

**SAVONIA**



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN ALA

# TUOTANTOAPUVÄLINEIDEN TOI- MITUSPROSESSIN KEHITTÄMI- NEN

Normet Oy

TEKIJÄ

Mikael Ruha

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma		
Työn tekijä Mikael Ruha		
Työn nimi Tuotantoapuvälineiden toimitusprosessin kehittäminen		
Päiväys	8.5.2025	30/0
Yhteistyötaho Normet Oy		
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Normet Oy:n Peltosalmen tehtaan tuotantoapuvälineiden toimitusprosessin optimointia kaivosajoneuvojen tuotanto- ja kokoonpanoprosesseissa. Nykyisiä pullonkauloja selvitettiin ja toimintamalleja kehitettiin, jotta hukkaa vähennettäisiin, työturvallisuutta parannettaisiin ja tuotantoa tehostettaisiin. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena, jolloin työntekijähaastatteluja ja yrityksen dokumentteja hyödynnettiin.</p> <p>Teoreettisena perustana käytettiin lean-periaatteita, Just-in-Time-menetelmää, 6S-menetelmää sekä ERP- ja MES-järjestelmiä. Analyysissä havaittiin, että erityisesti suurten ja harvoin käytettyjen apuvälineiden saata- vuusongelmia, kuten puutteellista dokumentaatiota ja manuaalista koordinoitua, pidettiin viiveiden ja riskien aiheuttajina. Pienet apuvälineet liikkuvat sujuvasti, mutta prosessin yhtenäisyyttä kaivattiin.</p> <p>Ratkaisuiksi ehdotettiin apuvälineiden hallintaa NorMES-järjestelmällä, jolla reaaliaikaista seuranta ja lyhyempää läpimenoaika tarjottiin, sekä ERP-integraatiota prosessin automatisoimiseksi. NorMES-järjestelmä arvioitiin käytännölliseksi nopean käyttöönoton ja laatu kontrollin vuoksi. Tulokset tarjosivat Normet Oy:lle konkreettisia keinoja toimitusprosessin parantamiseen ja antoivat yleistettäviä näkemyksiä teollisuuden prosessikehitykseen, erityisesti räätälöidyssä tuotannossa.</p>		
Avainsanat Lean-tuotanto, MES, ERP, JIT, 6S, Tuotantoapuvälineet		

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tutkimuksen tausta .....	5
1.2	Tutkimuskysymykset .....	5
1.3	Tutkimuksen rajaus .....	5
1.4	Toimeksiantajan tavoitteet opinnäytetyölle .....	5
2	TUTKIMUSASETELMA .....	6
2.1	Toimeksiantajan esittely .....	6
2.1.1	Normet Oy.....	6
2.1.2	Peltosalmen tehdas .....	6
2.2	Tutkimusmenetelmät .....	7
3	TEORIA.....	8
3.1	Toiminnanohjaus ja varastonhallinta.....	8
3.2	MES-järjestelmät .....	9
3.3	Sisälogistiikka .....	10
3.4	Tuotannon kehittämisen teoriat ja mallit.....	11
3.4.1	Lean-ajattelu .....	11
3.4.2	6S-menetelmä.....	12
3.4.3	Just-in-Time (JIT).....	13
4	NYKYTILAN ANALYYSI .....	15
4.1	Apuvälineiden moninaisuus .....	15
4.2	Nykytilan prosessikuvaus.....	16
4.3	Nykyiset haasteet .....	19
4.4	Apuvälineluokkien erot .....	20
5	RATKAISUEHDOTUKSET TOIMINNAN KEHITTÄMISEKSI .....	21
5.1	Kehittämiskohteiden priorisointi .....	21
5.1.1	Apuvälineiden dokumentointi ja luokittelu.....	21
5.1.2	Apuvälineiden toimitusprosessin suorituskyvyn mittaaminen .....	22
5.2	Apuvälineiden integrointi ERP-järjestelmään .....	22
5.2.1	Hyödyt.....	22
5.2.2	Haasteet.....	23
5.3	Apuvälineiden toimitusprosessi NorMES-järjestelmän kautta.....	24
5.3.1	Hyödyt.....	24

5.3.2	Haasteet.....	25
5.4	Ratkaisujen arviointi .....	27
6	POHDINTA.....	28
6.1	Yhteenveto tuloksista .....	28
6.2	Opinnäytetyön merkitys.....	28
6.3	Jatkotoimenpiteet .....	29
	LÄHTEET .....	30

## KUVALUETTELO

Kuva 1.	Ohjaamon kääntötyökalu.....	16
Kuva 2.	Prosessikaavio nykytilanne .....	18
Kuva 4.	Tilausprosessi ERP:n avulla.....	24
Kuva 5.	Tilausprosessi NorMES:illa .....	26

Opinnäytetyössä käytettyjä lyhenteitä:

JIT: Just in Time – Juuri ajallaan

ERP: Enterprise Resource Planning – Toiminnanohjausjärjestelmä

MES: Manufacturing Execution System – Tuotannonohjausjärjestelmä

WMS: Warehouse Management System – Varastonhallintajärjestelmä

6S: Sort, Set in Order, Shine, Standardize, Sustain, Safety – Lajittele, Järjestä, Puhdista, Standardoi, Ylläpidä, Turvallisuus

PDM: Product Data Management – Tuotetiedon hallinta

IoT: Internet of Things – Esineiden internet

PLC: Programmable Logic Controller – Ohjelmoitava logiikkaohjain

KPI: Key Performance Indicator – Keskeinen suorituskykymittari

SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition – Valvonta- ja tiedonkeruujärjestelmä

API: Application Programming Interface – Sovellusrajapinta

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tutkimuksen tausta

Kaivosajoneuvojen tuotanto on teknisesti vaativaa ja asiakaskohtaisesti räätälöityä, mikä asettaa suuria vaatimuksia tuotantoprosessien joustavuudelle ja tehokkuudelle. Normet Oy:n Peltosalmen tehtaalla valmistetaan monipuolisia kaivosajoneuvoja, joiden kokoonpanossa käytetään laajaa valikoimaa tuotantoapuvälineitä, kuten nostovälineitä ja hitsaus/koneistusjigejä. Näiden apuvälineiden sisälogistiikka on kriittinen osa tuotantoa, sillä niiden saatavuus vaikuttaa suoraan prosessien sujuvuuteen, kustannuksiin, työturvallisuuteen ja lopputuotteen laatuun. Nykytilanteessa apuvälineiden hidas saatavuus aiheuttaa hukkaa, kuten odottelua ja väärin työmenetelmien käyttöä, mikä lisää turvallisuus- ja laaturiskejä. Aihe on ajankohtainen, koska tehokkuuden parantaminen ja hukkan vähentäminen ovat keskeisiä kilpailukykytekijöitä globaalissa teknologiateollisuudessa.

## 1.2 Tutkimuskysymykset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa Normet Oy:n Peltosalmen tehtaan tuotantoapuvälineiden sisälogistiikan nykytila ja kehittää toimintamalleja prosessin tehostamiseksi. Tutkimus vastaa seuraaviin kysymyksiin:

- Mitkä ovat apuvälineiden sisälogistiikan keskeiset haasteet ja vahvuudet Peltosalmen tehtaalla?
- Kuinka apuvälineiden saatavuutta ja jäljitettävyyttä voidaan parantaa digitaalisten järjestelmien ja prosessien optimoinnin avulla?
- Mitä konkreettisia ratkaisuja voidaan toteuttaa hukkan vähentämiseksi?

## 1.3 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus rajataan Normet Oy:n Peltosalmen tehtaan tuotantoapuvälineiden sisälogistiikkaan, keskittyen erityisesti apuvälineiden saatavuuden ja hallinnan parantamiseen. Rajaus perustuu toimeksiantajan tarpeeseen vähentää hukkaa, kuten odottelua ja etsintään kuluvaan aikaan, sekä parantaa työturvallisuutta ja laatua. Tutkimus ei kata Normet Oy:n muita toimipisteitä, alihankkijoita tai ulkoista logistiikkaa. Rajaus on tehty, jotta opinnäytetyölle saavutetaan sopiva laajuus.

## 1.4 Toimeksiantajan tavoitteet opinnäytetyölle

Tuotannon apuvälineiden saatavuus ja käyttöaste eivät ole Normetilla riittävän hyvällä tasolla. Apuvälineiden hankala saatavuus työpisteelle johtaa väistämättä hukkaan: joko odottelun tai väärän työtavan muodossa. Myös turvallisuus- ja laaturiskit kasvavat, kun työtehtäviä tehdään väärillä työkaluilla ja menetelmillä. Apuvälineiden käyttämättä jättämiselle on havaittu olevan erilaisia syitä, joista merkittävimmät liittyvät apuvälineiden huonoon saatavuuteen. Huono saatavuus voi johtua joko tietämättömyydestä apuvälineen olemassaolosta tai sijainnista, tai kokemukseen pitkästä työkalun tai apuvälineen odotteluajasta. Toimeksiantajan ensisijainen tavoite opinnäytetyölle on löytää yhtenäinen toimintamalli, jonka avulla apuvälineet ja työkalut ovat työpisteillä käytettävissä ilman turhaa odottelua. Odotteluun ja etsimiseen liittyvän hukkan vähentyminen näkyy lopulta parempana työn tuottavuutena, turvallisuutena ja laatuena.

## 2 TUTKIMUSASETELMA

### 2.1 Toimeksiantajan esittely

#### 2.1.1 Normet Oy

Normet Oy on suomalainen teknologiayritys, joka on erikoistunut kaivos- ja tunnelointiteollisuuden laitteiden, rakennuskemikaalien ja kallioperän lujitusratkaisujen kehittämiseen ja valmistamiseen. Vuonna 1962 perustettu yritys toimii globaalisti, ja sen pääkonttori sijaitsee Iisalmessa, Pohjois-Savossa. Normet työllistää noin 1 800 henkilöä yli 50 toimipisteessä 30 maassa, ja sen liikevaihto vuonna 2023 oli 177,2 miljoonaa euroa, mikä osoittaa 28 % kasvua edellisvuodesta (Kauppalehti 2024). Yritys tunnetaan ratkaisuistaan, jotka parantavat turvallisuutta, tuottavuutta ja kestävyyttä asiakkaiden projekteissa (Normet Oy 2024).

Normet Oy:n tuotevalikoima kattaa kaivos- ja tunnelointisovelluksiin suunniteltuja laitteita, kuten betoniruiskutuskoneita, räjähdysaineiden panostuslaitteita, nosto- ja asennuskoneita sekä materiaalin kuljetuslaitteita. Lisäksi yritys tarjoaa rakennuskemikaaleja, kuten injektointihartseja ja betonin lisäaineita, sekä palveluita, kuten huoltoa ja varaosatoimituksia (Normet Oy 2024). Normet on toimittanut maailmanlaajuisesti yli 13 000 maanalaiseen käyttöön suunniteltua konetta, ja sen palvelut tukevat asiakkaiden toimintaa projektien kaikissa vaiheissa. Yrityksen visio on ”määrittää maanalaisen toiminnan tulevaisuus” kehittämällä turvallisia ja kestäviä ratkaisuja.

Normet Oy:n historia alkoi Iisalmessa, kun Jaakko ja Jussi Sarvela perustivat konepajan, joka valmisti aluksi maatalous- ja metsäkoneita. Vuonna 1972 yritys myytiin Orion-yhtymälle, jolloin se sai nimensä Normet Oy ja alkoi viedä kaivoskoneita Ruotsiin. Vuonna 2005 Normet siirtyi Normet Groupin omistukseen, jolloin omistajiksi tulivat Cantell Oy sekä Normetin johto ja Anssi Soila. Yritys on laajentunut yritysostojen kautta, esimerkiksi ostamalla Atlas Copcon betoniruiskutusliiketoiminnan vuonna 2016 (Normet Oy 2024).

Normet Oy on edelläkävijä digitalisaation ja kestävien teknologioiden hyödyntämisessä. Yritys on kehittänyt akkukäyttöisiä Normet SmartDrive -ajoneuvoja, jotka vähentävät päästöjä, sekä digitaalisia työkaluja prosessien optimointiin, esimerkiksi HS2-projektissa Yhdistyneessä kuningaskunnassa (Normet Oy 2024). Normet panostaa myös automaatioon ja tarjoaa koulutusta asiakkailleen. Yrityksen arvot – välittäminen, sitoutuminen ja rohkeus – ohjaavat toimintaa, ja Normet Code of Conduct määrittelee eettiset periaatteet (Normet Oy 2024). Normet sai vuonna 2023 Confederation of Indian Industryn ”Strong Commitment to HR Excellence” -palkinnon Normet Indian toiminnalle (Kauppalehti 2024). Normet Oy:n teknologinen osaaminen ja asiakaslähtöisyys tekevät siitä sopivan toimeksiantajan opinnäytetyölle, joka tutkii tuotannon tehokkuuden ja turvallisuuden kehittämistä.

#### 2.1.2 Peltosalmen tehdas

Normet Oy:n Peltosalmen tehdas Iisalmessa on yrityksen tuotantolaitos, joka valmistaa räätälöityjä kaivosajoneuvoja, kuten betoniruiskutuskoneita, panostuslaitteita ja materiaalin kuljetusvälineitä maanalaisiin kaivos- ja tunnelointiprojekteihin. Tehtaan toiminta alkoi 1960-luvulla, ja sitä on laajennettu useita kertoja vastaamaan kasvavaa kysyntää. Nykyisin tehdas on moderni tuotantolaitos, jossa toteutetaan monivaiheisia prosesseja, kuten hitsausta, kokoonpanoa ja hydraulikkajärjestelmien asennusta (Normet Oy 2024). Peltosalmen tehdas erottuu joustavuudellaan, sillä se kykenee

tuottamaan asiakaskohtaisesti suunniteltuja ajoneuvoja, jotka täyttävät vaativien ympäristöjen tekniset ja turvallisuusvaatimukset.

