



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Seela Tuuli

Tekoäly teollisen tuotannon laadunhallinnassa — kirjallisuuskatsaus

Vaasa 2026

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö
Kauppätieteet, Tuotantotalous
Kandidaatintutkielma

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Seela Tuuli		
Tutkielman nimi:	Tekoäly teollisen tuotannon laadunhallinnassa — kirjallisuuskatsaus		
Tutkinto:	Kauppatieteiden kandidaatti		
Oppiaine:	Tuotantotalous		
Työn ohjaaja:	Tauno Kekäle		
Valmistumisvuosi:	2026	Sivumäärä:	33

TIIVISTELMÄ:

Tutkielmassa tarkastellaan tekoälyn uhkia ja mahdollisuuksia laadunhallinnan näkökulmasta keskittyen teolliseen ympäristöön. Tämän tutkimuksen taustalla on organisaatioiden tarve tehostaa datan analysointia tuotannoissa sekä muovata laadunhallinta vastaamaan tämän päivän digitalisaatiota. Tekoälyn räjähdysmäinen kehitys on avannut uusia tapoja prosessien automatisointiin sekä laadunhallinnan toimintojen tehostamiseen. Tavoitteena on määritellä tekoäly käsitteenä ja selvittää, millaisia vaikutuksia se tuo laadunhallinnan prosesseihin teollisuudessa.

Laadunhallinta on yksi yrityksen kannalta olennaisin tapa varmistaa tuotteiden sekä palveluiden vaatimustaso. Se on suoraan yhteydessä organisaation kilpailukykyyn, asiakastyytyväisyyteen ja toiminnan tehokkuuteen. Perinteiset laadunhallintakeinot ovat pitkälti perustuneet manuaaliseen tarkastukseen sekä tilastollisiin ratkaisuihin. Digitalisaation myötä, tekoäly on korvannut näitä toimintamalleja ja sen avulla mahdollistetaan nopeampaa ja tehokkaampaa laadunhallintaprosessia. Tekoälyä käytetään muun muassa vikojen etsintään, käyttöiän ennustamiseen sekä laadun varmistamiseen.

Tutkimus on toteutettu kirjallisuuskatsauksena, jossa tarkastellaan aiheeseen liittyviä ajankohtaisia tieteellisiä artikkeleita. Kirjallisuus koostuu pääosin 2020- luvun artikkeleista, jotka esittävät tutkimustuloksia tekoälyn hyödyntämisestä laadunhallinnassa.

Kirjallisuuden perusteella tekoäly tuo merkittävää etua prosessien parantamiseen, ennakoivaan laadunhallintaan sekä datan analysointiin. Tekoälyä hyödynnetään niin ennakoivassa laadunvalvonnassa kuin virheiden havaitsemisessa. Samaan aikaan sen käyttöön liittyy riskejä muun muassa datan laadun varmistamisessa sekä tulkittavuuteen ja selitettävyyteen liittyvissä kysymyksissä. Haasteita on havaittu myös tekoälyn käyttöönotossa tuotannoissa sekä sen integroinnissa jo olemassa oleviin tuotannon järjestelmiin ja laitteisiin. Lisäksi tekoälyn hyödyntäminen on muokannut osaamisvaatimuksia työpaikoilla sekä aiheuttanut muutostarintaa, mikä osaltaan hidastaa uusien mallien käyttöönottoa.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tekoälyllä on potentiaalia laadunhallinnassa. Se tuo tehokkuutta ja parantaa prosesseja. Kuitenkin tekoälyn käyttöönotto vaatii osaavaa työvoimaa sekä perehtymistä eettisiin kysymyksiin. Jatkotutkimuksia ajatellen olisi hyödyllistä tutkia tekoälyn hyödyntämistä eri toimialoilla ja tutkia lisää sen käyttöönottoon liittyviä haasteita. Kirjallisuuden mukaan tekoäly toimiiikin parhaiten ihmisen rinnalla työkaluna päätöksenteon tukena.

AVAINSANAT: Laadunhallinta, tekoäly, koneoppiminen, teollinen tuotanto, digitalisaatio, ennakoiva laadunhallinta

Sisällys

1 Johdanto	5
1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset	5
1.2 Tutkimuksen rakenne	6
2 Yleistä tekoälystä	7
2.1 Tekoälyn historiaa Suomessa	7
2.2 Tekoälyn teknologiaa	8
2.3 Neuroverkot ja syväoppiminen	9
3 Laadunhallinta	10
3.1 Laadunhallinnan käsite	10
3.2 Laadunhallinta ja laadunhallintajärjestelmä	11
3.3 Laadunhallinnan periaatteet	12
3.4 Laadun tuotantoperusteinen näkökulma	13
3.5 Laadunhallintamallit	13
3.6 Tekoäly laadunhallinnassa	13
3.7 Tulevaisuuden näkymät laadunhallinnassa	15
4 Tekoälyn mahdollisuudet laadunhallinnassa	16
4.1 Ennustaminen ja optimointi	16
4.2 Tarkkuuden paraneminen ja virheiden ennustaminen	16
4.3 Reaaliaikainen päätöksenteko ja prosessien optimointi	17
4.4 Nollavirhe-valmistus	18
4.5 Kustannussäästöt ja kilpailukyky	18
5 Tekoälyn haasteet ja riskit laadunhallinnassa	20
5.1 Dataan liittyvät haasteet	20
5.2 Teknologiset haasteet	21
5.3 Selitettävyyden ja läpinäkyvyyden ongelmat	21
5.4 Eettiset ja sääntelyyn liittyvät kysymykset	22
5.5 Organisatoriset ja osaamiseen liittyvät haasteet	22
6 Mahdollisuuksien ja uhkien vertailu	24
7 Johtopäätökset	27
Lähteet	29
Liitteet	33

Merkinntät ja lyhenteet

AI	Artificial intelligence, tekoäly
ML	Machine learning, koneoppiminen
DL	Deep learning, syväoppiminen
IAI	Industrial Artificial Intelligence, teollinen tekoäly
SPC	Statistical Process Control, Tilastollinen prosessinohjaus
XAI	Explainable Artificial Intelligence, Selittävä tekoäly
TQM	Total Quality Management, kokonaisvaltainen laadunhallinta
IOT	Internet of Things, esineiden internet
CNN	Convolutional Neural Network, Konvoluutiohermoverkko
RNN	Recurrent Neural Network, Takaisinkytkentäneurovekko
ZDM	Zero Defect Manufacturing, Nollavirhevalmistus
QI	Quality Inspection, laaduntarkastus

Kuviot

Kuva 1. Laadunhallinta merkitys kuvio

1 Johdanto

Suomen teollisuudessa tuotteiden laatua on tarkkailtu jo pitkään tekoälyn avulla (Pietikäinen & Silvén, 2021). Sen merkitys laadunhallinnassa on kasvanut viime vuosina vielä entisestään. Kuitenkin jo ennen tekoälybuumia, monissa valmistuskoneissa on hyödynnetty jo kauan koneoppimiseen perustuvaa laatupoikkeamien hälytysjärjestelmää. Voidaankin sanoa, että tekoälyn hyödyntäminen laadunhallinnassa on jatkumoa koneoppimiseen perustuville toiminnoille.

Sisäisen toiminnan tehokkuus ja lopputuotteen laatu eivät yksin takaa hyvää laatua, vaan sen edellytyksenä on asiakastyytyväisyys (Lecklin, 2006, s. 18). Tämän vuoksi palveluiden ja tuotteiden laadulla onkin merkittävä vaikutus yrityksen kasvuun. Lecklinin (2006, s. 18) mukaan laatu käsitteenä ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttämisenä, mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla. Juuri tämän vuoksi tekoäly on noussut keskeiseksi tekijäksi tuotteiden ja palveluiden laadun varmistamisessa.

