



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

OHJAAMOVARUSTELU- PROSESSIN KEHITTÄMINEN

Normet Oy

TEKIJÄ:

Pauli Erholtz

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Pauli Erholtz	
Työn nimi Ohjaamovarusteluprosessin kehittäminen	
Päiväys 5.12.2021	Sivumäärä/Liitteet 36
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Normet Oy	
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön aiheena oli ohjaamovarusteluprosessin kehittäminen Normet Oy:n tuotannon esikokoonpanossa. Varusteluprosessiin haluttiin lisää sujuvuutta, läpinäkyvyyttä ja virtaustehokkuutta, joka auttaisi osaltaan tuotannolle asetettujen kasvutavoitteiden saavuttamisessa sekä mahdollistaisi erilaisten visuaalisten ohjaustyökalujen käyttöönottoa. Konkreettiseksi lähestymiskulmaksi työlle otettiin ohjaamovarusteluprosessin tavoitetilan suunnittelu.</p> <p>Opinnäytetyön pohjana toimi tekijän erikoistumisprojekti 2, joka oli tutkimustyö ohjaamomallien linjavalmistuskelpoisuudesta. Projektissa selvitettiin tutkimukseen valittujen ohjaamomallien varusteluihin sisältyviä työvaiheita sekä niihin kuluva työskentelyaikoja. Lisäksi kaikista tutkimukseen valituista ohjaamomalleista selvitettiin esivarusteluiksi soveltuvat työvaiheet. Opinnäytetyössä perehdyttiin prosessi- ja lean ajatteluiden teorioihin, joista pyrittiin löytämään avaintekijöitä toimivan ja tehokkaan varusteluprosessin tavoitetilan suunnitteluun.</p> <p>Työn tuloksena saatiin suunnitelma ohjaamoiden varusteluprosessista, joka käytännön tasolla onnistuessaan mahdollistaisi ohjaamovarustelulle asetettujen tavoitteiden saavuttamisen. Suunnitelmassa on mallinnettuna nelipaikkaisen ohjaamolinjaston toimintaperiaate sekä prosessin tarvitsemia resursseja ja muita oheistoimintoja, kuten esivarusteluita, materiaalivirtauksia ja puskurivarastoja. Normet Oy voi hyödyntää työtä sellaiseenaan tai osia siitä ohjaamovarustelun sekä tarvittaessa muidenkin esikokoonpanojen kehittämisessä.</p>	
Avainsanat ohjaamovarustelu, prosessiajattelu, lean, virtaustehokkuus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Pauli Erholtz	
Title of Thesis Development of the Cabin's Pre-Assembly Process	
Date December 5, 2021	Pages/Appendices 36
Client Organisation /Partners Normet Oy	
<p>Abstract</p> <p>The subject of the thesis was the development of the cabin's pre-assembly process in the production of Normet Oy. The aim was to make the pre-assembly process smoother, more efficient, and more transparent, which would help to achieve the growth targets set for production. This would also allow the introduction of various visual control tools. The concrete goal of the work was to design the target state of the cabin's pre-assembly process.</p> <p>The thesis was based on the author's second specialization project, which was a research project on the suitability of cabin models for line production. In the project the work phases and working hours in the assembly of the cabin models selected for the research were examined. In addition, of all the cabin models selected for the study, appropriate work phases for pre-assembly were determined. The theoretical framework of the thesis was based on process- and Lean thinking, which were used to identify things affecting the design of a functioning and effective process.</p> <p>The result of the work was a plan for the assembly process of the cabins, which, if successful on a practical level, would enable achieving the objectives set to cabin pre-assembly. The operating principle of the four-station cabin-production line as well as the resources and other ancillary functions required by the process, such as pre-assemblies, material flows and buffer storages, have been modeled in the plan. Normet Oy can utilize the work as such or part of it in the development work of cabin pre-assembly process and if necessary, also in other pre-assemblies.</p>	
<p>Keywords cabin's pre-assembly, process thinking, lean, flow efficiency</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	NORMET OY.....	7
3	PROSESSIAJATTELU	8
3.1	Prosessin rajat	9
3.2	Virtaus	9
3.2.1	Resurssitehokkuus	9
3.2.2	Virtaustehokkuus	10
3.2.3	Resurssi- ja virtaustehokkuus prosesseissa	10
3.3	Vaihtelu.....	12
3.4	Virtaustehokkuuden parantaminen ja prosessin sujuvoittaminen	12
4	LEAN	13
4.1	Lean ajattelu	13
4.2	Just in time - JIT.....	13
4.3	Imuohjaus.....	13
4.4	Työntöohjaus.....	14
4.5	Kanban	14
4.6	Heijunka.....	15
4.6.1	Muda.....	16
4.6.2	Muri	16
4.6.3	Mura	16
5	TYÖN TOTEUTUS JA LÄHTÖKOHDAT	17
5.1	Opinnäytetyön toteutus ja aikataulu	17
5.2	Normetin tuotanto	18
5.3	Esikokoonpano	18
5.4	Ohjaamovarustelu.....	19
5.5	Ohjaamomallit	21
5.5.1	Etuohjaamot	21
5.5.2	Keskiohjaamot	23
6	VARUSTELUPROSESSIN TAVOITETILA	26
6.1	Varusteluprosessi	26
6.2	Layout.....	30

6.3	Materiaalivirtaus	32
7	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET	36

KUVALUETTELO

KUVA 1.	Prosessi on sarja toimenpiteitä ja resurssit (Laamanen 2004)	8
KUVA 2.	Työntö- ja imuohjaus (Logistiikan maailma 2021).....	14
KUVA 3.	SF avo-ohjaamorunko (Erholtz 2019-12-18.).....	22
KUVA 4.	NCab etuohjaamorunko (Erholtz 2021-10-27.)	23
KUVA 5.	Spraymec 5100/8100 ohjaamorunko (Erholtz 2021-10-27.)	24
Kuva 6.	Charmec MC/LC avo-ohjaamorunko (Erholtz 2021-10-28.).....	25
KUVA 7.	Taulukko työvaiheiden vuorottaisesta etenemisestä (Erholtz 2021-09-19.).....	30

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on Normet Oy:n ohjaamovarusteluprosessin kehittäminen. Normetin tuotannon esikokoonpanossa varustellaan erilaisia ohjaamomalleja sekä tuotantolinjaston että paikkakokoonpanon tarpeisiin. Ohjaamovarusteluprosessiin tarvitaan lisää sujuvuutta, ohjattavuutta, tulkittavuutta ja muita vastaavia ominaisuuksia, jotta olemassa olevat resurssit voitaisiin hyödyntää tehokkaammin ja sisäistä toimitusvarmuutta saataisiin entistä paremmalle tasolle. Tulevaisuudessa siintävä volyymin noston tarve nykyiseltä tasolta 400 ohjaamon vuositasolle vaatii toimintojen kehittämistä, jotta nykyinen kapasiteetti saataisiin hyödynnettyä tehokkaasti ja tarvittava kapasiteetin lisäys voitaisiin määrittää tarkasti. Toimintojen vakiointi ja selkeämpi tulkittavuus mahdollistaisivat jatkossa myös varusteluprosessin paremman skaalattavuuden volyyminvaihteluiden mukana.

Normetin kokoonpanolinjaksi ja paikkakokoonpanoksi hajautettu tuotanto aiheuttaa lyhyen aikavälin kuorman vaihtelua etenkin paikkakokoonpanossa, mikä tuo omat haasteensa työkuorman tasaiseen jakautumiseen sekä resurssien hallintaan tuotannon esikokoonpanossa. Lähestymiskulmana kasvutavoitteita mahdollistavalle kehitystyölle nähtiin ohjaamoiden varusteluprosessin tavoitetilan suunnittelu.

Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä prosessiajatteluun sekä lean-periaatteisiin ja -työkaluihin. Pyrkimyksenä on tunnistaa tekijöitä, jotka auttaisivat tehokkaamman ja virtaavamman varusteluprosessin synnyttämisessä. Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä varusteluprosessin tavoitetilasta suunnitelma, joka auttaisi saavuttamaan ohjaamovarustelun volyymikasvulle asetettuja tavoitteita. Jos opinnäytetyössä löydetään hyviä menetelmiä ohjaamovarustelun kehittämiseksi, vastaavia toimia pyritään soveltamaan jatkossa muihinkin esikokoonpanoihin. Kaikilla kehitystyöillä pyritään saavuttamaan kasvun mahdollistamisen lisäksi laadullisia vaikutuksia, entistä standardoitumpaa toimintatapaa ja tuottavuuden kasvua. Näiden avulla myös työkuormien tasaisuus, töiden sujuva eteneminen, työturvallisuus ja työhyvinvointi kehittyisivät ajan mittaan aina vain parempaan suuntaan.

2 NORMET OY

Työn tilaajana toimii Normet Oy. Normet on globaali teknologia-alan yritys, joka tarjoaa maanalaisen rakentamisen prosesseihin tarvittavia ratkaisuja ja palveluita. Yli 50 vuotta alalla toiminut Normet työllistää maailmanlaajuisesti yli 1 400 työntekijää. (Normet 2021.) Vuonna 2019 koko konsernin liikevaihto oli 340,9 miljoonaa euroa ja liikevaihdon kasvua edelliseen vuoteen nähden oli 8,4 %. Tilikauden tulos oli 22,3 miljoonaa euroa ja liikevoitto 9,3 %. (Taloussanomat 2021.)

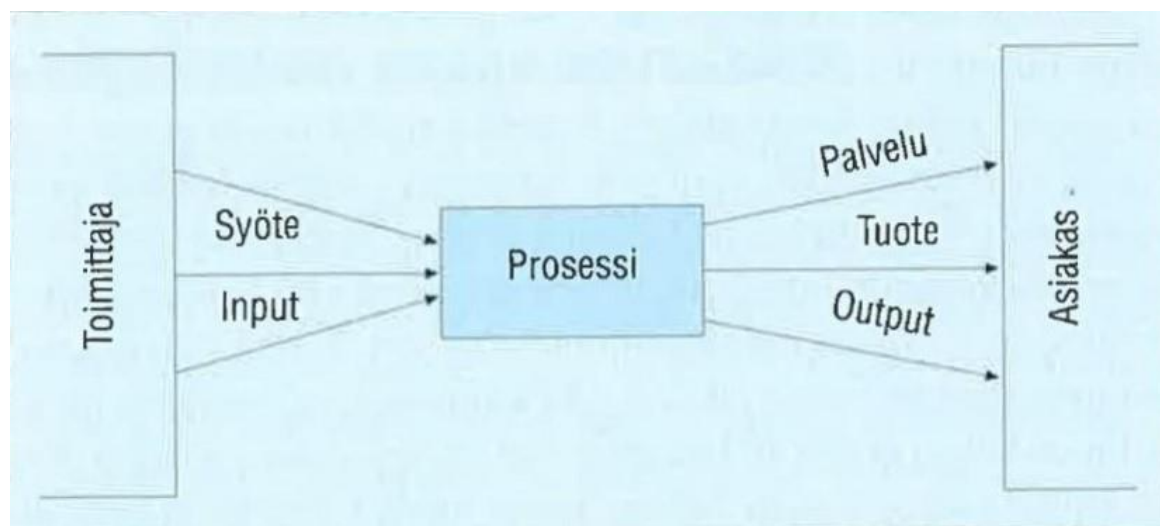
Yrityksen pääomistaja ja hallituksen puheenjohtaja on Aaro Cantell ja toimitusjohtaja on Ed Santamaria. Normetin osaamisen keskiössä on kaivos- ja tunneliajoneuvojen valmistaminen. Laittevalmistuksen päätoimipiste on Iisalmen tehtaalla ja Normet on toimittanut historiansa aikana jo yli 13 000 työkonetta kaivos- ja tunnelityömaille ympäri maailman. Laittevalikoima koostuu betonin ruiskutus- ja kuljetuskalustosta, räjähdysaineiden panostuslaitteista, rusnauslaitteista sekä logistiikka, nosto- ja asennuslaitteistoista. (Normet 2021.)

3 PROSESSIAJATTELU

Japanilaiseen laatufilosofiaan jo vuosikymmenien ajan keskeisesti kuulunut prosessiajattelu on levinnyt voimakkaasti myös länsimaiseen tuotannolliseen toimintaan. Yrityksissä on ymmärretty prosessien mallintamisen ja uudistamisen merkitys tuloksen kehityskainona jo pitkän aikaa. Esimerkiksi systeeminen ajattelu, päämääräsuuntautuneisuus, keskittyminen lisäarvoa tuottavaan toimintaan ja asiakaskeskeisyys ovat keskeisiä ominaisuuksia prosessiajattelussa. Jotta toiminnan tuloksellisuutta voidaan kehittää, täytyy ymmärtää olemassa oleva tuloksellisuuden taso sekä sen arvoa lisäävät ja heikentävät tekijät. Prosesseihin liittyvät suoritusmittarit auttavat toiminnan tuloksellisuuden systemaattisessa seuraamisessa ja arvioinnissa. (Martinsuo ja Blomqvist 2010, 3.)

Prosessiajattelun merkitys on voimistunut tuotannollisessa toiminnassa laatujohtamisen kehittymisen myötä. Yhden tehtävän tai toiminnon tarkastelemisen sijaan laatujohtamisessa pyritään kehittämään koko toimintoketjun laatua. Prosessien tarkastelu on tehty laatujohtamisessa yleensä kuitenkin aika suppeasti, kun taas prosessijohtamisessa kyse on koko yrityksen toimintatavan laajamittaisesta tarkastelusta. (Hannus 1993, 41.)

Prosessiajattelun ideologia on varsin yksinkertainen. Kun tiedetään asiakkaan tarve, voidaan miettiä millainen tuote tai palvelu (output) tarvitaan. Tämän jälkeen suunnitellaan, millaisilla toimenpiteillä ja resursseilla tarvittava tuote tai palvelu voidaan tuottaa sekä millaisia syötteitä, eli materiaaleja, tietoja ja muita vastaavia ominaisuuksia toteutukseen tarvitaan ja mistä ne hankitaan. Toisin sanoen suunnitellaan tarvittava prosessi. Kuvassa 1 on nähtävissä prosessin idea yksinkertaistettuna. (Laamanen 2004, 21.)



