



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Matias Kangas

# LAITEKULJETINJÄRJESTELMÄN MUUTOS

Tekniikka  
2025

## TIIVISTELMÄ

---

Tekijä	Matias Kangas
Opinnäytetyön nimi	Laitekuljetinjärjestelmän muutos
Vuosi	2025
Kieli	suomi
Sivumäärä	44 + 4 liitettä
Ohjaaja	Juho Pölönen

Opinnäytetyönä toteutettiin Danfoss Drivesille projekti, jonka tarkoituksena oli suunnitella ja toteuttaa laitekuljetinjärjestelmän muutos. Projektin tavoitteena oli lyhentää kuljettimen pituutta ja kääntää sen kulkusuunta, siirtää konenäkö sekä uudelleenreitittää mobiilialusta (AGV). Projekti oli kriittinen osa muutostyön kokonaisuutta, jossa tuotantolinjoja siirrettiin ja tiivistettiin. Tuotantolinjojen tarvitsemaa tilaa haluttiin optimoida, joten projektin toimenpiteet tuli toteuttaa myös kokonaisuuden kannalta parhaalla mahdollisella tavalla.

Laitekuljetinjärjestelmän eri osien toiminnan ymmärtämiseksi kerättiin tietoa kirjallisuuskatsauksella sekä kartoittamalla järjestelmän alkuperäinen tila. Keskeisiä menetelmiä olivat projektinhallinnan tekniikat ja työkalut, joiden avulla projektia vietin eteenpäin ja ratkaistiin haasteita. Näihin menetelmiin lukeutuivat muun muassa aikataulut, riskienhallinta ja tiivis yhteydenpito sidosryhmien kanssa.

Projekti eteni aikataulussa muutamista haasteista huolimatta. Riskienhallintasuunnitelman avulla haasteet pidettiin toteutumattomina tai toteutuessaan ne saatiin ratkaistua. Keskeisiä havaintoja olivat johtojen merkitsemisen tärkeys ja merkintöjen säilyttäminen, kunnes laite on todettu täysin toimivaksi. Lisäksi dokumentaation tärkeys korostui, sillä kuljetinjärjestelmään liittyvät olemassa olleet dokumentit olivat puutteellisia. Jatkokehityksenä laitekuljetinjärjestelmän toiminnasta luodaan kattava ohjeistus ja nykytila dokumentoidaan huolellisesti.

---

Avainsanat projektinhallinta, automaatio, kuljetinjärjestelmä, konenäkö, lean

## ABSTRACT

---

Author	Matias Kangas
Title	Modification of Device Conveyor System
Year	2025
Language	Finnish
Pages	44 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Juho Pölönen

The thesis was carried out as a project for Danfoss Drives with a purpose to plan and execute the modification of a device conveyor system. The objective of the project was to shorten the length and rotate the direction of the conveyor, relocate the machine vision unit as well as reroute the automated guided vehicle (AGV). The project was a critical part of the change management process where the production lines were moved and compressed. To optimize the required production space, all operations had to be implemented in the best possible way.

Information about the function of the device conveyor system was gathered with a literature review and by charting the original state of the conveyor system. The key methods were the techniques and the tools of project management which helped to execute the project and solve the challenges. The main methods were scheduling, risk management and close communication with the stakeholders.

The project proceeded on schedule despite a few challenges. With the help of the risk management plan, the potential challenges were either prevented or resolved upon occurrence. The main perceptions were the importance of marking the cables and keeping the markings until the device has been confirmed to be fully working. Additionally, the importance of documentation was emphasized as the existing documentation related to the conveyor system was insufficient. As further enhancements, comprehensive guidance on the function of the device conveyor system will be created and the present stage will be documented thoroughly.

---

Keywords project management, automation, conveyor system, machine vision, lean

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
1 JOHDANTO .....	7
2 DANFOSS .....	8
2.1 Historia .....	8
2.2 Danfoss Drives .....	9
2.3 Danfoss Vaasassa .....	11
3 TUOTANTOLINJAN TEKNOLOGIA .....	12
3.1 Staattisen sähkövarauksen purkautuminen (ESD) .....	13
3.2 Kuljetinjärjestelmä .....	15
3.3 Mobiilialusta (AGV) .....	18
3.4 Konenäkö .....	20
4 TUOTANNONOHJAUS .....	22
4.1 Lean .....	23
4.2 Projektinhallinta .....	25
4.3 Sidosryhmäanalyysi .....	27
4.4 Gantt-kaavio .....	28
4.5 Riskianalyysi .....	30
5 PROJEKTIN TOTEUTUS .....	33
5.1 Projektin sidosryhmäanalyysi .....	36
5.2 Projektin Gantt-kaavio .....	39
5.3 Projektin riskianalyysi .....	41
5.4 Projektin haasteet .....	44
6 YHTEENVETO .....	46
LÄHTEET .....	48
LIITTEET .....	51
LIITE 1. Laitepositointi .....	51
LIITE 2. Laitepositointi suurennos .....	51
LIITE 3. Sähköpiirustukset keskus .....	51
LIITE 4. Sähköpiirustukset kuljetin .....	51

## KUVAT

<b>Kuva 1.</b> Danfossin iC7-taajuusmuuttajat (Danfoss, n.d.-d).....	10
<b>Kuva 2.</b> Älyväännin (Flexible Assembly Systems, n.d.). .....	12
<b>Kuva 3.</b> EPA-alue merkintä (Yliselektronikka, 2020).....	14
<b>Kuva 4.</b> Turvakengät ESD-merkinnällä (IKH, n.d.). .....	15
<b>Kuva 5.</b> Laattakuljetin (Made in Britain, n.d.).....	18
<b>Kuva 6.</b> Danfossilla käytettävä AGV.....	19
<b>Kuva 7.</b> 3D-kuvaustekniikan rooleja tuotannossa (RoboAI, 2024)....	21

## KUVIOT

<b>Kuvio 1.</b> Danfoss Drives numeroina (Danfoss, n.d.-e). .....	11
<b>Kuvio 2.</b> 5S-prosessi (Liker, 2003, luku 13).....	24
<b>Kuvio 3.</b> Projektinhallinnan viisi vaihetta (Institute of Project Management, 2022-b). .....	26
<b>Kuvio 4.</b> Sidosryhmäanalyysin nelikenttä (Institute of Project Management, 2022-a). .....	28
<b>Kuvio 5.</b> Gantt-kaavio (TechTarget, 2021).....	30
<b>Kuvio 6.</b> Riskianalyysimatriisi (SolveXia, 2024). .....	32
<b>Kuvio 7.</b> Alkuperäinen pohjapiirustus.....	33
<b>Kuvio 8.</b> Uusi pohjapiirustus.....	34
<b>Kuvio 9.</b> Sidosryhmäanalyysin nelikenttä. ....	38
<b>Kuvio 10.</b> Gantt-kaavio. ....	40
<b>Kuvio 11.</b> Riskianalyysimatriisi. ....	42

## TAULUKOT

<b>Taulukko 1.</b> Riskienhallintasuunnitelma. ....	43
---	----

## LYHENTEET

3D	Three-dimensional eli kolmiulotteinen. Se viittaa kolmeen ulottuvuuteen: leveyteen, korkeuteen ja syvyyteen.
5S	Lean-ajattelun menetelmä, jolla vähennetään hukkaa.
AGV	Automated guided vehicle eli mobiilialusta, joka liikkuu itsestään ja kuljettaa laitteita paikasta toiseen.
ESD	Electrostatic discharge eli staattisen sähkövarauksen purkautumisesta johtuva ilmiö.
EPA	ESD protected area eli staattiselta sähköltä suojattu alue.
NDA	Non-disclosure agreement eli salassapitosopimus, jonka tarkoituksena on suojata luottamuksellista tietoa.
TPS	Toyota Production System eli Toyotan ainutlaatuinen ja joustava lähestymistapa valmistukseen.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyönä toteutettiin projekti Danfoss Drivesille laitekuljetinjärjestelmän muutoksesta. Tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kuljettimen pituuden lyhentäminen ja sen kulkusuunnan muuttaminen, konenäön siirtäminen sekä mobiilialustan (AGV) uudelleenreititys. Projektin muutostoimet suoritettiin ulkoisten resurssien avulla sellaisena ajankohtana, että tuotantokapasiteetin heikentymiseltä vältyttiin. Muutosprojektia suunniteltaessa tutkittiin vaihtoehtoja, miten kuljetin, konenäkö ja AGV saataisiin toimimaan parhaiten tuotantolinjojen muutosten kanssa. Tuotantolinjaa oltiin tiivistämässä pienempään tilaan vastaamaan Danfossin nykyisiä tarpeita, ja samalla tehtiin tilaa toiselle tuotantolinjalle. Tarvittavat materiaalit olivat uudessa pohjapiirustuksessa lähempänä käyttöpaikkoja, minkä arvioitiin sujuvoittavan tuotantolinjan toimintaa.

Jatkuvan parantamisen toteutumiseksi tuotantolinjojen tilankäyttö on optimoitava mahdollisimman tehokkaaksi. Tällöin tuotantopinta-alan tuottavuus maksimoidaan ja hukan syntymiseltä vältytään. Tämä projekti oli pääosassa laajemmassa muutoskokonaisuudessa. Opinnäytetyöprosessin aikana vastuullani oli johtaa laitekuljetinjärjestelmän muutosprojektia: vastasin muutosten suunnittelusta ja toteutuksesta sekä hallinnoin projektiin liittyviä resursseja ja aikataulutusta. Suunnitteluvaiheessa kartoitin laitekuljetinjärjestelmän alkuperäisen tilan, ulkoiset resurssit, muutoksen vaatimukset sekä tavoitetilan ja projektin aikaiset riskit.

Olen käyttänyt opinnäytetyössä Danfossin sisäistä tekoälysovellusta ideoinnin apuna kappaleiden nimeämisessä sekä tiedonhaussa joidenkin englanninkielisten lähteiden satunnaisten tekstien suomentamisessa. Danfossilla käytössä oleva sisäinen tekoälysovellus käyttää pohjanaan Azure OpenAI GPT-4o tekoälyä. Danfoss AI tarjoaa julkisen tiedon lisäksi Danfossin sisäistä tietoa eikä se pääse tekoälysovelluksen ulkopuolelle, joten tietosuojasta huolehtii tekoäly itse.

## 2 DANFOSS

Danfoss on tanskalainen yritys, joka toimii globaalisti kolmella eri liiketoimintaosa-alueella: Power Solutions, Climate Solutions ja Drives. Energiatehokkuus, koneiden tuottavuus, päästöjen vähentäminen ja sähköistämisen edistäminen ovat Danfossin tarjoamaa asiantuntijaosaamista asiakkaille, jotka haluavat vähentää hiilidioksidipäästöjä. Yksi Danfossin tärkeimpiä arvoja on kestävä kehitys, jonka myötä se on sitoutunut tekemään omasta globaalista toiminnastaan hiilineutraalia vuoteen 2030 mennessä. Se on osa Danfossin kolmivaiheista ohjelmaa: hiilidioksidipäästöjen leikkaaminen, kiertotalous ja DE&I (monimuotoisuus, yhdenvertaisuus ja osallisuus). Laatuun, luotettavuuteen ja innovaatioon sitoutunut Danfoss toimittaa laajan valikoiman erilaisia ratkaisuja ja tuotteita: esimerkiksi hydraulipumppuja, moottoreita, kompressoreja, venttiilejä, patteri- ja huonetermostaatteja, lämmönvaihtimia, pienjännitetaajuusmuuttajia ja kaapitettuja taajuusmuuttajia. (Danfoss, n.d.-a, 2025, n.d.-d.)

Danfoss-konserni työllistää 39 360 henkilöä maailmanlaajuisesti ja palvelee asiakkaitaan yli sadassa maassa. Suomessa Danfossin toiminnot työllistivät noin 1 100 henkilöä. Danfossin pääkonttori sijaitsee Tanskassa Nordborgissa, ja Suomessa yhtiön toimipisteitä on Helsingissä, Vaasassa, Tampereella, Lappeenrannassa ja Vantaalla. Danfoss-konsernin vuoden 2024 liikevaihto oli noin 9,7 miljardia euroa, ja liikevoitto 1,1 miljardia euroa. (Danfoss, 2025.)

### 2.1 Historia

Nykyisin Danfoss-nimellä tunnetun yrityksen perusti Mads Clausen vuonna 1933 Nordborgissa Tanskassa. Sen tärkeimpiä keksintöjä olivat termostaatit, painekeytkimet sekä jäähdytysjärjestelmän paisuntaventtiilit. Yrityksessä työskenteli 26 työntekijää vuonna 1939. Yrityksen kansainvälistyminen alkoi yhteistyöllä jakelijana toimineen

hollantilaisen Itho-Schiedamin kanssa. Aluksi yritys toimi nimellä Dansk Kølautomatik og Apparatfabrik, kunnes se uudelleennimettiin Danfossiksi vuonna 1946. Mads Clausen kuoli vuonna 1966, mutta hänen perintönsä jää elämään 305 patenttihakemuksen myötä, jotka olivat vuosilta 1965-1969. Mads Clausenin kuoleman jälkeen hänen vaimonsa Bitten Clausen nousi hallituksen puheenjohtajaksi ja oli samalla Tanskan ensimmäinen naispuheenjohtaja.