Normet Oy:n sitoutuminen kestävään kehitykseen näkyy tehtaalla esimerkiksi akkukäyttöisten SmartDrive-ajoneuvojen kehittämisessä, jotka vähentävät päästöjä (Normet Oy 2024). Lisäksi tehdas noudattaa yrityksen terveys- ja turvallisuusstrategiaa, joka korostaa ennaltaehkäiseviä toimia ja turvallisten työmenetelmien käyttöä. Tehtaan rooli Normet Oy:n innovaatioiden ja laadun varmistamisessa vahvistaa yrityksen asemaa kaivosteollisuudessa (Kauppalehti 2024). Peltosalmen tehdas on hyvä kohde opinnäytetyölle, joka tutkii tuotannon apuvälineiden saatavuuden kehittämistä, sillä sen monipuoliset toiminnot tarjoavat runsaasti mahdollisuuksia prosessin optimointiin.

## 2.2 Tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön tutkimusmenetelmänä käytetään tapaustutkimusta, joka soveltuu kehittämistyön lähestymistavaksi, haluttaessa ymmärtää kehittämisen kohdetta ja tuottaa kehitysehdotuksia (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2014, 53). Tapaustutkimus käyttää laadullisia tiedonkeruumenetelmiä, mikä tukee opinnäytetyön tavoitetta kartoittaa ja tehostaa apuvälineiden saatavuutta.

Tiedonhankinta toteutettiin kahdella päämenetelmällä: lyhyillä työntekijähaastatteluilla ja yrityksen sisäisten dokumenttien analyysillä. Lyhyet, suulliset haastattelut kohdistettiin Peltosalmen tehtaan työntekijöille, pääasiassa tuotannon kehityksestä vastaaville henkilöille, jotka osallistuvat apuvälineiden hallintaan. Haastattelu on joustava tiedonkeruumenetelmä sillä tutkija voi opastaa vastaajaa ja laatia uusia kysymyksiä tarpeen ilmetessä (Kananen 2015, 143). Haastattelut tarjosivat käytännön näkökulmia logistiikkaprosessien vahvuuksiin ja haasteisiin, kuten apuvälineiden saatavuuden ongelmiin.

Yrityksen sisäiset dokumentit, kuten prosessikuvaukset, turvallisuusstrategiat ja varastohallintaohjeet, tarjosivat strukturoitua tietoa tehtaan toiminnasta. Näitä dokumentteja analysoitiin sisällönanalyysillä, jotta voitiin tunnistaa apuvälineiden logistiikan rakenteellisia piirteitä ja pullonkauloja. Dokumentit täydensivät haastatteluja tarjoamalla objektiivisen näkökulman organisaation toimintatapoihin. Tiedonkeruu, jossa yhdistettiin haastattelut ja dokumentit, vahvisti tutkimuksen luotettavuutta ja antoi kattavan kuvan sisälogistiikan nykytilasta. Tämä lähestymistapa tukee opinnäytetyön tavoitetta kehittää konkreettisia ratkaisuja Normet Oy:n tuotannon tehostamiseksi ja turvallisuuden parantamiseksi.

### 3 TEORIA

#### 3.1 Toiminnanohjaus ja varastonhallinta

Toiminnanohjausjärjestelmät (ERP, Enterprise Resource Planning) ja varastonhallintajärjestelmät (WMS, Warehouse Management System) ovat keskeisiä työkaluja nykyajan liiketoiminnassa, keskityen logistiikan, tuotannon ja resurssienhallinnan optimointiin. Näiden järjestelmien käyttö avustaa organisaatiota tehostamaan prosessejaan, parantamaan tiedonkulkua ja vähentämään kustannuksia integroimalla erilaisia toimintoja yhtenäiseen teknologiseen alustaan.

Toiminnanohjausjärjestelmät ovat ohjelmistoja, jotka yhdistävät organisaation eri osastojen, kuten taloushallinnon, henkilöstöhallinnon, tuotannon ja logistiikan, tiedot yhteen keskitettyyn tietokantaan. ERP-järjestelmien perusajatuksena on tiedon reaaliaikainen saatavuus ja prosessien automatisointi, mikä mahdollistaa nopeamman päätöksenteon ja resurssien tehokkaan käytön. Esimerkiksi myyntiosasto voi tarkastella varastotilannetta reaaliajassa, mikä vähentää viiveitä ja parantaa asiakaspalvelua (Laudon & Laudon 2014, 371). ERP-järjestelmien teoria juontaa juurensa 1990-luvulle, jolloin yritykset alkoivat siirtyä erillisistä, osastokohtaisista ohjelmistoista kohti integroitua lähestymistapaa. Tämä kehitys on saanut pontta teknologian, kuten pilvipalveluiden ja tekoälyn, nopeasta edistymisestä.

ERP-järjestelmien keskeinen teoreettinen periaate on prosessien standardointi. Kun organisaatio ottaa käyttöön ERP-järjestelmän, sen on usein mukautettava toimintatapojaan ohjelmiston tarjoamiin malleihin. Tämä voi johtaa tehokkuuden kasvuun, mutta toisaalta myös vastustukseen, jos muutokset koetaan liian jäykiksi (Davenport, 1998, 121–131). ERP-järjestelmät pyrkivät poistamaan tiedon siiloutumista, eli tilannetta, jossa eri osastoilla on omat erilliset tietovarantonsa, mikä voi johtaa päällekkäiseen työhön ja virheisiin. Esimerkiksi talousosasto voi hyödyntää samaa dataa kuin tuotantotosasto, mikä vähentää manuaalisen tiedonsiirron tarvetta.

Varastonhallintajärjestelmät puolestaan keskittyvät tarkemmin logistiikan ja varastotoimintojen optimointiin. WMS-järjestelmät ohjaavat varaston sisäisiä prosesseja, kuten tavaroiden vastaanottoa, hyllytystä, keräilyä ja lähetystä. Niiden teoria perustuu siihen, että varastonhallinta on kriittinen osa toimitusketjua, ja sen tehokkuus vaikuttaa suoraan yrityksen kykyyn vastata asiakkaiden tarpeisiin (Richards, 2017, 7–8). WMS-järjestelmät hyödyntävät usein teknologioita, kuten viivakoodeja, RFID-tunnisteita ja reaaliaikaista seuranta, jotta varastotilanne pysyy ajan tasalla. Tämä mahdollistaa esimerkiksi "just-in-time"-periaatteen toteuttamisen, jossa varastoja pidetään minimissä ja tavaraa tilataan tarpeen mukaan.

WMS-järjestelmien teoreettinen perusta korostaa myös layoutin ja prosessien optimointia. Varaston fyysinen järjestely, kuten hyllyjen sijoittelu ja keräilyreitien suunnittelu, vaikuttaa suoraan toimintojen nopeuteen ja kustannuksiin. Richards huomauttaa, että hyvin suunniteltu WMS voi vähentää keräilyvirheitä jopa 70 %, mikä parantaa asiakastytyvyyttä ja vähentää palautuksia (Richards 2017, 138). Toisin kuin ERP-järjestelmät, jotka kattavat laajan kirjon liiketoimintaprosesseja, WMS keskittyy syvemmälle yhteen osa-alueeseen, mutta sen integraatio muihin järjestelmiin on yhtä lailla tärkeää.

ERP- ja WMS-järjestelmien välinen suhde on symbioottinen. ERP tarjoaa kokonaisvaltaisen näkyvän yrityksen toimintoihin, kun taas WMS syventää varastonhallinnan yksityiskohtia. Käytännössä

nämä järjestelmät toimivat usein yhdessä: ERP-järjestelmä voi esimerkiksi välittää myyntitilaukset eteenpäin, jotta ne toteutetaan varastossa (Laudon & Laudon 2014, 376). Integraation ansiosta tiedot, kuten varastosaldot ja toimitusajat, päivittyvät automaattisesti molempiin järjestelmiin, mikä vähentää manuaalisen työn tarvetta ja virheiden riskiä. Kuitenkin, jos integraatio epäonnistuu, esimerkiksi teknisten yhteensopivuusongelmien vuoksi, seurauksena voi olla tiedon epä johdonmukaisuutta ja prosessien hidastumista.

### 3.2 MES-järjestelmät

Toiminnanohjausjärjestelmät (ERP) ja varastonhallintajärjestelmät (WMS) tarjoavat yrityksille strategisia ja operatiivisia työkaluja liiketoimintaprosessien hallintaan, mutta tuotannonohjausjärjestelmät (MES, Manufacturing Execution Systems) täydentävät näitä järjestelmiä keskittymällä tuotantoprosessien reaaliaikaiseen ohjaukseen ja optimointiin. MES-järjestelmät toimivat siltana ERP-järjestelmien strategisen tason ja tehdastason toimintojen, kuten koneiden ja työntekijöiden, välillä. Niiden teoreettinen perusta nojaa lean-tuotannon, teollisuus 4.0-periaatteiden ja järjestelmäintegraation yhdistelmään, jotka yhdessä parantavat tuotannon tehokkuutta, laatua ja jäljitettävyyttä.

MES-järjestelmien keskeinen tehtävä on ohjata ja valvoa tuotantoprosesseja reaaliajassa. Ne käsittelevät toimintoja kuten tuotannon aikataulutus, resurssien hallinta, tiedonkeruu ja laadunvalvonta. MES kerää dataa suoraan tuotantolaitteista, esimerkiksi IoT-antureiden, PLC-ohjausjärjestelmien tai käyttöliittymien kautta, mahdollistaen ajantasaisen näkyvyyden tuotannon tilaan (Capgemini 2019). Tämä reaaliaikainen data on kriittistä pullonkaulojen tunnistamisessa, tuotannon seisakkien minimoimisessa ja prosessien optimoinnissa. Teoreettisesti MES-järjestelmät tukevat lean-tuotannon periaatteita minimoimalla hukkaa ja teollisuus 4.0-periaatteita hyödyntämällä digitaalisia teknologioita, kuten tekoälyä ja big data -analytiikkaa.

MES-järjestelmien integraatio muiden järjestelmien kanssa on niiden teoreettisen perustan ydin. ERP-järjestelmä välittää strategisia tietoja, kuten asiakkaiden tilaukset ja varastotasot, kun taas MES muuntaa nämä tiedot konkreettisiksi työohjeiksi tehdastasolle. Esimerkiksi ERP:stä saatu tilaus voidaan MES-järjestelmässä jakaa yksittäisiksi tuotantovaiheiksi, jotka ohjataan oikeille koneille ja työntekijöille. Samalla MES palauttaa tietoa ERP:lle, kuten valmistuneiden tuotteiden määrän tai materiaalikulutuksen, mikä tukee saumatonta tiedonkulkua (Capgemini 2019). Tämä integraatio vähentää tiedon siiloutumista, joka on yleinen ongelma organisaatioissa, joissa eri osastot käyttävät erillisiä järjestelmiä.

MES-järjestelmien ydintoiminnot voidaan jakaa useisiin osa-alueisiin. Tuotannon aikataulutus optimoi resurssien käytön ja priorisoi tehtävät esimerkiksi tilausten kiireellisyyden perusteella. Työnkulun ohjaus varmistaa, että tuotantoprosessit etenevät oikeassa järjestyksessä ja työntekijät saavat selkeät ohjeet. Tiedonkeruu ja analytiikka tallentaa dataa koneiden suorituskyvystä, materiaalien kuluksista ja prosessien aikaviiveistä. Tämä data analysoidaan KPI-mittareiden avulla, mikä auttaa tunnistamaan kehityskohteita (Richards 2011, 242). Lisäksi MES tukee laadunhallintaa valvomalla tuotannon laatua reaaliajassa, esimerkiksi tarkistamalla komponenttien mittoja tai havaitsemalla poikkeamia prosessiparametreissa.

MES-järjestelmien teoreettinen merkitys korostuu niiden kyvyssä mahdollistaa täydellinen jäljitettävyys, erityisesti aloilla kuten lääketieteellisyys ja elintarviketeollisuus, joissa sääntelyvaatimukset edellyttävät tarkkaa dokumentaatiota. Tämä perustuu digitaaliseen kaksoismalliin (digital twin), joka luo

virtuaalisen esityksen fyysisestä tuotantoprosessista, mahdollistaen sen simuloinnin ja optimoinnin. MES-järjestelmät ovat näin ollen keskeinen osa älykkäitä tehtaita, joissa hyödynnetään IoT:tä, tekoälyä ja koneoppimista ennakoivaan huoltoon ja prosessien optimointiin (Cappemini 2019).

MES-järjestelmien implementointi on monimutkainen prosessi, joka vaatii huolellista suunnittelua. Teoreettisesti käyttöönotto noudattaa prosessikeskeistä lähestymistapaa, jossa yrityksen toimintatavat kartoitetaan ja järjestelmä räätälöidään tarpeisiin. Kuten ERP-järjestelmien kohdalla, standardointi voi aiheuttaa haasteita, jos prosessit poikkeavat järjestelmän malleista. Onnistunut implementointi edellyttää muutosjohtamista ja henkilöstön koulutusta, sillä vastustus uusille teknologioille voi hidastaa käyttöönottoa (Davenport 1998, 121–131). Tekninen integraatio, esimerkiksi OPC UA -protokollien tai API-rajapintojen kautta, on välttämätöntä, jotta MES voi kommunikoida muiden järjestelmien, kuten SCADA:n tai ERP:n, kanssa.

Teollisuus 4.0 -kehitys on korostanut MES-järjestelmien roolia älykkäiden tehdasympäristöjen luomisessa. Ne hyödyntävät teknologioita, kuten tekoälyä ja big data -analytiikkaa, ennustaakseen koneiden huoltotarpeita ja optimoidakseen aikatauluja. Tämä ennakoiva lähestymistapa vähentää seisokkeja ja parantaa resurssien käyttöastetta. MES-järjestelmät voidaan nähdä osana kyberfysikaalista järjestelmää, jossa fyysiset prosessit ja digitaaliset järjestelmät toimivat saumattomasti yhdessä, luoden adaptiivisen ja itseohjautuvan tuotantoympäristön (Cappemini 2019).