KUVA 1. Prosessi on sarja toimenpiteitä ja resurssit (Laamanen 2004, 20)

Prosessi on oltava myös mitattavissa ja suorituskyvyn mittaaminen on tärkeää jatkuvan kehittämisen kannalta sekä toimii myös hyvänä lähtökohtana kehitystyön alkuvaiheessa. Oikeiden mittareiden valintaan kannattaa nähdä vaivaa, että saatu tieto palvelee tarkoitusta oikealla tavalla. Prosessien tuotoksien tai syötteiden mittaaminen palvelee jonkin aikaa, mutta reaaliaikaisempaa dataa varten täytyy prosessia mitata kokonaisvaltaisemmin. Hyvässä prosessin seurantarjestelmässä on huomioitu

syötteiden ja tuotoksien lisäksi itse prosessin toimivuus tavoitteisiin suhteutettuna. (Martinsuo ja Blomqvist 2010, 15–16.)

3.1 Prosessin rajat

Prosessin tarkastelua, arviointia, suunnittelua tai kehittämistä ajatellen on tärkeä tuntee prosessi kokonaisuutena. Täytyy tiedostaa prosessiin liittyvät tekijät, kuten esimerkiksi tuotteet, syötteet ja asiakkaat. Lisäksi pitää pystyä määrittämään, mistä prosessi alkaa ja mihin se päättyy.

Prosesseja kannattaa tarkastella asiakaskeskeisesti. Käytännössä prosessien tulee alkaa asiakkaasta ja myös päättyä asiakkaaseen, eli prosessin ensimmäisen ja viimeisen vaiheen tekee asiakas. Jatkuvan parantamisen periaatteen edistämiseksi rajaukseen olisi pyrittävä huomioimaan, että prosessi alkaa jollakin tavalla suunnittelusta ja päättyy arviointiin. (Laamanen 2004, 52–53.)

3.2 Virtaus

Virtaus tarkoittaa yksinkertaistettuna sitä, että asiakkaan tekemästä tilauksesta käynnistyy prosessi, jossa tilauksen vaatimat raaka-aineet etenevät tarvittavien keräilyjen ja välivaiheiden kautta ilman minkäänlaisia viiveitä tehtaalle, missä tilaus kootaan välittömästi valmiiksi. Tämän jälkeen tilaus toimitetaan välittömästi valmiina asiakkaalle. Koko prosessiin kuluva ajan pitäisi olla muutamista tunteista muutamiin päiviin, viikkojen tai jopa kuukausien sijaan. (Liker 2010, 90.)

Tällainen yksiosainen virtaus ei ole kuitenkaan realistista kokonaisissa tuotantojärjestelmissä, mutta toimii hyvänä suunnannäyttäjänä kehitystyössä. Yksiosaista virtausta kannattaa hyödyntää siellä missä se on mahdollista ja järkevästi mitoitettut puskurivarastot oikeissa paikoissa voivat mahdollistaa jopa paremman kokoanisvirtauksen. Tärkeää on kuitenkin panostaa jatkuvaan kehittämiseen ja parempaan virtaukseen. (Liker 2010, 90.)

3.2.1 Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuus tarkoittaa nimensä mukaisesti olemassa olevien resurssien mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Resurssien tehokasta hyödyntämistä on käytetty pitkään ja käytetään vielä nykyäänkin tehokkuustarkastelussa luontaisena lähtökohtana. Resurssitehokkuuden parantaminen on ollut jo yli 200 vuoden ajan teollisuuden kehittämisen perusta. Kehittämisen peruseriaatteisiin on kuulunut, että prosessi jaetaan pieniin osa-alueisiin, joiden toteutus jaetaan eri organisaatioiden, ihmisten tai toimintojen hoidettavaksi. Tehostusta resurssien hyödyntämiselle on saatu yhdistämällä sopivia tehtäviä eri toimielimien hoidettavaksi ja siten on mahdollistettu niiden tekemän toistuvasti samanlaisia tehtäviä. Tehostustoiminnoilla on useimmiten suuri vaikutus tuotteiden yksikkökustannuksiin. (Modig ja Åhlström 2016, 9.)

Resurssitehokkuuden mittauksessa verrataan resurssin hyödyntämisen suhdetta käytettyyn ajanjaksoon, esimerkiksi kuinka monta tuntia jokin laite on käytössä vuorokauden tai työvuoron aikana. Yksittäisten laitteiden tai henkilöiden lisäksi voidaan mitata myös erilaisten resurssien yhdistelmien, kuten osastoiden tai organisaatioiden resurssitehokkuutta. Tällaiset ylemmän tason tarkastelut osoittavat miten hyvin organisaatio kykenee hyödyntämään olemassa olevia resurssejaan ja minkä verran resursseista seisoo käyttämättömänä. Taloudellisesta näkökulmasta resurssien tehokas hyötykäyttö

on järkevää vaihtoehtokustannusten takia. Jos rahoja käytetään johonkin, halutaan investoinnille luonnollisesti vastinetta. Jos investoitua resurssia ei käytetä maksimaalisesti, syntyy vaihtoehtokustannusta, eli tappiota. Toisin sanoen osan uhratusta rahasta olisi voinut käyttää johonkin vaihtoehtoiseen kohteeseen, jossa investoinnista saatu hyöty olisi ollut parempi. (Modig ja Åhlström 2016, 10–11.)

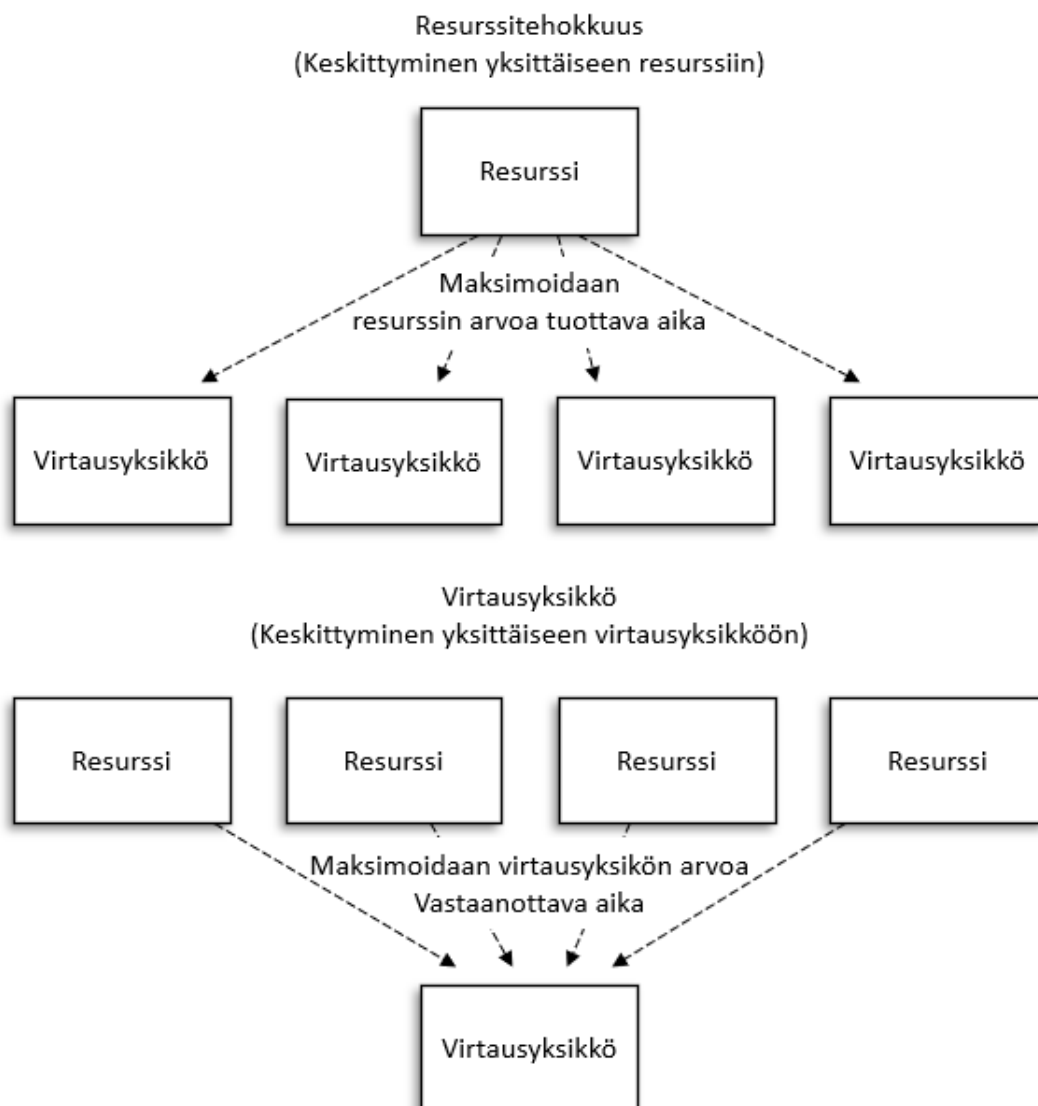
3.2.2 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuudessa keskitytään resurssien tehokkaan hyödyntämisen sijaan jalostettavaan yksikköön. Käsitteenä virtaustehokkuutta voidaan soveltaa niin teollisuudessa kuin palvelualoillakin. Kyse on aina virtausyksiköstä, joka nimensä mukaisesti virtaa prosessin läpi. Teollisuudessa yksikkönä on jalostuksen kohteena oleva tuote ja palvelualoilla yksikkönä on yleensä asiakas, jonka tarpeisiin kohdistetaan toimenpiteitä, kuten esimerkiksi terveydenhoitopalveluita tarvitseva potilas tai informaatiota sisältävä lupahakemuskaavake. Alasta riippumatta yhteistä näillä kaikilla yksiköillä on se, että niihin kohdistuu prosessin aikana jonkinlaista arvoa lisäävää toimintaa. (Modig ja Åhlström 2016, 13–14.)

Virtaustehokkuus mittaa, kuinka paljon virtausyksikköön kohdistuu jalostavaa toimintaa valitulla ajanjaksolla. Tarpeen tunnistaminen aloittaa ajanjakson ja tarpeen tyydyttyä ajanjakso päättyy. Kaikki prosessin aikaiset virtausyksikköön kohdistuvat odotusajat, kuten esimerkiksi odotusaika lääkärin vastaanotolla heikentävät virtaustehokkuutta. Kaikki tarkastelu virtaustehokkuudessa tehdään virtausyksikön näkökulmasta, eli silloin kun siihen kohdistuu arvoa lisäävää toimintaa. Organisaatotasolla tarkastellessa virtaustehokkuus kertoo, miten tehokkaasti organisaatio kykenee tuottamaan arvoa virtausyksiköilleen. Virtaustehokkuus voidaan laskea prosentuaalisesti jakamalla prosessin aikana virtausyksikköön jalostusarvoa lisännyt aika prosessin kokonaisajalla. (Modig ja Åhlström 2016, 13–15.)

3.2.3 Resurssi- ja virtaustehokkuus prosesseissa

Prosessissa ”liikkuvaan” materiaalista, ihmisistä tai informaatiosta koostuvaan virtausyksikköön kohdistuu arvonsiirtoa, jossa resurssit ovat antavana ja virtausyksikkö saavana osapuolena. Resurssien näkökulmasta katsottuna resurssien olisi pystyttävä antamaan mahdollisimman paljon arvoa mille tahansa virtausyksikölle silloin, kun resurssien on mahdollista olla käytössä. Virtausyksikön näkökulmasta taas katsottuna yksikön olisi saatava mahdollisimman paljon arvoa koko sen ajan, kun prosessi on käynnissä, eli aina olisi joku resurssi, joka jalostaisi yksikköä. (Modig ja Åhlström 2016, 19–21.) Kuvio 2 havainnollistaa selkeästi eron resurssi- ja virtaustehokkuuden välillä.



KUVIO 1. Resurssi- ja virtaustehokkuuden eroavaisuudet (Modig ja Åhlström 2016, 21)

Prosessille on asettava rajat, eli on määritettävä mistä prosessi alkaa ja mihin se päättyy, koska silloin voidaan mitata myös virtaustehokkuuden laskemisessa tarvittavaa virtausyksikön läpimenoaika. Läpimenoaika on aika, joka virtausyksiköltä kuluu määritetyn prosessin alusta loppuun. Virtausyksikköön kohdistuu prosessin aikana toimintoja, joiden pitäisi olla suoraan riippuvaisia asiakkaan asettamasta tarpeesta. Kaikki virtausyksikköön kohdistuva toiminta, joka tuottaa asiakkaan tarpeen mukaista arvoa lasketaan virtaustehokkuuteen ja kaikki muu toiminta on arvoa lisäämätöntä, eli hukkaa. (Modig ja Åhlström 2016, 22–24.)

Ihannetilanteessa organisaatio pystyisi saavuttamaan täydellisen resurssi- ja virtaustehokkuuden, mutta todellisuudessa tuloksena on aina jonkinlainen kompromissi näiden välillä. Suurimpana syynä ihannetilanteen saavuttamattomuuteen on kysynnän ja tarjonnan vaihtelu. Asiakkaiden nykyiset ja tulevat tarpeet pitäisi olla täydellisesti tiedossa ja kaikkien resurssien pitäisi olla jatkuvasti sataprosenttisesti hyödynnettävissä. (Modig ja Åhlström 2016, 102–103.)

