



Tekoäly rakentamisen johtamisessa: hyödyt, riskit ja vaadittavat kyvykkyydet

Building 2030 osahankkeen loppuraportti

Kirjoittajat¹:

Roope Nyqvist, Tuomas Valkonen & Antti Peltokorpi, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan
laitos

18.12.2025

¹ Tutkimuksen toteutuksessa on ollut mukana Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitoksen Building 2030 tutkimushankkeen yrityskumppanit: Admicom, A-Insinöörit, Asensi, Fira, Haahtela, Hilti, Skanska, Granlund, Jatke, Lujatalo, Parma, Rakennustieto, Rakli, Ramboll, Ramirent, Rejlers, Stark, Trimble ja Vastuu Group. Lisätiedot: Antti Peltokorpi, antti.peltokorpi@aalto.fi

Sisällysluettelo

1	Tiivistelmä	3
2	Johdanto	4
3	Tekoölyn kehityksen tilannekuva	5
3.1	Tekoölyn määrittely ja vaikutukset rakennusosalalle	5
3.2	Tekoölyn kyvykkyysien kehittyminen tutkimushankkeen aikana	6
4	Tulokset	12
4.1	Tekoölyn hyödyntäminen Building 2030 yrityksissä vuonna 2025	12
4.2	Miten räätälöidä generatiivista tekoölyä eri käyttötapauksiin? - Esimerkki sairaalarakentamisesta	13
4.2.1	Miksi vakio tekoöly ei riitä? - Räätälöinnin tarpeellisuus	14
4.2.2	Miten tekoöly räätälöidään? - Kolmivaiheinen malli	14
4.2.3	Mitä räätälöinti maksaa ja mitä sillä saavutettiin?	18
4.2.4	Käytännön haasteet ja mahdollisuudet yrityksille	20
4.2.5	Tekoölyn räätälöintitutkimuksen yhteenveto	21
4.3	Tekoölyn hyödyntämiseen pohjautuvat liiketoimintamallit rakentamisessa	22
4.3.1	Perinteisten liiketoimintamallien ongelmat ja muutostarve	22
4.3.2	Liiketoimintamallin keskeiset komponentit	22
4.3.3	Vaiheittainen siirtymä tekoölyvetoiseen liiketoimintamalliin	26
4.3.4	Uuden ajan pääurakoitsija: Dataa hyödyntävä ekosysteemin orkestroija	27
4.3.5	Johtopäätökset ja tulevaisuuden näkymät	29
4.4	Tekoölyn hyödyntäminen talotekniikkarakentamisessa	30
4.5	Katsaus tekoölyn käyttöä käsitteleviin opinnäytetöihin	34
4.5.1	Tekoöly pääurakoitsijan tarjousprosessissa	34
4.5.2	Tekoölyn integrointi hankintaprosesseihin rakennusosalalla	36
5	Johtopäätökset	38
6	Lähdeluettelo	40
7	Liitteet	42

1 Tiivistelmä

Tämä Building 2030 -hankkeen loppuraportti tarkastelee tekoälyn tilaa rakentamisen johtamisessa vuonna 2025. Hankkeen tavoitteena oli 1) lupaavimpien tekoälyn käyttötapauksen määrittäminen ja hyötyjen arviointi testauksen avulla. Testausta tehtiin etenkin talotekniikan prosessien osalta. Tämän lisäksi hankkeessa pyrittiin 2) arvioimaan kustomoidun tekoälyn kehittämisen tehokkuutta ja hyötyjä sekä 3) tekoälyn liiketoimintavaikutuksia rakennusalan yrityksille.

Kyselytutkimuksen mukaan tekoälyn käyttöaste alan yrityksissä on vielä maltillinen, mutta raportoidut tuottavuushyödyt ovat merkittäviä, keskimäärin 8,8 %. Generatiivinen tekoäly kehittyi kohti itsenäisempää päättelyä, mutta sen potentiaalin lunastaminen vaatii yrityksiltä datan laatuun ja sirpaleisuuteen liittyvien perusongelmien ratkaisemista. Tutkimustulokset korostavat tarvetta siirtyä yksittäisten työkalujen kokeilusta kohti strategista liiketoiminnan uudistamista.

Tutkimus osoittaa, että yleiskäyttöiset kielimallit eivät yksinään riitä rakennusalan erityistarpeisiin ilman lokalisointia. Sairaalarakentamisen tapaustutkimuksessa kehitettiin onnistuneesti yrityksen omaan dataan pohjautuva tekoälyavustaja vain noin 120 työtunnin panostuksella, mikä paransi vastausten luotettavuutta merkittävästi. Vastaavasti talotekniikan prosessien tekoälyavusteisessa testaamisessa havaittiin, että ilman räätälöintiä kaupallisten tekoälysovellusten kyvykyys vaihtelee paljon, onnistuen parhaiten tekstin tuottamisessa mutta vaatien tarkkaa valvontaa mm. kuviin ja muihin lähtötietoihin perustuvassa laskennassa. Tekoälyavusteisesti koodattujen omien ohjelmien todettiin olevan yksi keino automatisoida algoritmisia tehtäviä.

Tekoälyn liiketoimintavaikutuksia tarkastelevassa osiossa tunnistettiin, että tulevaisuudessa pääurakoitsijan rooli todennäköisesti muuttuu enemmän dataohjatun ekosysteemin orkestroijaksi. Vaikka teknologia ottaa suuria harppauksia, inhimillisen asiantuntijuuden merkitys ei katoa; "ihminen silmukassa" on edelleen välttämätön mm. laadun, turvallisuuden ja toiminnan eettisyyden varmistamiseksi. Menestyminen tekoälyvetoisessa tulevaisuudessa vaatii yrityksiltä panostusta uusiin kumppanuuksiin, kyberturvallisuuteen ja osaamiseen. Yritykset, jotka pystyvät yhdistämään laadukkaan oman datansa, toimialan syväosaamisen ja räätälöidyt tekoälyratkaisut, rakentavat itselleen vaikeasti kopioitavan kilpailuedun.

2 Johdanto

Tekoälytyökalujen käyttö on lisääntynyt rakennusalan organisaatioissa nopeasti. Iso osa käytöstä on ollut muiden organisaatioiden tapaan ns. varjo-AI:ta, jossa työntekijät testaavat ja käyttävät tekoälyä omiin työtehtäviinsä ilman organisaation virallista hyväksyntää. Samalla kuitenkin useampi yritys on organisoidusti kehittänyt tekoälyn hyödyntämisen yhteisiä käytäntöjä ja tekoälystä on alettu puhumaan myös osana yritysten strategiaa.

Tämä projekti oli jatkumoa vuosina 2023–2024 toteutettuun ensimmäiseen tekoälyn käyttöä koskevaan Building 2030 konsortion tutkimukseen. Edellisessä hankkeessa tutkittiin kyselyillä ja yksittäisten käyttötapauksen kautta generatiivisten tekoälyn hyödyntämispotentiaalia rakennushankkeen eri tehtävissä. Tutkimuksessa huomattiin, että mm. kuvien ja taulukoiden analysointi sekä monimutkaisten vertailujen suorittaminen projektien dokumenteista ei vielä onnistu ilman täsmällistä tehtävänantoa tekoälyn käyttäjältä.

Tässä hankkeessa jatkettiin 1) lupaavimpien tekoälyn käyttötapauksen määrittämistä ja hyötyjen arviointia testauksen avulla. Pääosan testauksesta muodosti tekoälyn hyödyntäminen talotekniikkasuunnittelun ja -rakentamisen prosesseissa. Yksittäisten työtehtävien tehostumisen ja laadun parannuksen lisäksi hankkeessa pyrittiin 2) arvioimaan kustomoidun tekoälyn kehittämisen tehokkuutta ja hyötyjä sekä 3) tekoälyn liiketoimintavaikutuksia rakennusalan yrityksille.

Tutkimusmenetelminä hankkeessa hyödynnettiin asiantuntijakyselyitä ja -haastatteluja, suunnittelututkimusta sekä kerättyjen projektiaineistojen avulla tehtyjä tekoälytyökalujen testauksia. Edellisvuosien tapaan valtaosa aineistosta on kerätty Building 2030 yrityksiltä ja heidän asiantuntijoiltaan.

Tutkimusraportissa käsitellään ensin ajankohtaista tilannekuvaa tekoälyn yleisestä kehityksestä ja soveltamisesta ja vaikutuksista rakennusalalla. Sen jälkeen esitellään varsinaiset tutkimushankkeen tulokset ja johtopäätökset.

3 Tekoälyn kehityksen tilannekuva

3.1 Tekoälyn määrittely ja vaikutukset rakennusalalle

Tekoäly on yleinen termi teknologioille, jotka matkivat ihmisen älyllisiä prosesseja. Generatiivinen tekoäly on tekoälyn alalaji, joka on erikoistunut luomaan uudenlaista sisältöä, kuten ääntä, kuvia tai tekstiä, olemassa olevan tiedon perusteella. Generatiivisten tekoälyjärjestelmien, kuten ChatGPT:n ja Geminin, kyvykkyudet ovat edistyneet nopeasti. Tämän tutkimusraportin tulosten yhteydessä keskitytäänkin yleisesti nimenomaan generatiivisen tekoälyyn.

Tutkimuksessa on tarkasteltu laajasti eri tekoälysovelluksia. Tulososuuksissa 4.1, 4.2. ja 4.3 on pyritty tuloksien siirtokelpoisuuteen ilman vahvaa sovellusriippuvuutta. Tulososuudessa 4.4. on käytetty erityisesti OpenAI:n ChatGPT 4o ja DeepSeek tekoälysovelluksia.

Tekoälyn kehitys on tutkimuksen aikana ollut nopeaa, jota vauhdittaa suuret kansainväliset investoinnit. Käyttäjämäärien ovat myös kasvaneet voimakkaasti, esimerkiksi ChatGPT on hankkeen aikana ylittänyt 700 miljoonan viikoittaisen aktiivisen käyttäjän rajan (Chatterji *ym.* 2025) ja tilastokeskuksen mukaan generatiivista tekoälyä käyttäneiden osuus 16-89 vuotiaista kasvoi 23:sta 41 %:iin vuonna 2025 (Tilastokeskus 2025). Nopea tekninen kehitys, mittavat investoinnit ja kasvava käyttäjäkunta puoltavat tekoälyn merkitystä tutkimuskohteena.

Tekoälyä hyödynnetään rakennusalalla jo monissa tehtävissä, kuten riskienhallinnassa ja viestinnässä. Tekoäly on esimerkiksi osoittanut kykyä ylittää ihmisten suorituskyvyn rakennusprojektien riskienhallinnassa (Nyqvist *ym.* 2024). Se voi myös tehostaa tietotyötä mm. valmistellessa asiakirjoja ja analyysseja. Niin sanotuissa suorittavan työn tehtävissä tekoälyä on yhdistetty robotiikkaan, esimerkiksi auringonpaneeleita asentavissa roboteissa (PV Magazine 2025). Vaikka nämä yksittäiset esimerkit osoittavat lupaavia merkkejä tekoälyn hyödyistä, tekoälyn koko potentiaali yrityksen liiketoimintamallien muuttamisessa on edelleen epäselvä. Rakennusalalla tekoälyn sovellukset ovat usein hajautettuja ja keskittyvät yksittäisten tehtävien optimointiin. Tämä niin sanottu "työkalupakki"-lähestymistapa ei hyödynnä tekoälyn koko potentiaalia, mikä johtaa alalla sitkeästi jatkuvaan heikkoon tuottavuuden kehitykseen. Vastaavasti kuin sähkö tai höyry aiemmissa teollisissa vallankumouksissa, tekoälyn potentiaali voi olla kokonaisvaltainen muutos eikä vain olemassa olevan työn tehostamista. Esimerkiksi perinteisestä pääurakoinnin liiketoimintamallista, joka on juurtunut projektikeskeiseen toimintaan ja kilpailulliseen tarjouslaskentaan, voi puuttua tarvittavaa ketteryyttä perustavanlaatuisen liiketoimintamallin innovaatioon. Tällaisessa tilanteessa uuden teknologian hyötyjen saaminen voi lykkääntyä toiminnan heikon mukautuvuuden takia.

Tekoäly ei vaikuta pelkästään rakentamisen työtapoihin ja prosesseihin, vaan myös siihen mitä rakennetaan. Tekoälyteknologian laaja käyttöönotto on näkynyt myös datakeskusrakentamisen voimakkaana kasvuna. Kansainvälisesti on meneillään suuria datakeskusprojekteja, ja

kysynnän odotetaan jatkuvan voimakkaana tekoäly- ja pilvipalveluiden leviämisen myötä. Esimerkiksi JLL:n ja Oxford Economicsin raporttien mukaan Yhdysvalloissa on käynnissä merkittävä datakeskusrakentamisen aalto. Tästä nähdään myös merkkejä Suomessa.

Tekoälyn vaatima infrastruktuuri ei rajoitu pelkästään datakeskuksiin. Myös energiantuotanto ja -siirto ovat kasvavia rakentamisen osa-alueita, koska tekoälysovellusten pyörittäminen vaatii valtavia määriä energiaa. Siten tekoäly luo uudenlaisia rakennusalan markkinoita ja mahdollisuuksia, jotka siirtävät alaa perinteisistä rakennusprojekteista uudenlaisiin, teknologiavetoisiin hankkeisiin. Nämä uudet hanketyypit haastavat myös alan osajia uudistumaan, jotta voivat palvella uudenlaisia kiinteistötarpeita, jotka syntyvät osin tekoälyn ja datavetoisten ratkaisuiden seurauksena. Teknologiset muutokset vaikuttavat rakentajiin isossa kuvassa myös muilta osin, esimerkiksi pääkaupunkiseudulla on yli 700 000 neliometriä tyhjää toimitilaa (Helsinki Research Forum 2025), osin digitaalisen transformaation seurauksesta työn siirtyessä voimakkaasti etätööhön.

Tekoälyn kehittämisellä ja laajalla käyttöönnotolla saattaa olla myös vaikutus työnteon perusteisiin. Voidaan argumentoida, että tekoälyn hyödyntäminen ja lisääntynyt datavetoisuus muuttavat tietotyön luonnetta. Kun osa tietotyöstä siirtyy koneiden suoritettavaksi, ihmistyön rooli saattaa muuttua. Tämä voi tarkoittaa sitä, että ihmisten kohtaaminen ja vuorovaikutus korostuvat, mutta samalla tarve suorittaa tietotyötä toimistolla saattaa vähentyä. Tekoäly nähdään tulevan nykyistä vahvemmin osaksi aiemmin ihmiskeskeisiä organisaatioita (Dell’Acqua ym. 2025). Tulee kuitenkin huomioida, että vaikutuksia käsittelevät julkaisut vaihtelevat tuloksiltaan eikä täysin tarkkaa ja luotettavaa ennustetta työnteon tulevaisuuden muotoon ja tilantarpeisiin voi kuitenkaan laatia. Nämä esimerkit kuitenkin havainnollistavatkin yleistasonisesti, että tekoälyllä voi olla paljon vaikutuksia sekä tulevaisuuden rakentamistarpeisiin että työn luonteeseen ja johtamiseen myös rakennusalan sisällä ja on siksi suositeltavaa panostaa omaan mukautumiskykyyn.

3.2 Tekoälyn kyvykkyyksien kehittyminen tutkimushankkeen aikana

Tässä osuudessa käydään lyhyesti läpi generatiivisen tekoälyn kehitystä tutkimushankkeen aikana (vuodet 2024-2025) konkreettisten esimerkkien tukemana.

Kuten aiemmin todettu, tekoäly on jatkanut nopeaa kehitystä. Esimerkiksi tekoälyn kuvanluomis- ja ymmärryskyvyt ovat parantuneet. On tullut mahdolliseksi luoda kuvia entistä selkeämmin ja muokata niitä realistisella tarkkuudella. Kuvassa 1 on alkuperäiseen Dipoli-rakennuksen kuvan pohjalta luotu uusi kuva, jossa on lisäkerros, Building 2030-tervetulobanneri ja enemmän ihmisiä. Muokkaukset tehtiin yhdellä tekstinä annetulla komennolla Geminille.



Kuva 1. Esimerkki tekoälyn kuvakyvykkyyksistä (ylempänä alkuperäinen kuva, alempana tekstikomennon kautta muokattu versio)

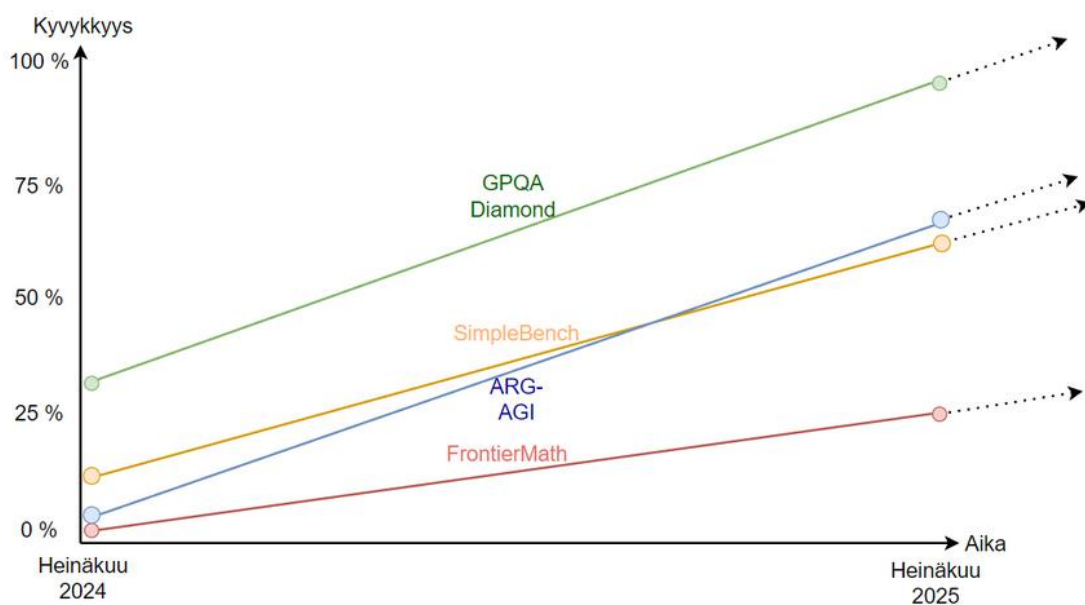
Yllä oleva esimerkki havainnollistaa, että tekoälyllä on merkittävä potentiaali mm. rakentamisen suunnittelutoiminnassa, mutta myös visuaalisen johtamisen työkaluna. Esimerkiksi hankesuunnitteluvaiheessa tekoälyä hyödyntämällä voidaan luoda havainnekuvia ketterästi, mikä voi nostaa visualisointityön ja markkinoinnin tuottavuutta. Tämä mahdollistaa myös visualisointityön ilman laajaa asiantuntemusta. Kuvien ja videoiden luominen myös ilman lähdekuvaa on mahdollista.

