



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Suonvieri Alisa Johanna

Tekoälyn hyödyntäminen merituulivoimahankkeiden projektinhallinnassa

Tekniikan ja innovaatiojohtami-
sen akateeminen yksikkö
Kandidaatintutkielma
Tuotantotalous

Vaasa 2025

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö**

Tekijä:	Suonvieri Alisa Johanna		
Tutkielman nimi:	Tekoälyn hyödyntäminen merituulivoimahankkeiden projektinhallinnassa		
Tutkinto:	Tekniikan kandidaatti		
Oppiaine:	Tuotantotalous		
Työn ohjaaja:	Tauno Kekäle		
Valmistumisvuosi:	2025	Sivumäärä:	33

TIIVISTELMÄ:

Tutkielma käsittelee tekoälyn hyödyntämistä merituulivoimahankkeiden projektinhallinnassa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten tekoäly voi parantaa tai tehostaa projektinhallintaa merituulivoimahankkeissa ja vähentää riskejä. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena.

Merituulivoimahankkeisiin kuuluu monia, pitkäkestoisia vaiheita, kuten suunnittelu- ja toteutusvaiheet. Suunnitteluvaihe toimii pohjana koko projektille, joten sen onnistuminen on elintärkeää. Merituulivoimahankkeet ovat kokoluokaltaan suuria ja niiden onnistumiseksi vaaditaan tarkkaa viestintää sidosryhmien välillä hankkeen edetessä. On tärkeää ottaa myös huomioon projektin riskit ja haasteet.

Tekoälyyn kuuluu monia eri osa-alueita, joita ovat kone- ja syväoppiminen, neuroverkko, tietokonenäkö ja luonnollisen kielen käsittely. Koneoppiminen luo ohjelman, joka löytää oikeat ratkaisut ja ennusteet algoritmien ja datan perusteella. Syväoppiminen käsittelee sille annetun datan, jonka avulla koneoppiminen tekee ennusteita. Tekoälyn eettiset kysymykset, laatu ja sen ymmärrettävyys tuovat haasteita tekoälyn käytölle.

Merituulivoima on tärkeä uusiutuvan energian lähde, jonka prosesseja halutaan optimoida ja ennustaa. Tulevaisuuden näkymät tekoälyn käytölle merituulivoimassa ovat lupaavia. Tekoälyllä on suuren datan perusteella kyky ennustaa sääolosuhteita ja optimoida voimaloiden tehokas energiantuotanto esimerkiksi käyttämällä kone- ja syväoppimista. Tutkielman perusteella voidaan todeta, että tekoälyn avulla voidaan tehostaa energiantuotantoa, vähentää seisokkiaikoja sekä tarjota työkaluja riskienhallintaan.

AVAINSANAT: merituulivoima, tekoäly, projektinhallinta, koneoppiminen, syväoppiminen, riskienhallinta

Sisällys

1	Johdanto	5
2	Merituulivoimahankkeiden projektinhallinta	7
2.1	Merituulivoimahankkeiden erityispiirteet	7
2.2	Projektinhallinnan keskeiset vaiheet	8
2.2.1	Suunnitteluvaihe	9
2.2.2	Toteutusvaihe	9
2.2.3	Projektin päättäminen	10
2.3	Haasteet ja riskienhallinta	11
3	Tekoälyn rooli ja sovellukset projektinhallinnassa	12
3.1	Tekoälyn määritelmä ja sovellukset	12
3.2	Tekoälyn osa-alueita	13
3.2.1	Koneoppiminen (ML)	13
3.2.2	Syväoppiminen (DL)	15
3.2.3	Neuroverkko	16
3.2.4	Tietokonenäkö (CV)	17
3.2.5	Luonnollisen kielen käsittely (NLP)	18
3.3	Tekoälyn ominaisuudet	19
3.4	Eettisyys ja moraali	20
3.5	Tekoälyn haasteet ja rajoitteet	21
4	Tekoäly merituulivoimahankkeissa	23
4.1	Tuuliolosuhteiden ennustaminen ja tehon optimointi tekoälyllä	23
4.2	Tekoälyn käyttö riskienhallinnassa ja päätöksenteossa	24
4.3	Alan nykytila ja tulevaisuuden näkymät	25
5	Pohdintaa	27
6	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

Kuvat

Kuva 1. Projektinhallinnan elinkaari (Guru99, 2024).	9
Kuva 2. Tekoälyn osa-alueet (Srinivasaiah, 2024).	13
Kuva 3 Koneoppimisprosessi (SAP, n.d.).	15
Kuva 4 Erot tekoälyn, koneoppimisen ja syväoppimisen välillä (Numminen, 2023).	16
Kuva 5 Neuroverkon kerrokset (Numminen, 2023).	17
Kuva 6 Ihmisen näkö verrattuna tietokonenäköön (Rojewska, 2024).	18
Kuva 7 NLP:n osa-alueet (Ailisto, 2018, s. 9)	19
Kuva 8 Tekoälyn ominaisuudet ja kehityksessä huomioon otettavat asiat (Valtioneuvosto, 2018, s. 39)	20

Lyhenteet

YVA	Ympäristövaikutustenarviointi
ML	Koneoppiminen (machine learning)
DL	Syväoppiminen (deep learning)
CV	Tietokonenäkö (computer vision)
NLP	Luonnollisen kielen käsittely (natural language processing)
AI	Tekoäly (artificial intelligence)
AGI	Yleinen tekoäly (artificial general intelligence)
PERS	Suositusjärjestelmä (proposed enhanced recommendation system)
WSPM	Tuulen nopeuden ennustusmoduuli (wind speed prediction module)
WSPC	Tuulen nopeuden ja energiankulutuksen laskentamoduuli (wind speed vs. power consumption calculation)
RM	Suositusmoduuli (recommendation module)

1 Johdanto

Tämä kandidaatintutkielma käsittelee merituulivoimahankkeiden projektinhallintaa, ja miten tekoälyä voidaan hyödyntää näissä prosesseissa, jotta projektit etenisivät mahdollisimman tehokkaasti ja virheettömästi. Tässä tutkielmassa käsitellään merituulivoimahankkeiden piirteitä ja projektinhallintaa sekä tekoälyn sovelluksia.

Merituulivoimahankkeet ovat pitkäkestoisia ja vaativia projekteja, jotka edellyttävät huolellista suunnittelua, eri toimijoiden töiden yhteensovittamista, aikataulutusta ja riskienhallintaa. Tekoäly tarjoaa mahdollisuuksia projektinhallinnan tehostamiseen, sillä sen avulla voidaan analysoida suuria tietomääriä, hallita monimutkaisia kokonaisuuksia, optimoida resurssien käyttöä ja ennakoida mahdollisia riskejä. Tämä tutkielma tarkastelee, kuinka tekoälyä voidaan hyödyntää merituulivoimahankkeiden projektinhallinnassa, ja millaisia hyötyjä sen käyttö voi tuoda alan toimijoille.

Merituulivoima on tärkeä uusiutuvan energian muoto, jonka kehittäminen edistää hiili-neutraalia energiantuotantoa. Uusiutuvan energiantuotanto on teknologisesti hyvin nopeasti kehittyvä ala, jossa usein toimintatavat ja prosessit eivät ole vielä vakiintuneet. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten tekoäly voi parantaa merituulivoimahankkeiden projektinhallintaa ja tarjota konkreettisia suosituksia alan projektipäälliköille ja muille toimijoille.

Tekoälyn kehitys on vielä varhaisessa vaiheessa, ja sen hyödyntämismahdollisuuksia projektinhallinnassa tutkitaan jatkuvasti. Monet merkittävät konsulttiyritykset pitävät tekoälyn hyödyntämistä yhtenä tärkeimmistä strategisista päämääristään. Monilla aloilla ei vielä täysin tiedetä, mitä hyötyjä tekoälyn käytöllä voidaan saavuttaa tai millaisiin tehtäviin sitä voidaan soveltaa. Tästä syystä aihe on ajankohtainen ja tarjoaa uutta tietoa erityisesti merituulivoimahankkeiden projektinhallinnan näkökulmasta.

Tekoäly voi muuttaa projektinhallinnan käytäntöjä merkittävästi, mutta herättää myös kysymyksiä sen vaikutuksista työrooleihin. Esimerkiksi projektipäälliköille voi olla kiinnostavaa selvittää, miten tekoäly voi tukea heidän työtään ja voisiko se mahdollisesti korvata joitakin heidän tehtävistään tulevaisuudessa.

Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, jossa käsitellään aiempia tutkimuksia, alan raportteja ja käytännön esimerkkejä tekoälyn soveltamisesta projektinhallinnassa. Tarkastelun kohteena ovat merituulivoimahankkeet, ja tutkimus rajataan projektinhallinnan näkökulmaan. Projektinhallinta käsittelee tässä tutkimuksessa resurssien hallintaa, aikataulutusta, päätöksentekoa ja riskienhallintaa.

Tekoälyä voidaan hyödyntää merituulivoimaprojektin eri vaiheissa ja tehtävissä, kuten suunnittelussa, rakentamisessa, riskienhallinnassa, yhteistoiminnassa, aikataulutuksessa ja päätöksenteossa. Koska merituulivoimahankkeet ovat suuria ja monimutkaisia projekteja, projektinhallinnan sujuvuudella on merkittävä vaikutus hankkeiden onnistumiseen. Tekoäly voi nopeuttaa prosesseja, optimoida välivaiheita ja vähentää virheiden mahdollisuutta, mikä auttaa minimoimaan riskejä ja parantamaan projektin kokonaisvaltaista hallintaa.