Danfoss aloitti taajuusmuuttajien massatuotannon VLT® 5 -nimisellä laitteella yli 5 000 työntekijän voimin vuonna 1968. Viime vuosikymmenien aikana Danfoss on hankkinut investointina lukuisia teknologiayrityksiä pysyäkseen kilpailijoidensa edellä. Vielä nykyäänkin Danfoss jatkaa rohkeilla investoinneilla huipputason teknologian ja ratkaisujen kehittämistä. (Danfoss, n.d.-b.)

## **2.2 Danfoss Drives**

Danfoss Drives on erikoistunut taajuusmuuttajien kehittämiseen, valmistukseen ja toimittamiseen. Taajuusmuuttaja on laite, joka ohjaa sähkömoottorin nopeutta. Näin saavutetaan muun muassa parempi prosessin ohjaus, moottorinohjaussovellusten vähäisempi mekaaninen rasitus, alhaisempi energiankulutus ja tehostunut energiantuotanto sekä erilaisten sähkömoottorisovellusten toiminnan optimointi. Taajuusmuuttajia voidaan hyödyntää myös uusiutuvien energialähteiden, kuten aurinko- tai tuulienergian muuntamiseen ja sen siirtämiseen sähköverkkoon tai hyödyntämiseen paikallisesti. Kuvassa 1 on Danfoss Drivesin uusin taajuusmuuttajatuoteperhe iC7. (Danfoss, n.d.-e.)



**Kuva 1.** Danfossin iC7-taajuusmuuttajat (Danfoss, n.d.-d).

Danfoss on taajuusmuuttajateknologian edelläkävijä ollessaan ensimmäinen taajuusmuuttajia massatuotantona valmistava yhtiö vuodesta 1968 lähtien. Kuvion 1 mukaan Danfoss Drivesin toiminnot työllistävät yli 4 700 taajuusmuuttajien asiantuntijaa yli 50 maassa. Danfossin arvion mukaan vuonna 2025 yli 5 miljardia ihmistä hyötyy Danfoss Drivesin tuotteiden tarjoamista eduista välittömästi tai välillisesti jokapäiväisessä elämässä. (Danfoss, n.d.-e.)



**Kuvio 1.** Danfoss Drives numeroina (Danfoss, n.d.-e).

### 2.3 Danfoss Vaasassa

Danfoss hankki taajuusmuuttajia valmistavan vaasalaisen Vacon Oyj:n osakkeista yli 90 % vuonna 2014 ja myöhemmin täyden 100 % omistuksen. Danfoss ja Vacon yhdistivät liiketoimintojaan hiljalleen vuoden 2015 aikana hyödyttäen molempien yritysten asiakkaita. Kaupasta huolimatta liiketoiminta jatkui kuten ennen, ja asiakkaita pidettiin ajan tasalla tehtävistä muutoksista. (VEM motors Finland, 2014.)

Vacon Oy perustettiin vuonna 1993 ja se toimi sillä nimellä, kunnes vuonna 2023 yhtiön nimi vaihtui Danfoss Drives Oy:ksi (Ilkka-Pohjalainen, 2023). Danfossin Vaasan toimipisteessä on Danfoss Drivesin tehdas, joten pääpaino on laitteiden valmistamisen lisäksi ohjelmisto- ja sovellusuunnittelussa sekä ohjaustekniikassa. Vaasassa työskentelee yhteensä 630 työntekijää, joista 70 keskittyy tuotekehitykseen. (Danfoss, n.d.-c.)

### 3 TUOTANTOLINJAN TEKNOLOGIA

Danfossin Vaasan tehtaam tuotantolinjoilla kytetaan monia erilaisia ratkaisuja helpottamaan kokoonpanoprosessia. Prosessien sujuvuus vaikuttaa suoraan esimerkiksi tuotannon tehokkuuteen ja työntekijoiden ergonomiaan. Tasmallisella prosessin noudattamisella minimoidaan turvallisuusriskit seka kokoonpano- ja laatuvirheiden mahdollisuus.

Esimerkki kokoonpanoprosessin tehostamisesta on alvaannin. Se on elektronisesti ohjattu momenttiavain, joka mahdollistaa tarkan kiristysmenetelman. Kuvassa 2 on samankaltainen alvaannin kuin Danfossilla kytossa oleva. Alvaantimelle voi maarittaa halutun momentin ja toleranssirajat, joiden sisalla momentin tulee olla. Vaannin pysahtyy automaattisesti ja sytyttaa vihrean valon saavutettuaan halutun momentin. Vaihtoehtoisesti syttyy punainen valo virheellisen momentin merkiksi. Kiristyksien dataa voidaan tallentaa ja analysoida, mika on hyodyllista jaljitettavyiden seka laadunvalvonnan kannalta.



**Kuva 2.** Alvaannin (Flexible Assembly Systems, n.d.).

Työpisteiden ergonomiaa ja toimivuutta on pyritty parantamaan sähkösäätöisillä työtasoilla, joten tuotantolinjalla voi työskennellä ergonomisesti pituudesta riippumatta. Tuotantolinjoilla työskennellään pääosin aina seisten, koska silloin laitteiden yksityiskohdat ovat paremmin näkyvillä. Sähköisten työtasojen mukana säätyy myös hylly, jossa laitteiden kokoonpanoon tarvittavat komponentit sijaitsevat.

Työpisteillä käytetään myös kirkkaussäädettävää valaistusta, sillä tarvittavan valon määrä on hyvin yksilöllistä. Kokoonpanija voi säätää kirkkauden itselleen sopivaksi helposti työpisteeltä löytyvällä painikkeella. Oikea kirkkaus on tärkeää ergonomian kannalta, sillä liian kirkas valo rasittaa silmiä ja himmeä valaistus voi heikentää laitteiden yksityiskohtaista tarkastelua.

### **3.1 Staattisen sähkövarauksen purkautuminen (ESD)**

Tuotantolinjoilla kiinnitetään erityistä huomiota turvallisuuteen. ESD-suojauksesta pidetään huolta, sillä tuotannossa käsitellään herkkiä elektroniikkakomponentteja. ESD:llä (Electrostatic discharge) tarkoitetaan staattisen sähkövarauksen purkautumisesta johtuvaa ilmiötä. ESD:n ilmenemisen kipinästä pystyy näkemään, mutta useimmiten purkaus on näkymätön. Esimerkiksi lika ja kosteus saattavat vaikuttaa staattisen sähkövarauksen suuruuteen. Varausten purkautumiset voivat vahingoittaa elektroniikkakomponentteja, ja siksi ESD-suojauksesta pidetään hyvin tärkeänä teknologiateollisuudessa. Purkautumisia voidaan välttää johtamalla varaus maadoitukseen tai maatasoon varausta poistavilla materiaaleilla. (Yleiselektronikka, 2020.)

EPA-alue (ESD protected area) tarkoittaa staattiselta sähköltä suojattua aluetta. EPA-alueen maadoitusverkko on toteutettu maadoittamalla kaikki johtavat materiaalit ja työntekijät, joten nopeita potentiaalimuutoksia ei pääse syntymään. EPA-alueella sijaitsevan työpisteen alustana käytetään johtavaa lattiaa tai mattoa. Lisäksi

30-40 % ilmankosteus estää staattisten sähkövarauksien syntymisen. Kuvassa 3 näkyvä merkintä ilmoittaa EPA-alueen alkamisesta. (Yleiselektronikka, 2020.)



**Kuva 3.** EPA-alue merkintä (Yleiselektronikka, 2020).

EPA-alueella oleskellessa henkilösuojaukseen käytetään ESD-merkinnällisiä suojarusteita. Tällaisia varusteita ovat varausta poistavat turvakengät, rannekkeet sekä sähköä pois kehosta johtavia kuituja sisältävät työtakit ja käsineet. Ranneketta käytetään vain, jos työskennellään istuen. Kuvassa 4 on esimerkki ESD-merkinnästä turvakengissä. ESD-työkalut (muun muassa pihdit ja harjat) sisältävät johtavia materiaaleja. Näillä kaikilla suojautumiskeinoilla on mahdollista estää hallitsemattomat sähkövarauksen purkautumiset ja elektroniikkakomponenttien vioittuminen sekä taata myös työntekijöiden turvallisuus. (Yleiselektronikka, 2020.)



**Kuva 4.** Turvakengät ESD-merkinnällä (IKH, n.d.).

### 3.2 Kuljetinjärjestelmä

Kuljetinjärjestelmä on nopea ja tehokas käsittelyjärjestelmä, joka siirtää materiaaleja ja kuormia automaattisesti. Kuljetinjärjestelmän käyttö muun muassa minimoi työturvallisuusriskit ja inhimilliset virheet sekä alentaa työvoimakustannuksia. Kuljetus tapahtuu joko hihnalla, pyörillä, teloilla tai ketjuilla. (6 River Systems, 2023.)

Manuaaliset varasto- ja kuljetusratkaisut eivät enää pysty vastaamaan nykyaikaisten yritysten vaatimuksiin. Tästä syystä monet teollisuudenalan yritykset ovat ottaneet automaattiset kuljetinjärjestelmät käyttöön. Kuljetinjärjestelmät säästävät työntekijöiden aikaa siirtämällä materiaaleja tai laitteita esimerkiksi eri työpisteiden välillä. Niiden avulla voidaan liikuttaa myös esineitä, jotka ovat liian painavia tai suuria käsin siirrettäviksi. Täten työturvallisuus parantuu, työ on ergonomisempaa ja poissaoloja aiheuttavilta vammoilta vältytään. Kuljetinjärjestelmät on suunniteltu hyödyntämään lattiatilaa mahdollisimman tehokkaasti, ja pystysuuntaista tilankäyttöä optimoidaan monitasoisilla järjestelmillä. Kuljetinjärjestelmien

joustavuus mahdollistaa järjestelmän mukauttamisen muuttuviin tuotantovaatimuksiin sekä olemassa oleviin järjestelmiin. Kuljetinjärjestelmät voivat pienentää myös kustannuksia monin tavoin, kuten minimoimalla tuotantovahinkoja ja lyhentämällä työntekijöiden materiaalinkäsittelyyn käyttämää aikaa. (6 River Systems, 2023; AutoStore, 2023.)

Kuljetinjärjestelmiä on olemassa erilaisia, ja jokaisella on oma käyttötarkoituksensa. Erilaisia kuljetinjärjestelmiä ovat muun muassa hihna-, rulla-, laatta-, kuula-, tärinä-, ruuvi- ja magneettikuljettimet. Kuljetinjärjestelmä koostuu useista komponenteista, ja tarkat osat vaihtelevat järjestelmän tyyppin mukaan. (6 River Systems, 2023; AutoStore, 2023.)

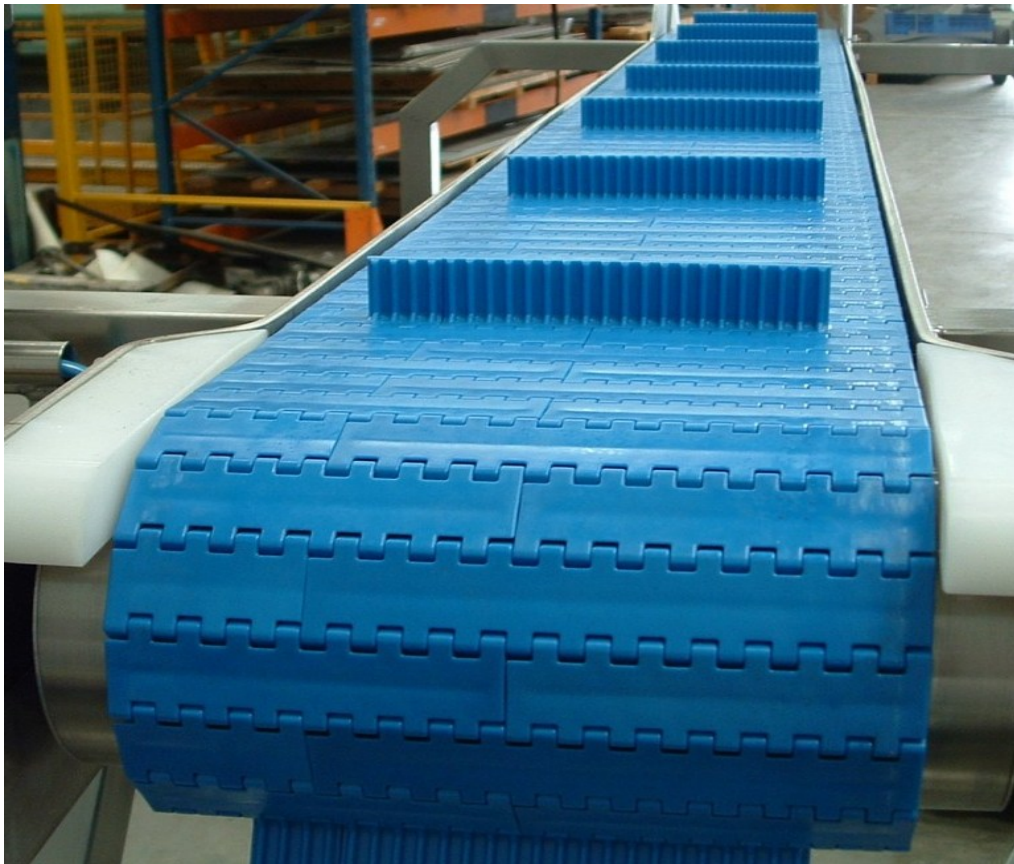
Kuljetinhihna on järjestelmän pääkomponentti, joka liikkuu rullien tai hihnapyörien päällä. Joissakin kuljetinratkaisuissa hihnan sijaan käytetään laattoja tai levyjä. Rullat ohjaavat materiaalien liikettä kuljetinhihnalla, ja ne voivat olla joko moottoroituja tai moottoroimattomia. Ne kiinnitetään yleensä kehikkoon joko yksittäin tai ryhmissä, jolloin niiden muodostamat rullapisteet tukevat kuormaa. Vaihtoehtoisesti hihnapyörät ohjaavat kuljettimen liikettä. Jokaisessa kuljettimessa on vähintään kaksi hihnapyörää, joista vähintään yksi on moottoroitu. Toinen hihnapyöristä voi olla vapaasti pyörivä eli moottoroimaton. (6 River Systems, 2023; AutoStore, 2023.)