3.3 Vaihtelu

Prosesseihin sisältyy aina vaihtelua. Erilaisia syitä voi olla loputtomasti, mutta ne voidaan luokitella kolmeen pääkategoriaan, jotka ovat resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. Resurssissa vaihtelua aiheuttavat esimerkiksi vikaantuvat koneet, erilaiset työskentelymenetelmät, kulloinenkin motivaation taso sekä rutinoituneiden ja uusien työntekijöiden työskentelytehojen eroavaisuudet. Virtausyksiköiden kohdalla vaihtelua aiheutuu asiakastarpeiden eroavaisuuksista, väärin täytetyistä hankemuksista, korjaamoasiakkaiden erilaisista vioista ja ongelmista sekä muista vastaavista yksilöllisistä eroista. Ulkoisia vaihtelua aiheuttavia tekijöitä voi olla esimerkiksi kausiluonteiset tuotteet tai palvelut, asiakaskysynnän luontainen epätasaisuus tai yllättävä asiakasryntäys. (Modig ja Åhlström 2016, 40.)

Tekijästä huolimatta vaihtelua esiintyy joko virtausyksiköiden läpimenoajoissa tai prosessiin saapumisajoissa. Vaihtelun syntyminen on useimmiten monen asian summa, joten sitä on vaikea saada kokonaan pois. Jos prosessi koostuu useammasta vaiheesta aiheuttaa vaiheiden käsittelyaikojen vaihtelut myös vaihtelua muiden vaiheiden aloitusaikoihin, joka taas heijastaa helposti vaikutteita eteenpäin ketjureaktion tavoin. Vaihtelusta eroon pääseminen on erityisen hankalaa etenkin silloin, kun sitä aiheuttavat ihmiset, joko resurssina tai virtausyksikköinä. Ihmisten käsittelyä tai toimintaa on hankalampi vakioida samalla tavalla, kuin materiaalin tai informaation. (Modig ja Åhlström 2016, 41–42.)

3.4 Virtaustehokkuuden parantaminen ja prosessin sujuvoittaminen

Koska virtaustehokkuus pääsääntöisesti heikkenee keskeneräisten virtausyksiköiden määrän kasvaessa, kun taas hyvän resurssitehokkuuden edellytyksenä on suuri keskeneräisten virtausyksiköiden määrä, on molempien sekä hyvän virtaus- että resurssitehokkuuden saavuttaminen käytännössä mahdotonta. Virtaustehokkuuden ja asiakasarvon parantamiseksi kannattaa keskittyä seuraavien asioiden kehittämiseen. Keskeneräisten virtausyksiköiden määrän vähentäminen keskittymällä karsimaan jonojen syntyminen syitä, jaksoaikojen lyhentäminen työskentelemällä nopeammin, jaksoaikojen lyhentäminen kapasiteettiä lisäämällä sekä pyrkiä poistamaan tai vähentämään prosessin vaihtelun eri muotoja. Toteuttamisessa hankaloittaa se, että usein organisaatioissa keskitytään resurssitehokkuuden ylläpitämiseen ja parantamiseen, jonka seurauksena virtaustehokkuus yleensä kärsii. (Modig ja Åhlström 2016, 45.)

Torkkola (2018, 124) listaa seuraavia lean -keinoja prosessin sujuvoittamiseksi. Eliminoidaan työvaiheita ja tehtävien siirtoa henkilöltä toiselle, eliminoidaan turhat hyväksynnät, yhdistellään työvaiheita, muutetaan tehtävien järjestystä, rytmitetään ja ajoitetaan, toteutetaan imuohjaus ja pienennetään eräkokoja. Lisäksi parannetaan laatua, visualisoidaan tilannekuva, eliminoidaan turha liike ja siirtäminen, vakioidaan, lopetetaan arvoa tuottamattomien tehtävien tekeminen, perustetaan eri funktioista osa-aikaisia työsoluja, tasoitetaan työkuorma kysynnän tahdin avulla, käytetään suoritusjärjestyksenä fifoa (first-in-first-out). (Torkkola 2018, 124.)

4 LEAN

Nykyaikana lean on arkipäivää monissa eri toiminnoissa ja monella eri toimialalla. Sen sovellettavuudelle ei ole käytännössä rajoitteita. Lean ajattelu on lähtenyt alun perin kehittymään Japanilaisen Toyota autotehtaan aikojen saatossa hautuneesta tuotantofilosofiasta.

Leanissa on tavoitteena tuottaa maksimaalista arvoa asiakkaalle, maksimaalisella resurssitehokkuudella. Resurssit pyritään siis hyödyntämään arvoa lisäävään työhön, eli siihen työhön, josta asiakas maksaa joko suorasti tai epäsuorasti. Työn tuottavuus kärsii silloin, kun tehdään arvoa lisäämätöntä työtä. (Six Sigma 2000a.)

4.1 Lean ajattelu

Lean ajattelussa pyrkimyksenä on löytää prosesseista hukkaa, jota on mahdollista poistaa virtauksen maksimoimiseksi. Hukkatyötä poistamalla on mahdollista lyhentää läpimenoaikaa ja sitä kautta parantaa työn tuottavuutta. Lean pitää sisällään paljon erilaisia teorioita, työkaluja ja menetelmiä, joiden avulla prosesseista on löydettävissä ongelmakohtia ja jotka auttavat niiden ratkaisemisessa.

Kaikkien lean-työkalujen soveltamiseen tarvitaan kuitenkin ihmisten prosessituntemusta ja kykyä soveltaa leania oikein. Leanissa kyse ei ole kavalkadista valmiita menetelmiä, joiden käyttöönotolla prosessista saadaan automaattisesti tehokkaampi. Tärkeämpää olisi omaksua lean-ajattelutapa ja saada luotua jatkuvan parantamisen kulttuuri. (Six Sigma 2000b.)

4.2 Just in time - JIT

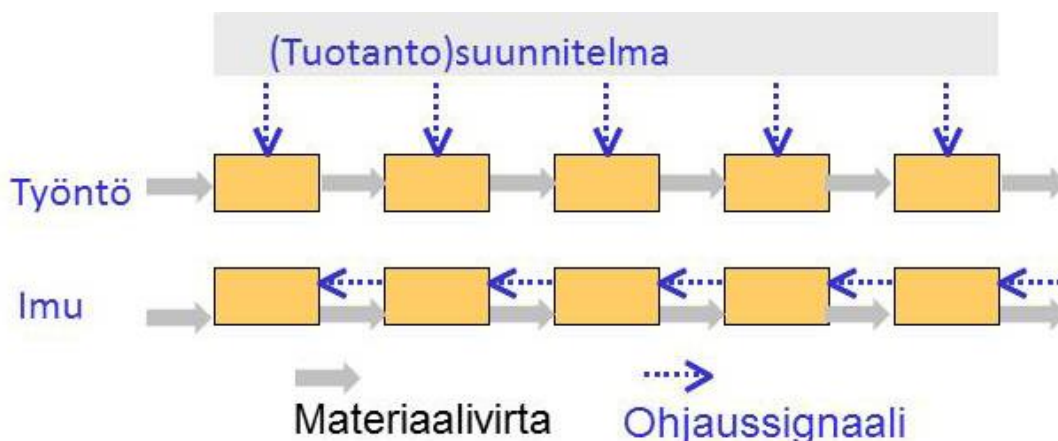
Just-in-time on yksi Toyotan tuotantojärjestelmän peruseriaatteista. Nimensä mukaisesti siinä pyritään järjestelemään toiminnot juuri oikea aikaisiksi ja juuri oikeaan tarpeeseen. Asiakaskysyntä toimii ohjaavana tekijänä eri toiminnoille.

Yksinkertaistettuna materiaaleja valmistetaan ja siirretään vain oikean asiakastarpeen mukaan. Käytännössä JIT onkin määritettävissä jokseenkin samoin, kuin imuohjaus. Laajennettuna JIT ajattelussa tavoitellaan nollavarastoja, parasta mahdollista virtaustehokkuutta, läpimenoaikaa, laatua ja kaiken hukan poistamista. (Logistiikan maailma 2021.)

4.3 Imuohjaus

Imuohjaus on tuotannon ohjausmenetelmä, joka auttaa tasaisen ja kysyntään perustuvan tarkoituksenmukaisen materiaalivirtauksen kehittämisessä. Imuohjauksessa ohjaussignaalia ei oteta ennalta laaditusta suunnitelmasta, vaan signaali tulee seuraavaan työvaiheeseen syntyneestä oikeasta tarpeesta. (Logistiikan maailma 2021.) Yksinkertaistaisin asian vertauksella, että kun ketjun lohkoista siirretään materiaalia eteenpäin jää jäljelle eräänlainen tyhjiö tai tarve, joka imee edellisestä ketjun lohkoista korvaavaa materiaalia tilalle. Tämä imu toimii siis ohjaussignaalina työvaiheen käynnistymiselle. Vastaava imu syö ketjureaktiona kaikkia lohkon ketjuja aina prosessin lopusta alkuun saakka. Kuvassa 2 näkyy imuohjauksen eroavaisuus työntöohjaukseen nähden. Molemmissa ohjausmenetelmissä materiaalivirta liikkuu samaan suuntaan ja työvaiheet ovat samansuuruiset, mutta työntöohjauksessa ohjaussignaali tulee kaikkiin työvaiheisiin ennalta laaditusta tuotantosuunnitelmasta ja suunnitelma täytetään todellisesta tarpeesta huolimatta. Imuohjauksessa työvaihe käynnistyy, kun

seuraava vaihe antaa signaalin syntyneestä tarpeesta. Todellinen tarve työvaiheen suorittamiselle on siis olemassa.



KUVA 2. Työntö- ja imuohjaus (Logistiikan maailma 2021)

Imuohjauksessa on pyrkimyksenä minimoida varastoja, koska ne piilottavat prosessin ongelmia ja aiheuttavat kustannuksia. Ideaalitulanteessa varastoa ei pitäisi tarvita ollenkaan ja tuotteet voitaisiin valmistaa hetkessä asiakastarpeen mukaisesti. Koska tällainen toiminta ei ole realistisesti mahdollista, imuohjauksessa tavoitellaan hallittua sekä rajoitettua varastojen ja keskeneräisen tuotannon määrää. (Logistiikan maailma 2021.) Itse ymmärrän tämän siten, että osa tuotantoketjun lohkoista on mahdollista ja jopa järkevää järjestää esimerkiksi muutaman valmiin kappaleen puskurivarastoksi ja varaston kulutusta voidaan käyttää imuna edellisen työvaiheen käynnistämiseksi. Tällä tavalla voidaan välttää viivettä, koska virtaus toimii harvoin ilman minkäänlaisia katkoksia. Samaa menetelmää voi pyrkiä hyödyntämään, jos jossakin työvaiheessa on esimerkiksi todella paljon hajontaa työaikojen pituuksissa ja tahtiajan synkronointi muiden työvaiheiden kanssa on turhan haastavaa.

4.4 Työntöohjaus

Työntöohjaus on ohjausmenetelmä, jossa prosessin eri toiminnot perustuvat ennalta laadittuun suunnitelmaan suoranaiseen asiakastarpeeseen perustuvan ohjauksen sijasta. Varaston ja keskeneräisen tuotannon määrälle ei yleensä ole määritetty ylärajaa. Karkeasti ajateltuna tuotantomäärien ei tarvitse perustua oletettuun myyntiin tai kysyntään, vaan valmistuserän suuruus päätetään ennakkoon, joka sitten tuotannosta valmistuessaan nimensä mukaisesti ikään kuin työnnetään asiakkaille tarjolle.

Käytännössä molempia sekä imu- että työntöohjausta yhdistellään prosessin kokonaisuuden tarvitsemalla tavalla. Tavoitteena on saavuttaa olosuhteisiin nähden mahdollisimman sujuva materiaalivirtaus. Jos materiaalitovelaskennan perusteena on asiakastilaukset, on asiakastarve jossakin määrin silloin työntöohjauksessakin mukana. (Logistiikan maailma 2012.)

4.5 Kanban

Kanban on menetelmä, jolla pyritään hallitsemaan materiaalien kulkua sekä keskeneräisen työn määrää prosesseissa. Idea kanbanin tuotantoon soveltamiseen on tullut supermarkettien hyllytysjärjestelmästä. Kauppojen hyllyssä on jokaiselle tuotteelle omat tilansa, joista asiakkaat voivat hakea

tarvitsemansa tuotteet haluamallaan hetkellä. Tyhjät hyllypaikat toimivat visuaalisena hyllytysprosessin toimeenpanosignaalina. Japaninkielinen kanban sana tarkoittaa korttia ja nimensä mukaisestikin kortit ovat keskeisessä roolissa, kun kanbania käytetään apuna imuohjauksen ja materiaalivirtojen visualisoinnissa. Kanban korttien avulla voidaan ilmaista prosessin eri osille työvuoron aikana toteutettavia tehtäviä ja samalla rajoittaa, kuinka monta eri tehtävää saa olla yhtä aikaa keskeneräisenä prosessissa. Korttien määrää optimoidaan kysynnän ja kulloisenkin todellisen tuotannon kapasiteetin mukaisesti. Kapasiteetin on oltava aina suurempi kuin kysynnän, koska muutoin prosessi ruuhkautuu ylisuuren kysynnän vuoksi. Hallittu tuotantojono hieman aikataulua jäljessäkin on parempi vaihtoehto kuin ylikuormitettu tuotanto. Oikeanlainen kanbanin käyttö auttaa paljastamaan prosesseista heikkouksia, joihin voi etsiä korjaavia toimenpiteitä. (Torkkola 2018, 63–64.)

Yleisesti kanbania sovelletaan prosessin toimintojen aloittamiseen tai varastojen täydentämiseen kehottavana signaalina. Signaali voi olla esimerkiksi toimintojen välissä olevan välivaraston käyttö, joka on sovittu käynnistämään edellinen työvaihe varaston täydentämiseksi tai tyhjä laatikko, joka pyytää täyttämään tietyllä määrällä hyödykkeitä. Taiichi Ohno käytti kanbaniksi kutsuttuja yksinkertaisia signaaleja, kuten kortteja, tyhjiä kärryjä ja tyhjiä laatikoita, kun hän tarvitsi Toyotan tuotantolinjalle keinon ilmoittaa materiaalitarpeesta tuotantolinjan käytettyä kaikki osat. (Liker 2010, 106–107.)