Merituulivoiman merkitys kasvaa maailmanlaajuisesti, ja myös Suomessa on käynnissä useita merituulivoimahankkeita. Tekoälyn hyödyntäminen voi auttaa varmistamaan projektinhallinnan sujuvuuden ja toimivuuden näissä hankkeissa. Tutkimuksen tuloksena syntyy analyysi siitä, miten tekoälyn käyttö voi parantaa merituulivoimahankkeiden projektinhallintaa. Lisäksi työ tarkastelee tekoälyn tulevaisuuden roolia alalla sekä sen tuomia hyötyjä ja haasteita.

2 Merituulivoimahankkeiden projektinhallinta

Merituulivoimahankkeita pidetään pitkäkestoisina ja vaativina projekteina. Shoushtarin ja muiden artikkelissa (2024, s. 49) mainitaan, että projektinhallinta on monimutkainen prosessi, joka vaatii tarkkaa suunnittelua, toteutusta ja kontrollia. Merituulivoimahankkeen onnistuminen riippuu laadukkaasta projektinhallinnasta, johon kuuluu muun muassa resurssien hallinta, aikataulutusta ja riskienhallinta. Laadukkaan projektinhallinnan ominaisuuksia ovat artikkelin mukaan kyky nopeaan ja tehokkaaseen projektin valmistamiseen.

2.1 Merituulivoimahankkeiden erityispiirteet

Metsähallituksen merituulivoiman vaiheista kertovan artikkelin (n.d.) mukaan merituulivoimahankkeissa puhutaan merituulipuistoista, jotka sisältävät vähintään kymmeniä tuulivoimaloita. Alueet voivat olla jopa yli 800 km² kokoisia, joten nämä hankkeet vaativat tarkkaa suunnittelua. Suunnittelu- ja kaavoitusvaihe voi kestää noin 3–5 vuotta (Wozniakowski-Zehenter, 2024). Merituulivoimapuiston rakentaminen on mittava logistinen haaste voimaloiden koon vuoksi. Usein merituulivoimalan osat rakennetaan maalla, josta ne kuljetetaan merelle ja asennetaan paikalleen suurilla nostureilla. Rakennusvaihe kestää arviolta 2–3 vuotta (Metsähallitus, n.d.). Projektin kesto voi olla lähemmäs 10 vuotta. Tämä sisältää suunnittelun, esivalmistelun ja rakentamisen.

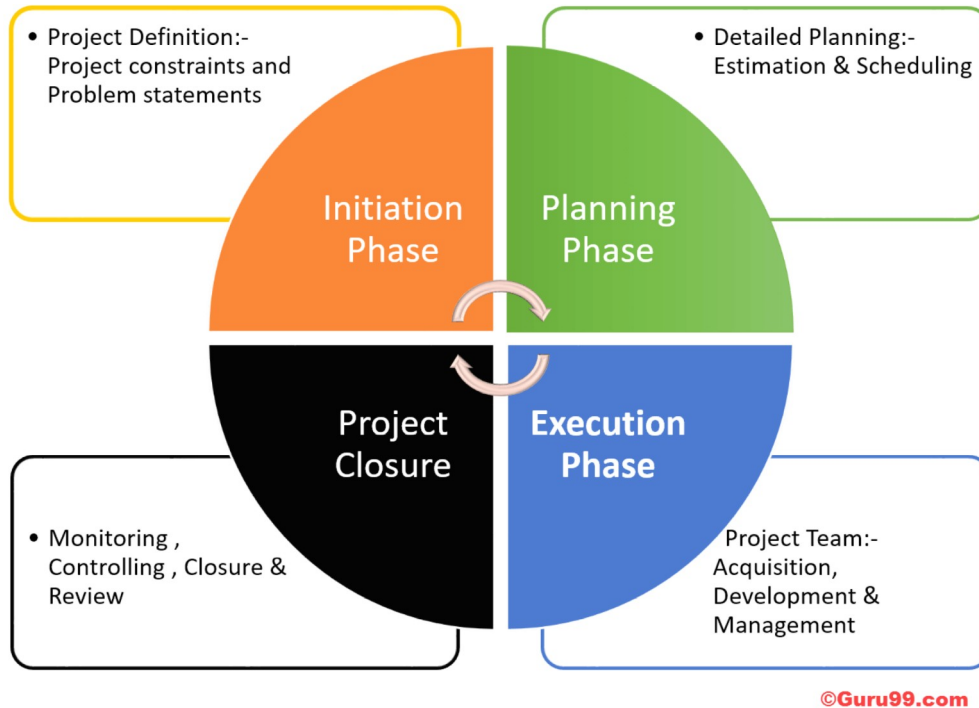
Koska projekti sijaitsee merellä, aiheutuu siihen muun muassa luvitukseen liittyviä erityispiirteitä. Ennen rakentamista on selvitettävä rakentamisen ja toiminnan vaikutukset ja saatava luvat rakentamiselle (Metsähallitus, n.d.). Projektin mahdolliset vaikutukset selvitetään huolellisesti ympäristövaikutusten arvioinnissa (YVA). Metsähallituksen artikkelissa (n.d.) mainitaan, että kaavoitusvaiheessa määritellään alueen käyttö rakennuslain mukaisesti. Paikallinen kunta tai kaupunki hyväksyy kaavoitusaloitteen hankekehittäjän toimesta.

Kaavoitus etenee usein samaan aikaan YVA:n kanssa. YVA-menettelyssä käsitellään merituulivoimapuiston vaikutukset, kuten mahdollinen negatiivinen vaikutus paikalliseen luontoon, johon kuuluvat muun muassa vaikutukset kaloihin, linnustoon ja kasvistoon. Selvityksessä käydään läpi, kuinka näitä haittavaikutuksia voidaan vähentää.

Merituulivoimahankkeelle haetaan vesilupaa rakennuttamista ja vesialueella tapahtuvaa rakennustoimintaa varten. Hankekehittäjä hakee luvan myös sähkönsiirron rakentamiselle tuotantoalueelta kantaverkkoon (Mare Advisors, 2025). Merituulivoimaloiden tuotama sähkö siirretään maalla sijaitsevaan kantaverkkoon vedenalaisten kaapelien avulla. Kaapeleiden reitin suunnittelussa huomioidaan muun muassa laivaliikenteen reitit sekä merenpohjan olosuhteet. Erityisesti reittivalinnassa pyritään välttämään merenpohjan suuria korkeusvaihteluita ja kivikkoisia alueita, jotta kaapeli ei jäisi roikkumaan ja altistuisi ylimääräiselle rasitukselle. Tarvittavin osin kaapelit yleensä aurataan pohjasedimentin sisään tai suojataan.

2.2 Projektinhallinnan keskeiset vaiheet

Kerznerin kirjan (2025, s. 2) mukaan projektinhallintaan kuuluu projektin aloittaminen ja sen vieminen loppuun. Projekti on väliaikainen pyrkimys luoda jokin tuote, palvelu tai tulos, ja niille usein määritellään tietyt tavoitteet, aikataulu ja resurssit. Jonathan Reedin artikkelissa (2024) projektinhallinnan elinkaari prosessi on jaettu neljään pääosaan: aloitusvaihe, toteutusvaihe ja seuranta-, valvonta- ja sulkemisvaihe kuvan 1 mukaisesti. Kuvan 1 mukaan aloitusvaiheeseen kuuluu projektin piirteiden ja mahdollisten ongelmien tunnistaminen sekä suunnitteluvaiheeseen arviointi ja aikataulutus. Toteutusvaiheen projektitiimiin kuuluu hankinta, kehitys ja johto, ja jokainen taho huolehtii omasta vastualueestaan. Viimeisenä kuvan 1 vaiheena on projektin sulkeminen, johon kuuluu kontrollointi sekä sulkeminen ja arvoiminen.



Kuva 1. Projektinhallinnan elinkaari (Guru99, 2024).

2.2.1 Suunnitteluvaihe

Jade Moralesin artikkelissa (2023) puhutaan suunnitteluvaiheen tärkeydestä. Artikkelin mukaan suunnitteluvaihe on perusta koko projektille. Suunnitelma sisältää projektin aikataulutuksen, budjetin ja viestintäsuunnitelman sidosryhmien kanssa. Aikataulutukseen kuuluu eri vaiheiden ja tehtävien aikataulutus, joiden mukaan projekti etenee. Tämä on tärkeä vaihe muun muassa projektin budjetin määrittelyssä, sillä budjetti kattaa koko projektin kustannusarvion henkilöstöstä, materiaaleista ja muista kustannuksista. Jonathan Reed korostaa artikkelissaan (2024) tavoitteiden asettamisen tärkeyttä suunnitteluvaiheessa. Tavoitteiden tulee olla selkeitä, mitattavia ja saavutettavissa olevia.

