

Ville Rytönen

Tuotannon toimintatapojen kehittäminen – Koripuomien sähköasennukset ja työohjeet



Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Syksy 2024



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä(t): Rytönen Ville

Työn nimi: Tuotannon toimintatapojen kehittäminen – Koripuumien sähköasennukset ja työohjeet

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), konetekniikka

Asiasanat: kehittäminen, kokoonpano, sähkö, toimintatapa, työohje.

Opinnäytetyö toteutettiin kaivosajoneuvoja valmistavalle Normet Oy:lle, jonka toimipaikka sijaitsee lissal-messa. Opinnäytetyön aiheena oli tutkia koripuumimallin sähköjärjestelmien asennustehtäviä sekä tuotan-non toimintatapoja. Tavoitteena oli selvittää optimaalisin työtehtävien toteutustapa koripuumien sähköjen varustelutehtävistä. Tavoitteena oli myös tunnistaa varustelutyön haastavat vaiheet sekä selvittää, voiko koripuomin sähköasennustyöt toteuttaa muutkin kuin sähköasennustehtäviin kouluttautuneet henkilöt.

Lähtökohtana opinnäytetyölle oli turvallisuushavainto liittyen korkealla työskentelyyn. Haasteellisena koe-tut työtehtävät kohdentuivat koripuumien sähköasennustehtäviin, joita jouduttiin toistuvasti tekemään korkeissa olosuhteissa. Opinnäytetyössä selvitettiin turvallisin ja tehokkain toimintatapa, jolla tutkintakoh-teena olevan puomimallin sähköasennustehtävät olisivat kannattavinta toteuttaa. Paremmaksi valittua toi-mintatapaa päätettiin alkaa kehittämään tutkimalla työ- ja sähkötyöturvallisuuden sallimia vaatimuksia.

Toimintatapojen kehitys- ja suunnitteluvaiheessa hyödynnettiin opinnäytetyön aikana kerättyjä mittaustu-loksia sekä työntekijöiltä saatuja havaintoja koripuomin sähköasennustehtävistä. Suunnitteluvaiheessa päätettiin helpottaa sähköasennustyötehtävien vaikeimpia työvaiheita parantamalla työohjeita. Työohjeis-tuksen suunnitteluvaiheessa tutustuttiin myös huolellisesti työ- ja sähkötyöturvallisuuden keskeisiin tekijöihin, jotka olisi otettava huomioon työohjeessa.

Huolellisen suunnittelun jälkeen toteutettiin koripuomin sähköjen reititysohje, joka helpottaisi ja nopeut-taisi työn tekoa. Sähköreititysohjeessa huomioitiin turvallisten työtapojen lisäksi myös työtehtävien vaki-ointi, jonka tarkoituksena oli parantaa työsuoritusta ja lopputuotteen laatua. Työohje toimii tuotannon tuki- sekä opetusmateriaalina sähköasennustöihin alkaville asentajille. Uusi ohjemateriaali jaettiin yrityk-sen tietojärjestelmään koripuumien rakenteille, jotta se olisi jatkossa mahdollisimman helposti työntekijöi-den saatavilla.

Opinnäytetyön viimeisessä vaiheessa tutkittiin toteutuneen työohjeen vaikutusta sähkötyötehtäviin. Toi-minnallinen osuus keskittyi pääasiassa työohjeen laadun parantamiseen jatkokehitystä varten. Opinnäyte-työstä saatuja tuloksia voidaan jatkossa käyttää tuoterakenteiden, työohjeiden sekä uusien koripuumimal-lien kehitystyössä.

Abstract

Author(s): Rytkönen Ville

Title of the Publication: Development of Production Methods - Electrical Installations and Work Instructions for Basket Booms

Degree Title: Bachelor of Engineering, Mechanical Engineering

Keywords: assembly, development, electricity, instruction, method, work

The thesis was commissioned by Normet Oy, a manufacturer of mining vehicles, located in Iisalmi, Finland. The aim of the thesis was to analyze the work processes and production practices in the installation of electrical systems for a boom model. Furthermore, to identify the challenging work steps in the installation work and to improve the workflow.

The thesis was based on a safety observation related to working at height. The tasks found to be challenging were electrical installation for basket booms, a repetitive work at height. The thesis aimed to determine the safest and most efficient way of carrying out the electrical installation tasks on the boom model under study. Developing the preferred method by investigating the requirements of safety at work and electrical safety was initiated.

The development and design stages of the procedures were based on measurements collected and employee observations during the electrical installation tasks on the basket boom. In the design stage the most difficult stages of the electrical installation by improving the work instructions. The design stage of the work instructions also included a thorough study of the occupational and electrical safety key aspects, that should be considered in the work instructions.

After careful design, a routing instruction for the electrical wiring of the basket boom was implemented to enhance the work. In addition to safe working practices, the electrical routing instructions considered the standardization of tasks to improve work performance and the quality of the final product. The work instruction provides production support and training material for installers commencing work on electrical installations. The new instruction material was distributed in the company's information system for the basket boom structures, so that it would be as easily accessible as possible for the employees in the future.

In the final stage of the thesis, the impact of the implemented work instruction on the electrical work was studied. The operational part mainly focused on improving the quality for the further development of the work instruction. The results of the thesis can be used in the future for the design of a new basket boom model.

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö on tehty lisäalassa toimivalle kaivosajoneuvojen valmistajalle Normet Oy:lle.

Haluan kiittää koko Normetin henkilöstöä toimivasta yhteistyöstä, mikä mahdollisti tämän opinnäytetyön toteuttamisen lisälmen tehdasympäristössä. Haluan erityisesti kiittää tuotannon kehitysjohtaja Eetu Pekkasta, laatupäällikkö Jussi Salmenia, työpaikkaohjaaja Anssi Pellikkaa ja työpariani Mika Tajakkaa hyvistä neuvoista sekä Kajaanin ammattikorkeakoulun lehtoria Kimmo Kempaista opinnäytetyön ohjauksesta.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Normet Oy	2
2.1	Historia	2
2.2	Yritys nykyään.....	3
3	Tehtävän kuvaus.....	4
3.1	Tutkimuskohde.....	4
3.2	Laitemallit yleisesti	5
3.3	Himec RM 125 T	5
3.4	Charmec MC 605 D(V)	6
4	Teoria.....	8
4.1	Lean-johtaminen ja ajattelu	8
4.2	Tuotesuunnittelu ja kehitysprosessi.....	9
4.3	Konfigurointi ja varioituvuus	10
4.3.1	Konfigurointi ja tuotekehitys	11
4.3.2	Konfigurointiprosessi ja tuotetiedon hallinta	12
4.4	Vakiointi.....	13
4.5	Työ- ja sähkötyöturvallisuus.....	14
4.6	Analyttinen hierarkiaprosessi	15
5	Tehtävän toteutus	17
5.1	Havainnoinnin suunnittelu	18
5.2	Havainnoinnin toteutus.....	19
5.3	Havainnoinnin tulokset	20
6	Tehtävän ratkaisu	22
6.1	Ohjeen suunnittelu.....	22
6.2	Ohjeen toteutus	23
7	Väliyhteenveto.....	26
8	Työohjeen kehitys.....	28
8.1	Palautekyselyn suunnittelu ja toteutus.....	28
8.2	Palautekyselyn tulokset.....	29

9	Kehitysehdotukset.....	32
10	Loppuyhteenveto.....	34
	Lähteet.....	36
	Kansikuvan lähde.....	38
	Liitteet	

Sanasto

Esikokoonpano	Tuotantovaihe, jossa komponentit yhdistetään alikokoonpanoiksi ennen loppukokoonpanoa.
FOPS	Putoavilta esineiltä suojaava rakenne (Falling object protective structure).
Hukka	Toiminta, joka aiheuttaa turhaa resurssien käyttöä.
Loppukokoonpano	Tuotantoprosessin viimeinen vaihe, jossa esikootut osat yhdistetään lopulliseksi tuotteeksi.
Maallikko	Ei-ammattilainen tai ei-asiantuntija.
Materiaalivirtaus	Materiaalin tai tuotteen toimitusketju.
Operaattori	Laitteen käyttäjä.
Prosessiheräte	Innoite prosessin aloitukseen.
ROPS	Kaatumiselta suojaava järjestelmä (Roll Over Protection System).
Spesifikaatio	Dokumentti, joka sisältää tuotetiedot.
Tier 3, Tier 4 ja Stage V	Dieselmoottoritekniikan päästöstandardien tasoja.
Visio	Näkemyks tulevaisuuden tavoitteesta.

1 Johdanto

Teknologian kehittyminen on tuonut mukanaan jatkuvaa muutosta tuotantoympäristöihin, mikä asettaa uusia vaatimuksia työtehtävien hallinnalle ja ohjeistukselle. Työohjeet ovat keskeinen väline prosessien vakioinnissa, koska ne tarjoavat selkeät ja johdonmukaiset ohjeet tehtävien suorittamiseen, mikä puolestaan vähentää virheitä ja parantaa tehokkuutta. Lisäksi työohjeet toimivat muistivälineinä, jotka auttavat työntekijöitä noudattamaan oikeita käytäntöjä sekä säilyttämään korkealaatuisen ja turvallisen työskentelytavan.

Opinnäytetyön aiheena on koripuomin sähkötyötehtävien ja toimintatapojen kehittäminen. Opinnäytetyö on tehty Normet Oy:lle, joka valmistaa kaivosajoneuvoja maanalaisiin tunneliprosesseihin asiakastoiveiden mukaisesti. Normetin päätehdas sijaitsee Iisalmessa ja yrityksellä on toimintaa maailmanlaajuisesti. Normetilla on alalta yli kuudenkymmenen vuoden kokemus ja Normet työllistää Iisalmen tehtaalla noin viisisataa työntekijää sekä maailmanlaajuisesti noin 1800 työntekijää. [1.]

Opinnäytetyö sai alkunsa turvallisuushavainnosta, jonka aiheena on työn haastavuus. Sähköasennustyöt joudutaan toisinaan tekemään työskennellen korkealla, koska puomi kytketään ajoneuvoon kiinni ennen sähköjen asennusta. Opinnäytetyö keskittyy tutkimuskohteeksi valitun puomimallin sähkötyötehtävien kehittämiseen. Koripuomin sähkötyötehtävien kehittäminen valittiin opinnäytetyön aiheeksi, koska tutkimuksella pyritään vaikuttamaan työn toimivuuteen. Työn sujuvuutta on aiemmin tutkittu yrityksen sisäisillä havainnointitutkimuksilla ja työntekijöiltä kerätyillä kehitysehdotuksilla. Opinnäytetyön tutkimustyömenetelminä käytän työntekijöille suunnattuja haastatteluja sekä visuaalista havainnointia. Tehtävän aikana vertailen myös kahta eri toimintatapaa, joilla koripuomin sähkökokoontyöt voidaan toteuttaa.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää nopein ja turvallisimmin työtehtävien toteutustapa koripuomien sähköjen varustelutehtävistä. Toisena tehtävän tavoitteena on tunnistaa varustelutyön haastavat työvaiheet, joita selkeytän kehittämällä työohjeita. Opinnäytetyössä selvitan myös, voiko koripuomin sähköasennustyöt toteuttaa muutkin kuin sähkötyötehtäviin koulutautuneet henkilöt. Opinnäytetyöstä saatuja tuloksia voi jatkossa käyttää tuoterakenteiden, tuotannon työohjeiden sekä uusien koripuomimallien kehitystyössä.

2 Normet Oy

Normet on jatkuvasti kasvava teknologiayritys, joka tarjoaa asiakkailleen ratkaisuja maanalaisiin tunneliprosesseihin. Yrityksen päätehdas sijaitsee Iisalmessa, mutta toimintaa yrityksellä on laajalti ympäri maailmaa. Normet tarjoaa asiakkailleen erityisesti kaivosajoneuvoja, jotka on toteutettu asiakastoiveiden mukaisesti. Laitemalleja on saatavilla useita ja tuotantoa kehitetään kohti turvallisempia ja ympäristöystävällisempiä ratkaisuja. Normet on alkanut tarjota asiakkailleen myös täysin sähkövoimalla toimivia kaivosajoneuvoja. Tuotemallistosta löytyvät erikokoiset alustat eri työtehtäviin. [1; 2.]

Maanalaisten laitteiden prosesseja ovat rusnaus, panostus, betonin kuljetus, henkilöstön kuljetus, henkilönostimet ja betonin ruiskutus. Laitteet ovat painavia ja raskarakenteisia ja ne on suunniteltu erityisesti maanalaisiin kaivostöihin. Normet tarjoaa asiakkailleen kaivosajoneuvojen käyttökoulutusta, kattavat laitteistojen ylläpitopalvelut, rakennuskemikaaleja, kallioperän lujitustuotteita sekä asiantuntemusta maanlaiseen kaivostoimintaan yli kuudenkymmen vuoden kokemuksella. [2.]

