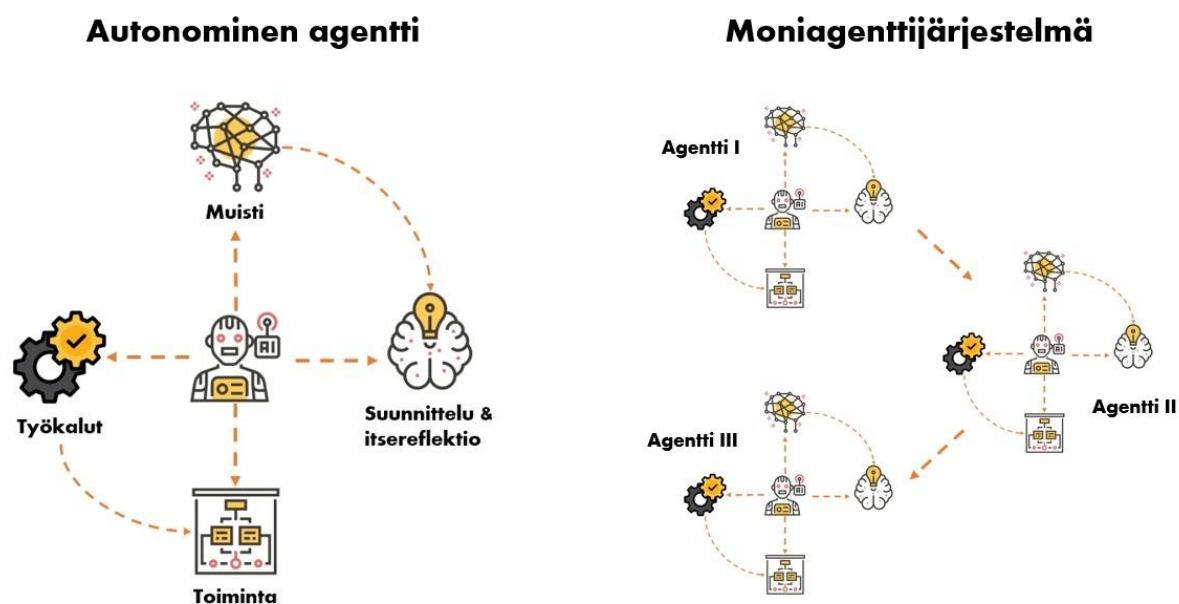
¹⁰⁰ [Crewai.io](https://crewai.io)

¹⁰¹ [Microsoft.com](https://microsoft.com): AutoGen

¹⁰² [1] [OpenAI.com](https://openai.com): Memory and new controls for ChatGPT; [2] [Goldmansachs.com](https://goldmansachs.com): Stability AI CEO says AI will prove more disruptive than the pandemic

kutsuille. Tämä tarjoaa agenteille parannetun tietoturvan, käytännössä nollakustannuksia ja alhaista latenssia¹⁰³.

Autonomiset agentit voivat muodostaa myös ”moniagenttijärjestelmiä”, jotka koostuvat useista keskenään kommunikoivista ja tehtäviään itsenäisesti suorittavista tekoälyistä¹⁰⁴. Tällöin agenttien toiminta on verrattavissa siihen, miten ihmistiimit hallitsevat projekteja: agentit varmistavat keskenään, että tehtävät jaetaan ja suoritetaan tehokkaasti ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti ja tavoitteen saavuttamiseksi, mutta tarpeen mukaan kuitenkin toimintaansa mukauttaen.



Kuva 3. Autonominen agentti¹⁰⁵ ja moniagenttijärjestelmä, jossa agentit yhdistävät kykynsä samalla tavoin kuin ihmistiimin jäsenet. Kuva muokattu lähteestä: [Maya Akim \(YouTube\)](#).

Automaattiset agentit tarjoavat KiRa-alalle merkittäviä uusia mahdollisuuksia, sillä niiden avulla tekoälyä voidaan integroida osaksi olemassa olevia prosesseja. Tämä tekee niistä mahdollisesti erittäin monipuolisia apuvälineitä, jotka soveltuvat laajaan kirjoon tehtäviä, alkaen laitteiden ohjauksesta, asiakaspalvelusta, projekinhallinnasta aina koodinpätkien luomiseen. On myös mahdollista, että agentit eivät vain täydennä ”perinteisiä” järjestelmiä, kuten tietokantojen ja dokumenttien hallintaa, vaan ne voivat integroitua myös muihin tekoälyjärjestelmiin, kuten optimointityökaluihin tai robotiikkaan. Ainakin periaatteessa, kaikki tässä raportissa esitellyt tekoälyn kyvykkyydet voidaan tulevaisuudessa ketjuttaa prosesseiksi ja automatisoida älykkäitä agenteja käyttäen. Tämä ajatus heijastelee nykyisten teknologiayritysten pyrkimystä kehittää niin kutsuttuja tekoälyn ”superapplikaatioita”¹⁰⁶.

¹⁰³ [Chen, W., & Li, Z. \(2024\). Octopus v2: On-device language model for super agent. *arXiv preprint arXiv:2404.01744*](#)

¹⁰⁴ [Turing.ac.uk: Multi-agent systems](#)

¹⁰⁵ [Weng, Lilian. \(2023\). “LLM-powered Autonomous Agents”. Lil’Log.](#)

¹⁰⁶ [Fireside Chat: Satya Nadella, Chairman and CEO of Microsoft \(YouTube\)](#)

Kun agentit toimivat ihmisten rinnalla, organisaatiot hyötyvät sekä tekoälyn että ihmisten parhaista puolista: agentit hoitavat esimerkiksi ennustusten tekemisen, kun taas päätöksenteon varsinainen vastuu jää ihmisille¹⁰⁷. On kuitenkin tärkeää huomata, että agenttien potentiaali ulottuu paljon laajemmalle kuin vain data-analyysiin tai ennustusten tekemiseen, jotka ovat tekoälyn perinteisiä osa-alueita. Agentit voivat parantaa organisaation ja tiimien kommunikaatiota, tiedonhallintaa ja prosessien hallintaa hyvin monipuolisesti. Jo dokumentoitujen käyttötapauksien pohjalta on havaittavissa¹⁰⁸, että KiRa-alalla autonomiset agentit avaavat useita merkittäviä sovellusmahdollisuuksia:

- Agentit voivat edistää rakennusprojektien eri sidosryhmien välistä kommunikaatiota tarjoamalla yhteisen alustan tiedonhauille, viestinnälle ja yhteistyölle, integroituen ihmistiimien rinnalle.
- Agentit mahdollistavat automaattisen koodin generoinnin, suorittamisen ja virheiden korjaamisen, mikä voi tehostaa esimerkiksi alan ohjelmistosuunnittelua osana koodaustiimejä.
- Agentit voivat sujuvoittaa älykkäiden rakennusten toimintaa yhdistämällä älylaitteiden toiminnot, päivittämällä järjestelmiä ja vuorovaikuttamalla käyttäjien kanssa, mikä tehostaa, optimoi ja automatisoi rakennuksen hallintaa, sekä tarjoaa uudenlaisen rajapinnan ihmisen ja rakennuksen väliselle vuorovaikutukselle.
- Agentit voivat automaattisesti kerätä ja analysoida tietoja, kuten markkinatietoja, seurata lainsäädäntöä, tukea projektinhallintaa, budjetointia ja resurssien optimointia, tai vertailla esimerkiksi rakennusmateriaalien toimittajia, parantaen päätöksentekoa ja toimien näin muun muassa johdon assistenttina.
- Agentit voivat vastata käyttäjien kysymyksiin esimerkiksi toimitusketjun osalta, mahdollistaen tiedon paremman virtaavuuden osapuolten välillä. On havaittu, että agentit voivat vähentää manuaalisten toimenpiteiden tarvetta jopa 3-10x toimitusketjun hallintaan liittyvissä tehtävissä¹⁰⁹.
- Multimodaaliset agentit ymmärtävät eri datamuotoja, kuten tekstiä, kuvia, videoita ja sensoridataa, jolloin ne voivat automatisoida ja tehostaa esimerkiksi suunnittelua, työmaan seurantaa, robottien toimintaa ja näihin liittyviä työnkulkuja.
- Lisäksi automaattiset agentit kykenevät oppimaan uusia taitoja itsenäisesti sekä parantamaan omaa suorituskykyään. Tämä mahdollistaa vastaavasti esimerkiksi sen, että ne voivat tukea KiRa-alan ammattilaisia pysymään ajan tasalla uusimpien teknologioiden ja menetelmien osalta, muun muassa alan koulutukseen erikoistuvien chatbottien kautta.