2.2.2 Toteutusvaihe

Toteutusvaihe koostuu niistä toiminnoista, jotka on esitetty projektinhallintasuunnitelmassa (Reed, 2024). Tämä vaihe koostuu sidosryhmien kanssa viestittelystä, resurssien

hallinnasta, johtamisesta ja muiden projektin suoritteisiin liittyvien toimintojen suorittamisesta. Severan projektinhallintaoppaan (2020) mukaan toteutusvaiheessa on tärkeää seurata suunnitelmaa ja toteuttaa projektia eteenpäin vaihe vaiheelta. Resurssien hallinta on tärkeä osa toteutusvaihetta, jotta kaikki projektin suunnittelussa mainitut resurssit tulevat tehokkaasti käytetyksi. Näihin kuuluu henkilöstön, materiaalien ja muiden resurssien käyttö. Henkilöstön välillä tulee olla hyvä kommunikointi koko projektin toteutusvaiheen ajan. Näin voidaan seurata projektin etenemistä ja että projekti etenee suunnitelman mukaisesti, jotta voidaan huomata ongelmat hyvissä ajoin (Reed, 2024).

2.2.3 Projektin päättäminen

MCS:n sivulla (2020) kerrotaan, että projektin päättäminen tulee ajankohtaiseksi, kun projektin tuotos on saatu valmiiksi ja projektipäällikkö on laatinut projektin loppuraportin. Tämä vaihe on sivuston mukaan tärkeä, koska se varmistaa, että kaikki projektin tavoitteet on saavutettu ja projekti voidaan virallisesti lopettaa. Projektin päättämisen yhteydessä tehdään usein erillinen projektiraportti, jossa dokumentoidaan tuotokset ja arvioidaan, kuinka projekti onnistui. Loppuraportti on tiivis yhteenveto projektin toteutuksesta ja mahdollisista poikkeamista suhteessa projektisuunnitelmaan. Tämä raportti auttaa keräämään oppeja projektista, joita voidaan hyödyntää tulevilla projekteilla.

Projektin tilaaja tai ohjausryhmä tarkistaa projektin tuotoksen ja varmistaa, että projektin tavoitteet ovat toteutuneet ja kaikki tehtävät on suoritettu (MCS, 2020). Projektin päättämisen yhteydessä viimeistellään kaikki projektiin toteuttamiseen ja projektinhallintaan liittyvät aktiviteetit, jotta projekti voidaan virallisesti päättää. Yksi projektin viimeisimmistä tehtävistä on yleensä projektin dokumentaation viimeistely ja arkistointi. Projektin viimeinen vaihe, päättäminen, tulee tehdä huolellisesti. Jos projektia ei saada asianmukaisesti päätettyä, se voi jatkossakin kuluttaa resursseja, kuten työaikaa (MCS, 2020).

2.3 Haasteet ja riskienhallinta

Merituulivoiman projektinhallintaan liittyy paljon haasteita ja riskejä, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti projektin lopputulokseen. Kerznerin kirjan (2013) mukaan riski viittaa sellaisiin tilanteisiin, missä toiminnalla tai tekijöillä on vaikutus projektin tavoitteiden – aikataulun, kustannusten ja suorituskyvyn – mahdolliseen epäonnistumiseen. Kirjassa mainitaan, että riskienhallinta tulee olla osa projektinhallintaa koko projektin elinkaaren ajan, sillä näin monet riskit voidaan ennakoita ja hallita. Riskienhallintaprosessit vaihtelevat eri projektien ja organisaatioiden välillä suuresti.

Merituulivoimahanke Halla riskimatriisin (n.d.) mukaan merituulivoimariskit voidaan jakaa kolmeen osaan: rakentamisen aikaiset riskit, toiminnan aikaiset riskit ja käytöstä poiston riskit. Tässä tutkielmassa tarkastellaan rakentamisen aikaisia riskejä ja niihin liittyvää riskienhallintaa.

3 Tekoälyn rooli ja sovellukset projektinhallinnassa

Tekoälyn rooli tulevaisuudessa kasvaa projektinhallinnassa voimakkaasti (Tieturi, 2024). Artikkelissa mainitaan, että vuoteen 2030 mennessä 80 % projektinhallinnan tehtävistä tullaan korvaamaan tekoälyllä. Tämän tarkoituksena ei ole korvata ihmisten tekemää työtä, vaan yhdistää ihmisen luovuus ja tekoälyn tehokkuus. Artikkelin mukaan tekoäly tuo projektinhallintaan tehokkuuden lisäksi apua päätöksenteossa ja resurssien hallinnassa, mutta näiden ohella mukana tulee haasteita. Projektipäälliköiden on oltava tarkkana muun muassa laadukkaan datan hallinnassa, jatkuvan koulutuksen ja organisaation kulttuurin muutoksissa, kun tekoäly tuodaan projekteihin (Tieturi, 2024).

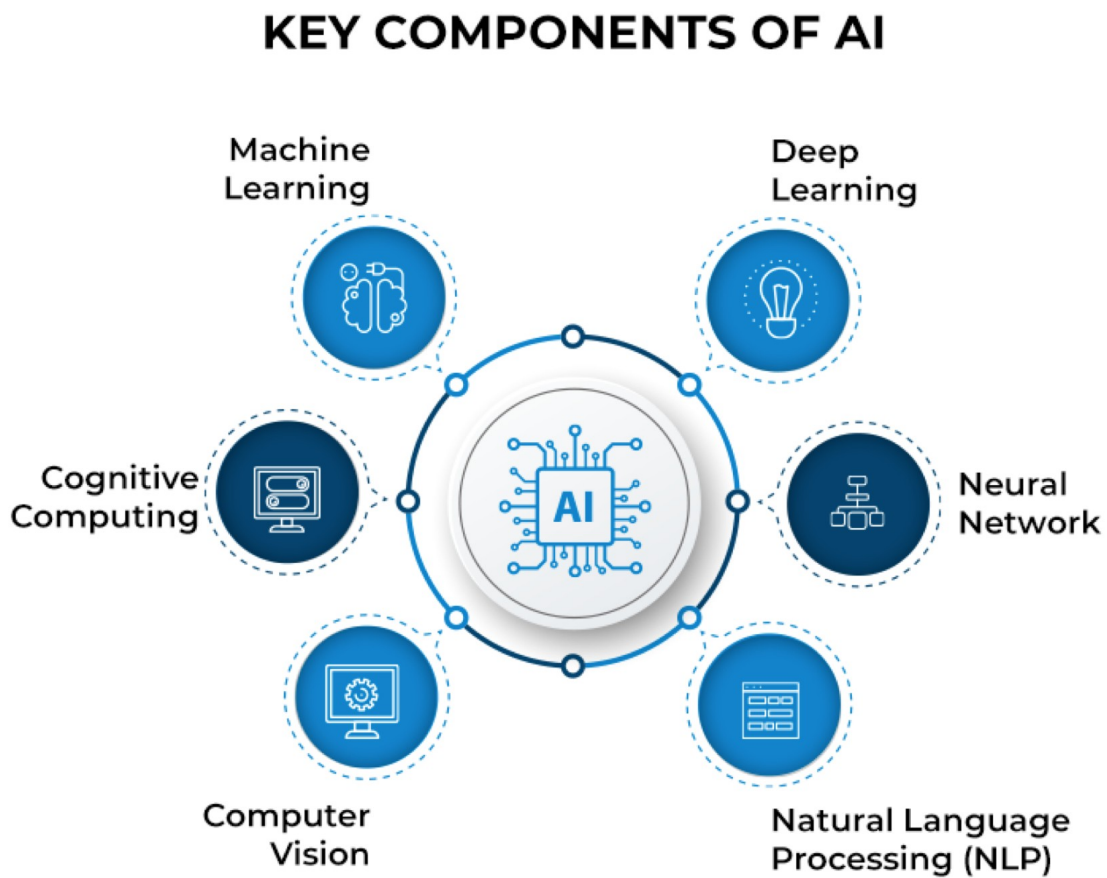
3.1 Tekoälyn määritelmä ja sovellukset

Kolarin ja Kallion kirjassa (2023, s. 17) tekoäly on määritelty seuraavasti: ”Tekoäly tarkoittaa ohjelmistoa, joka imitoi ihmisen tapaa oppia ja tehdä päätöksiä.” Tekoälyohjelmistot perustuvat ihmisten luomiin algoritmeihin, mutta niitä voidaan myös opettaa oppimaan uutta ja parantamaan suorituskyykyään itsenäisesti. Tekoälyn tarkoitus on auttaa ja tehostaa ihmisten työtä esimerkiksi käsittelemällä suuria tietomääriä, joiden käsittelyyn ihmiseltä menisi vuosia.

Tekoäly voidaan jakaa heikkoon ja vahvaan tekoälyyn. Heikko tekoäly suorittaa vain sille ennalta määrättyjä tehtäviä ja suoriutuu niistä yhtä hyvin tai paremmin kuin ihmiset. Vahva tekoäly puolestaan kykenee laajempaan ymmärrykseen ja voi ajatella ja toimia itsenäisesti ihmisen tavoin (Kolari ja Kallio, 2023, s. 17).

3.2 Tekoälyn osa-alueita

Artificial intelligence (AI) eli tekoäly koostuu monesta eri osa-alueesta kuvan 2 mukaisesti (Srinivasaiah, 2024). Nämä tietokoneohjelmista koostuvat komponentit muodostavat tekoälyn. Näitä osa-alueita ovat koneoppiminen, syväoppiminen, tietokonenäkö, neuroverkko ja luonnollisen kielen käsittely.



Kuva 2. Tekoälyn osa-alueet (Srinivasaiah, 2024).