Teknologian on kehittynyt viime vuosikymmeninä suuresti ja digitaalisista ratkaisuista on tullut merkittävä tekijä organisaatioiden toiminnassa. Tekoälystä onkin tullut niin sanottu hypetermi, ja se osana jokapäiväistä elämäämme vaikka emme välttämättä ajattele sitä kovinkaan paljon (Pietikäinen & Silvén, 2021). Tekoälyä pidetään pääasiassa edistyneenä teknologiana, joka tuo lisäarvoa datan hallintaan, prosessien automatisointiin sekä päätöksentekoon. Sen käyttöön liittyy kuitenkin monenlaisia riskejä ja haasteita.

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tässä tutkielmassa tarkastelu on rajattu teollisuuteen, jossa prosessit ovat pitkälti automatisoituja ja tuotannosta saadaan kerättyä suuria määriä dataa. Tämä luo hyvät edellytykset tekoälyn hyödyntämiselle. Lisäksi laadunhallinta on yksi keskeinen osa-alue teollisuudessa, ja se on suoraan yhteydessä kilpailukykyyn sekä tehokkuuteen. Tutkielma yhdistää tekoälyn ja tuotantotalouden näkökulmat, tarkastelemalla sen

hyödyntämistä laadunhallinnassa sekä vertailemalla siihen liittyviä uhkia ja mahdollisuuksia. Tutkielma toteutetaan integroivana kirjallisuuskatsauksena. Se mahdollistaa laajan näkökulman sekä tutkimustulosten vertailun.

Tutkimuskysymykset ovat seuraavat:

- Millaisia mahdollisuuksia tekoälyn hyödyntäminen tuo laadunhallintaan?
- Millaisissa tilanteissa tekoäly soveltuu laadunhallintaan teollisuudessa?
- Minkälaisia haasteita tekoälyn käyttöönotto tuo laadunhallinnan näkökulmasta?

1.2 Tutkimuksen rakenne

Tutkielman toinen ja kolmas luku ovat teoriaa ja käsittelevät tekoälyä sekä laadunhallintaa yleisesti. Neljännessä luvussa käsitellään tekoälyn mahdollisuuksia laadunhallinnassa ja viidennessä puolestaan sen haasteita ja riskejä. Kuudennessa luvussa vertaillaan kirjallisuuteen perustuvia tuloksia. Viimeisessä luvussa esitetään tutkimuksen johtopäätökset ja lopussa on listattuna tutkielmassa käytetyt lähteet.

Tutkimusaineiston keräämiseen on hyödynnetty seuraavia tieteellisiä tietokantoja: Google Scholar, ScienceDirect, Emerald Insight, IEEE Xplore, Springer Link. Lisäksi on käytetty Finna Tritonia -hakupalvelua. Lähteiksi on pyritty ensisijaisesti valitsemaan uusimpia lähteitä, sillä aiheena tekoäly on suhteellisen tuore ja nopeasti kehittyvä. Laadunhallinnan teoriaa käsittelevässä luvussa on hyödynnetty myös vanhempaa kirjallisuutta, sillä laadunhallinnan perusperiaatteet ovat vakiintuneita. Pääsääntöisesti lähteet ovat 2020-luvulta, jotta tieto ei olisi vanhentunutta.

2 Yleistä tekoälystä

Tekoälylle ei ole yksiselitteistä määritelmää, vaan se vaihtelee hiukan asiayhteyden mukaan. Kirjallisuudessa on esitetty monenlaisia määritelmiä tekoälylle. Russell ja Norvig (2016) määrittelevät tekoälyn kuvaavan järjestelmiä, jotka jäljittelevät kognitiivisia toimintoja ja jotka ovat liitännäisiä ihmisen ominaisuuksiin, kuten oppimiseen, puheeseen tai ongelmanratkaisukykyyn. Varhaisten määritelmien mukaan tekoäly liittyy niihin asioihin, joiden avulla tietokoneet saadaan toimimaan älykkäästi, toisen ajatuksen mukaan taas tekoälyssä tutkitaan asioita, joiden toteutustapaa ei vielä tunneta (Pietikäinen & Silvén, 2021). Colosimon ym. (2021) mukaan tekoäly viittaa suureen joukkoon tekniikoita, jotka jäljittelevät ihmisen kognitiivisia ja analyyttisiä ongelmanratkaisutaitoja, mukaan lukien koneoppiminen, neuroverkot ja syväoppiminen.

Tekoäly käsitteenä on monelle vaikeasti hahmotettava, johtuen sen laajasta soveltumisalasta. Vaikka tekoälyllä on valtavasti positiivisia mahdollisuuksia, siihen liitetään myös uhkakuvia, kuten yksityisyydensuoja, tietoturva sekä eettiset kysymykset (Loureiro ym., 2021). Tekoälyn moninainen määrittely ja osin kielteinen mediakuva vaikuttavat, miten tekoälyä tulkitaan ja hyödynnetään (Pietikäinen & Silvén, 2021). Müllerin ja Bostromin (2016) mukaan tekoälyasiantuntijat ovat esittäneet teorian, jonka mukaan tekoälyjärjestelmät saavuttavat ihmisen kokonaisvaltaisen kyvykkyyden 2075 vuoteen mennessä. Osa tutkijoista pitää tätä kehityssuuntaa haitallisena ihmiskunnalle.

Tekoälyn vaikutuksista työmarkkinoihin on ilmassa paljon eriäviä mielipiteitä. Sen on arvioitu vievän ihmisten työpaikkoja, mutta samalla luoden uusia (Pietikäinen & Silvén, 2021). Tekoäly muokkaa laadunhallinnan tehtäviä edellyttäen työntekijöiltä uudenlaisia taitoja, kuten analyyttistä ja teknologista osaamista (Lee ym., 2023).

2.1 Tekoälyn historiaa Suomessa

Pietikäisen ja Silvénin (2021) mukaan tekoäly mielletään usein uudeksi teknologiaksi, vaikka se on peräisin 1950-luvulta. Suomessa tekoälyn kehitys sai alkunsa 1980-luvulla. Tekoölyyn liittyvä innostus alkoi kun Teknologian kehittämiskeskus lanseerasi kehittämisohjelman nimeltä FINPRINT. Ohjelman päätarkoituksena oli Suomen kansainvälisen kilpailukyvyn saavuttaminen sekä säilyttäminen teknologian alalla. Tämän kehityksen myötä tekoäly vakiinnutti asemansa 1980-luvun lopussa omana tieteenalanaan (Pietikäinen & Silvén, 2021).

Nykypäivänä tekoäly muuttaa liiketoimintaa, taloutta ja koko yhteiskuntaa merkittävästi. Sen kehityksen ei katsota vielä saavuttaneen täyttä potentiaaliaan, eikä sen odoteta saavuttavan ihmisen tasoista älykkyyttä vielä lähiaikoinakaan (Colosimo ym., 2021; Pietikäinen & Silvén, 2021). Pietikäisen ja Silvénin (2021) mukaan haastavimmat tekoälysovellukset koostuvat useista yhteen integroiduista osista. Keskeiseksi ongelmaksi nousee se, miten monimutkaisemmatkin integraatiot pystyvät toimimaan kaikenlaisissa käyttötilanteissa ja olosuhteissa luotettavasti (Pietikäinen & Silvén, 2021).

2.2 Tekoälyn teknologiaa

Koneoppiminen on yksi tekoälyn osa-alueista. Se on tieteenala, jossa algoritmit ovat keskiössä. Algoritmit oppivat datasta ja soveltavat oppimaansa tilanteen mukaan (Kohavi & Provost, 1998). Vaikka koneoppimisen menetelmiä on hyödynnetty jo pitkään, tietokoneiden prosessitehon kasvu on tehnyt niistä laajemman ilmiön (Hoseini ym., 2021).