Kun otetaan huomioon, että agentit kykenevät suorittamaan koodia ja käyttämään erilaisia funktioita sekä ohjelmia, niiden integrointi KiRa-alan tietotyöhön tarjoaa potentiaalisesti lähes rajattomia mahdollisuuksia. Näistä tulevaisuuden näkymistä huolimatta on tärkeää huomata, että autonomiset agentit ovat vielä kehitysasteella, joten niihin liittyy usein merkittäviä rajoituksia. Agentteja vaivaavat esimerkiksi tekoälylle tyypillinen tilannetietoisuuden puute, joka saattaa saada botin ajautumaan silmukoihin, suorittamaan hyödyttömiä tehtäviä sekä kutsumaan avukseen lisää

¹⁰⁷ [Predictionmachines.ai](https://predictionmachines.ai)

¹⁰⁸ [Microsoft.github.io: AutoGen Examples](https://microsoft.github.io/AutoGen/Examples)

¹⁰⁹ [Microsoft.com: AutoGen: Enabling next-generation large language model applications](https://microsoft.com/AutoGen/Enabling-next-generation-large-language-model-applications)

”hyödyttömiä” agentteja. Agentin integrointikyvyt ovat myös riippuvaisia yhteensopivuudesta ja saatavilla olevista rajapinnoista tai liitännäisistä, mikä voi asettaa haasteita sen käyttöönotolle tietyissä ympäristöissä. Lisäksi agenttien käyttö voi olla kallista, sillä jokainen tehtävän vaihe vaatii kutsun tekoälymallista, mikä voi kasvattaa kustannuksia – paitsi tietysti päätelaitteella toimivat agentit, jotka ovat tästä poikkeus.

Autonomisten agenttien nopea kehitys ja itsenäinen oppimiskyky voivat myös muodostua uhaksi organisaatioille, jos ja kun niitä suunnitellaan haitallisia tarkoituksiperiä varten. Tällöin agenttien edistykselliset toiminnot saattavat uhata internetin infrastruktuuria laajemminkin. Tällä hetkellä autonomiset agentit kykenevät esimerkiksi tunkeutumaan itsenäisesti verkkosivuille ja toteuttamaan vaativia toimenpiteitä, kuten tietokantarakenteen selvittämisen ja tietokantahyökkäykset ilman, että ihminen ohjaa niitä. Ne voivat tehdä nämä toimenpiteet myös ilman, että niiden tarvitsee tietää sivuston mahdollisista turvallisuusaukoista etukäteen¹¹⁰. Näin ollen autonomisten agenttien kehittymisen ja yleistymisen myötä organisaatioiden on kohdattava uudenlaisia tietoturva-asteita, riippumatta siitä, kehittävätkö ne itse tekoälyratkaisuja vai eivät.

Autonomiset agentit – esimerkkejä:

- ❖ *Wendy AI* on suomalaisen Aiforsiten kehittämä rakennusalalle räätälöity tekoälyassistentti. Autonomisen agentin toiminnallisuuksia sisältävä Wendy pystyy muun muassa hallitsemaan ja automatisoimaan erilaisia projektinjohton tehtäviä itsenäisesti, kuten tiedonkeruuta, raporttien laatimista ja työmaan olosuhteiden tarkkailua. Sen kehityksessä on hyödynnetty rakennusalalle ominaisia tietorakenteita, kuten tietograafeja ja ontologioita. Wendy voi myös integroitua erilaisiin ulkoisiin tietolähteisiin, kuten asiakkaiden tietojärjestelmiin, huolehtien samalla datan tietosuojasta. Tämä sisältää esimerkiksi automaattisen henkilötietojen anonymisoinnin¹¹¹.
- ❖ *Devin* on Cognition Labsin kehittämä autonominen agentti, joka on suunniteltu toimimaan itsenäisenä ohjelmistokehittäjänä. Devin pystyy suorittamaan monipuolisesti ohjelmointitehtäviä, joskin vielä aloittelevan koodarin roolissa ja hyvin kokeellisella tasolla. Devin on rakennettu ChatGPT:n teknologian päälle, joten sen kyvykkyydet kasvavat kyseisen perusmallin kehittymisen myötä¹¹².
- ❖ *AutoGen Studio* on Microsoftin ylläpitämä avoimen lähdekoodin alusta, joka on suunniteltu moniagenttijärjestelmien luomiseen. Se mahdollistaa agenttien ja niiden prosessien määrittelyn sekä muokkauksen ilman koodaustaitoja. Käyttäjät voivat esimerkiksi luoda chatbotteja valittujen agenttien yhdistelmistä, tarkastella tuloksia ja lisätä agentteihin uusia ”taitoja” erilaisten tehtävien suorittamiseksi¹¹³.

¹¹⁰ Fang, R., Bindu, R., Gupta, A., Zhan, Q., & Kang, D. (2024). LLM Agents can Autonomously Hack Websites. *arXiv preprint arXiv:2402.06664*.

¹¹¹ [Aiforsite.com: Wendy AI](https://aiforsite.com/)

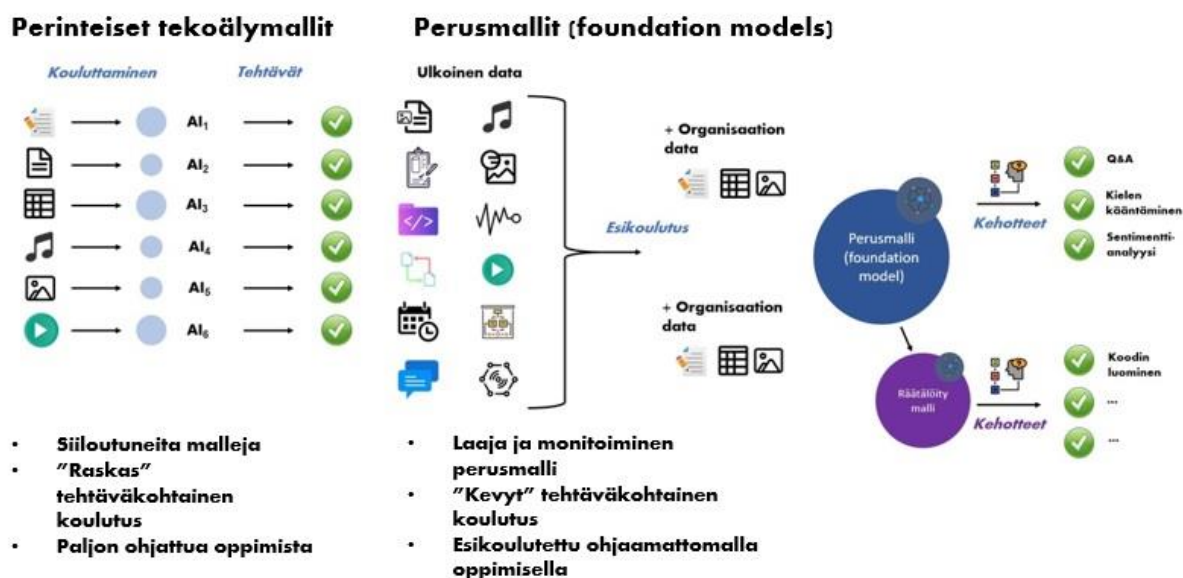
¹¹² [Cognitionlabs.com: Introducing Devin, the first AI software engineer](https://cognitionlabs.com/)

¹¹³ [Microsoft.github.io: AutoGen Studio](https://microsoft.github.io/AutoGenStudio/)

3. Tekoälyn kehittäminen ja käyttöönotto

3.1 Data ratkaisee

Generatiivisen tekoälyn kehittyminen tarjoaa organisaatioille mahdollisuuden uudistaa datan käsittelyä ja hyödyntämistä, siirtämällä fokuksen yksittäisistä, erityistarkoituksiin luoduista tekoälymalleista kohti laajempia perusmalleja (foundation models). Generatiivisen tekoälyn perusmallit, kuten ChatGPT, on valmiiksi koulutettu suorittamaan erilaisia tehtäviä – esimerkiksi dokumenttien tiivistämistä ja kielen kääntämistä. Nämä tehtävät ovat kuitenkin yleisluonteisia, sillä perusmalleihin ei sisälly organisaatiokohtaista dataa tai ymmärrystä. Ne ovat verrattavissa uusiin työntekijöihin, joilla on kyky oppia erilaisia työtehtäviä, mutta joita ei ole vielä perehdytetty organisaation spesifeihin toimintatapoihin tai alan terminologiaan. Siksi organisaation tarpeisiin mukautetut mallit vaativat hienosäätöä, jotta ne voivat täyttää organisaation erityisvaatimukset¹¹⁴.