Kuljetinhihnan liikkeeseen tarvittava voima tuotetaan tyypillisesti sähkömoottorilla, ja joissakin tapauksissa moottorin nopeutta voidaan säädellä taajuusmuuttajilla. Mitä enemmän kuljettimen päällä on painoa, sitä enemmän se vaatii energiaa toimiakseen. Laakerit vähentävät kitkaa ja osien kulumista sekä ovat kuljetinjärjestelmän keskeisiä osia tukien kaikkia pyöriviä akseleita. Tukirullat ovat moottoroimattomia rullia, jotka auttavat hihnapyöriä tukemaan kuljetinhihnan painoa. Lisäksi tukirullien tehtävä on vähentää kitkaa

sekä varmistaa hihnan oikea linjaus. (6 River Systems, 2023; AutoStore, 2023; Marasová ja muut, 2022, s. 60.)

Kuljetinjärjestelmässä antureita käytetään tunnistamaan ja seuraamaan esineiden liikettä kuljetinhihnalla. Ne mahdollistavat järjestelmän tarkan hallinnan ja automatisoinnin. Ketjut puolestaan auttavat järjestelmää materiaalin kuljettamisessa, ja ne koostuvat metallisista tai muovisista yhteenliitetyistä lenkeistä. Ketjuja on saatavilla erityyppisiä erilaisiin kuljettimiin ja käyttötarkoituksiin. Ohjausjärjestelmät hallitsevat kuljetinjärjestelmän kaikkea toimintaa, ja siihen yleensä kuuluvat keskusohjauspaneeli, ohjelmoitavat logiikkaohjaimet ja ohjelmistot. Niiden avulla järjestelmän suorituskykyä voidaan säädellä ja valvoa. (6 River Systems, 2023; AutoStore, 2023.)

Projektissa on kyseessä laattakuljettimista koostuva kuljetinjärjestelmä. Laattakuljettimet käyttävät laattapintoja ja ketjujärjestelmää esineiden siirtämiseen kuljettimella. Niitä voidaan käyttää esimerkiksi kokoonpanolinjalla tuotantoprosesseissa, joissa osia työstetään kuljettimen päällä. Laattapinnat kiinnitetään alapuolelta erityisillä kiinnikkeillä ketjuun, jota liikutellaan sähkömoottorilla. Kuvassa 5 näkyviä kiinnikkeitä on saatavilla asennettavaksi laattapintoihin. Ne mahdollistavat esimerkiksi tilan jakamisen tai sujuvan kokoonpanolinjan ergonomisella työskentelykorkeudella. Teolliset laattakuljettimet voivat toimia joko jatkuvassa liikkeessä tai vaihteeltaisesti pysähtyä ja käynnistyä, kun tuote siirtyy anturien avulla seuraavaan kohtaan. Ne sopivat hyvin robottien lataus- ja purkutoimintoihin sekä oikein suojattuina yhteistyöhön ihmisen kanssa samalle kokoonpanolinjalle. Projektin kuljetinjärjestelmä koostuu 14 kuljettimesta, joista 11 kappaletta on pituudeltaan 2,5 metriä ja 3 kappaletta on pituudeltaan 1,25 metriä. Kuvassa 5 on esimerkki samankaltaisesta laattakuljettimesta kuin Danfossin Vaasan tehtaalla. (Ultimation, n.d.)



**Kuva 5.** Laattakuljetin (Made in Britain, n.d.).

### **3.3 Mobiilialusta (AGV)**

AGV (automated guided vehicle) on automaattiohjattu kuljetusjärjestelmä, joka kuljettaa tavaraa ja materiaaleja paikasta toiseen kuten kuljetinkin. AGV on kuitenkin paljon tehokkaampi ratkaisu tilankäytön kannalta kuin kuljetin, sillä se ei vie kiinteää lattiatilaa läheskään yhtä paljon. AGV pystyy liikkumaan itsenäisesti ilman kuljettajaa sille määritellyjä reittejä, kunhan sen toimintaympäristö on hallittavissa. Niiden navigointijärjestelmiä ovat muun muassa magneettinauhat, laser- ja optinen navigointi sekä GPS. AGV:itä käytetään usein tehtävissä, joita trukit, kuljettimet tai manuaaliset kärryt yleensä hoitavat. AGV:itä on olemassa erilaisia, esimerkiksi trukki-AGV kuljettaa tavaraa lavoilla hyllyyn tai hakee hyllystä. Toinen esimerkki on raskaan kuorman kuljettajat, jotka on varusteltu

käsittelmään raskaita laitteita tai komponentteja. Kuvan 6 hinnalla varustettu AGV on käytössä Danfossin Vaasan tehtaalla. (AutoStore, 2024.)



**Kuva 6.** Danfossilla käytettävä AGV.

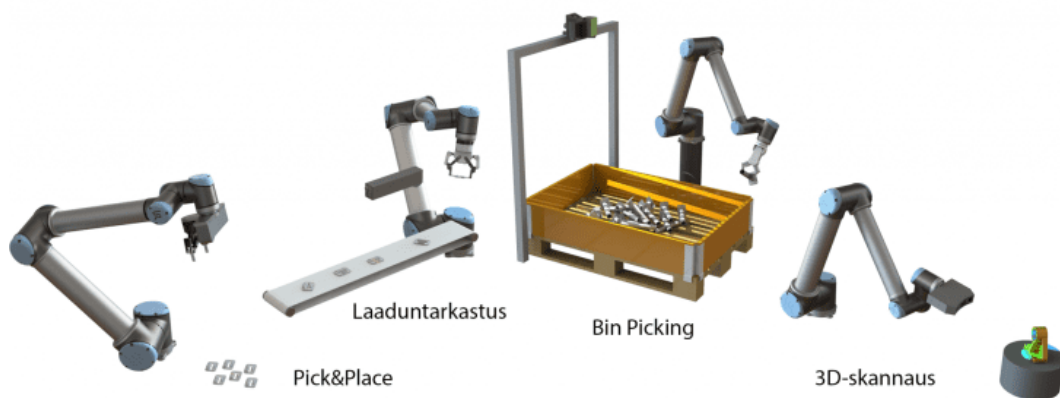
AGV:itä voidaan siis käyttää monenlaisissa teollisuuden sovelluksissa. Raaka-aineiden, kuten muovin, metallin tai kemikaalien, kuljetuksessa AGV:t ovat käteviä ratkaisuja teollisuusympäristöissä. AGV:itä käytetään myös tuotteiden eri valmistusvaiheiden väliseen liikutteluun tai komponenttien varastosta hakemiseen, jolloin tavarantoimen virtaus on optimaalisinta. Valmiiden tuotteiden liikuttelu pakkaus- ja varastointialueille onnistuu AGV:ltä kätevästi ilman vaurioitumisriskiä. AGV:itä hyödynnetään myös varastonhallintajärjestelmien yhteydessä tavaroiden kuljettamiseen vastaanottoalueelta varastopaikoille tai varastosta käyttöpaikoille. (AutoStore, 2024.)

AGV:t ovat hyvin tärkeitä laitteita teollisuuden prosessien nopeuttamisessa ja sujuvoittamisessa. Ne muun muassa vähentävät työvoimakustannuksia, kohentavat prosessien turvallisuutta ja tarkkuutta, lisäävät tuottavuutta ja parantavat työntekijöiden ergonomiaa. AGV:iden käytössä on haittapuoliakin. Ne sopivat huonosti tehtäviin, joissa toimintaympäristö tai tilanteet muuttuvat jollain tavalla. AGV:t on ohjelmoitu tekemään tiettyä tehtävää, joten esteen tullen se pysähtyy paikoilleen eikä esimerkiksi yritä kiertää sitä. AGV:t ovat herkkiä pölylle eli sensorit on pidettävä puhtaana, jotta jatkuva toiminta voidaan taata. Jotkin AGV:t tarvitsevat myös enemmän tilaa varastoissa, sillä niiden kääntösäde voi olla AGV:n tyypistä riippuen jopa suurempi kuin perinteisten trukkien. (AutoStore, 2024.)

### **3.4 Konenäkö**

Konenäköteknologioita on mahdollista hyödyntää lähes kaikkeen visuaaliseen tarkastukseen ja tunnistukseen. Konenäkölaitteisto voi koostua yksinkertaisimmillaan vain kamerasta ja tietokoneen analysointiohjelmasta. Tarpeiden mukaan järjestelmään voi muun muassa lisätä valaistusta tai suunnitella monipuolisia analyysimenetelmiä. (RoboAI, 2024.)

Konenäköä on käytetty jo vuosikymmeniä laaduntarkastuksessa ja kappaleiden paikantamisessa. Konenäön hyödyntäminen kappaleen poimintapisteen tunnistamiseen säästää kalliiden mekaanisten ratkaisujen hankinnalta. Viime aikoina konenäön 3D-kuvaustekniikka on myös kehittynyt, minkä ansiosta laaduntarkastuksessa robotti pystyy poimimaan epämääräisessä asennossa tai järjestyksessä olevia kappaleita aina oikealla tavalla. Kuvassa 7 havainnollistetaan, miten robotteja voi käyttää muun muassa laaduntarkastuksessa. (RoboAI, 2024.)



**Kuva 7.** 3D-kuvaustekniikan rooleja tuotannossa (RoboAI, 2024).

Konenäkö voi perustua joko perinteisiin konenäön laitteisiin ja analysointityökaluihin tai tekoälyyn, kuten syväoppimismenetelmien käyttöön. Perinteisillä analysointityökaluilla tarkoitetaan yksiselitteisiä tilanteita, joissa järjestelmä mittaa esimerkiksi kappaleiden sivujen pituuksia. Syväoppimisjärjestelmät opetetaan mallikuvien avulla tunnistamaan kappaleen oikeat ja väärät piirteet. Syväoppimisjärjestelmä saattaa pohjautua satoihin tai jopa tuhansiin opetuskuviin riippuen kohteen monimutkaisuudesta. Teollisuudesta löytyy paljon kohteita, joissa konenäön hyödyntäminen vauhdittaa prosessia tai se on jopa ainoa toimiva ratkaisu. (RoboAI, 2024.)

## 4 TUOTANNONOHJAUS

Tuotannonohjauksella tarkoitetaan tuotannon päivittäistä prosessia, jolla ohjataan ja optimoidaan tuotteiden valmistusta ja sen osakokonaisuuksia. Näitä osakokonaisuuksia ovat tilauskanta, materiaalihankinta, varastointi, logistiikka ja laitteet sekä niiden käyttäjät. Tuotannonohjaus siis ulottuu tuotteen myynnistä valmiin tilauksen toimitukseen asti. Tilaukskannan kasvaessa yrityksessä täytyy myös parantaa tuotantoprosessia päivittämällä toimintamalleja. Tuotannonohjauksella mahdollistetaan tuotannosuunnittelu ja optimointi, joiden avulla huomataan tuotannon rajoitteet ja vähennetään hukkaa. (Fikuro, 2023-a.)

Tuotannosuunnittelu on pitkän aikavälin ennakoivaa suunnittelua. Sillä varmistetaan, että tuotannon kapasiteetti on aina tehokkaassa käytössä. Tuotannosuunnittelun tavoite on tehokas tilaus-toimitusketju. Sillä tarkoitetaan työntekijöiden ja materiaalien olemista oikeissa paikoissa oikeaan aikaan, jolloin vältetään kalliit virhearviot ja muu hukka. Tärkeä osa tuotannosuunnittelua on myös tuotannon pohjapiirustus, jolla tarkoitetaan laitteiden, materiaalien ja henkilöiden fyysistä sijoittumista. Se pyritään toteuttamaan aina mahdollisimman tehokkaasti säilyttäen samalla turvallisuus hyvällä tasolla. (Fikuro, 2023-b.)