MES-järjestelmien suhde ERP- ja WMS-järjestelmiin on symbioottinen. ERP tarjoaa strategisen tason ohjauksen, WMS keskittyy varastohallintaan, ja MES ohjaa operatiivista tuotantoa. Esimerkiksi WMS voi ilmoittaa MES:lle raaka-aineiden saatavuuden, jolloin MES ajoittaa tuotannon sen mukaisesti. Tämä integroitu lähestymistapa vähentää manuaalisen tiedonsiirron tarvetta ja parantaa prosessien luotettavuutta. Integraation tekniset haasteet, kuten yhteensopimattomat datamuodot, voivat kuitenkin aiheuttaa ongelmia, jos niitä ei huomioida suunnitteluvaiheessa.

MES-järjestelmien teoreettinen hyöty realisoituu vain oikein implementoituna. Väärin suunniteltu järjestelmä voi johtaa tiedon epä johdonmukaisuuteen tai prosessien monimutkaistumiseen. Yritysten on määriteltävä selkeät tavoitteet, kuten läpimenoajan lyhentäminen tai laadun parantaminen, ennen käyttöönottoa. Järjestelmien skaalautuvuus on myös tärkeää, sillä tarpeet voivat muuttua esimerkiksi uusien tuotantolinjojen myötä.

Yhteenvetona MES-järjestelmät ovat modernin valmistusteollisuuden kulmakivi, sillä ne tarjoavat reaaliaikaista ohjausta ja näkyvyyttä tuotantoprosesseihin. Niiden teoreettinen perusta yhdistää lean-tuotannon, teollisuus 4.0-periaatteet ja järjestelmäintegraation, mahdollistaen tehokkuuden, laadun ja jäljitettävyyden parantamisen. Onnistunut käyttöönotto vaatii kuitenkin huolellista suunnittelua ja organisaation sitoutumista.

### 3.3 Sisälogistiikka

Sisälogistiikka viittaa yrityksen sisäisten materiaalivirtojen, tavaroiden ja informaation hallintaan ja optimointiin. Tuotannon kontekstissa se keskittyy prosesseihin, jotka tapahtuvat varaston ja kokoonpanopisteiden välillä, kuten raaka-aineiden, komponenttien ja tuotantoapuvälineiden (esim. työkalut, jiggit, nostolaitteet) siirtämiseen ja varastointiin. Sisälogistiikan tavoitteena on varmistaa, että oikeat materiaalit ja välineet ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan, minimoiden samalla hukkaa, kustannuksia ja viiveitä.

Tuotantoapuvälineiden osalta sisälogistiikka on erityisen kriittistä, koska niiden saatavuus vaikuttaa suoraan kokoonpanoprosessin sujuvuuteen. Esimerkiksi jos tietty jig tai työkalu puuttuu kokoonpanopisteeltä, kokoonpano voi pysähtyä. Mikäli tätä tapahtuu usein, pahimmillaan se aiheuttaa viiveen ajoneuvon lopulliseen toimitusaikatauluun asiakkaalle. Sisälogistiikka kattaa tässä tapauksessa apuvälineiden varastoinnin, kuljetuksen, saatavuuden, sen seurannan ja palautuksen prosessit. Tehokas sisälogistiikka edellyttää eri osastojen kuten varaston, kokoonpanopisteiden ja tuotannonohjauksen saumatonta yhteispeliä.

### 3.4 Tuotannon kehittämisen teorit ja mallit

#### 3.4.1 Lean-ajattelu

Lean-filosofia on toimintamalli ja ajattelutapa, joka keskittyy tuottamaan arvoa asiakkaalle minimoimalla kaikenlainen hukka ja optimoimalla prosesseja. Sen ydinajatuksena on tunnistaa ja poistaa ne toiminnot, resurssit ja vaiheet, jotka eivät tuo lisäarvoa lopputuotteeseen tai -palveluun asiakkaan näkökulmasta. Filosofia korostaa jatkuvaa parantamista, tehokkuutta ja joustavuutta, ja sitä on sovellettu laajasti eri aloilla teollisuudesta palvelusektoriin (Womack & Jones 2003, 15; 24–25). Lean ei rajoitu pelkästään työkaluihin, kuten JIT tai 6S, vaan edustaa laajempaa kulttuurista ja strategista lähestymistapaa, joka ohjaa organisaatioita kohti virtaviivaisempaa toimintaa.

Lean-filosofian teoria rakentuu viiden ydinkomponentin varaan. Ensimmäinen askel on määritellä arvo asiakkaan näkökulmasta: mitä asiakas pitää arvokkaana ja mistä hän on valmis maksamaan? Tämän jälkeen kartoitetaan arvovirta, eli analysoidaan koko prosessi alusta loppuun tunnistuen arvoa lisäämättömät vaiheet, jotta ne voidaan eliminoida. Seuraavaksi luodaan virtaus, jolloin työ etenee sujuvasti ilman keskeytyksiä tai viiveitä. Vetoperusteisuus ohjaa toimintaa siten, että tuotanto vastaa todellista kysyntää, estäen ylituotannon ja turhan varastoinnin. Lopuksi filosofia pyrkii täydellisyteen jatkuvan kehittämisen kautta, mikä pitää prosessit dynaamisina ja mukautuvina (Womack & Jones 2003, 25; 90–98). Hukan poistaminen on keskeistä, ja se voi ilmetä esimerkiksi tarpeettomina liikkeinä, odotteluna tai virheinä (Ohno 1988, 19–20), samoja elementtejä, joita JIT ja 6S tarkastelevat omista näkökulmistaan. Leanin teoria eroaa kuitenkin JIT:stä ja 6S:stä siinä, että se ei keskity pelkästään ajoitukseen tai työympäristön järjestykseen, vaan kattaa koko arvoketjun ja organisaation toiminnan.

Leanin kehityshistoria alkoi Japanissa toisen maailmansodan jälkeisenä aikana, jolloin resurssipula ja markkinoiden koko loivat tarpeen uudentlaiselle toimintamallille. Toyotan insinöörit, erityisesti Taiichi Ohno, kehittivät Toyota Production Systemin (TPS), joka muodosti leanin perustan yhdistämällä kysyntäohjautuvuutta ja kaizen-ajattelua (Ohno 1988, 17–42). Toisin kuin JIT, joka keskittyi tuotannon ajoitukseen, ja 6S, joka painotti työtilan organisointia, lean laajensi näkökulmaa koko arvovirran optimointiin. Ohno huomasi, että perinteinen massatuotanto, kuten Fordin malli, ei vastannut Japanin tarpeisiin, ja hän kehitti järjestelmän, joka mahdollisti laadukkaiden tuotteiden valmistuksen pienemmillä resursseilla (Ohno 1988, 1–8). Lean-termi itsessään syntyi kuitenkin vasta myöhemmin, kun länsimaiset tutkijat alkoivat tutkia Toyotan menestystä.

Leanin globaali läpimurto tapahtui 1980-luvulla, kun Toyotan saavutukset herättivät huomiota. James P. Womack, Daniel T. Jones ja Daniel Roos analysoivat TPS:ää MIT:n tutkimusohjelmassa ja julkaisivat vuonna 1990 teoksen *The Machine That Changed the World*, joka nimesi ja popularisoi

lean-ajattelun (Womack, Jones & Roos 1990, 3–9; 13). Kirja osoitti, että lean ei ollut vain autoteollisuuden menetelmä, vaan yleispätevä filosofia, joka voisi mullistaa kaikenlaista toimintaa. 1990-luvulla lean levisi teollisuudesta palvelualoille, kuten terveydenhuoltoon ja ohjelmistokehitykseen, missä sen periaatteita sovellettiin esimerkiksi potilasvirtojen tehostamiseen tai ketterään kehitykseen (Womack & Jones 2003, 11; 15; 286). Toisin kuin JIT, joka kohtasi haasteita toimitusketjujen häiriöissä, leanin laajempi fokus antoi sille joustavuutta mukautua erilaisiin konteksteihin.

Leanin kehitys on kuitenkin tuonut esiin myös rajoituksia. Globaalit häiriöt, kuten vuoden 2011 Fukushima-katastrofi, osoittivat, että äärimmäinen tehokkuus voi heikentää resilienssiä, jos puskureita ei ole (Christopher 2016, 229–230). Tämä on laajentanut keskustelua leanin ja joustavuuden tasapainosta, erityisesti verrattuna JIT:n haavoittuvuuksiin. Lisäksi leanin soveltaminen palvelualoilla on vaatinut filosofiaan mukautuksia, sillä aineettomien prosessien arvon määrittely eroaa fyysisten tuotteiden määrittelystä. Digitaalinen teknologia, kuten tekoäly ja IoT, on viime vuosina integroitunut lean-ajatteluun, mahdollistaen reaaliaikaisen datan hyödyntämisen prosessien parantamisessa (Christopher 2016, 292–294). Lean on myös inspiroinut uusia menetelmiä, kuten agile-kehitystä, joka jakaa samanlaisen painotuksen iteratiiviseen parantamiseen.

Nykyään lean-filosofia on vakiintunut monien organisaatioiden toimintaan, ja sitä kehitetään jatkuvasti. Sen vahvuus on sen kyvyssä tarkastella kokonaisuuksia – toisin kuin 6S, joka keskittyy työtilaan, tai JIT, joka painottaa ajoitusta, lean kattaa koko arvoketjun ja kulttuurin. Filosofiaa on kuitenkin kritisoitu siitä, että liiallinen tehokkuuden tavoittelu voi johtaa työntekijöiden rasittumiseen tai joustavuuden puutteeseen, jos inhimillisiä tekijöitä ei huomioida (Hines, Holweg & Rich 2004, 998–1000). Leanin perintö on silti kiistanalainen: se on muuttanut tapaamme nähdä tuotanto ja toiminta korostaen arvoa, yksinkertaisuutta ja oppimista. Sen kehityshistoria heijastaa teollisuuden siirtymää Japanin jälleenrakennuksesta globaaliin digiaikaan, ja sen periaatteet mukautuvat edelleen uusiin haasteisiin.

### 3.4.2 6S-menetelmä

Leanin 6S-menetelmä on työympäristön organisointiin ja tehokkuuden parantamiseen keskittyvä työkalu, joka juontaa juurensa lean-ajattelusta ja Toyotan tuotantojärjestelmästä. Nimi "6S" tulee kuudesta japanilaisesta periaatteesta, jotka on mukautettu länsimaiseen käyttöön: Sort (Seiri), Set in Order (Seiton), Shine (Seiso), Standardize (Seiketsu), Sustain (Shitsuke) ja Safety. Menetelmän tarkoitus on luoda siisti, turvallinen ja järjestelmällinen työympäristö, joka vähentää hukkaa, parantaa tuottavuutta ja tukee jatkuvaa kehittämistä (Hines & Rich 1997).

Teorian ydin on työpaikan fyysisen ja toiminnallisen järjestyksen optimointi. Ensimmäinen vaihe, Sort, tarkoittaa tarpeettomien tavaroiden poistamista työtilasta, jotta jäljelle jää vain työn suorittamiseen tarvittavat välineet. Set in Order keskittyy järjestämään jäljelle jääneet materiaalit loogisesti, jotta ne ovat helposti ja nopeasti saatavilla. Shine korostaa puhtautta ja säännöllistä ylläpitoa, mikä ehkäisee häiriöitä ja parantaa turvallisuutta. Standardize luo yhtenäiset toimintatavat, jotta järjestys säilyy, kun taas Sustain painottaa näiden tapojen seuraamista ja ylläpitämistä osana päivittäistä rutii-

nia. Safety on työkalun kuudes elementti, joka lisättiin myöhemmin erityisesti länsimaissa korostamaan turvallisuuden merkitystä prosessissa. Menetelmä tukee leanin tavoitetta eliminoida hukkaa, kuten odottelua tai turhia liikkeitä, ja luoda virtaava työprosessi (Womack & Jones 2003, 15; 21; 50).

6S:n kehityshistoria kytkeytyy Japanin jälleenrakennukseen toisen maailmansodan jälkeen, jolloin Toyota kehitti 5S-menetelmän osana TPS:ää. Taiichi Ohno ja hänen tiiminsä näkivät, että järjestelmällinen työympäristö oli avainasemassa tehokkuuden ja laadun parantamisessa (Ohno 1988, 17–20). Alkuperäinen 5S ei sisältänyt Safetyä, mutta 1980- ja 1990-luvuilla, kun lean levisi länsimaihin, turvallisuus nostettiin kuudenneksi periaatteeksi vastaamaan tiukempiin työturvallisuusvaatimuksiin. Menetelmä yleistyi erityisesti valmistavassa teollisuudessa, mutta sen käyttö laajeni myöhemmin esimerkiksi terveydenhuoltoon ja toimistotyöhön. Globalisaatio ja lean-filosofian suosion nousu vahvistivat 6S:n asemaa osana modernia toimintojen kehittämistä. Nykyään sitä pidetään perustana monille Lean-projekteilte, sillä se luo konkreettisen pohjan prosessien parantamiselle.

### 3.4.3 Just-in-Time (JIT)

JIT eli Just-in-Time, suomennettuna "juuri ajallaan" on tuotannonohjausmenetelmä, joka tähtää resurssien tehokkaaseen hyödyntämiseen minimaalisella varastoinnilla ja ajoittamalla tuotannon tarkasti tarpeen mukaan. Sen perusajatuksena on valmistaa ja toimittaa tavaroita tai palveluita juuri silloin, kun niitä tarvitaan – ei liian aikaisin eikä myöhään. Tällä lähestymistavalla pyritään vähentämään varastointikustannuksia, parantaa prosessien sujuvuutta ja parantaa mahdollisuuksia reagoida nopeasti kysynnän heilahteluihin (Womack ym. 1990, 52–53). JIT:n on tehnyt tunnetuksi erityisesti sen osuus Toyotan kehittämän Toyota Production System (TPS) -järjestelmässä, mutta sen sovel-lusmahdollisuudet ulottuvat laajasti teollisuuteen ja logistiikkaan ympäri maailman.