Kuva 4. Kohti monikäyttöisiä tekoälymalleja: Perinteiset tekoälymallit vs. perusmallit (foundation models). Kuva muokattu lähteestä: [IBM](#)¹¹⁴.

Datan laatu on keskeinen tekijä tekoälymallien tehokkaassa käytössä ja räätälöinnissä. KiRa-alalla tämä tarkoittaa standardoidun datan hyödyntämistä mallien kouluttamisessa. Laadukas data on samalla myös KiRa-alan digitaalisen transformaation perusta. Panostamalla datan laatuun varmistetaan, että mallit toimivat odotetusti ja optimoidusti eri käyttöympäristöissä. Laadukas data mahdollistaa myös esimerkiksi pienempien mallien kouluttamisen, jotka toimivat parhaimmillaan yhtä tehokkaasti kuin suuret mallit mutta kustannustehokkaammin, pienemmällä viiveellä ja tarvittaessa suoraan päätelaitteella.

Suosituksien generatiivisen tekoälyn käyttöönottamiseksi rakennusalaan jakautuvat lyhyen ja pitkän aikavälin strategioihin. Lyhyen aikavälin toimet keskittyvät siihen, että yksittäiset KiRa-alan yritykset voivat käyttää omaa dataansa perusmallien

¹¹⁴ [IBM.com: Will generative AI make the digital twin promise real in the energy and utilities industry?](#)

hienosäätöön. Tämä mahdollistaa välittömän hyödyn saamisen generatiivisesta tekoälystä, kun yritykset räätälöivät malleja vastaamaan omia erityistarpeitaan ja prosessejaan. Pitkällä aikavälillä KiRa-alan toimijoiden ja tutkijoiden yhteistyö voisi keskittyä *KiRa-alan oman kielimallin kehittämiseen ja ylläpitämiseen*¹¹⁵.

KiRa-alan oma kielimalli tarjoaisi selkeän kohteen ja suunnan sekä jo suoritettulle että vielä toteutumattomalle datan standardoinnille. Yhteisen mallin kehittämiseen olisi vahvat intressit koko KiRa-alan kotimaisessa ekosysteemissä. Malli toimisi mahdollisesti tehokkaana välineenä esimerkiksi tuotetiedon hallinnassa ja toimitusketjun optimoinnissa, tarjoten laajaa hyötyä alan eri osapuolille. Lisäksi organisaatiot voisivat käyttää tätä mallia suoraan tai hyödyntää sitä perustana oman organisaatiospesifisen mallin kehittämiseksi. KiRa-alan oma kielimalli vaatisi kuitenkin valitun tahon toimimaan sekä mallin ylläpitäjänä, päätöksentekijänä että malliin upotettavien tietojen koordinoijana. Käytännössä tämä tarkoittaisi tekoälyyn liittyvän tiedonhallinnan (data governance)¹¹⁶ keskittämistä KiRa-alalla, jonka tavoitteena olisi esimerkiksi varmistaa kielimalliin upotettavan datan laatu ja relevanssi sekä taata kielimallin kehityksen jatkuvuus.

Eräs kielimallien merkittävimpiä hyötyjä datan käsittelyssä on niiden kyky toimia siltana käyttäjän, datan ja sovellusten välillä. Kielimalli ei tässä tapauksessa itse välttämättä generoi tietoa, vaan sen rooli on pääasiassa tarjota luonnollisen kielen käyttöliittymä, jonka kautta dataan pääsee käsiksi. Microsoft 365 Copilotin¹⁶ kaltaiset järjestelmät demonstroivat, kuinka datan käsittely on mahdollista toteuttaa yhden luonnollisen kielen käyttöliittymän kautta, tarjoten käyttäjille sujuvan pääsyn järjestelmän tietoihin. KiRa-alan oman kielimalliin pohjautuvat yrityskohtaiset ratkaisut voisivat noudatella tätä samaa logiikkaa, jossa käyttäjät voisivat ”keskustella” lähes minkä tahansa datan tai sovelluksen kanssa käyttämällä luonnollista kieltä. Kielimallin kehittäminen olisi täten valtava paradigman muutos KiRa-alan tiedonhallinnassa, mikä avaisi mahdollisuuden laajemmille sidosryhmille osallistua tiedon käsittelyprosesseihin.

Generatiivisen tekoälyn etuna on sen kyky käsitellä dataa erittäin monipuolisesti, on kyseessä sitten rakenteellinen tai ei-rakenteellinen data. Liiketoimintapäätökset ovat perinteisesti perustuneet rakenteelliseen dataan, koska se on selkeästi jäsenneltyä ja siten suhteellisen helppoa analysoida. KiRa-alalla tämä tarkoittaa esimerkiksi hankkeiden aikatauluja ja kustannuslaskelmia, energiatehokkuustietoja, ja niin edelleen.

Suuri osa KiRa-alan datasta on kuitenkin ei-rakenteellista, ja usein se säilytetään paikan päällä, mikä tekee sen saavuttamisesta ja käsittelemisestä haastavaa. Tämä data sisältää monenlaisia sisältömuotoja, kuten sekalaisia tekstitiedostoja, PDF-tiedostoja, videoita ja kuvia. Generatiivisen tekoälyn kyky prosessoida ei-rakenteellista datamassaa muuntaa tämän ”manuaalisen taakan” tai jopa ”hukkadatan” arvokkaaksi resurssiksi, josta voi olla yllättäviä liiketoiminnallisia hyötyjä KiRa-alan organisaatioille.

¹¹⁵ [1] Arola, T. (2023). Vakioidun ja konsensustiedon merkitys tekoälyn aikakaudella. *Rakennustietosäätiö RTS sr.* (PDF); [2] Ghimire, P., Kim, K., & Acharya, M. (2023). Generative ai in the construction industry: Opportunities & challenges. arXiv preprint arXiv:2310.04427

¹¹⁶ [Informatica.com: What is data governance?](https://www.informatica.com/what-is-data-governance/)

Esimerkiksi korjausrakentamisessa tekoäly voi auttaa kolmella merkittävällä tavalla ei-rakenteellisen datan käsittelyssä¹¹⁷:

- Työmaan tai kohteen ymmärtäminen (scene understanding): Laajan tilannekuvan luominen, kuten esimerkiksi, rakennusosien (putket, ikkunat, jne.) määrän ja sijainnin tunnistaminen kuvista, videokuvasta tai pistepilvimallista.
- Objektien inventaario (object inventory): Yksittäisten objektien, kuten venttiilien, tunnistaminen ja luokittelu kuva- tai videodatasta, ja tämän tiedon yhdistäminen esimerkiksi kyseisten objektien tuotetietoihin tai 3D-malleihin.
- Kuntoanalyysi (condition analysis): Kohteiden kunnan ja korjaustarpeiden arviointi, esimerkiksi käyttämällä kuvantunnistusta materiaalin vaurioitumisen tunnistamiseen.