Sovelluksille voi myös syöttää kuvia ja pyytää sitä analysoimaan niiden sisältöä. Erityisen arvokkaita käyttötapoja löytyy työmaiden kuvadatan automaattisesta analysoinnista. Kuvadatan analysointia voidaan hyödyntää useisiin tarkoituksiin, kuten turvallisuusarvioihin, kuvissa olevien yksityiskohtien arviointiin (esimerkiksi työvaiheen tai puutteiden tunnistaminen) sekä työmaan kokonaistilannekuvan muodostamiseen automaattisesti. Tämä mahdollistaa esimerkiksi asennusten vertailun tietomalliin ja eroavaisuuksien tunnistamisen.

Generatiivisen tekoälyn kyvykkyudet ovat jatkaneet kehittymistä tutkimushankkeen ajan myös muilta osin. Tämän kehityksen havainnollistamiseksi Kuvassa 2 on esitetty tuloksia eri

testeistä, joilla mitataan tekoälyn kykyjen kehittymistä. Kuvassa on otettu mukaan muutama keskeinen mittari, joiden sisältö on lyhyesti kuvattuna alla:

- GPQA Diamond: Laaja-alainen koe erityisesti edistyneille malleille, joka testaa syvää tietämystä ja loogista päättelyä vaativilla kysymyksillä eri tieteenaloilta. "Diamond" on vaativin osa-alue, jossa kysymykset on laadittu asiantuntijatasoisiksi.
- SimpleBench: Vertailutesti, joka keskittyy yksinkertaisiin mutta monipuolisiin tehtäviin. Sen tavoitteena on arvioida mallien peruskykyä (kieli, päättely, laskenta).
- ARG-AGI: Benchmark, joka mittaa mallien kykyä perustella ja argumentoida. Tehtävät sisältävät väitteiden analysointia, perusteltuja johtopäätöksiä ja kriittistä ajattelua, mikä liittyy laajemmin AGI-tason (artificial general intelligence = yleisen tekoälyn) arviointiin.
- FrontierMath: Koe, joka testaa matematiikan osaamista yli peruslaskennan, esimerkiksi abstrakteja ongelmia ja korkeamman tason matemaattisia konsepteja. Tarkoitettu mittaamaan mallien rajoja vaativissa matemaattisissa tehtävissä.



Kuva 2. Generatiivisen tekoälyn kyvykkyuden kehittymistä visualisoiva kuvaaja (katso lisätietoja: <https://epoch.ai/benchmarks>)

Toteutuneen kehityksen ja kehitysresurssien perusteella on perusteltua ennustaa, että tekoälyn kyvykkyys jatkaa parantumista myös tulevina vuosina. Kehityksessä ei ole näkynyt pysähtymistä. Jos tekoälyn kyvyt kehittyvät merkittävästi, on odotettavissa, että tulemme näkemään uusia toiminnallisuuksia. Esimerkkinä tästä ovat alla lyhyesti esiteltävät reasoning- ja syvätutkimuskyvyt.

Reasoning tarkoittaa tekoälyn kykyä päätellä, mikä on vaikuttanut sen toimintakykyyn merkittävästi. Reasoning-kyvykkyuden ansiosta tekoälymallit pystyvät analysoimaan väitteitä, tekemään perusteltuja johtopäätöksiä ja harjoittamaan kriittistä ajattelua.

Tekoälymallien reasoning-ominaisuuksien kehitys on tärkeää myös rakentamiselle. Tekoälyn parempi kyky analysoida monimutkaisia väitteitä, tehdä perusteltuja johtopäätöksiä ja

harjoittaa kriittistä ajattelua voi tarjota uusia ratkaisuja. Esimerkiksi ARG-AGI-mittari, joka mittaa juuri tätä argumentointi- ja perustelukykyä, on parantunut heinäkuusta 2024 heinäkuuhun 2025 huomattavasti (Kuva 2). Tällainen edistys tarkoittaa, että esimerkiksi tekoälyagentit voivat tulevaisuudessa suoriutua entistä luotettavammin tietotyön tehtävistä, kuten hankedokumenttien ristiriitojen havaitsemisesta ja riskienhallinnan lähtötietojen selvityksestä yhdistettynä syvätutkimustoimintoihin ja yritysten omiin tietokokonaisuuksiin (katso osuus 3.1). Tämä voi monipuolistaa tekoälyn roolia organisaatioissa.

Reasoning-kyvykkyyksien kehittymisen ohella on syytä mainita agenttimainen tekoäly. Tämä tarkoittaa itsenäistä toimijuutta omaavaa tekoälyä, joka pystyy suorittamaan monimutkaisia tehtäviä. Agenttimainen kehitys näkyi alkuun esimerkiksi "syvätutkimustoimintojen" julkistuksissa. Syvätutkimus on menetelmä, jossa tekoäly hyödynnetään keräämään ja analysoimaan tietoa perusteellisesti mahdollistamalla tekoälylle internetin selailun kymmenien tai satojen lähteiden löytämiseksi, joista se laatii tuloksen vastineena käyttäjän komentoon. Tämä tekniikka mahdollistaa esimerkiksi tarkempien lähtötietojen selvitysten tekemisen.

Konkreettisenä esimerkkinä agenttimaisesta tekoälystä hankkeen aikana tehtiin kokeilu, jossa kolmea eri tekoälyä (ChatGPT, Gemini ja ManusAI) hyödynnettiin Länsiratikka-hankkeen Topeiliuksenkadun alueen lähtötietojen selvitykseen. Tekoälyagentteja ohjeistettiin kaivamaan esiin suunnittelun ja rakentamisen kannalta kriittisiä huomioita. Esimerkiksi Gemini tuotti tuloksena 18 sivun raportin 51 lähteen perusteella, mikä osoittaa mallien kyvyn käsitellä laajaa, monilähteistä aineistoa tehokkaasti. Vastaavasti ChatGPT ja ManusAI tarjosivat omat raportit, joiden tulokset annettiin taas tekoälylle synteesiä varten. Tämän perusteella luotiin hankkeen projektipäällikölle personoitu roolikohtainen selkeä ja ytimekäs tiivistelmä, joka sisälsi enää vain taulukon keskeisimmistä havainnoista, niihin tarvittavista toimenpiteistä ratkaisuehdotuksineen ja keskeisistä osapuolista (koko taulukko liitteessä 1).

Syvätutkimuksesta saadusta synteesistä keskeisiä sisällöllisiä huomioita olivat esimerkiksi:

- Maanalaiset rakenteet ja esteet: Purettujen rakennusten perustukset ja vanhat kunnallistekniikan linjat (esim. T16, T7) vaativat kohdennettuja pohjatutkimuksia ja johtokartoituksia (esim. maatulkausta). Toimenpiteenä on hankkia purku- ja geotekniset piirustukset Senaatti-kiinteistöiltä.
- Maaperän pilaantuneisuus (PIMA): Erityisesti entisen huoltoaseman (T45) alueella on riski maaperän pilaantuneisuudesta. Tämä vaatii kattavat PIMA-tutkimukset ja huomioimisen kustannuksissa ja maan käsittelyvaatimuksissa.
- Kulttuurihistorialliset arvot: Suojellut ja arvokkaat rakennukset (esim. Töölön kirkko) edellyttävät tärinärajojen tiukkaa noudattamista, ennakkokartoitusta museoviranomaisten kanssa sekä työmaatoteutuksen huolellista suunnittelua (melu, pöly).

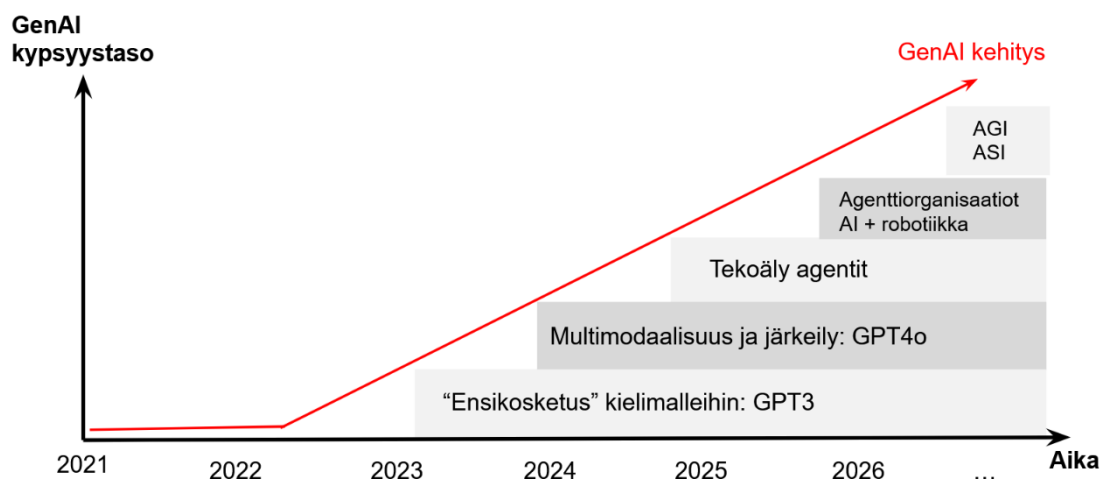
Syvätutkimus tukee näin perinteistä tietotyötä, nopeuttaen aineiston hakua, analysointia ja tuloksien personalisointia.

Hankkeen aikana syvätutkimusta testattiin ja esiteltiin myös osana muita käyttötapauksia. Esimerkiksi tarjouspyyntöaineisto voidaan ositella koneella ja tehdä jokaiseen osaan erilliset

syvätutkimukset, joista saatua lähtötietoa voidaan käyttää mm. ennakkotarjousten laatimisen, hinnoittelun ja riskien arvioinnin pohjana.

Kehitystä kohti agenttimaisia organisaatioita ilmensi myös yksi selkeä kehityskulku tutkimushankkeen aikana. Tulevaisuudessa tekoäly voi muuttaa pääurakoitsijan roolin toimijasta, joka hallinnoi alihankintasopimuksia, tieto-ohjatuksi ekosysteemien orkestroijaksi (aihetta on tarkemmin käsitelty raportin myöhemmässä osassa). Tämä roolimuuotos mahdollistaa uusien tulovirtojen luomisen sekä digitaalisten alustojen ja ekosysteemien kehittämisen. Jatkossa tekoäly voi esimerkiksi mahdollistaa työn ja materiaalien hankinnan eriyttämisen, jolloin tekoälyjärjestelmät hoitavat tarkan projektisuunnittelun ja työnjaon. Tällöin työntekijät muuttuvat yhä enemmän yrittäjiksi, jotka voivat hankkia työnsä digitaalisten alustojen kautta. Laajasti toutuneena tätä muutosta ei kuitenkaan pidetä vielä todennäköisenä vuoteen 2030 mennessä.

Myös robotiikalla on merkittävä rooli tekoälyn kehityksessä. Esimerkkeinä hankkeessa esitellyistä robotiikan sovelluksista ovat robottimaratoneilla esitellyt edistysaskeleet (CNN 2025), aurinkopaneeleja asentavat robotit (PV Magazine 2025) sekä Berkeleyn kehittämä avoimen lähdekoodin edullinen robotiikka (Chi ym. 2025). Nämä esimerkit ilmentävät robotiikan mahdollisuuksia myös rakennusosalalla. Tekoäly voi tulevaisuudessa vauhdittaa entisestään yleiskäyttöisten robottien kehitystä ja onkin perusteltua argumentoida, että tulevat teknologiat rakentuvat niitä edeltävien ratkaisuiden päälle (havainnollistettuna Kuvassa 3 alla).



Kuva 3. Tekoälyratkaisuiden kehitys ajallisesti

Yleisillä tekoälymalleilla (esim. ChatGPT) on usein puutteita, kun niitä sovelletaan paikallisiin ja toimialakohtaisiin tehtäviin. Vaikka ne ovat vaikuttavia yleisissä tehtävissä, ne on koulutettu pääasiassa julkisella internet-datalla. Tämä data on laaja, mutta siitä puuttuu usein korkealaatuisia ja erikoistunutta tietoa, kuten hanketyyppikohtaisia erityispiirretietoja. Tämän puutteen vuoksi yleiset mallit saattavat jättää huomiotta kriittisiä projektin nyansseja ja tuottaa epätarkkoja tai epäolennaisia suosituksia. Pahimmillaan tämä voi johtaa "hallusinaatioihin", joissa tekoäly antaa itsevarmoja, mutta todellisuudessa vääriä vastauksia pyrkiessään antaa jonkin vastauksen ilman kunnon pohja-aineistoa. Rakennusosalalla, jossa turvallisuus ja taloudelliset

päätökset ovat kriittisiä, tällaiset virheet muodostavat suuren riskin. Tekoälyn tuloksiin tulee yhä suhtautua terveen kriittisesti ja huomioida, että ihmisasiantuntijan tulee yhä tarkastuksen kautta vahvistaa tekoälyn tuotokset.

4 Tulokset

4.1 Tekoälyn hyödyntäminen Building 2030 yrityksissä vuonna 2025

Tämän tutkimusosion tavoitteena oli kyselytutkimuksen keinoin selvittää tekoälyn hyödyntämisen tilaa rakennusalan yrityksissä. Kyselytutkimuksen tuloksia lukiessa tulee huomioida, että kysely toteutettiin osana Building 2030-hanketta, jonka osallistujayritykset ovat kiinnostuneita rakennusalan kehittämisestä ja tekevät usein myös omaa tekoälytutkimusta. Tutkimusaineisto kerättiin yhdessä Building 2030 kokouksessa toteutetun kyselytutkimuksen avulla. 19 vastaajaa edusti alan toimijoita, kuten yritysten johtajia ja kehitysinsinöörejä. Tässä yhteydessä kyselyn vastaajat ovatkin eräänlaista edelläkävijäjoukkoa ja heidän näkemyksensä heijastavat rakennusalan tämän osan käsityksiä tekoälyn nykytilasta ja tulevaisuudesta.

Oheessa tulokset tammikuun 2025 yrityskokouksessa järjestetystä kyselystä:

- Miten laajasti yrityksessänne käytetään tekoälyä tällä hetkellä? (0 = ei käytössä lainkaan ja 10 = laajasti käytössä kaikilla osa-alueilla)
 - o Vastausten keskiarvo 4,5 (n=17).
- Miten systemaattisesti kehitätte koko yrityksenne tasolla tekoälyn hyödyntämistä? (0 = ei kehitetä lainkaan ja 10 = laaja systemaattinen kehitystyö yrityksessä kaikilla tasoilla)
 - o Vastausten keskiarvo 6,4 (n=17).
- Kuinka paljon arvioisit tekoälyn tehostaneen työskentelyänne prosentuaalisesti? (%)
 - o Vastausten keskiarvo 8,8 % (n=18).
- Millaisia vaatimuksia tai ongelmia olette kohdanneet tekoälyn käytössä yrityksessänne? (kirjoittajan tarkastama o3-mini-high tiivistelmä vastauksista n=19)
 - o *Data- ja tekniset haasteet:* Yrityksissä esiintyy ongelmia tiedon jäljitettävyydessä, päivittämisessä, laadussa ja sirpaleisuudessa, mikä heikentää datan hyödyntämistä ja turvallisuutta.
 - o *Juridiset, eettiset ja sopimukselliset rajoitteet:* Käyttöoikeussopimukset, tietoturva sekä eettiset ja oikeudelliset vaatimukset rajoittavat uusimpien tekoälymallien nopeaa käyttöönottoa.
 - o *Organisatoriset ja osaamisongelmat:* Tekoälyn roolia ei vielä ymmärretä kokonaisvaltaisesti, käyttötapauksia ei ole kunnolla tunnistettu, ja perinteiset toimintatavat, puutteellinen osaaminen sekä rajalliset resurssit estävät laajamittaisen kehityksen.
- Missä näette suurimman potentiaalín tekoälyn käytölle yrityksenne toiminnassa tulevaisuudessa? (kirjoittajan tarkastama o3-mini-high tiivistelmä vastauksista n=15)

- *Automaatio ja tekoälyagentit:* Tekoälyagenttien, robottiprosessiautomaation ja CAD-automaatioiden avulla pyritään tehostamaan manuaalisia työvaiheita, vähentämään bulkkityötä ja optimoimaan tuotannonsuunnittelua.
- *Datan hyödyntäminen ja analytiikka:* Vapaasta tekstistä tuotavan datan avulla parannetaan tiedolla johtamista, analysointia ja datan yhdistämistä, mikä mahdollistaa suunnitelmätiedon virtautuksen koko rakennuksen elinkaaren ajan.
- *Liiketoimintaprosessien kehittäminen:* Tavoitteena on löytää ja hyödyntää luotettavia tekoälysovelluksia, jotka tukevat asiakaspalvelua, laadunvarmistusta ja uusien liiketoimintamallien kehittämistä rakennusallalla.