4.6 Heijunka

Heijunka tarkoittaa tuotannon tasapainottamista työmäärän vakioimisella. Jotta imuohjausta voidaan soveltaa, ei tuotannossa kärsi olla suurta vaihtelua. Tämän takia tuotantotaso pitäisi saada pysymään tasaisena päivästä ja kuukaudesta toiseen. Jos tuotteita valmistetaan ”sokeasti” asiakastilauksen mukaisesti voi toisella viikolla olla reilusti ylikuormaa ja sen aiheuttamaa ylityötä, kun taas toisella viikolla tekemistä ei riitä kaikille. Tällainen toimintamalli aiheuttaa hankalan ennakoitavuuden takia muitakin ongelmia tuotantoon, kuten esimerkiksi kasvattaa varastoja, piilottaa ongelmia, vaikuttaa heikentävästi laatuun ja pitkässä juoksussa kaoottinen tilanne todennäköisesti vain pahenee ja sen seurauksena läpimenoajatkin kasvavat. (Liker 2010, 113.)

Koska todellisen asiakaskysynnän imussa tekeminen voi aiheuttaa rajujakin heilahduksia kuormituksessa, tuotannon tuotevalikoimaa ja volyymia pyritään tasoittamaan. Käytännössä otetaan jonkin ajanjakson kaikki tilaukset ja tasapainotetaan ne siten, että työtä tehdään jokaisena päivänä sama määrä ja samanlainen tuotevalikoima. Tällaisella toimintatavalla prosesseista on mahdollista saada ”pakotettua” ongelmia esille ja korjattavaksi sekä toiminnoista tasaisempia, sujuvampia ja paremmin ennakoitavia. Tämän seurauksena esimerkiksi varastojen mitoittaminen on helpompaa, työkuorman vaihtelu ei kuluta turhaan henkilöstöä ja laitteistoa ja lisäksi edeltäviin prosesseihin ja alihankintoihin saadaan mahdollistettua tasaisempi virtaus. (Liker 2010, 116–119.)

Lean toiminnassa on usein päämääränä poistaa prosesseista hukkaa. Pelkän hukan tunnistamisen ja poistamisen sijaan olisi tärkeää saada luotua harmoninen ja tasapainoinen virtaus, jossa kuormituspiikit eivät pääse aiheuttamaan ylimääräisiä sekaannuksia. Hukan poistamisen lisäksi pitäisi keskittyä poistamaan myös epätasaisuutta sekä ihmisten tai laitteiden ylikuormitusta, josta heijunkassa on

juuri pitkälti kyse. Lean termistössä puhutaan mudan, murin ja muran poistamisesta. (Liker 2010, 114–115.)

4.6.1 Muda

Muda tarkoittaa lisäarvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa. Lisäarvoa tuottamaton työ on yksittäisiä työvaiheita, jotka eivät tuo tuotteeseen mitään lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta. Jotkin lisäarvoa tuottamattomista työvaiheista voivat olla välttämättömiä työn suorittamiseksi, mutta pääsääntöisesti tällaisiinkin vaiheisiin käytettävä aika olisi pyrittävä minimoimaan.

Toyota on tunnistanut ja listannut valmistus- ja liiketoimintaprosesseista seitsemän hukan päätyyppiä, jotka ovat ylituotanto, odottelu, tarpeeton kuljettelu, ylikäsittely tai virheellinen käsittely, tarpeettomat varastot, tarpeeton liikkuminen sekä viat. Myöhemmin on tunnistettu myös kahdeksas hukkatyyppi, joka on työntekijän luovuuden käyttämättä jättäminen. Toyotalla ylituotantoa on pidetty näistä merkittävimpana, koska sen seurauksena syntyy suuri osa muistakin hukista. (Liker 2010, 28–29.)

4.6.2 Muri

Muri tarkoittaa ihmisten tai laitteiden ylikuormitusta. Jos laitteille tai ihmisille määritetty työkuorma ylittää luonnollisen rajan, siitä seuraa yleensä myös jotakin negatiivista. Laitteistoissa aiheutuu herkemmin vikoja tai katkoksia ja ihmisten ylikuormittaminen kasvattaa turvallisuus- ja laaturiskejä. (Liker 2010, 114.)

Itse näkisin asian myös siten, että ihmisillä on hyvinkin yksilöllistä, missä vaiheessa ylikuormittamista alkaa tapahtua. Joillakin raja voi tulla paljon myöhemmin vastaan ja sellainen voi sortua painostamaan myös ympärillä olevia venymään enemmän. Tällaiset tilanteet aiheuttavat helposti sekä fyysistä, että psyykkistä ylikuormitusta. Jos prosessin toimintojen tahtiajat ja työvaiheiden sisällöt on määritetty järkevästi ja niistä onnistutaan myös pitämään kiinni, on helpompaa määrittää työn vaativuus ja valita soveltuvimmat ihmiset tekemään sitä.

4.6.3 Mura

Mura tarkoittaa epätasaisuutta. Usein epätasaisuus on seuraamusta mudasta ja murista eli lisäarvoa tuottamattomasta työstä ja käytössä olevien resurssien ylikuormituksesta. Monesti tuotantomäärät ovat vaihtelevia perinteisissä tuotantojärjestelmissä, eli toisinaan työtä on enemmän, kuin on mahdollista tehdä ja toisinaan sitä ei ole riittävästi kaikille.

Epätasaisuus on seurausta systeemin sisältämästä vaihtelusta. Esimerkiksi laaditun tuotantoaikataulun epäsäännöllisyydestä tai sisäisten syiden, kuten vikojen, osapuutteiden tai laiterikkojen aiheuttamista tuotantomäärien heilahtelusta. Toisaalta hukka on usein seuraamusta tuotannon epätasaisuudesta. (Liker 2010, 114.)

5 TYÖN TOTEUTUS JA LÄHTÖKOHDAT

Työn tavoitteena oli suunnitella Normetin tuotannon esikokoonpanoon ohjaamovarusteluprosessille tavoitetila, joka mahdollistaisi ohjaamovarusteluun entistä tehokkaamman virtauksen, resurssien tehokkaamman hyödyntämisen sekä varautumisen valmistuksen volyymikasvuun. Työssä perehdyttiin prosessiajattelun perusteisiin sekä lean-perusfilosofioihin ja työkaluihin. Pyrkimyksenä oli tunnistaa tekijöitä, jotka auttaisivat tehokkaamman ja virtaavamman varusteluprosessin mallintamisessa

Työssä on hyödynnetty tekijän erikoistumisprojekti 2:ssa syntyneitä materiaalia. Erikoistumisprojektin aiheena oli ”Ohjaamomallien linjavalmistuskelpoisuuden selvitystyö”. Nykyiset kokoonpanotilat, apulaitteet ja muu olemassa oleva erikoisosaaminen on pyritty hyödyntämään suunnitelman lopputuloksissa.

5.1 Opinnäytetyön toteutus ja aikataulu

Varusteluprosessin tavoitetilan suunnittelussa on hyödynnetty teoreettisen viitekehyksen lisäksi toisessa erikoistumisprojektissa syntyneitä aineistoa sekä tekijän omaa empiiristä kokemusta, jota on kertynyt aikaisemman lähes kymmenen vuoden kokoonpanotyön ja nykyisen esikokoonpanon työjohtotyön aikana. Työhön sisältyy kirjallisen osion lisäksi havaintomateriaalia, johon on mallinnettu nelipaikkaiseen ohjaamolinjastoon liittyviä toimintaideoita, resurssien- ja materiaalien liikkeitä, esikokoonpanoja sekä muita tarvittavia toimintoja.

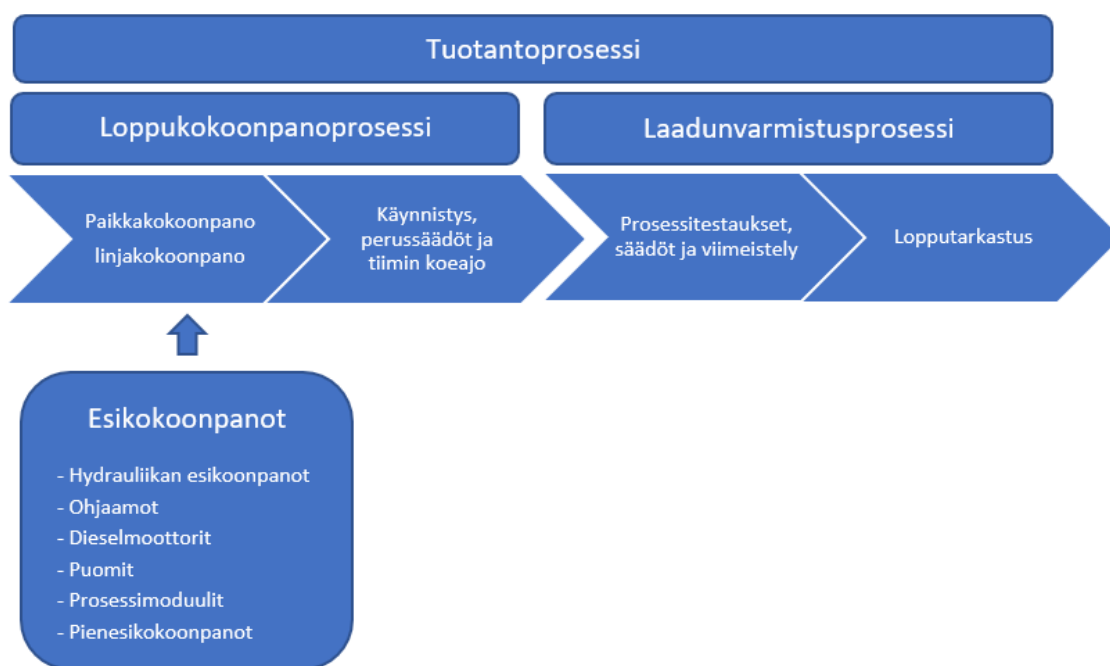
Kuviossa 2 näkyy opinnäytetyön aiheen muodostumiseen vaikuttavia vaiheita ja itse työn etenemisen aikataulu. Työn aiheen hahmottelemista aloitettiin vuoden 2020 alussa Normetin esikokoonpanojen uudistamishankkeen yhteydessä. Kehitystyötä haluttiin kohdistaa suurimpiin esikokoonpanoihin ja ensimmäinen keväällä 2020 tehty erikoistumisprojekti käsitteli puomikokoonpanon uudelleenjärjestelyä. Toisen erikoistumisprojektin aiheeksi muodostui ohjaamomallien linjavalmistuskelpoisuuden selvitystyö, joka toimi jo selkeämpänä pohjatyönä tulevalle opinnäytetyölle. Erikoistumisprojektin valmistumisen aikoihin rajattiin myös opinnäytetyön aihe käsittelemään ohjaamovarusteluprosessin kehitystyötä. Kevät 2021 käytettiin materiaalin kasaamiseen, jonka pohjalta kirjallisen tuotoksen oli määrä valmistua syksyllä 2021.



KUVIO 2. Opinnäytetyön aikataulu (Erholtz 2021-10-08.)

5.2 Normetin tuotanto

Normetin tuotanto on jaettu paikkakokoonpanoon ja linjakokoonpanoon. Paikkakokoonpanossa on tällä hetkellä 14 paikkakokoonpanotiimiä, joissa laitteiden kokoonpanot tekee alusta loppuun saakka sama kahdessa vuorossa työskentelevä tiimi. Paikkakokoonpanopisteillä tehdään lähes kaikkia Normetin tarjoamia laitetyppejä. Kokoonpanolinjastolla valmistettavat koneet on jaoteltu pienempiin osa-alueisiin neljälle linjakokoonpanopisteelle. kahdessa vuorossa toimivilla työntekijöillä on kiinteät työpisteet ja valmistettavat koneet liikkuvat linjastolla. Linjan liikkuminen perustuu suunniteltuun tahtiin. Tällä hetkellä linjakokoonpanossa on mahdollista valmistaa muutamaa pidemmälle vaki-oitua laitetyyppiä. Viimeisellä linja-asemalla koneille tehdään viimeisten varustelutöiden lisäksi käyttönnotot, jotka sisältävät käynnistykset ja perussäädöt sekä koeajon. Tämän jälkeen laitteet siirretään viimeistelytiimille, joka suorittaa koneille tarkempaa prosessitestausta ja säätöä sekä viimeisteleä tuotteet sisäistä laaduntarkastusta varten. Paikkakokoonpanosta valmistuville laitteille suoritetaan vastaavalla tavalla samat toimenpiteet kokoonpanosta valmistumisen jälkeen. Molempiin kokoonpanoihin tuodaan valmiita moduuleita ja osakokonaisuuksia esikokoonpanosta. Kuviossa 3 on yksinkertaistettuna Normetin tuotantoprosessi.



KUVIO 3. Tuotantoprosessi yksinkertaistettuna (Erholtz 2021-10-24.)