Lisäksi tekoäly kykenee tarvittaessa tuottamaan toimintaohjeita analyysien perusteella, esimerkiksi muuntaen ei-rakenteellisen tiedon, kuten kuvat, rakenteelliseksi step-by-step -ohjeistukseksi (kts. Kuva 5). Tämä saattaa mahdollistaa tekoälyn laajan soveltamisen erilaisissa rakennuskohteissa tulevaisuudessa, erityisesti jos tekoälyn suosittamat toimenpiteet yhdistetään rakennusalan vakiintuneisiin käytäntöihin, kuten RT-kortiston¹¹⁸ kaltaiseen vakioituun tietoon. KiRa-alan oma kielimalli olisi myös näiden ratkaisujen jatkokehittämisen keskeinen perusta, taaten standardien mukaisen terminologian käytön myös organisaatiokohtaisissa malleissa¹¹⁹.



```
{
  "image_content": "Valkoinen puinen ikkuna, vuorilaudat, yksinkertainen lasiruutu ja sään vaikutuksista kärsinyt kehys.",
  "condition": "Näkyvät vauriot, kuten kehyksen maalin hilseily ja mahdollinen alapuolisen puun laho, viittaavat pitkäaikaiseen altistukseen sääolosuhteille ilman asianmukaista huolenpitoa.",
  "recommended_action": "Ikkunan entisöimiseksi aloita poistamalla vanha maali, tarkasta sen jälkeen ja korjaa kaikki puuvauriot. Käsittele puu sitten homeestoaineella, levitä pohjustusmaalia ja viimeistele korkealaatuisella ulkomaalilla."
}
```

Kuva 5. ChatGPT:n avulla suoritettu rakenteettoman tiedon muuntaminen rakenteelliseen muotoon remointikohteessa: ikkunakuvasta generoitu ikkunan kunnostusohje JSON (JavaScript Object Notation) -muodossa. Kuvan idea ja teksti muokattu lähteestä: [Torttila, K. \(2024\)](#)¹¹⁷.

Uudet tekoälymallit avaavat mielenkiintoisia mahdollisuuksia KiRa-alan datan käsittelyyn myös laajemminkin, mahdollistaen prosessien kuten datan luokittelun, haun, analysoinnin, organisoinnin sekä tietovarastojen luonnin ja hallinnan automatisoinnin ja tehostamisen¹²⁰. Esimerkiksi standardien ulkopuolella olevasta tai rakenteettomasta datasta, kuten PDF-tiedostoista, voitaisiin poimia tietoa ja muuntaa

¹¹⁷ Torttila, K. (2024). AI in the Era of Retrofit. *AI AEC 2024*.

¹¹⁸ RTS.fi

¹¹⁹ Arola, T. & Määttä, M. (2024). AI-assistant for RT-files knowledge-base and responsible AI data foundation for construction. *AI AEC 2024*.

¹²⁰ Alan R. Dennis, Akshat Lakhiwal & Agrim Sachdeva (2023) AI Agents as Team Members: Effects on Satisfaction, Conflict, Trustworthiness, and Willingness to Work With. *Journal of Management Information Systems*, 40:2, 307-337.

se standardien mukaiseen muotoon tai syöttää se esitäytettyihin mallipohjiin tai tietokantoihin¹²¹. Tämä voisi olla hyödyllistä esimerkiksi KiRa-alan tuotetiedon vakioinnin, raportoinnin tehostamisen ja sopimustenhallinnan näkökulmasta.

Tekoälyn soveltaminen KiRa-alan tiedonhallintaan vaatii laajempaa tutkimustyötä, mutta jo nyt on selvää, että datan laadun parantaminen, määrän kasvattaminen ja datan käsittelymenetelmien jatkuva kehitys on keskeistä. Erityisesti on huomioitava, miten olemassa olevaa dataa voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti ja kuinka uusia datantuottamistapoja (raportointitekniikoita, videodatan keruuta, jne.) voidaan tehostaa ottaen huomioon tekoälyn nykyiset ja tulevat kyvykkyydet. Datastrategioiden päivittäminen ja data-arkkitehtuurin kehittäminen¹²², sekä data-analyttikoiden ja muiden tekoälyasiantuntijoiden laajamittainen rekrytointi¹²³ ovat tässä kriittisiä käytännön toimenpiteitä.

Haasteita on myös merkittävästi. Esimerkiksi kun yhteen paikkaan kertyy arvokasta ja monipuolista dataa, jota käytetään sekä tekoälysovelluksissa että niiden kehittämiseen, syntyy tarve datan paikalliselle käsittelylle. Tämän "raskaan" datan¹²⁴ hallinta lähellä sen alkuperää edellyttää erityisiä teknisiä ratkaisuja, kuten reunalaskentaa ja paikallisia tekoälyjärjestelmiä. Myös datan siirto ja muuntaminen muodosta toiseen on riskialttiimpaa verrattuna perinteisiin järjestelmäintegraatioihin. Huonosti toimivasta tietojärjestelmästä voidaan aina "vetää töpseli pois seinästä", mutta jos datassa on ongelmia, ne saattavat paljastua vasta vuosien päästä. Vasta kun data on laadukasta ja standardien mukaista, on mahdollista siirtyä kokonaisvaltaisesti prosessien tehostamiseen ja liiketoiminnallisten hyötyjen maksimointiin tekoälyn avulla. Mitä dataa todella tarvitaan ja kuinka sitä käytetään, on puolestaan ennen kaikkea liiketoiminnallinen päätös.

Tekoäly datan käsittelyssä ja tiedonhallinnassa - esimerkkejä:

- ❖ *CLAIRE GPT* on Informatican kehittämä generatiivisen tekoälyn malli, joka keskittyy datan käsittelyyn. Mallin avulla käyttäjät voivat esimerkiksi etsiä dataa, luoda datavirtoja, tutkia metadataa ja automatisoida toistuvia tehtäviä¹²⁵.
- ❖ *ChatRTX* on NVIDIA:n kehittämä demosovellus, joka mahdollistaa oman GPT-pohjaisen kielimallin räätälöimisen ja yhdistämisen käyttäjän omaan dataan, kuten dokumentteihin, muistiinpanoihin tai muihin tietoihin. Ratkaisu toimii lokaalisti suoraan päätelaitteella, jolloin mallien nopeus sekä tietoturva paranevat merkittävästi¹²⁶.
- ❖ *Einstein Copilot* on Salesforce-alustan tekoälyavustaja, joka käyttää yrityksen CRM-dataa tuottamaan yksilöllisiä asiakasnäkemyksiä ja suosituksia. Se integroituu sovelluksiin, automatisoi rutiineja ja tuottaa sisältöä. Ratkaisu mahdollistaa kehoitteiden luomisen ja hallinnan, prosessien automatisoinnin

¹²¹ [1] [Sigmoid.com: The transformative role of generative AI in data life-cycle management](#); [2] [Forbes.com: How will Large Language Models and Generative AI Impact Data Engineering?](#); [3] [Research.IBM.com: AI is making extracting key information from reports easier than ever](#)

¹²² [Autodesk.com: Creating a Strategy to Close the Gap Between Data Growth and Data Value](#)

¹²³ [Newsroom.accenture.com: Accenture to Invest \\$3 Billion in AI to Accelerate Clients' Reinvention](#)

¹²⁴ [Techgadget.com: Data gravity](#)

¹²⁵ [Informatica.com: Claire GPT](#)

¹²⁶ [Nvidia.com: Chat with RTX Generative AI](#)

valmiiden toimintojen ja tehtävien avulla sekä omien tekoälymallien integroimisen osaksi kokonaisratkaisua¹²⁷.