Tuloksien perusteella voidaan sanoa, että tekoälyn käyttö rakennusalan yrityksissä on vielä heikkoa, ja sen hyödyntäminen ei ole vielä laajaa kaikilla osa-alueilla. Kyselyyn vastanneiden tekoälyn käyttöasteen keskiarvo on 4,5 (asteikolla 0–10). Vastaajat kokevat, että tekoälyn kehittäminen on kuitenkin jo jonkin verran systemaattista yritystasolla, mistä kertoo keskiarvo 6,4. Positiivisena tuloksena voidaan pitää sitä, että yritykset arvioivat tekoälyn jo nyt tehostaneen työskentelyään keskimäärin 8,8 %. Tämä vastaa noin 22 työpäivän tehostusta vuodessa työntekijää kohden. Voidaankin todeta, että mikäli keskiarvon mukainen hyöty saadaan realisoitumaan todellisuudessa koko alalla, on sen vaikutus tuotannollisesti ja taloudellisesti merkittävä. Etenkin huomioiden vastanneiden ilmoittaman heikon tekoälyn käyttöasteen, jonka pohjalta on argumentoitavissa, että tavoittamatonta hyötypotentiaalia on yhä runsaasti.

Tekoälyn laajamittaisen käyttöönoton esteenä on useita haasteita. Erityisesti dataan liittyvät ongelmat, kuten tiedon sirpaleisuus, heikko laatu ja tulosten jäljitettävyyys, heikentävät tekoälyn hyödyntämistä. Lisäksi juridiset ja eettiset rajoitteet sekä sopimusasiat estävät uusimpien mallien nopeaa käyttöönottoa. Myös organisaatioiden sisäiset ongelmat, kuten puutteellinen ymmärrys tekoälyn roolista ja perinteiset toimintatavat, hidastavat kehitystä. Suurinta potentiaalia nähdään tulevaisuudessa automaatiossa ja tekoälyagenteissa, datan hyödyntämisessä ja analytiikassa sekä liiketoimintaprosessien kehittämisessä.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että tekoälyn käyttö ja kehitys yrityksissä on vielä vähäistä ja toiminnan kypsyystaso on matala. Alustavia positiivisia hyötyjä nähdään, mutta laajamittaiset hyödyt eivät vielä tulleet hankkeen aikana esille.

4.2 Miten räätälöidä generatiivista tekoälyä eri käyttötapauksiin? - Esimerkki sairaalarakentamisesta

Tämä osio kuvaa, kuinka generatiivista tekoälyä voidaan räätälöidä paremmin rakennusalan erityistarpeisiin kustannustehokkaasti. Tutkimus liittyy Aalto-yliopiston ja A-Insinöörien hankkeessa tekemään tutkimukseen *“How to customize generative artificial intelligence? Case Finnish hospital construction”* (kirjoitushetkellä 10/2025 Journalin käsittelyssä), jossa kehitettiin ja validoitiin menetelmä tekoälyn räätälöimiseksi, käyttötapauksena suomalainen

sairaalarakentaminen. Tutkimuksesta esitetään tässä raportissa tiivistetty, suomenkielinen ja yleistasoinen versio. Osion tavoitteena on auttaa suomalaisia rakennusalan yrityksiä ymmärtämään, miten he voivat hyödyntää omaa dataansa ja asiantuntemustaan luodakseen yleisiä malleja paremmin toimivia tekoälyratkaisuita ilman suuria investointeja.

4.2.1 Miksi vakio tekoäly ei riitä? - Räätelöinnin tarpeellisuus

Generatiiviset tekoälymallit, kuten ChatGPT ja Gemini, ovat osoittaneet laaja-alaista kyvykkyyttä monenlaisissa tehtävissä, mikä on seurausta niiden kouluttamisesta valtavilla, pääasiassa internetistä kerätyillä aineistoilla. Tämä laaja-alaisuus on kuitenkin myös niiden heikkous erikoistuneissa ammattilaiskäyttötapauksissa. Kun yleisesti käytössä olevaa generatiivista tekoälyä sovelletaan kapea-alaiselle ja paikalliselle osaamisalueelle, kuten suomalaiseen sairaalarakentamiseen, voi sen suorituskyky olla heikko. Osittain syynä on se, että laadukas paikallinen ja toimialakohtainen tieto on aliedustettuna tai puuttuu kokonaan näistä massiivisista, globaaleista koulutusaineistoista (Taiwo ym. 2025). Tämän seurauksena tekoälymalli ei aina ymmärrä paikallisia parhaita käytäntöjä, erityisriskejä tai ammattiterminologiaa, mikä voi johtaa puutteellisiin tuloksiin.

Käytännössä tämä tietovaje tarkoittaa, että tekoäly jättää huomiotta sellaisia hankkeen nyansseja, jotka kokeneet ammattilaiset huomaavat. Se voi tulkita teknisiä termejä väärin, sivuuttaa paikalliseen lainsäädäntöön liittyviä vivahteita ja tuottaa geneerisiä neuvoja, jotka ovat suoraan kontekstista irrallisia ja jopa haitallisia. Esimerkiksi suomalaisen sairaalahankkeen riskienhallintaa koskevaan kysymykseen malli saattaa antaa yleisiä ohjeita, jotka eivät ota kantaa paikallisiin rakennusmääräyksiin tai erityisiin, aiemmissa hankkeissa tunnistettuihin ongelmiin. Tämä korostaa tarvetta ihmisen suorittamalle valvonnalle erityisesti sisältörikkaissa tehtävissä.

Vakava ongelma on tekoälyn taipumus "hallusinoida" eli tuottaa itsevarman oloisia, mutta todellisuudessa virheellisiä tai täysin keksittyjä vastauksia (Ji ym. 2024). Rakennusalalla, jossa turvallisuuteen ja talouteen liittyvät päätökset ovat kriittisen tärkeitä, tällaiset virheet muodostavat merkittävän riskin ja vastuukysymyksen. Tutkimuksessa tätä kutsutaan epistemologiseksi riskiksi: vaaraksi toimia uskottavalta vaikuttavan, mutta paikkansapitämättömän tekoälyn tuottaman tiedon varassa. Tämän vuoksi tekoälyn räätälöinti toimialakohtaisella ja luotettavalla tiedolla on suositeltavaa sen suorituskyvyn parantamiseksi ja sen muuttamiseksi yleisestä työkalusta luotettavammaksi asiantuntijatyökaluksi.

4.2.2 Miten tekoäly räätälöidään? - Kolmivaiheinen malli

Tutkimuksessa esitelty tekoälyn räätälöintiprosessi on systemaattinen, suunnittelutieteelliseen (Hevner ym. 2004, Holmström ym. 2009) metodologiaan perustuva toimintamalli, joka etenee kolmessa päävaiheessa. Sen tavoitteena on ratkaista käytännön ongelma rakentamalla ja arvioimalla uudenlainen teknologinen työkalu (Suomalaisen sairaalarakentamisen tekoäly <https://chatgpt.com/g/g-67ab030d169881918b67bb17e67a4c19-suomalaisen-sairaalarakentamisen-tekoaly>).

Koko prosessi alkaa ensimmäisestä vaiheesta, jossa ongelma ja sille asetettavat kehitettävän ratkaisun vaatimukset määritellään. Tämän vaiheen onnistuminen on edellytys sille, että kehitettävä tekoälyratkaisu vastaa todellisiin tarpeisiin.

4.2.2.1 Vaihe 1: Ongelman ja vaatimusten määrittely

Ensimmäinen vaihe alkaa kartoittamalla nykyisten, yleiskäyttöisten tekoälyratkaisujen puutteita ja rajoitteita. Tutkimuksessa tämä tehtiin kirjallisuuskatsauksella, jonka avulla tunnistettiin kolme keskeistä ongelmaa:

- (1) Tekoälymallien puutteellinen paikallistuntemus.
- (2) Tekoälykehitykseen liittyvät korkeat kustannukset.
- (3) Mallien heikko kyky jatkuvaan oppimiseen toimijan datan pohjalta.

Ongelman ymmärtäminen on pohja kaikelle kehitystyölle; kun tiedetään, missä geneeriset mallit epäonnistuvat, voidaan määritellä, millainen räätälöidyn ratkaisun tulisi olla.

Kun yleiset haasteet on tunnistettu, ne muunnetaan konkreettisiksi, yrityksen toimintaan liittyviksi liiketoimintaongelmiksi ja käyttökohteiksi. Rakennusalan yritykselle tämä voi tarkoittaa esimerkiksi tarvetta tehostaa sairaalahankkeiden riskien tunnistamista ja hallintaa tai nopeuttaa tarjousten ja myyntimateriaalien laatimista. Muita keskeisiä haasteita voivat olla uusien työntekijöiden perehdyttämisen tehostaminen tai jatkuvan "projekti-amnesian" torjuminen – eli sen arvokkaan hiljaisen tiedon tallentaminen, joka tyypillisesti katoaa projektiryhmien hajotessa. Kun nämä ratkaistavat ongelmat on määritelty, voidaan täsmentää, mitä tietoja ja ominaisuuksia räätälöidyltä tekoälyltä vaaditaan, jotta se voi vastata näihin haasteisiin tehokkaasti.

Tässä tutkimuksessa otettiin käyttötapaukseksi suomalainen sairaalarakentaminen. Kehitysmenetelmä suunniteltiin kuitenkin siirtokelpoiseksi eri rakentamisen osa-alueisiin tai kohdetyypeihin. Tavoitella räätälöidylle mallille oli vahvistaa sen suomalaisen sairaalarakentamiseen liittyvää tietämystä mahdollisimman matalilla kustannuksilla ja tarjota mahdollisuus systemaattiseen instituution tietopääoman rikastamiseen.

4.2.2.2 Vaihe 2: Ratkaisun kehitys

Kun räätälöidyn tekoälyn tavoitteet ja vaatimukset on määritelty, siirrytään prosessin käytännönläheiseen ja samalla työläimpään ytimeen: varsinaisen ratkaisun kehittämiseen. Tämän vaiheen päämääränä on rakentaa kaksi toisiaan tukevaa komponenttia: 1) tarkoin laadittu, räätälöitävää kokonaisuutta koskeva tietokokonaisuus sekä 2) "perustuslaki", joka ohjaa tekoälyn toimintaa.

Tiedon kerääminen ja jalostaminen tekoälyn perustaksi

Käyttökelpoisen tietokokonaisuuden luominen edellyttää monipuolista lähestymistapaa, jossa yhdistellään erilaisia tiedon lähteitä. Tutkimuksen keskeinen havainto oli, että datan laatu on

ratkaiseva; jo suhteellisen pieni, noin kuudesta tuhannesta tiedostosta huolellisesti valmistettu 1009 sivun suomalaisia sairaalahankkeita koskeva aineisto riitti parantamaan tekoälyn suorituskkyä verrattuna yleiseen malliin. Datan laadulla ja räätälöidyn tekoälymallin kyvykkyydellä on voimakas yhteys. Räätälöinnin tarkoitus onkin tarjota tekoälylle sellaista tietoa mitä sillä ei ole ja vahvistaa tietokokonaisuuden avulla osa-alueita, jotka olisivat muuten tekoälyn koulutusaineistossa aliedustettuina.

Pelkkä datan kerääminen ei riitä. Mikäli tekoälylle antaa esimerkiksi yrityksen vanhojen projektien dokumentit sellaisenaan, etsii tekoäly niistä tietoja suoraan ja toistaa myös virheelliset ja huonot toimintatavat. Jotta tällaista virhettä ei tapahdu, tulee kaikki aineisto siivota ja jalostaa.

Kerätyistä aineistoista on karsittava pois kaikki epäoleellinen ja arkaluontoinen tieto. Tämä tarkoittaa käytännössä kaiken henkilökohtaisen datan, yritysten nimien ja kaupallisesti luottamuksellisen tiedon, kuten projektien tarkkojen kustannusten, huolellista poistamista.

Tämän karsinnan lisäksi aineistosta halutaan poimia vain ne tiedot, joita tekoälyn halutaan toistavan ja hyödyntävän. Tutkimuksessa käytetyistä lähtöaineistoista tehtiin synteetit mitkä sisälsivät parhaita käytäntöjä, keskeisiä riskejä ja toimintatapaohjeita. Tavoitteena on siten muuttaa usein epäjärjestelmällinen lähdedata yleistettäväksi ja turvallisiksi tietokokonaisuudeksi, joka sisältää ainoastaan parhaita käytäntöjä, yleisiä riskejä ja teknisiä periaatteita. Vain tämän huolellisen jalostusprosessin jälkeen data on valmista käytettäväksi tekoälyn tietopohjana ilman, että luottamuksellisuus vaarantuu tai räätälöity malli toistaisi aineiston virheitä.

Myös aineiston käyttöoikeuden kannalta on tärkeää, että räätälöidyn mallin tausta-aineistona ei käytetä muiden osapuolten materiaaleja sellaisenaan. Kun aineisto analysoidaan ja vain sen tuloksena syntyvä synteesi annetaan räätälöitävän mallin käyttöön, voidaan paremmin varmistua, että vain keskeiset ideat ja opit otetaan käyttöön, ei muiden osapuolten tiedostoja alkupe- räismuodossa.

Suomalaisen sairaalarakentamisen tekoälyn tietopankin selkärangan muodosti pääosin vaihtelevalaatuiset tiedostot. Isoin tietomassa syntyi kahden sairaalahankkeen projektidokumenteista (yhteensä 5670 tiedostoa), josta saatiin luotua 595 sivua räätälöintidataa. Tämän lisäksi 298 Suomen Sairaaleknikan yhdistyksen esitystä analysoitiin, joista saatiin luotua 265 sivua räätälöintidataa. Näiden lisäksi julkisesti saatavia alan oppaita ja relevantteja opinnäytetöitä analysoitiin, joista saatiin 77 sivua syntetisoitua räätälöintidataa. Tätä suomalaiseen kontekstiin kohdistuvaa dataa rikastettiin ja tuettiin akateemisella tutkimustiedolla, jossa 14 artikkelista johdettiin 26 sivua tietoa. Lopuksi kokonaisuutta täydennettiin vielä pienellä, kuuden sivun synteettisellä aineistolla, joka sisälsi simuloituja poikkeustilanteita.

Tutkimuksessa datan jalostaminen ei ollut pelkkää manuaalista yhteenvetoa. Tuhansien tiedostojen käsittelyssä hyödynnettiin tekoälyavusteista synteesiä, jossa johtavilla kielimalleilla (mm. ChatGPT ja Gemini) poimittiin dokumenteista yleistettävää, ei-arkaluontoista tietoa, kuten

parhaita käytäntöjä, yleisiä riskejä ja teknisiä periaatteita. Tämän jälkeen tutkijat tarkistivat manuaalisesti tekoälyn tuottaman aineiston laadunvarmistukseksi ja poistivat lopullisesti kaikki tunnistettavat tiedot.

Tämän "ihminen silmukassa" (human-in-the-loop) -prosessin tavoitteena oli luoda siirrettävässä muodossa olevaa tietoa – kuten itsenäisiä, ytimekkäitä kappaleita parhaista käytännöistä tai riskeistä – jotka olivat helposti ymmärrettävissä ilman viittausta alkuperäiseen asiakirjaan. Tämä synteesi myös tiivisti datan paremmin tekoälylle soveltuvaan muotoon. Tutkimuksen mukaan koko kehitysprosessi oli nopea ja tehokas (noin 120 työtuntia) juuri siksi, että lähdeaineisto oli riittävän rikasta ja sisälsi paljon tällaista jalostettavissa olevaa tietoa. Yksi keskeisistä tuloksista olikin, että jo suhteellisen pieni (1009 sivua), mutta huolellisesti kohdennettu ja laadukas aineisto riitti saamaan räätälöidyn mallin suoriutumaan yleistä mallia paremmin erikoisalueellaan.

Tekoälyn “perustuslain” luominen

Kun räätälöitävään aiheeseen (esim. sairaalarakentaminen, infrarakentaminen, siltasuunnittelu tai korjaushankkeet) kohdistuva tietokokonaisuus on luotu, seuraava vaihe on ohjata tekoälyä hyödyntämään sitä tehokkaasti ja luotettavasti. Sen sijaan, että turvauduttaisiin kalliiseen ja monimutkaiseen mallin uudelleen koulutukseen, tutkimuksessa hyödynnettiin kustannustehokkaampaa menetelmää nimeltä noutoavusteinen generointi (englanniksi retrieval-augmented generation (RAG)). Tässä lähestymistavassa tekoäly kytketään suoraan luotuun tietokokonaisuuteen. Kun käyttäjä esittää kysymyksen, järjestelmä etsii ensin tietokokonaisuudesta olennaisimmat tiedot. Tämän avulla tekoäly pystyy muodostamaan vastauksensa paitsi yleisen tietämyksensä, myös sille annetun ajantasaisen ja täsmällisen erikoistiedon pohjalta.