5.3 Esikokoonpano

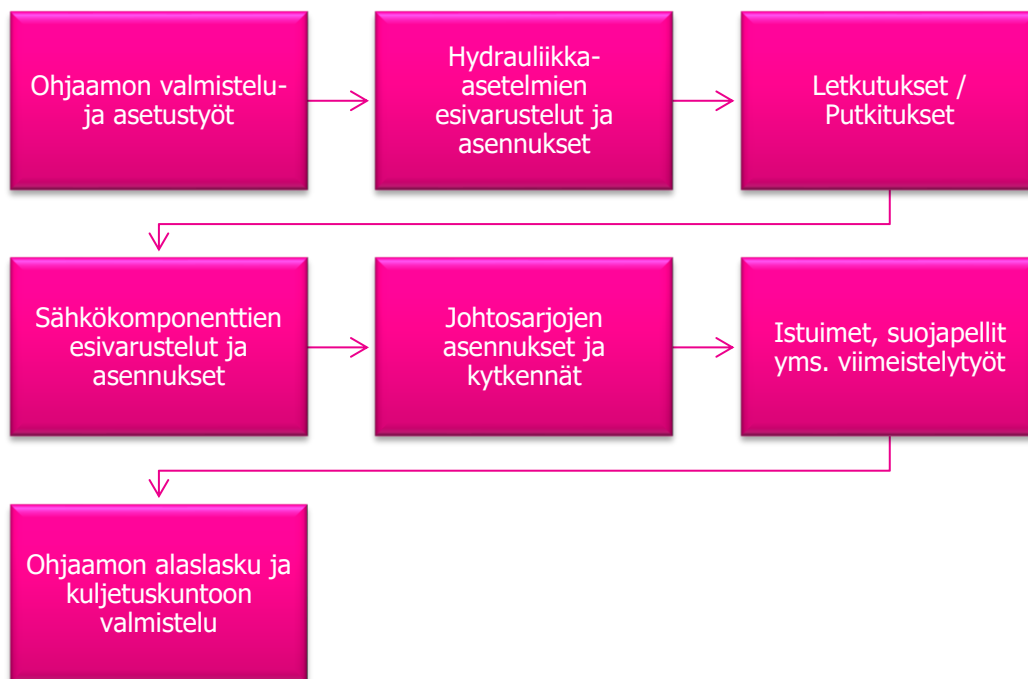
Normetin tuotannon esikokoonpanossa tehdään hydrauliiikan esivarustelut, puomit, betonipumput, ohjaamoiden ja dieselmoottoreiden varustelut, prosessimoduulikoontia sekä useita erilaisia pienesikokoontia. Esikokoonpanoja tehdään sekä paikkakokoonpanoon, että linjakokoonpanoon. Tällä hetkellä linjaorganisaatiolla on omat tuotantosolut dieselmoottoreiden varustelulle sekä ohjaamo- ja pienesikokoonpanoille, muut esikokoonpanot tehdään esikokoonpano-organisaation toimesta sekä linja- että paikkakokoonpanolle. Linjan pienesikokoonpano säilynee linjaorganisaatiossa käytännön

syistä jatkossakin, mutta dieselmoottori- ja ohjaamovarustelut olisi tarkoitus yhdistää lähitulevaisuudessa. Alun perin tuotantolinjan synnytysvaiheessa vuonna 2017 kaikki esikokoonpanot suunniteltiin betonipumppuja vaille oman linjaorganisaation alle, koska linjan toimintamalli ja tuotannonohjaus toimii eri tavalla, kuin paikkakokoonpanossa. Toimintatavalla haluttiin varmistaa toimintojen sujuvuus ja aikataulussa pysyminen. Myöhemmin esikokoonpanoja on kuitenkin alettu hiljalleen keskittämään yhteen organisaatioon.

5.4 Ohjaamovarustelu

Normetin tuotannon esikokoonpanon ohjaamovarustelusolussa tehdään mekaanista-, hydraulista- sekä sähkövarustelua valmiisiin ohjaamorunkoihin. Ohjaamorunkojen suunnittelu on Normetin omaa, mutta hitsaus- ja maalaustyön sekä joidenkin vakioitujen varusteluiden asennukset, kuten ovet, ikkunat, lämmitys ja ilmastointilaitteet sekä niihin liittyvät putkitukset tekee ulkopuolinen yhteistyökumppani, joka toimittaa ohjaamot ostotilausten perusteella Normetille.

Nykyinen ohjaamoiden tuotantoprosessi etenee paikkakokoonpanoon- ja linjakokoonpanoon varusteltavien ohjaamoiden osalta joiltakin osin hieman eri tavoin. Itse varustelutyö tosin tehdään molemmissa toimintamalleissa suunnilleen samassa järjestyksessä ja samoin apulaittein. Kuvioista 4 on karkeasti nähtävissä työvaiheiden eteneminen ohjaamomallista riippumatta. Ensin tehdään tarvittavat valmistelu- ja asetustyöt, esimerkiksi irrotetaan ohjaamorunko kuljetusalustalta ja siirretään kierteiden puhdistuksen jälkeen varustelutelineeseen, jossa ohjaamo on mahdollista käänellä eri asentoihin. Tämän jälkeen vuorossa on hydraulikka-asetelmien esivarustelutyöt, paikoilleen asennukset sekä letkutukset ja mahdolliset putkitukset. Hydraulikkakomponentit tulevat valmiiksi nipotettuina hydraulikan esivarustelusta, mutta suurinta osaa komponenteista jatkojalostetaan vielä pöydän äärellä erilaisiin kokoonpanoihin ennen ohjaamoon asentamista. Seuraavaksi asennetaan sähkökotelot, valot varoitusmajakat ja muut vastaavat sähkökomponentit sekä johtosarjat ja tehdään tarvittavat kytkennät. Näiden jälkeen asennetaan vielä istuimet, peilit, suojapeltejä ja muita vastaavia osia, jonka jälkeen viimeisenä työvaiheena ohjaamo lasketaan telineeltä ja viimeistellään kuljetusalustalle siirtoa varten. Ensimmäistä ja viimeistä työvaihetta vaille muita vaihteita voi tehdä osin limittäin, mutta rajallisen tilan vuoksi sähkö- ja kokoonpanotyö useimmiten vuorottelevat.



KUVIO 4. Ohjaamoiden varusteluprosessin nykytila (Erholtz 2021-09-29.)

Sekä sähkö-, että kokoonpanotyöhön liittyy runsaasti esivarustelutyövaiheita, jotka on tehtävä ennen kuin komponentit voidaan asentaa ohjaamoon kiinni. Optimaalista olisi, että esivarustelutyöt voitaisiin tehdä valmiiksi ennen kuin ohjaamorungon varustelu aloitetaan, mutta useimmiten esivarustelutyö joudutaan tekemään muun asennustyön yhteydessä. Kaikissa tilanteissa eri työvaiheet tehdään kuitenkin samojen ohjaamosolun asentajien toimesta, joten se näkyy ohjaamoiden virtauksessa sekä läpimenoajoissa. Erikoistumisprojektissa tehdyssä tutkimuksessa ilmeni, että joissakin ohjaamomalleissa esivarusteluna tehtävän työn osuus olisi lähes 50 % kaikesta ohjaamoon liittyvästä työstä ja pienimmilläänkin tutkimukseen liittyvissä ohjaamoissa esikokoonpanon määrä oli noin kolmannes kaikesta työstä.

Linja- ja paikkakokoonpanon ohjaamoiden varustelusolut sijaitsevat fyysisesti vierekkäin, mutta kuuluvat kuitenkin erillisiin osastoihin. Molemmissa työskennellään kahdessa vuorossa. Linjaorganisaation ohjaamovarustelun henkilöstöresurssit ja tilat on optimoitu kerrallaan yhden ohjaamon varusteluun, kun taas paikkakokoonpanon ohjaamovarustelussa on mahdollista varustella tilojen puolesta vaikka viittä ohjaamoa samanaikaisesti. Henkilöresurssien puolesta järkevä määrä kuitenkin kolme tai maksimissaan neljä yhtäaikaisesti työllä olevaa ohjaamoa

Linjaorganisaation ohjaamovarustelu toimii tuotantolinjan imuohjauksessa. Koneiden rakenteista tehdään tuotantolinjalle valmistustilaukset ennalta suunnitellun tuotanto-ohjelman mukaisesti ja toiminnanohjausjärjestelmä pyrkii ajoittamaan esikokoonpanot siten, että ne ennättäisivät valmistua tuotantolinjan tarvitsemaan työvaiheeseen mennessä. Paikkakokoonpanossa tuotannonohjausmenetelmä on vastaavanlainen, mutta käytännössä toiminta muodostuu erilaiseksi, koska esikokoonpanossa ei ole mahdollista keskittyä linjaorganisaation tapaan yhteen projektiin kerrallaan. Paikkakokoonpanon tuotanto-ohjelmassa voi olla usealla kokoonpanopaikalla alkamassa kone samana päivänä, joten esikokoonpanossakin on oltava useampia ohjaamoita työn alla samanaikaisesti. Käytännössä työnjohto "hienosäätää" ohjaamovarustelulle työjonoa paikkakokoonpanon tuotanto-ohjelman

ja reaaliaikaisen tilanteen pohjalta. Useimmiten ohjaamoiden varusteluita joudutaan aloittamaan mahdollisuuksien mukaan reilustikin etuajassa, loppukokoonpanon yhtäaikaista aloituksista johtuen, että viimeinenkin ohjaamo ehdittäisiin varustella loppukokoonpanon tarvepäivään mennessä. Tämä aiheuttaa välivarastoinnin tarvetta, koska ensin valmistuneet voivat olla useitakin päiviä etuajassa valmiina. Usein tiukka kuormitus tilanne aiheuttaa myöhästymisiäkin. Valmiiksi varustellut ohjaamot menevät tilanteesta riippuen joko suoraan tai välivarastoinnin jälkeen paikkakokoonpanoon tai linjakokoonpanoon. Linjakokoonpanon puskurivarasto on pidetty yleensä yhden ohjaamon kokoisena, mutta paikkakokoonpanoon ohjaamoita voi olla puskurissa reilustikin.

5.5 Ohjaamomallit

Normetin tuotetarjoamasta löytyy paljon erilaisia ohjaamomalleja. Mallit jakaantuvat kahteen pääkategoriaan: etu- ja keskiohjaamoihin. Näistä on tarjolla useita erilaisiin laitteisiin ja käyttötarkoituksiin suunniteltuja malleja. Useimpiin on lisäksi valittavissa avo- tai umpimallin ohjaamo. Lisää vaihtelua tulee erilaisten prosessisovellusten sekä asiakkaiden toiveiden mukaisista varustelukombinaatioista. Taulukossa 1 on listattuna esikokoonpanossa varusteltavat etu- ja keskiohjaamomallit. Seuraavissa kappaleissa on tarkempia kuvauksia ohjaamomalleista.

TAULUKKO 1. Esikokoonpanossa varusteltavat ohjaamomallit (Erholtz 2021-10-27.)

Etuohjaamomallit	Keskiohjaamomallit
SF- avo- ja umpiohjaamot	5100/8100- Spraymec ohjaamot
MF/LF- avo- ja umpiohjaamot	MC/LC- Charmec avo- ja umpiohjaamot
SF 050- Spraymec avo-ohjaamot	Scamec- ohjaamot
MF/LF 050- Spraymec umpiohjaamot	
NCab- ohjaamot	

5.5.1 Etuohjaamot

Suuri osa ohjaamovolyymista muodostuu etuohjaamoista. SF- ja MF/LF-ohjaamomallit ovat näistä yleisimpiä ja niitä on tarjolla kolmeen erikokoiseen laiteluokkaan. SF- ja MF/LF-ohjaamot ovat päälle päin hyvin samannäköisiä keskenään, käytännössä suurin ero on ohjaamon leveydessä. Kuvassa 3 näkyvän SF-mallin ohjaamorunko on MF/LF-ohjaamorunkoa hieman kapeampi, muilta mitoiltaan ohjaamot ovat lähes samankokoiset. SF-mallia käytetään S-kokoluokan laitteissa ja MF/LF-mallia M- ja L-kokoluokan laitteissa. SF- ja MF/LF-ohjaamoista voidaan varustella sekä avo-ohjaamomallia että umpiohjaamoita. Ohjaamoiden varustelut ovat pääpiirteittäin samanlaiset, mutta laitteiden prosessisovellukset ja asiakasspesifikaatiot tuovat vaihtelua varustelukokonaisuuksiin. Mallimerkinnän ensimmäinen kirjain S, M tai L tarkoittaa laitteen kokoluokkaa "small", "medium" ja "large". Toinen kirjain F tarkoittaa asennuspaikkaa "front".



KUVA 3. SF- avo-ohjaamorunko (Erholtz 2019-12-18.)

SF/MF/LF-etuohjaamoiden rinnalle ja myöhemmin tuoteperheiden uusiutuessa nykyisten etuohjaamomallien korvaajaksi on tulossa uusi kuvassa 4 näkyvä NCab-malli. Uudessa mallissa on käytännössä samat toiminnot, kuin nykyisessäkin mallissa. Suunnittelussa on kiinnitetty huomiota ergonomiaan, näkyvyyteen, ulkonäköön sekä lisäksi uudistuksessa on pyritty vakiointiin. Pyrkimyksenä on, että sama malli olisi yhteensopiva kaikkien etuohjaamovarusteluiden kanssa.



KUVA 4. NCab- etuohjaamorunko (Erholtz 2021-10-27.)

Runko-ohjatuissa betoniruiskutuslaitteissa käytetään niihin suunniteltuja yksilöityjä avomallisia SF 050- ja umpimallisia MF/LF 050-etuohjaamoita. Näissä ohjaamomalleissa on betoniruiskutuspuomin kiinnityspiste ohjaamon etureunassa. Useimmiten nämä ohjaamomallit ovat raskaasti varusteluja betoniruiskutukseen tarvittavien ohjaus- ja seurantalaitteiden vuoksi ja muiden tapaan asiakasoptiot tuovat jonkin verran vaihtelua näidenkin varusteluihin.

5.5.2 Keskiohjaamot

Yksi yleisimmistä keskiohjaamomalleista on kuvassa 5 näkyvä Spraymec 8100- ja Spraymec 5100-tunneliruiskutuslaitteissa käytettävä ohjaamomalli. Ohjaamo on avomallinen, mutta samasta ohjaamomallista on tehtävissä myös umpimallinen lisäämällä ikkunalasit ja vaihtamalla oven. 8100/5100-ohjaamoiden varustelut on joitakin asiakasoptioita lukuun ottamatta mallikohtaisesti pitkälle vakioitu. Ohjaamo on pienikokoinen ja muita malleja yksinkertaisempi varustella.



KUVA 5. Spraymec 5100/8100- ohjaamorunko (Erholtz 2021-10-27.)