3.2.1 Koneoppiminen (ML)

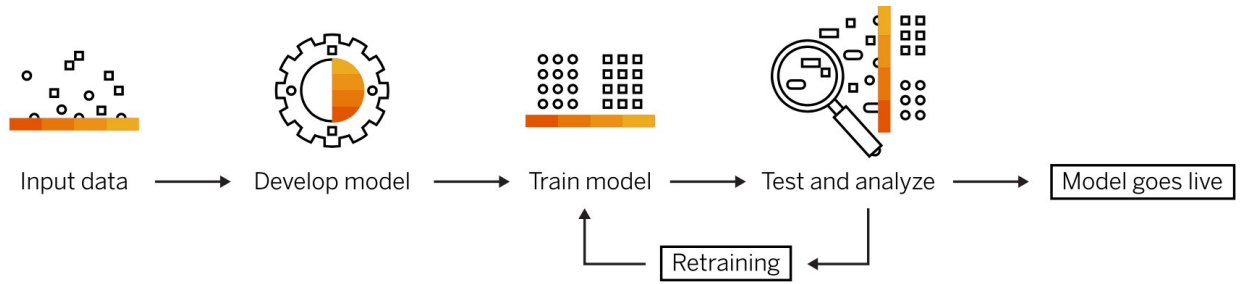
Koneoppiminen (ML) on yksi tekoälyn hallitsevista osa-alueista. Koneoppimisen tarkoituksena on luoda ohjelmisto, joka voi itsenäisesti saavuttaa halutun lopputuloksen ilman ennalta määriteltäviä toimintatapoja (Tekoäly.info, n.d.). Esimerkiksi hakukoneet hyödyn-

tävät koneoppimista tarjoamalla käyttäjälle relevantteja hakutuloksia. Valvoton koneoppiminen edellyttää, että järjestelmä pystyy itse tunnistamaan datassa esiintyviä kaavoja.

Koneoppimisessa toimintamenetelmät eli algoritmit ohjelmoidaan etsimään erilaisia malleja ja korrelaatioita suurista tietojoukoista (SAP, n.d.). Ohjelma pyrkii löytämään parhaat ratkaisut ja ennusteet näiden analyysien perusteella. Koneoppimissovellukset kehittyvät käytön myötä ja muuttuvat näin luotettavammiksi, mitä enemmän niillä on tietoa käytettävissään.

Koneoppiminen, sen syväoppiminen ja neuroverkkojen komponentit ovat kaikki tekoälyn samankeskisiä osajoukkoja. Tekoäly analysoi dataa tehdäkseen päätöksiä ja ennusteita. Koneoppimisalgoritmien avulla se ei ainoastaan käsittele tietoa, vaan myös oppii ja kehittyy ilman erillistä ohjelmointia. Tekoäly toimii kattokäsitteenä, jonka alaisuuteen kuuluu koneoppiminen. Koneoppimisen sisällä on syväoppiminen, ja syväoppimisen ytimessä ovat neuroverkot (SAP, n.d.).

Kuvassa 3 näytetään koneoppimisprosessin vaiheet (SAP, n.d.). Koneoppimisprosessi alkaa datan syöttämisestä, jonka pohjalta kehitetään ja koulutetaan malli. Mallia testataan ja analysoidaan sen suorituskyvyn varmistamiseksi, ja tarvittaessa se koulutetaan uudelleen (retraining) parannusten tekemiseksi. Kun malli toimii luotettavasti, se otetaan käyttöön tuotantoympäristössä (model goes live), missä sitä hyödynnetään todellisissa sovelluksissa.



Miten koneoppimisprosessi toimii

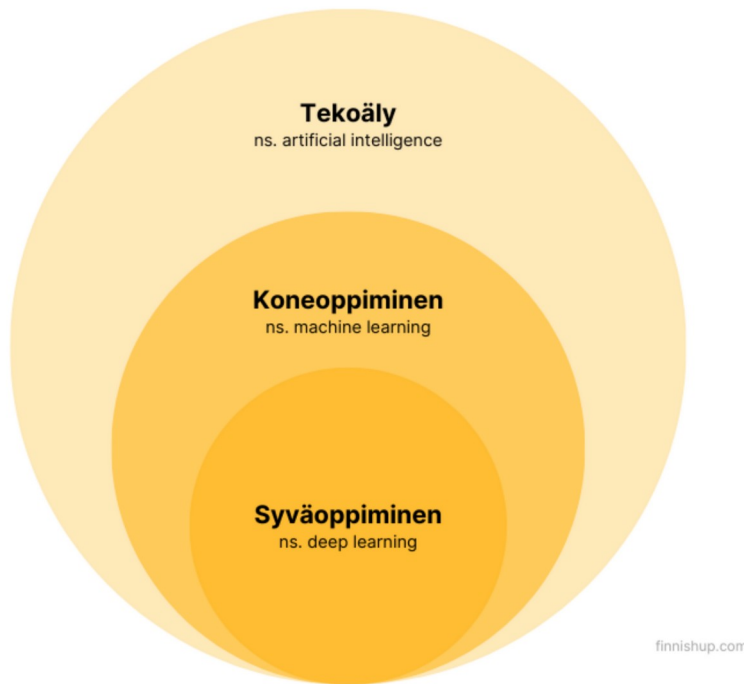
Kuva 3 Koneoppimisprosessi (SAP, n.d.).

Koneoppiminen voi olla valvottua, valvomatonta, puoliohjattua tai vahvistettua oppimista. Valvotussa oppimisessa algoritmia opetetaan esimerkkien avulla, käyttäen "tulo"- ja "tuotos"-tietopareja, joissa tuotos on merkitty halutulla arvolla. Algoritmi oppii tunnistamaan korrelaatioita ja eroja näiden tietojen perusteella, kunnes se pystyy ennustamaan vastaukset itsenäisesti. Valvomattomassa oppimisessa algoritmi tutkii syöttötietoja, jotka ovat usein merkitsemättömiä ja jäsentymättömiä, ja alkaa tunnistamaan kuvia ja korrelaatioita. Puoliohjattua oppimista käytetään, kun käytettävissä on valtavia määriä raakaa, rakenteetonta dataa. Syötetään pieniä määriä merkittäviä tietoja tunnistamattomien tietojoukkojen lisäämiseksi, mikä parantaa oppimisnopeutta ja -tarkkuutta. Vahvistetussa oppimisessa algoritmi saa panokseksi joukon sallittuja toimia, sääntöjä ja mahdollisia lopputiloja, ja oppii kokemuksen ja palkkion perusteella (SAP, n.d.).

3.2.2 Syväoppiminen (DL)

Deep learning (DL) eli syväoppiminen on tekoälyn osa-alue, joka opettaa tietokoneita käsittelemään dataa tavalla, joka mallintaa ihmisen ajattelua (Numminen, 2023). Kuten kuvasta 4 näkyy, syväoppiminen on koneoppimisen alalaji. Se perustuu tekoälyjen ja algoritmien käyttämiseen monimutkaisten tehtävien, kuten kuvantunnistuksen, luonnollisen kielen käsittelyn tai äänentunnistuksen ratkaisemiseksi. Syväoppimisen avulla koneet voivat luoda monimutkaisia malleja suurista datoista.

Nummisen (2023) mukaan syväoppiminen perustuu usein monikerroksisiin neuroverkkoihin ja jokainen neuroverkon taso käsittelee tietoa edellisestä kerroksesta ja välittää ne seuraavalle. Toisin kuin perinteinen koneoppiminen, joka vaatii manuaalista erottelua, syväoppiminen erottelee itsenäisesti tiedot raakadatan perusteella.



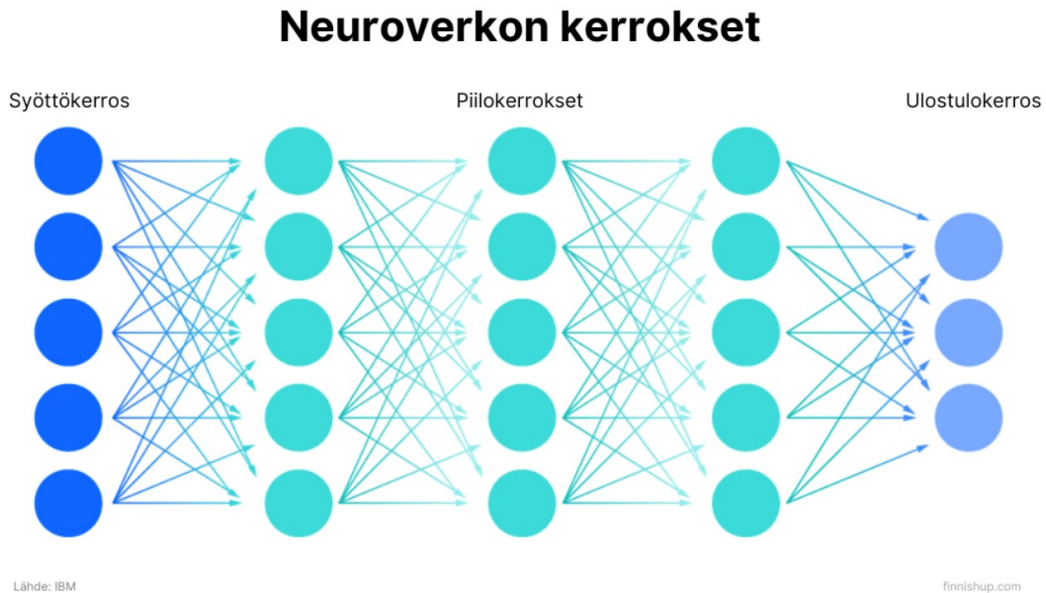
Kuva 4 Erot tekoälyn, koneoppimisen ja syväoppimisen välillä (Numminen, 2023).