Renin ym. (2026) mukaan koneoppimisen erikoistunut osa-alue syväoppiminen (DL) kytkeytyy tekoälyverkkoihin, jotka pystyvät käsittelemään monivaiheisia tietojoukkoja. Sen avulla pystytään analysoimaan laadun vaihteluita läpi prosessin (Shao ym., 2023; Xu ym., 2024, viitattu teoksessa Ren ym., 2026).

2.3 Neuroverkot ja syväoppiminen

Syväoppimisalgoritmit, konvoluutiohermoverkot (CNN) sekä takaisinkytkentäneuroverkot (RNN) ovat merkittävässä roolissa valtavien datamäärien analysoinnissa (Ani ym., 2024). Nämä soveltuvat hyvin ennakoivaan kunnossapitoon sekä prosessien optimointiin. Anin ym. (2024) mukaan CNN-verkot sopivat hyvin kuva-analyyseihin ja virheiden tunnistukseen tuotannoissa ja RNN-verkot taas sopivat anturidatavirtojen analyyseihin. Nämä teknologiat laadunhallinnassa mahdollistavat reaaliaikaisesti poikkeamien tunnistamisen nopeammin ja tarkemmin kuin manuaalinen tarkastus.

3 Laadunhallinta

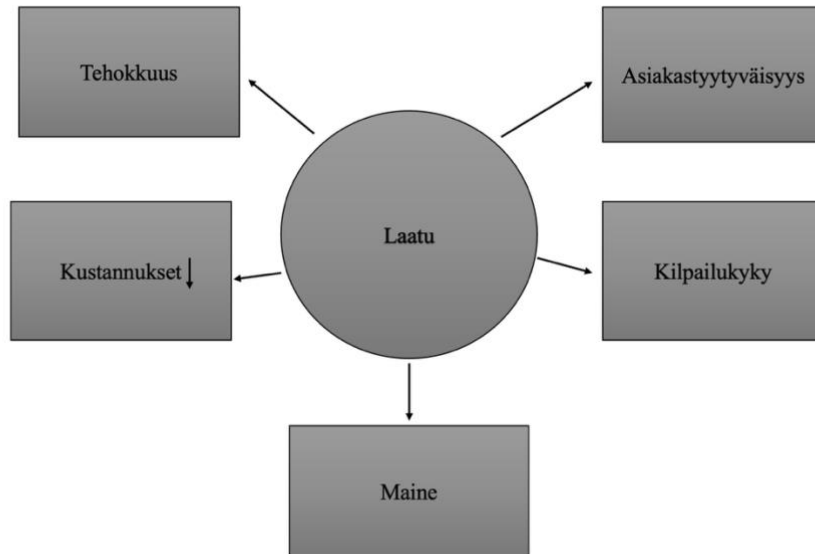
Toimiva laadunhallinta mahdollistaa tehokkaan toiminnan organisaatiossa. Erityisen tärkeää on, että toiminta on johdonmukaista sekä yhtenäistä, mikä mahdollistaa organisaation menestyksen (Lecklin, 2006 s. 23)

3.1 Laadunhallinnan käsite

Laatua voidaan määritellä usealla eri tavalla, mutta lähtökohtana voidaan pitää tuotteen tai palvelun käyttökelpoisuutta sekä kykyä täyttää asiakkaan tarpeet (Anttila & Jussila, 2016). Kokonaisvaltainen laadunhallinta (TQM) on toimintaa, jossa laatu otetaan huomioon jokaisessa vaiheessa ja sitä pyritään parantamaan jatkuvasti (Lecklin, 2006, s. 18).

ISO 9000 -standardin mukaan laadulla tarkoitetaan sitä, missä määrin kohteen luontaiset ominaisuudet täyttävät vaatimukset (SFS, n.d.-a). Laatu ei ole pelkästään lopputuote tai -palvelu, vaan siihen kuuluu myös organisaation prosessit sekä toimintamallit (Lecklin, 2006, s. 22).

Laadun käsitettä on pohdittu jo aikojen saatossa. Anttila & Jussila (2016) mukaan Aristoteles on pohtinut laadun käsitettä aikoinaan ja antanut sille kaksi selitystä: se ilmaisee, miten jokin kohde erottuu toisista kohteista, ja sitä, miten kohde koetaan hyvänä tai pahana.



Kuvio 1. Laadun merkitys organisaation toiminnassa. (Mukaillen SFS, n.d.) Teollisuudessa laadun merkitys korostuu entisestään, sillä virheistä aiheutuneet kustannukset voivat olla suuria.

Laatu käsitteenä ymmärretään subjektiivisesti ja kokonaisvaltaisesti (SFS, n.d.-a). Huolimatta siitä, että laadulle on olemassa monenlaisia määritelmiä, nykyaikaiset tuotantojärjestelmät ovat niin monimutkaisia, että laadun saavuttaminen ja ylläpitäminen edellyttävät hyvin suunniteltuja ja kehitettyjä laadunhallintajärjestelmiä (Srdoč, ym., 2011).

3.2 Laadunhallinta ja laadunhallintajärjestelmä

ISO 9000- standardin mukaan laadunhallinnalla tarkoitetaan koordinoituja toimenpiteitä organisaation suuntaamiseksi ja ohjaamiseksi laatuun liittyvissä asioissa (Lecklin, 2006, s.29). Laadunhallinnan tavoiteena on varmistaa, että organisaatio täyttää asiakkaiden vaatimukset.

Laadunhallintajärjestelmä puolestaan tarkoittaa johtamisjärjestelmää, jonka avulla toimintaa organisaatiossa suunnataan ja ohjataan laatuun liittyvissä asioissa (Lecklin, 2006 s. 29). Sen avulla voidaan hallita prosesseja ja toimintaa sekä pysytään ajan tasalla tuotteiden ja palveluiden laadusta.

Johdonmukaisuus on laadunhallinnassa yksi tärkeimmistä osa-alueista. Toiminnan on oltava yhdenmukaista jatkuvasti, koko organisaatiossa. Tämän vuoksi jatkuva parantaminen onkin yksi ISO 9001 -standardin perusperiaatteista (SFS, n.d.-a). Lisäksi laadunhallinnassa korostuvat riskiperäinen ajattelu sekä Six Sigma -menetelmä, joiden avulla pyritään minimoimaan virheiden määrää (SFS, n.d.-a; Pongboonchai-Empl ym., 2023). Six Sigma perustuu dataohjautuviin tilastollisiin menetelmiin kuten prosessinohjaukseen ja hypoteesitestaukseen. Sen toimintamalli DMAIC sisältää ongelman määrittelyn, datan mittaamisen, analysoinnin, parannustoimien ehdottamisen sekä varmistuksen (Pongboonchai-Empl ym., 2023).

Lecklinin (2006, s. 32) mukaan laadunhallintajärjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa on keskeistä tunnistettavat prosessit, prosessien toiminnan ohjaus sekä niiden keskinäisen järjestyksen ja vuorovaikutuksen määrittäminen. Näiden lisäksi organisaation on varmistettava resurssien ja informaation saatavuus sekä seurattava, mitattava ja analysoitava prosesseja. Organisaation on myös suoritettava tulosten saavuttamiseen ja prosessien jatkuvan parantamisen edellyttämät toimenpiteet.

3.3 Laadunhallinnan periaatteet

SFS Suomen Standardit ry (n.d.-b) listaa laadunhallinnan periaatteet seuraavanlaisesti ISO 9000- standardin mukaan:

- Asiakaskeskeisyys
- Johtajuus
- Ihmisten täysipainoinen osallistuminen
- Prosessimainen toimintamalli
- Jatkuva parantaminen
- Näyttöön perustuva päätöksenteko
- Suhteiden hallinta

Laadunhallinnan periaatteet luovat perustan koko organisaation toiminnalle. Tekoäly pystyy tukemaan näiden periaatteiden toteutumista.