2.1 Historia

Vuonna 1962 maanviljelijä veljekset Jussi ja Jaakko Sarvela päättivät perustaa maatilalleen konepajan, joka tunnettiin nimellä Peltosalmen Konepaja Oy. Tuotannon alkuvaiheissa keskityttiin valmistamaan traktorikäyttöisiä maansiirtolaitteita, josta myöhemmin tuotannon pääpaino siirtyi metsätyökoneiden valmistukseen. Peltosalmen Konepaja Oy:n traktorikäyttöinen kuormain palattiin New Yorkin kansainvälisellä patenttimestruilla, mikä oli yrityksen menestystuote tuotannon alkuvaiheissa. Peltosalmen Konepaja Oy:n muita tunnettuja tuotteita olivat muun muassa juontovinssi sekä kolmiakselinen metsätraktori. [3; 4.]

Sarvelan veljekset myivät yrityksenä vuonna 1972 Orion-yhtymä Oy:lle, jolloin yritys työllisti 180 työntekijää. Peltosalmen Konepaja Oy:n nimi vaihtui Normet Oy:ksi ja kaivoskoneiden vienti alkoi aluksi Ruotsiin. Vuonna 1999 Orion-yhtymä Oy myi tytäryhtiönsä Normet Oy:n Sitran Fenno Managementille, jolloin yritys työllisti 310 työntekijää. Normet Oy:n omistus vaihtui vuonna 2005 yritykselle Normet Group Oy, jonka myötä alkoi yrityksen kasvu kaivoskonevalmistajana. [3; 4; 5; 6.]

2.2 Yritys nykyään

Normet työllistää päätehtaallaan lisäalassa noin viisisataa työntekijää sekä maailmanlaajuisesti noin 1800 työntekijää. Normetin päätoimisto sijaitsee Espoossa ja toimintaa on 30 maassa yli 50 myynti- ja palvelupisteessä. Normet on toimittanut yli 14000 kaivosajoneuvoa asiakkailleen. Yrityksen pääomistaja on ollut vuodesta 2005 Aaro Cantell ja yrityksen toimitusjohtajana on toiminut vuodesta 2019 Ed Santamaria. [1; 7, s. 4; 8; 9.]

Normet on jatkanut kasvuaan kaivosajoneuvojen valmistajana ja yritys pyrkii kehittämään tarjoamiaan palveluita jatkuvasti. Kaivosajoneuvoja kehitetään turvallisemmaksi ja ympäristöystävällisemmiksi ja markkinoilla on saatavilla myös sähkökäyttöiset kaivosajoneuvot perinteisten dieselkäyttöisten kaivosajoneuvojen lisäksi. Normet valmistaa kaivosajoneuvoja suomalaisen tehdastuotannon lisäksi muun muassa Chilessä, Kiinassa ja Intiassa. [7, s. 7, 87.]

Normetin liikevaihto vuonna 2023 oli 484 miljoonaa euroa ja sen tulos oli 29,7 miljoonaa euroa. Yrityksen suurimmat markkina-alueet ovat Aasia sekä Tyynenmeren alue, Kiina ja Intia, joiden liikevaihto yrityksen kokonaisliikevaihdosta oli 49 prosenttia. Toiseksi suurimmat markkina-alueet keskittyvät Eurooppaan, Lähi-Itään, Afrikkaan ja Euraasiaan, joiden liikevaihto oli 30 prosenttia yrityksen kokonaisliikevaihdosta. Latinalainen Amerikka ja Pohjois-Amerikka on Normetin kolmanneksi suurin markkina-alue, jonka osuus oli 21 prosenttia kokonaisliikevaihdosta. [7, s. 18, 57.]

Normetin tavoite on parantaa teknologiajohtajan asemaa uusien yhteistyökumppanien avulla sekä tarjota asiakkailleen tulevaisuudessa parannuksia maanalaiseen kaivostoimintaan. Kaivosajoneuvojen turvallista toimintaa parannetaan koko ajan, kuten myös työntekijöiden työympäristöä ja työturvallisuutta laitevalmistuksen yhteydessä. Tavoitteena on turvallinen, kehittyvä työympäristö, jossa työntekijät tuntevat itsensä motivoituneiksi ja tyytyväisiksi. [7, s. 27, 28.]

Normet SmartDrive -mallit ovat sähkökäyttöisiä kaivosajoneuvoja, joiden modulaarinen akkutoinen laitearkkitehtuuri on suunniteltu energiatehokkaisiin ja ympäristöystävällisiin tunneliprosesseihin. Käytettäessä sähkötoimisia kaivosajoneuvoja haitallisia päästöjä ei synny, joten Normet SmartDrive -mallit ovat hyvä ratkaisu hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi tunnelityömailla. Normet kehittää automatisoituja ratkaisujaan tunneliprosesseihin ja pyrkii tulevaisuudessa energiatehokkaampiin ja ympäristöystävällisempiin ratkaisuihin. [7, s. 18.]

3 Tehtävän kuvaus

Opinnäytetyön tavoite on selvittää, kuinka tutkintakohteena olevan puomimallin sähköjärjestelmien kokoonpanotöitä voisi kehittää tuotannossa. Ongelmakohtana on ensisijaisesti taustalla oleva turvallisuushavainto, jossa viitataan työn haastavuuteen. Sähköasennustyöt tehdään toisiinsa työskennellen korkealla, koska puomi kytketään ajoneuvoon kiinni ennen sähköjen asennusta. Työn haastavuutta lisäävät myös puutteellinen tuotannon ohjeistus ja epäselvä työtehtävien suoritustapa, joten asennustyöt ovat osittain pohjautuneet perimätietoon.

Tehtävän aikana vertailen kahta eri toimintatapaa, joista paremmaksi valittua aletaan kehittää. Osana opinnäytetyötä on tuotannon ohjeistuksen kehittäminen, jolla tuotantoa saadaan tehokkaammaksi sekä työtapoja turvallisemmaksi. Tuotantoa tukevan ohjeistuksen tarkoitus on myös vakioida työtä sekä selkeyttää työvaiheita. Opinnäytetyössä selvitan myös, voiko koripuomin sähköasennustyöt toteuttaa muutkin kuin sähkötyötehtäviin koulutautuneet henkilöt.

3.1 Tutkimuskohde

Opinnäytetyön tutkimuskohteena on NBB3-koripuomimalli (kuva 1), joka on tarkoitettu henkilönosto- ja panostustöihin tunnelityömaille. Koripuomiin on saatavilla useita lisävarusteita, kuten turvakatos, panostuslaitteet, useat valaisinratkaisut, hälyttimet ja monet muut työtä tukevat lisävarusteet. NBB3-koripuomi mukailee yrityksen modulaarista rakennemallia, joten se voidaan asentaa useisiin Normetin alustaratkaisuihin. NBB3-koripuomista on saatavilla lähes vastaava, mutta ulottuvuudeltaan pidempi NBB5-koripuomimalli, joka voidaan varustaa vastaavilla lisävarusteilla. Molemmat koripuomimallit soveltuvat tämän opinnäytetyön tutkimuskohteiksi.



Kuva 1. NBB3-koripuomi

3.2 Laitemallit yleisesti

Normet-tuotteet ovat rakenteeltaan raskasrakenteisia ja ajoneuvot on suunniteltu haastaville kaivos- ja tunnelityömaille. Kaivosajoneuvot ovat joko jäykkärunkoisia tai runko-ohjattavia, ja niiden voimanlähteenä toimii dieselmoottori tai sähkömoottori. Sähkömoottorikäyttöiset ajoneuvot kuuluvat Normetin SmartDrive-mallistoon, jotka saavat energiansa kaivosajoneuvon akuista. Normet-kaivosajoneuvojen voimansiirto on toteutettu sähkömootoreilla, hydrostaattisella voimansiirrolla tai perinteisellä automaattivaihteistolla voimansiirtoakselein. Laiterakenteet ovat pääsääntöisesti modulaarisia, millä on mahdollistettu laitteiden muuntaminen vastaamaan toista tehtäväprosessia. Normet-tuotteiden prosesseja ovat muun muassa rusnaus, panostus, betonin kuljetus, henkilöstön kuljetus, henkilönostimet ja betonin ruiskutus. [1, 2.]

Opinnäytetyön tarkastelukohteiksi valittiin alustaratkaisultaan kaksi toisistaan poikkeavaa laitemallia, joihin kyseiset tutkimuskohteena olevat puomimallit voidaan asentaa. NBB3- ja NBB5-koripuumien suurin eroavaisuus on puomin nostokapasiteetti sekä puomin pituus. Puomit voidaan varustella pääsääntöisesti samoilla lisävarusteilla, vaikka puomien rakenteelliset mitat eroavatkin toisistaan.

3.3 Himec RM 125 T

Normet Himec RM 125 T on jäykkärunkoinen kahdella koripuumilla varustettu kaivosajoneuvo, joka suunniteltu haastaviin maanalaisiin tunneliolosuhteisiin. Himec RM 125 T voidaan varustella asiakastoiveitten mukaisesti joko henkilönosto- ja asennustöihin tai tunneleiden panostustöihin. Ajoneuvo on varusteltuna uudenaikaisella Stage V -moottorilla, jolla saavutetaan toimintavarma, tehokas sekä ympäristöystävällinen laitteiston toiminta. Ajoneuvon voimansiirto on nelivetoinen ja se kykenee saavuttamaan tunneliolosuhteissa 11 kilometrin tuntinopeuden. [10; 11.]

Ajoneuvon käyttöturvallisuutta on huomioitu saatavilla olevilla lisävarusteilla, joita ovat muun muassa sammutusjärjestelmä sekä koripuumin turvakatos. Ajoneuvon ohjaamo on ROPS/FOPS-hyväksytty turvaohjaamo, joka on suunniteltu yhdelle ajoneuvon operaattorille. Himec on varustettu neljällä tukijalalla, joiden ansiosta nostotyöt sujuvat turvallisesti haastavissakin olosuhteissa. [10; 11.]

Himec RM 125 T (kuva 2) on varustettu kahdella NBB5-koripuumilla, joita operaattori voi käyttää toisistaan riippumatta. Koripuumien samanaikainen käyttö mahdollistaa tehokkaamman työskentelyn tunneliolosuhteissa. NBB5-koripuomit kykenevät nostamaan 400 kilogramman suuruisen kuorman ja saavuttavat 12 metrin työskentelykorkeuden. Kokonaistyöskentelyleveys on 18,5 metriä ajoneuvon laajalle ulottuvien puomien ansiosta. Yhden NBB5-puomin kori on suunniteltu kahdelle operaattorille, joiden työskentelyn turvallisuutta on huomioitu korissa sijaitsevilla turvalajaiden kytketymispisteillä sekä itsestään sulkeutuvilla korin ovilla. [10; 11.]



Kuva 2. Himec RM 125 T [12]

3.4 Charmec MC 605 D(V)

Normet Charmec MC 605 on runko-ohjattava maanlaisiin tunnelitöihin suunniteltu ajoneuvo, jonka prosessina on tunnelipanostus. Charmec-mallit voidaan varustella emulsio- tai anfo-panostuslaitteistolla. Charmec MC 605 kykenee kuljettamaan tunnelityömaalle räjähdysaineen lisäksi kaiken tunnelipanostukseen tarvittavan materiaalin. Tilavat säilytyslaatikot mahdollistavat muun muassa sytyttimien turvallisen kuljettamisen tunneliolosuhteissa. [13; 14.]

Voimansiirto on Charmec-malleissa nelivetoinen, minkä ansiosta ajoneuvo saavuttaa 26 kilometrin tuntinopeuden kaivosolosuhteissa. Moottorivaihtoehtoina on saatavilla nykyisen päästönormin mukainen Stage V -moottori sekä vanhemman päästöluokan täyttävät Tier 3- ja 4-moottorivaihtoehdot. Ajoneuvossa on neljä tukijalkaa, jotka takaavat turvallisen työskentelyn vaikeimmisakin olosuhteissa. Kattavien saatavilla olevien lisävarusteiden lisäksi Charmec on varustettu ROPS/FOPS-hyväksytyllä ohjaamolla. Tilavan ohjaamon ansiosta Charmec kykenee kuljettamaan operaattorin lisäksi yhden matkustajan. [13; 14.]

Charmec MC 605 D(V) (kuva 3) on varustettu NBB3-koripuumilla, joka kykenee nostamaan 500 kilogramman suuruisen kuorman. NBB3-koripuomiin on saatavilla laajamittaisesti lisävarusteita, kuten aiemmin mainittuun NBB5-koripuomiin. NBB3-koripuumilla varustettuna Charmec saavuttaa 8,8 metrin työskentelykorkeuden. [13; 14.]



Kuva 3. Charmec MC 605 D(V) [15]

4 Teoria

Opinnäytetyön tietoperustana käytän lean-ajattelutavan mukaisia menetelmiä tuotannon tehostamiseksi sekä tutkin turvallisempia työn toteutustapoja. Turvallisempien työtapojen löytämiseksi selvitän työ- ja sähkötyöturvallisuuden sallimia vaihtoehtoja tuotannon ja työhyvinvoinnin edistämiseksi. Tuotekehitysprosessi, tuotekonfigurointi, vakiointi ja AHP-ongelmanratkaisumenetelmä ovat osa tämän opinnäytetyön teoriapohjaa, joita sovellan tehtävän aikana.