Työjono on kätevä työkalu työpisteiden toiminnan seuraamiseen. Sen avulla tehtäviä voi priorisoida tai osoittaa eri työpisteille. Työjonojen suunnittelulla pystytään myös tehostamaan tuotantoa eli vähentämään hukkaa. Työjonon läpinäkyvyydellä saavutetaan tuotannon tehostumisen lisäksi myös parempi kommunikaatio. Työjonon lisäksi tarvitaan muun muassa tiedossa olevat myynti- ja ostotilaukset sekä työkortit, jotka kertovat tilattujen tuotteiden kappalemäärät ja aikataulut. Nämä kaikki yhdessä muodostavat varastoennusteen, jonka avulla tiedetään tuotteiden ja niiden materiaalien varastosaldomuutokset lähitulevaisuudessa. Kun työjonossa oleva

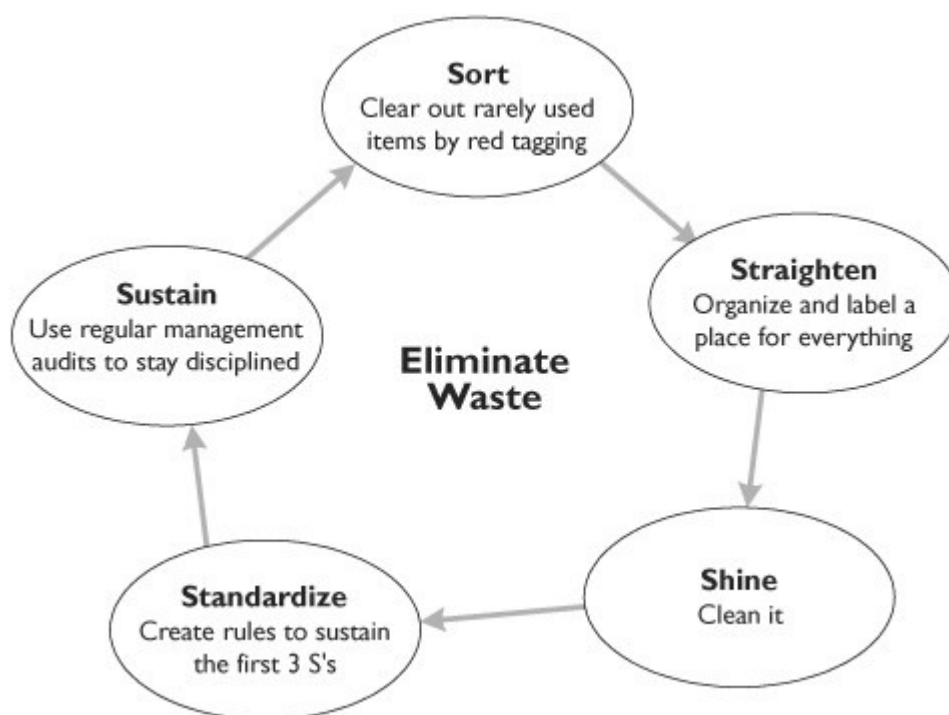
työkortti merkitään tehdyksi, varastosaldot päivittyvät ajan tasalle. Varastoennuste ja materiaaltarvelaskenta helpottavat tuotannosuunnittelua, sillä niiden avulla tiedetään milloin, mitä ja kuinka paljon resursseja on käytettävissä. (Fikuro, 2023-b.)

#### **4.1 Lean**

Lean-ajattelu on James Womackin ja Daniel Jonesin mukaan viisiaskelinen prosessi: asiakasarvon määrittäminen, arvovirran määrittäminen, sen tekeminen virtaavaksi, imuohjaus asiakkaalta ja erinomaisuuteen pyrkiminen. Useimmat yritykset ovat toteuttaneet Lean-ajattelua melko pinnallisesti ja syynä on liika keskittyminen työkaluihin, kuten 5S ja just-in-time. Leanin ymmärtäminen kokonaisvaltaisena järjestelmänä ja ylimmän johdon osallistuminen päivittäisiin asioihin sekä jatkuvaan parantamiseen usein puuttuvat. Lean-ajattelu pohjautuu pitkälti Toyota Production Systemiin eli TPS:ään, joka on Toyotan ainutlaatuinen lähestymistapa valmistukseen. TPS:n toiminnan avain on joustavuus, sillä läpimenoaikoja lyhentämällä ja pitämällä tuotantolinjat joustavina saavutetaan korkeampi laatu, asiakasvaste ja tuottavuus sekä tehokkaampi laitteiston ja tilan hyödyntäminen. TPS:n perustaja Taiichi Ohno tiivistä Lean-valmistuksen: "Katsomme vain aikajanaa siitä hetkestä, kun asiakas tekee tilauksen siihen asti, kun keräämme rahat. Ja lyhennämme sitä aikajanaa poistamalla arvoa tuottamattoman hukan." (Liker, 2003, luku 1.)

TPS on enemmän kuin työkaluja ja tekniikoita. Se on kulttuuri, joka on riippuvainen ihmisistä ja heidän halustaan kehittää työtään. Työntekijöillä on oltava halu ratkaista ongelmia, ja ajaa jatkuvaa parannusta eteenpäin. Yksi Leanin tärkeimpiä työkaluja on kuitenkin 5S, joka tulee japanin kielen sanoista seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke. Jeffrey Liker on kääntänyt 5S:n kirjassaan englanniksi: sort, stabilize, shine, standardize, sustain. Suomeksi se tarkoittaa: lajittele, järjestä,

puhdista, standardoi, ylläpidä. 5S on sarja toimintoja, jotka poistavat hukkaa, kuten ylimääräistä materiaalivarastointia ja tarpeetonta liikkumista. Hukka voi aiheuttaa usein virheitä ja loukkaantumisia. Viides S (ylläpidä) on vaikein, sillä se vaatii sitoutunutta johtoa, asianmukaista henkilöstön koulutusta ja kulttuuria, joka luo parannusten ylläpitämisestä tavanomaisen käytöksen. Hukan poistaminen aloitetaan lajittelemalla tavarat päivittäin tarvittaviin ja harvoin käytettäviin. Seuraavaksi kaikille tärkeille osille ja työkaluille luodaan niille kuuluvat paikat. Yleisimmin käytetyt esineet tulee olla mahdollisimman lähellä työntekijää. Huolenpito puhtaudesta varmistaa, että kaikki pysyy siistinä ja paikoillaan joka päivä. Kuvio 2 havainnollistaa 5S-prosessia, ja siitä voidaan päätellä, että toimiakseen 5S vaatii jatkuvaa ylläpitoa eli sen vaiheiden toistamista. (Liker, 2003, luku 13.)



**Kuvio 2.** 5S-prosessi (Liker, 2003, luku 13).

## 4.2 Projektinhallinta

Projektinhallinta on erilaisten tietojen, taitojen, työkalujen ja tekniikoiden yhdessä muodostama menetelmä. Sillä hallitaan tehtäviä, joiden avulla saavutetaan projektin tavoitteet. Projektin tehtävät vaativat edetäkseen resursseja, kuten rahaa, aikaa ja työvoimaa. Projektinhallinnassa pyritään optimoimaan resurssien käyttö eli yksinkertaisesti saavuttamaan tavoitteet mahdollisimman pienillä kustannuksilla ja niin nopeasti kuin mahdollista. (Institute of Project Management, 2022-b.)

Projektinhallinnassa on viisi vaihetta, jotka toteutuvat jokaisessa projektissa. Kuviossa 3 näkyvät vaiheet: alullepano, suunnittelu, toteutus, seuranta ja kontrollointi sekä päätös. Alullepanon aikana varmistetaan, että projekti tuottaa lisäarvoa yritykselle. Tässä vaiheessa tarpeelliset sidosryhmät ja projektin kriteerit kartoitetaan sekä tehdään sidosryhmäanalyysi. Toinen vaihe eli suunnittelu koostuu muun muassa resurssien tarkemmasta järjestelystä, budjetoinnista ja aikataulutuksesta. Myös Gantt-kaavion luonti ja riskianalyysi ovat osa suunnitteluvaihetta. Kolmantena on itse projektin toteutus, jolloin edetään suunnitelmien mukaisesti ja seurataan työtehtävien etenemistä. Lisäksi toteutuksen laatua arvioidaan jatkuvasti. Projektin toteutuksen jälkeen alkaa projektin seuranta ja kontrollointi, jolloin projektin toteutumista arvioidaan sekä mahdollisiin haasteisiin puututaan. Ennen viimeistä vaihetta projektin kaikki työtehtävät ovat valmistuneet ja olennaiset prosessit on saatu päätökseen. Projektin päätöksessä luovutetaan kaikki projektiin liittyvä dokumentaatio asianomaiselle taholle ja projekti todetaan päättyneeksi. (Institute of Project Management, 2022-b.)



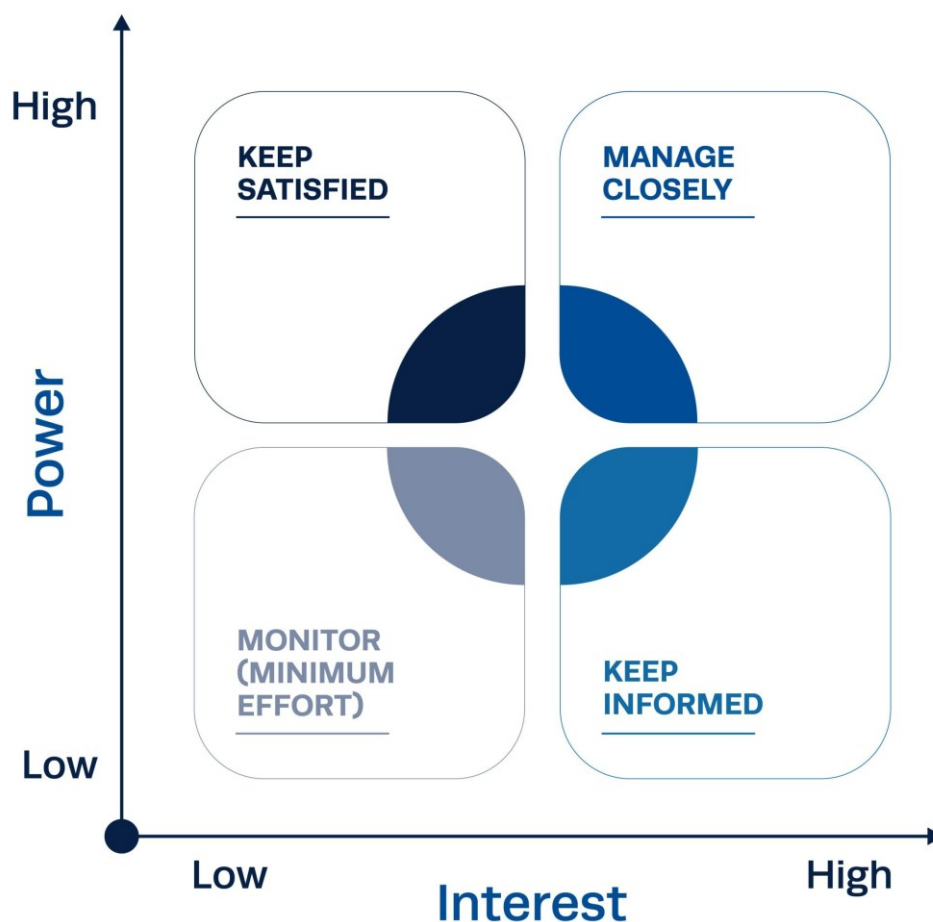
**Kuvio 3.** Projektinhallinnan viisi vaihetta (Institute of Project Management, 2022-b).

Projektinhallinnalla on monia hyötyjä yrityksen toiminnalle. Tehokkuutta saadaan parannettua optimoimalla resurssien käyttöä. Kustannussäästöt ovat usein ammattimaisten projektinjohtajien ja asianmukaisten työkalujen yhdistelmällä saavutettuja. Projektinhallinnalla on myös positiivisia vaikutuksia yrityksen yhteisöllisyyteen, sillä projektitiimien jäsenet toimivat tiiviissä yhteistyössä. Projektinhallintamenettelyt sisältävät tehtävien tiukan valvonnan ja laadunvarmistuksen, joilla taataan paras mahdollinen lopputulos annetussa budjetissa ja aikataulussa. Projektinhallinnan korkeilla laatustandardeilla taataan myös asiakastyytyväisyys. Hukan minimoiminen vähentää virheitä, joten samalla tuotteiden laatu paranee. Ongelmia nousee esiin projektin eri vaiheissa, ja ne vaativat kriittistä huomiota sekä luovia ratkaisuja. Projektipäällikkö kartoittaa jatkuvasti projektin mahdollisia riskejä ja varmistaa, että niiden vaikutukset voidaan minimoida tai välttää. (Institute of Project Management, 2022-b.)

### 4.3 Sidosryhmäanalyysi

Projekteissa on tärkeää tunnistaa tarvittavat tukihenkilöt, sillä kaikki käytettävissä olevat resurssit vaikuttavat projektin kulkuun. Projektin sidosryhmät koostuvat muun muassa henkilöistä, tiimeistä, organisaatioista ja asiakkaista. Kaikki, joita projektin eteneminen tai lopputulos koskee, kuuluvat johonkin sidosryhmään. Sidosryhmiä on olemassa erityyppisiä ja niillä voi olla ristiriitaisia näkemyksiä, joita tulee hallita ja ottaa huomioon. (Lucidchart, n.d.)