- ❖ *Make a BIM* on sovellus, joka käyttää tekoälyä luodakseen automaattisesti rakennustiedon malleja (BIM) arkkitehtonisista 2D-piirustuksista. Ratkaisu on hyvä esimerkki KiRa-alan rakenteettoman datan (2D-piirustukset) muuntamisesta rakenteelliseen muotoon (BIM)¹²⁸.
- ❖ *ChatGPT Code Interpreter* on kokeellinen ChatGPT-malli, joka kykenee käyttämään Python-ohjelmointikieltä. Malli mahdollistaa muun muassa tiedostojen latausten ja lähetysten käsittelyn, datan analysoinnin ja visualisoinnin sekä tiedostojen muuntamisen eri muotoihin¹²⁹.
- ❖ *Langchain* on avoimen lähdekoodin työkalu, joka helpottaa kielimallien käyttöä sovelluksissa. Sen avulla kehittäjät voivat helpommin yhdistää kielimallit datalähteisiin ja luoda monipuolisia sovelluksia, kuten chatbotteja. Langchain sopii parhaiten projekteihin, jotka vaativat joustavuutta, sopeutumiskykyä ja laajaa valikoimaa luonnollisen kielen käsittelyn kyvykkyyksiä¹³⁰.
- ❖ *LlamaIndex* tehostaa kielimallien toimintaa mahdollistamalla datan nopean indeksoinnin ja kyselyn. Se tukee monipuolista datan integraatiota ja parantaa vastausten osuvuutta. Se on erityisen hyödyllinen sovelluksille, jotka tarvitsevat nopeaa ja tarkkaa pääsyä suuriin tietomääriin¹³¹.
- ❖ *DSPy* (Declarative Self-improving Language Programs) on ohjelmointikehys, joka helpottaa kehittäjiä suunnittelemaan ja säätämään kielimallien toimintaa ilman, että heidän tarvitsee syventyä jatkuvaan ja usein monimutkaiseen kehotteiden muokkaamiseen (prompt engineering). Näin ollen se voi esimerkiksi automatisoida tekoälyagenttien yhteistyötä ja prosessien ketjuttamista, tehostaa järjestelmän toimintaa ja pienentää virheiden riskiä erilaisten automatisoitujen toimintojen välillä¹³².
- ❖ *Newton* on fyysisen maailman ymmärtämiseen erikoistunut tekoälyn perusmalli, joka käyttää hyväkseen erityyppistä sensoridataa. Malli kykenee reaaliaikaisesti ja monipuolisesti havaitsemaan ja analysoimaan fyysisen maailman ilmiöitä, olipa kyseessä sitten videokuvan analyysi tai lämpötila-anturien data. Newton muuntaa saamansa datan tekstiksi, visualisoinneiksi tai esimerkiksi koodiksi, mikä tekee datasta helpommin ymmärrettävää ja hyödynnettävää. Koska kyseessä on perusmalli, sitä voidaan tarvittaessa hienosäätää organisaation erityistarpeisiin sopivaksi¹³³.
- ❖ *TimeGPT* on aikasarjoihin (time series) erikoistunut tekoälyn perusmalli, joka mahdollistaa tarkat ennusteet erilaisista dataseteistä, vaikka se ei olisi ”tutustunut” niihin koulutuksensa aikana. Mallin kyky sopeutua eri datasetteihin tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia ennusteiden tuottamiseen KiRa-alalla, kuten

¹²⁷ [Salesforce.com: About Einstein Copilot](#)

¹²⁸ [Makeabim.com](#)

¹²⁹ [OpenAI.com: Code Interpreter](#)

¹³⁰ [Langchain.com](#)

¹³¹ [Llamaindex.ai](#)

¹³² [Github.com/stanfordnlp/dspy](#)

¹³³ [Archetypeai.io](#)

kiinteistöjen kysynnän tai energiankulutuksen ennustamiseen eri aikoina. Myös tätä mallia voidaan tarvittaessa hienosäätää organisaation tarpeisiin sopivaksi¹³⁴.

3.2 Tekoälyn ja liiketoiminnan yhteensovittaminen

Tekoälyn odotetaan tuovan yrityksille arvoa kahdella pääasiallisella tavalla: uuden liiketoiminnan kautta ja tuottavuuden kasvuna¹³. Käytännössä tämä tarkoittaa prosessien tehostamista, niiden perusteellista uudelleensuunnittelua tai jotain näiden väliltä. Kun tekoälyä hyödynnetään tuottavuuden parantamisessa (esim. chatbottien käyttö asiakaspalvelussa tai toimitusketjun hallinnassa), ei nykyisiä prosesseja tarvitse välttämättä kokonaan uudistaa. Tuottavuutta parantavat ratkaisut edellyttävät kuitenkin organisaatiolta teknologista kypsyyttä sekä teknologioiden ja datan standardointia. Kun nämä edellytykset täyttyvät, voidaan siirtyä prosessien tehostamiseen esimerkiksi karsimalla tarpeettomia ja päällekkäisiä prosesseja, automatisoimalla toimintoja tai kehittämällä uusia, tehokkaampia työtapoja.

Tekoälyn perusmallit antavat mielenkiintoisen mahdollisuuden myös prosessien radikaalille uudelleensuunnittelulle ja kokonaan uudenlaisen liiketoiminnan synnyttämiselle¹³⁵. Tällöin tekoälyn uudet kyvykkyydet, käytettävä data ja muut tekijät integroidaan saumattomasti osaksi yrityksen liiketoimintastrategiaa. Moni tekoälyhanke kompastuu jo alkumetreillä ei-teknisiin tekijöihin, kuten siihen, että ratkaisun perusidea ei ole linjassa liiketoiminnan kanssa, tai sen tavoitteet on linjattu epäselvästi¹³⁶. Siksi esimerkiksi tuoteomistajien kyky hoitaa vuoropuhelua liiketoiminnan ja teknologian välillä on ratkaiseva tekijä tekoälyprojektin menestykselle¹³⁷.

Perusmallien suurin liiketoimintapotentiaali perustuu siihen, että mallit ovat luonteeltaan monikäyttöisiä. Malleja voidaan räätälöidä useisiin eri käyttötarkoituksiin, joten tekoälyprojekteissa tulisi myös painottaa niitä aloitteita, jotka tuovat liiketoiminnalle laaja-alaiset hyödyt yksittäisten käyttötapauksien sijaan¹³⁸. KiRa-alan yhteinen kielimalli olisi tässä ensiarvoisen tärkeässä asemassa, koska sen kautta voitaisiin sujuvammin ja kustannustehokkaammin räätälöidä erilaisia tekoälyn käyttötapauksia koko alalle, edesauttaen myös näiden ratkaisuiden keskinäistä yhteensopivuutta. Jokaisen organisaatiokohtaisen mallin rakentaminen alusta alkaen itsenäiseksi ratkaisuksi olisi paitsi epäkäytännöllistä, myös epärealistista sekä potentiaalisesti vahingollista alan kokonaisvaltaisen digitalisaation edistämisen näkökulmasta, muun muassa ratkaisuiden siiloutumisen vuoksi.

Kielimallien käyttötapauksen suunnittelussa organisaation jäsenten osallistaminen on keskeistä, koska mallit ovat niin hyviä kuin niihin upotettu osaaminen. Mallien organisaatiokohtainen räätälöinti on kuitenkin suhteellisen kevyt projekti verrattuna

¹³⁴ [1] Garza, A., & Mergenthaler-Canseco, M. (2023). TimeGPT-1. arXiv preprint arXiv:2310.03589;

[2] Turingpost.com: Revolutionizing Time Series Forecasting: Interview with TimeGPT's creators

¹³⁵ HBR.org: How AI is helping companies redesign processes

¹³⁶ IBM.com: Will generative AI make the digital twin promise real in the energy and utilities industry?

¹³⁷ HBR.org: Keep your AI projects on track

¹³⁸ McKinsey.com: The data dividend: Fueling generative AI

perinteisiin tietojärjestelmähankkeisiin. Seuraavassa on tyypillinen esimerkki kielimallin räätälöinnistä vaiheittain:

- Aloitusvaihe (1-2 viikkoa):
 - Käyttötapausten määrittely eri sidosryhmien kesken
 - Koulutusaineiston ja datan etsintä
 - Kielimallin vaatimusten ja tavoitteiden määrittely
- Kehitysvaihe (2-3 kuukautta):
 - Datan läpi käyminen ja valmistelu koulutusta varten
 - Mallin koulutus ja optimointi
 - Suorituskyvyn arviointi ja laadunvarmistus
 - API-palvelun pystyttäminen mallin käyttöä varten
- Räätälöity kielimalli:
 - Mallin käyttö API:n kautta (tai optimoitu malli lokaalisti käyttäjän laitteessa)
 - Mallin käyttö olemassa olevan sovelluksen tai järjestelmän ”jatkeena”
 - Mallin ylläpito (joko yrityksen oma IT-osasto tai erillinen palveluntarjoaja)

Teknologian käyttäjälähtöinen kehittäminen edellyttää aina sujuvaa kommunikaatiota ja ideoiden nopeaa iteroimista osapuolten (KiRa-alan yritys, teknologiatoimittaja ja käyttäjä) välillä. Siksi on tärkeää saada prosessi käynnistettyä, jotta päästään testaamaan erilaisia toimintamalleja. Toisin kuin pienemmän mittakaavan kehitysprojekteissa, organisaation laajuisten kehitysprosessin alkuvaiheessa emme kuitenkaan voi ennustaa niiden lopputulosta täsmällisesti. Tällaiset hankkeet muodostavat laajan ja pitkäkestoisen sosioteknisen prosessin, jossa uudet innovaatiot rakentuvat aiempien varaan ja kehitystiimit etenevät askel kerrallaan, hyödyntäen käytännön kokemuksesta syntyneitä ideoita. Prosessi on verrattavissa limittäin aseteltujen kattotiilien kerrostamiseen, missä jokainen tiili asetetaan huolellisesti paikalleen ilman mahdollisuutta oikoteihin¹³⁹.

