

Opinnäytetyö AMK

Tuotantotalouden koulutusohjelma

2020

Matias Uusitalo

LOHKOVARUSTELUVAIHEEN KEHITTÄMINEN

– konsepti lohkovarustelun esikokoonpanosta

Matias Uusitalo

LOHKOVARUSTELUVAIHEEN KEHITTÄMINEN

- konsepti lohkovarustelun esikokoonpanosta

Opinnäytetyö toimeksiantajana toimi Meyer Turku Oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia mahdollisuuksia kehittää lohkovarusteluvaiheen tuotantoa laatimalla konsepti lohkovarustelutuotantoa tukevasta esikokoonpanosta.

Lohkovarustelu on laivaprojektin kokonaistalouden ja läpimenoajan kannalta yksi merkittävimmistä projektin tuotantovaiheista, jonka vuoksi lohkovarusteluvaiheen kehittämällä on tärkeä rooli asetettujen tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. Telakan yhtenä tavoitteena onkin pyrkiä siirtämään ja hajauttamaan laivassa suoritettavaa työtä aikaisempiin tuotantovaiheisiin, joissa työn tekeminen on sekä helpompaa, nopeampaa että kustannustehokkaampaa. Esikokoonpanotoiminnan avulla osa lohkovarusteluvaiheen työmäärästä voidaan siirtää suoritettavaksi varustelupaikkojen ulkopuolelle hallittuihin tehdasolosuhteisiin ja sen ansiosta saavuttaa lyhyemmät läpimenoajat varustelupaikalla.

Tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä tutkittiin moderniin laivanrakennusprosessiin, tuotantoprosessien kehittämiseen sekä esivalmisteisiin liittyvää teoriaa. Teoreettisen viitekehyksen lähdemateriaalina käytettiin alan kirjallisuutta sekä yrityksen sisäistä dokumentoitua tietoa. Teoriaosuuden avulla luotiin pohjaa toteutettavalle tutkimukselle sekä avattiin lukijalle ne aihekokonaisuudet, joihin opinnäytetyössä tullaan keskittymään. Tutkimuksen empiirisessä osuudessa hankittiin syvälinen tutkimusaiheen tuntemus sekä käytännöllisesti että teoreettisesti havainnointia, asiantuntijoiden haastatteluita sekä kirjallisten aineistojen analysointia hyödyntämällä. Tutkimusaiheen perehtymisvaiheen jälkeen alkuperäinen tutkimusongelma ratkaistiin kehittämällä ongelman ratkaiseva konstruktio.

Työn tuloksena laadittiin lohkovarustelun esikokoonpanon yleisiä järjestelyjä koskeva karkean tason tarkastelu ja esikokoonpanon prosessikuvaus, johon sisällytettiin prosessikaavio, prosessikortti sekä toimintokohtainen selityslehti. Lohkovarusteluvaiheen esikokoonpanon konseptiluonnos luo hyvän pohjan aiheen jatkokehitykselle ja -tutkimukselle tulevaisuudessa. Työ sisältää lisäksi myös kattavasti hyödyllistä tietoa lohkorakentamisesta, tuotantoprosessien kehittämisestä sekä esivalmisteista.

Joitakin osia työn sisällöstä ei ole voitu julkaista tietojen luottamuksellisuussyistä.

ASIASANAT:

telakka, laivanrakennus, lohkorakentaminen, lohkovarustelu, esivalmistus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme of Industrial Engineering and Management

2020 | 25 pages, 4 pages in appendices

Matias Uusitalo

DEVELOPMENT OF SECTION OUTFITTING STAGE

- pre-assembly concept for section outfitting

This thesis was commissioned by Meyer Turku Oy. The aim of the thesis was to study the possibilities of developing the production of section outfitting stage by developing a concept model of pre-assembly.

Section outfitting is one of the most significant production stages of a ship project in terms of overall economy and lead time of the project, which is why the development of section outfitting stage plays an important role in order to achieve the set goals. Thus, one of the shipyard's goals is to move and decentralize work, which is currently carried out on board, to earlier stages of production, where it is easier, faster and more cost-effective to do the work. Pre-assembly operations allow portion of the workload of section outfitting stage to be transferred to controlled factory conditions and thus enables shorter lead times at the outfitting workstation.