3.2.3 Neuroverkko

Neuroverkko on matemaattinen malli, joka jäljittelee ihmisaivojen neuronien toimintaa. Se koostuu useista toisiinsa yhteydessä olevista soluista, joita kutsutaan neuroneiksi. Jokaisella neuronilla on useita syötteitä ja yksi ulostulo. Neuronit ovat kytkettyjä toisiinsa painotettujen yhteyksien avulla, ja näitä yhteyksiä säädetään oppimisen aikana (Numminen, 2023).

Kuvan 5 mukaan neuroverkon pääkerroksia on kolme; syöttökerros, piilokerros ja ulostulokerros. Syötekerros vastaanottaa syötteet, piilokerrokset käsittelevät tietoa ja oppivat monimutkaisia suhteita. Ulostulokerros tuottaa lopullisen tuloksen. Piilokerrokset ovat

tärkeitä neuroverkon osia, koska ne mahdollistavat neuroverkon oppimisen ja monimutkaisten mallien tunnistamisen. Piilokerrokset koostuvat useista neutroneista, jotka käsittelevät ja välittävät tietoa syötteestä ulostuloon (Numminen, 2023).



Kuva 5 Neuroverkon kerrokset (Numminen, 2023).

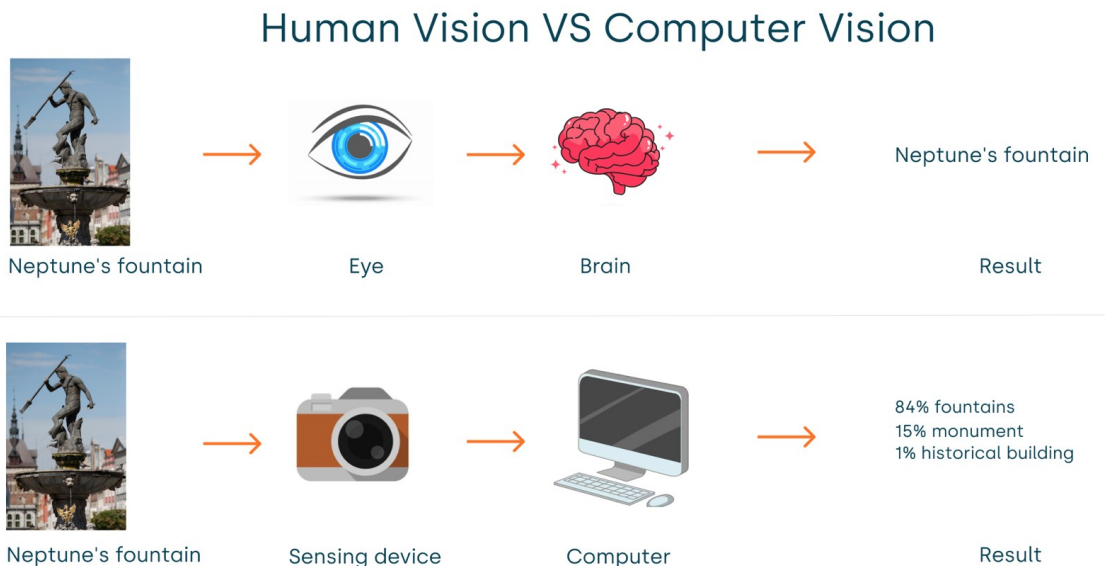
Nummisen (2023) sanoin ”Neuroverkot oppivat mukauttamalla neuronien välisten yhteyksien painoja”. Neuroverkot oppivat virheen palautteen avulla. Tämä tarkoittaa sitä, kun neuroverkolle annetaan syöte ja se tuottaa jonkun ulostulon, sitä verrataan toivottuun ulostuloon. Virheen perusteella neuroyhteyksien painoja säädetään niin, että virhe pienenee. Tämä prosessi käydään monta kertaa läpi, jotta neuroverkko antaa toivottuja ulostuloja suurella tarkkuudella.

3.2.4 Tietokonenäkö (CV)

Computer vision (CV) eli tietokonenäkö on yksi tekoälyn osa-alueista. Szeliskin kirjan (2022, s. 3) mukaan ihmiset havaitsevat kolmiulotteisen maailman helposti, mutta tietokoneelle se on hankalaa. Tietokonenäön tutkijat ovat kehittäneet tekniikoita, joilla voi-

daan palauttaa esineiden 3D-muoto ja ulkonäkö kuvista. Tietokonenäössä käytetään fyysikkään perustuvia ja todennäköisyyksille sekä koneoppimista suurista esimerkkijoukoista.

Kuvassa 6 näkyy ihmisen näkö verrattuna tietokonenäköön. Tietokonenäkö käyttää kameroita ja muita sensoreita tunnistukseen kuvioita ja esineitä, ja hyödyntää algoritmeja, jotka jäljittelevät ihmisen näköjärjestelmän toimintaa. Tietokonenäön avulla voidaan erottaa esineitä, tunnistaa kasvoja ja jopa lukea ja tulkita kuvia. Prosessi sisältää datan hankinnan, esikäsittelyn, ominaisuuksien erottamisen ja lopullisen tulkinnan (Rojewska, 2024).



Kuva 6 Ihmisen näkö verrattuna tietokonenäköön (Rojewska, 2024).

3.2.5 Luonnollisen kielen käsittely (NLP)

Natural language processing (NLP) eli luonnollisen kielen käsittely on tekoälyn osa-alue, joka keskittyy koneiden kykyyn ymmärtää, tulkita ja tuottaa ihmisten kieltä (Ailisto, 2018, s. 9). NLP yhdistää kielitieteen ja tietojenkäsittelytieteen menetelmiä, ja sen tavoitteena on mahdollistaa koneiden vuorovaikutus ihmisten kanssa luonnollisella kielellä.

Kuten kuvasta 7 näkee, NLP:n sovelluksia ovat muun muassa tekstin ja puheen tunnistus, kielen kääntäminen, puhesynteesi ja tekstintunnistus. Näiden sovellusten avulla koneet voivat analysoida ja ymmärtää tekstiä tai puhetta, vastata kysymyksiin ja suorittaa tehtäviä, jotka vaativat kielellistä ymmärrystä (Ailisto, 2018, s. 9).



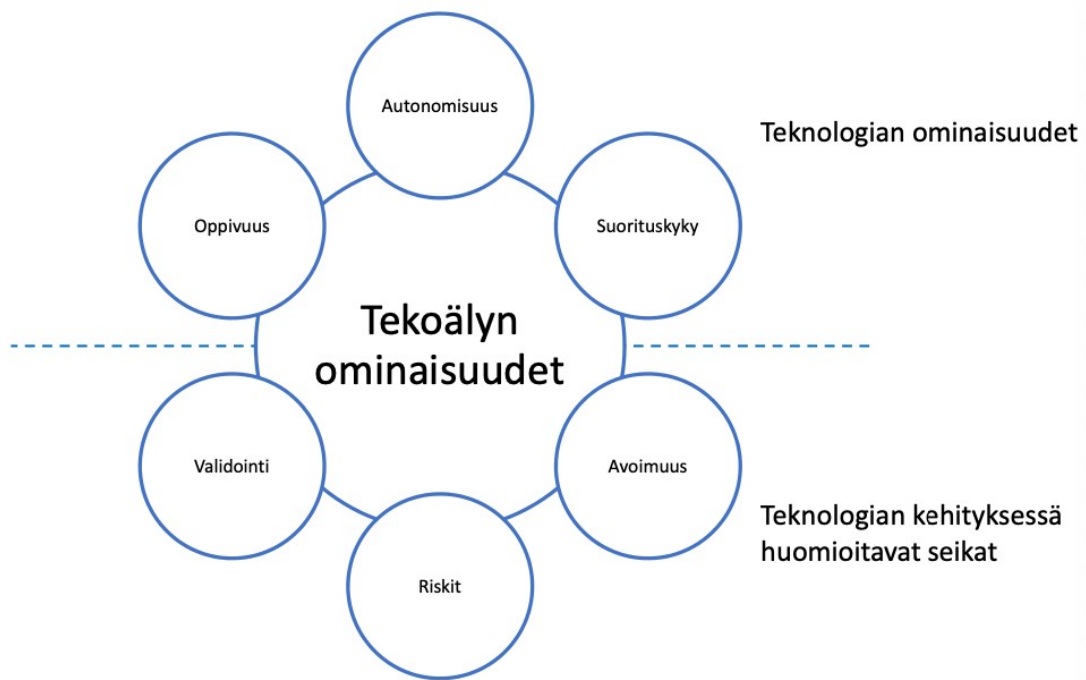
Kuva 7 NLP:n osa-alueet (Ailisto, 2018, s. 9)

3.3 Tekoölyn ominaisuudet

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan raportissa (2018) kerrotaan tekoölyn moniulotteisista ominaisuuksista. Raportin mukaan tekoäly toimii keskeisenä teknologisena ajurina, joka johtaa tuottavuuden paranemiseen, uusiin työtapoihin, prosesseihin ja liiketoimintamahdollisuuksiin eri sektoreilla.