Toinen hyvin yleinen keskiohjaamomalli on MC/LC ohjaamomalli. Malli on käytössä nykyaikaisessa panostuslaitetuoteperheessä kahdessa eri kokoluokassa. MC/LC keskiohjaamomallia on sekä avo- että umpiohjaamomallisena, joista avo-ohjaamomalli on näkyvässä kuvassa 6. Tämänkin ohjaamomallin varustelut on 8100/5100 ohjaamoiden tyyliin hyvin pitkälti vakioitu. Ensimmäinen kirjain M ja L tarkoittaa laitteen kokoluokkaa "medium" ja "large" ja C tarkoittaa ohjaamon asennuspaikkaa "center". Tässä ohjaamossa yksilöllistä on ohjauskonsoli, joka sisältää lähes kaiken ohjaamoon tulevan tekniikan valoja ja muutamia kytkimiä sekä venttileitä lukuun ottamatta. Konsoli varustellaan erillisen telineen päällä valmiiksi, minkä jälkeen se nostetaan paikoilleen ohjaamoon.



Kuva 6. Charmec MC/LC- avo-ohjaamorunko (Erholtz 2021-10-28.)

Näiden lisäksi on muutamia muita vaihtelevamman volyymin keskiohjaamomalleja, kuten Scamec rusnauslaitteissa käytettävä ohjaamo. Scamec-ohjaamon suunnittelussa on jouduttu huomioimaan laitteen käyttötarkoituksesta johtuvat riskit sekä rasitteet ja ohjaamomalli onkin rakenteeltaan sellainen, ettei sitä ole välttämättä kannattanut suunnitella laajempaan käyttöön eri laitetyppeihin.

6 VARUSTELUPROSESSIN TAVOITETILA

Ohjaamovarusteluprosessista haluttiin suunnitella sujuva ja riittävän virtaustehokas, että kaikki ohjaamot olisi mahdollista varustella tavoiteaikataulussa vaihtelevasta kuormituksesta huolimatta. Suunnitellussa huomioitiin myös, että kapasiteetti pitäisi pystyä määrittämään kuormankestäväksi, mutta kuitenkin mahdollisimman resurssitehokkaaksi toiminnan kannattavuuden ja paremman tuotavuuden saavuttamiseksi. Kasvutavoitteita ajatellen prosessista haluttiin myös helposti skaalautuva, jotta sitä voitaisiin muokata tarvittaessa suurempiin vuosittaisiin ohjaamomääriin.

Opinnäytetyöhön nostettiin kolme tutkimuskysymystä prosessisuunnittelun tueksi:

1. Millainen ohjaamoiden varusteluprosessin pitäisi olla, jos volyymi on 400 ohjaamoa vuodessa?
2. Miten prosessi kestää pitemmän ja lyhyemmän aikavälin kuormanvaihtelut?
3. Miten ohjaamovarustelun toimintoja saadaan läpinäkyvämmäksi ja sisäistä toimitusvarmuutta paremmaksi?

Prosessin suunnittelussa pyrittiin huomioimaan epätasaista kuormitusta sekä ohjaamoiden päivittäisen tai viikoittaisen kappalemäärän että lisäksi työmäärältään keskenään erilaisten ohjaamoiden vaihtelevuuden kannalta. Työkuorma halutaan pitää prosessissa oleville resursseille mahdollisimman tasaisena, vaikkakin se aiheuttaisi toisinaan myöhästyneitä toimituksia. Tavoitteena on, että mahdolliset myöhästymiset olisivat hallittuja ja tiedossa jo mielellään tuotannon ohjausvaiheessa. Tällöin sisäiselle asiakkaalle jäisi aikaa varautua myöhästymiseen. Näillä keinoilla pyritään hillitsemään jatkuvaa tuotantojonon muutosten ja priorisointien tarvetta, joka aiheuttaa enemmänkin kaaosta ja jatkumoa muutostarpeille.

Prosessia suunniteltaessa alkoi selkeytyä ajatus, että läpinäkyvyyden ja toimitusvarmuuden parantuminen tulisi osin jo automaattisesti tuloksena hyvin suunnitellusta ja toimivasta prosessista. Kuitenkin etenkin läpinäkyvyyttä ja prosessin etenemisen seurattavuutta huomioitiin prosessia suunniteltaessa. Selkeät toiminnot, kuten esimerkiksi työvaiheiden tahtiajat, määritetyt sektorit eri osille ja tavaroille sekä materiaalien oikeanaikaiset liikkeet mahdollistavat vallitsevan tilanteen tarkastelun nopealla silmäilyllä. Tämän lisäksi erilaisten visuaalisten ohjaustyökalujen käyttöönotto olisi helpompaa ja sellaisten avulla prosessin tilanteen tulkitseminen kävisi helpommin ulkopuolisemmallekin tarkastelijalle.

6.1 Varusteluprosessi

Varusteluprosessin tavoitetilan suunnittelussa lähtökohtaisena ajatuksena oli tarve pystyä vakioimaan toimintoja mahdollisimman hyvin. Vakioidut työvaiheet ja tahtiajat toisivat prosessiin tarvittavaa toimintavarmuutta, selkeyttä, ohjattavuutta, tulkittavuutta sekä tekisi ennakoinnista ja muuttuviin tilanteisiin varautumisesta helpompaa. Toimintoja haluttiin myös helpommin skaalattaviksi pidemmän aikavälin vaihteluita sekä kasvua ajatellen.

Varusteluprosessin suunnittelussa pyrittiin huomioimaan erilaisten ohjaamomallien kokoonpanoajien ja työvaiheiden keskinäisiä eroja. Ohjaamomallit pystyttiin jakamaan karkeasti kahteen eri ryhmään. Toiseen ryhmään sijoitettiin ohjaamot, joiden työvaiheet olivat selkeämpiä ja kokoonpanoajat

lyhyempiä sekä keskinäisessä vertailussa riittävän lähellä toisiaan. Historian valossa tämän ryhmän ohjaamot muodostivat myös suurimman osan vuosittaisesta ohjaamovolyymista. Toiseen ryhmään jäivät työvaiheiltaan haastavimmat ja selkeästi enemmän kokoonpanoaikaa vaativat ohjaamot. Molempien ryhmien ohjaamoille suunniteltiin omat varusteluprosessit ja resurssit, mutta kuitenkin siten, että ohjaamovarusteluprosessi saataisiin säilytettyä kokonaisuutta ajatellen eheänä. Ohjaamoiden kahtiajako oli tehtävä osin senkin takia, että tahtiaikoja ei olisi saatu yhtenäistettyä riittävästi ja myös siksi, että työvaiheiltaan haastavimmat ohjaamot ovat pääsääntöisesti vanhempia rakenteiltaan ja niiden erilaiset varusteluvariaatiot vaativat useimmiten paljon koonnan aikaista selvittelytyötä.

Varusteluprosessin suunnittelussa pyrittiin löytämään keinoja, joilla varusteluprosessista saataisiin riittävän virtaustehokas. Virtausyksiköiden eli ohjaamoiden tehokkaan prosessin läpäisyn ajateltiin olevan keino pärjätä kuormituksen epätasaisuuden kanssa. Silloin voitaisiin välttyä suureen puskurivarastoon turvautumiselta ja sisäinen toimitusvarmuus voitaisiin pitää hyvällä tasolla yllättävistäkin muutoksista huolimatta. Virtaustehokkuutta ei lähdetty kuitenkaan tavoittelemaan resursseista välittämättä, vaan toiminnasta haluttiin kehittää myös riittävän kustannustehokasta tuottavuuden parantamiseksi. Varusteluprosessin tavoitetilan suunnittelun perustana pidettiin työvaiheiden vakioimista ja tahtiaikoihin perustuvia toimintoja. Silloin myös kapasiteettitarpeen tarkempi määrittäminen kuormitukseen ja ennusteisiin perustuen olisi mahdollista. Jatkossa myös erilaisten tuotannon mittareiden käyttöönotto ja seuraaminen sekä niiden tuottaman datan hyödyntämien olisi helpompaa.

Koska toimintoja pyritään kehittämään Normetin tuotannossa linjamaisemmiksi, se oli yhtenä tavoitteena tässäkin kehitystyössä. Ohjaamoiden käsittelylaitteiden suuren koon ja heikon liikuteltavuuden vuoksi tässä vaiheessa ei alettu kuitenkaan kehittämään liikkuvaa linjastoa, vaan toiminnoissa keskityttiin enemmän työvaiheiden ja -aikojen vakiointiin sekä liikkuviin resuesseihin. Tällä tavalla askeleittain etenemällä olisi mahdollista varmistua oikeanlaisista toimintatavoista ennen kuin esimerkiksi investoidaan suuria summia linjastoon ja sen apulaitteisiin. Suuremman volyymin ohjaamoille suunniteltiin nelipaikkainen ohjaamolinjasto, jossa ohjaamot varusteltaisiin vakioituihin työvaiheisiin ja tahtiaikoihin perustuen. Ohjaamolinjaston työjono muodostuisi toiminnanohjausjärjestelmän ajoittamana loppukokoonpanolle laaditusta työjonosta. Toiminnanohjausjärjestelmä pyrkii ajoittamaan ohjaamoiden kokoonpanojen aloitukset sekä sitä edeltävät vaiheet siten, että ohjaamo olisi käytettävissä loppukokoonpanossa halutun työvaiheen aikana.

Opinnäytetyön pohjaksi tehdyn ohjaamoiden linjavalmistuskelpoisuutta käsittelevän erikoistumisprojektin tuloksien perusteella ohjaamoiden varusteluun liittyy paljon työvaiheita, joissa valmistellaan erilaisia osakokoonpanoja, joihin liittyy mekaanista sekä hydraulista työtä. Yleisesti nämä työt tehdään nykyisessä prosessissa varsinaisen ohjaamoon kohdistuvan asennustyön yhteydessä samalla työpisteellä, jossa ohjaamo varustellaan. Koska ohjaamolinjastolle tavoiteltiin virtaustehokkuutta, päätettiin varusteluprosessin tavoitetilan suunnittelussa eriyttää tällaiset esivarustelukelpoiset työt omaksi toiminnoksi varustelulinjaa edeltävään tuotantosoluun, jossa toimisi sinne määritetyt omat resurssit. Ajatuksena oli, että kun ohjaamorunko tulisi linjastolle varusteltavaksi, kerättyjen nimikkeiden lisäksi kaikki tarvittavat osakokoonpanot olisivat valmistumassa tai jo valmiina puskurivarastossa ja kaikki linjastolla tehtävä asennustyö voitaisiin kohdistaa lisäämään ohjaamon jalostusarvoa. Tällä

toiminnolla uskottiin olevan suuri vaikutus ohjaamoiden läpimenoaikoihin ja varustelulinjaston virtaukseen.

Esivarustelusolun työt jaettiin sähköesivarusteluun sekä mekaaniseen ja hydrauliseen esivarusteluun. Mekaanisiin ja hydraulisiin esivarustelutöihin kuului muun muassa poljinasennelmat, ohjauskonsolien varustelut, istuimet, läpivientilevyjen ja takaseinien varustelut, lämmitys- ja ilmastointilaitteiden letkujen suojaukset sekä erinäisiä venttiiliasennelmia letkutusineen, kuten lataus- ja ohjausventtiilit. Sähköesivarusteluihin taasen kuului esimerkiksi majakka- ja valotelineet, ohjauskonsolien sähköistykset, sähkökoteloiden varioituvat kalustukset ja johdotukset sekä kamerajärjestelmät ja muut asiakaskohtaiset varustelut. Ajallisesti sähköesivarusteluilla laskelmoitiin olevan suurin hyöty, koska esimerkiksi ohjauskonsolien sähköistykseen kuluu harjaantuneelta asentajalta noin yksi työvuoro ja samoin mittarikotelot ovat varusteluista riippuen useita tunteja vaativia töitä. Vaihtelevuuden hallitsemisen takia esivarusteluille suunniteltiin pieni puskurivarasto, jossa pyrittäisiin pitämään kuormitustilanteesta riippuen merkityillä paikoilla valmiit esivarustelut 2–4 ohjaamoon. Ohjausmenetelmäksi esivarusteluille suunniteltiin imuohjausta, jossa visuaalisena signaalina toimisi puskurivaraston kulutus, joka vapauttaisi paikan ja käynnistäisi uuden työn. Esivarustelusolun täysimittaiseen toimintaan määritettiin kaksi kokoonpanoasentajaa sekä kaksi sähköasentajaa.

Ohjaamomallit, joiden työvaiheet ja varusteluiden vaatimat kokonaisajat poikkesivat huomattavasti valtavirrasta, päätettiin jättää sijoittamatta ohjaamolinjastolle. Kuitenkin nämäkin ohjaamomallit täytyi huomioida varusteluprosessin suunnittelussa ja pyrkiä löytämään keinoja näidenkin varusteluiden tehostamiseksi, niiden kuormitukseen muodostaman kohtalaisen osuuden vuoksi. Luonnollisimman tuntuinen kokoonpanomuoto suuremman vaihtelun tuotteille oli nykyisen kaltainen paikkakokoonpano. Ohjaamoiden paikkakokoonpanolle määritettiin omat tila- ja apulaiteresurssit, jotka muodostaisivat näiden ohjaamomallien varusteluille tarvittavat puitteet sekä ohjaamolinjastosta erillisen henkilöstöresurssin. Paikkakokoonpanoon määritettiin alustavasti yksi kokoonpanoasentaja ja yksi sähköasentaja. Ohjaamomallien vaihtelevuuden aiheuttamaan kuormituksen epätasaisuuteen, olisi mahdollista hyödyntää tilojen monipuolisuutta sekä henkilöstön hyödyntämistä tarvittaessa eri työpisteillä. Jos linjastokelpoiset ohjaamot muodostaisivat hetkellisesti tavallista suuremman osan kuormituksesta, olisi paikkakokoonpanon resurssit mahdollista käyttää myös näihin ohjaamoihin ja sama toimisi toisinpäin työläämpien ohjaamoiden kuormituspiikin sattuessa kohdalle. Myös paikkakokoonpanossa varusteltavien ohjaamoiden läpimenoaikoja pyrittäisiin lyhentämään valmistamalla esivarusteluiksi soveltuvia osakokoonpanoja puskurivarastoon. Paikkakokoonpanon työjono muodostuisi ohjaamolinjaston tapaan toiminnanohjausjärjestelmän ajoittamana.