Theoretical framework of the study examined theory related to modern shipbuilding process, development of production processes and prefabricated products. Industry related literature and the company's internal documented information were used as the source material for the theoretical framework. The theoretical part aim was to build a basis for the research as well as to introduce reader to the topics on which the thesis would focus on. In the empirical part of the research, in-depth knowledge of the research topic was acquired both practically and theoretically by utilizing observation, interviews with experts and literature analysis. After the familiarization phase of the research topic, the original research problem was solved by developing a solution to the problem.

As a result of the study, a rough-level review of the general arrangements and a process description of the pre-assembly process were prepared. Process description was included with process diagram, process card and function-specific explanatory sheet. The concept of the pre-assembly for section outfitting stage provides a good basis for further development and research on the topic in the future. The work also includes comprehensive information on block construction method, development of production processes and prefabricated products.

Due to confidentiality reasons, some parts of the content could not be published.

KEYWORDS:

shipyard, shipbuilding, block construction, section outfitting, prefabrication

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Työn tavoitteet ja tarkoitus	7
1.2 Toimeksiantajan esittely	8
1.3 Tutkimuksen toteutus	8
2 MODERNI LAIVANRAKENNUSPROSESSI	10
2.1 Lohkorakentaminen	11
2.2 Lohkovarustelu	12
2.3 Moderni laivanrakennusprosessi Meyer Turun telakalla	14
3 TUOTANTOPROSESSIEN KEHITTÄMINEN	15
3.1 Prosessit ja niiden kuvaaminen	15
3.2 Läpimenoaika ja virtaustehokkuus	16
3.3 Tuotantoprosessien kehittäminen Meyer Turun telakalla	17
4 ESIVALMISTEET	19
4.1 Esivalmisteiden vaikutukset	19
4.2 Esivalmisteet Meyer Turun telakalla	20
5 LOHKOVARUSTELUN ESIKOKOONPANO	22
6 ESIKOKOONPANOPROSESSIN KUVAUS	23
7 YHTEENVETO	24
LÄHTEET	25

LIITTEET

Liite 1. Lohkovarustelun esikokoonpanon prosessikaavio.

Liite 2. Lohkovarustelun esikokoonpanon prosessikortti.

Liite 3. Lohkovarustelun esikokoonpanoprosessin selityslehti.

Liite 4. Luonnos lohkovarustelun esikokoonpanon piirustusmerkinnöistä.

KUVAT

Kuva 1. Esimerkki laivan suurlohkojaosta (Meyer Turku 2020).	10
Kuva 2. Esimerkki yksittäisestä lohkoista (Meyer Turku 2020).	12
Kuva 3. Lohkon kääntö oikeinpäin (Meyer Turku 2020).	13
Kuva 4. Lohkon liittäminen osaksi suurlohkoa (Meyer Turku 2020).	13

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

Esikokoonpano	Ennen varsinaista asennustyötä suoritettavaa komponenttien esivalmistusta ja/tai kokoonpanoa osakokoonpanoksi, joko tuotantolaitoksen ulkopuolella tai sille erikseen omistetussa työpisteessä.
Esivalmiste	Ennen asennusta valmistettava osa tai kokonaisuus, joka asennetaan lohkon tai laivaan sopivassa varusteluvaiheessa.
Jalkoasennus	Sellisestä asennustyöstä käytetty nimitys, joka voidaan tehdä vaakatason alapuoliseen suuntaan. Lohkon rakentaminen ylösalaisin mahdollistaa normaalisti ylöspäin suoritettavan varustelutyön suorittamisen helpommin ja ilman telineitä.
Konsepti	Luonnos, karkea malli valitusta asiakokonaisuudesta.
Lohko	Nimitys laivan runkorakenteiden osakokonaisuudesta.
Lohkorakentaminen	Nykyaikainen laivan runkorakentamisen tapa, jossa aluksen runko pilkotaan suunnitteluvaiheessa sopiviin kokonaisuuksiin, jotka kootaan ja varustellaan omina erillisinä yksikköinä.
Lohkovarustelu	Laivanrakennusprosessissa lohkonkoonnin ja suurlohkovaiheen väliin sijoittuva erillinen työvaihe, jossa lohkon varustelutyötä suoritetaan lohkon ollessa ylösalaisin.
Rakennustapa	Määrittelee laivanrakennusprosessin yksittäisten työvaiheiden järjestyksen.
Suurlohko	Useasta yksittäisestä lohkosta koostuva kokonaisuus, joka nostetaan ja liitetään osaksi laivan runkoa.
Varusteluaste	Tunnusluku joka kertoo, kuinka suuri osa tarkasteltavan kohteen varustelutyöstä on suoritettu tiettyyn tarkastelupisteseen mennessä. Käytetään useimmiten ilmaisemaan lohkovaiheessa suoritettujen varustelun prosentuaalista osuutta koko varustelutyöstä.