3.4 Laadun tuotantoperusteinen näkökulma

Anttilan ja Jussilan (2016) mukaan tuotantoperusteinen määritelmä sanalle laatu on vaatimusten täyttämistä sekä täyttymistä. Toimintaohjeena tuotannossa on hyvä (hyväksyttävissä oleva) laatutaso tai virheettömyys (0-virhetaso) (Anttila & Jussila, 2016). Korkeat tuotantokustannukset voidaan välttää vain tekemällä kaikki työt aina kerralla oikein (Anttila & Jussila, 2016).

Lecklinin (2006) mukaan yleisesti laadulla ymmärretään asiakkaan tarpeiden täyttämistä yrityksen kannalta mahdollisimman tehokkaalla ja kannattavalla tavalla. Laadun käsitettä on entisestään laajennettu ja nykyään siihen sisällytetään myös johtaminen, strateginen suunnittelu ja organisaation kehittäminen. Sisäisten toimintojen rinnalle on tullut asiakaskeksisyys ja asiakkaiden tarpeet ovat laatu toiminnan ensisijainen perusta (Lecklin, 2006, s.17).

3.5 Laadunhallintamallit

Laadunhallintamalleja on useita erilaisia, ja ne tarjoavat eri lähestymistapoja laadun kehittämiseen. Keskeisimpiä malleja ovat: kokonaisuuslaadunhallinta (TQM), EFQM-huippuosaamismalli, ISO 9001-standardi sekä Malcolm Baldrige -kriteerit (Srdoč ym., 2006).

Edellä mainituissa malleissa korostuvat prosessien hallinta ja jatkuva parantaminen. Tekoälyä voidaan käyttää näiden mallien tukena esimerkiksi automatisoimalla laadunvalvontaa (Srdoč ym., 2011).

3.6 Tekoäly laadunhallinnassa

Valtava tieto- ja viestintäteknologioiden nousu on johtanut Teollisuus 4.0 käsitteen syntyyn. Sen myötä laadunhallinnassa on otettu termi Laatu 4.0 käyttöön ja se edustaa uudenlaista lähestymistapaa laadunhallintaan (Sader ym., 2021). Saderin ym. (2021) mukaan Laatu 4.0 tarkoittaa lähestymistapaa, jossa uusimmat teknologiat integroidaan perinteisiin laatukäytäntöihin laatuun liittyvien toimintojen parantamiseksi. Tekoäly on yksi keskeisimmistä Laatu 4.0:n mahdollistavista teknologioista, ja sen rooli laadunhallinnassa on kasvanut merkittävästi.

Nykyaikaisissa automaattisissa valmistuskoneissa laadun seuranta on integroitu osaksi tuotantolaitetta ja -prosesseja. Kun kone havaitsee tuotteessa laatu-poikkeaman, se hälyttää siitä reaaliaikaisesti. Tällaisissa järjestelmissä koneoppimista hyödynnetään poikkeamien tunnistamisessa, jonka ansiosta laadunvalvonnan tarkkuus ja tehokkuus paranevat (Ding ym., 2020).

Tällä hetkellä koneoppimista hyödynnetään laatu-poikkeamien tunnistuksessa niin palveluympäristöissä, valmistusprosesseissa kuin tuotteissakin (Hoseini ym., 2021).

Laatuteknologian näkökulmasta tekoälyn hyödyntäminen pohjautuu sen nopeaan kykyyn analysoida valtavia määriä dataa ja sitä kautta ratkaista laatuun liittyviä haasteita. Colosimo ym. (2021) tukee väitettä, jonka mukaan tekoälyn tuoma lisäarvo laadunhallinnassa perustuu dataan ja sen automaattiseen analysointiin. Sen avulla prosesseja ja tuotteita voidaan kehittää jatkuvasti.

Tekoälyä voidaan hyödyntää esimerkiksi ennakoivassa laadunvalvonnassa, automaattisessa virheetunnistuksessa ja prosessianalytiikassa. Näiden lisäksi tekoälyä hyödynnetään laadunhallinnassa vikojen etsintään (FD), käyttöiän ennustamiseen (RULP) sekä laaduntarkastukseen (QI) (Ding ym., 2020). Käytännössä tekoälyn avulla mahdollistetaan älykästä automaatiota ja data-analytiikkaa, mikä tekee laadunvalvontaprosesseista nopeampia ja tehokkaampia.

Vaikka tekoälymenetelmät ovat nykypäivänä erittäin taitavia datan analysoinnissa, tuo se mukanaan haasteita. Yhtenä haasteena pidetään tekoälymallien vaikeaa tulkittavuutta. Colosimon ym. (2021) mukaan tekoäly voi antaa mahdollisia vääriä

tulkintoja, joita on vaikea havaita sillä tulkinta voi näyttää ensisilmäyksellä oikealta. Tämän vuoksi tekoälyn hyödyntäminen laadunhallinnassa vaatii erityistä tarkkaavaisuutta, laadukasta dataa ja asiantuntijoiden tekemää arviota. Oikealla tavalla hyödynnettynä tekoäly tarjoaa merkittävää etua laadun kehitykseen sekä tuotantoprosessien kehittämiseen.

3.7 Tulevaisuuden näkymät laadunhallinnassa

Vaikka haasteita on, tekoälyn tulevaisuus osana laadunhallintaa näyttää valoisalta. Kirjallisuuden mukaan täysin automaattiset tekoälyalgoritmit teollisten prosessien seurantaan, hallintaan ja optimointiin ovat tarpeettomia, sillä ne voivat olla jopa riskialttiita (Colosimo ym., 2021). Riski piilee siinä, että tekoälyn polttoaineena on data, jonka laatu on suoraan yhteydessä järjestelmän luotettavuuteen (Colosimo ym., 2021).

Tämän vuoksi tekoälyn rooli laadunhallinnassa ei tarvitsisi olla itsenäinen, vaan enemmänkin päätöksenteon tukena. Tekoäly pystyisi auttamaan ihmisiä parempien päätösten teossa tarjoamalla syvempää ymmärrystä prosesseista ja datasta (Colosimo ym., 2021). Kehittyneet tekoälymenetelmät sopivat perinteisempiä SPC-työkaluja paremmin datan analysointiin, mutta niiden mukaanaan tulee uudenlaisia haasteita kuten tekoälymallien vaikea tulkittavuus (Colosimo ym., 2021).

Toinen merkittävä haaste liittyy implementoituihin tekoälymalleihin. Tekoälymalli ei toimi oikein, jos implementoinnissa menee jokin pieleen. Tämän vuoksi mallin toimintakyvyn ja läpinäkyvyyden seuranta pidetään tärkeänä kehitysalueena (Colosimo ym., 2021).

Haasteista huolimatta kokonaisvaltainen laadunhallinta ei tule häviämään tulevaisuudessa, vaan nimenomaan laatu tulee pysymään yrityksen menestystekijänä (Lecklin, 2006 s.21).

4 Tekoälyn mahdollisuudet laadunhallinnassa

Dingin ym. (2020) mukaan teollisessa valmistuksessa turvallisuutta ja kestävyyttä pidetään kriittisimpinä tekijöinä. Tekoälyn sekä edistyneiden valmistustekniikoiden integrointi tarjoaa ratkaisun tuotteiden laadun ja tehokkuuden parantamiseen sekä yrityksen palvelutason nostamiseen ja energiakulutuksen minimoimiseen (Ding ym., 2020).

4.1 Ennustaminen ja optimointi

Dingin ym. (2020) mukaan ennustaminen on keskeisessä roolissa teollisen tuotannon tehostamisessa. Ennustusmenetelmiä käytetään paljon ennakoivassa kunnossapidossa, kysynnän ja laadun ennustamisessa, jotka ovat suoraan yhteydessä tehokkuuteen sekä laadun ja turvallisuuden parantumiseen (Ding ym., 2020).