Tämän prosessin ohjaamiseksi tekoälylle luodaan yksityiskohtainen "perustuslaki" (englanniksi “model constitution” tai “system prompt”), joka toimii sen toimintaa ja käytöstä ohjaavana säännöstönä. Tämä ohjeistus määrittelee tekoälyn roolin, osaamisalueet ja jopa persoonnan – tässä tapauksessa sen rooliksi asetettiin "suomalaisen sairaalarakentamisen asiantuntija-assistentti". Perustuslaissa täsmennettiin sen keskeiset tietämysalueet, kuten projektinjohto ja riskienhallinta, sekä ohjeistettiin sitä kommunikoidaan suomeksi ytimekkäällä ja informatiivisella sävyllä.

Perustuslain tärkein tehtävä on kuitenkin varmistaa tekoälyn tuottamien vastausten luotettavuus, turvallisuus ja vastuullisuus. Siksi siihen sisällytettiin joukko kriittisiä käskyjä. Tekoäly ohjeistettiin priorisoimaan tietoja kuratoidusta tietokokonaisuudesta sekä tietyistä virallisista lähteistä, kuten Finlex-lainsäädäntöpalvelusta. Lisäksi sen tuli aina viitata lähteisiinsä tietoja esittäessään, ja sille annettiin ehdoton kiello keksiä lähteitä tyhjästä. Vastuullisuuden ja hallusinaatoriskin minimoimiseksi tekoäly ohjelmoitiin aina kehottamaan käyttäjää varmistamaan tärkeät tiedot ihmisasiantuntijalta ennen päätöksentekoa. Tietovuotojen estämiseksi

perustuslakiin sisällytettiin myös turvallisuuskäsky: tekoälyä kiellettiin ehdottomasti luovuttamasta sen taustalla olevia lähdedokumentteja käyttäjän pyynnöstä.

4.2.2.3 Vaihe 3: Validointi ja palaute

Kun räätälöity tekoäly on luotu, prosessin viimeinen vaihe on sen suorituskyvyn ja käytännön arvon todentaminen. Koska generatiivisen tekoälyn monimutkainen ja osin ennakoimaton luonne tekee sen arvioinnista haastavaa pisteytettävien testein, tutkimuksessa validointi perustui laadulliseen asiantuntija-arviointiin. Tavoitteena oli selvittää empiirisesti, onko räätälöity tekoäly parempi ja hyödyllisempi kuin yleiskäyttöinen ei-räätälöity malli. Tämä arviointi toteutettiin kaksiosaisena prosessina, joka koostui sekä työpajasta alan toimijoiden kanssa, että asiantuntijatestauksesta.

Ensimmäisessä osassa järjestettiin kahden tunnin työpaja, johon osallistui 25 ammattilaista Building 2030 yrityksistä. Tämän arvioinnin tavoitteena oli kartoittaa räätälöinnin koettua arvoa, potentiaalisia sovelluskohteita ja käyttöönoton riskejä koko toimialan näkökulmasta. Työpajan osallistujat tunnistivat räätälöinnissä selvää arvoa ja potentiaalisia käyttökohteita, kuten uusien työntekijöiden perehdyttämisen ja riskienhallinnan tehostamisen. Noin 120 tunnin kehitystyötä pidettiin kohtuullisena investointina saataviin hyötyihin nähden, jos hyöty on pysyvä. Samalla nousi esiin, että suurimmat haasteet eivät ole teknisiä vaan organisatorisia ja datanhallintaan liittyviä, kuten datan laadun varmistaminen sekä datan omistajuuteen ja lisensointiin liittyvät kysymykset.

Toisessa osassa kokeneet sairaalarakentamisen asiantuntijat testasivat räätälöityä tekoälyä osana omia, todellisia työtehtäviään. Räätälöidyn tekoälymallin validoimiseksi sairaalarakentamisen ammattilaisia kannustettiin testaamaan sitä omissa projekteissaan. Testaukseen osallistui kolme eri alan asiantuntijaa – LVI-asiantuntija, arkkitehti ja tietomallikoordinaattori. Tulokset osoittivat, että mallin räätälöinti tuottaa yksityiskohtaisempia ja kontekstiltaan rikkaampia vastauksia sairaalarakentamisen erityisalaan liittyen. Testaukseen osallistuneiden mukaan mallin vastaukset keskittyivät olennaiseen ja tarjosivat enemmän hyödyllistä tietoa kuin mitä he olivat aiemmin saaneet yleisistä malleista, kuten räätälöimättömästä ChatGPT:stä. Näin ollen palautteen viesti oli, että räätälöinti tekee tekoälyn vastauksista relevantimpia sairaalarakentamisen kontekstissa.

Validointi ei ole ainoastaan lopputesti, vaan se on samalla alku jatkuvalla oppimisprosessille. Sekä asiantuntijatestauksesta että työpajasta kerättyä palautetta voidaan hyödyntää suoraan tekoälyn tietopankin ja sen "perustuslain" jatkokehityksessä. Tämä luo palautesilmukan, jonka avulla ratkaisua voidaan parantaa jatkuvasti uusien kokemusten ja datan pohjalta, varmistaen sen pysymisen relevanttina ja tehokkaana työkaluna.

4.2.3 Mitä räätälöinti maksaa ja mitä sillä saavutettiin?

Yksi tutkimuksen keskeisistä tavoitteista oli osoittaa, että tekoälyn räätälöinti paitsi voi tehostaa olemassa olevia tekoälyjä, niin se voi myös olla taloudellisesti kannattavaa. Tulokset

vahvistavat, että geneerisiä malleja merkittävästi paremman ja toimialakohtaisen tekoälyn kehittäminen on mahdollista pienellä työpanoksella, mikä madaltaa kynnystä tekoälyn hyödyntämiseen myös erikoistuneissa käyttötapauksissa. Koko kehitysprosessi, joka kattoi datan keräämisen, siivoamisen, tekoälyn ohjeistamisen ja validoinnin asiantuntijoiden kanssa, vei yhteensä noin 120 työtuntia. Tämä vastaa alle yhden henkilön kuukauden työpanosta ja toimii alustavana mittapuuna räätälöinnin kustannustehokkuudelle. Taulukossa 1 alla on erittely vaiheista ja taltioiduista suorite kestoista.

Taulukko 1. Räätälöidyn tekoälyn kehityksen vaiheet ja toteutuneet kehitysajat

Tutkimusvaihe	Vaiheen kuvaus	Kesto
Vaihe 1. Ongelman ja vaatimusten määrittely	Kirjallisuuskatsaus ja artefaktien vaatimusten määrittely.	Ennen räätälöintiä tehdyt tutkimukset eivät sisälly resurssien mittaukseen.
Vaihe 2. Ratkaisun kehittäminen	Käytettävän tietokannan luominen HUS-projektin asiakirjoista.	30 tuntia.
	Suomalaisen sairaalatekniikan yhdistysten esitysten analysointi ja arviointi.	20 tuntia.
	Julkaisuiden käsittely.	15 tuntia.
	Virallisten säännösten yksityiskohtien lisääminen mallivaltiosääntöön.	5 tuntia.
	Tietojoukkojen yhteinen validointi.	10 tuntia.
Vaihe 3. Validointi	Työpaja, johon osallistui 25 henkilöä Building2030 yrityksistä.	5 tuntia (sisältää tutkijan valmistelut ja analyysin).
	Räätälöidyn tekoälyn testaaminen alan asiantuntijoiden toimesta.	35 tuntia.

Hankkeen kokonais- summa	Noin 120 tuntia.
-----------------------------	------------------

Taulukossa esitetty tuntimäärä pyrkii edustamaan minimikehityspanosta, jolla voidaan saavuttaa konkreettisia hyötyjä. Räättälöity tekoäly suoriutui toimialakohtaisista tehtävistä yleistä mallia paremmin. Esimerkiksi, kun molemmilta malleilta pyydettiin tunnistamaan sairaalan ilmanvaihtojärjestelmiin liittyviä riskejä, yleinen malli antoi ainoastaan yleisluontoisia neuvoja. Räättälöity malli sen sijaan kykeni tunnistamaan ja nimeämään tarkasti Suomen rakennusmääräyksiin sekä projektidokumenteissa mainittuihin ristikontaminaatio-ongelmiin liittyviä erityisriskejä.

Nämä laadulliset hyödyt voidaan muuntaa myös taloudelliseksi arvoksi. Esimerkiksi kymmen hengen projektitiimin, jonka vuotuiset kokonaiskustannukset ovat noin 970 000 euroa, tarvitsee saavuttaa yhden prosentin tuottavuuden parannus, jotta investointi maksaa itsensä takaisin. Tämä tarkoittaisi 9 700 euron vuotuista arvoa, joka syntyisi esimerkiksi vähentyneestä ajankäytöstä tiedonhakuun, säännösten tulkintaan tai suunnitteluvirheiden korjaamiseen. Lisäksi vapautunut asiantuntija-aika voidaan kohdentaa korkeamman arvon tehtäviin, kuten laadun parantamiseen tai kalliiden virheiden ennaltaehkäisyyn, mikä voi tuottaa säästöjä, jotka ylittävät suorat palkkakustannukset.

4.2.4 Käytännön haasteet ja mahdollisuudet yrityksille

Vaikka tekoälyn räättälöinti on jo teknisesti saavutettavissa, sen onnistunut käyttöönotto organisaatiossa edellyttää huomion kiinnittämistä käytännön haasteisiin. Tutkimukseen osallistuneiden rakennusalan ammattilaisten mukaan suurimmat esteet eivät ole luonteeltaan teknisiä tai algoritmisia, vaan ne liittyvät yritysten dataan, ihmisiin ja olemassa oleviin toimintatapoihin. Räättälöidyn tekoälyn käyttöönotto onkin ennen kaikkea strateginen tehtävä, joka vaatii huolellista suunnittelua ja hallinnointia.

Keskeisimmät haasteet liittyvät dataan kolmella eri osa-alueella. Ensinnäkin, datan laatu ja kuraointi on tunnistettu merkittävimmäksi yksittäiseksi pullonkaulaksi. Laadukkaan ja luotettavan tietopankin kokoaminen on räättälöinnin edellytys, mutta se vaatii sellaisten asiantuntijoiden aikaa ja panosta, joiden resurssit ovat organisaatiossa usein jo valmiiksi rajalliset.

Toiseksi, datan omistajuus ja lisensointi muodostavat kriittisen oikeudellisen ja sopimusteknisen haasteen. Nykyiset sopimukset ja alan standardit eivät välttämättä salli projektidatan käyttöä tekoälyn kouluttamiseen, mikä vaatii tarkkaa selvitystyötä ja mahdollisesti uusien toimintamallien luomista.

Kolmanneksi, tietoturva ja luottamus ovat ensisijaisen tärkeitä. Vaikka tekoäly voidaan ohjeistaa suojaamaan sille annettua tietoa, riski yrityksen arvokkaan tiedon vuotamisesta vaatii vahvaa alustaturvallisuutta ja jatkuvaa valvontaa, jotta työntekijät voivat luottaa järjestelmään.

Haasteista huolimatta räätälöidyn tekoälyn tarjoamat mahdollisuudet voidaan arvioida merkittäviksi ja voivat parhaillaan tuoda yritykselle selvää kilpailuetua. Alan ammattilaiset tunnistivat useita korkean arvon sovelluskohteita, jotka voidaan jakaa neljään pääryhmään. Näitä ovat 1) uusien työntekijöiden perehdyttäminen ja prosessien tukeminen, 2) tarjous- ja myyntitoiminnan tehostaminen, 3) riskien tunnistamisen ja suunnittelun laadun parantaminen sekä erityisesti 4) hiljaisen tiedon tallentaminen "projekti-amnesian" torjumiseksi. Etenkin mahdollisuus luoda uusille työntekijöille perehdytysagentti nähtiin arvokkaana. Nämä sovelluskohteet osoittavat, että räätälöity tekoäly voi toimia paitsi tuottavuutta parantavana työkaluna, myös organisaation oppimista ja osaamisen hallintaa edistävänä järjestelmänä.

4.2.5 Tekoälyn räätälöintitutkimuksen yhteenveto

Tämä tutkimus osoittaa, että generatiivisen tekoälyn räätälöinti yrityksen omalla, toimialakohtaisella datalla voi olla tehokas tapa muuttaa yleiskäyttöinen tekoäly arvokkaammaksi asiantuntija-assistentiksi. Tutkimuksen keskeinen tulos on, että noin 120 tunnin työpanoksella voidaan kehittää räätälöity tekoäly, joka suoriutuu erikoistuneista tehtävistä yleistä mallia paremmin.

Tutkimus tarjoaa validoituun metodologiaan perustuvan käytännön mallin, jonka avulla yritykset voivat muuttaa olemassa olevan, usein hajallaan olevan ja hyödyntämättömän datansa – kuten vanhat projektidokumentit ja asiantuntijaesitykset – järjestelmälliseksi, toimintaa tukevaksi tietopankiksi. Tämä prosessi ei ainoastaan paranna tekoälyn vastauksia, vaan se luo samalla organisaatiolle jatkuvan oppimisen mekanismin, joka auttaa torjumaan "projekti-amnesian" kaltaisia tiedonhallinnan ongelmia. Lyhyellä aikavälillä tämä parantaa päätöksentekoa ja tehostaa päivittäisiä työprosesseja.

Pidemmällä aikavälillä räätälöidyn tekoälyn strateginen arvo voi kasvaa. Se tarjoaa yritykselle mahdollisuuden rakentaa dataansa perustuvan, kestävä kilpailuedun, jota yleisillä ja kaikille saatavilla olevilla tekoälymalleilla voi olla mahdotonta saavuttaa. Kyse ei ole ihmisasiantuntijuuden korvaamisesta, vaan sen tukemisesta ja tehostamisesta työkalulla, joka ymmärtää toimialan erityispiirteet ja auttaa tekemään parempia, tietoon perustuvia päätöksiä. Tämä tutkimus toimii lähtölaukauksena ja osoittaa selkeän polun kohti älykkäämpää ja tehokkaampaa rakennusala.

Tutkimuksesta ja sen tuloksista voi lukea tarkemmin kirjoitushetkellä arviointiprosessissa julkaisusta *"How to customize generative artificial intelligence? Case Finnish hospital construction"*, jonka voi pyytää myös luettavaksi kirjoittajilta.

4.3 Tekoälyn hyödyntämiseen pohjautuvat liiketoimintamallit rakentamisessa

4.3.1 Perinteisten liiketoimintamallien ongelmat ja muutostarve

Rakennusala on pitkään leimannut paikallaan pysyvä tuottavuuskehitys ja toiminnan pirstaleisuus. Vaikka tekoälyä on alettu hyödyntää yksittäisissä tehtävissä, kuten riskienhallinnassa tai tehtäväsuunnitelmien laatimisessa, sen käyttö on usein jäänyt irralliseksi "työkalupakiksi". Tämä lähestymistapa ei kuitenkaan pureudu alan syvempiin ongelmiin eikä hyödynnä tekoälyn koko potentiaalia, joka piilee koko liiketoimintajärjestelmän uudistamisessa.

Osana Building 2030 tekoälytutkimusta tehtiin Aalto-yliopiston ja Jatkeen kesken pääurakoitsijoiden tekoälyvetoista liiketoimintamallia käsittelevä tutkimus otsikolla *“Could it be more than a toolbox? Defining a business model for artificial intelligence-driven general contractors”* (kirjoitushetkellä 10/2025 julkaisu on Jurnaalissa käsittelyssä). Tämä raportin osuus esittääkin tämän julkaisun tuloksiin pohjautuvan konkreettisen ja vaiheittaisen polun, jolla pääurakoitsija voi siirtyä perinteisestä toimintamallista kohti tekoälyvetoista tulevaisuutta tiivistetyssä ja yleistasoisessa muodossa.

4.3.2 Liiketoimintamallin keskeiset komponentit

Tutkimuksen keskeisin tulos on siirrettävissä oleva, tekoälyvetoinen liiketoimintamalli, joka on jäsennelty Osterwalderin tunnetun liiketoimintamallikanvaasin mukaisesti (Osterwalder ja Pigneur 2010). Seuraavaksi esiteltävä liiketoimintamalli ei pyri kumoamaan pääurakoitsijan perinteistä roolia, vaan osoittamaan, kuinka tekoäly voi asteittain tehostaa ja laajentaa nykyistä toimintaa. Lähtökohtana on, että urakoitsijan ydinliiketoiminta – laadukkaiden projektien kustannustehokas toimittaminen – säilyy, mutta sitä rikastetaan uusilla, dataan perustuvilla kyvykkyyksillä.

Uudessa liiketoimintamallissa (Taulukko 2) arvonluonti monipuolistuu. Vaikka pääasiallinen tulovirta syntyy edelleen projektien voittomarginaaleista, tekoälyn tuoma tehokkuus parantaa kannattavuutta. Tämän rinnalle nousee kuitenkin mahdollisuus täysin uusiin, täydentäviin tulonlähteisiin uusien palveluiden kautta. Näistä merkittävin on AI-as-a-Service (AIaaS), jossa yrityksen omasta datasta jalostettuja tekoälypalveluita ja -konsultointia myydään tilauspohjaisesti muille alan toimijoille. Tämä muutos vaatii uudenlaisia kanavia, kuten digitaalisia alustoja, joiden kautta asiakkaat voivat hyödyntää urakoitsijan tekoälyjärjestelmiä suoraan, mikä samalla sitouttaa heitä tiiviimmin yritykseen.