Raportissa tekoäly määritellään välineeksi, jonka avulla koneet, ohjelmat, laitteet, järjestelmät ja palvelut voivat toimia tehtävän ja tilanteen mukaan järkevällä tavalla. Tähän vaaditaan tekoälyltä tiettyjä ominaisuuksia, kuten erilaisten tilanteiden ja ympäristöjen tunnistaminen ja toimiminen näiden tilanteiden vaihdellessa. Nämä ominaisuudet vaativat kuvan 8 mukaisesti tekoälyltä autonomisuutta, oppivuutta ja suorituskyykyä. Näiden lisäksi tekoälyä arvioidaan avoimuuden, riskien ja validoinnin suhteen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan raportissa (2018, s. 39–43) teknologioiden ominaisuudet

liittyvät toisaalta teknologioiden kyvykkyyteen suoriutua tehokkaasti annetusta tehtävästä. Toisaalta taas ne liittyvät syvällisemmin oppivuuteen ja kykyyn toimia autonomisesti. Oppivuuden ja autonomisuuden mittaaminen on vaikeaa, kun teknologia kehittyy jatkuvasti.



Kuva 8 Tekoälyn ominaisuudet ja kehityksessä huomioon otettavat asiat (Valtioneuvosto, 2018, s. 39)

3.4 Eettisyys ja moraali

Teknologisen kehityksen lisäksi tekoäly vaikuttaa koko yhteiskuntaan ja ihmisiin; tällöin tarkastelun näkökulmia ovat moraali, etiikka, arvot ja politiikka (Valtioneuvosto, 2018, s. 1). Raportin mukaan insinööritieteet pyrkivät vaikuttamaan ja muuttamaan maailmaa, mikä tuo mukanaan eettisiä ja moraalisia kysymyksiä. Tekoälyyn liittyvät eettiset ja moraaliset osa-alueisiin kuuluvat moraalifilosofia, soveltava etiikka, teknologian etiikka ja sodankäynnin etiikka. Moraalifilosofia tutkii tekoälyn peruskäsitteitä ja normatiivisen etiikan suuntia, kuten velvollisuus-, hyve- ja seurausetiikkaa. Soveltava etiikka soveltaa

käytännön eettisiä ongelmia, joita ovat esimerkiksi sairaaloiden eettiset työryhmät, jotka hyödyntävät soveltavan etiikan tuloksia potilaiden hoidossa (Valtioneuvosto, 2018, s. 21–23).

Teknologian etiikka tutkii teknologian suoria ja välillisiä vaikutuksia ihmisiin ja yhteiskuntaan. Tekoälyn etiikka pohtii, miten opettaa etiikkaa itsenäisiä päätöksiä tekevälle tekoälylle (kone-etiikka) ja voiko tekoälylle kehittyä omaa moraalista arvoa ja oikeuksia. Esimerkki tällaisesta tilanteesta ovat eläinten oikeudet. Maailman talousfoorumi (WEF, 2016) on koonnut tekoälyyn liittyvät keskeiset kysymykset, kuten työttömyys, epätasa-arvo, inhimillisyys, tekoälyn virheet, puolueellisuus, turvallisuus ja tekoälyn oikeudet. Näitä aiheita käsitellään, kun mietitään teknologioiden ja tekoälyn eettisyyttä.

Lainsäädäntö ja sääntely ovat tekemisissä teknologian kehityksen kanssa. Sääntely voi joko edistää tietyn teknologian kehitystä ja kaupallista menestystä tai hidastaa sitä. Tekoälyn sääntelyssä otetaan huomioon datan hallinta, yksityisyyden suoja, vastuukysymykset, kilpailulainsäädäntö ja kansainväliset sopimukset (Valtioneuvosto, 2018, s. 21–23). Suomen ja EU:n laeissa on jo säädetty muun muassa hyväksyttävästä tekoälyn käytöstä, digipalveluista, yhdenvertaisuudesta ja tasa-arvosta, yksityisyydestä ja tietosuojasta (GDPR) ja datan käytöstä.

3.5 Tekoälyn haasteet ja rajoitteet

Akashin artikkelissa (2024) mainitaan 10 rajoitusta tai haastetta tekoälyn kehittymiselle. Teknologisen innovaation alalla tekoäly (AI) on yksi aikamme merkittävimmistä ja lupaavimmista kehityksistä. Sen kyky analysoida valtavia määriä dataa, oppia kaavoista ja tehdä älykkäitä päätöksiä on mullistanut lukuisia toimialoja. Huolimatta merkittävästä edistyksestään tekoäly kohtaa kuitenkin merkittäviä rajoituksia ja haasteita, jotka estävät sen täyden potentiaalin saavuttamisen. Ymmärtämällä tekoälyn tuomat haasteet voimme navigoida tekoälyn kehityksen monimutkaisuuksissa, vähentää riskejä ja raivata tietä vastuulliselle ja eettiselle tekoälyteknologian kehitykselle (Akash, 2024).

Yksi suurimmista osa-alueista on tietojen laatu ja määrä. Edellisessä kappaleessa mainittiin tekoälyn eettisistä dilemmoista, jotka ovat myös haasteena tekoälyn kehittymisen näkökulmasta. Tekoäly tarvitsee suuren määrän laadukasta dataa, jotta se toimii tehokkaasti. Puutteellinen tai virheellinen data voi artikkelin mukaan johtaa huonoihin tai epätarkkoihin tuloksiin. Artikkelissa mainitaan myös puolueellisuus ja selitettävyyden puute, jotka vaikuttavat negatiivisesti tehokkaaseen tekoölyyn. Tekoälyjärjestelmä voi periä ja vahvistaa datassa olevia ennakkoluuloja, jotka voivat johtaa syrjintää sisältäviin lopputuloksiin. Selitettävyyden puute on hankalaa, sillä monimutkaiset tekoälymallit, kuten syväoppiminen, on vaikeaa ymmärtää tai selittää (Akash, 2024).

Tekoäly voi olla myös kallista ja sen energiankulutus on suurta Akashin artikkelin (2024) perusteella. Tekoäly vaatii suuren määrän laskentaresursseja, joka on hyvin kallista ja rajoittaa tekoälyn käyttöä ja kehittymistä. Artikkelissa mainitaan myös, että tekoälyn lainsäädännölliset asiat tuovat haasteita. Nämä monimutkaistavat tekoälyn käyttöä, sillä lakiprosessit voivat olla pitkiä ja aikaa vieviä. Akash puhuu artikkelissaan myös yleisestä tekoälystä (AGI). Vaikka yleinen tekoäly on edistynyt, on sillä edelleen haasteita ja kehittymisvaraa, jotta se ymmärtäisi ja oppisi eri tehtäviä kuten ihminen.

Tekoäly pystyy moneen, mutta se ei pysty korvaamaan ihmisten välistä vuorovaikutusta tai empatiaa, mitä tarvitaan yhä monilla aloilla (Akash, 2024). Lisäksi tekoälyjärjestelmät ovat hyvin alttiita kyberhyökkäyksille ja väärinkäytölle, mikä lisää tekoälyn haasteita tai puutteita.

4 Tekoäly merituulivoimahankkeissa

Kestävien energiaratkaisujen tarve on tullut yhä ilmeisemmäksi, kun globaali yhteisö kamppailee ilmastonmuutoksen ja ympäristön heikkenemisen aiheuttamien haasteiden kanssa (Ravikumar, 2024). Merituulivoima on merkittävä ja keskeinen uusiutuva energialähde, jolla on suuri potentiaali, luotettavuus ja skaalautuvuus. Ravikumarin artikkelissa (2024) puhutaan tekoälysovellusten tarkastelusta tuulienergian kehittämisessä, ja kuinka se pyrkii valaisemaan, miten huipputeknologiat voivat edelleen parantaa tämän tärkeän uusiutuvan energialähteen tehokkuutta, luotettavuutta ja kestävyyttä. Huolimatta tuulienergian lupaavasta potentiaalista, ala kohtaa luontaisia haasteita, jotka johtuvat tuulimallien dynaamisesta luonteesta. Yksi ensisijaisista esteistä on tuulen vaihtelu ja ennustamattomuus, mikä aiheuttaa merkittävän esteen sähkön jatkuvalla tuotannolle. Tuulen nopeuteen ja suuntaan vaikuttavat lukuisat tekijät, kuten sääolosuhteet, maantieteelliset piirteet ja vuorokaudenaika, mikä johtaa tehon tuotannon vaihteluihin.

Bošnjakovićin ja muiden artikkelin (2025) perusteella tekoälyllä on suuri rooli uusiutuvien energialähteiden, erityisesti tuulivoiman tehokkuuden, luotettavuuden ja kustannustehokkuuden parantamisessa. Lisäksi tekoälyllä on rooli ympäristövaikutusten minimoinnissa. Tekoäly kulkee koko projektin elinkaaren mukana suunnittelusta merituulivoiman käytöstä poistoon. Tekoälyä tarvitaan eniten projektin eri vaiheiden ja merituuliolosuhteiden ennustamisessa. Ennustus on asia, missä tekoäly on ihmistä edellä, ja pystyy suuren datan perusteella ennustamaan esimerkiksi projektin aikataulua ja budjettia.

4.1 Tuuliolosuhteiden ennustaminen ja tehon optimointi tekoälyllä

Projektisuunnittelulla on iso rooli projektin onnistumisen kannalta. Tämän takia on tärkeää, että projektisuunnittelu on laadukasta. Tekoäly voi auttaa projektisuunnittelussa tukena muun muassa ennustuksessa ja optimoinnissa. Tekoälyn kyky käsitellä suuria määriä dataa hetkessä auttaa suorittamaan luotettavia ennusteita liittyen projektin eri vaiheisiin; muun muassa keston, kustannuksiin ja riskeihin (Bošnjaković, 2025).