4.1 Lean-johtaminen ja ajattelu

Lean on Toyotan kehittämä toimintamalli, joka on levinnyt laajalti teollisuuden aloille ympäri maailman. Lean-toimintamallia voidaan soveltaa yritysten eri prosesseissa ja toiminnoissa. Toimintamalli perustuu prosessin toimintojen mittaamiseen ja niiden arviointiin. Keskeinen tavoite leanissa on materiaalivirtauksen ja jalostusarvon kasvu, johon pyritään ongelmien ratkaisujen lisäksi hukan poistolla. Lean tähtää tavoitteisiin, joita ovat muun muassa prosessin kehittäminen, henkilöstön kouluttaminen, varastoarvon pienentäminen, valmistusteknologian kehittäminen, läpäisyajan lyhentäminen ja muiden häiriöiden eliminoiminen. [16; 17, s. 73.]

Lean on jatkuvaa oppimista ja parantamista tuotantoympäristössä. Osana lean-toimintamallia on johdon ja työntekijöiden sitouttaminen tuotannon jatkuvaan kehitystyöhön. Tuotannon työntekijät otetaan osaksi tuotannonkehitystä ja tuotannon eriosa-alueita seurataan kehittäen mahdollisimman tehokkaat mittausmenetelmät. Mittauksista saatujen tulosten perusteella tunnistetaan tuotannon ongelmat ja mahdolliset tuotantoa hidastavat tekijät eli pullonkaulat. Tuotannon haastavia työvaiheita kehitetään luomalla selkeät työohjeet ja vakioimaan työvaiheet. [16; 17, s. 20, 83.]

Tehokkaan tiimityöskentelyn tavoitteena on yhteisesti etsiä parhaat ja tehokkaimmat toimintatavat, jolloin työntekijät pääsevät itse kehittämään omaa työtoimenkuvaansa ja työympäristöään. Lean-toimintamallin ei suoranaisesti tähtää lisäämään työntekijöiden työtahtia, vaan tuotannosta pyritään poistamaan turhat ja tuottamat toiminnot mahdollisimman nopeasti. Kaikki tuotannossa tapahtuvat turhat liikkeet, kuten tavaroiden ylimääräinen siirtely, ylisuuret varastot, pitkäaikainen säilyttäminen tai muu odottaminen tuotannossa ovat hukkaa. Tuotannossa esiintyvää odottamista pyritään poistamaan materiaalivirtauksen yksinkertaistamisella ja huolehtimalla, että materiaalit ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan. [16; 17, s. 76.]

Lean-toimintamallin mukaisesti myös jokainen laatuvirhe on turhaa työskentelyä ja hukkaa. Asiakslähtöinen laadun parantaminen on yksi osa leanin toimintaperiaatteita, jonka perusteella pyritään kehittämään tuotetta entistä paremmaksi. Asiakkaalta kerätyt palautteet tuotteen toimivuudesta, laadusta tai yrityksen asiakaspalvelusta ovat tärkeitä mittareita yrityksen toiminnan kehittämiseksi. Lean tähtää tuotteen suunnittelussa yksinkertaistamaan tuoterakenteita, millä pyritään poistamaan kaikki toiminnan kannalta turhat komponentit. Ylimääräisten osien poistaminen vähentää varasto- sekä valmistuskustannuksia, jolloin myös laatuvirheiden mahdollisuus pienenee. Koneenrakentamisen näkökulmasta tavoitellaan modulaarisia rakennekokonaisuuksia, joiden avulla tuotteen toiminnallisuus muuttuu ja muunneltavuus on kustannusten kannalta tehokkaampaa. [17, s. 74; 18, s. 56.]

4.2 Tuotesuunnittelu ja kehitysprosessi

Suunniteltava tuote saa alkunsa yleisesti asiakastarpeesta, jolloin tuotteen valmistaja pyrkii tarjoamaan tuotteitaan, jotka vastaavat asiakastarpeen mukaisia toiminnallisuuksia. Asiakkaalta saatu palaute valmiista tuotteesta tai jokin muu asiakkaan ongelmatilanne voi toimia herätteenä suunnitteluprosessin alkuvaiheessa. Asiakaspalautteen sekä asiakkaan toiveiden käsittely on tutkimustyötä, joka on osa tuotekehitysprosessia. Tuotekehitysprosessissa kehitetään uusi tuote tai vanhaa muokataan, minkä tuloksena syntyy lopputuote. Tuotekehitysprosessi muodostuu toisiinsa seuraavista vaiheista, jotka toteutuvat joka kerta, kun uutta tuotetta kehitetään tai vanhaa muokataan. [19, s. 46.]

Tuotesuunnittelun alkuvaiheessa syntyy visio, millainen tuotteen tulisi olla. Tuotekehitysprosessi etenee kehitysprosessin suunnitteluvaiheeseen, jossa määritellään kehitysprosessin tavoitteet, aikataulut sekä prosessiin kuuluva henkilöstö. Kehitysprosessin suunnitteluvaiheen jälkeen prosessi siirtyy konseptisuunnitteluvaiheeseen, jossa pyritään ratkaisemaan havaittu ongelma kerättyjen tietojen perusteella. Tuotteen hahmotteluvaihe sisältää karkean luonnosteluvaiheen tuotteesta, mitä seuraa tuotteen detaljisuunnitteluvaihe. Detaljisuunnitteluvaiheessa tuotteen rakenne suunnitellaan yksityiskohtaisesti, jolloin tuotteelle suunnitellaan muun muassa pintakäsittely. Tuotteen testaus- sekä analysointivaiheessa kehitetään tuotetta saatujen mittaustulosten perusteella ja ratkaistaan tuotteen ja sen valmistettavuuden viimeisiä ongelmakohtia. Viimeistään tuotteen testaus- ja analysointivaiheessa on oleellista huomioida tuotantoa koskevat työvaiheet, jotka vaativat tarkempaa ohjeistusta ennen varsinaisen tuotannon käynnistämistä. [19, s. 46, 47, 132.]

Tuotekehitysprosessin vaiheet (kuva 4) saattavat vaihdella projektin sisällön mukaan tai se saattaa sisältää rinnakkaisia prosessivaiheita. Rinnakkaisilla prosessivaiheilla pyritään tehokkaampaan ja tiiviimpään prosessin valmistumisaikaan. Prosessin sisältöön vaikuttavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi alueellinen lainsäädäntö, standardit ja markkina-alueet, joiden myötä tuotekehitysprosessin vaiheita joudutaan toistamaan tai muuttamaan. Tuotekehitys on kokonaisuudessaan prosessi, jossa aikaisemman prosessivaiheen tietoa hyödynnetään prosessin seuraavassa vaiheessa. [19, s. 46, 47.]



Kuva 4. Tuotekehitysprosessi

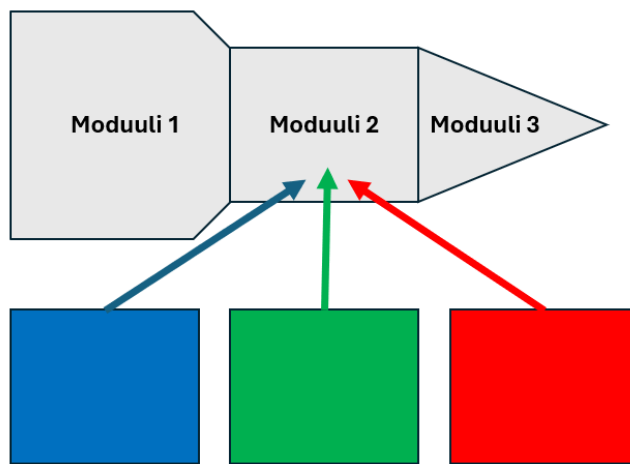
4.3 Konfigurointi ja varioituvuus

Konfigurointia sovelletaan laitteen tuotetietoihin eli spesifikaatioon ja se on prosessi, jolla täydennetään tuotteen lähtötiedot. Konfigurointi tarkoittaa sitä, että tuotteella tai sen yksittäisellä osalla on jokin muunneltava ominaisuus esimerkiksi yksittäisen kappaleen mitta. Muutoksella voidaan hakea tuotteelle muutosta, jolla tuotteen toiminnallisuus muuttuu toisenlaiseksi. Tuotteen muunneltavuudella on tarkoitus vastata paremmin toivottuja asiakastarpeita ja kasvattaa tuotteen myyntiä. Kun tuotetta konfiguroidaan, syntyy tuotevariantti, jonka toteutus perustuu ennalta määriteltyihin sääntöihin ja ehtoihin. [20, s. 13–14, s. 190.]

Kiinteä tuote ei sisällä minkäänlaista muunneltavuutta ja se on toteutettu tietyn tuotespesifikaation mukaisesti, joten kiinteä tuote on muunneltavan tuotteen vastakohta. Kiinteiden tuotteiden valmistusvolyymit ovat yleensä suuria, koska tuotteella on oletettavasti kysyntää sellaisenaan. Projektituotteet ovat pääsääntöisesti yksittäistuotteita, jotka vastaavat yksittäiseen asiakastarpeeseen. Projektituotteilla on laajat variointimahdollisuudet, mutta niiden tuotantomäärät jäävät pieniksi, koska tuotteen valmistuksen ja suunnittelun työmäärä kasvaa merkittävästi. Työmäärän lisääntyessä kasvavat myös valmistuskustannukset, jotka vaikuttavat lopputuotteen hintaan. [20, s. 14.]

Tuotteen modulaarisen rakenteen tavoite on helpottaa tuotteen konfiguroitavuutta. Modulointi yksinkertaistaa tuotteen variointia, koska rakennemuutokset on mahdollista suunnitella siten,

että ne eivät muuta koko tuoterakennetta. Valmistettavuuden kannalta tuotteen variointi kannattaa pitää mahdollisimman yksinkertaisena, jotta tuote olisi kustannuksiltaan edullinen valmistaa. Jos tuotteeseen (kuva 5) sovelletaan kolmea erilaista varianttia jokaista kolmea moduulia kohden, on tuotteella näin ollen $3 \times 3 \times 3 = 27$ varianttia. Tuote voi sisältää piilotettuja ominaisuuksia, kuin myös näkyviä muutoksia. Piilotetuilla ominaisuuksilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi tuotteen muunneltavuutta, joka toteutetaan tuotteen ohjelmistolla. Edullisia tuotteen variointitapoja onkin ohjelmistolla tuotetut muutokset, jolloin joitakin toimintoja jätetään pois tai niitä lisätään tuotteelle. [20, s. 183–184, s. 190.]



Kuva 5. Tuotteen yhden moduulin variantit

Tuotetta voidaan muunnella myös lisäämällä tuotteelle mukautuvuutta eli säädeltävyyttä, jolloin tuote soveltuu paremmin eri käyttötarpeisiin. Tuotteen mukautuvuuden lisääminen vähentää tuotteen varianttien määrää, jos säädeltävyys sisältyy tuotteen rakenteeseen. Tuotteen ollessa säädeltävissä jokaiseen käyttötarkoitukseen ei tarvitse suunnitella omaa tuotetta. Säädeltävä tuote on yleensä kalliimpi valmistaa monimutkaisemman rakenteen takia, mutta usein joustavuus kompensoi tuotteen korkeamman hinnan kysynnän kasvaessa. [20, s. 185.]

4.3.1 Konfigurointi ja tuotekehitys

Tuotekehityksen tuloksena syntyy varsinainen tuotteen konfiguroitavuus. Tuotekehitykselle varmin tapa on luoda markkinoille uusituote kehittämällä vanhoja tuoterakenteita. Tuotannossa jo aiemmin olleet tuotteet ovat mitä todennäköisimmin keränneet variointi- sekä tuotekehityspalautteita asiakkailta, minkä perusteella kehitettävälle tuotteelle on todennäköisesti kysyntää

markkinoilla. Tuotteen modulointi mahdollistaa rinnakkaissuunnittelua, joten on helpompi jakaa suunnitteluryhmien kesken. [20, s. 16, s. 188, s. 203.]

Tuotteen suunnittelu alkaa määrittämällä konfiguroitavalle tuotteelle tuoteominaisuudet ja valinnaiset toiminnot. Jos suunniteltavana on kokonainen tuoteperhe, täytyy huomioida, millainen tuoteperhe on tarkoitus luoda. Tuoteperheitä yhdistää yleensä jokin toiminnallisuus, esimerkiksi tuotteiden koko tai toimintakapasiteetti. Saman tuoteperheen tuotteista voisi ajatella, että ne sisältävät paljon samoja osia. Väittämä ei aina pidä paikkaansa, koska toisinaan tuotteiden muunneltavuus vaati merkittävän määrän osamuutoksia tuoterakenteeseen. Tuotesuunnittelun on huomioitava myös, miten laajasti ominaisuuden muutos vaikuttaa tuoterakenteeseen, koska suuret muutokset vaikuttavat merkittävästi lopputuotteen hintaan. [20, s. 188, s. 190.]