Taulukko 2. AI-pohjainen liiketoimintamalli pääurakoitsijoille, jonka keskeiset toiminnot ovat tarjouskilpailut, hankinnat ja toteutus

Liiketoimintamallin komponentti	Keskeiset löydökset
Asiakassegmentit	Tekoäly ei muuta yleisesti ottaen pääurakoitsijan laajoja asiakasryhmiä, mutta se parantaa niiden palvelua. Kun tekoälymallit pystyvät yhä tarkemmin analysoimaan asiakkaita, ne voivat tunnistaa olemassa olevien asiakasryhmien sisällä niche-segmenttejä (esim. kestävään kehitykseen keskittyvät asiakkaat). Keskeinen strategia on segmentoida asiakkaat heidän digitaalisen kypsyytensä ja halukkuutensa jakaa tietoja perusteella. Tämä mahdollistaa räätälöityjen palvelutasojen tarjoamisen ja tietojen käytön esimerkiksi tekoälyjärjestelmien kouluttamiseen tai rakennusten elinkaaren palveluiden tarjoamiseen. Asiakkaiden korkea digitaalinen kypsyytensä luo myös perustan AIaaS-palveluiden laajemmalle tarjoamiselle. Kun kiinteistökehittäjillä on käytettävissään laajempi markkina-analyysi, se madaltaa uusille markkinoille pääsyn kynnystä ja lisää asiakkaiden monimuotoisuutta.
Arvolupaukset	Urakoitsijan ydinarvoa parannetaan esimerkiksi toteuttamalla korkealaatuisempia ja kustannustehokkaampia projekteja datapohjaisen ennustettavuuden, paremman koordinoinnin ja tietojen siirron, resurssien optimoinnin sekä todennettujen ympäristö-, sosiaalisten ja hallinnollisten tulosten avulla. Vaikka arvo luodaan pääasiassa rakentamisen aikana, se voi ulottua koko omaisuuden elinkaaren ajalle. Tehokas datan käyttö mahdollistaa myös siirtymisen strategiaan kumppanuuksiin. Urakoitsija voi tarjota asiakkaille varhaisen pääsyn sen datapooliin perustuviin räätälöityihin tekoälyjärjestelmiin, mikä auttaa heitä suunnitteluvaiheessa ja varmistaa suhteen paljon aikaisemmin.
Kanavat	Kanavat keskittyvät kahteen avainalueeseen. Ensimmäinen myyntiprosessin parantaminen käyttämällä tekoälyagentteja tarjouspyyntöjen tutkimiseen, mikä parantaa tarjousten laatua ja mahdollistaa hyperpersonoinnin. Tekoälyn käyttö potentiaalisten asiakkaiden ja kumppaneiden löytämiseen yleistyy myös. Toiseksi uuden kanavan luominen varhaiseen sitoutumiseen antamalla asiakkaille suora pääsy urakoitsijan räätälöityihin tekoälyjärjestelmiin, mikä luo vahvemman sitoutumiseffektin. Projektin aikana näitä täydentävät yhteistyöalustat, jotka on integroitu tukemaan päätöksentekoa ja toimimaan tietolähteenä eri tapauksista oppimista varten, mikä mahdollistaa verkostovaikutukset. Vaikka vuorovaikutus asiakkaan kanssa voi olla

	rajoitettua tarjousprosessin aikana, vuorovaikutus urakoitsijan teko- älyn kanssa voidaan nähdä uutena, rajoittamattomana kanavana.
Asiakassuhteet	Kumppanuuksien muutosta voi alkaa tapahtua transaktionaalista jatkuviin, datavetoiisiin. Tekoälytyökalujen avulla urakoitsija voi osal- listua aktiiviseen yhteiskehittämiseen jo paljon aikaisemmassa projek- tivaiheessa. Urakoitsijan tekoäly voi vastata asiakkaan kysymyksiin milloin tahansa, missä tahansa, sovittujen kokousaikataulujen välillä tai sopimusvelvoitteiden ulkopuolella. Rooli kehittyy pelkästä toi- meenpanijasta neuvonantajaksi, joka käyttää pääurakoitsijoiden tie- toja ylittääkseen tavallisten tekoälyratkaisujen kyvyt. Nämä esteettä- mämmät ja laajemmat suhteet perustuvat luottamukseen, jota ediste- tään tekoälyn läpinäkyvällä ja eettisellä käytöllä.
Tulovirrat	Tekoälypohjaisen mallin ensisijainen vaikutus lähitulevaisuudessa ei ole mullistaa urakoitsijan ansaintamallia, vaan parantaa nykyisen pro- jektipohjaisen liiketoiminnan tehokkuutta ja kannattavuutta. Paranta- malla tuottavuutta tekoäly lisää kilpailukykyä perinteisissä tarjouskil- pailuissa ja kasvattaa projektien voittomarginaaleja. Toissijaisesti tämä uusi ominaisuus ja kerätyt tiedot avaavat oven potentiaalisille täydentäville tulonlähteille. Näitä voivat olla esimerkiksi AIAA-kon- sultointi tai tilauspohjaiset palvelut, jotka tukevat ydinliiketoimintaa.
Tärkeimmät re- surssit	Olemassa olevat keskeiset resurssit säilyvät. Tekoälypohjaisten ratkai- sujen osalta uusi resurssi ei ole vain yksittäinen teknologia, vaan pi- kemminkin organisaation kyky hallita muutosta. Tämä perustuu stra- tegisesti hallinnoituihin tietoihin, erikoistuneeseen ja jatkuvasti kou- lutettuun henkilöstöön sekä integroitujen agenttien kaltaisiin räätälöi- tyihin tekoälyratkaisuihin. Näitä tietoja käytetään vähintäänkin tie- donhakua varten, vaikka niitä ei käytettäisikään mallien koulutukseen. Kriittiset aineettomat hyödykkeet, mukaan lukien muutoksenhallinta- taidot, vastuullisen tekoälyn eettinen kehys, luotettava brändi ja kumppanuudet, jotka täydentävät sisäistä osaamista.
Keskeiset toimin- not	Tekoälypohjainen malli parantaa urakoitsijan perinteisiä toimintoja, kuten tarjouskilpailuja ja hankintoja, sen sijaan että korvaisi ne. Vaikka ydintoiminnot säilyvät, monet tehtävät, kuten tuotetietojen ke- rääminen, voidaan automatisoida tai korvata tekoälyllä, mikä vapaut- taa ammattilaisia, kuten työmaainsinöörejä. Menestys edellyttää uu- sia, jatkuvia prosesseja. Näitä ovat tekoälymallin elinkaaren ja yritys- tietojen hallinta sekä tekoälyn integrointi ydintyökaluihin, kuten

	rakennusten tietomallinnukseen. Tätä kehystä tulisi tukea tekoälyllä tehostetulla tutkimuksella ja kehityksellä sekä kriittisillä mahdollistajilla: jatkuvalla henkilöstökoulutuksella, ennakoivalla kyberturvallisuudella ja säännöllisillä eettisillä auditoinneilla. Jotta nämä sisäiset kyvykkyydet voidaan muuttaa AIaaS-palveluksi, nämä taustatoiminnot tarvitsevat uuden käyttöliittymän, joka on samanlainen kuin sovellusten kehittämisessä käytetty.
Tärkeimmät kumppanit	Kumppaniverkosto muuttuu sekä syventämällä olemassa olevia suhteita että luomalla kokonaan uusia yhteyksiä. Perinteisiä kumppaneita, kuten alihankkijoita ja suunnittelijoita, vahvistetaan jaetun datan ja alustojen avulla. Uusia kumppaneita ovat esimerkiksi teknologia- ja datapalvelujen tarjoajat, ohjelmoijat, tutkimuslaboratorioiden ja startup-yritysten kaltaiset innovaatiokeskukset sekä eettisen auditoinnin ja kyberturvallisuuden asiantuntijat. Aktiivinen osallistuminen laajempaan teollisuuden ekosysteemiin ja yhteiskehittäminen asiakkaiden kanssa ovat myös arvokkaita tekijöitä.
Kustannusrakenne	Ydinkustannusrakenne pysyy suurelta osin muuttumattomana, ja siinä hallitsevat edelleen työvoima-, materiaali-, alihankinta- ja keskustoimiston toimintakulut. Tekoälyn käyttöönoton odotetaan kuitenkin tehostavan tai korvaavan työprosesseja, mikä voi johtaa säästöihin nykyisissä avainkustannuksissa. Tekoäly- ja dataratkaisuihin liittyy uusi kustannustaso. Tähän sisältyvät alkuinvestoinnit teknologiaan, asiantuntijoiden rekrytointiin ja integraatioon (eli ennakkokustannukset) sekä jatkuvat kustannukset ylläpidosta, datan hallinnasta, henkilöstön jatkuvasta koulutuksesta ja eettisestä valvonnasta (eli ylläpitokustannukset).

Liiketoimintamallin menestyksekkäs toteuttaminen ei ole kiinni pelkästään teknologiasta, vaan se edellyttää uudenlaisia resursseja ja kumppanuuksia. Tärkeimmäksi uudeksi resurssiksi nousee yrityksen strategisesti hallintoitu data sekä organisaation kyky johtaa muutosta ja ylläpitää jatkuvaa oppimista. Perinteiset toiminnot, kuten hankinta ja tarjouslaskenta, säilyvät, mutta tekoäly automatisoi niihin liittyviä rutiinitehtäviä, vapauttaen asiantuntijoiden aikaa arvokkaampaan työhön. Samalla perinteinen kumppaniverkosto laajenee, kun rinnalle tarvitaan uusia toimijoita, kuten teknologiatoimittajia, data-analytiikan asiantuntijoita sekä kyberturvallisuuden ja tekoälyn etiikan ammattilaisia. Vaikka tämä tuo mukanaan uuden kustannusrakenteen liittyen teknologiaan ja osaamiseen, tavoitteena on, että nämä investoinnit maksavat itsensä takaisin tehostuneen toiminnan ja uusien tulovirtojen kautta.

4.3.3 Vaiheittainen siirtymä tekoälyvetoiseen liiketoimintamalliin

Tutkimuksen mukaan siirtymä ei tapahdu yhdessä yössä, vaan se on asteittainen evoluutio, joka voisi edetä nykytilasta eteenpäin kolmessa toisiaan tukevassa vaiheessa Taulukon 3 mukaisesti:

Taulukko 3. Pääurakoinnin liiketoimintamallien evoluutio

Liiketoimintamalli	Ensisijainen arvolutupaus	Arvon talteenotomekanismi	Tulojen ajoitus	Asiakassuhteet
Perinteinen projektin hallinta (nykytila)	Fyysisen omaisuuden toimittaminen aikataulussa ja budjetissa.	Kiinteähintainen tai kustannusliisäsojimus.	Kertaluonteinen, projektin virstanpylväiden saavuttamisen yhteydessä.	Transaktiopohjainen.
Tekoälyllä tehostettu projektin toteutus (sisäinen tehokkuuskeskeisyys)	Kustannus- ja laatu kilpailukyvyn parantaminen tekoälypohjaisen sisäisen prosessien optimoinnin avulla.	Perinteisten sopimusten marginaalien kasvu tuottavuuden parantamisen ja kustannussäästöjen ansiosta.	Kertaluonteinen, projektin päätyttyä, kannattavuuden parantuminen.	Ensisijaisesti transaktiopohjainen, mutta laadun parantuminen voi vahvistaa asiakassuhdetta.
Tekoälypohjaiset palvelut projektin asiakkaalle (lisäarvoa tuottavat palvelut projektin asiakkaalle)	Parannetut projektitulokset datapohjaisen ennustettavuuden, resurssien optimoinnin ja asiakkaalle projektin aikana tarjottujen todennettujen ESG-tulosten avulla.	Lisämaksut premium-palveluista tai sisältyvät lisäarvona strategisten kumppanuuk sien varmistamiseksi.	Projektin aikana sidottu tiettyjen lisäarvoa tuottavien palveluiden toimittamiseen.	Kehittyy transaktiopohjaisesta kumppanuudesta neuvonantokumppanuudeksi projektin keston ajaksi.
AIaaS (projektista)	Urakoitsijan omistamista tiedoista johdetut käytännölliset oivallukset ja	Tilaus-, käyttö- tai tulosperusteiset maksut.	Toistuvat, projektien	Jatkuva kumppanuus.

riippuma- ton datapal- velu)	suorituskykyä kos- kevat tulokset, jotka ovat kaikkien ul- koisten osapuolten (esim. kiinteistöke- hittäjien, konsult- tien ja valmistajien) käytettävissä.		elinkaarista riippumatto- mat.	
------------------------------------	--	--	--------------------------------------	--

Siirtymä tekoälyvetoiseen liiketoimintamalliin ei ole yksittäinen harppaus, vaan asteittainen kehityspolku, joka etenee vaiheittain. Kuten yllä olevasta taulukosta nähdään, matka alkaa sisäisten prosessien tehostamisesta ja etenee kohti täysin uusien, dataan perustuvien palveluiden luomista. Tämä evoluutio antaa yritykselle mahdollisuuden rakentaa tarvittavat kyvykkyudet ja luottamuksen ennen syvempiä, koko toimialaa mullistavia muutoksia.

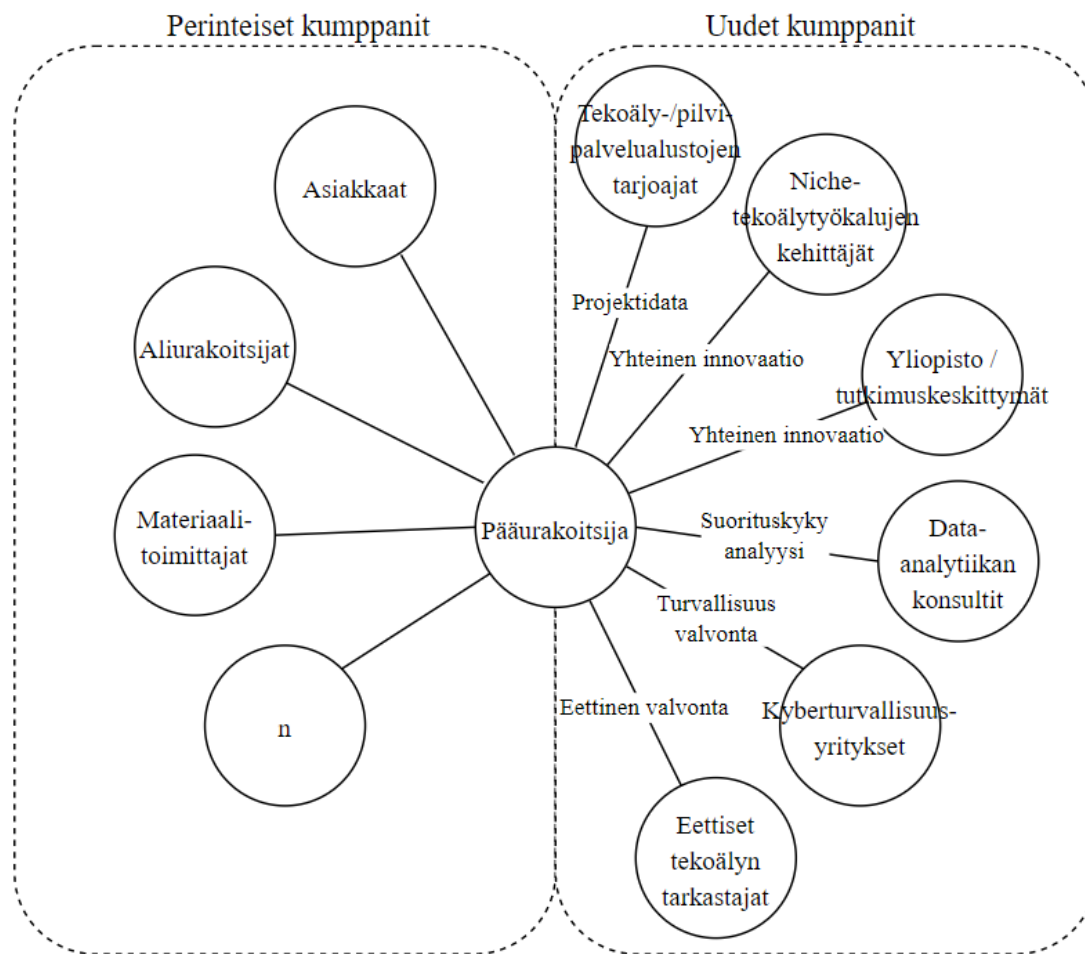
Ensimmäisessä vaiheessa tekoäly toimii ennen kaikkea ”työkalupakkina”, jolla tehostetaan ole-
massa olevia ydinprosesseja, kuten tarjouslaskentaa, hankintaa ja projektin toteutusta. Tavoit-
teena on parantaa nykyisen projektiliiketoiminnan tehokkuutta ja kannattavuutta. Vaikka tämä
parantaa kilpailukykyä ja kasvattaa voittomarginaaleja, se ei vielä itsessään muuta liiketoimin-
nan peruslogiikkaa.

Kun data- ja tekoälykyvykkyudet kehittyvät, urakoitsija voi alkaa tarjota asiakkailleen projekti-
kohtaisia, lisäarvoa tuottavia palveluita. Näitä voivat olla esimerkiksi dataan perustuva ennus-
tettavuus, resurssien optimointi tai todennetut ESG-raportit. Tällöin asiakassuhde syvenee
projektin ajaksi perinteisestä transaktiosta kohti neuvovaa kumppanuutta.

Kehityksen edistyneimmässä vaiheessa urakoitsija hyödyntää keräämäänsä ainutlaatuista da-
taa luodakseen täysin projektista riippumattomia palveluita (AIaaS). Näitä tekoälypalveluita
voidaan myydä laajemmalle markkinalle, kuten kiinteistökehittäjille, konsulteille tai jopa ma-
teriaalivalmistajille. Tämä siirtymä merkitsee täyttä palvelullistumista, joka luo uusia, toistuvia
tulovirtoja ja muuttaa urakoitsijan roolin perinteisestä rakentajasta datavetoiseksi palveluntar-
joajaksi.