Talaatin ja muiden tutkimuksessa (2024) kehitetään datalähtöisiä malleja tuulen nopeuden ja tehon ennustamiseksi. Tutkimuksen mukaan yksi tuulienergian suurimmista haasteista on sen merkittävä vaihtelu ja epäsäännöllisyys, mikä tekee ennustamisesta vaikeaa. Tutkimuksessa käytetään koneoppimista ja syväoppimista tuulen nopeuden ennustamiseksi sähköntuotannossa. Tekoälylle syötetään paikalliset ilmastotiedot ja satelliittikuvat, joka optimoi tuuliturbiinien käytön valitsemalla oikean määrän turbiineja käytettäväksi. Tämä analyysi perustuu tuulen voimaan ja nopeuteen. Tekoäly antaa lisäksi analyysin voimalaitosten sijainnista määrittääkseen parhaan turbiinien käyttöajan (Talaat ja muut, 2024).

Talaatin ja muiden tutkimuksessa (2024) ehdotettu parannettu suositusjärjestelmä (PERS) sisältää tuulen nopeuden ennustusmoduulin (WSPM), tuulen nopeuden ja energiankulutuksen laskentamoduulin (WSPC) ja suositusmoduulin (RM). Testitulokset osoittivat, että ehdotettu menetelmä toimii reaaliajassa. Tekoälypohjaiset ennustemallit XGBoost- tai Random Forest -regressori ennusti 15 päivän sähköntuotannon 94 % tarkkuudella ja 6 % keskimääräisellä prosentuaalisella virheellä. Näitä ennustemalleja voidaan jakaa lyhyen, keskipitkän ja pitkän aikavälin ennusteisiin, joista jokaisella on oma roolinsa energiasuunnittelussa ja sähköverkon hallinnassa.

4.2 Tekoälyn käyttö riskienhallinnassa ja päätöksenteossa

Monimutkaisilla projekteilla on monimutkaisia ongelmia. Joidenkin ongelmien ratkaisut voivat olla kalliimpia kuin toiset. Ongelman tunnistaminen on yleensä helppoa, mutta vaihtoehtojen tunnistaminen voi vaatia monien sidosryhmien osallistumista, ja jokaisella sidosryhmällä voi olla erilainen näkemys itse ongelmasta ja mahdollisista vaihtoehdoista (Kezner, 2013, s. 1141). Tekoälyllä Bošnjakovićin ja muiden artikkelin (2025) mukaan on rooli myös näiden ongelmien tunnistuksen kanssa, mutta lisäksi näiden ongelmien ratkaisujen löytämisessä. Riskejä merituulivoimahankkeissa voi olla esimerkiksi sääolosuh-

teiden vaihtelevuus ja niihin varautuminen sekä tekniset haasteet. Tekoäly auttaa projektipäälliköitä varautumaan ongelmiin, joita ihminen ei välttämättä muista ottaa huomioon, ja kehittää näihin riskienhallintastrategioita.

Tekoäly analysoi projektinhallinnassa projektin etenemisen dataa, jotta se voi ennustaa mahdollisia riskejä, kuten aikataulun viivästymisiä tai budjetin ylityksiä (Tieturi, 2024). Tekoäly voi auttaa projektitiimiä tunnistamaan ja käsittelemään riskejä ennen kuin niistä tulee kriittisiä, jotta voitaisiin estää mahdollinen projektin epäonnistuminen.

Vaikka tekoäly tuo monia etuja projektinhallintaan, on myös huomioitava riskit tekoälyä kohtaan (Bošnjaković ja muut, 2025). Tekoäly tekee myös algoritmivirheitä ja sillä on ongelmia muun muassa tietojen tarkkuuden, eettisten kysymysten ja kyberturvallisuuden kanssa. Artikkelin mukaan tekoälyalgoritmien lisättestaus ja validointi on tarpeen niiden tehokkuuden varmistamiseksi merituulivoiman projektinhallinnassa.

4.3 Alan nykytila ja tulevaisuuden näkymät

Tekoälyn integrointi merituulivoimasektoriin näyttää lupaavalta (Ravikumar, 2024, s. 25). Ravikumarin artikkelin mukaan tekoälyn jatkuvat edistysaskeleet ja nousevat trendit auttavat tekoälyn käytössä yhä enemmän. Kone- ja syväoppimismallit kehittyvät, ja ne auttavat merituulivoimaresurssien arviointia ja optimoivat turbiinien suorituskykyä. Edgelaskenta on tärkeä työkalu reaaliaikaisessa päätöksenteossa turbiinitasolla, kun taas tekoälyn integrointi digitaaliseen kaksoisteknologiaan mahdollistaa kattavan simuloinnin ennakoivaa huoltoa varten (Ravikumar, 2024, s. 25).

Ravikumarin artikkelin (2024, s. 25) mukaan ihmisen ja tekoälyn yhteistyö vahvistuu, kun tekoälytyökalut tarjoaa toimivia ratkaisuja tehokkaaseen merituulivoimaloiden hallintaan. Lisäksi kyberturvallisuuteen ja tietosuojaan kiinnitetään enemmän huomiota, kun tekoälysovellukset laajenevat. Tekoäly laajentaa vaikutustaan sähköverkon integrointiin

ja energian varastointiin, optimoiden tuulienergian integroinnin globaaleihin sähköverkkoihin. Tekoälyn maailmanlaajuinen käyttöönotto tuulienergiassa on yleistymässä, mikä edistää markkinoiden kasvua ja lisää yhteistyötä teknologiatoimittajien, sidosryhmien ja merituulivoimateollisuuden välillä. Tulevaisuudessa innovaatiot jatkuvat, tehokkuus paranee ja luotettavuus lisääntyy, missä tekoäly on keskeinen toimija globaalien energiamaiksemien muokkaamisessa (Ravikumar, 2024, s. 25).

Tulevaisuudessa supertekoälyn uskotaan olevan ilmiö, joka ylittää ihmisen kyvyt kaikilla osa-alueilla ja pystyy luomaan itsestään jatkuvasti kehittyneempiä versioita (Kolari ja Kallio, 2023, s. 17). Tämä tarkoittaa merituulivoimahankkeissa tekoälyn käytön yleistymistä ja sen merkityksen lisäämistä kaikissa projekteissa. Supertekoäly pystyy tehdä suurimman osan ihmisen tekemästä työstä.

5 Pohdintaa

Tutkielmassa pohdittiin, miten tekoälyä voidaan hyödyntää merituulivoimahankkeiden projektinhallinnassa. Tutkielmassa löydettiin monta vaihtoehtoista tapaa hyödyntää tekoälyä eri kohteisiin. Ensinnäkin tekoäly pystyy analysoimaan suuria määriä dataa ilmastotiedoista ja satelliittikuvista ennustaakseen tuulen nopeuden ja suunnan, mikä auttaa optimoimaan turbiinien käyttöä ja löytämään niille optimaaliset sijainnit. Tämä parantaa energian tuotannon tehokkuutta. Lisäksi tekoäly voi optimoida resurssien käytön projektin eri vaiheissa, kuten suunnittelussa, rakentamisessa ja huollossa, sekä tarjota ennusteita resurssien käytöstä ja aikataulusta, jotta päätöksenteko on sujuvaa. Tekoäly voi myös tunnistaa potentiaaliset ongelmat ja haasteet merituulivoiman käytössä ennen kuin ne aiheuttavat esimerkiksi seisokkiaikoja, mikä vähentää huoltokustannuksia ja parantaa turbiinien luotettavuutta.

Tekoäly pystyy auttamaan merituulivoimahankkeiden projektinhallinnassa merkittävästi. Se nopeuttaa projektinhallinnan prosesseja ja vähentää virheiden mahdollisuutta, mikä auttaa varmistamaan, että projekti etenee suunnitelman mukaisesti ja valmistuu ajoissa. Lisäksi tekoäly voi ennakoida riskit ja kehittää strategioita niiden hallitsemiseksi, mikä vähentää projektin epäonnistumista. Riskejä voivat olla muun muassa sääolosuhteiden vaihtelut tai tekniset haasteet.

Tekoälyllä pystytään kehittämään datalähtöisiä malleja tuulen nopeuden ja tehon ennustamiseksi käyttäen koneoppimista ja syväoppimista. Sillä voidaan luoda parannettu suositusjärjestelmä, joka optimoi turbiinien käytön ja suosittelee parhaita voimalaitoksen sijainteja tuulen voiman ja nopeuden perusteella. Tekoälyllä voidaan integroida paikalliset ilmastotiedot ennusteiden tarkkuuden ja relevanssin parantamiseksi. Tekoäly voi demonstroida ehdotetun lähestymistavan tehokkuutta reaaliajassa, XGBoost- tai Random Forest -regressoreiden saavuttaessa 94 % tarkkuuden ja 6 % keskimääräisen prosentuaalisen virheen 15 päivän sähköntuotannon ennustamisessa. Tekoäly pystyy edistämään

tuulienergian resurssien tehokasta hyödyntämistä ja kestävien energiastrategioiden kehittämistä. Tekoälyllä voi ratkaista ongelmia kuten ennustetarkkuuden, luotettavuuden ja tulkittavuuden parantamisen sekä turbiinien käytön ja energianhallinnan optimoinnin.