Ennakoivaa kunnossapitoa pidetään tärkeänä osana teollisuuslaitteiden kunnossapitoa, sillä se vähentää tehokkaasti kunnossapitokustannuksia ja seisokkeja sekä parantaa tuottavuutta (Ding ym., 2020).

Ani ym. (2024) toteavat ennakoivan kunnossapidon olevan modernin valmistuksen kulmakivi, sillä se optimoi laitteiden luotettavuutta sekä suorituskykyä hyödyntäen laitehistoriaa ja ympäristötekijöitä ennustaakseen mahdollisten vikojen syntymisen. Tätä tapaa käytetään muun muassa autoteollisuudessa komponenttivikojen ennustuksessa (Ani ym., 2024).

4.2 Tarkkuuden paraneminen ja virheiden ennustaminen

Yksi keskeisimpiä tekoälyn tuomia hyötyjä laadunhallintaan on virheiden tunnistaminen ja ennustamisen paraneminen. Tercan ja Meisen (2022) tuovat esiin, että koneoppimiseen perustuvat menetelmät mahdollistavat laadun ennustamisen

prosessidatan avulla. Tämä on suuri muutos perinteisenä pidettyyn laadunhallintaan verrattuna.

Samanlaisia tuloksia sai Msakni ym. (2023), jotka tutkivat autoteollisuuden puskuripoikkeamia mittausdatan perusteella. Myös Matamoros ym. (2025) toteavat tekoälyn parantavan merkittävästi vikojen tunnistamisen tarkkuutta autoteollisuudessa ja sitä kautta vähentäen materiaalihävikkiä. Green ym. (2020) puolestaan havaitsi, että tekoälyn hyödyntäminen paransi lopputuotteen laadun mittaamisen tarkkuutta merkittävästi.

Yhdessä nämä tutkimustulokset viittaavat siihen, että tekoäly ei ainoastaan tunnista vikoja, vaan ennakoii ja ehkäisee niiden syntyä (Matamoros ym., 2025; Tercan & Meisen, 2022).

4.3 Reaaliaikainen päätöksenteko ja prosessien optimointi

Toinen tekoälyn tuoma hyöty laadunhallintaan on reaaliaikaisen päätöksenteon mahdollistaminen. Armutcun ym. (2025) mukaan tekoälyn avulla pk-yritykset onnistuvat reagoimaan nopeammin laatupoikkeamiin, sillä päätökset voidaan tehdä datan pohjalta nopeasti. Tämä nopeuttaa prosesseja merkittävästi, sillä ongelmia voidaan havaita reaaliaikaisesti kesken tuotantoa, eikä vasta sen jälkeen. Koneoppimiseen perustuva analytiikka antaa olennaista tietoa päätöksentekoon, edistäen kilpailuetua (Ani ym., 2024).

Prosessien optimoinnin tarkoitus on maksimoida tehokkuus sekä vähentää hävikin määrää säätämällä tuotantoparametreja lämpötilan, paineen sekä nopeuden avulla (Ani ym., 2024). Siihen kuuluu pullonkaulojen tunnistaminen ja toiminnan muuttaminen tehokkaaksi ilman seisokkeja.

Prosessiparametrien optimointi tekoälyalgoritmien avulla on vaikuttava tekijä teollisten prosessien laadun ja tehokkuuden parantamiseksi reaaliaikaisesti (Ding ym., 2020).

Päätöksenteossa huomioidaan reaaliaikaiset markkinatiedot, tuotanto-olosuhteet, toimintaindeksit, joiden avulla tekoäly tunnistaa tuotantodatasta piileviä malleja ja ohjaa prosesseja tehokkaammiksi (Ding ym., 2020).

4.4 Nollavirhe-valmistus

Reaaliaikaisen päätöksenteon rinnalla, tekoälyn uusi kehityssuunta on niin sanottu nollavirhe-valmistus. Leberuierin ym. (2023) mukaan ZDM-konsepti tekoälyn kanssa yhdistettynä, on tulevaisuuden mullistava teknologia, jonka uskotaan avaavan uudenlaisia mahdollisuuksia laadunhallinnan parantamiseen. ZDM on nollavirhevalmistusmalli, joka on kehitteillä parantamaan laadunhallinnan malleja (Leberuier ym., 2023).

Tuotantojärjestelmistä kerättyjen tietojen perusteella tekoälyratkaisut havaitsivat reaaliaikaisia tapahtumia ja tekivät optimaalisia päätöksiä tuotantojärjestelmien tietojen pohjalta, minkä uskotaan ylittävän ihmisen suorituskyvyn rutiinitehtävissä (Leberuier ym., 2023). Tämä tukee kirjallisuudessa esiin nousevaa näkemystä tekoälyn potentiaalista virheiden ja hävikin minimoimisessa. Tulokset perustuvat teollisuuden tapaustutkimukseen, jossa tekoälyn käyttö hitsauslaadun tarkastuksissa vähensi virheiden määrää merkittävästi (Leberuier ym., 2023).

4.5 Kustannussäästöt ja kilpailukyky

Tekoälyn käyttöönotto laadunhallinnassa tuo merkittäviä kustannussäästöjä. Armutcun ym. (2025) mukaan tekoälyn perustuva automatisointi ja vikojen tunnistaminen auttavat hävikin minimoinnissa sekä parantaa tuotannon tarkkuutta. Matamorosin ym. (2025) mukaan tekoäly vähentää myös autoteollisuudessa materiaalihukkaa ja parantaa tuotannon johdonmukaisuutta. Vastaavia tuloksia on saatu myös pk-yritysten osalta (Ren ym., 2026).

Nämä vaikutukset ovat suoraan yhteydessä kustannuksiin: virheiden määrän väheneminen ja kustannussäästöjen kasvu vahvistavat samalla yrityksen kilpailukykyä.

5 Tekoälyn haasteet ja riskit laadunhallinnassa

Tekoälyn käyttöönottoon liittyy useita haasteita kuten yksityisyydensuojaan ja tietoturvaan liittyviä riskejä sekä epävarmuutta datan laadusta (Ani ym., 2024).

Tutkimukset ovat osoittaneet, että organisaatiot kohtaavat merkittäviä ongelmia, kun tekoälyn vaikutuksiin liittyvä strategia puuttuu. Tämä voi johtaa kriittisiin liiketoimintalueiden laiminlyöntiin ja sivuuttaa ihmistyövoiman huolenaiheet (Sun & Medaglia, 2019).

5.1 Dataan liittyvät haasteet

Datan laatu ja saatavuus nousevat keskeiseksi ongelmaksi kun tarkastellaan tekoälyn käyttöönottoa laadunhallinnassa. Suurin haaste ei ole teknologiassa vaan datan riittävydessä ja laadussa (Tercan & Meisen, 2022). Sama haaste nousee esiin Msaknin ym. (2023) tutkimuksessa, jossa koneoppimismallien ennustus on puutteellista tietyissä tilanteissa, sillä tuotantoprosessien muutokset eivät ollut tallennettu eikä sen vuoksi käytettävissä. Myöskin Leberruyer ym. (2023) tutkimuksessa törmätään samaan datan puutteellisuuteen sekä datan määrän vähyyteen.

Datan laadun ohella myös sen rakenne aiheuttaa haasteita. Ongelma johtuu siitä, että vain pieni osa toimintadatasta koskee koneiden vikoja (Ding ym., 2020).

Dingin ym. (2020) mukaan reaaliaikainen tietojenkäsittely on haastavaa suurimmalle osalle koneoppimismenetelmistä. Huomioitavaa on se, jos epävarmuustekijöitä ei oteta huomioon, koneoppimistekniikoiden kestävyys ja yleistettävyys heikkenevät merkittävästi (Ding ym., 2020).

Näiden tuloksien perusteella voidaan sanoa, että datan laatu ja saatavuus aiheuttavat pullonkaulan tekoälyn hyödyntämiselle laadunhallinnassa. Ilman riittävän tarkkaa dataa, tulokset ovat epäluotettavia.