Sidosryhmien pitäminen tyytyväisenä ja ajan tasalla on tärkeää projektin etenemisen kannalta. Sidosryhmäanalyysissä on kolme vaihetta: sidosryhmien tunnistaminen, priorisointi ja asenteiden ymmärtäminen. Sidosryhmäanalyysi auttaa projektin toteuttamisessa olennaisissa asioissa, ja siksi sitä nimitetäänkin usein projektin kivijalaksi. Keskeisiltä sidosryhmiltä voi saada arvokasta tietoa tai lisäresursseja projektin toteuttamiseksi menestyksekkäästi. Sidosryhmiä säännöllisesti osallistamalla rakennetaan luottamusta, mikä voi näkyä kommunikoinnin parantumisena tai apuna myöhemmissäkin projekteissa. Säännöllinen palautteen saaminen sidosryhmiltä auttaa ennakoimaan tulevien projektien vaatimuksia, mikä voi nopeuttaa hyväksynnän saamista seuraaville projekteille. Sidosryhmät voidaan jakaa neljään kategoriaan heidän kiinnostuksensa ja vaikutusvaltansa tasojen perusteella. Kuviossa 4 nämä kategoriat näkyvät sidosryhmäanalyysin nelikentässä, joka tunnetaan englanniksi nimellä "Power-Interest Grid". Sidosryhmien sijoittuminen nelikentän eri kategorioihin määrittää sen, miten usein kommunikoidaan ja millaista informaatiota jaetaan. (Lucidchart, n.d.)



**Kuvio 4.** Sidosryhmäanalyysin nelikenttä (Institute of Project Management, 2022-a).

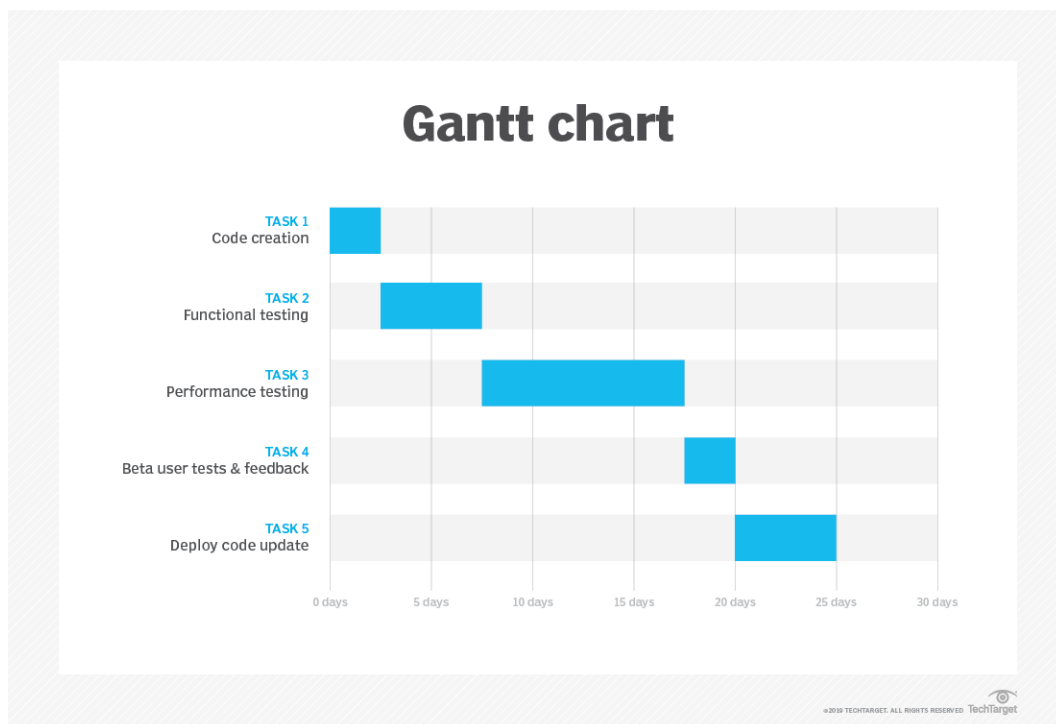
#### 4.4 Gantt-kaavio

Gantt-kaavio on vaakasuora pylväskaavio, jota käytetään projektinhallinnassa. Se esittää projektin visuaalisesti ajan kuluessa. Gantt-kaaviot näyttävät tyypillisesti aikajanan ja projektin tilan sekä kunkin tehtävän vastuuhenkilön. Projektinhallinnassa Gantt-kaaviota käytetään projektin aikatauluttamiseen, edistymisen seuraamiseen ja resurssien jakamiseen. Gantt-kaavio mahdollistaa monimutkaisten projektien yksinkertaistamisen seurattavaksi suunnitelmaksi, joka sisältää tehtävien vastuiden jakautumisen, tiedon tehtävien alkamisesta

ja päättymisestä, tehtävien riippuvuuden toisiinsa, projektin työn etenemisen sekä koko projektin aikataulun. (TeamGantt, n.d.)

Gantt-kaaviota käytetään projektinhallinnassa, koska se auttaa projektin sidosryhmiä ymmärtämään projektin kokonaiskuvan ja tarvittavat resurssitarpeet. Se tarjoaa alusta loppuun näkymän projektin aikajanasta, jolloin on mahdollista seurata tehtävien etenemistä reaaliajassa. Gantt-kaaviossa on myös helppoa huomata projektin viivästyksien tai muiden aikataulumuutosten vaikutus. Selkeä viestintä on välttämätöntä projektissa ja ilman sitä riskinä on aikataulun venyminen ja kustannusylitykset. Resurssienhallinnan kannalta Gantt-kaavio helpottaa ymmärtämään saatavilla olevat resurssit. Nopealla silmäyksellä saa selville kenellä on kapasiteettia ottaa vastaan tehtäviä. (TeamGantt, n.d.)

Gantt-kaaviota luodessa on otettava huomioon muutama asia. Kaikki työtehtävät on tunnistettava ja listattava, aikajana on järjestettävä projektin keston määrittämiseksi, keskeiset päivämäärät lisättävä, tehtävien riippuvuus toisistaan tunnistettava, resurssit jaettava sekä kaaviota on seurattava ja päivitettävä projektin edetessä. Kuviossa 5 on esimerkki Gantt-kaaviosta, jossa myös havainnollistuu tehtävien riippuvuus toisistaan. (TeamGantt, n.d.)



**Kuvio 5.** Gantt-kaavio (TechTarget, 2021).

## 4.5 Riskianalyysi

Projekteissa on olemassa monenlaisia riskejä, jotka voivat vaikuttaa projektin kulkuun. On olennaisen tärkeää tehdä riskianalyysi, sillä sen avulla projektiriskeistä voidaan luokitella ja määrittää ne riskit, joita tulee seurata tarkasti. Riskianalyysi auttaa selvittämään mahdollisten riskien epävarmuuden ja niiden vaikutuksen projektin aikatauluun, laatuun ja kustannuksiin, jos ne toteutuisivat. (ProjectManager, 2023.)

Riskien analysoinnissa on kolme asiaa, jotka tulee ottaa huomioon: riskin todennäköisyys, riskin vaikutus ja riskialtistus. Nämä asiat voidaan arvioida laadullisella ja määrällisellä tavalla. Riskin todennäköisyyden arviointiin ei ole tarkkaa tiedettä, mutta analysoimalla aiempia samankaltaisia projekteja voidaan määrittää, onko riskin todennäköisyys pieni vai suuri. Riskit saattavat vaikuttaa projektiin monin tavoin, muun muassa aiheuttamalla taloudellista haittaa, resurssien hallinnan vaikeuksia tai aikataulun viivästymisiä.

Riskien vaikutuksen voi yksinkertaisesti määrittää vaikutustasoittain: merkityksetön, kohtalainen tai merkittävä. Riskialtistus yhdistää riskin todennäköisyyden ja vaikutuksen yhteen kaavaan, jonka avulla määritetään valmius mahdollisen riskin ottamiseen. (ProjectManager, 2023.)

Riskianalyysin tekeminen koostuu neljästä päävaiheesta: riskien tunnistaminen, riskien arviointi, riskienhallintasuunnitelman luominen ja riskien seuranta projektin loppuun asti. Riskienhallintasuunnitelman toteuttaminen on yhtä tärkeää kuin sen luominenkin. Näiden vaiheiden avulla on mahdollista kerätä kaikki projektin tärkeimmät riskeihin liittyvät työkalut. (ProjectManager, 2023.)

Riskianalyysimatriisi luokittelee riskit tärkeysjärjestykseen havainnollistamalla niiden todennäköisyyttä ja vakavuutta. Riskianalyysimatriiseja voi olla erikokoisia riippuen siitä, kuinka tarkasti riskit halutaan luokitella. Kuviossa 6 on esimerkki riskianalyysimatriisista kolmivaiheisella asteikolla. Sen tarkoitus on auttaa luomaan riskienhallintasuunnitelma, joka on myös osa riskianalyysiä. Riskienhallintasuunnitelmassa määritetään asianmukaiset resurssit ja ratkaisut riskien lieventämiseksi tai poistamiseksi. (ProjectManager, 2023.)

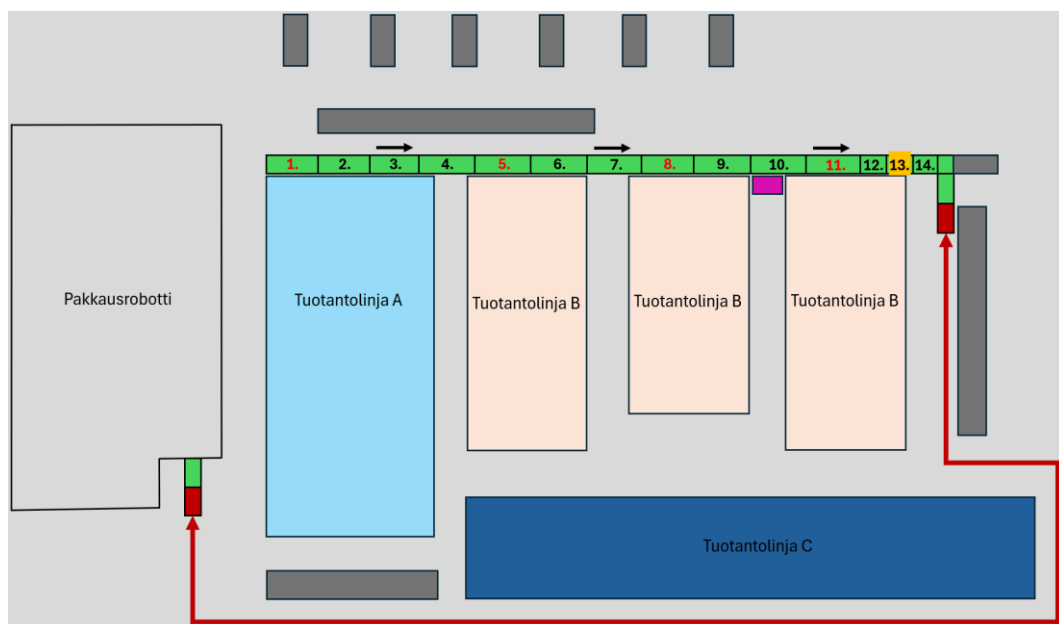
A risk analysis matrix with Probability on the vertical axis and Impact on the horizontal axis. The vertical axis has three levels: High (3), Medium (2), and Low (1). The horizontal axis has three levels: 1 Low, 2 Medium, and 3 High. The matrix cells contain risk scores and are color-coded: green for scores 1 and 2, yellow for scores 3 and 4, and red for scores 6 and 9.

High 3	3	6	9
Medium 2	2	4	6
Low 1	1	2	3
	1 Low	2 Medium	3 High

**Kuvio 6.** Riskianalyysimatriisi (SolveXia, 2024).

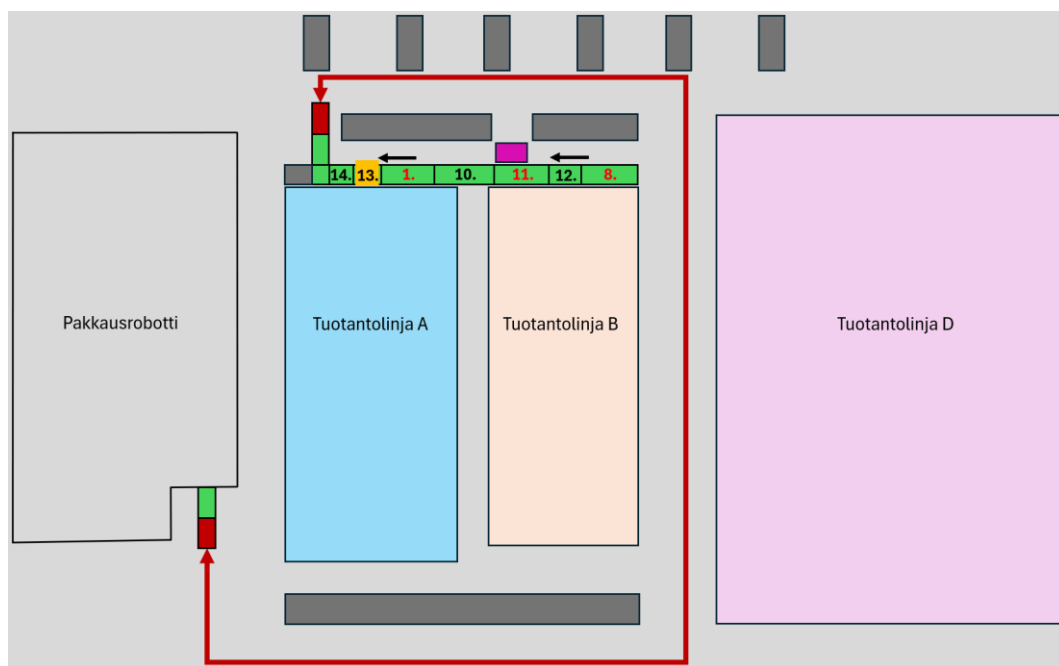
## 5 PROJEKTIN TOTEUTUS

Projektia varten oli varattu jokaiselle arkipäivälle yhden tunnin mittainen palaveri. Muutaman kerran palaveri venyi yliajalle, ja joskus vastaavasti palaveri pidettiin lyhyenä tai nähtiin tarpeettomaksi, jos käsiteltäviä asioita tai tilannepäivityksiä ei ollut. Projektin suunnitteluvaiheen alussa punnittiin kahta eri toteutusvaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kuljetin olisi siirretty tuotantolinja C:n myötäisesti. Tuotantolinja A:n viereinen käytävä olisi jouduttu sulkemaan kokonaan pois käytöstä, sillä kuljetin olisi vienyt laitteet suoraan pakkausrobotille, jolloin AGV:lle ei olisi enää ollut käyttöä. Toinen vaihtoehto oli kuljettimen lyhentäminen ja pysyminen nykyisellä paikallaan sekä AGV:n kulkema reitti olisi melko saman kaltainen. Molemmissa vaihtoehdoissa kuljettimen kääntö oli kuitenkin 180 astetta. Kuviossa 7 on havainnollistettu alkuperäinen tila yksinkertaistettuna kuvana. Kuljetin on merkittynä vihreällä, AGV ja sen kulkema reitti punaisella, konenäkö oranssilla, keskus magentalla ja kuormalavahyllyt harmaalla. Tuotantolinja B:n kapasiteetin supistusta varten alettiin vertailla vaihtoehtojen vahvuuksia ja heikkouksia.