Koska ohjaamolinjastoa ei alettu kehittämään liikkuvaksi, otettiin suunnittelutyöhön vaihtoehdoksi liikkuvat resurssit. Ajatuksena oli, että ohjaamot pysyisivät paikoillaan, mutta tahtiaika ohjaisi eri työvaiheissa tarvittavia asentajia sekä työkaluja liikkumaan työpisteeltä toiselle. Ohjaamoiden varustelu jaettiin neljään karkeampaan työvaiheeseen, jotka sisälsivät ohjaamomalleista riippumatta keskenään samankaltaisia työvaiheita. Jokaista neljää työvaihetta kohden olisi määritettynä oma ”vaihekohtainen” resurssi, joka sisältäisi tarvittavat henkilöresurssit ja mukana kulkevat työvaiheen suorittamiseen tarvittavat työkalut. Karkean tason vaiheissa oli esimerkiksi pelkästä sähkötyöstä koostuvaa työtä, jolloin tällaiseen vaiheeseen tarvittava työryhmä muodostuisi luonnollisesti yhdestä tai

useammasta sähköasentajasta sekä sähkötyökaluista. Suunnitelmissa huomioitiin myös mahdollinen tarve jaettavalle resurssille, joka olisi useamman eri työryhmän käytössä. Jos esimerkiksi kahdessa eri työvaiheessa olisi tarve sähköasentajan parin tunnin työskentelylle muun asennustyön yhteyteen, voisi sama sähköasentaja olla kahden eri työvaiheen käytettävissä. Tällöin toiminta olisi resurssitehokkaampaa, kuin tilanteessa, jossa molemmilla työryhmillä olisi oma sähköasentaja, vaikka työtä olisikin esimerkiksi vain puolen työvuoron ajalle.

Linjan kapasiteettia suunniteltaessa huomioitiin koko ohjaamovarustelulle asetettu tavoite, joka oli 400 varusteltua ohjaamoa vuodessa. Ajatuksena oli, että ohjaamolinjastolla pyrittäisiin varustelemaan noin 80 % kuormituksesta ja loput ohjaamot jäisivät ohjaamovarustelun paikkakokoonpanon varusteltaviksi. Suhdelukua ei voi kuitenkaan täysin päättää etukäteen, koska kysynnälläkin on vaikutuksensa asiaan. Ohjaamomallien jakaantuminen kuormituksessa vakioidumpien ja työläämpien ohjaamoiden kesken vaikuttaa, koska työläämpien ohjaamoiden työvaiheet sekä varusteluajat poikkeavat reilusti vakioidumpien vastaavista ja sen takia niiden sovittaminen linjan tahtiaikaan ei onnistuisi. Laskennallisesti linjastolta pitäisi valmistua keskimäärin noin 1,5 ohjaamoa jokaisena työpäivä, että tarvittavat 300–340 ohjaamoa vuodessa valmistuisivat. Loput 60–100 ohjaamoa olisi varusteltava ohjaamovarustelun paikkakokoonpanossa.

Ohjaamolinjaston tahtiajaksi laskelmoitiin yksi työvuoro ja aina neljän vuoron jälkeen olisi yhden vuoron mittainen kuormittamaton aika, joka antaisi joustoa kuormituksen suunnitteluun ja mahdollisuuden ottaa tarvittaessa menetettyä aikaa kiinni. Työvaiheiden etenemisen hahmottamista ja kuormituksen suunnittelua varten luotiin taulukko, johon mallinnettiin työvaiheiden kulkukaaviot vuoroittain. Kuvassa 7 on nähtävissä taulukon rakenne. Taulukon vasemmassa reunassa on näkyvissä viikot, päivämäärät sekä aamu- ja iltavuorot. Niiden oikealla puolella on nähtävissä mikä työvaihe mil-läkin varustelupisteellä on menossa eri ajankohtina. Ohjaamo tulisi valmiiksi aina neljännessä työvaiheessa, joten kuormittamattomia työvuoroja lukuun ottamatta, kaikissa muissa vuoroissa valmistuisi aina yksi ohjaamo. Tällä mallinnuksella kahden viikon jakson aikana ohjaamolinjastolta valmistuisi 16 ohjaamoa, joka riittäisi noin 350 ohjaamon vuosivolyymiin. Kuormittamattomien vuorojen käyttä-mien antaisi teoreettisen mahdollisuuden kasvattaa volyymia noin 50 ohjaamolla vuodessa.

Keskimäärin 1,6 valmista ohjaamoa/päivä - 2 viikon jakso/16 valmista ohjaamoa						
Viikko nro.	pvm.	Vuoro	Varustelupisteet			
			1	2	3	4
Viikko 1	1.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4
		Iltavuoro	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton
	2.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1
		Iltavuoro	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2
	3.1.202x	Aamuvuoro	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3
		Iltavuoro	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4
4.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton	
	Iltavuoro	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1	
5.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2	
	Iltavuoro	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	
Viikko 2	8.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4
		Iltavuoro	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton
	9.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1
		Iltavuoro	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2
	10.1.202x	Aamuvuoro	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3
		Iltavuoro	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4
11.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 2	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton	
	Iltavuoro	Vaihe 3	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1	
12.1.202x	Aamuvuoro	Vaihe 4	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2	
	Iltavuoro	Kuormittamaton	Vaihe 1	Vaihe 2	Vaihe 3	

KUVA 7. Taulukko työvaiheiden vuorottaisesta etenemisestä (Erholtz 2021-09-19.)

Ohjaamolinjaston työvaiheiden sisällöille sekä niiden suorittamiseen tarvittaville henkilöstöresursseille tehtiin alustava suunnitelma erikoistumisprojektissa tehdyn tutkimuksen tuloksien perusteella. Ensimmäinen työvaihe sisälsi ohjaamon asetustyöt, eli käytännössä ohjaamon valmistelun sekä asennuksen käsittelylaitteeseen. Ohjaamon asetustöiden lisäksi työvaihe sisälsi hydraulikkakomponenttien asennustöitä sekä letkutuksia/putkituksia. Työvaiheen suorittamiseen määritettiin yksi kokoonpanoasentaja.

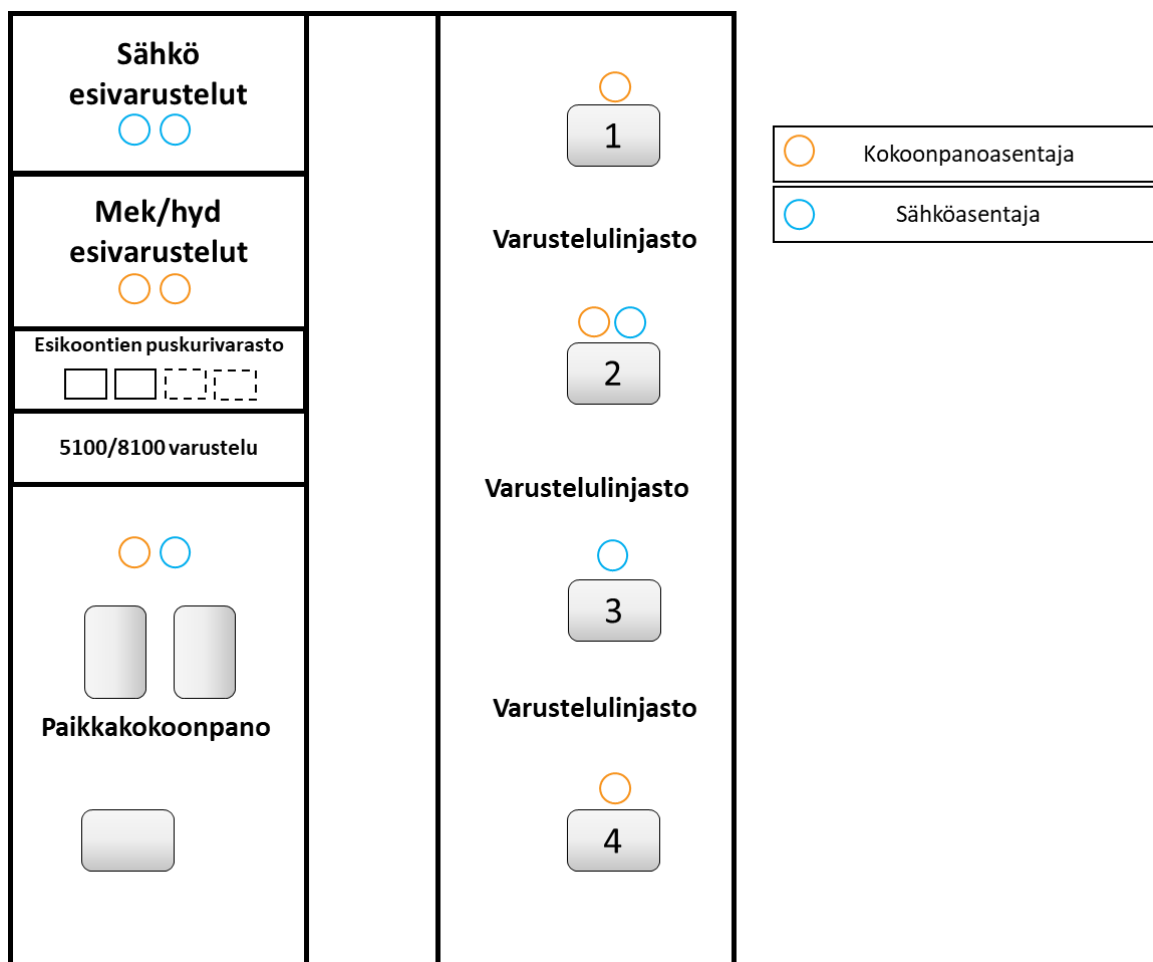
Toisessa työvaiheessa mekaaniset ja hydrauliset asennustyöt jatkuivat ja mukaan tuli sähköasennustyötä, jossa ohjaamoon kiinnitettiin sähkökoteloita, valoja, kamerajärjestelmiä sekä muita vastaavia komponentteja sekä niihin liittyvien johtosarjojen asennustyötä. Toisen työvaiheen työryhmään määritettiin yksi kokoonpanoasentaja ja yksi sähköasentaja. Kolmas työvaihe sisälsi sähköasennustyötä, jossa johtosarjojen asennukset ja tarvittavat kytkennät tehtiin loppuun. Tähän työvaiheeseen määritettiin yksi sähköasentaja. Viimeiseen työvaiheeseen jäi istuimien, peilien ja viimeisten peltiesien asennukset sekä ohjaamon lasku kuljetusalustalle. Viimeiseen työvaiheeseen määritettiin yksi kokoonpanoasentaja. Työvaiheiden ja työryhmien tarkempaa sisältöä on tarkasteltava vielä ennen toimintamallin käytäntöön lanseeraamista vaiheiden työmäärän keskinäisen tasapainon varmistamiseksi. Koska opinnäytetyö perustui kokonaisuuden suunnitteluun ei konseptin kokeilemiseen käytännössä ollut aikataulun puitteissa mahdollisuutta.

6.2 Layout

Ohjaamovarustelusolun layoutia alettiin hahmotella jo vuonna 2020, kun Normetin tytäryhtiö Farmi Oy:n toiminnan loppuminen Normetin kiinteistössä varmistui ja tieto tilojen vapautumisesta käynnisti esikokoonpanon ja varaston laajenemissuunnitelmat. Konseptitason suunnitteluvaiheeseen osallistui

suurempi työryhmä ja mielipiteitä tilojen toiminnallisuudesta kerättiin myös tuotannon työntekijöiltä. Materiaalien virtaussuunnat toimivat suunnittelutyön määrittävinä ajureina, joten esikokoonpanot pyrittiin järjestelemään siten, että materiaalit tulisivat varastosta suoraviivaisesti esikokoonpanoon ja siitä eteenpäin valmiina kokoonpanoina sisäisille asiakkaille. Kun alueiden jakaantuminen oli saatu lukittua, päästiin aloittamaan varsinainen työpisteen suunnittelu.

Kuviossa 5 on näkyvissä ohjaamovarustelulle mallinnettu layout karkealla tasolla, johon on mallinnettu selkeyden vuoksi ainoastaan alueiden jakaantuminen eri toimintojen välillä. Ohjaamovarustelun keskelle jätettiin tila yhdyskäytävälle suurikokoisten ohjaamoiden kuljettamisen helpottamiseksi. Ohjaamolinjasto suunniteltiin käytävän toiselle puolelle noin 150 neliömetrin kokoiselle alueelle ja paikkakokoonpano, esivarustelut sekä niiden puskurivarasto samankokoiselle alueelle käytävän vastakkaiselle puolelle. Pienikokoisten Spraymec 5100 ja 8100 mallin ohjaamoiden varustelulle määritettiin alustavasti tila paikkakokoonpanon ja esikokoonpanojen välimaastosta, mutta tarvittaessa niiden varustelu olisi mahdollista myös ohjaamolinjaston puolella. Kuviossa näkyvät oranssit ja siniset ympyrät kuvastavat henkilöresurssien jakaantumisen alueelle.