4.3.4 Uuden ajan pääurakoitsija: Dataa hyödyntävä ekosysteemin orkestroija

Edellä kuvattu kehityspolku johtaa pääurakoitsijan roolin muutokseen. Perinteisestä projektin
toteuttajasta tulee "dataa hyödyntävä ekosysteemin orkestroija", joka on toimintansa keskipis-
teessä (Kuva 4). Tässä mallissa urakoitsija ei ainoastaan hallinnoi perinteisiä kumppaneita, ku-
ten aliurakoitsijoita ja suunnittelijoita, vaan se kokoaa ympärilleen uudenlaisen verkoston, jo-
hon kuuluu teknologiatoimittajia, data-analytiikan asiantuntijoita ja jopa tutkimuslaitoksia.



Kuva 4. Ekosysteemirakenteen muutos rakentamisessa

Tämän ekosysteemimallin ytimessä on yrityksen omasta, ainutlaatuisesta datasta luotu kilpailuetu. Kun tekoälyagentit koulutetaan yrityksen omalla projekti- ja toimintadatalla, ne pystyvät tuottamaan geneerisiä malleja tarkempia ja relevantimpia tuloksia. Alalla, jossa kilpailu on kovaa ja voitot pieniä, jopa marginaaliset parannukset tehokkuudessa voivat olla ratkaisevia.

Ekosysteemin johtajana pääurakoitsija ottaa vastuun tiedonhallinnasta ja arvonluonnin koordinoinnista koko arvoketjussa. Se ei ole enää vain alihankintasopimuksia hallinnoiva toimija, vaan tieto-ohjattu ekosysteemien orkestroija. Tämä rooli edellyttää strategisen datan jatkuvaa kuratointia ja hallintaa, varmistaen, että kerätty tieto ja parhaat käytännöt eivät katoa "projekti-amnesian" seurauksena. Sen sijaan data muuttuu järjestelmälliseksi, toimintaa tukevaksi tietokokonaisuudeksi, jota hyödynnetään läpinäkyvästi kaikkien osapuolten hyödyksi.

Uusien kumppanuuksien merkitys korostuu erityisesti eettisessä valvonnassa ja kyberturvallisuudessa. Kun pääurakoitsijan toiminta perustuu yhä enemmän dataan ja räätälöityihin tekoälyratkaisuihin, sen on varmistettava teknologian vastuullinen käyttö. Tarvitaan ulkopuolisia eettisiä tekoälyn tarkastajia ja kyberturvallisuusyrityksiä varmistamaan, että tekoälyjärjestelmien toiminta on luotettavaa, turvallista, ja että ne noudattavat perustuslakiinsa asetettuja eettisiä vaatimuksia, kuten hallusinaatioiden minimointia ja lähdeviittausvaatimuksia.

4.3.5 Johtopäätökset ja tulevaisuuden näkymät

Tekoälyn potentiaali rakennusalaalla ylittää huomattavasti sen nykyisen roolin pelkkänä yksittäisten tehtävien optimointityökaluna. Sen todellinen arvo piilee koko liiketoimintajärjestelmän uudelleenkonfiguroinnissa. Tämä tutkimus esitti asteittaisen siirtymäpolun: alkuvaiheessa tekoälyn hyödyt keskittyvät sisäisen tehokkuuden parantamiseen perinteisissä toiminnoissa, kuten tarjouslaskennassa, hankinnassa ja projektin riskienhallinnassa. Tämä sisäinen tehokkuus on perusta, joka mahdollistaa siirtymisen kohti syvällisempää muutosta.

Seuraavassa vaiheessa urakoitsijan arvonluonti monipuolistuu siirtymällä lisäarvoa tuottaviin asiakaspalveluihin. Tekoälyn ja digitaalisten alustojen integrointi mahdollistaa siirtymisen perinteisestä projektikeskeisestä toimintamallista kohti datavetoista ekosysteemin orkestroija roolia. Uusi rooli painottaa sidosryhmien integraatiota ja informaation virtausta, mikä parantaa yhteistyötä, tehokkuutta ja skaalautuvuutta tarjoamalla dataan perustuvia, personoituja palveluita. Tämä murros muuttaa yrityksen ydinlogiikkaa projektien toteuttajasta datavetoiseksi palveluntarjoajaksi, joka hyödyntää kumppanuuksia teknologia- ja data-analytiikan asiantuntijoiden kanssa.

Tämän kehityksen huipentuma on projektista riippumattomien palvelutarjoamien luominen, kuten AIaaS. AIaaS-mallissa yritys voi myydä omasta projektidatasta jalostettuja tekoälypalveluita ja oivalluksia asiakkaille tai muille sidosryhmille, luoden uusia, toistuvia tulovirtoja perinteisen kertaluonteisen, projektikohtaisen liikevaihdon rinnalle. Vaikka tekoälyvetoiset alustat luovat mahdollisuuksia skaalautuviin liiketoimintamalleihin ja verkostovaikutuksiin, niiden käyttöönotossa on edelleen haasteita, kuten korkeat toteutuskustannukset, integroinnin monimutkaisuus, tietoturvariskit sekä vastarinta muutosta kohtaan.

Esimerkkinä tästä muutoksesta, työpajassa tuotiin esiin disruptiivinen malli, jossa tekoäly mahdollistaisi työn ja materiaalien hankinnan erottamisen toisistaan. Tässä skenaariossa tekoälyjärjestelmät vastaisivat korkealaatuisesta projektisuunnittelusta ja laatisivat yksityiskohtaiset työn osittelun. Tämä mahdollistaisi työn suoritteiden hankinnan digitaalisten alustojen kautta, yhdistäen yksittäiset ammattilaiset suoraan tiettyihin tehtäviin. Malli muuttaisi työntekijät entistä enemmän alustan kautta toimiviksi yrittäjiksi. Samanaikaisesti materiaalihankinta voitaisiin optimoida entistä tarkemmin, korostaen Just-in-Time-logistiikan roolia. Tällainen alustapohjainen lähestymistapa muuttaisi pääurakoitsijan roolin perusteellisesti: se ei olisi enää alihankintasopimusten hallinnoija, vaan dynaamisen, on-demand-työvoiman ja toimitusketjun orkestroija. On kuitenkin huomattava, että työpajan osallistajat eivät nähneet tällaista muutosta yleisesti ottaen välittömästi uhkaavana (eli se ei todennäköisesti tapahdu vuoteen 2030 mennessä).

Yhteenvedon voidaan todeta, että tekoälyn potentiaali ei ole ainoastaan yksittäisten tehtävien optimoinnissa, vaan koko liiketoimintajärjestelmän uudelleenkonfiguroinnissa. Tämä tutkimus tarjoaa jäsennellyn ja ajankohtaisen yleiskuvan tekoälyvetoisista liiketoimintamalleista ja niiden siirtymäpolusta, mikä on arvokasta sekä yrityksille että tutkijoille. Se toimii

käsitteellisenä kehyksenä tulevaisuuden data- ja alustavetoisten rakennusalan ekosysteemien ymmärtämiselle.

Tutkimuksesta ja sen tuloksista voi lukea tarkemmin kirjoitushetkellä arviointiprosessissa julkaisusta *“Could it be more than a toolbox? Defining a business model for artificial intelligence-driven general contractors”*, jonka voi pyytää myös luettavaksi kirjoittajilta.

4.4 Tekoälyn hyödyntäminen talotekniikkarakentamisessa

Talotekniikan osatutkimuksen tavoitteena oli tutkia miten kaupalliset generatiiviset tekoälysovellukset menestyvät talotekniikkasuunnittelun ja -rakentamisen tehtävissä ilman lokalisointia. Tutkimuksessa käytettiin OpenAI:n ChatGPT 4o sovellusversiota ja DeepSeek kielimallia. Lisäksi näiden kahden mallin antamia vastauksia verrattiin toisiinsa.

Tässä raportissa aikaisemmin todetun mukaisesti rakennusala on sovelluskohteena niin erikoislaatuinen, että yleisillä tekoälysovelluksilla on haasteita tuottaa luotettavaa tietoa. Talotekniikkarakentaminen on mielenkiintoinen tutkimuskohde, koska se on monimutkainen ja merkittävä rakentamisen osa-alue. Monimutkaisuutta aiheuttaa lakien ja säädösten suuri määrä, hajautuminen horisontaalisesti tekniikan aloittain ja vertikaalisesti suunnittelu- ja urakointiyrityksiin, sekä hajautumisen kanssa yhtäaikaista tarvetta yhteistyölle ja yhteensovitukselle. Talotekniikkarakentamisen merkittävyys korostuu sen suurena osuutena (jopa kymmeniä prosentteja) hankkeen kokonaiskustannuksista ja merkittävyytenä käytönaikaisessa viihtyvyydessä ja kustannustehokkuudessa.

Tutkimuksessa tekoälysovellusten käyttökelpoisuutta talotekniikkasuunnittelun ja -rakentamisen tehtävissä arvioitiin tutkijan laatimien kysymyksien perusteella. Kysymykset muodostettiin kokemuspohjaisesti kuvaamaan rakentamisen eri vaiheita ja erityyppisiä tehtäviä sekä eri järjestelmiin kohdennettuja tehtäviä. Tutkimuksessa käsitellyt osa-alueet olivat:

- **Järjestelmäkuvauksen laatiminen**
- **Ilmavirtojen ja ilmanvaihdon palvelualueiden määrittäminen**
- **Sisäilmastotavoitteiden määrittäminen**
- **Järjestelmäkaavioiden laadinta**
- **Suunnittelun lähtötietojen lukeminen pdf-kuvasta**
- **Teho- ja virtaamalaskut**
- **Määrälaskenta pdf-kuvasta**
- **Järjestelmien reititys rakennuksessa**
- **Hankkeen aikataulut**
- **Asennusten analysoiminen valokuvista**
- **Tietomallin tietosisällön rikastaminen ja oikeellisuuden tarkastaminen**

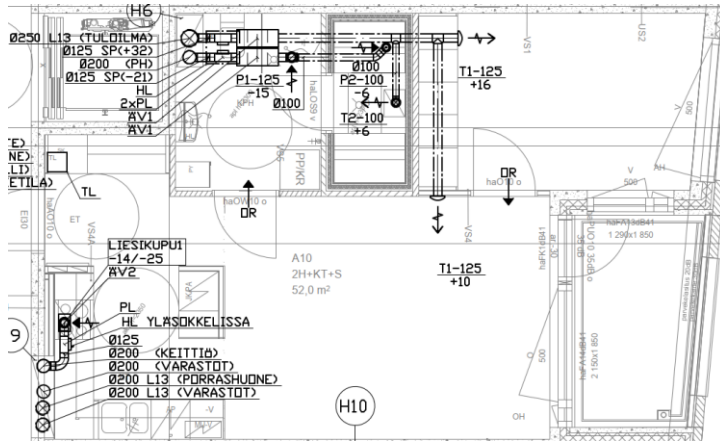
Tulokset kokonaisuutena vahvistivat alkuperäinen hypoteesia yleisen tekoälysovelluksen käyttökelvottomuudesta rakentamisen tehtävissä. Tarkempi tarkastelu kuitenkin osoittaa, että tilanne ei ole niin toivoton, kun voisi kuvitella. Molemmat tutkitut tekoälysovellukset tuottivat lähes kaikkiin kysymyksiin vastauksen, joka oli oikeansuuntainen ja tarkemmat kehotteet paransivat vastauksia. Poikkeuksen muodostaa kuvan luominen, joka ei onnistu DeepSeek

sovellukselta ja ChatGPT:n tapauksessa se tuotti poikkeuksetta rakentamisen kannalta käyttökelvottomia tuloksia.

Hankkeen alkuvaiheen tehtäviä ovat järjestelmäselostuksien kirjoittaminen, alustavien ilmapintojen sekä lämmitys- ja jäähdytystehojen määrittäminen sekä palvelualuejako ilmanvaihtokoneille. Näiden tehtävien suorittamiseksi tulee kerätä lähtötietoja arkkitehtien tuottamista materiaaleista sekä laatia vaatimusmalleja, kuten sisäilmaston tavoitteet. Lyhyellä rakennustyyppin ja pääjärjestelmät kuvaavalla kehoitteella tekoäly tuottaa hyvän rungon LVI järjestelmäkuvaukseksi. Kuvauksista kuitenkin puuttuu keskeisiä järjestelmiä ja kuvaus on luonteeltaan yleistasoinen. Järjestelmäkaavioiden laadinta ei onnistunut tekoälypohjaisesti edes yksinkertaisen esimerkin mukaan. Palvelualueiden ja ilmapintojen määrittäminen tekstimuotoisesti onnistuu yksinkertaisesta pohjapiirroksista, jossa tilojen käyttötarkoitukset ja pinta-alat on esitetty selkeästi ja yksiselitteisesti. Vastaavasti tilan nimen ja pinta-alan lukeminen onnistuu huonolla tarkkuudella arkkitehdin pdf-pohjapiirroksista, jossa teksti sekoittuu muihin piirrosmerkkeihin. Tutkitun esimerkin tapauksessa tekoäly löysi vain 42 % tiloista.

Ilmapintojen ja tehojen määrittämisessä tekoälyratkaisut onnistuvat hyvin, jos annetut ohjeet ovat seikkaperäiset ja tarvittavat lähtötiedot annetaan koneluettavassa muodossa. Taulukkomuotoisten lähtötietojen tapauksessa haasteita aiheutti ihmisen luettavaksi tarkoitettu taulukko, joka oli muotoiltu mahtumaan yhdelle A4 sivulle. Koneluettavasta taulukosta tiedon etsiminen onnistui hyvin. Haasteena teholaskuissa oli virheet yksinkertaisissa kertolaskuissa sekä päättelyvirheet, esimerkiksi siinä, miten ulkoseinän pinta-ala lasketaan.

Määrälaskentaa tutkittiin sekä pdf kuvasta että ifc-tietomallista. Ifc-tiedon lukemista ja analysointia käsitellään myöhemmin tässä osiossa. Määrälaskennan tekeminen pdf kuvasta onnistui kohtalaisesti. Lähtötiedoksi annettu yhden asunnon ilmanvaihtosuunnitelma on esitetty kuvassa 5 ja tuloksena saatu massaluettelo sekä sen oikeellisuus on esitetty kuvassa 6. Massaluetelosta puuttui puhdistusluukut, päätelaitteiden kiinnityskehykset ja yksi kulmaosa. Lisäksi oli tunnistettu tulppa, säleikkö ja puhallin, joita ei suunnitelmasta löytynyt. Muilta osin tunnistetut komponentit olivat oikein, vaikkakin määrät olivat useimmiten väärin. Hyvä tarkkuus komponenttien tunnistamisessa antaa viitteitä siitä, että tarkemmilla kehoitteilla tai kustomoidulla ratkaisulla voitaisiin saavuttaa parempi tarkkuus. Huomion arvoista on, että tekoäly lisäsi massalueteloon sellaisia tarvikkeita, joita tarvitaan asennuksessa, mutta joita ei ole esitetty suunnitelmassa. Esimerkkejä tällaisista ovat kannatusjärjestelmät ja liitosten tiivistämisen tarvikkeet.



Kuva 5. Määrälaskennan lähtötiedoksi annettu yhden asunnon ilmanvaihitsuunnitelma.

Bill of Materials (BoM) for Ventilation Installation			
1. Ductwork Components:			
Item	Description	Quantity	Unit
Spiral duct	Diameter Ø125 mm, galvanized steel	12 m ✗	6 m
Spiral duct	Diameter Ø100 mm, galvanized steel	6 m ✗	3 m
Flexible duct	Diameter Ø125 mm	2 m ✗	0 m
T-joint	Diameter Ø125 mm	2 pcs ✗	3 pcs
Elbow fitting	Diameter Ø125 mm, 90-degree	4 pcs ✗	2 pcs
Elbow fitting	Diameter Ø100 mm, 90-degree	2 pcs ✓	pcs
Reducer	Ø125 mm to Ø100 mm	1 pcs ✓	pcs
End cap	Diameter Ø125 mm	1 pcs ✗	0 pcs
Sealant	High-performance duct sealant	1 tube ✓	tube
Gaskets	Airtight gaskets for connections	10 pcs ✓	pcs

2. Airflow Devices:			
Item	Description	Quantity	Unit
Air valve (supply)	Diameter Ø125 mm, adjustable	2 pcs ✓	pcs
Air valve (exhaust)	Diameter Ø100 mm, adjustable	1 pcs ✗	2 pcs
Kitchen hood	Integrated, per design specs	1 pcs ✓	pcs
Grille	Wall-mounted, for exhaust	1 pcs ✗	0 pcs

3. Fixings and Supports:			
Item	Description	Quantity	Unit
Duct clamps	For Ø125 mm ducts	10 pcs	pcs
Duct clamps	For Ø100 mm ducts	6 pcs	pcs
Hangers and brackets	Adjustable for ceiling mounting	8 pcs	pcs
Screws and anchors	For fixing ducts and supports	20 pcs	pcs
Insulation material	For Ø125 mm ducts (if required)	6 m	m

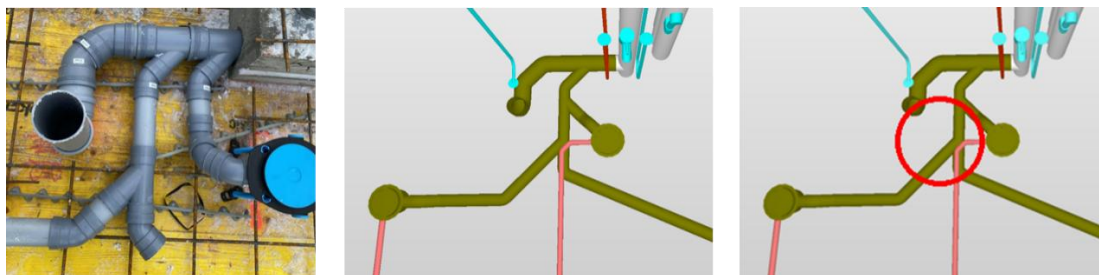
4. Ventilation Equipment:			
Item	Description	Quantity	Unit
Fan unit	For exhaust and supply airflow	1 pcs ✗	0 pcs
Slencer	Diameter Ø125 mm	1 pcs ✗	2 pcs
Dampers	Fire or airflow regulation dampers	1 pcs ✗	2 pcs

5. Accessories and Tools:			
Item	Description	Quantity	Unit
Tape (aluminum)	High-performance duct tape	2 rolls	rolls
Control system	Basic thermostat or switch	1 pcs	pcs
Measuring tool	Anemometer for airflow testing	1 pcs	pcs

Kuva 6. Määrälaskennan tulos ja vertailu todellisiin määriin. Määrä: vihreä on oikein, punainen on väärin, oranssi tarvitaan mutta ei löydy suunnitelmasta.