5.2 Teknologiset haasteet

Teknologiset haasteet ovat merkittäviä, sillä Dingin ym. (2020) mukaan CPS-älykkään valmistuksen prosesseissa lopputuotteen laadun epävarmuustekijät voivat johtua useista vaiheista esimerkiksi valmistusprosessien syöttöepävarmuudesta tai mallinnusvirheistä, ympäristöön liittyvistä epävarmuustekijöistä ja verkkojärjestelmän resurssien ja viestinnän epävarmuustekijät.

Colosimon ym. (2021) mukaan viimeaikaisemmat ongelmat prosessien seurannassa liittyvät datan korkeaan ulottuvuuteen, tietovirtojen monimutkaisuuteen. Perinteiset SPC-työkalut eivät pysty vastaamaan näihin uusiin haasteisiin.

5.3 Selitettävyyden ja läpinäkyvyyden ongelmat

Niin sanottua mustaa laatikkoa pidetään yhtenä merkittävänä haasteena tekoälyn hyödyntämisen kannalta. Useimmat koneoppimismenetelmät kouluttavat malleja ilman alan tuntemusta ja asiantuntijoiden kokemusta, jolloin oppimisprosessi ei ole läpinäkyvä (Ding ym., 2020). Mustan laatikon mallia kuvataan syöte-tuotos-suhteita valmistusprosessien aikana kerättyjen tietojen avulla (Ding ym., 2020). Teollisuudessa, jossa mallin luotettavuus on ratkaisevan tärkeää päätöksentekijöille, tekoälyalustojen laaja käyttöönotto voidaan pitää epäluotettavana ilman mallin tulkittavuutta (Ding ym., 2020).

Monet kone- ja syväoppimismenetelmät toimivat black box -malleina, jolloin niiden päätöksentekoa on vaikea tulkita ja siten luottamus järjestelmiin heikentyy (Colosimo ym., 2021). Ongelmaa pyritään ratkomaan selitettävän tekoälyratkaisun XAI-ratkaisujen avulla, joissa tulokset sekä parametrit ovat helpommin selitettävissä ja jäljitettävissä, mikä lisää läpinäkyvyyttä (Colosimo ym., 2021).

5.4 Eettiset ja sääntelyyn liittyvät kysymykset

Tutkijat ovat paljon pohtineet tekoälyn eettisiä kysymyksiä, koska tekoälyteknologiat pystyvät muuttamaan prosesseja perusteellisesti (Ani ym., 2024). Organisaatiot voivat osoittaa luottamuksen puutetta tekoälyjärjestelmien eettisistä ulottuvuuksista ja niiden käsittelemästä tiedosta (Sun & Medaglia, 2019). Keskeisiä huolenaiheita ovat algoritmien puolueellisuus, vastuullisuus ja läpinäkyvyys, tietosuoja ja työpaikkojen menetykset (Ani ym., 2024). Khanna ja Srivastava (2020) toteavat, että eettisten ohjeiden saatavuus algoritmien puolueellisuuden ehkäisemiseksi voisi vähentää syrjintää tekoälypohjaisissa järjestelmissä. Cebulla ym. (2023) puolestaan korostavat, että valmistajilla on viime kädessä eettinen vastuu työntekijöiden turvallisuudesta, arvokkuudesta ja työpaikan varmuudesta.

Sääntelyyn liittyvät vaatimukset tuo lisähaasteita tekoälyn käyttöönotolle. Valmistajien on noudatettava sääntelyvaatimuksia ja alan standardeja varmistaakseen tekoälyteknologioiden eettisen ja vastuullisen käytön. Näihin lukeutuu esimerkiksi yleinen tietosuoja-asetus GDPR (Ani ym., 2024).

Huomioitavaa on myös se, että valmistukseen liittyvät eettiset ja sääntelyyn liittyvät vaatimukset vaihtelevat maittain, mikä lisää eroja oikeudellisten, kulttuuristen ja sosioekonomisten olosuhteiden kannalta (Ani ym., 2024). Tämän vuoksi kansainvälinen yhteistyö ja koordinointi ovat erittäin tärkeitä sääntelykehityksen yhdenmukaistamiseksi, tiedon jakamisen edistämiseksi, tekoälyn etiikan ja hallintoon liittyvien globaalien haasteiden ratkaisemiseksi (Ani ym., 2024).

5.5 Organisatoriset ja osaamiseen liittyvät haasteet

Tekoälypohjaisen automaation hyödyntäminen aiheuttaa haasteita organisaation johtajille. Vaikka tekoälypohjaiset automaatioteknologiat pystyvät analysoimaan ison määrän dataa, parantamaan suoritustapaa ja auttamaan päätösten tekemisessä, ne tuottavat lisäarvoa organisaatiolle silloin kun niitä hyödynnetään oikein (Tarafdar, Beath & Ross,

2017). Colosimo ym. (2021) täydentävät väitettä, jonka mukaan jopa parhaimmalla tavalla tehty tekoälyjärjestelmä ei välttämättä toimi käytännössä odotetulla tavalla ja siksi sen seuranta on erityisen tärkeää. Colosimo ym. (2021) huomauttavat, että etenkin teollisuudessa huomio painottuu yleensä uusien automatisoitujen menetelmien kehittämiseen eikä tekoälymallien käyttöönoton seurantaan.

Osaamisvaje muodostaa toisen organisatorisen haasteen. Uudet teknologiat tuovat mukanaan paljon positiivisia vaikutuksia ja mahdollisuuksia kasvuun mutta ne tuovat myös mukanaan haasteita, joihin on vastattava. Erityisesti olisi tarve osaaville ammattilaisille, jotka pystyvät hyödyntämään ja hallinnoimaan teknologioita tehokkaasti (Ani ym., 2024). Stanton ym. (2019) tutkimuksen mukaan data-analytiikan, kyberturvallisuuden ja digitaalisten valmistustekniikoiden osaajille on valtavaa kysyntää. Kyberturvallisuusuhat tuovat suuren riskin uusien teknologioiden käyttöönotolle valmistusteollisuudessa, mikä korostaa kyberturvallisuustoimenpiteiden tärkeyttä (Ani ym., 2024).

Kirjallisuuden perusteella voidaan sanoa, että tekoälyn hyödyntäminen laadunhallinnassa vaikuttaa lupaavalta, mutta aiheesta tarvitaan lisää tutkimusta. Erityisesti tekoälyn integroinnin hyötyjen ja haasteiden syvällisempään ymmärtämiseen tarvittaisiin lisätutkimusta (Armutcu ym., 2025).

6 Mahdollisuuksien ja uhkien vertailu

Tutkimuskirjallisuuden pohjalta voidaan todeta, että tekoälyn hyödyt ja haasteet laadunhallinnassa ovat tiiviisti yhteydessä toisiinsa. Teollisissa tuotantoprosesseissa tekoäly kykenee nopeuttamaan toimintoja tunnistamalla poikkeamia laadussa tehokkaammin kuin manuaalinen tunnistaminen, mikä vähentää virheellisten tuotteiden tuomia kustannuksia (Tercan & Meisen, 2022; Matamoros ym., 2025). Samalla tekoäly voi tehdä virheellisiä tulkintoja ja johtaa väärin johtopäätöksiin, ja sitä kautta aiheuttaa suuriakin kustannuksia yritykselle. Riski on suurin erityisesti silloin kun data on puutteellista ja epätarkkaa (Ding ym., 2020).

Tekoälyn hyödyntämiseen liittyvät riskit ovat pääosin hallittavissa, mutta edellyttävät tarkkaavaisuutta datan laadun varmistamisella, selkeää vastuunjakoja sekä hallintaa (Colosimo ym., 2021). Lisäksi ennen tekoälyn käyttöönottoa organisaatiot voivat luoda toimivia prosesseja juuri heille sopivaksi ja testata prosessien toimimista. Tämä lisääisi luotettavuutta.