6 Yhteenveto

Tutkielmassa tutustuttiin projektinhallinnan ja tekoälyn peruspiirteisiin, ja pyrittiin löytämään ratkaisu tehokkaaseen merituulivoimahankkeiden projektinhallintaan hyödyntäen tekoälysovelluksia.

Tekoäly parantaa tuuliresurssien arviointia tarkkojen ennusteiden avulla, mahdollistaen optimaalisen sijainnin valinnan ja projektisuunnittelun. Turbiinien toiminnassa ja huollossa ennakoivat algoritmit tunnistavat proaktiivisesti mahdolliset ongelmat, vähentäen seisokkiaikoja ja toimintakustannuksia. Tekoälyn adaptiiviset oppimiskyvyt varmistavat jatkuvan parantamisen, edistäen pitkäaikaista tehokkuutta ja luotettavuutta. Kaiken kaikkiaan tekoälyn ja tuulienergian yhdistäminen lisää tehokkuutta ja energian tuotantoa sekä edistää vähähiillistä tulevaisuutta, asettaen tuulienergian keskeiseksi osaksi globaalia siirtymää kohti kestäviä ja resilienttejä energiajärjestelmiä.

Tulokset osoittavat, että tekoäly voi merkittävästi parantaa merituulivoimahankkeiden projektinhallintaa. Tekoäly tarjoaa myös työkaluja ennakoivaan huoltoon ja riskienhallintaan. Johtopäätöksenä voidaan todeta, että tekoälyn hyödyntäminen merituulivoimahankkeissa voi lisätä projektien tehokkuutta ja luotettavuutta, edistäen samalla kestäväää energiantuotantoa.

Lähteet

- Ailisto, H. (2018). Tekoälyn käsitekartta. Teknologiatutkimuskeskus VTT Oy. Noudettu 2.4.2025 osoitteesta [https://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2158283/Tekoälyn%20käsitemkartta/a5c4b469-d8ae-4ce1-a5fc-f12981bae796](https://tietokayttoon.fi/documents/1927382/2158283/Teko%C3%A4lyn%20k%C3%A4sitekartta/a5c4b469-d8ae-4ce1-a5fc-f12981bae796)
- Ailisto, H., Heikkilä, E., Helaakoski, H., Neuvonen, A. & Seppälä, T. (2018). Tekoälyn kokonaiskuva ja osaamiskartoitus. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminta*. Noudettu 7.4.2025 osoitteesta <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/160925/46-2018-Tekoalyn%20kokonaiskuva.pdf>
- Akash, S. (2024). Top 10 Limitations of Artificial Intelligence. *Analytics Insight*. Noudettu 7.4.2025 osoitteesta <https://www.analyticsinsight.net/artificial-intelligence/top-10-limitations-of-artificial-intelligence>
- Bošnjaković, M., Martinović, M. & Đokić, K. (2025). Application of Artificial Intelligence in Wind Power Systems. *Applied Sciences*, 15(5), 2443. Noudettu 9.4.2025 osoitteesta <https://doi.org/10.3390/app15052443>
- Haverinen, L. Nyman, J. (28.11.2024). *Merituulivoima: globaalit mahdollisuudet ja haasteet, osa 1*. Energiaa-verkkolehti (VAMK). Noudettu 6.3.2025 osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2024112897394>
- Kerzner, H. ja Kerzner H.R. (2025). *Project Management: a Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Wiley. Noudettu 5.3.2025 osoitteesta <https://books.google.fi/books?id=JRIHEQAAQBAJ>
- Kerzner, H. Kerzner, H.R. (2013). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, John Wiley & Sons [rajattu pääsy].
- Kolari, J. Kallio, A. (23.3.2023). *Tekoäly 123: Matkaopas tulevaisuuteen*. Docendo. Noudettu 28.3.2025 osoitteesta [https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=-kf8EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=tekoäly&ots=qJPYyETPJk&sig=GDfrrTa7yINDsteB6UmaJJtb1u8&redir_esc=y#v=onepage&q=tekoäly&f=false](https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=-kf8EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=teko%C3%A4ly&ots=qJPYyETPJk&sig=GDfrrTa7yINDsteB6UmaJJtb1u8&redir_esc=y#v=onepage&q=teko%C3%A4ly&f=false)
- Mare Advisors. (2025). *Marine Experts Consulting Services*. Noudettu 5.3.2025 osoitteesta <https://www.mareadvisors.fi>

- MCS. (15.6.2020). *Projektin vaiheet ja elinkaari*. Noudettu 28.3.2025 osoitteesta <https://mcs.fi/projektin-vaiheet-ja-elinkaari/>
- Metsähallitus. (n.d.). *Merituulivoimahankkeiden vaiheet*. Noudettu 12.3.2025 osoitteesta https://www.metsa.fi/vastuullinen-liiketoiminta/tuulivoima/merituulivoimassa-suuret-mahdollisuudet/merituulivoimahankkeiden-vaiheet/?utm_source=chatgpt.com
- Morales, J. (10.3.2023). *Projektinhallinnan määritelmä, tyypit, taidot ja opetusohjelma*. MindOnMap. Noudettu 19.3.2025 osoitteesta <https://www.mindonmap.com/fi/blog/what-is-project-management/>
- Numminen, L. (2023). *Mikä on neuroverkko ja kuinka se toimii?* Finnishup.com. Noudettu 2.4.2025 osoitteesta <https://www.finnishup.com/mika-on-neuroverkko/>
- Numminen, L. (2023). *Mitä on syväoppiminen?* Finnishup.com. Noudettu 2.4.2025 osoitteesta <https://www.finnishup.com/mita-on-syvaoppiminen/>
- Ravikumar N. (2024). *7 WIND POWER AND AI: A DYNAMIC DUO FOR A SUSTAINABLE FUTURE*. Noudettu 9.4.2025 osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/377762320_7_WIND_POWER_AND_AI_A_DYNAMIC_DUO_FOR_A_SUSTAINABLE_FUTURE
- Reed, J. (21.8.2024). *Projektinhallinnan elinkaarivaiheet: Mitkä ovat vaiheet?*. Guru99. Noudettu 19.3.2025 osoitteesta <https://www.guru99.com/fi/initiation-phase-project-management-life-cycle.html>
- Rojewska, K. (2024). *Computer Vision in Practice: Real-World Applications in Life and Business*. Qtravel.ai blog. Noudettu 2.4.2025 osoitteesta <https://www.qtravel.ai/blog/computer-vision-computer-vision-examples-of-application-in-life-and-business/>
- SAP Finland. (n.d.) *Mitä koneoppiminen on?* Noudettu 1.4.2025 osoitteesta <https://www.sap.com/finland/products/artificial-intelligence/what-is-machine-learning.html>
- Severa. (5.2.2020). *Projektinhallinta-opas - näin teet projektinhallinnasta helppoa*. Noudettu 19.3.2025 osoitteesta <https://severa.fi/materiaalit/opas-projektinhallinta/>

- Shoushtari, F., Daghighi, A. & Ghafourian, E. (2024). Application of Artificial Intelligence in Project Management. *International Journal of Industrial Engineering and Operational Research*. Noudettu 16.2.2025 osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/Ali-Daghighi/publication/385943436_Application_of_Artificial_Intelligence_in_Project_Management/links/673d0c4fb94c451c11667c7d/Application-of-Artificial-Intelligence-in-Project-Management.pdf
- Srinivasaiah, B. (2024). Behavioral Health and Mental Health Services: Using AI to Improve Access and Quality of Care. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, Volume 13, p. 585–589. Noudettu 31.3.2025 osoitteesta https://www.researchgate.net/profile/Bharath-Srinivasaiah/publication/378936885_Behavioral_Health_and_Mental_Health_Services_Using_AI_to_Improve_Access_and_Quality_of_Care/links/672b814a5852dd723cad2a1e/Behavioral-Health-and-Mental-Health-Services-Using-AI-to-Improve-Access-and-Quality-of-Care.pdf
- Szeliski, R. (2022). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer International Publishing AG.
- Talaat, F., Kabeel, A. & Shaban, W. (2024). The role of utilizing artificial intelligence and renewable energy in reaching sustainable development goals. *Renewable Energy*, Volume 235 [rajattu pääsy].
- Tekoäly.info. (n.d.). *Mitä tekoäly on?* Noudettu 31.3.2025 osoitteesta https://tekoaly.info/mita_tekoaly_on/
- Tieturi. (6.2.2024). *Tekoälyn hyödyntäminen projektinhallinnassa*. Noudettu 13.2.2025 osoitteesta https://www.tieturi.fi/blogi/tekoalyn-hyodyntaminen-projektinhallinnassa/?utm_source=chatgpt.com
- WEF. (2016). *Top 9 Ethical Issues in Artificial Intelligence*. Noudettu 7.4.2025 osoitteesta <https://www.weforum.org/stories/2016/10/top-10-ethical-issues-in-artificial-intelligence/>

Wozniakowski-Zehenter, M. (2024). *Wind Farm Construction: How Does It Work Offshore*.

Identec Solutions. Noudettu 17.2.2025 osoitteesta <https://www.identecsolutions.com/news/wind-farm-construction-how-does-it-work-offshore>

Ympäristö. (n.d.) *Hallan merituulivoimahankkeen arviointiselostus Osa A Liite 23 Riski-*

matriisi - Merituulivoima. Noudettu 6.3.2025 osoitteesta <https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/Hallan%20merituulivoimahankkeen%20arviointiselostus%20Osa%20A%20Liite%2023%20Riskimatriisi%20-%20Merituulivoima.pdf>