Talotekninen reitittäminen on optimointiongelma, jonka vaikeus riippuu annetuista rajoitteista ja reititettävien järjestelmien määrästä. Reitityksen mahdollisuutta tutkittiin yksinkertaisen esimerkin avulla, jossa yhdistettiin kaksi pistettä x,y,z koordinaatistossa väistään este, mahdollisimman vähillä suunnanmuutoksilla. ChatGPT käytti onnistuneesti optimointialgoritmia reitin muodostamiseen ja visualisoi tuloksen. DeepSeek puolestaan menestyi tehtävässä huomattavasti: reitin löytämiseen vaadittiin paljon kehoitteita eikä optimointialgoritmia hyödynnetty.

Valokuvien analysointi onnistui tutkimuksen esimerkeissä hyvin ChatGPT sovellukselta. DeepSeek ei analysoi kuvia. Alla olevassa esimerkissä (Kuva 7) tekoäly tunnisti oikein viemäriasyntyn, löysi eroavaisuuden asennuksen ja tietomallin välillä ja laati valokuvan perusteella massaluettelon viemäritarvikkeista.



Kuva 7. Vasemmalla valokuva viemäriasennuksesta. Keskellä sama viemäriasennus tietomallissa. Oikealla tekoälyn tunnistama eroavaisuus asennuksen ja suunnitelman välillä.

Massaluettelon laatimista ifc-tiedon perusteella kokeiltiin. Tutkimusta suoritettaessa tekoälyratkaisut eivät suoraan pysty lukemaan ifc-tiedostoa. Tekoäly kuitenkin laatii python koodin, jonka avulla ifc-tiedosto voidaan ensin muuttaa tekstitiedostoksi, jota tekoäly voi lukea. Tämän tekstitiedoston perusteella asuntokohtaisen massaluettelon laatiminen ifc-tiedostosta onnistui. Tiedon rakenteen takia oikean määrätiedon saaminen vaati kuitenkin useita yrityksiä. Tekoäly saattaa esimerkiksi sanoa, että yhteen asuntoon asennetaan 2 km 125 mm ilmanvaihtokanavaa.

Viimeiseksi tarkasteltiin tietomallin tietosisällön vakioinnin oikeellisuuden tarkastusta tekoälyavusteisesti. Tehtävää suoritettaessa kohdattiin jo raportoituja ongelmia: taulukoiden muuttaminen koneluettavaksi ja ifc-tiedon muuttaminen tekstitiedostoksi. Näiden vaiheiden jälkeen tekoäly teki analyysin. Suuremmalla tietomallilla (5000->50 000 komponenttia) tietomäärä kasvoi niin suureksi, että analyysi ei onnistunut tekoälysovelluksessa. Ratkaisuksi tekoäly esitti python koodia, joka tekee tarkastuksen paikallisesti. Ohjelmointi onnistui tekoälyavusteisesti ja tarkastus onnistui laaditulla ohjelmalla.

Yhteenvetona voidaan todeta, että kaupallisten tekoälysovellusten käyttäminen talotekniikka-suunnittelun ja -rakentamisen tehtävissä ilman lokalisoitua ei vaikuta vielä tuottavuutta parantavalta ratkaisulta. Samalla on todettava, että monessa tutkitussa sovelluskohteessa saatiin vähintään tyydyttäviä tuloksia, mikä antaa viitteitä siitä, että tehtäväkohtaisen tekoälyagentin luominen voi olla mahdollista. Tutkimuksen tulokset ja kahden tutkitun tekoälyn vertailu on esitetty Taulukossa 4.

Taulukko 4. Yhteenveto tuloksista ja vertailu ChatGPT:n ja DeepSeek:in välillä. Vihreä merkki osoittaa vaihtoehdon paremmuuden.

	ChatGPT	Deep Seek
LVI järjestelmäkuvaus	Kokonaisuutena parempi ✓	Puuttui viemäri- ja jäähdytysjärjestelmä.
Ilmavirrat ja palvelualueet	Parempi palvelualuejako. Ilmavirrat yläkantiin. ✓	Ilmavirrat alakantiin.
Periaatekaavio IV	Tuottaa kuvan, jonka tietosisältö huono.	✗ Ei tuota kuvaa
Palvelualuekaavio	Ei onnistu. Kouluttamalla saattaa olla mahdollista.	✗ Ei onnistu.
Pdf-tiedoston lukeminen	Onnistuu heikosti. ✓	Ei onnistu ollenkaan.
Kuvan lukeminen ja tulkinta	Onnistuu hyvin ✓	Ei onnistu ollenkaan.
Virtaaman ja tehon määrittäminen	Onnistuu	Onnistuu ✓
Taulukon lukeminen	Onnistuu heikosti.	Onnistuu kohtalaisesti ✓
Automaattinen reititys	Onnistuu hyvin, reitti optimoitu. ✓	

Monimutkaisempien ongelmien tapauksessa tekoäly muuttuu analyttikosta ohjelmointikump-paniksi. Nopeita vastauksia tai ratkaisuja haluavalle tämä ei ole optimaalista. Tutkitut esimer-kit kuitenkin osoittavat, että tekoälyavusteisesti räätälöityjen omien ohjelmien kirjoittaminen on mahdollista. Tällaiset ratkaisut toimivat tehokkaasti toistuvissa tehtävissä, jolloin samaa oh-jelmaa voi käyttää useita kertoja ilman uudelleen kirjoittamista. Tekoäly ohjelmointiavustajana tarjoaa mahdollisuuksia tuottavuuden parantamiseen muutenkin kuin käyttämällä chat käyt-töliittymää kyselyiden tekemiseen. Toistuvien aikaa vievien työtehtävien tekeminen algoritmi-sesti ei ole ollut aikaisemmin mahdollista asiantuntijoille, joilla on heikko ohjelmointiosaami-nen, tekoäly kuitenkin muuttaa tämän ja mahdollistaa tietyssä määrin rutiinien automatisoi-misen.

Rakennusalan insinööritieteellisyyden näkökulmasta tekoälyn ominaisuus vastata aina jotain on ongelmallinen. Tämä tulisi ottaa huomioon kehitettäessä lokalisoituja tekoälyratkaisuja tai agenteja niin että malli on uskollinen lähtöaineistolle ja osaa sanoa ”en tiedä”. Lähtökohtana tekoälyratkaisun kehittämisessä ja käyttämisessä on tilanne, jossa loppukäyttäjä ei tiedä vas-tausta kysymykseen ja kysyy sen siksi tekoälyltä. Tämä tarkoittaa, että kysymyksen kysyjällä ei ole valmiuksia arvioida vastauksen oikeellisuutta, vaikka joissain tapauksissa virheellisyys voi olla ilmeistä.

4.5 Katsaus tekoälyn käyttöä käsitteleviin opinnäytetöihin

4.5.1 Tekoäly pääurakoitsijan tarjousprosessissa

Haroon Ishfaqin opinnäytetyö (2025) keskittyi generatiivisen tekoälyn hyödyntämiseen pää-urakoitsijan tarjousprosessissa. Tutkimuksessa tunnistettiin haastattelujen avulla tarjouspro-ssin nykyiset haasteet ja mahdolliset tekoälyn käyttötapaukset. Tämän jälkeen suoritettiin toteutettavuustesti todellisella hankeaineistolla.

Tekoälyagentille kehitettiin järjestelmäkehote, joka sisälsi ohjeet ja kuvauksen käyttötapauksen toiminnasta. Käyttötapaukset testattiin iteratiivisen kehityksen menetelmällä ja tuloksia arvi-oiitiin asiantuntijakyselyjen avulla. Tunnistettuja käyttötapauksia olivat mm. 1) määräaikaisten löytäminen, 2) sakollisten välitavoitteiden tunnistaminen, 3) tilaajan tavoitteiden

tunnistaminen, 4) ristiriitojen havaitseminen urakkaohjelman ja urakkasopimuksen välillä sekä 5) myyvien henkilöesittelyiden luominen.

Tekoälyanalyysi osoitti, että vaikka Copilotin hyödyntämisen tarkkuus oli melko heikko (Taulukko 5), niiden hyödyllisyys arvioitiin suhteellisen korkeaksi. Tämä viittaa siihen, että asiantuntijat kokivat tuotokset arvokkaiksi ottaen huomioon tarjousprosessiin tyypillisesti liittyvän raskaan manuaalisen työkuorman. Joidenkin käyttötapauksien (ristiriitojen tunnistaminen, myyvä henkilöesittely ja projektisuunnitelman visuaalisuus) validointi jätettiin kuitenkin pois heikon tuloslaidun vuoksi. Copilot tulkitsi usein pienet muotoilu- tai sanamuotoepäkohat virheellisesti ristiriidoiksi.

Taulukko 5. Tulokset AI:n käytöstä pääurakoitsijan tarjousprosessissa

Käyttötapaus	Kuinka iso osa löydöksistä todellisia?	Kuinka iso osa todellisista tapauksista jäi havaitsematta?
Määräaikojen löytäminen	90.5 %	30 %
Tuotteiden etsiminen	82.6 %	45.7 %
Sakollisten välitavoitteiden tunnistaminen	38 %	14 %
Viivästyssakkojen etsiminen	78 %	59 %
Takuuajan selvittäminen	94.7 %	0 %
Tilaajan tavoitteiden tunnistaminen	79.4 %	42.6 %
Arviointikriteerien tunnistaminen	82.7 %	31.8 %
Urakkaohjelman ja urakkasopimuksen ristiriitojen tunnistaminen	-	-
Myyvien henkilöesittelyjen luominen	-	-
Projektisuunnitelman visuaalinen ulkoasu	-	-
Keskimäärin	78 %	32 %

Keskeisiä ongelmia olivat tehottomat semanttiset indeksoinnit, epäjohdonmukainen järjestelmähoidon noudattaminen sekä taipumus lyhentää vastauksia liikaa. Copilot soveltuu parhaiten avainsanahakuun ja yksinkertaisiin tehtäviin, jotka liittyvät yhteen tai kahteen asiakirjaan ja vaativat edelleen inhimillistä valvontaa.

Toiminnallisuuden parantamiseksi järjestelmään tulisi integroida API-yhteyksiä. Yhteenve-tona voidaan todeta, että Copilot voi tukea tarjousprosessia perushakujen osalta, mutta sen suorituskyky on rajallinen monimutkaisemmissa tehtävissä, jotka edellyttävät syvempää ym-märrystä ja kontekstin hallintaa.

4.5.2 Tekoälyn integrointi hankintaprosesseihin rakennusallalla

Joni Hampin diplomityössä (2025) tutkittiin tekoälyn hyödyntämismahdollisuuksia pääura-koitsijan hankintaprosessin eri vaiheissa sekä sen integrointia osaksi näitä prosesseja. Tavoit-teena oli myös tunnistaa tekoälyn käyttöönoton kohtaamia haasteita ja ennakkoluuloja sekä esittää keinoja niiden vähentämiseksi. Lisäksi toteutettiin tapaustutkimus, jossa arvioitiin ge-neratiivisen tekoälyn käyttöä tarjousten vertailun tukena. Kohdeyritykselle kehitettiin tätä var-ten räätälöity GenAI-kehote tarjousvertailua varten.

Tutkimus toteutettiin laajan kirjallisuuskatsauksen, viiden hankinnan ammattilaisen haastat-telujen sekä tapaustutkimuksen avulla. Empiirisen tutkimuksen osa toteutettiin kahdessa osassa: 1) Haastatteluissa kartoitettiin nykyistä hankintaprosessia ja sen haasteita sekä selvi-tettiin tekoälypohjaisten työkalujen potentiaalista käyttöä hankintaprosesseissa. 2) Tapaustut-kimuksessa mitattiin miten generatiivista tekoälyä (GenAI) voidaan hyödyntää parantamaan toimittajilta saatujen tarjousten vertailun tarkkuutta ja tehokuutta.

Tutkimuksessa tunnistettiin neljä hankinnan vaihetta, joihin tekoäly voisi antaa eniten lisäar-voa: 1) tarjousten vertailu, 2) toimittajien arviointi, 3) hankintapakettien koostaminen, ja 4) sopimusvalvonta. Tapaustutkimuksessa testattiin GenAI-työkalua luodun kehotteen avulla suorittamalla tarjousvertailu ennalta linkitetyistä tarjousasiakirjoista. Vertailun tuloksia ver-rattiin manuaalisesti tehtyyn tarjousten vertailuun.

Tuloksista ilmeni sekä GenAI:n suorituskykyyn liittyviä epäjohtonmukaisuuksia että potenti-aalia GenAI-pohjaisen työkalun hyödyntämiseksi tarjousvertailujen tehostamisessa (Taulukko 6). Työkalun kyky tuottaa tekstimuotoisia analyyseja linkitetyistä tiedostoista todettiin ensim-mäiseksi askeleeksi GenAI:n integroimisessa tarjousvertailuprosessiin.

Taulukko 6. AI:n käytön hyödyntäminen pääurakoitsijan hankintaprosessissa

Indikaattori	Selitys	Havainnot testauksen perusteella
Ajan säästö	Tekoälyn tulisi pystyä vä-hentämään manuaalista työkuormaa ja nopeutta-maan hankintaprosesseja.	Tekoälyllä on testien perusteella potentiaalia vähentää manuaalista työkuormaa. Manuaa-lisesti tehty vertailu vei 30 minuuttia, kun taas GenAI-työkalu suoriutui tehtävästä 2 minuutissa, koska tarvittiin vain syötekehot-teen ja PDF-tiedostojen liittäminen. Työka-lun epäluotettavuuden takia aikaa kuluu

		kuitenkin enemmän virheiden tarkistamiseen. Siksi työkalu ei ole vielä riittävän luotettava ajansäästötarkoituksiin.
Parantunut tarjousten vertailtavuus	Tekoälyn on tunnistettava oikein tarjousten väliset erot ja esitettävä selkeät vertailut.	Tekoäly ei täyttänyt odotuksia tämän osalta. Esitykset olivat enimmäkseen virheellisiä ja vertailut pitivät paikkansa vain osassa tapauksia. GenAI-pohjainen tarjousten vertailu vaatii jatkokehitystä tulevaisuudessa.
Päätöksenteon tukikyvykyys	Mikäli tekoälypohjainen työkalu tuottaa jäsenlletyjä raportteja, jotka mahdollistavat tietoon perustuvan päätöksenteon hankintatiimeissä, se täyttää tehtävänsä.	Tekoäly esitti generoimansa vastaukset aina tekstimuodossa, ja ilmoitti, mikä alihankkija olisi edullisin – ja jokaisella kerralla tämä oli oikein. GenAI:lla on huomattava potentiaali analyysityökaluna, ja sen kehittämistä tulisi harkita vakavasti.
Käytettävyys	Hankinta-ammattilaisten tulisi alkaa nähdä tekoäly voimavarana, ei lisäkuormana.	GenAI-työkalun käytettävyys oli helppoa. Sen käytössä ei ilmennyt ongelmia. Alusta ja käytettävyys eivät muodostu haasteeksi mahdollisessa integraatiossa.
Arvonlisä	Tekoälyn onnistumista voidaan mitata myös sillä, kokevatko hankintatiimit saavansa enemmän aikaa strategiseen suunnitteluun ja arvoa tuottaviin tehtäviin toistuvan työn sijaan.	Mikäli tarjousten vertailu onnistuisi 100 %:sti hankintatiimeille jäisi merkittävästi enemmän aikaa muihin tehtäviin. Testauksen perusteella aika kuluu kuitenkin vielä paljon GenAI-työkalun vastausten virheiden tarkistamiseen.

Tutkimus tarjoaa konkreettista tietoa tekoälyn potentiaalisesta käytöstä hankintaprosesseissa. Työssä tunnistettiin myös tulevia kehitysmahdollisuuksia, mm. GenAI-työkalun kehittämisen monimutkaisempien tarjousten tarkempaan vertailuun sekä mahdollisuuksien selvittämisen tekoälyn hyödyntämisestä kolmessa muussa tunnistetussa hankintaprosessin vaiheessa.

5 Johtopäätökset

Tämän Building 2030 -tutkimushankkeen keskeinen johtopäätös on, että tekoälyllä on jo lyhyellä aikavälillä selkeä ja mitattava potentiaali parantaa rakennusalan tuottavuutta, laatua ja tiedonhallintaa, mutta sen täysimääräinen hyödyntäminen edellyttää siirtymistä yksittäisistä keiluista kohti strategisempaa ja systemaattisempaa lähestymistapaa. Vuonna 2025 tekoälyn käyttö rakennusalan yrityksissä on vielä maltillista, mutta raportoidut tuottavuushyödyt – keskimäärin noin 8,8 % – osoittavat, että kyse ei ole enää vain tulevaisuuden teknologiasta, vaan käytännön työkalusta, jolla voidaan tukea päivittäistä tekemistä.