1 JOHDANTO

Jatkuvalla kehityksellä on tärkeä merkitys yrityksen kilpailukyvyn ylläpitämisessä. Liiketoiminnan kasvun myötä saattaa muodostua uusia haasteita, jotka vaativat yrityksen sisäisten rakenteiden mukauttamista tarpeita vastaaviksi. On erityisen tärkeää, että yrityksessä löydetään uusia tapoja kehittää ja arvioida yrityksen toimintaa jatkuvasti.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Meyer Turku Oy, yksi maailman johtavista laivanrakennusyrittäjistä. Yritys on 2010-luvun alun haasteiden jälkeen noussut ja kääntänyt kurssinsa uuteen voimakkaaseen nousuun. Viimeisen muutaman vuoden aikana työtilanne ja tekemisen tahti telakalla on muuttunut täysin tilauskirjan täytyessä ennätystahtiin. Uusi tekemisen tahti tarkoittaa, että samalla kun telakalla valmistuvien laivojen läpimenoajat lyhenevät, alukset ovat entistä suurempia ja täynnä uusia, yhä monimutkaisempia teknologioita ratkaisuja. Kansainvälisen kilpailukyvyn säilyttämiseksi yrityksen tavoitteena on lähivuosien aikana kaksinkertaistaa telakan tuotantotahti nykyisestä yhden tilauksen vuositahdista kahteen toimitettuun tilaukseen vuodessa. Meyer Turku investoiikin telakan uudistamiseen ja kehittämiseen voimakkaasti, jotta asetettuihin tuotantotavoitteisiin ja tilaajien kasvaviin odotuksiin lyhyemmistä toimitusajoista kyetään vastaamaan. (Meyer Turku 2019.)

1.1 Työn tavoitteet ja tarkoitus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia mahdollisuuksia kehittää Meyer Turun telakan lohkovarusteluvaiheen tuotantoa laatimalla konsepti tuotantoa tukevasta esikokoonpanoprosessista. Lohkovarusteluvaiheen kehittämistyön tavoitteena on lyhentää lohkovarustelutuotannon läpimenoaikaa varustelupaikalla, nostaa lohkojen varusteluastetta ja tasoittaa lohkojen välisiä kuormituseroja.

Lohkovarustelu on laivaprojektin kokonaistalouden ja läpimenoajan kannalta yksi merkittävimmistä projektin tuotantovaiheista, jonka vuoksi lohkovarusteluvaiheen tuotannon kehittämällä on tärkeä rooli asetettujen tuotantotavoitteiden saavuttamiseksi. Telakan yhtenä tavoitteena onkin pyrkiä siirtämään ja hajauttamaan laivassa suoritettavaa työtä aikaisempiin tuotantovaiheisiin, joissa työn tekeminen on sekä helpompaa, nopeampaa että kustannustehokkaampaa.

Henkilöresurssien ja varustelupaikkojen määrän lisäämisen ohella on tarkasteltava myös muita keinoja lohkovarustelutuotannon kapasiteetin kasvattamiseksi. Esikokoonpanotoiminnan avulla osa lohkovarusteluvaiheen työmäärästä voidaan siirtää suoritettavaksi varustelupaikkojen ulkopuolelle hallittuihin tehdasolosuhteisiin ja sen ansiosta saavuttaa lyhyemmät läpimenoajat varustelupaikalla. Muita esikokoonpanotoiminnalla tavoiteltavia hyötyjä ovat esimerkiksi parempi hallittavuus, laatu ja turvallisuus. Lisäksi tuotannonohjauksen ja raportoinnin näkökulmasta tarkasteltuna lohkovarusteluvaiheen tuotantoprosessiin saadaan esikokoonpanon myötä luotua uusi kontrollipiste.

1.2 Toimeksiantajan esittely

Meyer Turku Oy on erikoistunut erittäin vaativien, innovatiivisten ja ympäristöystävällisten risteilyalusten, autolautojen ja erikoisalusten rakentamiseen. Meyer Turku on yhdessä kahden muun Meyerin perheen omistaman sisartelakkansa, Papenburgissa sijaitsevan Meyer Werftin ja Rostockissa olevan Neptun Werftin kanssa yksi maailman johtavista risteilyalusten rakentajista. Yhtiö tarjoaa huipputeknologisia ratkaisuja, pitkälle kehitettyjä rakennusprosesseja sekä uraa uurtavia innovaatioita risteilyvarustamoille ja muille laivanomistajille. Meyer Turulla on kolme tytäryhtiötä, joihin kuuluvat Piikkiössä sijaitseva hyttitehdas Piikkio Works Oy, laivojen yleisten tilojen kokonaistoimituksiin erikoistunut Shipbuilding Completion Oy sekä laivanrakennus- ja offshore-alan suunnitteluyritys ENG´ND Oy. (Meyer Turku 2020; Meyer Werft 2020a.)