Menetelmän teoria nojaa Lean-ajatteluun, joka keskittyy kaikenlaisen hukkan – ajan, materiaalien tai muiden tuotannon resurssien – karsimiseen. JIT:n tavoitetilassa toiminnot käynnistyvät vasta tarpeen ilmetessä, mikä estää ylijäämän kertymisen. Tuotannon prosessit ja muut toiminnot suunnitellaan siten, että materiaalit ja tuotteet kulkevat vaiheesta toiseen ilman turhia viiveitä tai keskeytyksiä. Tuotanto tapahtuu pienissä erissä, mikä pitää varastot pieninä ja lisää joustavuutta. Laadunvalvonta on keskeistä: virheet pyritään löytämään ja korjaamaan heti, jotta vialliset tuotteet eivät etene prosessissa (Ohno 1988, 29–30). Menetelmä vaatii myös tiivistä yhteistyötä toimittajien kanssa, sillä heidän on kyettävä toimittamaan osat luotettavasti ja täsmällisesti. Teorian kehittäjänä pidetään Toyotan insinööriä Taiichi Ohnoa, joka 1950- ja 1960-luvuilla muokkasi JIT:n osaksi TPS:ää. Ohno ammensi inspiraatiota amerikkalaisista supermarketeista, joissa hyllyjä täytettiin kysynnän mukaan ilman suuria varastoja, sekä japanilaisesta kaizen-ajattelusta, joka korostaa jatkuvaa parantamista (Ohno 1988, 18–19; 26–27; 59).

Myös JIT:n juontaa juurensa toisen maailmansodan jälkeiseen Japaniin, missä resurssien niukkuus pakotti yritykset kehittämään kekseliäitä toimintatapoja. Toyota otti menetelmän käyttöön 1950-luvulla vastapainona Fordin jäykälle massatuotantomallille, joka ei sopinut Japanin pienemmille ja vaihtelevammille markkinoille (Womack, Jones & Roos 1990, 11; 49–51; 64–65). Ohno ja hänen kollegansa, kuten Shigeo Shingo, analysoivat tuotannon solmukohtia ja kehittivät menetelmiä, joilla odottelu ja varastointi minimoitiin. Öljykriisi 1970-luvulla kiihdytti JIT:n suosiota, kun yritykset ympäri maailman etsivät keinoja säästää kustannuksissa. Toyotan menestys veti puoleensa länsimaisia

toimijoita, ja 1980-luvulla JIT alkoi levitä Yhdysvaltoihin ja Eurooppaan. Esimerkiksi autoteollisuudessa General Motors ja Ford omaksuivat sen periaatteita, joskin niiden sovellukset erosivat Toyotan mallista (Womack ym. 1990, 223–227; 238–241). Myöhemmin JIT yhdistyi muihin järjestelmiin, kuten Kanban-menetelmään, joka ohjaa tuotantoa visuaalisten signaalien avulla.

Menetelmän kehitys on kuitenkin kohdannut haasteita, sillä sen sulava toimivuus riippuu suuresti koko toimitusketjun vakaudesta. Globaalit häiriöt, kuten luonnonkatastrofit tai pandemiat, ovat paljastaneet JIT:n heikkouksia, kun tarkasti ajoitetut entregaukset pettävät (Christopher 2016, 216–217). Silti menetelmä on jättänyt pysyvän jäljen moderniin tuotantoon korostamalla tehokkuutta ja resurssien optimointia. Nykyään JIT:n periaatteita sovelletaan teollisuuden lisäksi palvelualoilla ja logistiikassa, esimerkiksi varastohallinnassa ja toimitusketjujen tehostamisessa (Christopher 2016, 163; 203–207).

## 4 NYKYTILAN ANALYYSI

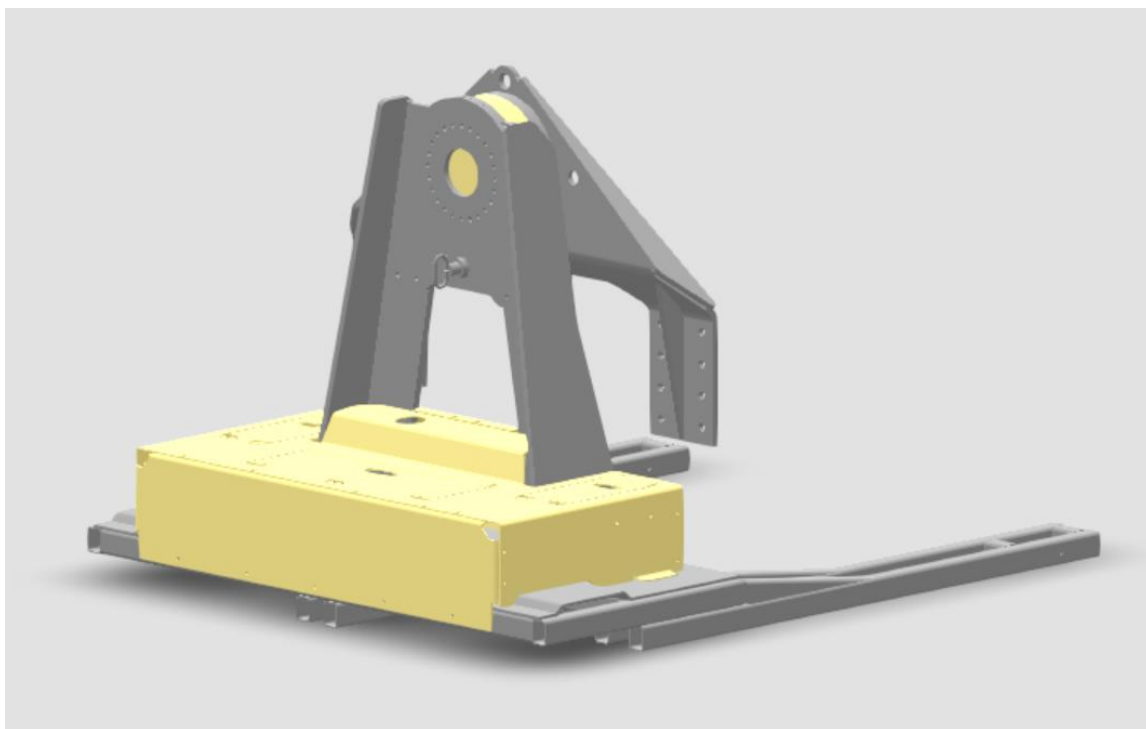
### 4.1 Apuvälineiden moninaisuus

Normet Oy käyttää kaivosajoneuvojen kokoonpanon eri vaiheissa suurta määrää erilaisia apuvälineitä. Valmistus- ja kokoonpanoprosesseja varten kehitettyjä apuvälineitä on tehtaalla suuri määrä, yli 1000 kappaletta. Apuvälineitä on kehitetty hyvin pitkälti tarpeen mukaan, usein sidottuna kulloinkin tuotannossa olevan ajoneuvon valmistus- ja kokoonpanoprosessin tarpeiden mukaan. Käytännössä tämä tarkoittaa hyvin laajaa apuvälineiden kirjoa. Yksinkertaisimmillaan tässä opinnäytetyössä käsiteltävä apuväline voi olla tietyn konemallin kokoonpanossa tarpeellinen nostolenkki, monimutkaistuen aina useiden metrien pituisiin ja satojen kilojen painoisiin hitsaus/koneistusjigeihin tai suurten alakokoonpanojen kääntötyökaluihin (Kuva 1).

Apuvälineitä käytetään kaikissa tuotannon vaiheissa, runkojen hitsauksessa sekä koneistuksessa, alakokoonpanoissa ja loppukokoonpanossa, joten mitään tuotantoprosessin osa-aluetta ei voida rajata suoraan pois apuvälineologistiikan piiristä. Apuvälineiden vaihtelevan koon lisäksi niiden käyttöaste vaihtelee suuresti kulloinkin tuotannossa valmistettävien ajoneuvojen tyyppin mukana. Muutamille apuvälineille on määritetty varastointivaatimuksia, esimerkiksi ulkovarastointikieltoja. Tämä vaatimus saa juurensa Suomen kylmästä ilmastosta. Tällä pyritään ehkäisemään esimerkiksi nostovälineiden jäätymistä varastoinnissa ja suurta lämpötilamuutosta juuri ennen käyttöä. Talven pakkasesta sisään tuotu kylmä metalli voi aiheuttaa nesteen tiivistymistä noston kannalta kriittisille kitkapinnoille ja tämän myötä aiheuttaa vakavan työturvallisuusriskin apuvälineen käyttäjälle.

Normet Oy:n kaivosajoneuvojen kokoonpanossa käytettäviä apuvälineitä voisi luokitella niiden koon, käyttöasteen ja varastointivaatimusten perusteella. Apuvälineiden alustava jakaminen alaluokkiin, kuten "yleiset & pienet", "yleiset & suuret". Lisäksi voidaan jakaa esimerkiksi varastosijainnin mukaan, kuten "yleiset, ulkona varastoitavat". Harvemmin käytettyjä apuvälineitä voidaan luokitella esimerkiksi "harvoin tarvittavat" -luokkaan. "Yleiset & pienet" -luokkaan kuuluvat kevyet ja usein käytetyt apuvälineet, kuten nostolenkit, jotka ovat välttämättömiä useissa kokoonpanovaiheissa. "Yleiset & suuret" -kategoria voisi kattaa massiiviset hitsaus- ja koneistusjigit, jotka ovat kooltaan useita metrejä ja painavat satoja kiloja. Näitä käytetään erityisesti runkojen hitsauksessa ja koneistuksessa, ja niiden käsittely vaatii erikoiskalustoa. "Yleiset, ulkona varastoitavat" -apuvälineet ovat sellaisia, joita voidaan säilyttää ulkotiloissa. Apuvälineiden sijoittamista tähän luokkaan rajoittavat Suomen kylmä ilmasto ja esimerkiksi jäätymisriskit, jotka voivat vaarantaa työturvallisuuden. "Harvoin tarvittavat" -luokka sisältää apuvälineet, joita käytetään vain tietyissä ajoneuvomalleissa, joten niiden käyttöaste on alhainen, mutta säilytystarve on jatkuva.

Erityisesti luokkiin "yleiset & pienet" ja tietyin rajoituksin "yleiset & suuret" kuuluvien apuvälineiden osalta niiden toimitus ja käyttöaste on hyvällä tasolla. Ne ovat suurelle osalle työntekijöitä tuttuja, ja niiden yleisen käyttöasteen vuoksi ne ovat jo varastoituna lähellä tarvitsevia työpisteitä, jolloin niiden käyttöaste on kohtuullisella tasolla. Yleisimmin apuvälineiden käyttöasteen ongelmat esiintyvät, kun kyseessä on luokkiin "yleiset, ulkona varastoitavat", "harvoin tarvittavat" sisältyvät apuvälineet.



Kuva 1. Ohjaamon kääntötyökalu

#### 4.2 Nykytilan prosessikuvaus

Tuotannon apuvälineiden toimitusprosessin tarkoitus on toimittaa tuotannolle tarpeellinen apuväline sen varastointipaikasta sen työvaiheen luo oikeaan aikaan, jossa kyseistä apuvälinettä tarvitaan. Kuvattava prosessi tapahtuu Normet Oy:n Peltosalmen tehtaalla. Prosessi on tärkeä tuotannon sujuvuuden, työvaiheiden oikein suorittamisen ja henkilöstön työturvallisuuden kannalta. Laajemmassa kokonaisuudessa prosessin sujuvuudella voi olla suoria vaikutuksia tuotannon pysymiseen aikataulussa ja toimitusviiveiden välttämiseen, joka puolestaan vaikuttaa suoraan asiakastytyväisyyteen.