Tutkimuksen tulokset korostavat erityisesti sitä, että yleiskäyttöiset tekoälyratkaisut eivät sellaisenaan vastaa rakennusalan vaativiin ja kontekstisidonnaisiin tarpeisiin. Tämä korostuu mm. talotekniikkarakentamisessa. Ilman toimialakohtaista räätälöintiä tekoälyn vastaukset jäävät usein geneerisiksi ja pahimmillaan epäluotettaviksi, mikä voi johtaa merkittäviin riskeihin turvallisuuden ja talouden näkökulmasta. Sairaalarakentamisen tapaustutkimus osoittaa kuitenkin, että suhteellisen maltillisella panostuksella – noin 120 työtunnilla – voidaan kehittää yritysکوhtainen, räätälöity tekoälyavustaja, joka tuottaa selvästi luotettavampia ja hyödyllisempiä vastauksia kuin vakioratkaisut. Tämä havainto madaltaa kynnystä tekoälyn hyödyntämiseen ja osoittaa, että tekoälykehitys ei ole vain suurten organisaatioiden etuoikeus.

Rakennusalan näkökulmasta tekoälyn suurin arvo ei synny vain yksittäisten tehtävien automatisoinnista, vaan tiedon systemaattisesta hyödyntämisestä ja organisaation oppimisen vahvistamisesta. Tutkimuksessa tunnistetut korkean arvon käyttökohteet – kuten uusien työntekijöiden perehdyttäminen, tarjous- ja myyntiprosessien tukeminen, riskienhallinnan parantaminen sekä hiljaisen tiedon säilyttäminen – osoittavat, että tekoäly voi toimia merkittävänä keinona torjua alalle tyypillistä ”projekti-amnesiaa”. Tämä on erityisen tärkeää tilanteessa, jossa henkilöstön vaihtuvuus ja hankkeiden monimutkaisuus kasvavat.

Samalla tutkimus tuo esiin keskeiset haasteet, jotka hidastavat tekoälyn laajempaa käyttöönottoa. Datan laatu, omistajuus ja tietoturva muodostavat merkittäviä pullonkauloja. Ilman huolellisesti kuratoitua ja luotettavaa tietopohjaa tekoäly ei ainoastaan jää tehottomaksi, vaan voi myös vahvistaa olemassa olevia virheellisiä toimintatapoja. Tämän vuoksi tekoälyn käyttöönottoa on tarkasteltava ensisijaisesti tiedonhallinnan ja toimintamallien kehittämisen näkökulmasta, ei pelkkänä teknologiahankintana.

Laajemmassa mittakaavassa tekoälyn vaikutukset ulottuvat yksittäisiä projekteja ja prosesseja pidemmälle. Tekoäly luo rakennusosalle uusia markkinoita ja hanketyyppejä, kuten datakeskus- ja energiaan liittyvää rakentamista, ja haastaa perinteisiä liiketoimintamalleja. Pääuraakoitsijan rooli voi kehittyä kohti dataa hyödyntävää ekosysteemin orkestroijaa, jossa arvo syntyy yhä enemmän tiedon, analytiikan ja kumppanuuksien hallinnasta. Tämä muutos ei tapahdu itsestään, vaan edellyttää yrityksiltä aktiivista muutosjohtamista, osaamisen kehittämistä ja pitkäjänteisiä investointeja.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tekoäly tarjoaa rakennuslalle merkittävän mahdollisuuden parantaa kilpailukykyä ja vastata alan kroonisiin tuottavuushaasteisiin. Menestys ei kuitenkaan riipu ensisijaisesti käytetystä teknologiasta, vaan yritysten kyvystä yhdistää tekoäly osaksi omia prosessejaan, dataansa ja strategista ajattelua. Ne organisaatiot, jotka kykenevät tekemään tämän hallitusti ja vastuullisesti, ovat parhaassa asemassa hyödyntämään tekoälyn tarjoamat mahdollisuudet tulevina vuosina.

6 Lähdeluettelo

- Chatterji, A., ym. (2025). How People Use ChatGPT. NBER Working Paper, (34255).
- Chi, Y., ym. (2025). Demonstrating Berkeley Humanoid Lite: An Open-source, Accessible, and Customizable 3D-printed Humanoid Robot. ArXiv.
- CNN. (2025). China's first humanoid robot half marathon. [Verkkajulkaisu]. Saatavilla: <https://edition.cnn.com/2025/04/19/asia/china-first-humanoid-robot-half-marathon-intl-hnk>
- Dell'Acqua, F., ym. (2025). The cybernetic teammate: A field experiment on generative AI reshaping teamwork and expertise (Working Paper No. 25-043). Harvard Business School.
- Hamppi, J. (2025) Integrating AI into procurement processes in construction. Diplomityö, Aalto-yliopisto. <https://aaltodoc.aalto.fi/items/oabb3c95-dd08-4913-b563-6d34b21a6f44>
- Helsinki Research Forum. (2025). Pääkaupunkiseudun toimistotilojen vajaakäyttö uuteen näytökseen – yli 700 000 neliötä tyhjää toimistotilaa. [Verkkajulkaisu]. Saatavilla: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/71059104/helsinki-research-forum-paakaupunkiseudun-toimistotilojen-vajaakaytto-uuteen-ennatukseen-yli-700-000-neliota-tyhjaa-toimistotilaa?publisherId=40066563&lang=fi>
- Hevner, A. ym. (2004). Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, 28(1), 75–105.
- Holmström, J., ym. (2009). Bridging practice and theory: A design science approach. Decision Sciences, 40(1), 65–87.
- Ishfaq, H. (2025) The use of AI in a main contractor's tendering process. Diplomityö, Aalto-yliopisto. <https://aaltodoc.aalto.fi/items/47b5aba1-1ce1-44e5-852a-f662c0540c1a>
- Ji, Z., ym. (2024). Survey of hallucination in natural language generation. arXiv.
- Nyqvist, R., ym. (2024). Can ChatGPT exceed humans in construction project risk management? Engineering, Construction and Architectural Management, 31(13), 223–243.
- Osterwalder, A. ja Pigneur, Y. (2010), Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers, John Wiley & Sons.
- PV Magazine. (2025). Leapting rolls out PV module mounting robot. [Verkkajulkaisu]. Saatavilla: <https://www.pv-magazine.com/2025/02/03/leapting-rolls-out-pv-module-mounting-robot/>

Taiwo, R., ym. (2025). Generative artificial intelligence in construction: A Delphi approach, framework, and case study. *Alexandria Engineering Journal*, 116, 672–698.

Tilastokeskus. (2025) Generatiivista tekoälyä käyttäneiden osuus nousi 41 prosenttiin. [Verkojulkaisu], Saatavilla: <https://stat.fi/julkaisu/cmh32zpp67l1z07w6yfukiiqd>

7 Liitteet

Liite 1. Topeliuksenkadun historiallisiin selvityksiin perustuva työlista Länsiratikka-hankkeelle

Asia mitä pitää hoitaa ja/tai huomioida	Ehdotus toimenpiteistä	Merkittävät osapuolet
1. Maanalaiset rakenteet ja esteet		
Purettujen rakennusten perustukset ja rakenteet (erityisesti T16, T7)	Hanki Topeliuksenkatu 16:n (Castellum) purku-, geotekniset ja perustusten toteutuspiirustukset Senaatti-kiinteistöltä/rakennuttajalta. Tee kohdennettuja pohjatutkimuksia (kairaukset, maatulkaus) purkutonttien kohdalla. Varaudu löydöksiin suunnitelmissa ja budjetissa.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Senaatti-kiinteistöt, Helsingin kaupunki (Kaupunkiympäristötoimiala, Rakennusvalvonta)
Vanhat ja/tai huonosti kartoitetut kunnallistekniikan linjat (vesi, viemäri, kaasua, sähkö, tele, kaukolämpö) 1900-luvun alusta alkaen	Tee kattava johtokartoitus nykyaikaisin menetelmin (maatulkaus, sähkömagneettiset paikantimet). Tutki vanhoja kunnallisteknisiä karttoja kaupungin arkistoista. Tee tiivistä yhteistyötä verkkonhaltijoiden kanssa (YKT-menettely).	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Helsingin kaupunki (Kaupunkiympäristötoimiala), verkkonhaltijat (HSY, Helen Sähköverkko, teleoperaattorit jne.)
Entisen johdinautolinjan (1949-1974) pylväiden perustukset	Selvitä pylväiden tarkat sijainnit vanhoista suunnitelmista. Huomioi mahdolliset perustukset kaivutöissä.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Helsingin kaupungin museo, HKL/Kaupunkiliikenne Oy arkistot
Mahdolliset vanhat huviloiden, puutarhojen (Furuhjelm) tai muiden rakenteiden jäänteet (perustukset, kellarit, kaivot, muurit, täytetty lammikot)	Teetä koekuopituksia ja pohjatutkimuksia erityisesti puistoalueilla ja entisten huvilatonttien kohdalla. Dokumentoi mahdolliset löydökset yhteistyössä museoviranomaisten kanssa.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Helsingin kaupungin museo, Museovirasto

	Huomioi löydökset maanrakennustöissä.	
Vanhat väestönsuojat tai tunnetut rakennusten yhteydessä (esim. Folkhälsan, Töölön sairaala)	Selvitä rakennuskohtaisesti, ulottuvatko maanalaiset tilat katualueelle. Huomioi purku- tai suojaustarve perustustöissä. Dokumentoi mahdolliset vanhat suojarakenteet museoviranomaisen ohjeiden mukaan.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, kiinteistöjen omistajat, Helsingin kaupunginmuseo, Pelastuslaitos
Mahdolliset Töölön tullin (1800-luku) rakenteiden jäänteet Tullinpuomin alueella	Varaudu mahdollisiin löytöihin (perustuskivet, esineet) Tullinpuomin alueen töissä. Kerää löydöt talteen yhteistyössä kaupunginmuseon kanssa.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Helsingin kaupunginmuseo (arkeologia)
2. Maaperäolosuhteet		
Heterogeeninen maaperä (täytömaa, vanhat multakerrokset, rakennusjätteet) erityisesti entisillä puutarha-alueilla	Teetä kattavat geotekniset tutkimukset maakerrosten rakenteen, paksuuden ja kantavuuden selvittämiseksi. Huomioi tulokset perustamistapojen valinnassa ja maanrakennustöissä.	Rakennuttaja, suunnittelijat (geotekniikka), urakoitsija
Vaihteleva kallion syvyys	Selvitä kallionpinnan tarkka syvyys geoteknisissä tutkimuksissa. Varaudu mahdolliseen louhintatarpeeseen ja sen vaikutuksiin (tärinä).	Rakennuttaja, suunnittelijat (geotekniikka), urakoitsija, ympäristöviranomaiset (melu/tärinä)
Mahdollinen maaperän pilaantuneisuus (PIMA), erityisesti Shellin huoltoaseman (T45) alueella	Tee kattavat PIMA-tutkimukset huoltoaseman alueella ja muualla tarvittaessa. Huomioi pilaantuneen maan käsittelyvaatimukset ja kustannukset suunnittelussa ja urakoinnissa.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, ympäristöviranomaiset (Helsingin kaupunki), kiinteistön omistaja (Shell)

3. Rakennettu ympäristö ja kulttuuriperintö		
Suojellut ja kulttuurihistoriallisesti arvokkaat rakennukset (Töölön kirkko, Taka-Töölön 1930-luvun kokonaisuus, Topeliuksenkatu 9, Folkhälsan, Töölön sairaala, Topeliusskolan)	Tee ennakkokartoitus yhteistyössä museoviranomaisten kanssa. Varmista tärinärajojen noudattaminen (mittaus ja seuranta). Suunnittele työmaoteutus huolellisesti (pöly, melu, kulkuyhteydet). Huomioi rakennusten perustukset ja julkisivut (ei kiinnityksiä ilman lupaa). Sovita katuprofiilin muutokset rakennuksiin.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Museovirasto, Helsingin kaupunginmuseo, kiinteistöjen omistajat/taloyhtiöt, rakennusvalvonta
Kaupunkikuvallisesti merkitävä ympäristö (Taka-Töölö, puistoakseli Kirkko-Kirjasto, rakennusten julkisivut)	Suunnittele ajojohdinpylväät ja pysäkit niin, etteivät ne rumenna näkymiä tai peitä arvokkaita julkisivuja. Harkitse kiinnityksiä olemassa oleviin rakenteisiin tai julkisivuihin Museoviraston ohjein. Kunnioita alueen mittakaavaa ja rakennuslinjoja.	Rakennuttaja, suunnittelijat (arkkitehti, maisema-arkkitehti), urakoitsija, Museovirasto, Helsingin kaupunginmuseo, Kaupunkikuvaneuvottelukunta
Arkeologinen potentiaali (1800-luvun huvila-aika, varhainen kaupungistuminen)	Tarkista ajantasaiset tiedot Kyppi.fi-palvelusta. Tee virallinen kysely Museovirastolle. Harkitse arkeologista valvontaa tai koetutkimuksia historiallisesti potentiaalisilla ja häiriintymättömillä alueilla viranomaisohjeistuksen mukaan. Varaudu mahdollisiin löytöihin.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Museovirasto, Helsingin kaupunginmuseo (arkeologia)
4. Maisema ja ympäristö		
Topeliuksen puiston ja Kirjailijanpuiston arvot ja rakenteet	Kunnioita puistojen historiallista sommittelua ja muotopuutarhan elementtejä. Säilytä puistojen luonne ja toiminnallisuus myös rakentamisen	Rakennuttaja, suunnittelijat (maisema-arkkitehti), urakoitsija, Helsingin kaupunki (Kaupunkiympäristötoimiala,

	aikana. Minimoi vaikutukset puistoalueisiin.	Kamu), Helsingin kaupungin-museo
Topeliuksenkadun länsireunan historiallinen puurivi (1930-luku) ja muut vanhat katupuut	Säilytä puurivi yleissuunnitelman mukaisesti. Sijoita rata riittävän etäälle puista. Käytä tarvittaessa erikoisrakenteita (juuristosillat/-matot) juuristojen suojaamiseksi. Suojaa säilytettävät puut rakentamisen aikana. Inventoi ja pyri säilyttämään myös muut arvokkaat puut (esim. Kirjailijanpuisto).	Rakennuttaja, suunnittelijat (maisema-arkkitehti, infrasuunnittelija), urakoitsija, Helsingin kaupunki (Kaupunkiympäristötoimiala, Kamu), arboristi
Ikääntyvä puusto ja tuleva uusimistarve	Koordinoi ratikan rakentamisen mahdollisuuksien mukaan puiston ja katupuiden tulevan hoito- ja uusimisohjelman kanssa. Korvaa mahdollisesti kaadettavat puut uusilla istutuksilla hankkeen lopuksi.	Rakennuttaja, suunnittelijat (maisema-arkkitehti), Helsingin kaupunki (Kaupunkiympäristötoimiala, Kamu)
Mahdolliset historialliset puistokalusteet, kiveykset tai rakenteet	Tarkasta, onko puistossa tai kadulla säilynyt alkuperäisiä elementtejä (penkit, valaisimet, reunakivet, portaat). Säilytä historialliset elementit museoviranomaisen ohjeiden mukaan. Huolehdi vanhojen graniittireunakivien talteenotosta ja uudelleenasetuksesta.	Rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsija, Helsingin kaupunginmuseumuseo, Helsingin kaupunki (Kaupunkiympäristötoimiala, Kamu)
5. Muut huomiot		
Raitiotien rakentaminen "neitseelliseen" maaperään (ei aiempia kiskoja)	Huomioi, että maan alla ei ole vanhoja ratakojoja, mutta muita rakenteita (ks. kohta 1) on runsaasti.	Suunnittelijat, urakoitsija

Työnaikaiset haitat ja koordinaointi (liikenne, melu, tärinä, pöly, kulkuyhteydet)	Suunnittele työnaikaiset järjestelyt huolellisesti minimoiden haitat asukkaille ja yrityksille. Koordinoi työmaa mahdollisten muiden alueen hankkeiden kanssa (esim. Töölön sairaalan tontin kehitys). Varmista esteettön pääsy kiinteistöihin (esim. kirjasto, Folkhälsan). Huolehdi aktiivisesta tiedottamisesta.	Rakennuttaja, urakoitsija, suunnittelijat, Helsingin kaupunki (liikennesuunnittelu, viestintä), HSL, alueen asukkaat ja yritykset, kiinteistöjen omistajat
Kadunvarsipysäköinnin merkittävä väheneminen	Toteuta korvaavat pysäköintijärjestelyt (vinopysäköinti) lähikaduille suunnitelman mukaisesti. Huomioi jakeluliikenteen tarpeet (lastauspaikat). Tiedota muutoksista ajoissa.	Rakennuttaja, suunnittelijat (liikenne), Helsingin kaupunki (Pysäköinninvalvonta), alueen asukkaat ja yritykset
Vaikutukset pyöräliikenteelle ja jalankululle	Toteuta suunnitelman mukaiset pyörätiet/-kaistat. Varmista jalankulkuyhteyksien turvallisuus ja sujuvuus, erityisesti pysäkkien ja risteysten kohdalla. Huomioi pyörätien reititys pysäkkien kohdalla.	Rakennuttaja, suunnittelijat (liikenne, katu), urakoitsija