**Kuvio 7.** Alkuperäinen pohjapiirustus.

Projektissa päätettiin edetä toisella vaihtoehdolla eli lyhentää kuljettimen pituutta ja kääntää kuljettimen kulkusuunta nykyisellä paikalla. Tärkeimpiä syitä päätökselle olivat nopeampi ja projektin aikatauluun sopeutuva toteutus, nykyisten automaattiratkaisujen käyttäminen ilman suuria muutoksia tai uusia hankintoja, korkeampien kustannusten välttäminen kuljettimen siirtämisestä ja tuotantolinjojen totaalisesta uudelleenjärjestelystä sekä pakkausrobotin ja tuotantolinja A:n välisen käytävän säilyttäminen. Kuviossa 8 on havainnollistettu uutta pohjapiirustusta, jossa kuljetinta on lyhennetty ja suunta muutettu. Kuvioden 7 ja 8 numerot tarkoittavat kuljettimien numeroita järjestyksessä. Punaiset numerot merkitsevät sitä, että kuljettimessa on hätä seis -painike.



**Kuvio 8.** Uusi pohjapiirustus.

Toteutustavan päättämisen jälkeen alkoi resurssien kartoitus projektia varten. Kuljettimen lyhennystä ja kääntöä varten oli hankittava ulkoisia resursseja, sillä sisäiset resurssit olivat samaan aikaan varattuja

muutoskokonaisuuden muissa tehtävissä. Sen takia valittiin kolme eri toimijaa kilpailutusta varten. Kuljettimen logiikka- ja ohjelmamuutoksia varten valittiin Danfossin pitkäaikainen, vastaavan alan ulkoinen resurssi. Konenäköä varten haettiin konenäköohjelman tehnyt ulkoinen resurssi varmuuden vuoksi, jos ongelmia ilmenisi jostain syystä. AGV:n uudelleenreititys oli yksinkertaisesti teetettävä sen valmistajan toimesta. Danfossilta ei löydy sisäistä osaamista AGV:n reitin muuttamiseen, koska sitä ei olla koettu tarpeelliseksi. Sisäisen osaamisen puute voi olla heikkous, mutta joskus osaaminen on järkevämpää tai kustannustehokkaampaa ostaa ulkoisilta toimijoilta.

Ulkoisten resurssien kartoittamisen jälkeen jatkoon valittujen sidosryhmien kanssa oli tarpeen tavata paikan päällä kuljetinjärjestelmän tarkempaa tutkimista varten. Jotta ulkoiset toimijat pääsivät tarkastelemaan tuotannon prosesseja tarkemmin, oli NDA:n eli salassapitosopimuksen oltava voimassa yrityksiä välillä. Sopimus solmittiin kaikkien potentiaalisten ulkoisten resurssien kanssa, jonka jälkeen sovittiin erilliset tapaamisajankohdat. Tapaamisissa kerrottiin kuljetinjärjestelmän toiminnallisia ja mekaanisia yksityiskohtia sekä tarpeet ja vaatimukset tavoitteiden saavuttamiseksi. Sidosryhmät lähettivät tarjouksensa omista osuuksistaan, ja kuljettimen logiikan sekä AGV:n osalta tarjoukset hyväksyttiin, sillä niitä pidettiin järkevinä. Konenäköä varten haettua ulkoista resurssia pidettiin ajan tasalla projektin edetessä aikataulun suhteen. Kuljettimen lyhennyksen ja siirron kilpailutuksen lopputulos päättyi halvimman hinnan tarjoajaan, ja lisäksi kyseisessä yrityksessä oli jo aiempaa kokemusta Danfossin saman kuljettimen siirrosta.

Aikataulut suunniteltiin ja toteutettiin sidosryhmien antamien työmääräarvioiden pohjalta. Kuljettimen logiikkaa varten varattu ulkoinen resurssi toimitti aikataulun mukaisesti kuljettimen siirtoon ja kaapelien merkitsemiseen tarvittavat piirustukset (liitteet 1, 2, 3, 4). Aikataulu piti projektin aikana paikkansa melko hyvin, sillä tuotannon ylläpito pystyi purkamaan tuotantolinjoja suunnitellusti ja ulkoiset

resurssit toimivat ammattitaitoisesti. Aikatauluun oli varattu joustovaraa, sillä projektin valmistumisen takaraja oli viikko 16. Projekti katsottiin valmiiksi 4.4 sen jälkeen, kun kuljetinjärjestelmä oli otettu uudelleen käyttöön ja todettu toimivaksi testaamalla sitä aamu- ja iltavuorossa normaalin käytön mukaisesti.

AGV:n uudelleenreititys oli suunniteltu toteutettavaksi 24.4-30.4 välisenä aikana. Opinnäytetyön aika kuitenkin loppui sen kannalta hieman kesken. Ulkoinen resurssi oli suunniteltu suorittamaan työtehtävä, joka sisälsi AGV:n ensisijaisen ja vaihtoehtoisen reitin opettamisen sekä ohjelmoimisen. Opinnäytetyön kannalta projekti katsottiin kuitenkin valmiiksi, sillä kuljetinjärjestelmän muut osa-alueet toimivat jo suunnitellusti.

## **5.1 Projektin sidosryhmäanalyysi**

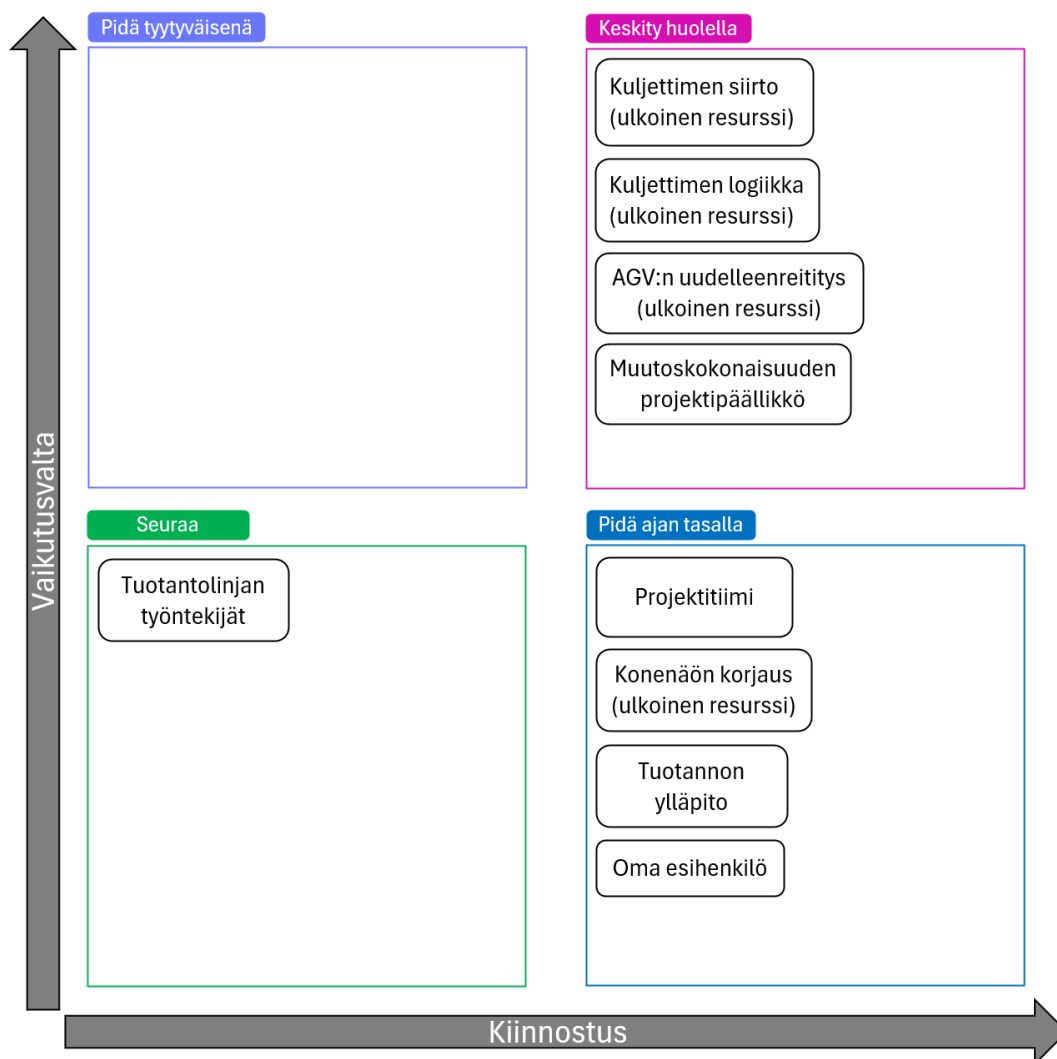
Projektin sidosryhmäanalyysiä tehdessä oli käytävä läpi kolme vaihetta kuten kappaleessa 4.3 mainitaan. Ensimmäisessä vaiheessa oli mietittävä ja tunnistettava kaikki henkilöt, joita projekti tai sen tulos koskettaa. Sidosryhmät jaettiin kahteen pääryhmään: ulkoisiin ja sisäisiin. Ulkoisiin sidosryhmiin kuuluivat kuljettimen ja koneäön siirrosta vastaava yritys, kuljettimen logiikasta vastaava yritys, AGV:n uudelleenreitityksestä vastaava yritys ja konenäön mahdollisesta korjauksesta vastaava yritys. Sisäisiin sidosryhmiin kuuluivat muutoskokonaisuuden projektipäällikkö, tuotantolinjan työntekijät, projektitiimi, tuotannon ylläpito ja oma esihenkilö.

Toisessa vaiheessa oli priorisoitava sidosryhmät heidän vaikutusvaltansa ja kiinnostuksen tason mukaan. Projektin muutoksien eteen töitä tekivät muutamat erilliset ulkoiset resurssit, joilla kullakin oli oma vastualueensa. Koneäön korjaukseen varauduttiin resurssilla etukäteen tavoitteena minimoida mahdollisen vikatilän vaikutus projektin aikatauluun. Koneäön korjaukseen varattua resurssia pidettiin projektin edetessä vain ajan tasalla. Muiden ulkoisten

resurssien vaikutus projektin kulkuun oli kriittisessä osassa, ja kiinnostuksen osalta myös tärkeä pitää ajan tasalla kaikissa projektin vaiheissa, joten ne sijoitettiin "Keskity huolella" -kategoriaan. Sisäisistä sidosryhmistä muutoskokonaisuuden projektipäälliköllä on yleensä vastuu ja oikeus olla tietoinen kaikista projektin kriittisistä asioista. Laitetekniikanjärjestelmän muutos oli projektikokonaisuuden kriittinen osuus, joten projektipäällikköä tuli informoida kriittisistä päätöksistä. Hänellä oli oikeus hyväksyä tai hylätä tehdyt ehdotukset, joten sijoitus "Keskity huolella" -kategoriaan oli selkeä. Tuotantolinjan työntekijöihin projekti vaikutti muutosten toteuttamisen aikana tuotantolinjojen siirtelyyn ja muiden erityisjärjestelyjen muodossa. Myös projektin lopputulos vaikutti heidän työskentelyynsä projektin jälkeen. Tuotantolinjan työntekijöille ilmoitettiin aina, kun projektissa oli tehty joitakin merkittäviä päätöksiä, joten nelikentässä he sijoittuivat "Seuraa" -kategoriaan. Projektitiimi, konenäön korjauksesta vastaava yritys, tuotannon ylläpito ja oma esimies sijoittuivat "Pidä ajan tasalla" -kategoriaan, sillä heillä ei ollut varsinaista vaikutusvaltaa laitekuljetinjärjestelmän muutosprojektissa, mutta oli silti tärkeää tiedottaa kaikista kriittisistä päätöksistä ja tapahtumista projektin aikana.