Turun telakka on perustettu vuonna 1737 ja vuosien varrella telakalla on menestyksellä rakennettu yli 1 300 alusta asiakkaille ympäri maailmaa. Yritys on merkittävä työllistäjä Varsinais-Suomen alueella, ja tällä hetkellä se työllistää noin 2500 työntekijää. Telakan toiminta on vahvasti verkostoitunutta ja onkin merkillepantavaa, että kun kaikki merenkulkualan ympärille muodostuneen verkoston piiriin kuuluvat toiminnot lasketaan yhteen, suomalainen meriklusteri käsittää yhteensä yli 40 000 ihmistä. (Meyer Turku 2020.)

1.3 Tutkimuksen toteutus

Opinnäytetyössä sovelletaan konstruktivistista tutkimusotetta. Konstruktivisen tutkimusotteen avulla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia luomalla jokin uusi konstruktio, joten tutkimustapa soveltuu empiirisiin tutkimuksiin. Konstruktivinen tutkimus soveltaa voimakasta ongelmanratkaisuun tähtäävää interventiota ja intensiivistä yritystä tehdä teoreettisia johtopäätöksiä empiiriseen työhön perustuen. Keskeisiä konstruktivisen tutkimuksen piirteitä ovat tutkijan toiminta suoraan kentällä, pienet aineistokoot ja etnografisten metodien (havainnointi, haastattelut ja arkistojen analysointi) soveltaminen tutkimuksen empiirisessä osassa. Kaikille case-tutkimuksen muodoille on tyypillistä nojata suurimmaksi osaksi laadullisiin tutkimusmetodeihin, vaikka kvantitatiivisten metodien käyttökin on tietysti mahdollista. Tässä opinnäytetyössä teoreettinen kontribuutio on aikaisemman teorian havainnollistus, eikä tutkimus näin ollen tuo mitään sinänsä uutta relevanttiin aikaisempaan teoriaan kehitetyn uuden konstruktion lisäksi. Tutkimus on kuitenkin uusi mielenkiintoinen sovellus jo olemassa olevalle teorialle, joka vahvistaa edelleen teorian paikkansapitävyyttä ja samalla osoittaa millaisia uusia käytännön seuraamuksia sillä voi olla. (Lukka 2001.)

Opinnäytetyö rajataan koskemaan yksittäisen yrityksen erikseen määriteltyjen toimintojen kehittämistä. Tarkoituksena on tutkia, miten esikokoonpanotoimintaa voitaisiin hyödyntää Meyer Turun telakan lohkovarusteluvaiheen tuotannon tehostamiseksi. Tässä työssä lohkovarustelutuotannon tehostamista tarkastellaan erityisesti ilmastointijärjestelmien pyörökanavien sekä kaapeliratojen esivalmistamisen näkökulmasta. Opinnäytetyön tuotoksena laaditaan konseptiluonnos lohkovarustelun esikokoonpanosta. Konseptiluonnokseen sisällytetään esikokoonpanon yleisten järjestelyjen karkean tason kuvaus sekä esikokoonpanon prosessikuvaus olennaisilta osin. Tähän opinnäytetyöhön ei kuulu

lohkovarustelun esikokoonpanotoiminnan toimeenpaneminen käytännössä, kustannus- ja aikatauluvaikutusten tarkastelu, työpisteen tilasuunnittelu, yksityiskohtainen väline- ja laitetarpeiden määrittely, ulkoistamispäätöstarkastelu eikä toteuttamiskelpoisuuden arviointi. Rajaus otetaan huomioon opinnäytetyön empiirisen osan lisäksi huomioon myös sen teoreettisessa viitekehyksessä.