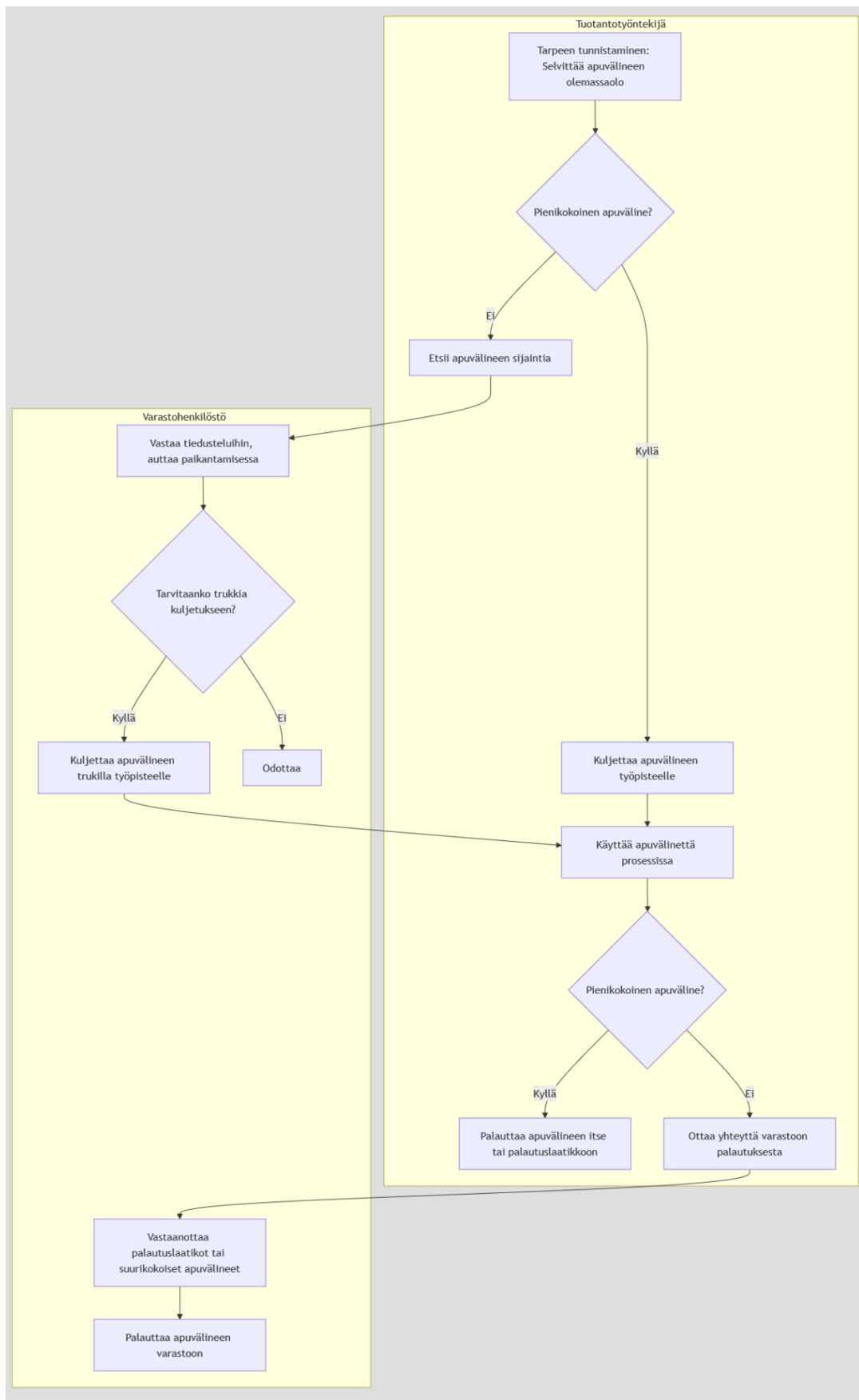
Toimitusprosessi alkaa aina tarpeesta. Ensimmäisenä kokoonpanotiimin täytyy tietää, että tulevaan prosessiin on olemassa, ja tulisi käyttää tuotantoapuvälinettä. Nykytilanteessa tieto apuvälineistä on pirstaloitunutta, usein niin pahasti, että tuotannon työntekijät tietävät apuvälineen olemassaolosta vain oman työkokemuksensa tai muistikuviansa – joskus joku käytti tähän työhön erikoistyökalua tai näin sopivan välineen viime vuonna – perusteella. Tässä vaiheessa käytettävä resurssi on tuotanto-työntekijän työaika, kun hän selvittää, onko apuvälinettä olemassa – mikäli kyllä, selvitetään millainen. Tämän jälkeen siirrytään toiseen vaiheeseen.

Toinen vaihe on apuvälineen paikantaminen. Yleisimmin käytetyt pienikokoiset (tässä tapauksessa yhden henkilön liikuteltavissa olevat) apuvälineet sijaitsevat kokoonpanopisteiden läheisyydessä, helposti saatavilla. Mikäli tarpeellinen apuväline lukeutuu näihin, siirrytään prosessin kolmanteen vaiheeseen. Mikäli apuväline on harvemmin käytetty, vaihe kaksi jatkuu. Suuremmat, harvemmin käytetyt apuvälineet ovat varastoituna vaihtelevasti. Tässä vaiheessa työntekijän täytyy etsiä apuvälineen varastointipaikka, usein tiedustellen tätä myös varaston henkilöstöltä. Nykytilanteessa apuvälineen löytyminen voi olla nopea prosessi, mikäli tuotannon tai varaston työntekijä tietää suoraan, missä kyseinen apuväline on. Jos näin ei ole, jatketaan apuvälineen etsimistä kommunikoiden ja fyysisesti tunnettuja varastointipaikkoja tarkastamalla, kunnes apuväline löytyy.

Prosessin kolmas vaihe on apuvälineen kuljettaminen sen prosessin luo, jossa sitä tarvitaan. Edellisessä kappaleessa mainittujen, yleisesti käytettyjen pienikokoisten apuvälineiden osalta vaihe toteutuu tuotantotyöntekijän toimesta, kun hän siirtää apuvälineen tarvitsevan prosessin luo. Jos taas apuväline on suurikokoinen/painava tai varastoitu siten, että tarvitaan trukkia (sijainti korkealla varastohyllyssä), täytyy apuvälinettä tarvitsevan työntekijän ottaa yhteys varaston henkilöstöön, ja sopia apuvälineen toimituksesta työpisteelle. Kun toimitusprosessi on suoritettu ja apuväline on työpisteellä, alkaa vaihe neljä.

Vaiheessa neljä tuotantotyöntekijä käyttää apuvälinettä sen mukaiseen prosessiin. Apuvälineiden moninaisuuden myötä prosessin kesto voi vaihdella suuresti. Joitakin apuvälineitä saatetaan käyttää useiden tuntien tai jopa työvuorojen ajan, kun taas toisissa tapauksissa prosessin läpimenoaika voi olla alle tunnin mittainen.

Prosessin viimeinen vaihe on apuvälineen palautuminen omalle varastointipaikalleen. Edelleen apuvälineen ollessa pienikokoinen, hoituu palautusprosessi tuotantotyöntekijän toimesta itsenäisesti. Tämän lisäksi tuotannon kokoonpanopisteillä on niin sanotuiksi "palautuslaatikoiksi" kutsuttuja trukkilavoja, joita varastotyöntekijät vievät takaisin varastoon sitä mukaa, kun niihin laitetaan osia tai tavaroita, jotka ovat matkalla takaisin varastoon. Mikäli apuvälineellä on olemassa tarvittavat nimikiedot ja varastointipaikka, voidaan apuvälineen kulku varastoon hoitaa tämän palautuslaatikon kautta. Mikäli apuväline on niin suurikokoinen tai tiedoiltaan vajavainen, ettei palautuslaatikkoa voida käyttää, ottaa tuotantotyöntekijä yhteyden varaston henkilöstöön ja sopii apuvälineen palautuksen heidän kanssaan. Apuväline palautetaan sinne, mistä se otettiin, "omalle paikalleen" (Kuva 2).



Kuva 2. Prosessikaavio nykytilanne

### 4.3 Nykyiset haasteet

Prosessin nykytila nostaa esiin useita prosessia hidastavia ja hukkaa aiheuttavia haasteita. Jo prosessin ensimmäisessä vaiheessa apuvälineen tarpeen tunnistaminen on hankalaa, sillä apuvälineistä ei ole yhtä selkeää, kaikki apuvälineet kattavaa ja ne tunnistettuihin prosesseihin sitovaa tietolähdettä. Tämä aiheuttaa hukkaa työntekijöiden käyttäessä aikaa apuvälineen olemassaolon selvittämiseen. Apuvälineen olemassaolon selvittämisen ollessa työntekijän vastuulla, inhimillisenä piirteenä työntekijä ei välttämättä ole kiinnostunut käyttämään selvitystyöhön juurikaan aikaa. Tästä seuraa riski työvaiheen vääränlaiseen suorittamiseen, pahimmillaan uhaten työturvallisuutta ja lopputuotteen laatua. Terveys- ja turvallisuusstrategiassaan (Normet Oy, 2023) Normet Oy korostaa ennaltaehkäisevää toimintaa työturvallisuuden parantamiseksi. Yksittäisten työntekijöiden ammattitaitoon tai muistiin nojaaminen apuvälineiden tarpeen tunnistamisessa ei ole kestävä tapa ylläpitää tietoa apuvälineiden tarpeesta.

Toisessa vaiheessa esiin nousee apuvälineiden paikantamisen haasteet, sillä kaikille apuvälineille ei ole yhdestä tietolähteestä löytyvää varastopaikkaa dokumentaation puutteen vuoksi. Jotkin kokeneet työntekijät saattavat muistaa suoraan, mistä jokin apuväline löytyy. Yksittäisten työntekijöiden ammattitaitoon nojaaminen ei ole kestävä tapa ylläpitää tietoa apuvälineistä. Vaihtelevat ja nimikoimattomat varastopaikat aiheuttavat hukkaa työntekijöiden käyttäessä aikaa tarvittavan apuvälineen etsintään. Tämä hukka ei rajoitu ainoastaan apuvälinettä tarvitsevaan kokoonpanotyöntekijään, vaan myös niihin, joille tarvitseva kokoonpanotyöntekijä kommunikoi etsiessään apuvälineen varastopaikkaa.

Kolmannessa vaiheessa ongelmana on riippuvuus manuaalisesta kommunikaatiosta ja koordinoimista. Kolmannessa vaiheessa (kuljettaminen) ja viidennessä vaiheessa (palauttaminen) suurempien apuvälineiden siirto edellyttää yhteydenottoa ja erillistä koordinoimista varaston henkilöstön kanssa. Vaatimus varastohenkilöstön läsnäolosta siirtoprosessiin tulee yrityksen työturvallisuusohjeistuksesta liittyen trukkien käyttöön, sillä tuotannon kokoonpanotyöntekijöillä ei ole ajolupia tehdasalueen trukkeihin. Nojaaminen työturvallisuuteen on hyvä asia, mutta sen sivutuotteena prosessi monimutkaistuu ja pahimmillaan viivästyy, jos varastohenkilökuntaa ei ole välittömästi saatavilla tai aikataulut eivät kohtaa.

Puuttuvien tai epäselvien nimikointi- ja varastointitietojen ongelmat aiheuttavat oman viivästyksensä myös apuvälineen palautusvaiheessa. Tuotannossa jo käytössä olevat palautuslavat ovat sujuva tapa palauttaa hyvin dokumentoidut, kokoonpanossa ylimääräiseksi jääneet osat omille tarkoille varastopaikoilleen. Apuvälineiden osalta prosessi kuitenkin kohtaa ongelman, mikäli palautuslavalle laitetaan apuväline ilman tarkkoja nimikointi- ja varastopaikkatietoja. Tällöin palautuslavaa varastoon purkava varastotyöntekijä ei tiedä, minne apuväline tulisi laittaa. Purkuvaiheessa varastotyöntekijä on jo siirtynyt kokoonpanopisteeltä varaston puolelle, mutta tällaisen apuvälineen kohdatessaan hän joutuu joko manuaalisesti kommunikoimaan omien esihenkilöidensä kanssa varastosijainnista, tai palaamaan kokoonpanopisteelle selvittämään, miltä varastointipaikalta kyseinen apuväline on otettu käyttöön. Puutteellisen dokumentaation aiheuttama riski etsintänä tai tarpeettomana kulkemisena ilmenevään hukkaan on tässä työvaiheessa ilmeinen.

Prosessin epätasaisuus ja vaihtelevuus aiheuttaa oman haasteensa prosessin sujuvuuteen, sillä pieni- ja suurikokoisten apuvälineiden käsittely eroaa merkittävästi. Pienikokoisten apuvälineiden

kuljetuksen osalta prosessi on sujuva, sillä se sitoo ainoastaan tarpeessa olevan kokoonpanotyöntekijän. Suurten apuvälineiden osalta prosessi puolestaan on hitaampi ja monimutkaisempi, sillä se sitoo lisäresursseja, esimerkiksi trukin ja sen kuljettajan. Apuvälineiden luokittelun puute (esimerkiksi jako käsin siirrettäviin ja sitä suurempiin) aiheuttaa prosessiin epätasaisuutta. Prosessin epätasaisuus heikentää sen ennustettavuutta, pahimmillaan heijastuen kokonaisprosessin ennustettavuuden heikkenemiseen.

Positiivisena puolena prosessin nykytilasta voidaan mainita sen helppous pienten, yleisesti työntekijöiden keskuudessa tunnettujen ja usein käytettyjen apuvälineiden osalta. Tämän kaltaisessa tapauksessa prosessi voi tiivistyä siihen, että apuvälineen tarpeessa oleva varastotyöntekijä kävelee tuntemalleen varastopaikalle, kuljettaa apuvälineen käsin kokoonpanopisteelle, tekee työvaiheen ja palauttaa apuvälineen varastointipaikalleen. Peltosalmen tehtaan kokoonpanotiloissa on mainitun kaltaisille apuvälineille merkittynä varastointialue, jossa universaaleja, monissa eri kokoonpanovaiheissa käytettäviä apuvälineitä on saatavilla. Toinen mainitsemisen arvoinen positiivinen asia on palautuslavojen olemassaolo. Vaikka näitä palautuslavoja ei voida hyödyntää kaikille apuvälineille, ovat ne erinomainen tapa palauttaa varastoon ne apuvälineet, joille löytyy nimikointitiedot ja olemassa oleva varastopaikka.

#### 4.4 Apuvälineluokkien erot

Apuvälinetoimituksen tehokkuutta voidaan tarkastella taulukoimalla prosessin sujuvuutta ja ongelmakohtia eri apuvälineluokissa. Taulukko 1 esittää apuvälineet luokittain, perustuen Peltosalmen tehtaan prosessiin ja haasteisiin.

Taulukko 1. Taulukko apuvälineluokkien eroista prosessissa.

Apuvälineluokka	Toimitusaika työpisteelle	Tilaustapa työpisteelle	Toimitustapa	Varastointitapa	Riskit
Yleiset & pienet	< 5 min	Suora haku	Käsin	Lähellä työpistettä	Matala (tuttu, saatavilla)
Yleiset & suuret	15–30 min	Kommunikaatio varastoon	Trukilla	Varastossa	Kohtalainen (viiveet, koordinointi)
Yleiset, ulkona varastoitavat	20–40 min	Kommunikaatio varastoon	Trukilla	Ulkovarasto	Korkea (jäätymät, turvallisuusriski)
Harvoin tarvittavat	30–60 min	Etsintä, kommunikaatio	Trukilla	Hajautettu varasto	Korkea (löytymättömyys, viiveet)

"Yleiset & pienet" -luokan apuvälineet ovat tehokkaita: lyhyt toimitusaika ja suora saatavuus vähentävät hukkaa. Sen sijaan "Yleiset & suuret" ja "Yleiset, ulkona varastoitavat" -luokat kärsivät viiveistä, koska ne edellyttävät varaston koordinoitua ja trukin käyttöä, mikä lisää odottelua. Ulkona varastoitavien apuvälineiden osalta Suomen ilmasto aiheuttaa turvallisuusriskejä, kuten jäätymistä. "Harvoin tarvittavat" -luokka on ongelmallisinta, sillä niiden hajanainen varastointi ja dokumentaation puute johtavat pitkiin etsintäaikoihin. Tarkastelu osoittaa, että ongelmat korostuvat suurissa ja harvoin käytetyissä apuvälineissä, joissa manuaalinen koordinointi ja puutteellinen jäljitettävyyden hidastavat prosessia.