Tyypillinen haaste, johon ollaan törmätty älykkäissä tehtaissa on datan epätasapaino. Vikadataa on lähtökohtaisesti vähemmän kuin normaalidataa, jonka seurauksena perinteiset poiminta- ja valintamallit eivät sovellu epätasapainoisiin tietoihin (Ani ym., 2024).

Jos organisaatiolla on riittävästi resursseja seurata tekoälyn tuotoksia sekä laadukas datanhallinta, hyödyt mahdollisesti voittavat riskit -erityisesti silloin kun tekoälyä pidetään työvälineenä ihmisen rinnalla eikä sen korvaajana (Colosimo ym., 2021). Ihmisen jatkuva valvonta vähentäisi tekoälyn käytön riskejä. Erittäin tärkeää on yhdistää työntekijöiden koulutus toimimaan tekoälyn kanssa, sillä ilman riittävää tietotaitoa kaikki potentiaali ei tule käyttöön (Ani ym., 2024).

Strategisesta näkökulmasta katsottuna tekoäly voi olla huima kilpailuetu jos sitä käytetään oikein ja oikeissa paikoissa. Tekoälyn käyttöönotto voi muokata organisaatioiden strategisia valintoja ja saada aikaan muutosta niin osaamisessa kuin infrastruktuurissa (Armutcu ym., 2025).

Laadunhallinnan periaatteet rajoittavat tekoälyn käyttöä, sillä perinteisen laadunhallinnan periaatteet eivät aina sovi tekoälyjärjestelmien kanssa yhteen. Tilastollinen prosessinohjaus (SPC) perustuu selkeisiin sääntöihin, kun taas monet tekoälyjärjestelmät toimivat black box -järjestelminä, jonka vuoksi niiden selitettävyyden on haastavaa (Colosimo ym., 2021). Tämä voi aiheuttaa vaikeuksia käyttää tekoälyä laadunhallinnassa, jossa perusteltavuus ja päätösten läpinäkyvyys ovat tärkeitä.

Tekoäly ei sovellu kaikkiin laadunhallinnan tilanteisiin. Etenkin silloin kun dataa on liian vähän tai sen tulkittavuus on haastavaa, tekoälyn hyödyntäminen voi olla turhaa ja jopa haitallistakin. Lisäksi tilanteissa, joissa tarvitaan eettistä harkintaa tekoälyn käytöstä ei ole välttämättä hyötyä. Soveltuvuus vaihtelee myös toimialoittain esimerkiksi monet palvelualat, joissa prosessit ovat muuttuvia, tekoälyn hyödyntäminen ei oikein sovellu. Sen sijaan suurille teollisuusaloille tekoäly sopii paremmin, sillä toiminta on usein automatisoitua sekä käytettävissä on suuria määriä dataa. Tällaisia aloja ovat muun muassa autoteollisuus ja valmistusteollisuus, joissa tämän katsauksen tutkimukset osoittavat hyötyjä (Tercan & Meisen, 2022; Msakni ym., 2023; Matamoros ym., 2025).

Perinteinen tietokonepohjainen laadunarviointi ei anna tarpeeksi syvällistä tietoa, minkä vuoksi se ei ole niin luotettava laadunhallinnassa elintarviketeollisuudessa (Ren ym., 2025). Kuitenkin yhdistettynä tekoälypohjaisiin järjestelmiin 3D-datapohjainen hallinta antaa mahdollisuuden parempaan laadunhallintaan. Juuri elintarviketeollisuudessa tällainen uusi tekniikka on hyvin potentiaalinen, sillä se korvaisi kalliit 3D-pohjaiset laitteet ja mahdollistaisi muun muassa tuotteen ulkonäön laadun tai tilavuusominaisuuksien laadun seurannan (Ren ym., 2025). Tekoälypohjainen 3D-rekonstruktio on vielä vaiheessa mutta se on osoittautunut lupaavaksi.

Tekoälyn sekä edistyneimpien teknologioiden integrointi tarjoaa kattavan ratkaisun tuotteiden laadun ja tehokkuuden parantamiseen sekä energiankulutuksen vähentämiseen (Ani ym., 2024).

7 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella tekoälyn mahdollisuuksia ja uhkia laadunhallinnan näkökulmasta erityisesti teollisessa ympäristössä. Kirjallisuuden perusteella voidaan sanoa, että tekoäly tarjoaa laajasti mahdollisuuksia laadunhallinnassa, mutta sen hyödyntäminen edellyttää erilaisia toimenpiteitä tekoälyn käyttöönottoa varten.

7.1 Keskeiset havainnot

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen – millaisia mahdollisuuksia tekoälyn hyödyntäminen tuo laadunhallintaan – voidaan todeta, että tekoäly tarjoaa merkittävää etua erityisesti laatu poikkeamien tunnistamiseen, prosessien optimointiin sekä ennakoivaan laadunvalvontaan (Ding ym., 2020; Matamoros ym., 2025). Tekoälyn ja laadunhallinnan yhdistäminen on ajankohtaista, sillä organisaatioilla on yhä enemmän suuria datamääriä käytössä. Perinteisten menetelmien mukaan datan tulkittavuus on hidasta, kun taas tekoäly tulkitsee dataa erittäin nopeasti (Colosimo ym., 2021). Tämä parantaa kilpailukykyä ja toiminnan tehokkuutta (Ani ym., 2024).

Toisen tutkimuskysymyksen osalta – millaisissa tilanteissa tekoäly soveltuu laadunhallintaan teollisuudessa – voidaan sanoa, että se soveltuu parhaiten ympäristöihin, joissa prosessit ovat pitkälle automatisoituja ja käytettävissä on suuria määriä dataa (Ding ym., 2020). Tällaisia aloja ovat muun muassa autoteollisuus ja valmistava teollisuus, joissa tekoälyä voidaan hyödyntää laadunvalvonnassa sekä prosessien optimoinnissa (Tercan & Meisen, 2022; Msakni ym., 2023; Matamoros ym., 2025).

Kolmanteen tutkimuskysymykseen – minkälaisia haasteita liittyy tekoälyn käyttöönottoon laadunhallinnan näkökulmasta – voidaan todeta, että suurimmat haasteet liittyvät tekoälyjärjestelmien läpinäkyvyyteen, luottamuksen puutteeseen sekä

datan laatuun ja saatavuuteen (Colosimo ym., 2021; Ding ym., 2020). Lisäksi tekoälyn käyttöönotto edellyttää suurta investointia, teknologista osaamista sekä muutoksia organisaation toimintatapoihin (Ani ym., 2024).

Kirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että tekoälyn hyödyntäminen laadunhallinnassa vaikuttaa lupaavalta, mutta aiheesta tarvitaan lisää tutkimusta. Erityisesti tekoälyn integroinnin hyötyjen ja haasteiden syvällisempään ymmärtämiseen tarvittaisiin lisätutkimusta (Armutcu ym., 2025). Kokonaisuudessaan voidaan todeta, että tekoäly tuo merkittäviä hyötyjä laadunhallinnan kehittämiseen, edellyttäen suurta määrää laadukasta dataa sekä osaavaa henkilökuntaa. Kirjallisuuden mukaan parhaimman tuloksen saavuttaakseen tekoälyä käytetään työvälineenä ihmisen rinnalla. Teknologian kehittyessä tekoälyä tullaan varmasti näkemään laadunhallinnassa yhä enemmän tulevaisuudessa.

7.2 Tutkimuksen rajoitteet

Tutkimukseen sisältyy rajoitteita, joiden huomioiminen on tarpeellista. Tutkimus perustuu kirjallisuuteen ja moniin eri lähteisiin aiheesta vuosilta 2010 eteenpäin. Uusimmat lähteet ovat vuodelta 2026. Tutkimus ei välttämättä huomioi jokaista ajankohtaista muutosta tai uusimpia kehitysaskelaita. Sen lisäksi tekoäly on ilmiönä nopeasti kehittyvä ja tutkimustulokset saattavat vanhentua nopeallakin aikataululla.