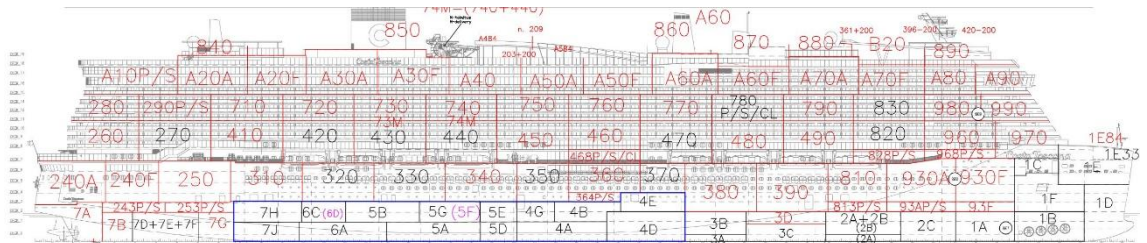
Tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä tutkitaan moderniin laivanrakennusprosessiin, tuotantoprosessien kehittämiseen sekä esivalmisteisiin liittyvää teoriaa. Teoreettisen viitekehysten lähdemateriaalina käytetään alan kirjallisuutta sekä yrityksen sisäistä dokumentoitua tietoa. Teoriaosuuden tarkoituksena on luoda pohjaa toteutettavalle tutkimukselle sekä avata lukijalle ne aihekokonaisuudet, joihin opinnäytetyössä tullaan keskittymään. Tutkimuksen empiirisessä osuudessa pyritään hankkimaan syvälinen tutkijamateriaalin tuntemus sekä käytännöllisesti että teoreettisesti havainnointia, asiantuntijoiden haastatteluita sekä kirjallisten aineistojen analysointia hyödyntämällä. Tutkimusaiheen perehtymisvaiheen jälkeen pyritään tutkimusongelma ratkaisemaan kehittämällä ongelman ratkaiseva konstruktio.

Tutkimuksen luotettavuus pyritään varmistamaan käyttämällä useita lähteitä ja varmistamalla saadut tiedot aina muista lähteistä. Aineiston ja tutkimustulosten paikkansapitävyys todennetaan luetuttamalla aineisto ja tulkinta henkilöillä, joita se koskee ja jotka ovat olleet tietolähteinä. Henkilöt lukevat tekstin ja vahvistavat tutkijan tulkinnan ja tutkimustuloksen.

2 MODERNI LAIVANRAKENNUSPROSESSI

Modernin laivanrakennusprosessin perusajatuksena on se, että työn tekeminen laivassa ei ole tehokasta. Sen sijaan, että laiva rakennettaisiin pala palalta suoraan rakennuspaikalla, kannattavampaa on pilkkoa kokonaisuus pienempiin osiin, hajauttaa mahdollisimman suuri osa työstä tehtäväksi ennen rungonkoontia ja suorittaa varsinainen rungonkoonti mahdollisimman valmiista osakokonaisuuksista. Kokonaisuuden pilkkomisen ja työn hajauttamisen avulla laivaprojektin kokonaistyömäärää saadaan jaettua laajalle alueelle ja useita työvaiheita suoritettua samanaikaisesti kokonaisläpimenoajan lyhentämiseksi.

Tämän seurauksena moderni laivanrakennus muistuttaa rakennuspalikoita. Laivat suunnitellaan siten, että kokonaisuus pilkotaan pieniksi Lego-palikoiden kaltaisiksi palasiksi, jotka kootaan ja varustellaan erillisinä yksikköinä. Näitä yksittäisiä palasia kutsutaan lohkoiksi. Seuraavassa vaiheessa useita yksittäisiä lohkoja yhdistetään isommiksi kokonaisuuksiksi, joista koostuvia rakennelmia kutsutaan suurlohkoiksi. Yksittäiset suurlohkot, joiden määrä voi vaihdella laivan koosta ja telakan nostokapasiteetista riippuen 20-100 välillä, yhdistetään osaksi laivakokonaisuutta vasta rakennusprosessin loppuvaiheessa, jolloin rungonkoontin jälkeisen varsin hitaan ja hankalan varustelutyön määrä on mahdollisimman pieni. Tämänkaltaisten nykyaikaisten laivanrakennusmenetelmien soveltamista kutsutaan yleisesti lohkorakentamiseksi. (Meriteollisuus 2020; Meyer Werft 2020b.). Kuvassa 1 on esitetty havainnollistava esimerkki laivan suurlohkojaosta sivuku- van avulla.



Kuva 1. Esimerkki laivan suurlohkojaosta (Meyer Turku 2020).