## 5 RATKAISUEHDOTUKSET TOIMINNAN KEHITTÄMISEKSI

### 5.1 Kehittämiskohteiden priorisointi

#### 5.1.1 Apuvälineiden dokumentointi ja luokittelu

Toiminnan kehittämisen apuvälinelogistiikan yhtenäistämiseksi tulisi lähteä apuvälineiden nimikointitietojen yhtenäistämiseen. Jokainen apuväline tulee kirjata oman yksilöllisen nimikenumeronsa alle käytössä olevaan PDM-järjestelmään (Product Data Management System). Nykytilanteessa osalla apuvälineistä on jo olemassa nimikenumero, mutta jotta apuvälineiden hallinta kyetään yhtenäistämään, tulee PDM-järjestelmästä puuttuvat apuvälineet lisätä sinne manuaalisesti ja luokitella oikean tuotekategorian alle. Kun apuvälineitä lisätään PDM-järjestelmään, on syytä samalla tehdä niin sanottua "inventariota" lisättävistä apuvälineistä, ja karsia joukosta pois sellaiset apuvälineet, joita ei enää jostain syystä käytetä. Tavoitteena tulisi olla, että PDM-järjestelmässä on listattuna vain aktiivisessa tuotantokäytössä olevat apuvälineet, joka edellyttää listan päivitystä myös silloin kun esimerkiksi tietyn ajoneuvomallin tuotanto päättyy, jolloin listalta poistetaan sen tuotannossa käytetyt apuvälineet. Ajantasainen lista luo pohjan apuvälineiden tehokkaalle hallinnalle.

Kun apuvälineet on luokiteltu PDM-järjestelmään yhtenäisesti, apuvälineiden luokittelu helpottuu. Suurin kysymys tässä vaiheessa on, minkä perusteella apuvälineet tulisi luokitella. Tällä hetkellä jo PDM-järjestelmään listatut apuvälineet on luokiteltu niiden konemallien ja komponenttien mukaan, joiden kokoonpanossa niitä käytetään. Käyttökohdeperusteinen luokittelu on hyvä asia, sillä se sitoo järjestelmään kirjatun apuvälineen siihen ajoneuvoon/komponenttiin, jonka valmistamisessa se on tarpeen. Tämä antaa mahdollisuuden karsia tuotannosta poistuvaan ajoneuvoon sidoksissa olevat apuvälineet helposti. Käyttökohdeperusteinen luokittelu antaa myös mahdollisuuden tarkastella apuvälineiden käyttöfrekvenssiä tutkimalla eri ajoneuvomallien ja komponenttien tuotantomääriä. Apuvälineen käyttöfrekvenssin tulisikin olla yksi huomioon otettava seikka, kun apuvälineen varastointipaikkaa määritetään.

Käyttöasteen lisäksi toinen tärkeä seikka on apuvälineen fyysinen koko. On selvää, ettei useiden metrien pituisia ja satoja kiloja painavaa rungonhitaussijäitä kannata luokitella samaan luokkaan joi-tain satoja grammoja painavan nostolenkin kanssa. Varastologistiikan kannalta tärkeimpänä ominaisuutena apuvälineitä luokiteltaessa voisi olla apuvälineiden siirrettävyys käsin. Normet Oy:llä ei nykytilanteessa ole työsuojelun määrittämää painorajaa henkilövoimin tehtäville nostoille. Kilogrammarajan määrittäminen apuvälineiden siirtoon olisi kuitenkin hyödyllistä, sillä sen avulla voidaan rajata kaikkein pienimmät apuvälineet varaston trukkipuljettajien siirtelyvastuun ulkopuolelle. Ei ole tarkoituksenmukaista, että varastolta joudutaan erikseen kutsumaan trukkipuljettaja kuljettamaan kevyt, helposti käsin siirrettävä kappale työpisteelle vain siitä syystä, ettei pienimpiä kappaleita rajattu käsin siirrettäviksi. Se, mikä lopulliseksi kilogrammarajaksi määritellään, tulee olla niin matala, että jokainen työntekijä kykenee siihen. Normet Oy:n Peltosalmen tehtaan tuotantohenkilöstö on moninaista ja ihmisten ollessa erilaisia, tulee painorajan määrittämisessä käyttää harkintaa. Eräälle työntekijälle 15 kg painava kappale on hyvinkin raskas, kun taas toisella työntekijällä 35 kilogramman painoinen apuväline nousee kevyesti.

Tieto apuvälineiden olemassaolosta PDM-järjestelmän pohjalta on tärkeää tuotannon suunnittelun ja tuotannon kehittämisen johtoportaan, mutta se itsessään ei auta asentajaa, jolla tulisi olla nopeasti tiedossa apuvälineen tarve tehtävässä tai tulevassa työvaiheessa. Vaikka asentajilla on pääsy PDM-

järjestelmään tarkastelemaan tuoterakenteita tarvittaessa, PDM-järjestelmän käyttö ei kuulu normaaliin prosessiin kokoonpanoa tehdessä. Lisäksi PDM-järjestelmään listatut apuvälineet eivät ole itse ajoneuvon rakenteella, jolloin kokoonpanotyöntekijän täytyisi erikseen etsiä se apuvälineiden listausrakenteelta, joka aiheuttaa kohtuuttomasti ajanhukkaa.

### 5.1.2 Apuvälineiden toimitusprosessin suorituskyvyn mittaaminen

Apuvälineitoimitusprosessin suorituskykyä Peltosalmen tehtaalla voidaan arvioida useilla keskeisillä mittareilla, jotka heijastavat prosessin tehokkuutta, turvallisuutta ja ennustettavuutta. Tärkeimmät mittarit ovat turvallisuus, vasteaika ja läpimenoajan vaihtelu, jotka kytkeytyvät suoraan prosessin haasteisiin, kuten hitaan saatavuuden aiheuttamaan hukkaan ja turvallisuusriskeihin.

Turvallisuus on ensisijainen mittari, sillä apuvälineiden saatavuus vaikuttaa suoraan työturvallisuuteen. Puutteellinen dokumentaatio ja apuvälineiden hidas saatavuus voivat johtaa väärin työtapojen käyttöön, mikä lisää turvallisuusriskejä. Esimerkiksi, jos nostolenkki ei ole saatavilla, työntekijä saattaa improvisoida, mikä voi aiheuttaa tapaturmia. Normet Oy:n terveys- ja turvallisuusstrategia (Normet Oy 2023) korostaa ennaltaehkäiseviä toimia, joten turvallisuusmittarina voidaan käyttää esimerkiksi apuvälineiden käyttöön liittyvien turvallisuuspoikkeamien määrää kuukaudessa. Tämä mittari paljastaa, kuinka usein apuvälineiden puute tai virheellinen käyttö johtaa riskeihin, ja auttaa kohdentamaan kehitystoimia.

Vasteaika mittaa, kuinka nopeasti apuväline on saatavilla työpisteellä tarpeen ilmettyä. Prosessikuvauksesta selviää, että yleiset ja pienet apuvälineet ovat saatavilla nopeasti, mutta suurten tai harvoin käytettyjen apuvälineiden paikantaminen voi kestää kauan etsinnän ja manuaalisen koordinoimisen vuoksi. Vasteaika voidaan määritellä ajaksi tarpeen tunnistamisesta apuvälineen saapumiseen työpisteelle, esimerkiksi keskimäärin 5 minuuttia pienille apuvälineille ja 30–60 minuuttia harvoin käytetyille. Tämä mittari osoittaa prosessin tehokkuuden ja auttaa tunnistamaan pullonkauloja, kuten varastohenkilöstön saatavuuden viiveet.

Läpimenoajan vaihtelu kuvaa prosessin ennustettavuutta eri apuvälineluokissa. Apuvälineluokittelua tehdessä korostuu prosessin epätasaisuus: pienet apuvälineet liikkuvat sujuvasti, mutta suurten apuvälineiden siirto vaatii koordinoimista, mikä lisää vaihtelua. Läpimenoajan vaihtelu voidaan mitata esimerkiksi keskihajonnalla (minuutteina) apuvälineen koko kierron ajasta (tarpeen tunnistaminen, kuljetus, käyttö, palautus). Suuri vaihtelu heikentää prosessin ennustettavuutta ja vaikuttaa tuotannon aikatauluihin. Tämä mittari auttaa priorisoimaan kehitystoimia.

Nämä mittarit – turvallisuus, vasteaika ja läpimenoajan vaihtelu – tarjoavat laajan näkymän apuvälineitoimitusprosessin suorituskykyyn, korostaen kehitystarpeita erityisesti suurten ja harvoin käytettyjen apuvälineiden osalta.

## 5.2 Apuvälineiden integrointi ERP-järjestelmään

### 5.2.1 Hyödyt

Apuvälineiden integroiminen toiminnanohjausjärjestelmään toisi merkittäviä etuja apuvälineiden toimitusprosessiin. Apuvälineiden lisääminen ERP-järjestelmään liittäisi ne varaston keräilyprosessiin, jolloin ne keräiltäisiin samalle varastotoimitukselle kuin työvaiheessa tarvittavat komponentit. Tämä varmistaisi, että apuvälineet saapuvat työpisteelle oikeaan aikaan, mikä tukee JIT-periaatteen toteutumista (Womack ym. 1990, 160–161). JIT:n mukaisesti apuvälineet toimitettaisiin asianmukaisten

osien mukana, mikä vähentää odottelua ja hukkaa. Nykyisin apuvälineiden hidas saatavuus aiheuttaa viiveitä, mutta ERP-integraatio poistaisi tämän ongelman automatisoimalla prosessin.

ERP-integraation myötä prosessi standardisoituisi, sillä apuvälineet sidottaisiin osaksi toiminnanohjausjärjestelmän kautta tapahtuvaa tuotannon ohjausta. Toiminnanohjausjärjestelmät mahdollistavat tiedon reaaliaikaisen saatavuuden ja prosessien automatisoinnin, mikä parantaa tiedonkulkua ja vähentää inhimillisiä virheitä (Laudon & Laudon 2014, 371). Tämä poistaisi kokoonpanotyöntekijän vastuun apuvälineen hankinnasta työpisteelle, jolloin työntekijöiden ei tarvitsisi käyttää aikaa apuvälineiden etsintään tai manuaaliseen koordinointiin. Samalla erillinen kommunikaatiotarve kokoonpanon ja varaston välillä trukkipuljetuksia sovittaessa poistuisi, mikä tehostaa prosessia erityisesti suurten apuvälineiden osalta.

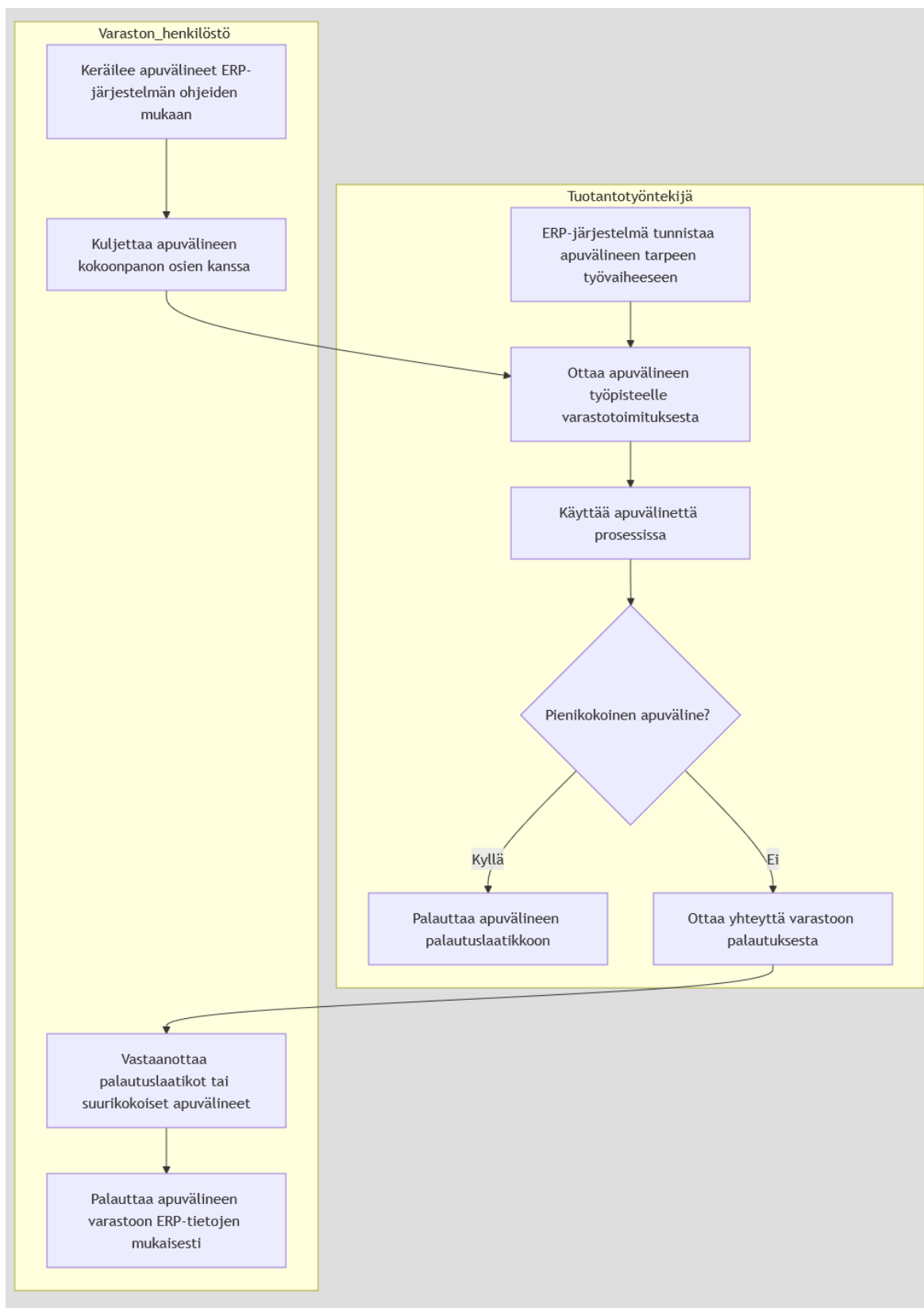
ERP-integraatio laskee kustannuksia vähentämällä manuaalista työtä ja tehostaa prosessia automaation kautta. Nykyisin apuvälineiden paikantaminen ja kuljettaminen sitoo työntekijöiden aikaa, mutta automatisoidun keräilyn myötä henkilötyöaikaa vapautuu muihin tehtäviin, kuten tuotannon kehittämiseen. Automaatio parantaa myös prosessin luotettavuutta, sillä apuvälineiden saatavuus ei enää riipu yksittäisten työntekijöiden muistista tai kokemuksesta.