4.3.2 Konfigurointiprosessi ja tuotetiedon hallinta

Konfiguroitava tuote koetaan kilpailuetuna asiakasmarkkinoilla ja siksi se on yleensä asiakaslähtöinen. Asiakaslähtöisessä konfigurointiprosessissa asiakas saa itse varioida tuotteen toivomallaan tavalla. Konfigurointiprosessi voi olla joko automaattinen tai manuaalinen. Manuaalisessa konfigurointiprosessissa suunnittelija luo tuotteen rakenteen, kun automaattisessa prosessissa IT-järjestelmä luo tuotteen tuotekonfiguroinnin sille kohdennetusta tuoterakenteesta. Automatisoitua konfigurointia kutsutaan konfiguraattoriksi, joka nopeuttaa tuoterakenteiden luontia ennen itse varsinaisen tuotteen valmistusta. s. [20, s. 13–14, s. 255.]

Perustoiminnan ohjausjärjestelmänä tuotannolle käytetään ERP-järjestelmää (Enterprise Resource Planning). Kyseistä järjestelmää yleisesti laajennetaan tuotantovolyymin kasvaessa erillisellä valmistuksen ohjausjärjestelmällä MES (Manufacturing Execution System). Tuoterakenteiden ja tuotteen elinkaaren hallintaan käytettävä järjestelmä on PDM- (Product Data Management) ja PLM (Product Lifecycle Management) -järjestelmä. PDM-järjestelmä sisältää tuotteen valmistukseen tarvittavat tiedot, tuoterakenteet, tuotespesifikaatiot sekä valmistukseen tarvittavat ohjeet, joita ovat myös kokoonpanoon liittyvät ohjeet. Lopputuotteet koostuvat useista osista ja tuoterakenteista ja sen takia tuotetietojen hallinta on yritykselle erityisen tärkeää. Tarkalla tuotetietojen hallinnalla yritys voi kehittää tuotteita ja niiden laatua. [19, s. 78; 21, s. 17, s. 174.]

4.4 Vakiointi

Standardointi tarkoittaa yleisesti teollisuudessa komponenttien, rakenteiden, materiaalien ja toimintatapojen standardointia eli vakiointia. Suunnittelutyö vaikuttaa tuotteen laatuun, joten modulointi, yhteisten osien käyttö ja rakenteiden yksinkertaistaminen tehostaa tuotantoa sekä parantaa lopputuotteen laatua. Modulointi on myös eräänlaista standardointia, koska monet tuotevariantit voidaan valmistaa rakenteiden vakio-osilla. Modulaarinen ja yksinkertainen rakenne mahdollistaa kokoonpanojen valmistamisen osakokoonpanoista, jolloin työajat lyhenevät. Modulaaristen rakenteiden tuloksena myös tuotannon valmistusprosessi pysyy samana, vaikka lopputuote olisikin erilainen. [21, s. 85–86.]

Osien ja osakokoonpanojen valmistuksessa on huomioitava erityisesti niiden laatu ja identtisyys. Yleensä yrityksen laatua tarkkaillaan yrityksen omalla laaduntarkkailumenetelmällä, jolla pyritään poistamaan mahdolliset virheiden aiheuttajat. Valmistuksesta aiheutuvia virheitä pyritään poistamaan työvaiheiden vakioinnilla. Työvaiheita pyritään vakioimaan esimerkiksi työohjeiden avulla. Vakioitu työ on osana yrityksen laadullista toimintaa, jolla on vaikutusta myös työhyvinvointiin. Työn ohjautuvuus on sujuvampaa, ja vakioimalla työn prosesseja vältetään mahdollisimman paljon työn poikkeamatilanteita sekä karsitaan pois tuottamatonta työtä eli hukkaa. [22, s. 128–130.]

Toiminnan vakioinnilla tarkoitetaan tehtävien, tehtäväjärjestyksen ja tehtäviin käytetyn ajan vakiointia sekä saatavien tietojen hyödyntämistä jatkuvalla kehitysprosessille. Kun työtehtävät ja prosessit vakioidaan, tiedetään muiden ryhmien tai ryhmän jäsenten toiminta koko organisaation sisällä. Vakioinnilla vastualueet selkeytyvät ja yrityksen prosessien kehitystyö helpottuu, koska prosessi on tällöin ennustettavissa, mitattavissa sekä ohjattavissa. [19, s. 202–203.]

Osaamisen vakioinnin tavoite on vakauttaa työtehtäviä ja niiden prosesseja. Tavoitteen saavuttamiseksi yritys kouluttaa työntekijöitään yrityksen tarjoamilla koulutuksilla, jotka kehittävät työntekijöiden osaamista ja tällöin työsuoritus vakioituu. Toimivaksi havaittua työtapaa on kannattavaa jakaa ohjeistamalla ja kouluttamalla työntekijöitä, jolloin tehtävää voidaan jatkossa kehittää suhteellisen helposti. Koulutusten tavoitteeksi kannattaa asettaa selkeän tietorakenteen muodostuminen, eli suuria tietomääriä ei tarvitse muistaa ulkoa kokonaisuudessaan. Käytännössä katsoen työn suoritukseen tarvittava tieto tulisi olla työntekijöiden saatavilla kohtuullisen helposti. [19, s. 75–77; 23, s. 202–203.]

Vakioinnista saatavia hyötyjä ei aina tunnisteta yrityksen sisällä. Vakiointi olisi kannattavaa ottaa osaksi yrityksen kehitysteemaa, joka vaatii henkilöstöltä yhteisten tavoitteiden lisäksi sitoutumista yrityksen toiminnan kehittämiseen. Tavoiteltaessa työn vakioinnista saatavia hyötyjä on löytää yhteisesti paras ja luotettavin toimintatapa, joiden toimintajärjestys on selkeä. Vakioinnin kehittämisen vaiheita ovat muun muassa kokoneiden työntekijöiden toimintatavat ja niiden omaksuminen, työn ohjeistamisen, työkalujen vakiointi, tekemisen kohteiden vakiointi ja johtamiskäytäntöjen vakiointi. Vastuu vakioidun työn noudattamisesta on yleensä työnjohtajilla tai tiimien vetäjillä, koska he ovat lähimpänä suorittavan työn tasoa. [19, s. 75–77; 23, s. 85–86.]

4.5 Työ- ja sähkötyöturvallisuus

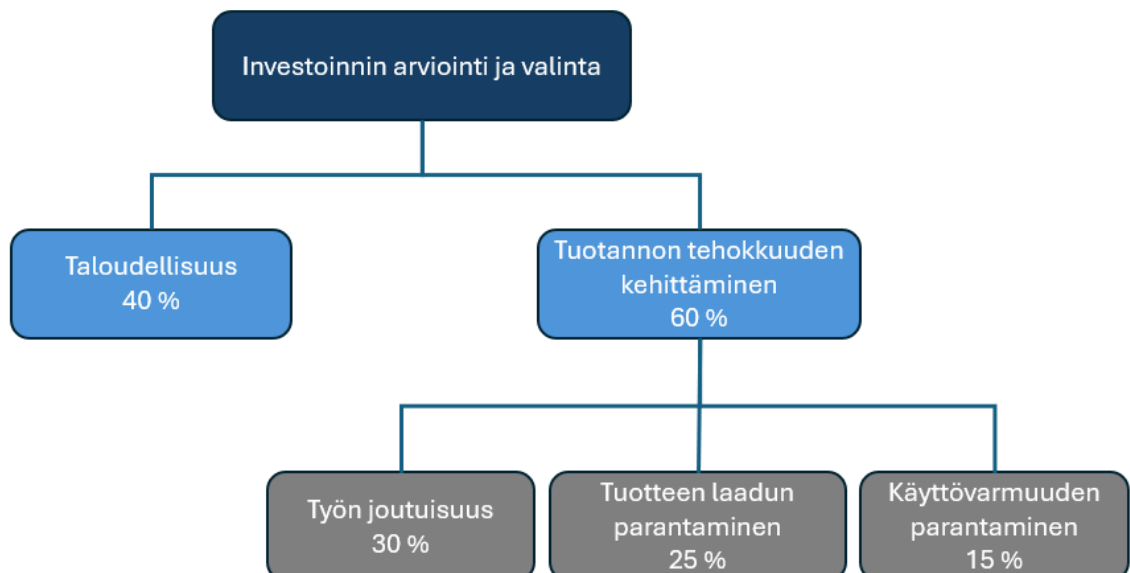
Työympäristön ja työolosuhteiden parantamiseksi sovelletaan työturvallisuuslakia. Lakia sovelletaan myös työntekijän työkyvyn ylläpitämiseksi, minkä tarkoituksena on mahdollistaa työn tekeminen turvallisesti. Turvallisen työn tekemiseen sisältyy työtapaturmien ja ammattitautien ennaltaehkäisy, jotka on työn suunnittelussa otettava huomioon. Työn suunnittelussa on otettava huomioon työympäristön aiheuttamat riskitekijät sekä huomioitava työn kuormittavuus. Huolellisella työn suunnittelulla voidaan välttää työntekijälle aiheutuvia haittoja, mikä on otettava huomioon opastaessa työntekijää työtehtäväänsä tai työkalujen ja henkilösuojainten oikeanlaiseen käyttöön. Työnantaja laatii työpaikan turvallisuusohjeet ja käytännöt, joita työntekijän tulee työssään noudattaa. [23.]

Sähkötyötä ovat kaikki sähkölaitteiden korjaus-, asennus- ja huoltotyöt. Sähkötöissä ja sähkölaitteistojen lähellä suoritettavissa töissä noudatetaan työturvallisuuslakia 738/2002 sekä sähkötyöturvallisuuslakia 1135/2016. Lait määrittelevät turvallisuudesta vastaavat henkilöt työtehtävän turvallisuusvaatimusten mukaisesti. Yleisesti ottaen sähkötöitä tekevät sähkötöihin koulutetut henkilöt, joilla on työhön soveltuva riittävä ammattipätevyys. Maallikko saa tehdä nimellisjännitteeltään enintään 50 voltin vaihtojännitteeseen tai 120 voltin tasajännitteeseen kohdistuvia sähkötöitä. Mikäli työkohteen laitteen käyttöjännite ylittää edellä mainitun jännitetason, on sähkötöitä tekevän henkilön oltava tehtävään opastettu ammattihenkilö ja hänen tulee olla myös perehdytetty sähköturvallisuuden vaatimuksiin. Toteuttaessa jännitteettömiä sähkötöitä on huolehdittava, että laitteisto pysyy jännitteettömänä koko työn ajan. [24.]

4.6 Analyttinen hierarkiaproessi

Analyttinen hierarkiaproessi eli AHP on päätöksentekoon soveltuva analyttinen tarkastelumenetelmä, jonka avulla monimutkainen valintatilanne voidaan ratkaista. AHP on soveltuva menetelmä moniin ongelmatilanteisiin, kuten vaihtoehtojen arviointiin, konfliktien ratkaisemiseen, kustannusanalyysiin sekä resurssien kohdentamiseen. Menetelmän avulla voidaan havainnollistaa ongelmatilanteen epävarmuustekijät sekä päätöksen rakenne. AHP-menetelmä soveltuu hyvin myös ryhmätyöskentelyyn ja sen vahvuutena toimii ryhmän sisäinen kommunikointi arvioitavasta ongelmatilanteesta. Menetelmällä selvitetään yhden tai useamman päätöksentekijän näkemys päätöksentekotilanteesta. [21, s. 36–38.]

AHP-menetelmän alussa todetaan ongelma ja määritellään tavoite tilanteen ratkaisemiseksi. Ongelmatilanne jaetaan hierarkiaksi ja tämän jälkeen pienempiin arvioitavissa oleviin tekijöihin eli hierarkkiseksi kriteeristöksi. Kullekin kriteerille määritetään painoarvo valitun tärkeyden mukaisesti, joten kriteerien tulee olla keskenään vertailukelpoisia. Mitä paremmin menetelmässä käytetyt kriteerit ovat keskenään vertailukelpoisia, sitä helpommin menetelmän ratkaisumalli on ymmärrettävissä. Kriteerien painoarvo voidaan selvittää myös AHP-menetelmän mukaisella laskennalla, jolla todennetaan painoarvojen loogisuus. Kuvassa 6 on esitetty esimerkki yrityksen investoinnista hierarkkiseksi arviointikriteeristöksi. [21, s. 36–38.]



Kuva 6. Investoinnin arviointi ja valinta AHP-metelmällä

Ongelmatilanteen ratkaisuprosessiin sisällytetään pisteytys valittujen kriteerien mukaisesti. Jo-kaista ratkaisuvaihtoehtoa arvioidaan kriteerien osalta arviointiin valitulla pisteytysmenetelmällä (taulukko 1). Pisteytyksessä voidaan käyttää esimerkiksi arviointiasteikkoa -2, -1, 0, 1, 2 tai 1, 2, 3, 4, 5, minkä jälkeen ongelman ratkaisuun sovelletaan johdonmukaista matemaattista laskenta-tapaa. Laskennassa kerrotaan jokainen kriteeri painoarvolla ratkaisuvaihtoehdolle annettulla pistemäärällä, minkä jälkeen tulot lasketaan yhteen. Saatu tulos on yhden ratkaisuvaihtoehdon lopputulos (kaava 1) ja laskemalla jäljelle jääneiden ratkaisuvaihtoehtojen lopputulokset, voidaan todentaa paras ongelman ratkaisuvaihtoehto. [21, s. 36–38.]