Lohkorakentamismenetelmien sovellutuksien tavoitteena on läpimenoaikojen lyhentäminen, kustannusten minimointi ja tuottavuuden parantaminen. Lohkorakentamisen myötä työtä saadaan siirrettyä pois laivasta ja hajautettua laajalle rintamalle tehdasolosuhteisiin. Töiden hajautuksella käsitetään lohkorakentamisen tapauksessa ylimmällä tasolla laivakokonaisuuden jakamista lohkoihin, joita voidaan työstää samanaikaisesti useassa eri työpisteessä. Alemmilla tasoilla lohkoihin kohdistuvaa työtä voidaan edelleen hajauttaa esivalmisteiden, osakokoonpanojen ja moduloinnin kautta yhä pienempiin osakokonaisuuksiin, hajauttamisen vaikutusten kantautuessa aina suunnittelutasolle saakka. Töiden hajauttaminen ei rajaudu telakan alueen sisäpuolelle, ja usein onkin kannattavaa ulkoistaa osa työstä yrityksen ulkopuolisille toimijoille.

Siirtämällä työtä tehdasolosuhteisiin saadaan luotua paremmat edellytykset työn suorittamiseksi tehokkaasti, laadukkaasti ja hallitusti. Tehdasolosuhteissa kukin työpiste voidaan suunnitella palvelemaan nimenomaisella työpisteellä tehtävää työtä. Työn kohde saadaan tuotua työn suorittamiseksi vaadittavien resurssien luokse eikä päinvastoin. Työkalut, laitteet ja asennusmateriaali ovat kätevästi saatavilla ja työ voidaan tehdä sille otollisissa olosuhteissa. Myös tuotannon suunnittelua voidaan hyödyntää lohkorakentamisketjussa, jolloin materiaali ja työvoima voidaan suunnitella lohkoittain. Koko laivanrakennusprosessia voidaan hallita varustelulaiturin tai rakennusaltaan aikataulun mukaan. (Eyres & Bruce 2012, 148.)

2.1 Lohkorakentaminen

Aikanaan laivat rakennettiin pala palalta veneluiskalla. Merkittävin muutos tähän perinteiseen rakennustapaan sai alkunsa toisen maailmansodan aikaan, jolloin oli olemassa tarve saada rakennettua suuri määrä kauppa- ja sotalaivoja lyhyessä ajassa. Tämä tarve vauhditti hitsausmenetelmien käyttöönottoa telakoilla ja johti massatuotantotekniikoiden soveltamiseen laivanrakennuksessa. Laivan runkorakenteen yksittäisten osakokonaisuuksien, eli lohkojen, esivalmistaminen ennen varsinaista rungonkoontia yleistyi. Uusia sovellutuksia hyödyntäen alusten rungonkoonti kyettiin suorittamaan aikatauluissa, jotka ovat vakuuttavia vielä nykypäivänäkin. Monet alan suurimmista saavutuksista saavutettiin Yhdysvalloissa, missä merkittävä osa sota-ajan aluksista rakennettiin näiden uusien sovellutuksien avulla. (Eyres & Bruce 2012, 147.)

Alkuvaiheessa lohkorakentamismenetelmien käyttöönottoa johdettiin taloudellisuuden sijaan lähinnä nopeampien rakennusaikojen ja massatuotannon näkökulmasta. Lohkorakentamisen potentiaaliset kokonaisvaltaiset hyödyt kuitenkin tunnistettiin, jonka seurauksena telakoilla alettiin tehdä tarvittavia investointeja uusiin kokoonpanotyöpisteisiin ja suurempiin nostureihin, joilla esikoottuja lohkoja saataisiin siirreltyä. Alhaisista työvoimakustannuksista johtuen perinteisten menetelmien soveltaminen oli kuitenkin edelleen taloudellisempi vaihtoehto. (Eyres & Bruce 2012, 147.)

1950-luvulla laivojen koot kasvoivat ja työvoimakustannukset perinteisissä laivanrakennusmaissa kasvoivat. Laivojen rakenteisiin tarvittiin entistä enemmän terästä, joka oli yksi merkittävimmistä ajureista kohti hitsaus- ja lohkorakentamismenetelmien laajempaa soveltamista osana laivanrakennusta. Lohkorakentamismenetelmien vakiinnuttua ja laivojen koon jatkettua kasvamistaan, myös lohkoista tehtiin suurempia ja sitten useita lohkoja yhdistettiin, muodostaen suurlohkoja. (Eyres & Bruce 2012, 147–148.)