Vaiheessa kolme tuli pohtia sidosryhmien asenteita projektia kohtaan. "Keskity huolella" -kategorian sidosryhmillä on taloudellista kiinnostusta projektiin, mikä sitouttaa heitä projektiin positiivisesti. Heitä motivoi rahallinen palkkio ja projektin saattaminen maaliin. "Seuraa" -kategorian sidosryhmillä on kiinnostusta projektin lopputuloksen käytännöllisyyteen. Heitä motivoi antaa toteutukseen liittyviä parannusehdotuksia, joilla voi olla laatua, ergonomiaa tai tehokkuutta lisäävää arvoa. "Pidä ajan tasalla" -kategorian sidosryhmillä on projektia kohtaan operatiivista eli resursseihin ja tehokkuuteen liittyvää kiinnostusta. Heitä motivoi projektin saattaminen maaliin ja resurssien käyttäminen tehokkaasti.

Kolmivaiheisen sidosryhmäanalyysin jälkeen sidosryhmät sijoituivat 4.3 kappaleessa mainittuun nelikenttään. Kuvio 9 havainnollistaa projektin sidosryhmien sijoittumista sidosryhmäanalyysin nelikenttään. Sidosryhmäanalyysin jälkeen on hyvä myös harkita kommunikaatiosuunnitelman tekemistä. Tässä projektissa sidosryhmillä oli selkeät vastualueet ja tarpeet sidosryhmäanalyysin ansiosta, joten kommunikaatiosuunnitelma päätettiin jättää tekemättä. Sidosryhmien kanssa oltiin yhteydessä aina, kun kummalla tahansa osapuolella oli kysyttävää tai tärkeää tietoa jaettavana.



**Kuvio 9.** Sidosryhmäanalyysin nelikenttä.

## 5.2 Projektin Gantt-kaavio

Gantt-kaaviota käytettiin projektissa resurssien aikatauluttamiseen ja niiden seuraamiseen. Luvussa 4.4 mainittujen vaiheiden mukaan ensiksi kaikki työtehtävät oli tunnistettava ja listattava. Projektin työtehtäviksi yksilöitiin kuljettimen sähköpiirustuksien päivittäminen, AGV:n uuden reitin suunnittelu, kuljettimen logiikan uuden ohjelman tekeminen, kuljettimen kaapelien merkitseminen, kuljettimen lyhennys sekä kuljettimen ja konenäön fyysinen siirto, muutoksien tekeminen kuljettimen logiikan ja operointipaneelin ohjelmiin, kuljettimen logiikan uuden ohjelman käyttöönottoaminen, viereisen tuotantolinjan rakentaminen sekä AGV:n uudelleenreititys. AGV:n kulkeman reitin ympäristön täytyy olla muuttumaton, joten aikataulussa oli otettava huomioon myös tuotantolinja D:n rakentaminen.

Projektin aikajana oli järjestettävä projektin keston määrittämiseksi eli huomioitava ensimmäisen työtehtävän aloitus ja viimeisen työtehtävän päätyminen. Ensimmäinen työtehtävä "kuljettimen sähköpiirustuksien päivittäminen" aloitettiin 10.03.2025, sillä vasta sen jälkeen kuljettimen palaset ja kaapelit saatiin merkittyä. Viimeinen työtehtävä oli "AGV:n uudelleenreititys", jonka suunniteltiin päättyvän 30.04.2025. Lisäksi Gantt-kaavioon lisättiin tunnistetut työtehtävät ja niiden aika-arviot.

Seuraavaksi oli tunnistettava työtehtävien riippuvuus toisistaan ja järjestettävä ne. Tämä oli osittain jo tehty, sillä suurin osa projektin tehtävistä oli suoritettava tietyssä järjestyksessä, että päästiin tekemään seuraavaa tehtävää. Sähköpiirustukset oli päivitettävä ennen kuljettimen kaapelien merkitsemistä. Kuljettimen kaapelien merkitseminen oli puolestaan oltava tehtynä ennen kuljettimen lyhennystä sekä kuljettimen ja konenäön fyysistä siirtoa. Muutoksien tekeminen kuljettimen logiikkaan ja operointipaneelin ohjelmiin oli riippuvainen siitä, että kuljettimen palaset sekä keskus oli saatu paikoilleen, jotta kuljettimeen voitiin kytkeä sähkö ja todeta se toimivaksi. Viereisen tuotantolinjan rakentamista päästiin aloittamaan

vasta, kun siihen vapautui resursseja muista projekteista. Tuotantolinja D:n kuormalavahyllyjen rakentaminen oli valmistuttava ennen AGV:n uudelleenreititystä, sillä AGV tarvitsee hyllyistä tukipisteitä toimiakseen. Resurssit oli jaettu jo valmiiksi työtehtävien mukaan, sillä käytössä oli sisäisten resurssien lisäksi ulkoisia resursseja eri tehtäviä varten. Projektissa oli tarkoituksella joustovaraa resurssihukalta välttymiseksi.

Viimeiseksi vaiheeksi jäi kaavion aktiivinen seuranta ja päivityksien tekeminen tarpeen tullen. Kuviossa 10 on projektin Gantt-kaavio, joka valmistui vaiheiden läpikäynnin avulla. Kaaviota oli helppo seurata projektin aikana, sillä aikajana oli selkeästi näkyvillä toimenpiteiden kohdalla. Lisäksi värien käyttäminen helpotti pysymään ajan tasalla kaikkien eri resurssien työkuormasta. Kaavioon on merkitty tummemmalla värillä, jos työtehtävä valmistui etuajassa, jolloin päivää ei käytetty. Vaaleammalla värillä on merkitty, jos työtehtävä on aloitettu suunniteltua aiemmin tai sitä ei ollut suunniteltu etukäteen.

Toimenpiteet	Gantt-kaavio - Laitekuljetinjärjestelmän muutos																																					
	MAALISKUU														HUHTIKUU																							
	11 Ma	11 Ti	11 Ke	11 To	11 Pe	12 Ma	12 Ti	12 Ke	12 To	12 Pe	13 Ma	13 Ti	13 Ke	13 To	13 Pe	14 Ma	14 Ti	14 Ke	14 To	14 Pe	15 Ma	15 Ti	15 Ke	15 To	15 Pe	16 Ma	16 Ti	16 Ke	16 To	16 Pe	17 Ma	17 Ti	17 Ke	17 To	18 Ma	18 Ti	18 Ke	
Kuljettimen sähköpiirustuksien päivittäminen																																						
AGV:n uuden reitin suunnittelu																																						
Kuljettimen logiikan uuden ohjelman tekeminen																																						
Kuljettimen kaapeli merkittäminen																																						
Kuljettimen lyhennys sekä kuljettimen ja konenäön fyysinen siirto																																						
Muutoksien tekeminen kuljettimen logiikan ja operointipaneelin ohjelmiin																																						
Kuljettimen logiikan uuden ohjelman käyttöönotto																																						
Viereisen tuotantolinjan rakentaminen																																						
AGV:n uudelleenreititys																																						

**Kuvio 10.** Gantt-kaavio.

### 5.3 Projektin riskianalyysi

Riskianalyysi on yksi projektin kivijaloista, joka auttaa pitämään käytettävät resurssit ja aikataulun suunnitelmien mukaisena. Riskianalyysin tekemisessä on neljä vaihetta kuten luvussa 4.5 on mainittu. Riskianalyysissä kootaan mahdolliset riskit yhteen paikkaan, jolloin niitä on helpompi hallita.

Ensimmäisessä vaiheessa eli riskien tunnistamisessa pohdittiin projektin mahdollisia riskitilanteita. Listattiin ja numeroitiin riskit, jotka voivat vaikuttaa projektin kulkuun: 1. kuljettimen logiikka ei toimi, 2. kuljettimen sähköt on kytketty väärin, 3. dokumentointi tai merkitseminen on hoidettu huonosti, 4. AGV ei mahdu kääntymään noutopaikalle, 5. konenäkö ei toimi siirron jälkeen, 6. laitteiden manuaalisen tarkastuksen virheet, 7. kommunikaatio-ongelmien ilmeneminen, 8. väärinkäsitykset projektin tavoitteista, 9. kriittisten resurssien puuttuminen sekä 10. projektin viivästymisen uhka.

Toisessa vaiheessa arvioidaan riskien vaikutus ja todennäköisyys. Näiden tietojen perusteella priorisoidaan riskit. Mitä korkeampi riskin vaikutus tai todennäköisyys on, sitä suurempaa huomiota se vaatii. Kuvion 11 riskianalyysimatriisiin on sijoitettu tunnistetut riskit mahdollisimman realistisesti. Riskit 1, 2, 5 ja 7 sijoituivat vihreille alueille eli niillä voi olla vain pieni vaikutus projektiin. Riskit 3, 4, 6 ja 8 sijoituivat keltaisille alueille, jolloin niitä kannattaa tarkkailla projektin aikana. Riskit 9 ja 10 sijoituivat punaisille alueille, joten niihin on kiinnitettävä huomiota ja varauduttava hyvin.

<b>Todennäköisyys</b>	suuri		9	
	kohtalainen	1 2	3 6	10
	pieni	5	7	4 8
Riskianalyysi- matriisi		merkityksetön	kohtalainen	merkittävä
		<b>Vaikutus</b>		

**Kuvio 11.** Riskianalyysimatriisi.

Kolmannessa vaiheessa tehdään riskienhallintasuunnitelma, jossa määritellään kaikille tiedostetuille riskeille toimenpiteet, jotta riskien toteutumiselta vältyttäisiin. Projektin aikataulu oli osittain joustava, joten se helpotti riskienhallintaa ja pienensi riskien toteutumisen todennäköisyyttä. Taulukossa 1 on listattu kaikki projektin tiedostetut riskit, niiden vaikutukset sekä toimenpiteet, joilla niiltä vältytään.

**Taulukko 1.** Riskienhallintasuunnitelma.

<b>Riskienhallintasuunnitelma</b>			
ID	Riski	Vaikutus	Toimenpiteet
1	Kuljettimen logiikka ei toimi.	Laitteiden manuaalista siirtelyä on jatkettava, kunnes vika on korjattu.	Vältetään huolellisella dokumentoinnilla ja kaapelien merkitsemisellä. Varaudutaan ongelmatilanteeseen sisäisellä resurssilla.
2	Kuljettimen sähköt on kytketty väärin.	Laitteiden manuaalista siirtelyä on jatkettava, kunnes vika on korjattu.	Vältetään huolellisella dokumentoinnilla ja kaapelien merkitsemisellä. Varaudutaan ongelmatilanteeseen sisäisellä resurssilla.
3	Dokumentointi tai merkitseminen on hoidettu huonosti.	Kuljettimen siirron aikataulu venyy.	Vältetään sopimalla, miten toimitaan ja aikataulussa on joustovaraa.
4	AGV ei mahdu kääntymään noutopaikalle.	Projekti viivästyy.	Vältetään suunnittelemalla AGV:n telakoituminen tarkasti etukäteen.
5	Konenäkö ei toimi siirron jälkeen.	Laitteita täytyy tarkistaa manuaalisesti suunniteltua pidempään.	Vältetään merkitsemisellä ja aikataulussa on joustovaraa.
6	Laitteiden manuaalisen tarkistuksen virheet.	Laatu voi heikentyä, sillä kokoonpanija ei huomaa virheitä yhtä varmasti kuin konenäkö.	Vältetään käyttämällä visuaalisen tarkistuksen sovellusta, jossa kokoonpanijaa ohjataan tarkistamaan laitteen eri kohtia.
7	Kommunikaatio-ongelmien ilmeneminen.	Puutteellinen viestintä voi johtaa väärinkäsityksiin.	Vältetään sopimalla selkeä viestintätapa ja -alusta.
8	Väärinkäsitykset projektin tavoitteista.	Epäselvyys voi johtaa virheellisiin odotuksiin tai tuloksiin.	Vältetään varmistamalla kaikilta sidosryhmiltä, että projektin tavoitteet on selkeästi määritelty.
9	Kriittisten resurssien puuttuminen.	Projekti voi viivästyä riippuen siitä, mikä resurssi puuttuu.	Vältetään varautumalla vararesurssilla.
10	Projektin viivästymisen uhka.	Aikataulu venyy jonkun resurssipuutteen tai muun ongelman takia.	Vältetään realistisella aikataululla ja aikataulun joustavuudella, seuraamalla projektin edistymistä säännöllisesti ja tekemällä korjaustoimenpiteet ajoissa.

Neljäs vaihe on toteuttaa taulukon 1 riskienhallintasuunnitelman toimenpiteet ja seurata riskejä projektin aikana. Riskit otettiin huomioon heti projektin alusta lähtien. Riskien toteutumiselta ja niiden vaikutuksilta pyrittiin välttymään. Riskien toteutuessa toimittiin suunnitelman mukaisesti.

#### **5.4 Projektin haasteet**

Kuten jokaisessa projektissa, niin tässäkin oli omat haasteensa, jotka oli ratkaistava. Projektin suunnitteluvaiheessa oli otettava huomioon kuljettimen palasten uusi järjestys pitäen mielessä, että moottorit eivät saaneet osua samalle kohdalle tuotantolinjojen työpisteiden pöydänjalkojen kanssa. Tämä ratkaistiin vaihtamalla yksi 1,25 metrin kuljetin uudessa järjestyksessä toiseksi. Loput palaset sijoitettiin hätä seis -painikkeiden kannalta olennaisille paikoille. Lisäksi keskus päätettiin pitää samalla etäisyydellä konenäöstä, että voitiin käyttää samoja kuljettimien moottorien kaapeleita.