Toiminnanohjausjärjestelmä mahdollistaa apuvälineiden seurannan, josta voidaan koostaa dataa prosessin pidemmälle optimointiin. Reaaliaikainen seuranta auttaa keräämään dataa esimerkiksi apuvälineiden käyttöasteesta ja pullonkauloista, mikä tukee Normet Oy:n tavoitetta parantaa tuottavuutta ja laatua. Tämä data voi ohjata tulevia kehitystoimia, kuten varastoinnin optimointia, ja parantaa prosessin kokonaistehokkuutta.

### 5.2.2 Haasteet

ERP-järjestelmän käyttöönotto apuvälinetoimituksessa tuo kuitenkin haasteita. Prosessi edellyttää täydellisiä nimikointitietoja kaikille apuvälineille, joita on yli 1 000 kappaletta. Nimikointitietojen yhtenäistäminen on työlästä, ja prosessin integrointi ERP-järjestelmään on kallista, sillä se vaatii järjestelmän räätälöintiä käyttötärpeeseen (Davenport 1998, 121–131). Lisäksi työntekijät voivat tarvita koulutusta prosessin uudistamiseen sopeutumiseksi, mikä lisää kustannuksia ja aikaa.

Toinen merkittävä haaste on prosessin kokonaisläpimenoajan kasvu. Varasto keräilee osat 1–2 työvuoroa ennen kokoonpanoprosessia, ja ne siirtyvät välivarastoon odottamaan kuljetusta. Jos apuvälineet keräillään samaan aikaan, ne poistuvat kokonaisvarastosaldolta, mikä altistaa prosessin kahdentumisriskille: välivarastossa oleva apuväline ei ole saatavilla muille kokoonpanopisteille, jotka saattavat tarvita sitä. Tämän riskin minimoimiseksi apuvälineiden määrää tulisi lisätä, mutta se nostaa kustannuksia, sillä uusien apuvälineiden hankinta lisää kustannuksia. Lisäksi välivarastointi voi lisätä prosessin monimutkaisuutta, jos varastosaldon hallinta ei ole saumatonta, mikä voi johtaa tiedon epä johdonmukaisuuteen ja viiveisiin (Kuva 4).



Kuva 3. Tilausprosessi ERP:n avulla

### 5.3 Apuvälineiden toimitusprosessi NorMES-järjestelmän kautta

#### 5.3.1 Hyödyt

Toimitusprosessin hoitaminen NorMES-järjestelmän kautta tarjoaa samankaltaisia etuja ERP-integraation kanssa. NorMES-integraatio on joustavampi kuin ERP-integraatio, koska se toimii irrallaan

ERP-järjestelmästä. Tämä mahdollistaa työntekijöille enemmän harkintaa apuvälineiden tilausajan kohtien suhteen, sillä NorMES:in kautta he voivat itse määrittää, milloin apuväline tilataan, toisin kuin ERP-järjestelmän ennalta määrättyissä keräilyprosesseissa. Joustavuus vähentää prosessin jäykkyyttä ja tukee työntekijöiden itsenäistä päätöksentekoa, mikä voi parantaa työn sujuvuutta.

Toiseksi NorMES on järjestelmänä jo tuttu kokoonpanotyöntekijöille, sillä se on käytössä osana normaalia kokoonpanoprosessia työvaiheiden ohjeiden ja aikataulutuksen hallinnassa/seurannassa. Tämä vähentää koulutustarvetta verrattuna täysin uuteen järjestelmään, ja työntekijät voivat nopeasti omaksua apuvälineiden tilaus- ja seurantatoiminnot. Lisäksi NorMES mahdollistaa apuvälineiden reaaliaikaisen seurannan, esimerkiksi tilan (saatavilla, varattu) tarkastelun (Capgemini 2019). Seuranta tuottaa dataa apuvälineiden liikkeistä ja käyttöasteesta, jota voidaan hyödyntää prosessin pitkäjänteiseen optimointiin, kuten varastoinnin kehittämiseen.

Kolmanneksi NorMES-integraatio mahdollistaa tarkan seurannan siitä, onko apuvälinettä käytetty. ERP-integraation myötä apuvälineet aina toimitettaisiin, mutta niiden käyttöä ei voitaisi varmuudella vahvistaa. NorMES:issa apuvälineen tilaus ja käyttö linkittyvät: jos apuvälinettä ei ole tilattu järjestelmästä, voidaan olla lähes varmoja, että sitä ei ole käytetty, mikä parantaa prosessin läpinäkyvyyttä ja laatukontrollia. Tämä tukee Normet Oy:n tavoitetta varmistaa tasalaatuinen lopputuote.

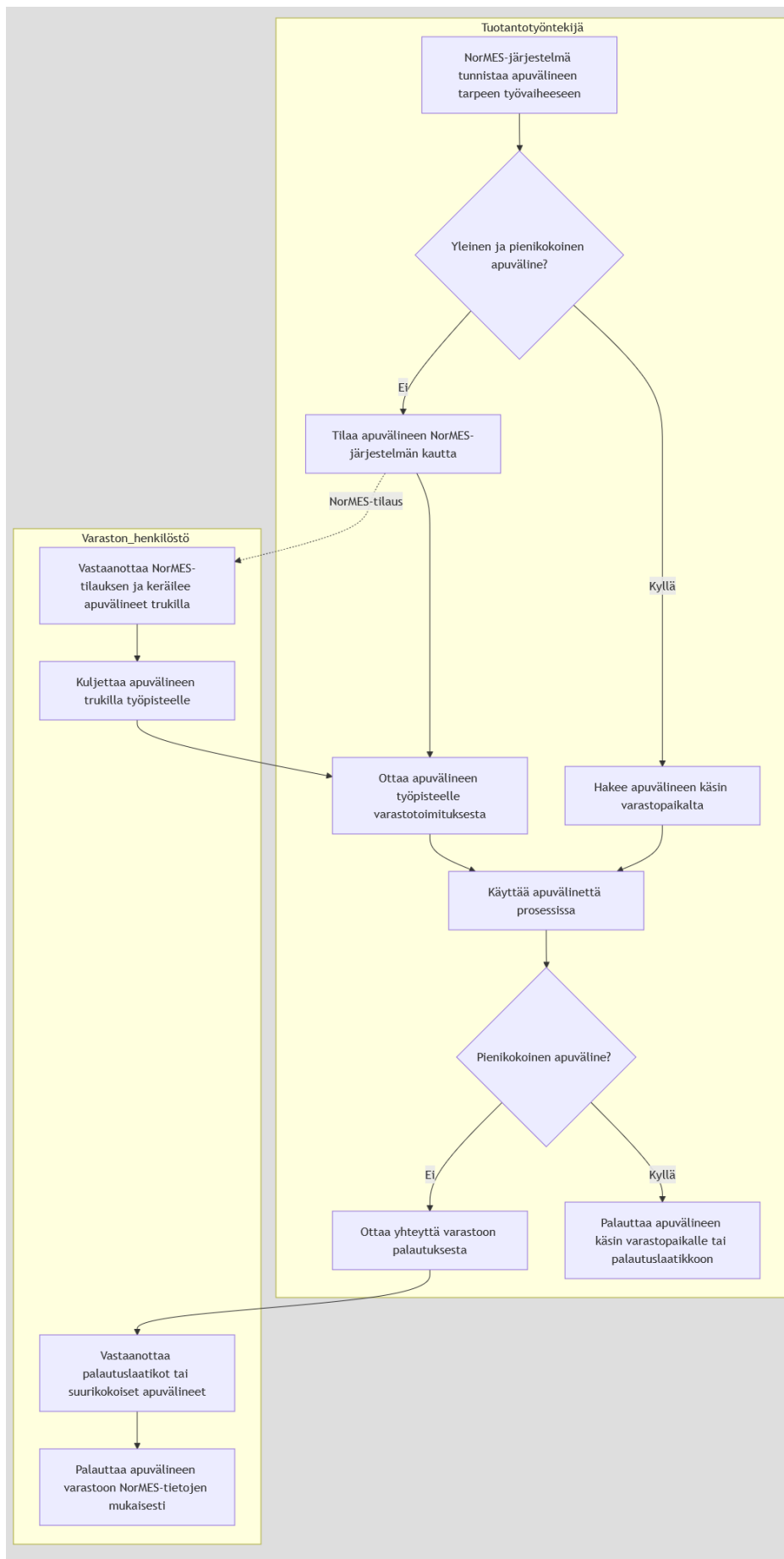
Lopuksi NorMES:in kautta tapahtuva lyhyempi läpimenoaika pienentää kahdentumisriskiä. ERP-integraatiossa apuvälineet keräillään 1–2 työvoroa etukäteen, jolloin ne voivat jäädä välivarastoon. NorMES:issa tilaus tapahtuu tarpeen mukaan, mikä minimoi riskin, että apuväline on varattuna muualla, ja tukee tehokasta resurssien käyttöä.

### 5.3.2 Haasteet

NorMES-integraatio tuo kuitenkin myös haasteita apuvälineitoimitukseen. Toimitusprosessin toteuttaminen NorMES:in kautta jättää vastuun apuvälineen hankinnasta kokoonpanotyöntekijälle. Toisin kuin ERP-integraatio, joka automatisoi prosessin, NorMES:in kautta toteutettuna työntekijän on itse tilattava apuväline, mikä säilyttää olemassa olevan riskin siitä, että apuvälinettä ei jakseta lähteä tilaamaan lyhyen työvaiheen suoritukseen, joskin helpottamalla tilausprosessia pienentää sitä. Apuvälineen tilaamisesta NorMES:in kautta tulisivatkin tehdä mahdollisimman mutkatonta ja suoraviivaista työntekijälle, jotta apuväline ei jää laiskuuden vuoksi käyttämättä.

Toisena mahdollisena ongelmakohtana voi olla se, että prosessi ei tule osaksi ERP:n kautta hallittua kokonaisuutta, mikä rajoittaa tiedonkulkua. NorMES ja ERP voivat kohdata integraatio-ongelmia, kuten yhteensopimattomia datamuotoja, mikä voi johtaa tiedon epäjohdonmukaisuuteen (Laudon & Laudon 2014, 387–388). Esimerkiksi apuvälineiden varastosaldojen synkronointi voi epäonnistua, jos järjestelmät eivät kommunikoi saumattomasti, mikä heikentää prosessin luotettavuutta.

Kuten kaikki uudistukset, NorMES-integraatio aiheuttaa kustannuksia MES-järjestelmän kehittämispuolelta, koska NorMES on Normet Oy:n tarpeisiin kehitetty ohjelmisto. Järjestelmän räätälöinti apuvälineiden seurantaan vaatii teknistä kehitystyötä ja resursseja, mikä lisää kustannuksia (Davenport 1998, 121–131). Lisäksi työntekijät voivat tarvita lisäkoulutusta uusien toimintojen käyttöön, lisäten kustannuksia ja toteutukseen vaadittavaa aikaa. Vaikka NorMES on tuttu, uusien ominaisuuksien omaksuminen voi silti vaatia sopeutumista, hidastaen käyttöönottoa (Kuva 5).



Kuva 4. Tilausprosessi NorMES:illa

#### 5.4 Ratkaisujen arviointi

Kohdissa 5.2 ja 5.3 esitetyt ratkaisuehdotukset – apuvälineiden integrointi ERP-järjestelmään ja NorMES-järjestelmän hyödyntäminen – tarjoavat hyötyjä ja haasteita apuvälineiden toimitusprosessin kehitykseen. Molempien toteuttamiskelpoisuutta arvioidaan kustannusten, hyötyjen ja aikataulujen näkökulmasta, huomioiden, että apuvälineiden täysi nimikointi on molemmissa vaihtoehdoissa välttämätön ja kustannuksiltaan vakio.

ERP-integraatio (5.2) automatisoi apuvälinetoimitukset osaksi varaston keräilyprosessia, mikä poistaisi kokoonpanotyöntekijöiden manuaalisen vastuun ja tukisi JIT-periaatetta toimittamalla apuvälineet yhdessä kokoonpantavien osien kanssa. Hyötynä on prosessin standardisoituminen, reaaliaikainen seuranta ja pitkän aikavälin kustannussäästöt, kun manuaalinen työ vähenee merkittävästi. Käyttöönottokustannukset ovat kuitenkin korkeat, sillä järjestelmän räätälöinti ja tekninen integraatio vaativat suuria investointeja manuaalisen työn osalta (Davenport 1998, 121–131). Lisäksi toimitusprosessin läpimenoaika kasvaa, sillä apuvälineet keräillään 1–2 työvuoroa etukäteen, mikä lisää kahdentumiseriskiä ja voi aiheuttaa viiveitä, jos varastosaldot eivät ole ajan tasalla. Toteutus veisi arviolta 6–12 kuukautta, sillä apuvälineiden kattava kirjaaminen ERP-järjestelmään täytyy tehdä manuaalisesti.