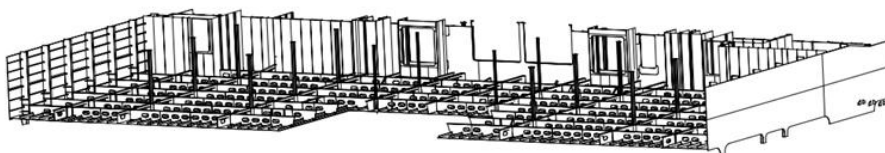
1970-luvulle asti lohkorakentamisella käsitettiin lähinnä laivan rungon teräsrakenteiden esivalmistusta ja kokoamista yksittäisinä osakokonaisuuksina. Varustelutyö ja laitteiden asennus suoritettiin valmiiseen runkoon vasta aluksen vesillelaskun jälkeen. Vaikka lohkorakentamismenetelmillä saavutetut olivatkin aikaa säästäviä ja kustannustehokkaita, huolimattomat ja kontrolloimattomat varustelumenetelmät vahingoittivat laivan kokonaistuotantoprosessia. Samalla kun laivojen koot kasvoivat, kasvoi myös niiden monimutkaisuus ja varustelusta alkoi muodostua rakennusprosessin pullonkaula. Varusteluprosessia oli kehitettävä, jotta voitaisiin hyötyä lohkorakentamismenetelmillä saavutettavista nopeammista rakennusajoista ja paremmasta kustannustehokkuudesta. Perinteistä lähestymistapaa, koota laivan runko sekä laskea se vesille ennen varustelutyön suoritta-

mista, oli muutettava. Varustelutyötä alettiin sisällyttää osaksi lohkorakentamismenetelmien soveltamista. (Eyres & Bruce 2012, 148–149.) Sitten lohkoihin kohdistuvaa työtä on alettu hajauttamaan esivalmisteiden, osakokoonpanojen ja moduloinnin kautta yhä pienempiin osakokonaisuuksiin, hajauttamisen vaikutusten kantautuessa aina suunnittelutasolle saakka.

2.2 Lohkovarustelu

Lohkovarustelu on modernin laivanrakennusprosessin työvaihe, jossa varustelutyötä suoritetaan lohkovaiheen aikana. Lohkovaiheella käsitetään lohkotuotannon ja rungonkoonnin välinen tuotantovaihe laivanrakennusprosessissa. Lohkovarustelutyö voidaan tarvittaessa aloittaa jo lohkonkoonnin yhteydessä, ja sitä pyritään jatkamaan aina rungonkoontiin asti, kun suurlohko nostetaan osaksi laivan runkoa. Lohkovarustelun pääasiallinen, ja tehokkain, työvaihe on kuitenkin siihen erikseen varattu ajanjakso lohkotuotannon jälkeen, ennen maalausta ja lohkon kääntämistä osaksi suurlohkoa.

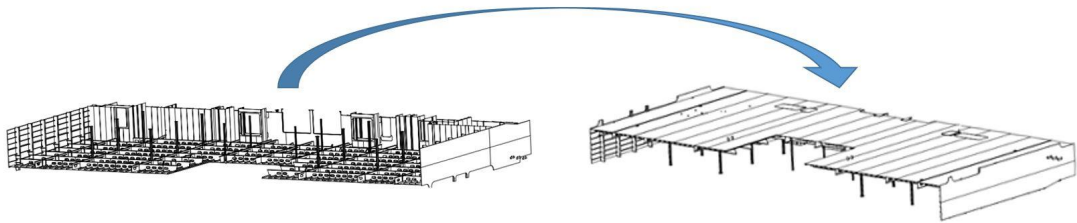
Lohkotuotannossa lohkot kootaan väärinpäin, eli yläpuolinen kansi maata vasten. Yksittäinen lohko koostuu tavallisesti yläpuolisesta kannesta, laipioista sekä tarvittavista vahvikerakenteista (Kuva 2). Lohkonkoonnissa saavutettavien hyötyjen ohella lohkojen käänteinen asento palvelee myös lohkovarusteluvaiheen toimintaa, jonka vuoksi lohkotuotannon jälkeen lohkovarustelutyön suorittamiseen pyritäänkin varaamaan riittävästi aikaa ennen lohkon kääntämistä oikein päin. Avoimen rakenteen ansiosta kulku lohko sisäosiin on helpompaa ja varustelumateriaalit ovat helpommin kuljetettavissa työkohteeseen. Avoin rakenne mahdollistaa myös nosturien hyödyntämisen materiaalin siirtämiseksi suoraan lohkoon, joka on hyödyllistä erityisesti suuria asennuskokonaisuuksia liikutellessä. (Eyres & Bruce 2012, 154; Meriteollisuus 2020.)