Taulukko 1. AHP-menetelmän pisteytysesimerkki

		Painoarvo %	Vanhan laitteen kunnostus	Uusi investointi
Tuotannon tehokkuuden kehittäminen	Työn joutuisuus	30	1	2
	Käyttövarmuuden parantaminen	15	0	2
	Tuotteen laadun parantaminen	25	1	1
Taloudellisuus		40	-2	1
		Tulos	-0,25	1,55

$$R = (A_1C_1) + (A_2C_2) + (A_3C_3) + (A_4C_4) \quad (1)$$

A=Vaihtoehto

C =Kriteeri

R =Tulokset

5 Tehtävän toteutus

Opinnäytetyön alkuvaiheilla pidimme palaverin tehtävän aiheesta työpaikan opinnäytetyön ohjaajan kanssa. Alustavana lähtötietona oli koripuumien sähkötyötehtäviin liittyvät haasteet, joita olivat muuan muassa epäselvät työskentelytavat. Työn tekeminen on perustunut osittain perimätietoon, joten työn toteutusmenetelmät ovat herättäneet usein keskustelua tuotannon työntekijöiden välillä. Palaverissa keskustelimme myös jo aiemmin ilmenneestä turvallisuushavainnosta, jossa mainittiin työskentely korkeissa olosuhteissa. Normet on määritellyt tuotannon työntekijöilleen toimintatavat, mikäli työtehtävä täytyy tehdä poikkeuksellisen korkeissa olosuhteissa. Työskentelyyn yli kahden metrin korkeudella vaaditaan asianmukaiset putoamissuojaimet, joten korkealla työskentely oletusarvoisesti hidastaa työn tekemistä.

Kaivosajoneuvojen teknologian ja automaation yleistyessä myös esivarusteltavien moduulien kokoonpanoajat ovat pidentyneet. Koripuumien sähkövarusteluun liittyviä työtehtäviä on aiemminkin tehty esikokoonpanossa, jolloin koripuomit varustellaan lattiatasolla. Toinen menetelmä on ollut varustella koripuumien sähköjärjestelmät loppukokoonpanossa, jolloin koripuomi on kaivosajoneuvoon kiinni kytkettynä. Toimintatapoja on sovellettu aina tuotantotilanteen mukaan, mikä on aiheuttanut eriäviä mielipiteitä työntekotavoista. Opinnäytetyön alkuvaiheilla pohdimme myös, voisiko koripuumien sähköasennukseen liittyvät työtehtävät toteuttaa muu kuin sähköasennustöihin koulutautunut henkilö.

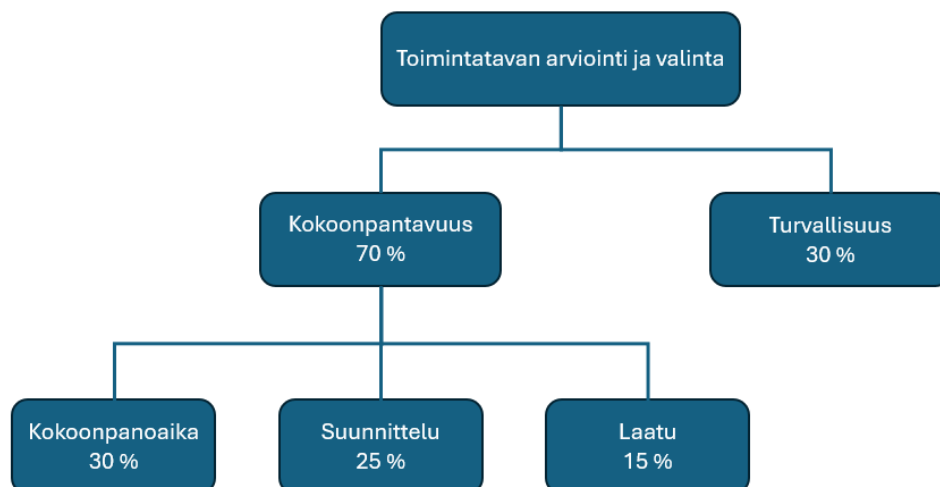
Opinnäytetyössä hyödynnän lean-ajattelumallin mukaisia käytäntöjä toimintatapojen vertailuun soveltuvilla mittausmenetelmillä. Aluksi havainnoin laitteen kokoonpantavuutta kahden erilaisen tekotavan kesken, joista valitsen nopeamman ja turvallisemman työtavan soveltaen AHP-menetelmää. Paremmaksi havaittua työskentelytapaa aletaan kehittää toimintatavan vaatimin edellytyksin. Tehtävän ensimmäinen mittaus on havainnointiselvitys, joka keskittyy tutkintakohteena olevan puomimallin osalta vain sähköjärjestelmien varusteluun. Puomin sähkövarustelun toteuttavat kokoonpanon sähköasentajat, jotka hyödyntävät työtehtävän tekoon saatavilla olevaa tuotannon ohjeistusta.

5.1 Havainnoinnin suunnittelu

Työtehtävän havainnoinnissa huomioidaan annettujen lähtötietojen mukaisesti työn suoritusnopeus ja siihen liittyvät taukoajat sekä mahdolliset keskeytykset minuutin tarkkuudella. Havainnoitavana ovat myös osien laatupoikkeamat, jotka kirjataan yrityksen tietojärjestelmään normaalin käytännön mukaisesti. Suunnitteluvirheiden havainnoinnissa huomioidaan kaikki työtehtävän toteutukseen käytettävät materiaalit ja niiden kehitystä vaativat kohteet. Kaikki työtä hidastavat tekijät huomioidaan, jotta tutkimuksessa ilmenneiden häiriöaikojen todellinen syy saadaan selville. Lisäsin havainnointiselvitykseen muut havainnot -kohdan, johon kokoonpanoasentajat voivat täsmentää häiriötilannetta mahdollisimman yksityiskohtaisesti.

Tehtävään osallistuville kokoonpanoasentajille tein havainnointia varten taulukon Microsoft Excel-ohjelmistolla, johon kokoonpanoasentajat kirjaavat havainnointiselvityksen tulokset. Excel on Microsoftin tarjoama taulukkolaskentatyökalu, joka on osa Microsoftin tarjoamaa Office-ohjelmistokokonaisuutta. Microsoft Excelillä on helppo ja nopea luoda erilaisia taulukoita, joten kyseinen ohjelmisto soveltui havainnointitehtävään hyvin. Tehtävän lopuksi haastattelin lyhyesti kokoonpanoasentajia, minkä myötä täydensimme ensimmäisen mittauksen havainnointitaulukkoa.

Tehtävän analysointiin sovelletaan AHP-menetelmän mukaista päätöstilanteen pisteytysmenetelmää. Aluksi tein painoarvojen määrittelyn, jossa tehtävän kriteerit jaetaan hierarkian mukaiseksi kriteeristöksi. Kriteerien painoarvot on määritetty opinnäytetyöhön liittyvien lähtötietojen perusteella, joiden avulla aloin tutkia parempaa toimintatapaa. Arviointikriteerien painoarvojen määrittely on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Toimintatavan arviointi ja valinta

Työturvallisuus on painoarvoltaan 30 prosenttia, koska tavoitteena on löytää turvallisin toimintatapa työtehtävän toteuttamiseen. Kokoonpantavuuden kokonaispainoarvo on 70 prosenttia ja se koostuu muun muassa suunnittelutyössä havaituista työtä hidastavista virhetekijöistä, joiden painoarvo on 25 prosenttia. Kokoonpanojalle määritin painoarvoksi 30 prosenttia, koska nopein tekotapa on usein tuotannollisesti kannattavin. Olennaista onkin huomata, että työturvallisuus ja kokoonpano aika ovat kriteeristöissä painoarvoiltaan samanarvoiset. Laatuvirheiden en oleta toistuvan tutkittavassa työtehtävässä, joten jätin niiden painoarvon matalimmaksi. Laatuvirheet eivät myöskään ole avainasemassa tässä vertailussa, koska pyrin löytämään parhaimman työtehtävien tekotavan.

Havainnointiselvityksen jälkeen tehtävään pisteytykseen käytän painoarvojen lisäksi menetelmää, jossa jokainen positiivinen havainto antaa toimintatavalle lisäpisteen ja negatiivinen havainto vähentää pisteen. Toteutuneet työtunnin arvioidaan siten, että jokainen voitettu kokonainen työtunti antaa yhden lisäpisteen arviointikohteelle. Kokoonpanoasentajilta mahdollisesti saatavat muut työtehtävän tekoon liittyvät havainnot pyrin pisteyttämään mahdollisimman realistisesti. Pisteytyksen ja painoarvojen kokonaislaskennan teen käyttäen Microsoft Excel -taulukko-laskentaohjelmistoa teoriapohjassa esitetyn esimerkin mukaisesti.

5.2 Havainnoinnin toteutus

Havainnointiselvityksellä on tarkoitus todentaa työtä vaikeuttavat tekijät, joita lähdetään poistamaan tehtävään soveltuvien menetelmin. Havainnointiselvityksen kohteena on Normet Himec RM 125 T. Kaivosajoneuvo on varustettu kahdella varusteiltaan identtisellä NBB5-koripuomilla, joten se soveltuu hyvin opinnäytetyön havainnointikohteeksi. Koripuomien sähköjärjestelmät varustellaan toinen puomeista kaivosajoneuvossa kiinni ollessa ja toinen puomi varustellaan lattiatasossa. Edellä esitetyin menetelmin pystyin mittaamaan koripuomien kokoonpantavuutta sähköjärjestelmien varustelun osalta haluamallani tavalla. Opinnäytetyön havainnointitehtävän sovin yhdessä tuotannon työnjohtajien kesken, jotka suosittelivat siihen soveltuvat asentajat. Tuotantotilanteen salliessa tammikuun 2024 aikana pystyimme toteuttamaan puomien esivarustelutyöt havainnointiselvitykseen soveltuvien menetelmin.

5.3 Havainnoinnin tulokset

Havainnointiselvityksestä (taulukko 2 ja 3) ilmenee molempien työtekotapojen kokoonpanoon käytetty aika, joista nopeammaksi toimintatavaksi osoittautui koripuumien varustelu lattiatasossa. Varusteltaessa koripuumien sähköjärjestelmät lattiatasossa, työn suunnitteluun ei kulunut aikaa, jolloin vältettiin korkealla työskentelyä. Nopeampi työtapa on havaintojen perusteella turvallisempi ja taloudellisempi, koska työn toteuttamiseen ei tarvita useita apuvälineitä, jolloin myös apuvälineiden huoltokustannukset pienenevät.

Taulukko 2. Toimintatapa 1

Puomin sähkövarustelu							
	Kokoonpanoaika			Osien laatupoikkeamat	Suunniteluvirheet	Turvallisuushavainnot	Muut havainnot:
	Työaika	Tauko aika	Häiriöaika				
Laite: Himec RM 125				Turvakatoksen johtosarjassa kytkentävirhe.	Puutteellinen ohjeistus. Hälyttimen johtosarja täytyi valmistaa itse.	Korkealla työskentely aiheuttaa riskkejä työnsuorittamiseen. Pistorasioiden asennuksessa oltava erityisen tarkaavaisena. Pistorasioihin kytketään 230 voltin vaihtosähköjännite. Pistorasiat ja niiden kytkentä tarkastettava aina, ennen käyttöönottoa asianmukaisilla testausmenetelmillä.	Korkealla suoritettavista työtehtävistä johtuen, työn suoritusta joutuu suunnitellaan enemmän.
Sarjanumero: DP148	8 h	40 min	1 h 50 min				
Puomimalli: NBB5	8 h	40 min	1 h 20 min				
Työpiste: KP05	4 h 30 min	10 min					
	20 h 30 min	1 h 30 min	3 h 10 min				

Taulukko 3. Toimintatapa 2

Puomin sähkövarustelu							
	Kokoonpanoaika			Osien laatupoikkeamat	Suunniteluvirheet	Turvallisuushavainnot	Muut havainnot:
	Työaika	Tauko aika	Häiriöaika				
Laite: Himec RM 125				-	Puutteellinen ohjeistus. Hälyttimen johtosarja täytyi valmistaa itse.	Osien asennettavuus, työn mielekkäys sekä työergonomia on huomattavasti parempi, kun puomin varustelu suoritetaan lattiatasossa.	Laiterakenteella olevista kokoonpanokuvista ei käy ilmi, kuinka johtosarjat tulisi asentaa. Tarvitaan sähkösarjojen reititysohje.
Sarjanumero: DP148	4 h 30 min	10 min	50 min				
Puomimalli: NBB5	8 h	40 min	1 h 50 min				
Työpiste: EKP03	2 h 30 min	10 min					
	15 h	1h	2 h 40 min				

Vertailutulosten taukoajat poikkeavat toisistaan, koska koripuumien työtehtävät on aloitettu eri työvuorojen aikana. Työtehtävän häiriöajat johtuvat muun muassa työtehtävän toteutuksen suunnittelusta ja työohjeiden puutteellisuudesta. Tehtävän aikana kävi ilmi, että työtehtävään ei ole saatavilla sähköjärjestelmien asennusohjetta. Asennusohjeessa tulisi ilmetä, kuinka johtosarjat asennetaan koripuomeihin ja mistä johtosarjat tulisi reitittää. Asentajilla oli käytettävissään ajantasaiset kaaviot sähköjärjestelmien kytkentään sekä valokuvia aiemmin valmistuneista koripuomeista, joiden avulla työtehtävät suoritettiin.