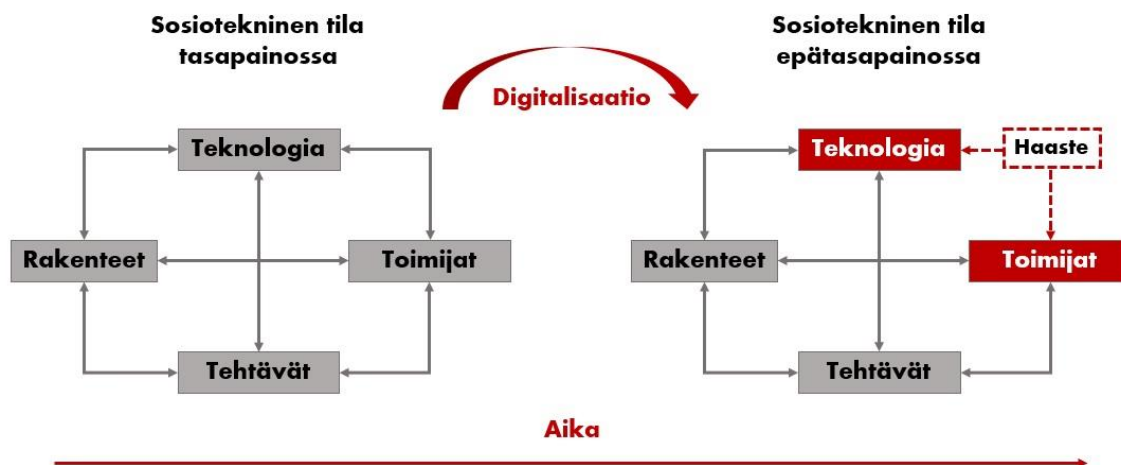
Tässä kohtaa korostuu merkittävä haaste: kuinka kehittää uusia ja innovatiivisia ratkaisuja käyttäjälähtöisesti, kun käyttäjillä ei vielä ole kokemusta teknologian käytöstä? Usein ihmiset eivät tunnista teknologian tarpeellisuutta ennen sen kokeilemistä, ja tekoälyn nopeasti kehittyvien perusmallien myötä tämä haaste vain kasvaa. KiRa-alan yhteinen kielimalli tarjoaisi tämän ongelman ratkaisemiseen konkreettisen lähtöpisteen. Malli mahdollistaisi nopean demonstroinnin ja tarjoaisi ”ensimmäisen kattotiilen” yksittäisten yritysten pitkäjänteiselle tekoälyn kehitystyölle. Kielimalli paitsi kiihdyttäisi ideoiden testausta myös tukisi laajemman ymmärryksen rakentumista tekoälyn mahdollisuuksista alalla.

Tekoälyn perusmallien monikäyttöisyys ja laaja soveltuvuus digitalisaatiossa voivat parhaimmillaan mullistaa organisaation toimintaa syvällisesti. Teknologian käyttöönotto heijastuu kaikille organisaation tasoille – ihmisiin, tehtäviin ja rakenteisiin, joissa muutos yhdellä alueella tuo väistämättä muutoksia myös muihin. Tämä johtaa organisaation epätasapainotilaan, jota tulee hallita¹⁴⁰: ihmiset tulee kouluttaa uusien

¹³⁹ Leonardi, P. M. (2011). When flexible routines meet flexible technologies: Affordance, constraint, and the imbrication of human and material agencies. *MIS quarterly*, 147-167.

¹⁴⁰ Lyttinen, K., & Newman, M. (2008). Explaining information systems change: a punctuated socio-technical change model. *European Journal of Information Systems*, 17, 589-613.

teknologioiden käyttöön, tehtävät täytyy järjestellä uusiksi ja prosessien uudelleenjärjestelyn myötä organisaation rakenteelliset muutokset saattavat olla välttämättömiä, ja niin edelleen.



Kuva 6. Organisaation sosioteknisen tilan muutos ja epätasapainotila digitalisaation seurauksena, johon liittyy uusi haaste. Mitä suurempi muutos, sen enemmän haasteita ilmenee organisaation eri elementtien (teknologia, toimijat, tehtävät, rakenteet) keskinäisessä vuorovaikutuksessa. Kuva muokattu lähteestä: [Lyytinen & Newman \(2008\)](#)¹⁴⁰.

Tekoälyn käyttöönotto kyseenalaistaa vanhat työtavat ja saattaa aiheuttaa resistanssia muutokselle. Tekoälyn yhä ihmismäisemmät kyvyt tekevät siitä myös täysin uudenlaisen teknologian, jonka käyttämisestä ei ole vielä kokemusta ja jonka lopullisista vaikutuksista esimerkiksi työntekijöiden asenteisiin ei ole varmuutta. Siksi on ensiarvoisen tärkeää ymmärtää ihmisen ja tekoälyn välistä vuorovaikutusta ja dynamiikkaa (ks. yllä olevan kuvan 'Haaste'), jotta tekoälyn mahdollistama liiketoimintapotentiaali voidaan hyödyntää täysimääräisesti.

3.3 Ihminen ja tekoäly: Uudet yhteistyön muodot

Tekoälyn kehityksen myötä olemme saavuttaneet pisteen, jossa klassinen Turingin testi on jo ylitetty¹⁴¹. Tekoäly kykenee osallistumaan keskusteluihin, jotka vaikuttavat luontevilta, olipa kyseessä sitten vuorovaikutus ihmisten tai muiden tekoälyjen kanssa¹⁴². Sama pätee myös ammatillisessa ympäristössä, jossa tekoäly hallitsee vaativatkin asiantuntijakeskustelut niin sujuvasti, että sen ja ihmisen välinen ero alkaa hämärtyä¹⁴³. On tärkeää huomata, että tekoälymallit eivät vain jäljittele ihmisen ajatteluprosesseja, vaan ne myös kykenevät "ymmärtämään" ihmisen tietoisuuden,

¹⁴¹ [Nature.com: ChatGPT broke the Turing test — the race is on for new ways to assess AI](#)

¹⁴² [Park, J. S., O'Brien, J., Cai, C. J., Morris, M. R., Liang, P., & Bernstein, M. S. \(2023, October\). Generative agents: Interactive simulacra of human behavior. In *Proceedings of the 36th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology* \(pp. 1-22\).](#)

¹⁴³ [1] [Google research blog: AMIE: A research AI system for diagnostic medical reasoning and conversations](#); [2] [Readwrite.com: Google's AI chatbot allegedly surpasses human doctors in text-based medical diagnoses](#)

tunteet ja ajatukset, joka mahdollistaa niiden osallistumisen hyvin monimutkaisiin ja merkityksellisiin keskusteluihin¹⁴⁴.

Tämä kehitys merkitsee väistämättä myös sitä, että ihmisen tavoin kommunikoivasta tekoälystä on muodostumassa täysin uudenlainen väline työelämään, jonka käytön ja implementoinnin yksityiskohdat ovat vielä suurelta osin hämärän peitossa. ”Ihmismäiset” tekoälyagentit muuttavat perinteistä käsitystä IT:stä passiivisena työkaluna, tarjoten mahdollisuuksia uudenslaisiin yhteistyöhön muotoihin ihmisen ja koneen välillä. Nämä yhteistyön muodot voidaan hahmottaa kolmen kategorian kautta¹⁴⁵:

- **Autonominen tekoäly:** Tekoäly ei ainoastaan korvaa ihmistä, vaan tekee ihmisen tehtävät tehokkaammin ja luotettavammin. Ihmisen rooli supistuu pääasiassa tekoälyn toiminnan valvontaan ja ajoittaiseen päätöksentekoon. Esimerkiksi chatbot asiakasrajapinnassa.
- **Ihmisen kykyjä täydentävä tekoäly:** Ihminen käyttää tekoälyä työkaluna, mikä mahdollistaa tehokkaamman työskentelyn kuin ilman tekoälyn apua. Tekoäly täydentää ihmistyöntekijän kykyjä ja päinvastoin. Esimerkiksi tekoälyn käyttö suunnitteluprosessissa, jossa tekoäly generoi useita suunnitteluvaihtoehtoja ihmisen arvioitavaksi.
- **Tiiminjäsenenä toimiva tekoäly:** Tekoäly ei ainoastaan täydennä ihmisten kykyjä, vaan muodostaa niiden kanssa saumattoman työyksikön. Tekoäly kykenee useisiin erilaisiin työtehtäviin, sekä itsenäisesti että yhteistyössä ihmisten ja muiden tekoälyagenttien kanssa. Tekoälyn integroiminen ihmistiimeihin nostaa merkittävästi tiimien suorituskykyä verrattuna perinteisiin ihmistiimeihin. Esimerkiksi autonomiset agentit osana rakennusprojektin työjohtoa.