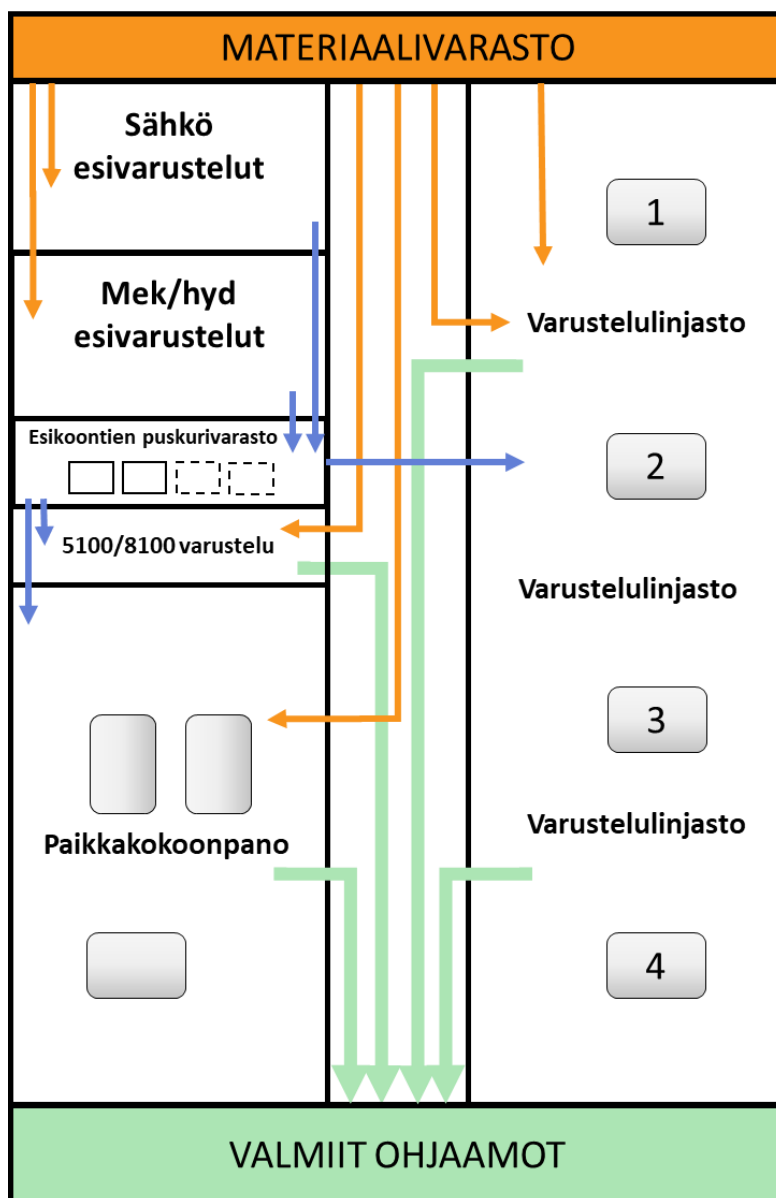
KUVIO 5. Ohjaamovarustelun layout (Erholtz 2021-09-19.)

Työpistesuunnittelua tehtiin yhteistyössä ohjaamovarustelussa työskentelevien asentajien kanssa. Heidän kokemustaan tarvittiin tilojen toimivuuden arvioinnissa sekä nostureiden, apulaitteiden, työpöytien, sähkön, paineilman, työkalujen ja muiden vastaavien järjestelyiden suunnittelussa. Tilojen

teknisen toteutuksen suunnittelusta ja 3D-mallinnuksesta vastasi layoutprojektin kaikissa vaiheissa mukana ollut tuotannon kehitysinsinööri.

6.3 Materiaalivirtaus

Materiaalien virtaus pyrittiin suunnittelemaan mahdollisimman jouhevaksi. Materiaalivaraston sijainti esikokoonpanon välittömässä läheisyydessä mahdollistaa materiaalien sulavan käsittelyn ja vähentää siten tarpeetonta tavaran kuljettelun ja liikennöinnin tarvetta. Ohjaamorungot suunniteltiin varastoitavaksi käytävän varrelle varustelusolun taakse. Tällä tavalla siirtomatkat jäisivät lyhyeksi ja sisätiloissa varastoitavat ohjaamorungot olisivat myös sääolosuhteilta suojassa. Myös ohjaamovaiheille kerättävät materiaalit suunniteltiin varastoitavaksi varustelupisteen taakse varastohyllyihin, joista asentajat voivat itse noutaa kuormalavat haarukkavaunuilla silloin, kun ne tarvitaan kokoonpanoon. Kuviossa 6 näkyy materiaalien virtaussuuntien pääperiaate, jossa kaikki raakamateriaali tulee samasta suunnasta materiaalivarastosta päin ja valmiit ohjaamot jatkavat eteenpäin loppukokoonpanoa kohti. Tällä tavalla risteävälle liikenteelle ei pitäisi olla tarvetta, kuin korkeintaan poikkeustapauksissa. Esivarustelupisteiden sijainti suunniteltiin materiaalivaraston päättyyn, joka mahdollisti myös esivarusteluihin tulevien materiaalien ja valmiiden esikointien oikeasuuntaisen virtauksen puskurivarastoon ja siitä eteenpäin varustelupisteille. Kuvion oranssit nuolet kuvastavat raakamateriaalin virtausta, siniset nuolet valmiiden esikointien ja vihreät nuolet valmiiden ohjaamoiden liikkeitä.



KUVIO 6. Prosessin materiaalivirtaus (Erholtz 2021-09-19.)

Sekä ohjaamoiden varustelulinjaston, paikkakokoonpanon että esivarusteluiden vaiheistukset olisi järjesteltävä joiltakin osin uudelleen. Materiaaliohjausta täytyisi mahdollisesti muuttaa siten, että esivarusteluille määritettäisiin omat työvaiheensa ja näille vaiheille tarvittavat nimikkeet täytyisi ajoittaa varustelulinjastolle meneviä nimikkeitä aikaisemmaksi. Esivarusteluille, ohjaamolinjastolle ja paikkakokoonpanolle tarvittaisiin kaikille omat vaiheensa sähkönimikkeille sekä pelti- ja hydraulikkakomponenteille. Tarvitseville vaiheille pitäisi ohjata myös hydraulikan esivarustelussa valmiiksi nipotetut hydraulikkakomponentit.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ohjaamovarusteluprosessin tavoitetilä, jonka avulla ohjaamoiden läpimenoaikoja saataisiin lyhemmäksi ja prosessin toimintoja vakioidummiksi. Lisäksi prosessista haluttiin kestävämpi lyhyen ja pitkän aikavälin kuormanvaihteluille. Näillä toiminnoilla haluttiin osaltaan varmistaa yhtiön tulevien kasvutavoitteiden saavuttaminen. Konkreettiseksi tavoitteeksi ohjaamovarustelulle asetettiin 400 varusteltua ohjaamoä vuodessa.

Työn teoriaosuudessa perehdyttiin prosessi- ja lean ajatteluiden maailmaan ja pyrittiin ymmärtämään, millaisista elementeistä toimiva ja tehokas prosessi muodostuisi. Työssä on pyritty löytämään teorioiden tukemana keinoja erityisesti prosessin virtaustehokkuuden kehittämiseen, vaihtelun minimoimiseen, sekä työmäärän vakioimiseen. Näillä uskottiin olevan suuri vaikutus hallitun volyymikasvun saavuttamiseksi, lyhyen ja pitkän aikavälin kuormanvaihteluiden kestokykyyn sekä toimintojen läpinäkyvyyden ja sisäisen toimitusvarmuuden parantamiseksi.

Työssä hyödynnettiin tekijän ohjaamoiden linjavalmistuskelpoisuutta käsitelleen toisen erikoistumisprojektin tutkimustuloksia työvaiheiden sisältöjen, vaiheaikojen ja resurssointien suunnittelussa. Erikoistumisprojektissa käytiin läpi tutkimukseen valittujen ohjaamomallien eri työvaiheiden arvioitua kokoonpanoaikojä yhdessä kokeneiden ohjaamoasentajien kanssa. Varusteluprosessin suunnittelussa kaikki arvioidut kokoonpanoajat on tuplattu taukojen, selvitystöiden ja arvioimiseen liittyvän epätarkkuuden mahdollisuuden takia.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin mallinnus ohjaamoiden varusteluprosessista, joka onnistuessaan mahdollistaisi ohjaamovarustelulle asetettujen tavoitteiden saavuttamisen. Mallinnuksessa on kuvattu neljäpaikkaisen ohjaamolinjaston toimintaperiaate, työvaiheiden kulkukaavio, työvaiheet vuoroittain karkealla tasolla, tahtiajat sekä tarvittavat resurssit. Lisäksi mallinnuksessa on huomioitu linjastolle tarvittavia tukitoimintoja, kuten esivarusteluvaiheet ja niiden resurssitarpeet, materiaalityrvitukset, tarvittavat puskurivarastot sekä layout-ratkaisut. Suunnitelmaan on mallinnettu myös linjastolle käymättömien ohjaamoiden paikkakokoonpano sekä siihen tarvittavat resurssit. Mallinnuksessa on pyritty vakioimaan prosessiin kuuluvia toimintoja sekä työn määrää prosessin eri vaiheissa.

Koska opinnäytetyön aihe oli suhteellisen laaja, täytyi suunnittelutyötä tehdä pitkälti konseptitasolla, vaikkakin siihen pystyi sisällyttämään paljon yksityiskohtaisempaa suunnittelua. Käytäntöön lanseeraamista ajatellen joitakin osa-alueita täytyisi tutkia vielä tarkemmin, kuten työvaiheiden sisältöjä ja niihin liittyviä materiaalien vaiheistuksia. Lisäksi eri toimintoja olisi hyvä ottaa käyttöön hallitusti askel askeleelta ja tarvittavien kokeilujen kautta, toimintatavan kerralla muuttamisen sijaan. Koska mallinnuksessa on tavoiteltu 400 ohjaamon vuosittaista volyymiä, olisi toimintoja ja resursseja skaalattava matalammiksi vastaamaan paremmin nykyistä tilannetta ja eteneminen olisi mahdollista toteuttaa portaittain todellisen kasvun mukana. Henkilöstöresurssien määritykset muodostavat mielestäni kehitystyön suurimman haasteen ja riskin. Ajan mittaan kaikki ohjaamomallit olisikin mielekästä saada käymään linjastolle, koska itse linjasto tarvitsee jo suurehkon henkilöstöresurssin, jonka lisäksi paikkakokoonpanon resurssitarve voi kasvaa tarpeettoman suureksi ja heikentää kannattavuutta. Tahtiaikoihin perustuva varustelulinjasto ja työvaiheiden vakiointi tukisi jatkossa myös erilaisten visuaalisten ohjaustyökalujen käyttöä sekä ohjaamolinjastolla, että sen oheistoiminnoissa.

Näillä toiminnoilla prosessiin olisi mahdollista saada tarvittavaa läpinäkyvyyttä sekä parempaa ohjattavuutta. Valmiit esivarustelut mahdollistaisivat ohjaamolinjastolla ja paikkakokoonpanossa tehtävän työn kohdistamisen suoraan virtausyksiköiden jalostusarvon nostamiseen, jolla olisi uskoakseni suuri vaikutus varusteluprosessin virtaustehokkuuteen ja ohjaamoiden läpimenoaikoihin. Kaikkinensa prosessin muutokset toisivat onnistuessaan työhön selkeyttä ja sujuvuutta, joka lisäisi toivon mukaan myös työhyvinvointia, työn laatua sekä työturvallisuutta.

Omasta mielestäni opinnäytetyö onnistui laajuuteensa nähden hyvin. Sain teorioihin tutustuessani paljon syventävää tietoa prosessi- ja lean ajatteluiden maailmasta sekä kokemusta tuotantoprosessin tavoitetilan suunnittelusta. Normet Oy voi tulevaisuudessa hyödyntää ja jatkojalostaa työtä tai tarvitsemiaan osa-alueita siitä kehittäessään varusteluprosessia haluamaansa suuntaan.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ERHOLTZ, Pauli 2019-12-18. SF- avo-ohjaamorunko [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Pauli Erholtzin sähköiset kokoelmat.

ERHOLTZ Pauli 2021-10-27. NCab- etuohjaamorunko [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Pauli Erholtzin sähköiset kokoelmat.

ERHOLTZ Pauli 2021-10-27. Spraymec 5100/8100- ohjaamorunko [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Pauli Erholtzin sähköiset kokoelmat.

ERHOLTZ Pauli 2021-10-28. Charmec MC/LC- avo-ohjaamorunko [digikuva]. Sijainti: Kiuruvesi: Pauli Erholtzin sähköiset kokoelmat.

HANNUS, Jouko 1993. Prosessijohtaminen. Ydinprosessien uudistaminen ja yrityksen suorituskyky. 3. painos. Jyväskylä: Gummerus

LAAMANEN, Kai 2004. Johda liiketoimintaa prosessien verkkona. Ideasta käytäntöön. 5. painos. Helsinki: Laatukeskus.

LIKER, Jefferey K 2010. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.

LOGISTIIKAN MAAILMA 2021. JIT (Just-in-time) ja imuohjaus [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-02-17.] Saatavissa: <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

MARTINSUO, Miia ja BLOMQVIST, Marja 2010. Prosessien mallintaminen osana toiminnan kehittämistä. Tampereen teknillinen yliopisto. Teknis-taloudellinen tiedekunta. Opetusmoniste 2. [Viitattu 1021-04-18.] Saatavissa: https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/128389/prosessien_mallintaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MODIG, Niklas ja ÅHLSTRÖM Per 2016. Tätä on lean. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 6. painos. Halmstad: Bulls Graphics AB.

NORMET 2021. Normet on nopeasti kasvava ja innovatiivinen teknologiayritys [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-03-26.] Saatavissa: <https://www.normet.com/fi/>

SIX SIGMA 2000a. Tätä on lean [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-05-02.] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>

SIX SIGMA 2000b. Yleistä leanista [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-04-18.] Saatavissa: <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/>

TALOUSSANOMAT 2021. Normet Group Oy [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2021-03-26.] Saatavissa: <https://www.is.fi/yritys/normet-group-oy/iisalmi/1954515-8/#:~:text=Yrityksen%20Normet%20Group%20Oy%20liikevaihto,omavaraisuusaste%20oli%2035%2C4%20prosenttia>

TORKKOLA, Sari 2018. Asiantuntijatyön johtamisessa. 7. painos. Helsinki: Alma Talent.