Havainnointiselvityksen aikana ei ilmennyt useita asennettävien osien laatuvirheitä, joiden korjaamiseen olisi kulunut merkittävästi aikaa. Laadulliset virheet eivät olleet niinkään tämän tehtävän ratkaisu, koska selvitimme parasta toimintatapaa. Paremmaksi toimintatavaksi osoittautui pisteytyksen myötä toimintapa, jossa koripuumien sähkövarusteluun liittyvät työtehtävät tehdään lattiatasossa. Edellä esitetty tarkoittaa käytännössä sitä, että koripuumien sähköjärjestelmät olisivat kannattavinta tehdä esikokoonpanossa. Taulukossa 4 on esitetty toimintatavan valinta AHP-pisteytysmenetelmällä, jonka tulokset ovat laskettuna hyödyntäen kaavaa 1.

Taulukko 4. Toimintavanvalinta AHP-pisteytysmenetelmällä

		Painoarvo %	Koripuomin sähköjärjestelmien varustelu loppukokoonpanossa	Koripuomin sähköjärjestelmien varustelu esikokoonpanossa
Kokoonpantavuus	Kokoonpanoaika	30	0	5
	Suunnittelu	25	-2	-2
	Laatu	15	-1	1
Turvallisuus		30	-1	1
		Tulos	-0,95	1,45

$$R_1 = (-2 * 0,25) + (-1 * 0,15) + (-1 * 0,30) = -0,95$$

$$R_2 = (5 * 0,30) + (-2 * 0,25) + (1 * 0,15) + (1 * 0,30) = 1,45$$

6 Tehtävän ratkaisu

Havainnointiselvityksen perusteella pystyin valitsemaan paremmaksi osoittautuneen sähkötoiden toteutustavan. Parhaaksi valikoitui toimintatapa, jossa koripuumien sähkövarusteluun liittyvät työtehtävät tehdään ennen loppukokoonpanoa. Koripuumimoduulit ovat kannattavinta varustella myös mahdollisimman valmiiksi, jotta loppukokoonpanossa vältettäisiin korkealla työskentelyä. Vertailutulosten myötä, ilmeni kokoonpanoasentajien toive koripuomin sähköjärjestelmien asennusohjeesta. Asennusohjeiden on tarkoitus yksinkertaistaa ja vakioida työtehtäviä, jotta lopputuotteet olisivat tasalaatuisempia.

6.1 Ohjeen suunnittelu

Lähes poikkeuksetta kaikki suunnittelutyö, kuten myös tuotantoa tukevien ohjeiden suunnittelu, saa alkunsa herätteestä. Kyseisen tehtävän herätteenä toimi tuotannon turvallisuushavainto, jota tutkittuani aloin visioda tuotantoa tukevaa työohjeistusta. Tuotannon työntekijöillä on ollut käytössään toimivat ja ajantasaiset kytkentäkaaviot, mutta ei varsin selkeää sähköjen asennusohjetta eli niin kutsuttua sähköjen reititysohjetta. Sähköjohdinten lisäksi reititysohjeessa tulisi ilmetä selkeästi myös muiden asennettavien sähkökomponenttien sijainti. Aiemmin koripuumien sähköjärjestelmien asennustöistä on suoriuduttu valokuvien ja perimätiedon perusteella.

Sähköjärjestelmien reititysohjeessa on otettava huomioon haastavimmat asennuskohteet sekä työturvallisuustekijät, joita tulee korostaa tuotannon ohjeessa. Työohjeen suunnitteluvaiheessa selvitin yrityksen sähkötyöturvallisuudesta vastaavan henkilön avustuksella, että reititysohjeessa tulee osoittaa selkeästi, mikäli asennettavien sähkökomponenttien käyttöjännite ylittää 120 voltin tasajännitteen tai 50 voltin vaihtojännitteen. Edellä esitetty tarkoittaa sitä, että koripuomeihin asennettavien pistorasioiden asennustyöt saa tehdä vain sähköasennustöihin kouluttautunut ammattihenkilö.

Normetilla on käytössä Symetrin ylläpitämä Sovelia-järjestelmä, joka on luotu PDM- ja PLM-tietojen hallintaan. Sovelia sisältää laitteiden tuotetiedot, laiterakenteet sekä tarvittavat työohjeet. Ennen varsinaisen reititysohjeen aloittamista selvitin mahdollisimman tarkasti eri variantit koripuumien tuoterakenteista. Yleisimmät koripuumien variantit, jotka olisivat kannattavinta ottaa huomioon reititysohjeen suunnittelussa, selvitin koripuumien suunnittelusta vastaavan henkilön avustuksella.

Reititysohjeen toteuttamiseen käytän yrityksen vakioitunutta työohjeiden tekotapaa, joka sisältää prosessin työohjeiden luontiin. Prosessin vaiheet mukailevat yleisiä suunnitteluprosessin vaiheita ja prosessi sisältää myös työohjeiden hallinnoinnin sekä ylläpidon. Työohjeiden ylläpito on tärkeää, koska menetelmän avulla varmistetaan tietojen oikeellisuus, jos laiterakenne tai työtekotapa muuttuu. Yrityksen työohjeet tehdään pääsääntöisesti käyttäen Microsoftin Power Point -sovellusta, johon liitetään työtehtävään soveltuva ohjemateriaali. Power Point on esitysgraafikkaohjelma, joka soveltuu kaikenkokoisten esitysten luontiin. Laitteiden suunniteluun yritys käyttää Autodesk Inventor -ohjelmistoa, jolla toteutetaan laitteiden 3D-mallit. Työohjeeseen liitän valokuvia sekä 3D-malleista tuotuja projektioita, joilla esitän työtehtävän tekotapaa. Autodesk Inventor -ohjelmistoa on testattu myös työohjeiden luontiin, mutta tämänhetkinen yrityksen toteutustapa on luoda työohjeet Microsoft Powerpoint -alustalle.

6.2 Ohjeen toteutus

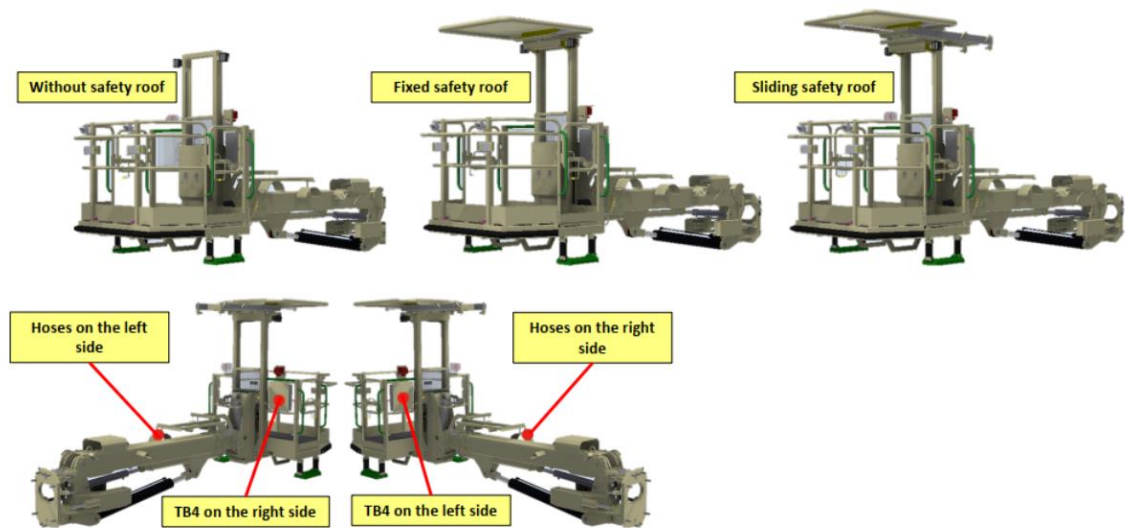
Normetilla on toimintaa maailmanlaajuisesti, joten ensisijainen ohjeen kieli on englanti. Väärinymmärrysten välttämiseksi reititysohjeen turvallisuussisältö sekä muut erityistä tarkkuutta vaativat työtehtävät kirjattiin ohjeeseen myös suomenkielisinä. Ohjeen ensisijaisena kielenä käytetään englantia myös, koska kaivosajoneuvojen peruskunnostus- ja huoltotehtäviä tehdään muuallakin kuin Suomessa. Sähköjen reititysohjetta voi soveltaa edellä mainituissa työtehtävissä.

Sähköjärjestelmien reititysohjeeseen sisällytin kokoonpanoasentajien havaintoja työtehtävään liittyen sekä työparini näkemyksiä ohjeen sisällöstä. Kun koripuomien sähköreititysohjeen sisältö alkoi muodostua, liitin reititysohjeeseen tarvittavat kuvamateriaalit. Muokkasin NBB3-koripuomin 3D-mallia (kuva 8) Autodesk Inventor -ohjelmalla, koska halusin työohjeen kuvaprojektioihin näkyviin puomin lisävarusteet ja niihin liittyvät komponentit. 3D-malleista tein kopiot, jolloin mallien muokkaaminen ei aiheuttanut muutoksia alkuperäisten 3D-mallien kokoonpanoihin.



Kuva 8. NBB3-koripuomi

Koripuomimalleista on tuotespesifikaation mukaan saatavilla useita eri varustetasoja, jotka lisäävät varianttien määrää puomikokoonpanojen rakenteilla. Variantit lisäävät myös tehtävän haastavuutta, joten tuoterakenne on selvitettävä tarkoin tehtävän suunnitteluvaiheessa. Lisävarusteet muuttavat kokoonpanorakennetta myös sähköjärjestelmien osalta, joten reititysohjeeseen päätettiin tuottaa aluksi vain NBB3-koripuomien sähköjärjestelmien reititysohjeet. Ohjeeseen sisällyttiin mahdollisimman kattavan materiaalin niistä sähköjärjestelmien osa-alueista, jotka eivät ole muuttuvia. Koripuomin sähköjärjestelmien maadoituspisteiden lisäksi sijainniltaan ja ominaisuuksiltaan muuttumattomia lisävarusteita ovat muun muassa rajakytkimet, anturit, turvakatosvaihtoehdot ja niiden ohjausjärjestelmät. Kuvassa 9 on esitetty ohjemateriaaliin sisällytetyt tuotevariaatiot.



Kuva 9. Reititysohjeessa esiintyvät tuotevariaatiot

Normetin työohjeprosessiin kuuluu myös ohjeiden sisällön tarkastaminen vastuhenkilöittäin. Ohjeen paikkansapitävyyden sekä visuaalisen ulkoasun tarkasti tehtävään määritetty asiantuntija, minkä jälkeen työohjeen hyväksyi lähiesihenkilö. Koripuomien reititysohje jaettiin Normetin Sovelia-tuotetietojen hallintajärjestelmään, mikä mahdollistaa myös ohjeen ylläpidon myöhempiä työohjeen kehitystarpeita varten. Sovelia säilyttää tiedostojen versiohistorian, mikä tukee työohjeiden ylläpitoa. Lisäksi ohjelma muuntaa yleisimmät tiedostomuodot PDF-muotoon, jolloin saatavilla on alkuperäistä esitystilaa tukeva Power Point -tiedostomuoto ja nopeammin latautuva PDF-tiedostomuoto. Kuvassa 10 on esitetty yhden koripuomin kokoonpanorakenteesta Sovelianäkymä, johon työohje on jaettu. Rakenne sisältää myös muita kokoonpanoon liittyviä työohjeita, jotka ovat helposti saatavilla koripuomirakenteen päätasolla. Kaikki koripuomikokoonpanot esiintyvät kuvassa 11, joille reititysohje on jaettu. Uusi työohje valmistui kevään 2024 aikana.

7 Väilyhteenveto

Työtä tukevien ohjeiden merkitys korostuu erityisesti siinä, että ennalta sovittujen menetelmien avulla työtä saadaan vakioitua, työsuoritusta yksinkertaistettua ja lopputuotteiden laatua parannettua. Ohjeiden suunnitteluvaiheessa on tutkittava aihealue tarkoin ja otettava huomioon useat työhön vaikuttavat tekijät, kuten työympäristö, työkohde, työturvallisuus sekä paras työntekotapa. Aina ei ole selkeää tapaa tai olemassa olevaa esimerkkiä luoda työtä tukevaa ohjetta, vaan yrityksen on selvitettävä heille sopivin toimintamalli ja luotava oma vakioitutyötapa. Työtapoja vakioimalla yrityksen prosessit ovat helpommin tunnistettavissa, ohjattavissa ja kehitettävissä.