Tekoälyn kyvyt osana ihmistiimiä on tunnistettu yleisellä tasolla, ja ne kattavat kommunikaation ja yhteistyön, tiedon- ja prosessien hallinnan alueet (Taulukko 1).

Taulukko 1. Tekoäly osana ihmistiimiä. Lähde: [Dennis et al. \(2023\)](#)¹²⁰.

Kommunikaatio ja yhteistyö	Tiedonhallinta	Prosessien hallinta
<ul style="list-style-type: none"> • Luonnollinen kielen käsittely • Delegointi ja valvonta • Koordinaatio ja muistutukset • Arviointi ja palaute 	<ul style="list-style-type: none"> • Tietojen luokittelu • Tiedon haku ja nouto • Tiedon analysointi • Tiedon organisointi • Tietovarastojen luonti ja hallinta 	<ul style="list-style-type: none"> • Suunnittelu ja aikataulut • Tehtävien jakaminen osatehtäviin • Tehtävien seuranta ja toteuttaminen • Laadunvarmistus ja testaus

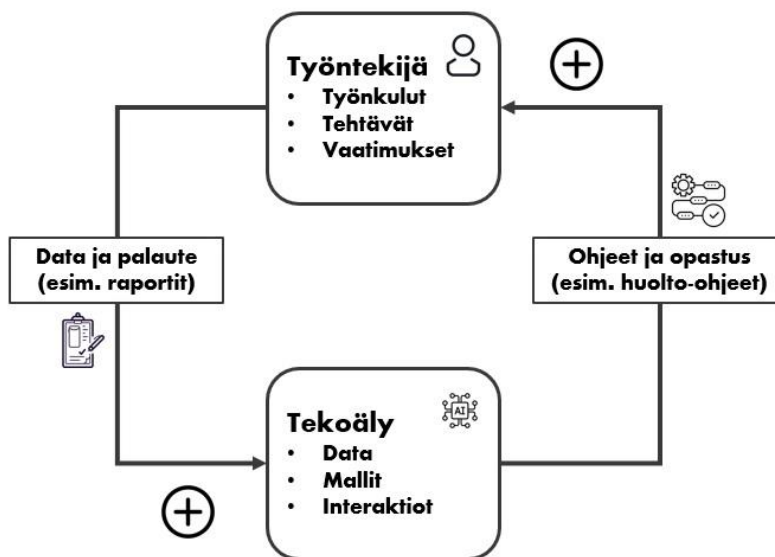
¹⁴⁴ Kosinski, M. (2023). Evaluating Large Language Models in Theory of Mind Tasks. *arXiv e-prints, arXiv-2302*.

¹⁴⁵ Muokaten ja soveltaen: Rai, A., Constantinides, P., & Sarker, S. (2019). Next generation digital platforms: toward human-AI hybrids. *Mis Quarterly*, 43(1), iii-ix.

Ihmisen ja tekoälyn välisen yhteistyön kehittäminen edellyttää teknologian kehityksen ohella uusien toimintamallien käyttöönottoa. Ihanteellisessa tilanteessa nämä mallit edistäisivät ihmisen ja tekoälyn symbioottista suhdetta, hyödyttäen molempia osapuolia. Pitkällä aikavälillä tämä syventäisi vuorovaikutusta ja lisäisi työskentelyn tehokkuutta positiivisen palautesilmukan myötä:

- Ihminen hyödyntää tekoälyä työnsä tehostamiseksi
- Tekoäly saa ihmiseltä dataa ja palautetta kehittyäkseen
- Molemmat kehittyvät ja työtehtävien suorittaminen tehostuu

Kuvassa 7 esitetään mitä kyseinen palautesilmukka voisi tarkoittaa operatiivisessa työssä. Tässä ratkaisussa tekoälymallit on ensin koulutettu kattavilla tiedoilla, kuten laitteiden käyttöohjeilla ja huoltohistorialla. Tämän ansiosta tekoäly voi tarjota työntekijöille esimerkiksi tarkkoja ja reaaliaikaisia ohjeita laitteiden huoltoon.



Kuva 7. Positiivinen palautesilmukka työntekijän ja tekoälyn välillä operatiivisessa työssä.

Tässä työnkulussa ihmistyöntekijä voisi edistää tekoälyn kehittymistä useilla erilaisilla tavoilla. Työntekijät voivat esimerkiksi auttaa merkitsemään dataa erilaisilla tunnisteilla. Tunnisteet ovat erittäin tärkeitä, koska ne tekevät datasta rikkaampaa ja kontekstiin sidottua, ja siten mahdollistavat tekoälymallien oppimisen¹⁴⁶. Lisäksi, kun huoltotyöntekijät syöttävät järjestelmään lisätietoja, kuten työraportteja, tekoälymallit voivat parantaa toimintaansa hyödyntämällä tätä ajantasaista tietoa¹⁴⁷. Datan rikastaminen tunnisteilla ja sen integroiminen osaksi ratkaisun jatkuvaa käyttöä edistäisi systeemin kehittymistä käytön myötä. Laitehuollon käyttötapauksen osalta tämä voisi tarkoittaa seuraavaa:

- Annotointi: Asiantunteva huoltotyöntekijä hienosäätää tekoälymallia antamalla sille tarkempaa tietoa. Tämä tieto sisältää esimerkiksi komponenttien nimet, työvaiheet ja erikoishuomiot. Näin ollen tekoälyn ymmärrys työprosessista syvenee ja kokeneiden työntekijöiden osaaminen oppooa tekoälymalliin.

¹⁴⁶ [IBM.com: What is data labeling?](https://www.ibm.com/topics/data-labeling)

¹⁴⁷ [Aws.amazon.com: What Is RAG?](https://aws.amazon.com/what-is-rag/)

- Raportointi: Huoltotyöntekijä dokumentoi suoritettua työtä tavallisten työtehtävien lomassa, mikä rikastaa tekoälyn käytössä olevaa dataa ajantasaisella tiedolla. Tekoäly voi myös tarvittaessa esimerkiksi pyytää lisätietoja tai auttaa raportointilomakkeen täyttämässä.
- Video- ja äänisyöte: Työntekijät kuvaavat videosyötteitä oikeasta suoritteesta ja selostavat työvaiheet puhumalla. Tämä auttaa tekoälyä ymmärtämään prosessin sekä visuaalisesti että sisällöllisesti¹³³.
- Peukalot ylös/alas: Yksinkertainen arviointimekanismi, jossa huoltotyöntekijä voi ilmaista, oliko tekoälyn antama ohjeistus hyödyllinen tai ei. Tekoäly kehittää algoritmiaan palautteen pohjalta.

Kuten yllä olevasta esimerkistä huomataan, tekoälyn ja ihmisen välinen yhteistyö on vahvasti kaksisuuntainen tie: ihminen hyötyy tekoälystä ja tekoäly hyötyy ihmisestä. Tämän saavuttaminen vaatii kuitenkin hyvin käyttäjälähtöistä lähestymistapaa tekoälyratkaisujen kehityksessä, jolloin yrityksen työntekijät ovat keskeisessä roolissa tekoälyn tutkimus- ja kehitystyössä¹⁴⁸. Näin ollen tekoälyn laaja-alainen kehittäminen poikkeaa huomattavasti perinteisistä IT-projekteista, joissa vuorovaikutus loppukäyttäjän kanssa voi olla rajallisempaa.