NorMES-järjestelmän hyödyntäminen (5.3) on joustavampaa, koska se toimii irrallaan ERP:stä ja on jo tuttu kokoonpanotyöntekijöille. NorMES mahdollistaa tarkan seurannan apuvälineiden käytöstä, mikä parantaa laatukontrollia – esimerkiksi voidaan varmistaa, että apuvälinettä todella käytetään, mikä on kriittistä tasalatuksen lopputuotteen kannalta. Mikäli huomataan, että jonkin työvaiheen apuväline jää usein tilaamatta, voidaan henkilöstölle kouluttaa apuvälineen käyttö. NorMES lyhentää läpimenoaikaa, sillä apuvälineet tilataan tarpeen mukaan, mikä vähentää kahdentumiseriskiä ja tukee prosessin sujuvuutta. NorMES-vaihtoehdossa kustannukset keskittyvät ohjelmistokehityksen kustannuksiin, sillä NorMES:in räätälöinti vaatii ominaisuuksien lisäämistä käytössä olevaan ohjelmistoversioon. Prosessi säilyttää manuaalisen tilausvastuun työntekijöillä, mikä voi hidastaa toimintaa, jos tilaaminen koetaan työlääksi. Toteutus olisi kuitenkin nopeampi, arviolta 4–6 kuukautta, koska järjestelmä on jo käytössä.

Vertailussa NorMES-ratkaisu on toteuttamiskelpoisempi. Molemmat vaativat investointeja, mutta NorMESin käyttöönotto on nopeampaa ja joustavampaa, sillä se on irrallaan ERP-järjestelmästä. NorMESin tarjoama läpinäkyvämpi käyttöseuranta tukee Normet Oy:n tavoitetta parantaa laatua ja vähentää hukkaa, ja lyhyempi läpimenoaika minimoi kahdentumiseriskit, jotka ovat erityisen kriittisiä monimutkaisessa kokoonpanoprosessissa. ERP-integraatio sopisi pitkän aikavälin automatisointitavoitteisiin, mutta sen hitaampi käyttöönotto sekä suurempi riski viiveille tekevät siitä vähemmän käytännöllisen tässä vaiheessa. Näihin selvityksiin ja pohdintoihin perustuen NorMES-ratkaisu on kannattavampi vaihtoehto. Se vastaa tehokkaammin tehtaan nykyisiin tarpeisiin, tukee laatutavoitteita ja on nopeammin toteutettavissa. Vaikka manuaalinen tilausvastuu jääkin haasteeksi, sitä voidaan lieventää tekemällä tilausprosessista mahdollisimman yksinkertainen ja vähätöinen.

## 6 POHDINTA

### 6.1 Yhteenveto tuloksista

Tutkimus Normet Oy:n Peltosalmen tehtaan apuvälinetoimitusprosessista paljasti useita kehityskoh- teita, jotka vaikuttavat tuotannon sujuvuuteen ja tehokkuuteen. Nykytilan analyysi osoitti, että apuvä- lineiden saatavuus on hidasta erityisesti harvoin käytettävien ja ulkona varastoitavien apuvälineiden osalta, mikä johtuu dokumentaation puutteesta ja manuaalisesta koordinoinnista. Tämä aiheuttaa odottelua, lisää turvallisuusriskejä ja heikentää prosessin ennustettavuutta, mikä on erityisen kriit- tistä kiireisissä tuotantovaiheissa. Pienempien ja yleisesti käytettyjen apuvälineiden osalta prosessi toimii paremmin, mutta kokonaisvaltainen tehokkuus kärsii epätasapainosta.

Ratkaisuksi esitettiin ERP-järjestelmän ja NorMES-järjestelmän hyödyntämistä. ERP-integraatio toisi automaation ja standardisoidun tiedonkulun, mutta sen käyttöönotto on hidasta ja voi pidentää läpimenoaikaa, mikä ei välittömästi ratkaise kiireisimpiä ongelmia. NorMES-ratkaisu osoittautui arvi- oinnissa käytännöllisemmäksi, sillä se on jo tuttu työntekijöille ja mahdollistaa tarkan käyttöseuran- nan, mikä tukee laatutavoitteita. NorMES lyhentää läpimenoaikaa ja vähentää riskiä apuvälineiden saatavuusongelmiin, mutta säilyttää manuaalisen tilausvastuun, mikä vaatii prosessin yksinkertaista- mista.

Parantaminen edellyttää NorMES:in käyttöönottoa, jotta apuvälineiden jäljitettävyyys ja saatavuus tehostuvat. Dokumentaatiota tulee kehittää PDM-järjestelmässä tiedon pirstaleisuuden poista- miseksi. Lisäksi prosessien synkronointia eri työvaiheiden välillä on vahvistettava, jotta pullonkaulat vähenevät. Jatkuvan parantamisen kulttuuria on syvennettävä: työntekijöiden osallistaminen ongel- mien tunnistamiseen ja ratkaisuehdotuksiin on avainasemassa, sillä he tuntevat päivittäiset haasteet parhaiten. Tämä edellyttää selkeitä ohjeita, perehdytystä ja priorisointia, jotta kiireisimpinä hetkinä työvaiheet tulee tehtyä oikein. Näin Normet Oy voi parantaa tuottavuutta, turvallisuutta ja laatua, mikä tukee pitkän aikavälin kilpailukykyä.

### 6.2 Opinnäytetyön merkitys

Tämä opinnäytetyö Normet Oy:n Peltosalmen tehtaasta tarjoaa arvokasta tietoa apuvälinetoimitus- prosessin kehittämisestä ja hyödyttää suoraan kaivosajoneuvojen tuotantoa. Nykytilan analyysi pal- jasti prosessista ongelmia, kuten tiedon pirstaleisuuden ja manuaalisen koordinoinnin tarpeen, jotka hidastavat apuvälineiden saatavuutta ja lisäävät odottelua. NorMES-järjestelmän käyttöönoton suo- sittelu mahdollistaa reaaliaikaisen seurannan ja lyhyemmän läpimenoajan, mikä parantaa tuotannon sujuvuutta ja laatua. Näin voidaan vähentää viiveitä, jotka vaikuttavat kaivosajoneuvojen kokoonpa- non aikatauluihin, ja varmistaa, että tuotantotavoitteet saavutetaan tehokkaammin.

Tulokset hyödyttävät myös työntekijöitä, sillä NorMES-ratkaisu ja dokumentaation parantaminen sel- keyttävät prosesseja. Tämä vähentää manuaalisen koordinoinnin taakkaa ja mahdollistaa keskitty- misen arvoa tuottavaan työhön, kuten kokoonpanotehtäviin. Lisäksi jatkuvan parantamisen kulttuurin edistäminen työntekijöiden osallistamisella luo perustan pitkäaikaiselle kehitykselle. Työntekijät, jotka tuntevat prosessin haasteet parhaiten, voivat aktiivisesti ehdottaa parannuksia, mikä parantaa työmotivaatiota ja sitoutumista. Normet Oy:lle tämä tarkoittaa paitsi tehokkuuden kasvua myös pa- rempaa työturvallisuutta ja laatua, jotka ovat keskeisiä kilpailutekijöitä kaivosteollisuudessa.

Laajemmin tarkasteltuna tutkimus antaa arvokkaita oppeja sisälogistiikan kehittämiseen muissa tuotantoympäristöissä. Apuvälineiden hallinnan haasteet, kuten dokumentaation puute ja epätasainen prosessi, ovat yleisiä monissa teollisuusympäristöissä. NorMESin kaltaisten järjestelmien käyttöönotto ja prosessien synkronointi voivat auttaa optimoimaan materiaali- ja välinevirtoja, mikä on erityisen tärkeää asiakaskohtaisesti räätälöityä tuotantoa harjoittaville yrityksille. Tutkimus osoittaa, että pienilläkin muutoksilla, kuten visuaalisilla seurantatyökaluilla ja priorisoinnilla, voidaan saavuttaa merkittäviä parannuksia tehokkuudessa. Tämä on arvokasta esimerkiksi autoteollisuudessa tai konepajateollisuudessa, joissa tuotannon saumaton sujuvuus on kriittistä.

Opinnäytetyö korostaa myös jatkuvan kehittämisen merkitystä. Vaikka NorMES-ratkaisu ei yksin ratkaise kaikkia apuvälineisiin liittyviä haasteita, se luo pohjan jatkuvalle kehitystyölle. Kaivosajoneuvojen tuotannossa tämä voi johtaa kustannussäästöihin ja nopeampiin toimitusaikoihin, mikä vahvistaa Normet Oy:n asemaa globaaleilla markkinoilla. Sisälogistiikan kehittämisen kannalta tutkimus muistuttaa, että teknologisten ratkaisujen rinnalla on tärkeää panostaa työntekijöiden osaamiseen ja osallistamiseen, jotta muutoksista saadaan kestäviä.

### 6.3 Ammatillisen kasvun kuvaus

Opinnäytetyöprosessi Normet Oy:n Peltosalmen tehtaan tuotantoapuvälineiden toimitusprosessin kehittämisestä on edistänyt ammatillista kasvuani insinööriopiskelijana. Se on syventänyt teknistä osaamistani ja vahvistanut ongelmanratkaisutaitojani teollisuuden prosessikehityksessä.

Perehdyin lean-tuotannon, JIT:n, 6S-menetelmän sekä ERP- ja MES-järjestelmien teoriaan ja niiden käytännön sovelluksiin. Tämä laajensi ymmärrystäni tuotannonohjauksesta ja sisälogistiikasta, jotka ovat prosessikehityksen ytimessä. Haastattelut ja dokumenttianalyysi opettivat yhdistämään teoriaa reaali maailman haasteisiin. NorMES-järjestelmän arviointi kehitti kykyäni arvioida teknologisten ratkaisujen soveltuvuutta.

Projektinhallintataitoni kehittyivät tutkimuksen suunnittelun ja toteutuksen myötä. Kommunikointi Normet Oy:n työntekijöiden kanssa paransi vuorovaikutustaitojani ja antoi kokemusta tiimityöstä. Turvallisuuskäsitteiden huomioiminen syvensi ymmärrystäni insinöörin vastuusta työntekijöiden hyvinvoinnin varmistamisessa.

Opinnäytetyö vahvisti itseluottamustani ammatillisena toimijana. Opin lähestymään ongelmia järjestelmällisesti ja perusteellisesti ratkaisuja vakuuttavasti. Prosessi on valmistanut minua työelämään, jossa tekninen osaaminen, analyyttisyys ja käytännön sovellukset yhdistyvät. Olen nyt valmiimpi insinöörin rooliin, jossa voin edistää tehokkaita ja turvallisia tuotantoprosesseja.

### 6.4 Jatkoimenpiteet

Opinnäytetyössä tehty selvitys Peltosalmen tehtaan tuotantoapuvälineiden toimitusprosessiin luo pohjan tarkemmalle jatkokehitykselle. NorMES-järjestelmän käyttöönotto voisi seuraava askel, mutta sen toteutuskustannukset tulee arvioida huolellisesti, sillä niitä ei kyetty tässä opinnäytetyössä tarkemmin arvioimaan pitäen työn laajuuden sopivana. On tärkeää selvittää, mitä investointeja järjestelmän räätälöinti ja työntekijöiden koulutus vaativat, jotta käyttöönotto tukee Normet Oy:n pitkän aikavälin tavoitteita. Lisäksi tulee tarkastella, miten kustannukset jakautuvat lyhyellä ja pitkällä aikavälillä, jotta resurssien käyttö voidaan toteuttaa tehokkaasti.

## LÄHTEET

Työssä on käytetty tekoälyä seuraavasti: Grok 3. xAI. Käytetty kielentarkistukseen, lähdemateriaalin hakuun ja analyysiin, tekstirakenteen luomiseen ja tekstin jäsentelyyn, huhtikuu 2025.

<https://grok.com>

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja - sarja. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2014. Kehittämistyön menetelmät. 3. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Christopher, M. 2016. Logistics and Supply Chain Management. 5. painos. Harlow: Pearson Education Limited.

Hines, P. & Rich, N. 1997. The seven value stream mapping tools. *International Journal of Operations & Production Management* 17 (1), 46–64. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>. Viitattu 31.3.2025.

Hines, P., Holweg, M. & Rich, N. 2004. Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations & Production Management*

Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland: Productivity Press.

Hines, P. & Holweg, M. & Rich, N. 2004. Learning to Evolve: A Review of Contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24 (10), 994-1011.

Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. (1990) *The Machine That Changed the World*. New York: Rawson Associates.

Davenport, T.H. (1998) Putting the Enterprise into the Enterprise System. *Harvard Business Review*, 76(4), s. 121–131.

Laudon, K. C. & Laudon, J. P. 2014. *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*. 13. painos. Boston: Pearson.

Richards, G. 2011. *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. London: Kogan Page.

Normet Oy, Health and Safety Strategy, 2023

Capgemini 2019. *Smart Factories @ Scale*. Verkkojulkaisu. <https://www.capgemini.com/wp-content/uploads/2019/11/Report---Smart-Factories.pdf>. Viitattu 23.4.2025.

Kauppalehti 2024. Normet Oy - Taloustiedot. Verkkojulkaisu. <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/normet+oy/15142001>. Viitattu 25.4.2025.

Normet Oy 2024. Normet – Defining the Future Underground. Verkkojulkaisu. <https://www.normet.com>. Viitattu 25.4.2025.