Työtehtävät, jotka vaativat tarkempaa ohjeistusta kaavioiden ja piirustusten lisäksi, olisi kannattavinta tunnistaa suunnitteluvaiheessa. On kuitenkin huomioitavaa, että kaikkia tuotannon vaatimia ohjetarpeita ei pystytä tunnistamaan tuotekehitysvaiheessa. Tuotannon vaatimien ohjeiden tarve ilmenee tällöin yleensä vasta tuotteen ylösajovaiheessa, johon olisi reagoitava mahdollisimman nopeasti. Mikäli tuotteen valmistuksessa ilmenneitä ongelmia ei korjata ajoissa, kustautuvat ne myöhemmässä vaiheessa tuotannon ongelmia.

Varioituvuus lisää lopputuotteen kysyntää, mutta myös tuotannon työohjeiden merkitystä, jolloin korostuu myös tuotetietojen ja laiterakenteiden paikkaansa pitävyys. Mikäli tuotteesta on ehditty tehdä useita eri variantteja, on tuotannon ohjeiden teko tällöin haasteellisempaa. Työtehtäviin on ehditty soveltaa jo useita erilaisia suoritustapoja, joista parhaaksi valittava menetelmä voi olla haastava tunnistaa. Tuotteen sisältäessä paljon asiakastoiveiden mukaista räätälöintiä olisi tuotteen valmistettavuus suunniteltava siten, ettei sitä koettaisi tuotannon ongelmana.

Työohjeita ja työmenetelmiä täytyy kehittää ja ylläpitää, kuten myös tuotteita kehitetään asiakastarpeiden mukaan. Ongelmien ilmetessä uusia toimintatapoja on kannattavaa lähteä kokeilemaan ja kehittämään. Jos uudessa toimintatavassa ilmenee ongelmia voi aina palata vanhaan toimintatapaan, jolloin on kannattavaa miettiä, missä asioissa onnistuttiin ja missä epäonnistuttiin. Palaaminen vanhaan menetelmään ei tarkoita sitä, että kehitystyö tulisi päättää, vaan on kyettävä löytämään tuotantoa hidastavat tekijät ja poistaa niitä. Kehitystyöstä saatu materiaali kannattaa pitää tallessa, jotta materiaali olisi hyödynnettävissä jatkokehitystoimenpiteissä.

Nykyinen koripuumien sähköreititysohje käsittelee vain NBB3-koripuumia ja muutamaa sen varianteista. Perusajatukseltaan puomien rakenteet ovat niin lähellä NBB5-koripumeja, että ohjetta

voi soveltaa myös kyseisiin koripuumimalleihin. Täydellisen tuotantoa tukevan koripuomien sähköjärjestelmien reititysohjeen tekeminen vaatisi täysin vakioidun tuoterakenteen sekä vakioidut sijainnit kaikille saatavilla oleville lisävarusteille. Reititysohjetta pitäisi kuitenkin täsmentää ja selvittää kaikki mahdolliset tuotevariantit, jotta sähköasennustyöt voisi riittävällä varmuudella toteuttaa muu kuin sähköasennustehtäviin kouluttautunut henkilö. Työ- ja sähkötyöturvallisuuden näkökulmasta ei ole suoranaista estettä, etteikö muutkin kuin sähkötöihin kouluttautuneet henkilöt voisi osittain tehdä sähkötyötehtäviä. Koripuomeja varusteltaessa sähkötyöt ovat jännitteenä työskentelyä, mutta asennettaessa yli 50 voltin vaihtosähköjännitteellisiä tai yli 120 voltin tasasähköjännitteellisiä laitteita, asennukset saa tehdä vain sähköasennustöihin kouluttautunut henkilö.

8 Työohjeen kehitys

Opinnäytetyön ensimmäisten mittaustulosten perusteella tehtiin kokoonpanoasentajille työtä tukeva sähköjärjestelmien reititysohje NBB3-koripuomimalliin. Työohje jaettiin yrityksen tietojärjestelmään, jotta työohje olisi helposti saatavilla, päivitettävissä sekä kehitettävissä. Koska lean-ajattelumalli perustuu jatkuvaan parantamiseen, niin myös työtä tukevia ohjeita on tarvittaessa kehitettävä. Opinnäytetyön seuraava vaihe keskittyy työohjeen laadun parantamiseen, minkä myötä on tarkoitus havaita työohjeen kehitystä vaativat kohteet.

8.1 Palautekyselyn suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyön toisella mittauksella on tarkoitus tutkia toteutuneen työohjeen laatua palautekyselyllä, joka tehdään hyödyntäen Microsoft Excel-ohjelmistoa. Palautekysely sisältää väittämiä, joihin kokoonpanoasentajat vastaavat asteikolla 1–5. Kyselyyn sisällytettyjen väittämien pisteytys määräytyy siten, että arviointiasteikko yksi on täysin erimieltä ja arviointiasteikko viisi on täysin samaa mieltä. Palautekyselyssä arvioidaan työohjeen sisältö, kuvien laatu ja työturvallisuus, jotka otin huomioon työohjeen suunnitteluvaiheessa.

Työohjeen palautekyselyyn (taulukko 5) osallistuu asentajat, jotka ovat tehneet koripuomin sähkötöitä kuluneen kesä- ja syyskauden aikana Himec- tai Charmec-alustoihin. Charmec-alustat huomioidaan palautekyselyssä, koska Normetin modulaarisen rakenteen ansiosta koripuomit voidaan liittää myös kyseiseen kaivosajoneuvomalliin. Asentajilta saatujen palautteiden perusteella on tarkoitus selvittää myös, onko laitemallien välillä eroavaisuuksia koripuomien sähkötyötehtävissä. Työohjeen palautekysely toteutettiin syksyn 2024 aikana.

Taulukko 5. Työohjeen palautekysely

Työohje:	Työohjeen palautekysely			
Pvm:				
Vastaa alla oleviin väittämiin arviointiasteikolla 1-5. Asteikolla 1 = täysin eri mieltä ja 5 = täysin samaa mieltä. Vastauksia hyödynnetään työohjeen laadun kehittämisessä.				
				Arviointi
	1. Työohje oli helposti saatavilla tietojärjestelmästä.			<input type="text"/>
	2. Työohjeen kuvien laatu oli hyvää.			<input type="text"/>
	3. Työohjeen asiasisältö oli helposti ymmärrettävä.			<input type="text"/>
	4. Työohje oli asiasisällöltään kattava.			<input type="text"/>
	5. Työohjeen turvallisuussisältö oli helposti ymmärrettävä.			<input type="text"/>
	6. Työohjeen turvallisuussisältö oli kattava.			<input type="text"/>
	7. Työohje tuki työsuoritusta.			<input type="text"/>
	Miten kehittäisit työohjetta?			

8.2 Palautekyselyn tulokset

Työohjeen palautekyselyyn vastasi yhteensä seitsemän asentajaa, joita haastattelin kyselyn jälkeen työohjeen laatuun liittyen. Toteutin Microsoft Excel -ohjelmistolla palautekyselyn tuloksista (taulukko 6) taulukon ja pylväskaavion, joista ilmenee pisteiden jakautuminen, vastauksien keskiarvo ja työohjeen kokonaiskeskiarvo. Kyselyn perusteella työohje koettiin helposti löydettäväksi järjestelmästä. Työohje on sisällöltään ymmärrettävä ja kuvien laadultaan hyvä. Työohje koettiin asiasisällöltään kattavana kokonaisuutena, johon on liitetty työturvallisuustekijät selkeästi.

kokonaiskeskiarvoksi muodostui 4,3 palautekyselyn perusteella, joten työhöön voidaan todeta olevan hyödyllinen ja työtehtävää tukeva.

Työhöön palautekyselyyn sisältyneen haastattelun myötä, ilmeni myös muita työtehtävää vaikeuttaneita tuotannon ongelmia. Kaivosajoneuvojen tuotespesifikaatiot koettiin vaikeasti tulkittavina ja ulkoasultaan muuttuvina kokonaisuuksina. Erityisesti haastetta luo se, ettei laitteeseen tulevia lisävarusteita meinaa erottaa laitteen vakiovarusteista tai niistä ei ole mainintaa ollenkaan. Kokoonpanoasentajat olivat myös hyvin kiinnostuneita yrityksen omista koulutuksista, jotka sisältäisivät muun muassa työkalujen, apuvälineiden ja laitteiden käyttökoulutusta. Koulutuksien tulisi sisältää myös opintoja laitteiden vakio- ja lisävarusteiden toiminnasta sekä yleisiä tuotannon tietojärjestelmien käyttökoulutuksia.

Palautekyselyyn osallistuneet seitsemän asentajaa olivat kaikki suorittaneet koripuumien sähkövarustelutöitä kuluneen syksyn aikana. Koska koripuumikoneita valmistetaan viidellä kokoonpanopisteellä, joista jokaisella työskentelee kaksi sähköasentajaa, voidaan todeta, että kyselyyn osallistui merkittävä osa tehtävään keskittyvistä asentajista. Tämä antaa kyselyn tuloksille hyvän pohjan ja tekee saadusta palautteesta luotettavan kehitystyön kannalta. Haastattelujen perusteella kokoonpanoasentajat kokivat uuden työhöön enemmän positiivisena kuin negatiivisena asiana. Työntekijät suhtautuivat työn vakiointiin sekä yleisesti tuotantoa tukeviin ohjeisiin vastaanottavaisesti ja olivat halukkaita osallistumaan kehitystyöhön. Tämä kertoo Normetin toimivasta työskulttuurista ja työntekijöiden halusta sitoutua kehittämään tuotantoa ja toimintatapoja.

Kokonaisuutena palautekysely voidaan arvioida onnistuneeksi, sillä se toi esiin selkeitä kehityskohteita ja vahvisti työhöön hyödyllisyyden. Kyselyn rakenne tarjoaa pohjan kehittää työhöitä ja ohjeryhmän toimintaa jatkossa. Kyselyn tuloksia voidaan pitää luotettavina, sillä vastaukset perustuvat asentajien käytännön kokemuksiin, ja mukana olleiden työntekijöiden määrä kattoi merkittävän osan työtehtävään osallistuvista henkilöistä.

9 Kehitysehdotukset

Opinnäytetyön havaintojen yhteydessä huomattiin kehitystä vaativia kohteita, jotka selkeyttäisivät tuotannon työsuoritusta. Kokoonpanoasentajat kokivat muun muassa tuotespesifikaatiot epäselvänä, mikä vaikeuttaa merkittävästi työtehtävän aloittamista. Tuotespesifikaation ulkoasu vaihtelee, jolloin laitteeseen tulevat vakio- tai lisävarusteet eivät ole selkeästi havaittavissa. Tuotespesifikaatiota olisi kannattavaa vakioida sopivin ehdoin, josta kävisi ilmi myös laitteen maakohtaiset vaatimukset. Lisäksi laitekohtaiset varusteet olisivat helpommin havaittavissa, jos tuotespesifikaation olisi selkeästi listattuna moduulit ja niiden varusteet. Menetelmä tukisi Normetin modulaarisia laiterakenteita, jolloin työtehtävän aloittaminen olisi tuotannon työntekijöille vaikeammampaa.

Opinnäytetyön aikana valmistuneen työohjeen havaitut virheet korjataan ja ohjeiden ylläpidosta olisi huolehdittava myös jatkossa. Tutkimustulosten perusteella reititysohjetta pitäisi kehittää tarkemmaksi, jotta se tukisi paremmin asentajien työsuoritusta. Työohjeita olisi kannattavaa tehdä enemmän hyödyntäen 3D-mallinnustekniikkaa, jolloin kuvien tarkkuus ja päivitettävyyden helpotuisi merkittävästi. Kokoonpanoasentajat esittivät myös, että työohjeissa esiintyvien apuvälineiden käyttöä olisi hyvä havainnollistaa esimerkiksi 3D-mallintamalla.

Saatavilla olevien sähkökaavioiden lisäksi nykyinen koripuomien sähköjen asennusohje on hyvä tukimateriaali ja se tukee työtehtävän suoritusta. Koripuomin varioituvuutta pitäisi tutkia vielä tarkemmin, sillä koripuomit sisältävät useita eri variantteja, jotka ovat osittain asiakastoiveiden mukaan räätälöityjä. Variantit aiheuttavat sen, ettei nykyinen sähköreititysohje ole vielä riittävän kattava ja ohjeeseen ei ole sisällytetty kaikkia koripuomien lisävarusteita. Kaikkien variaatioiden selvitystyö ja niiden ohjeistaminen vie paljon aikaa, joten on pohdittava, vastaisiko tehtävä tuotannon hyötyjä työmääränsä nähden.

Hyvä vaihtoehto olisikin kehittää täysin uudesta tulevasta koripuomimallistosta tuotantokelpoisempi, johon piirustusten lisäksi tehtäisiin tuotantoa tukevat ohjeet jo tuotekehitysvaiheessa. Uuden koripuomimalliston suunnittelussa olisi huomioitava usein markkinoidut asiakastoiveiden mukaiset muutokset, jolloin kaikille saatavilla oleville varusteille ja niiden sähköjärjestelmille olisi määritettynä vakioidut sijainnit. Vakioinnin myötä tuotespesifikaatiot selkeytyisivät sekä myyntikonfigurointi helpottuisi, koska tällöin tuotannossa valmistettavat tuotteet olisivat rakenteeltaan selkeämmin esitettyjä.