Teknologian kehittyessä sen disruptiivinen potentiaali vain kasvaa, mikä luonnollisesti johtaa uusien työtapojen kehittämisen tarpeeseen. Tekoälyn upottaminen organisaation toimintaan tuo kuitenkin mukanaan monenlaisia haasteita, joista merkittävimpiä ovat teknologian ja ihmisen väliset vuorovaikutuskysymykset. Esimerkiksi, miten saada työntekijät tuottamaan uudenlaista dataa, kun prosessit, kuten huoltotehtävien raportointi, on uudistettava? Tuleeko vanhat työtavat delegitimoida yritysjohton toimesta, ja miten tämä muutos vaikuttaa siihen, kuinka työntekijät suhtautuvat uuteen teknologiaan?

Myös luottamus nousee keskeiseksi teemaksi. Kuinka saada ihminen luottamaan tekoälyyn, jos edes tekoälymallien kehittäjät eivät tiedä kuinka mallit päätyvät tiettyihin lopputuloksiin¹⁴⁹? Entä mitä tapahtuu, jos ihmiset luottavat tekoälyyn ”liikaa” ja esimerkiksi jättävät alkuperäisen tiedon tarkistamatta tai antavat päätöksenteon valua tekoälylle? Entä, kuinka suhtaudutaan tekoälyn tekemiin ”inhimillisiin” virheisiin, joita väistämättä esiintyy? Miten voimme puolestaan varmistaa, että tekoäly luottaa työntekijöiden tarjoamaan dataan algoritmiensa kehityksessä, jotta se kykenee esimerkiksi erottamaan kokeneet ammattilaiset noviiseista ja tunnistamaan virheet onnistuneista tehtävistä?

Tekoäly kykenee rikkaaseen sosiaaliseen vuorovaikutukseen ja osaa hyödyntää laajasti olemassa olevaa tietoa. Tulevaisuudessa se voi esimerkiksi osallistua useisiin projekteihin eri rooleissa, toimien organisaation ”muistina”, ylivoimaisella tiedonkäsittely- ja vuorovaikutuskyvyllä, ja ilman ihmistyöntekijöiden heikkouksia ja aikarajoja.

¹⁴⁸ [Forbes.com: ‘Your Employees Are Your R&D Lab’: How AI Changes What Matters At Work](#)

¹⁴⁹ [Technologyreview.com: Large language models can do jaw-dropping things. But nobody knows exactly why](#)

Tämä nostaa esiin monia perustavanlaatuisia kysymyksiä tekoälyn syvemmästä potentiaalista KiRa-alalla. Esimerkiksi miten organisaation sisältämää hiljaista tietoa voidaan kerätä ja tuottaa tekoälyn avulla? Millä mekanismeilla tekoäly voi muuntaa eksplisiittisen tiedon implisiittiseksi ja päinvastoin? Hiljainen tieto siirtyy tyypillisesti sosialisoitumisen ja epämuodollisen vuorovaikutuksen kautta, jolloin tämä edellyttää radikaalisti uudenlaisten vuorovaikutusmekanismien kehittämistä ihmisen ja tekoälyn välille.

Voimmeko esimerkiksi kuvitella tulevaisuuden, jossa työmaakopissa meitä tervehtii tekoäly, joka vaihtaa kanssamme kuulumisia ja tarjoaa päivän tehtävistä muistilistan ennen työmaalle lähtöä? Tulevaisuuden työympäristössä tekoälyn kyky tuoda lisäarvoa ei rajoitu vain tehtävien suorittamiseen, vaan ulottuu syvemmälle työyhteisön sosiaalisiin suhteisiin, mikäli sille annetaan mahdollisuus olla vuorovaikutuksessa ja oppia meistä. Jos tekoälyä ei oteta mukaan "työkaverina" työyhteisöön, sen kenties merkittävin potentiaali saattaa jäädä hyödyntämättä.

4. Kuinka liikkeelle?

Tampereen yliopiston Corelab¹⁵⁰ on rakennetun ympäristön yhteiskehittämisalusta, joka tuo yhteen KiRa-alan yritykset, teknologiayritykset ja yliopistot, edistäen yhteistyötä ja innovaatioita alalla. Toivotamme tervetulleeksi ehdotuksia uusista hankkeista, tarjoten akateemisen ympäristön ja asiantuntemuksen tutkimushankkeiden toteuttamiseen!

Business Finland¹⁵¹ myöntää tutkimus- ja kehitysrahoitusta alaa uudistaville projekteille. Rahoitus mahdollistaa uusien teknologisten innovaatioiden kehittämisen sekä niihin liittyvän tutkimustyön. Corelabissa on kokemusta lukuisten Business Finland -hankkeiden läpiviennistä.

KiraHUB¹⁵² on KiRa-alan kehitystä tukeva voittoa tavoittelematon yhdistys, joka keskittyy erityisesti alalla tapahtuvan digitalisaation vauhdittamiseen. KiraHUB tarjoaa lukuisia resursseja, mukaan lukien "Tekoäly rakennetussa ympäristössä" - verkkokurssin¹⁵³ ja kiihdyttämöohjelman¹⁵⁴, jotka auttavat alan yrityksiä tekoälyratkaisuiden käytössä ja kehittämisessä.

Silo AI on johtava kotimainen tekoäly-yritys, joka tarjoaa tekoälypohjaisia ratkaisuja laajalle kirjolle toimialoja¹⁵⁵. Yritys on myös tuottanut "Nordic State of AI" -raportit 2021¹⁵⁶, 2022¹⁵⁷ ja 2023¹⁵⁸, jotka tarjoavat arvokasta tietoa tekoälyn kehityksestä ja nykytilasta Pohjoismaissa. Silo AI on myös ollut mukana kehittämässä avoimeen dataan perustuvaa Poro-nimistä eurooppalaista kielimallia¹⁵⁹, ja sen jatkokehityksenä

¹⁵⁰ [Sites.tuni.fi: Corelab](https://sites.tuni.fi/corelab/)

¹⁵¹ [Businessfinland.fi](https://businessfinland.fi/)

¹⁵² [Kirahub.org](https://kirahub.org/)

¹⁵³ [Courses.minnlearn.com: AI for Built Environment](https://courses.minnlearn.com/courses/ai-for-built-environment/)

¹⁵⁴ [Kirahub.org: KIRA-alan tekoälykiihdyttämöjaksot keväällä 2024](https://kirahub.org/kira-alan-tekoalykiihdyttamojaksot-kevaailla-2024)

¹⁵⁵ [Silo.ai](https://siloi.ai/)

¹⁵⁶ [Silo.ai: Nordic State of AI: The 2021 Report](https://siloi.ai/nordic-state-of-ai-the-2021-report)

¹⁵⁷ [Silo.ai: Nordic State of AI: The 2022 Report](https://siloi.ai/nordic-state-of-ai-the-2022-report)

¹⁵⁸ [Silo.ai: Nordic State of AI: Third Edition](https://siloi.ai/nordic-state-of-ai-third-edition)

¹⁵⁹ [Silo.ai: Poro - a family of open models that bring European languages to the frontier](https://siloi.ai/poro-a-family-of-open-models-that-bring-european-languages-to-the-frontier)

julkaissut ensimmäiset versiot Viking-kielimallista, joka on suunniteltu tukemaan kaikkia Pohjoismaiden kieliä, englantia sekä erilaisia ohjelmointikieliä¹⁶⁰.

AI in AEC on Helsingissä vuosittain järjestettävä maailman ensimmäinen konferenssi, joka keskittyy erityisesti tekoälyn soveltamiseen KiRa-alalla. Konferenssin vuosien 2021¹⁶¹, 2022¹⁶², 2023¹⁶³ ja 2024¹⁶⁴ esitysmateriaalit tarjoavat yksityiskohtaisen ja ajankohtaisen yleiskatsauksen tekoälyn viimeisimmistä edistysaskeleista alalla.

¹⁶⁰ [Silo.ai: Viking 7B/13B/33B: Sailing the Nordic seas of multilinguality](#)

¹⁶¹ [Ril.fi: AI in AEC 2021](#)

¹⁶² [Ril.fi: AI in AEC 2022](#)

¹⁶³ [Ril.fi: AI in AEC 2023](#)

¹⁶⁴ [Ril.fi: AI in AEC 2024](#)