Kuljettimen siirron aikana ilmeni virhe sähköpiirustuksissa: yhtenäisen väylän moduuli oli merkitty 1. kuljettimen kylkeen, mutta johto lähti keskuksesta vastakkaiseen suuntaan. Tilanne ratkaistiin kiinnittämällä paikalle toinen moduuli, jonka johdon pituus oli sopiva ja moduulien paikat muutettiin myös logiikkaan. Vaikeuksia oli myös antureiden johdoissa, sillä niiden pituuksia ei ollut huomioitu sähköpiirustuksissa. Ongelma saatiin nopeasti ratkaistua hyödyntämällä ylimääräisten kuljettimien antureiden johtoja. Kuljettimen logiikkamuutosten aikana ilmeni myös, että jotkin kuljetinjärjestelmän johdot oli kytketty väärin, sillä AGV:n hakualusta ei lähtenyt käymään automaattisesti kuten ennen. Vastuussa oleva ulkoinen resurssi palasi selvittämään ongelmaa yhteistyössä sisäisen resurssimme kanssa. Tähän liittyi vielä lisähaaste, sillä liitännät merkinnyt ja kytkenyt henkilö oli sairastunut, mutta onneksi toinen paikalla ollut henkilö pääsi sijaistamaan häntä. Ongelman selvittely vaati laitteidenlajittelijan ja AGV:n hakualustan ohjelmiin

perehtymistä, jotta vika saatiin paikannettua. Lopulta selvisi, että yksi johto oli kytketty väärälle releelle ja toinen johto oli irti. Ongelman juurisyiksi pääteltiin kaapeli- ja johtomerkintöjen poisto ulkoisen resurssin toimesta ennen kuin oltiin varmoja kuljettimen oikeasta toiminnasta.

Kuljettimen logiikassa oli epäkohtia, jotka oli tunnistettu jo ennen projektia. Kuljettimen pysähtymiseen haluttiin määritellä aikakatkaisu. Ratkaisuksi toteutettiin, että kuljetin pysähtyy, jos mikään antureista ei ole tunnistanut liikettä tiettyyn aikaan. Aikakatkaisun ajasta tehtiin helposti säädettävä asetus keskuksen operointipaneeliin. Lisäksi hätä seis -painikkeiden viereiset napit eivät olleet toimineet aiemmin oikein eivätkä niiden valot palaneet, joten ne päätettiin korjata samalla. Painikkeet ohjelmoitiin toimimaan niin, että 11- ja 8-kuljettimien napeista kaikki kuljettimet alkavat rullata ja 1-kuljettimen napeista vain kuljettimet 14, 13 ja 1. Kyseinen ominaisuus haluttiin siksi, että kuljetin saataisiin rullaamaan helposti tuotantolinjalta käsin silloin, kun se on pysähtynyt. Lisäksi painikkeiden valot korjattiin, jotta jatkossa voidaan helposti tunnistaa, mistä napeista kuljetin on kytketty päälle, jos se haluttaisiin pysäyttää tuotantolinjalta käsin. Keskuksen operointipaneelistä selviää sama asia, ja kaikkia nappeja pystyy kontrolloimaan myös sen kautta. Kuljettimen käyttöönottotarkastuksessa huomattiin, että kuljetin ei pysähtynyt määritellyn aikakatkaisun jälkeen, jos anturin kohdalla oli laite. Kuljetin siis pysähtyi aikakatkaisun jälkeen vain, jos antureilla ei havaittu mitään. Tämä ratkaistiin määrittelemällä aikakatkaisu tapahtumaan silloin, kun anturien tila ei ole muuttunut määriteltyyn aikaan.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena johtaa laitekuljetinjärjestelmän muutosprojektia, joka oli kriittisessä osassa Danfossin Vaasan tehtaan pohjapiirustuksen muutoskokonaisuudessa. Projektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa kuljettimen kääntäminen ja lyhennys, konenäön siirto ja AGV:n uudelleenreititys. Projektin suunnittelu piti pääpiirteittäin sisällään järjestelmän alkuperäiseen tilaan perehtymisen, ulkoisten resurssien kartoituksen ja kilpailutuksen, alustavan aikataulutuksen ja riskianalyysin. Toteutus sisälsi tiivistä yhteydenpitoa sidosryhmien kanssa, aikataulun seuranta, työtehtävien järjestelyä, tilapäivityksiä muutoskokonaisuuden tiimille, ongelmanratkaisua ja päätöksentekoa paineen alla.

Projekti sujui onnistuneesti ja pysyi aikataulussa. Toteutuksen aikana ilmenneet haasteet ratkaistiin ja aiemmin tiedostetut parannustarpeet toteutettiin. Hukkaa saatiin vähennettyä, sillä uuden pohjapiirustuksen avulla tilaa vapautui muille tuotantolinjoille. Työntekijöiden ylimääräinen liikkuminen myös väheni, kun kolme tuotantolinjaa tiivistettiin yhdeksi. AGV:n uudelleenreititys ei ehtinyt toteutua ennen opinnäytetyön ajan päättymistä, mutta työtehtävä oli kuitenkin suunniteltu ja työ tilattu. Projekti todettiin valmiiksi, kun kuljetinjärjestelmä oli testattu kaikilla mahdollisilla toimintatavoilla sekä toiminut suunnitellusti yhden aamu- ja iltavuoron ajan. Tuotantolinjan työntekijöille esiteltiin kuljettimien painikkeiden funktio, ja korjaajille näytettiin keskuksen operointipaneeliin tehdyt päivitykset.

Projektin jatkokehitykseksi sopisi esimerkiksi konenäön kameran uusiminen, sillä sen tarkennus ei toimi enää halutulla tavalla. Tarkennuksen heikentynyt toiminta vaikuttaa siten, että osa virheettömistä laitteista tulkitaan virheellisiksi. Tästä syntyy turhaa lisätyötä, sillä väärin lajiteltuja laitteita joudutaan siirtelemään käsin oikeisiin paikkoihin. Konenäkötarkastusta voitaisiin samalla päivittää hyödyntämällä syväoppimismallia, jolloin tarkastus olisi kattavampi.

Kuljetinjärjestelmän yhteydessä olevat anturit olisi hyvä suojata, sillä ne ovat melko avoimia iskuille. Kuljettimien anturit ovat valmiiksi hieman suojattuja, mutta etenkin konenäön anturit ovat vielä kriittisemmässä roolissa kuljetinjärjestelmän toiminnan kannalta. Pienikin isku konenäön anturiin voi siirtää sen tarkastamaa kohtaa niin, että kaikki laitteet tulkitaan virheellisiksi. Lisäksi kaikista kuljetinjärjestelmän keskuksen ja muiden kuljetinta ohjaavien painikkeiden toiminnasta olisi hyvä olla ohjeistus. Yksinkertaiset selitykset siitä, mitä mikäkin painike tekee, helpottaisivat järjestelmän käyttämistä ja opettelua. Yleisimpien käyttötapauksien vaiheittainen ohjeistus olisi myös kätevä, että käytön kannalta kriittisten henkilöiden puuttuessa toimenpide saataisiin silti suoritettua.

Projektin tavoitteet saavutettiin aikataulussa, ja tuotantolinjalla toteutettiin samalla laadullisia parannuksia, jotka tehostivat sen toimintaa. Projektin päätyttyä kuljetinjärjestelmän toiminnasta kerättiin lisää mielipiteitä ja parannusehdotuksia muun muassa kokoonpanijoilta. Jatkokehityksen suunnittelu ja eteenpäin vieminen alkoi heti projektin päätyttyä.

## LÄHTEET

- 6 River Systems. (2023). *What is a conveyor system? Definition and more*. Noudettu 20.02.2025 osoitteesta <https://6river.com/what-is-a-conveyor-system/>
- AutoStore. (2023). *Conveyor Systems: A Complete Guide*. Noudettu 20.02.2025 osoitteesta <https://www.autostoresystem.com/insights/conveyor-systems-a-complete-guide>
- AutoStore. (2024). *What is an Automated Guided Vehicle (AGV)?* Noudettu 28.02.2025 osoitteesta <https://www.autostoresystem.com/insights/what-is-an-automated-guided-vehicle-agv>
- Danfoss. (n.d.-a). *About Danfoss*. Noudettu 06.02.2025 osoitteesta <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/company/danfoss-at-a-glance/>
- Danfoss. (2025). *Danfoss saavutti vakaan tuloksen epävakailta markkinoilla vuonna 2024*. Noudettu 09.04.2025 osoitteesta <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/news/cf/danfoss-saavutti-vakaan-tuloksen-epaevakailta-markkinoilla-vuonna-2024/>
- Danfoss. (n.d.-b). *Our journey to building a better future*. Noudettu 06.02.2025 osoitteesta <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/company/history/>
- Danfoss (n.d.-c). *Our Locations*. Noudettu 06.02.2025 osoitteesta <https://www.danfoss.com/en/about-danfoss/our-businesses/drives/software-drives/our-locations/>
- Danfoss. (n.d.-d). *Products*. Noudettu 04.02.2025 osoitteesta <https://www.danfoss.com/en/products/>
- Danfoss. (n.d.-e). *Taajuusmuuttajat*. Noudettu 07.02.2025 osoitteesta <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/>

- Fikuro. (2023-a). *Tuotannonohjaus - mitä, miten, miksi?* Noudettu 01.04.2025 osoitteesta <https://www.fikuro.fi/blogi/tuotannonohjaus>
- Fikuro. (2023-b). *Tuotannonsuunnittelu: näin onnistut.* Noudettu 05.03.2025 osoitteesta <https://www.fikuro.fi/blogi/tuotannonsuunnittelu>
- Flexible Assembly Systems. (n.d.). *ETF Electric Screwdriver.* Noudettu 24.02.2025 osoitteesta <https://www.flexibleassembly.com/Atlas-Copco-ETV-Micro-Screwdrivers>
- IKH. (n.d.). *Turvakengät.* Noudettu 27.02.2025 osoitteesta <https://www.ikh.fi/fi/tyoasut-suojaimet-turvatuotteet/tyokengat/turvakengat>
- Ilkka-Pohjalainen. (2023). *Vaasalainen Vacon vaihtaa nimensä.* Noudettu 09.02.2025 osoitteesta <https://ilkkapohjalainen.fi/talous/vaasalainen-vacon-oy-vaihtaa-nimens%C3%A4>
- Institute of Project Management. (2022-a). *Stakeholder Analysis Process.* Noudettu 13.03.2025 osoitteesta <https://projectmanagement.ie/blog/stakeholder-analysis-process/>
- Institute of Project Management. (2022-b). *What is Project Management?* Noudettu 08.04.2025 osoitteesta <https://projectmanagement.ie/blog/what-is-project-management/>
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way.* O'Reilly Media, Inc. Noudettu 25.03.2025 osoitteesta <https://learning.oreilly.com/library/view/the-toyota-way/9780071392310/>
- Lucidchart. (n.d.). *How to perform a stakeholder analysis.* Noudettu 20.02.2025 osoitteesta <https://www.lucidchart.com/blog/how-to-perform-a-stakeholder-analysis>
- Made in Britain. (n.d.). *Slat Conveyor.* Noudettu 21.02.2025 osoitteesta <https://www.madeinbritain.org/products/item/slat-conveyor>

- Marasová, D. (2022). *Energy-Efficiency of Conveyor Belts in Raw Materials Industry*. Directory of Open Access Books. Noudettu 01.04.2025 osoitteesta <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/87503>
- ProjectManager. (2023). *Project Risk Analysis: Tools, Templates & Techniques*. Noudettu 18.03.2025 osoitteesta <https://www.projectmanager.com/training/how-to-analyze-risks-project>
- RoboAI. (2024). *Tietoisku: Konenäkö*. Noudettu 04.03.2025 osoitteesta <https://www.roboai.fi/tutkimus-ja-tuotekehitys/projektit/temotero/konenako/>
- SolveXia. (2024). *How to Use a Risk Impact Matrix to Prioritize Risks*. Noudettu 14.03.2025 osoitteesta <https://www.solvexia.com/blog/risk-impact-matrix>
- TechTarget. (2021). *Gantt chart*. Noudettu 19.03.2025 osoitteesta <https://www.techtarget.com/searchsoftwarequality/definition/Gantt-chart>
- TeamGantt. (n.d.). *What Is a Gantt Chart?* Noudettu 18.03.2025 osoitteesta <https://www.teamgantt.com/what-is-a-gantt-chart>
- Ultimation. (n.d.). *What is a slat conveyor?* Noudettu 20.02.2025 osoitteesta <https://www.ultimationinc.com/products-conveyor-systems/slat-conveyor/>
- VEM motors Finland. (2014). *Vacon on nyt osa Danfoss-konsernia*. Noudettu 09.02.2025 osoitteesta <https://www.vem.fi/uutiset/vacon-on-nyt-osa-danfoss-konsernia/>
- Yleiselektroniikka. (2020). *ESD-suojaus*. Noudettu 27.02.2025 osoitteesta <https://www.yeint.fi/uutiset/esd-suojaus>

## **LIITTEET**

### **LIITE 1. Laitepositiointi**

Salattu liite.

### **LIITE 2. Laitepositiointi suurennos**

Salattu liite.

### **LIITE 3. Sähköpiirustukset keskus**

Salattu liite.

### **LIITE 4. Sähköpiirustukset kuljetin**

Salattu liite.