NBB3- ja NBB5-koripuomit voidaan liittää useisiin eri alustaratkaisuihin, joten laitekohtaisten sähköjärjestelmien eroavaisuudet olisi selvitettävä tarkoin. Tällöin laitteissa voitaisiin käyttää samaa johtosarjaa puomivariantista tai ajoneuvon alustasta riippumatta, jolloin käytettävien nimikkeiden määrät vähentyisivät, varastojen arvot laskisivat ja tuoterakenteet yksinkertaistuisivat. Yhden sähkösarjan käyttö edellyttäisi, että koripuomien sähkösarjaan määritettäisiin oletukseksi valmiudet kaikille saatavilla oleville lisävarusteille.

Kokoonpanoasentajille suunnattujen haastattelujen yhteydessä ilmeni tarve talon sisäisille koulutuksille. Koulutusten tulisi sisältää työkalujen, apuvälineiden ja laitteiden käyttökoulutusta sekä tietojärjestelmien käyttöön soveltuvaa koulutusta. Tuotannon työohjeista ja laitteiden rakenteista saa hyvää koulutusmateriaalia, jotka tukisivat asentajien työtehtäviä. Työohjeiden noudattaminen jää yleensä päivittäisjohtamisen vastuulle, joten työnjohtajien olisi myös kannattavaa tutustua työohjeiden sisältöön huolella. Työnjohtajat voisivat hyödyntää työohjeita perehdyttäessään uusia työntekijöitä tehtäviinsä ja näin ollen myös uudet toimintatavat olisi helpompi ottaa käyttöön tuotannossa. Työnjohtajien olisi kannattavaa käsitellä työohjeita ja työmenetelmiä tiimien vetäjien kesken, jotka kouluttaisivat oman tiiminsä työntekijät. Kyseisellä menetelmällä tuotannon työohjeiden kehityspotentiaali tunnistettaisiin paremmin ja työntekijät pääsisivät yhä enemmän tuomaan kehitysideoitaan esille. Kun työntekijä pääsee itse osallistumaan oman työnsä kehittämiseen, on sillä positiivinen vaikutus työntekijän työmotivaatioon. Järjestelmällisellä toimintatapojen käyttöönotolla olisi sekin hyvä puoli, että mahdollisiin huomiotta jääneisiin seikkoihin ehdittäisiin puuttua ajoissa.

10 Loppuyhteenveto

Opinnäytetyö sai alkunsa turvallisuushavainnosta, joka käsitteli korkealla tehtäviä koripuumien sähköasennustöitä. Koripuumien varustelutöitä on tehty tuotantotilanteen mukaan joko esikoonpanossa tai loppukokoonpanossa. Loppukokoonpanon sähköasennukset on jouduttu toisinaan toteuttamaan puomi laitteeseen kiinniketyttynä, joka oli aiheuttanut haasteita työtehtävien tekotavassa. Opinnäytetyön alussa tehtävälle asetettiin selkeät tavoitteet, joiden avulla tehtävän aihe rajattiin koripuumien sähköasennustehtävien ja työn toimintatapojen kehittämiseen. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää turvallisim ja nopein työtapo, jolla koripuumien sähkötyötehtävät voidaan toteuttaa. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteena oli tunnistaa varustelutehtävien haastavat työvaiheet ja selvittää, voiko sähköasennustyötehtäviä tehdä muutkin kuin sähköasennustöihin kouluttautuneet henkilöt.

Opinnäytetyön aikana tein havainnointiselvityksen, palautekyselyn, visuaalisia havainnoiteja ja haastatteluja. Aikaisemmat yrityksen havainnointitutkimukset ovat sisältäneet koripuumien sähköasennustyötehtävät yleisellä tasolla, koska havainnointiin on sisällytetty myös muita työtehtäviä. Aikaisempiin tutkimuksiin verraten opinnäytetyön havainnointiselvitys kohdentui ainoastaan koripuumien sähköjärjestelmien asennustehtäviin, jolloin tuloksena saatiin tarkempaa tietoa työtehtävään vaikuttavista tekijöistä. Tarkemman rajauksen ansiosta pystyin toteamaan nopeamman ja turvallisemman työtavan soveltaen AHP-menetelmää päätöksentekoon. Paremmaksi osoittautuneen toimintatavan työtehtäviä vakiointiin tekemällä sähköjärjestelmien asennusohje, jolloin turha tuottamaton työ vähenee eli poistetaan näin ollen hukkaa.

Opinnäytetyön tuloksena toteutunut työohje toimii työtehtävää ja koripuumien sähkökaavioita tukevana materiaalina. Työohje ei kuitenkaan tavoita vielä sitä tasoa, että asentajat kykenisivät tehtävätaustastaan riippumatta tekemään työtehtävää pelkästään työohjeen ja sähkökaavioiden avulla. Työohje ei ole vielä tässä vaiheessa tarpeeksi kattava, vaan sen sisällöstä puuttuu joitakin koripuumivariantteja. Lisäksi pätevoityneen sähköasentajan tulee toteuttaa sähkötyötehtävät, koska toisinaan koripuomeihin asennettavien sähkökomponenttien käyttöjännite ylittää 120 voltin tasajännitteen tai 50 voltin vaihtojännitteen. Työohjetta voi kehittää muun muassa tutkimalla koripuumien varioituvuutta tarkemmin tuoterakenteen perusteella. Olennaista on kuitenkin huomioida, että vanhat koripuumirakenteet vaativat laajaa tutkimustyötä rakenteiden osalta, jotta kaikki tuotevariantit olisivat täysin tunnistettavissa ja näin ollen ohjeistettavissa selkeästi.

Uudelle työohjeelle toteutettiin opinnäytetyön aikana laadullinen kysely, jonka perusteella työohjetta ja työtehtävää voi kehittää. Työtehtävän palautekyselyyn osallistuneiden työntekijöiden määrä vaikuttaa olennaisesti palautteesta saataviin kehitysehdotuksiin. Palautekyselyyn voisi sisällyttää tulevaisuudessa enemmän väittämiä, jolloin kyselyn pisteytystä voisi muuttaa tarkemmalle tasolle. Palautekyselyn mallia voi jatkossa hyödyntää ohjeryhmän toiminnan kehittämisessä ja opinnäytetyön muuta materiaalia uusien tuotteiden tai tuotannon kehitystyössä.

Opinnäytetyön aikana opin soveltamaan lean-ajattelutavan mukaisia käytäntöjä tuotantoympäristössä. Tehtävän aikana toteutettu materiaali ja tietojen käsittely tukevat opintojani myös tulevaisuudessa. Opinnäytetyöhön käytetty aika mahdollisti tehtävän toteutumisen hyvin. Työohjeiden kehittämiseen soveltuvaa teoriataustaa oli vaikea löytää, koska yritykset luovat usein omat vakioidut toimintatapansa. Opinnäytetyöhön sisällytetyn teorian soveltaminen mahdollisti kuitenkin tehtävän toteuttamisen.

Normet-laitteiden modulaarinen rakenne mahdollistaa tuotteen muuntamisen eri työtehtäviin ja vastaamaan niiden vaatimia prosesseja. Laiterakenteissa on otettu huomioon moduulien soveltuvuus eri alustojen kesken, joten laitteiden suunnittelussa on huomioitu myös asennettavuus erittäin hyvin. Lisäksi modulaarinen rakennearkkitehtuuri helpottaa työtehtävien ja niihin sisältyvien ohjeiden jakamisen sopiviin kokonaisuuksiin. Tällöin työtehtävää ja sen tuotantoa tukevaa ohjeistusta on helpompi kehittää, koska työtehtävä pysyy sopivana kokonaisuutena.

Työtehtävän ohjeiden suunnittelu ja toteutus olisi tehtävä jo tuotekehityksen vaiheissa tai viimeistään ennen varsinaisen tuotannon käynnistämistä. Työohjeiden ja työtehtävien kehittäminen olisi hyvä ottaa osaksi yrityksen kehitysteemaa ja siihen tulee sitouttaa koko henkilöstö. Vakioimalla ja yksinkertaistamalla työtehtäviä yrityksen eri prosessit ovat helpommin tunnistettavissa sekä kehitettävissä. Tietoa ei ole hyödyllistä pantata, vaan tieto kannattaa jakaa, koska se on keino kehittää työtehtävää, toimintatapoja ja työympäristöä. Tiedolla voidaan katsoa olevan arvo, joka oikein sovellettuna tuottaa toiminnon, mikä tuo mitattavaa arvoa.

Lähteet

1. Normet Oy. [internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www2.normet.com/fi/>
2. Tuotteet. Normet Oy. [internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www2.normet.com/fi/tuotetyypit/laitteet/>
3. About Me. Jussi Sarvelan kotisivut. [internet]. 2008. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.jussisarvela.com/kronologia.html>
4. Ylisipola H. Lehmät ulos, sorvit sisään. Kaleva. [internet]. 23.9.2008. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.kaleva.fi/lehmat-ulos-sorvit-sisaan/2225730>
5. Orion myy Normet-yksikkönsä. Ilta-Sanomat. [internet]. 12.1.1999. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000001298581.html>
6. Työkoneiden valmistaja Normet uusille omistajille. Helsingin Sanomat. [internet]. 31.3.2005. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/talous/art-2000004298584.html>
7. Annual report 2023. Normet Oy. [internet]. 2023. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://downloads.ctfassets.net/idihyv8a6g5y/6pYxFvg4TF59ET-DgSDNT11/d051fef0f5c7af61c13b9547db725f30/normet-group-oy-annual-report-2023.pdf#page=4>
8. Normetin omistuspohja vaihtuu. Turun Sanomat. [internet]. 31.3.2005. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.ts.fi/uutiset/1074034672>
9. Koskinen J. Normetille valittiin uusi toimitusjohtaja. Savon Sanomat. [internet]. 3.6.2019. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.savonsanomat.fi/paikalliset/2827965>
10. Himec RM 125 T. Normet Oy. [Internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.normet.com/en/products-and-services/equipment/lifting-and-installations/boom-lifters/himec-rm-125-t/#overview>

11. Himec RM 125 T Technical data sheet. Normet Oy. [Internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: https://assets.ctfassets.net/idihyv8a6g5y/7C9xmrAVw2XRsoRJMGoTuw/50fe80329d750c4606c420780bee21ae/Himec_RM_125_T_Stage_III_and_Stage_V_Technical_Data_Sheet_Global_EN.pdf
12. Normet Oy. Himec RM 125 T. [Internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: https://www.normet.com/_next/image/?url=https%3A%2F%2Fimages.ctfassets.net%2Fidihyv8a6g5y%2F35afunynr03uJwT8sjAzWn%2F237c8223be01f6b74229ed1a3026f1f5%2FHimec_RM_125_T_Front_Basket_View.jpg&w=1920&q=75
13. Charmec 605 D(V). Normet Oy. [Internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.normet.com/en/products-and-services/equipment/explosives-charging/emulsion-charging/charmec-mc-605-d-v/>
14. Charmec 605 D(V) Technical data sheet. Normet Oy. [Internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: https://assets.ctfassets.net/idihyv8a6g5y/7C9xmrAVw2XRsoRJMGoTuw/50fe80329d750c4606c420780bee21ae/Himec_RM_125_T_Stage_III_and_Stage_V_Technical_Data_Sheet_Global_EN.pdf
15. Normet Oy. Charmec 605 D(V). [Internet]. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: https://www.normet.com/_next/image/?url=https%3A%2F%2Fimages.ctfassets.net%2Fidihyv8a6g5y%2F2WN47lgSRfKrLnTRe77dhf%2F9e9121ec94f1fc04d5494339f4349159%2FCharmec_MC_605_D_V__Left_Side_View.jpg&w=1920&q=75
16. Mitä on lean? Excellence finland. [internet]. 2023. [viitattu 6.8.2024]. Saatavilla: <https://www.excellencefinland.fi/mita-on-lean/>
17. Koskenvesa A, Mäki T. 2. painos. Last planner: opas suunnittelun ja tuotannon johtamiseen. Helsinki: Mittaviiva Oy; 2020.
18. Tuominen K. 2. uusittu painos. Lean – kohti täydellisyyttä. Turku: Oy Benchmarking Ltd; 2021.
19. Huhtala P, Pulkkinen A. 4. painos. Tuotettavuuden kehittäminen. Tampere: Teknologia-info Teknova Oy; 2009.
20. Martio A. 1. painos. Tuotekonfigurointi ja tuotetiedon hallinta. Kurikka: Amartekno Oy; 2015.

21. Ruohomäki S, Anttila J-P, Heikkilä A, Hentula M, Kansola M, Leino K, Paro J, Salmi T. 1. painos. Parempiin tuotantostrategisiin päätöksiin. Tampere: Tammerprint Oy; 2011.
22. Lillrank P. 2. painos. Laatuajattelu. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy; 1999.
23. L 738/2002. Työturvallisuuslaki. 2002. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>
24. L 1135/2016. Sähköturvallisuuslaki. 2016. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161135>

Kansikuvan lähde

Normet Oy. Charmec MC 605 VE SD. [Internet]. Saatavilla: <https://www.normet.com/en/products-and-services/equipment/explosives-charging/emulsion-charging/charmec-mc-605-v-e-sd/>