7.3 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkotutkimusehdotuksena voisi olla tarpeen perehtyä toimialakohtaisiin eroihin tekoälyn käytössä, kuten terveydenhuollossa tai palvelualalla. Tämä voisi luoda ymmärrystä siitä, minkälaisessa käytössä tekoäly tuottaa suurimmat hyödyt ja haasteet. Myös ihmisen ja tekoälyn yhteistyöhön laadunhallinnan näkökulmasta olisi aihe, johon jatkotutkimus voisi keskittyä.

Lähteet

- Ani, O. (2024). *Advanced manufacturing with machine learning: enhancing predictive maintenance, quality control, and process optimization*. Rafidain Journal of Engineering Sciences. <https://doi.org/10.61268/6mvqve13>
- Anttila, J., & Jussila, K. (2016). *Mitä laatu on?* SFS Suomen Standardit. <https://sfs.fi/mita-laatu-on/>. Noudettu osoitteesta 20.4.2026
- Armutcu, B., Majeed, M. U., Hussain, Z., & Aslam, S. (2025). *The impact of digital voice of customer and product lifecycle management on Quality 4.0: moderating role of AI in SMEs*. Journal of Manufacturing Technology Management. <https://doi.org/10.1108/JMTM-12-2024-0660>
- Cebulla, A., Szpak, Z., Howell, C., Knight, G., & Hussain, S. (2023). *Applying ethics to AI in the workplace: the design of a scorecard for Australian workplace health and safety*. AI & Society. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01460-9>
- Colosimo, B. M., del Castillo, E., Jones-Farmer, L. A., & Paynabar, K. (2021). *Artificial intelligence and statistics for quality technology: an introduction to the special issue*. Journal of Quality Technology. <https://doi.org/10.1080/00224065.2021.1987806>
- Ding, H., Gao, R. X., Isaksson, A. J., Landers, R. G., Parisini, T., & Yuan, Y. (2020). *State of AI-based monitoring in smart manufacturing and introduction to focused section*. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. <https://doi.org/10.1109/TMECH.2020.3022983>
- Green, W. R., & Gasparin, M. (2020). *Mobile market research applications as a new voice of customer method: implications for innovation and design management*. Research-Technology Management. <https://doi.org/10.1080/08956308.2020.1686297>
- Hoseini, C., Badar, M. A., Shahhosseini, A. M., & Kluse, C. J. (2021). *A review of machine learning methods applicable to quality issues*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. <https://doi.org/10.46254/AN11.20210250>

- Khanna, S., & Srivastava, S. (2020). *Patient-centric ethical frameworks for privacy, transparency, and bias awareness in deep learning-based medical systems*. Applied Research in Artificial Intelligence and Cloud Computing. <https://researchberg.com/index.php/araic/article/view/165>
- Kohavi, R., & Provost, F. (1998). *Glossary of terms*. Machine Learning. <https://doi.org/10.1023/A:1017181826899>
- Lecklin, O. (2006). *Laatu yrityksen menestystekijänä*. Talentum.
- Lee, M. C. M., Scheepers, H., Lui, A. K. H., & Ngai, E. W. T. (2023). *The implementation of artificial intelligence in organizations: A systematic literature review*. Information and Management. <https://doi.org/10.1016/j.im.2023.103816>
- Leberruyer, N., Bruch, J., Ahlskog, M., & Afshar, S. (2023). *Toward zero defect manufacturing with the support of artificial intelligence—Insights from an industrial application*. Computers in Industry. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103877>
- Loureiro, S. M. C., Guerreiro, J., & Tussyadiah, I. (2021). *Artificial intelligence in business: State of the art and future research agenda*. Journal of Business Research. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.11.001>
- Matamoros, O. M., Nava, J. G. T., Escobar, J. J. M., & Chavez, B. A. C. (2025). *Artificial intelligence for quality defects in the automotive industry: A systematic review*. Sensors. <https://doi.org/10.3390/s25051288>
- Msakni, M. K., Risan, A., & Schütz, P. (2023). *Using machine learning prediction models for quality control: a case study from the automotive industry*. Computational Management Science. <https://doi.org/10.1007/s10287-023-00448-0>
- Müller, V. C., & Bostrom, N. (2016). *Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion*. Teoksessa V. C. Müller (toim.), Fundamental Issues of Artificial Intelligence. Synthese Library. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-26485-1_33
- Pietikäinen, M., & Silvén, O. (2021). *Tekoälyn haasteet: koneoppimisesta ja konenäöstä tunnetekoälyyn*. Oulun yliopisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:oulu-202206142823>
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Komkowsky, T., & Tortorella, G. L. (2023). *Integration of Industry 4.0 technologies into Lean Six Sigma DMAIC*:

- a systematic review*. Production Planning & Control. <https://doi.org/10.1080/09537287.2023.2188496>
- Ren, Y., Lei, T., Meng, W., Sun, D.-W., & Argyropoulos, D. (2026). *Advancing digital depth: AI-enhanced 3D reconstruction for post-harvest food supply chain quality management*. *Postharvest Biology and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2026.114329>
- Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial intelligence: A modern approach*. (3rd.). Pearson.
- Sader, S., Husti, I., & Daroczi, M. (2021). *A review of quality 4.0: definitions, features, technologies, applications, and challenges*. *Total Quality Management & Business Excellence*. <https://doi.org/10.1080/14783363.2021.1944082>
- Salminen, A. (2011). *Mikä kirjallisuuskatsaus?: johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin*. Vaasan yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-476-349-3>
- SFS Suomen Standardit ry. (n.d.-a). *ISO 9001 laadunhallinta*. Noudettu osoitteesta 14.4.2026. <https://sfs.fi/standardeista/tutustu-standardeihin/suosittu-standardit/iso-9001-laadunhallinta/>
- SFS Suomen Standardit ry. (n.d.-b). *Laadunhallinnan periaatteet*. Noudettu osoitteesta 14.4.2026. <https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/aihealueet/johtaminen/laadunhallinnan-periaatteet/>
- Srdoč, A., Bratko, I., & Sluga, A. (2011). *A quality management model based on databases and knowledge*. *Strojarstvo*. <https://hrcak.srce.hr/76184>
- Srdoč, A., Bratko, I., & Sluga, A. (2006). *Machine learning applied to quality management—A study in ship repair domain*. *Computers in Industry*. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2006.09.013>
- Stanton, A. D. A., & Stanton, W. W. (2019). *Closing the skills gap: Finding skilled analytics professionals for a dynamically changing data-driven environment*. *Applied Marketing Analytics*. <https://doi.org/10.69554/TZUY4527>
- Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). *Mapping the challenges of artificial intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare*. *Government Information Quarterly*. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.09.008>

- Tarafdar, M., Beath, C. M., & Ross, J. W. (2017). *Enterprise cognitive computing applications: Opportunities and challenges*. IT Professional. <https://doi.org/10.1109/MITP.2017.3051321>
- Tercan, H., & Meisen, T. (2022). *Machine learning and deep learning based predictive quality in manufacturing: a systematic review*. Journal of Intelligent Manufacturing. <https://doi.org/10.1007/s10845-022-01963-8>

Liitteet

Liite 1. Tekoälyn käyttö tutkielmassa

Tutkielmassa on hyödynnetty OpenAI:n ChatGPT- 5.5-mallia tekstin jäsentelyyn, kielelliseen tarkistukseen ja rakenteen selkeyttämiseen. Tekoälyn käyttöön liittyvät riskit on huomioitu, ja vastuu tutkielman sisällöstä on tutkielman tekijällä.