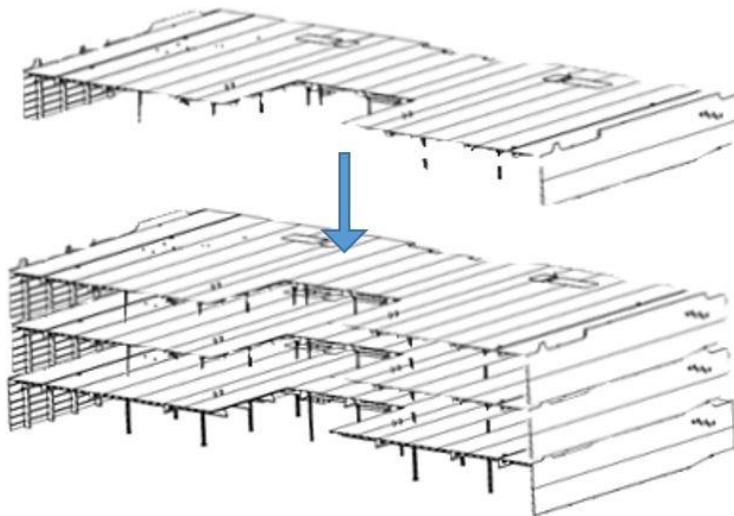
Kuva 2. Esimerkki yksittäisestä lohkosta (Meyer Turku 2020).

Varsinaisen asennustyön kannalta lohkon käänteisellä asennolla voidaan saavuttaa merkittävää hyötyä. Tässä vaiheessa kattorakenteisiin asennettavien varusteluosien, kuten ilmastointikanavien, putkien ja kaapeliratojen asentaminen on huomattavasti vaivatonta ja nopeampaa, koska asennustyö voidaan suorittaa jalkoasennossa, ja kohde on kätevästi lähestyttävissä. Tästä johtuen mahdollisimman suuri osa kattorakenteisiin tehtävästä varustelutyöstä pyritään suorittamaan ennen lohkon kääntämistä oikein päin. (Eyres & Bruce 2012, 152.)

Kun lohkovarustelutyöhön erikseen varattu ajanjakso päättyy, lohko käännetään oikein päin (Kuva 3) ja liitetään osaksi suurlohkoa (Kuva 4). Suurlohkovaiheen aikana varustelua jatketaan niin pitkälle loppuun kuin mahdollista ennen rungonkoontia. Tässä vaiheessa varustelutyön suorittaminen kuitenkin hankaloituu. Ajallisesti työn nopeus hidastuu noin puoleen verrattuna lohkovarusteluvaiheeseen. Suurlohkovaiheessa vastaava työ joudutaan suorittamaan ylöspäin, jolloin työ muuttuu raskaammaksi ja käyttöön tarvitaan telineet, jotta työkohteeseen päästään käsiksi. Myös asennusmateriaalin, työkalujen ja laitteiden saattaminen työkohteeseen on hankalampaa. (Meriteollisuus 2020.)



Kuva 3. Lohkon käänntö oikeinpäin (Meyer Turku 2020).



Kuva 4. Lohkon liittäminen osaksi suurlohkoa (Meyer Turku 2020).

Lohkovaihe tulkitaan päättyväksi rungonkoontiin, toisin sanoen nostettaessa suurlohko osaksi laivan runkoa ja liitettäessä se ympäröiviin laivan rakenteisiin. Varustelutyötä jatketaan laivavaiheessa aina aluksen luovutukseen saakka. Laivavaiheessa varustelutyön suorittaminen ja materiaalin saaminen työkohteeseen hankaloituu entisestään, yleensä huomattavasti verrattuna lohkovaiheen varusteluun. Laivavaiheessa asennusmateriaalit joudutaan nostamaan nostureilla laivaan. Nostokapasiteetti on rajallinen, joten vuoroja joutuu odottamaan ja nostoajankohdat joudutaan sopimaan erikseen nostotiimin kanssa.

Etenkin pitkälle edenneessä rungonkoonnissa materiaalia ei aina välttämättä saada kovin lähelle työkohdetta, vaan nosto tulee lähimmälle ulkokannelle. Materiaalia voidaan joutua kuljettamaan laivassa pitkiäkin matkoja ja ahtaissa portaikoissa. Useimmiten onkin tapana tehdä runkoon aukkoja materiaalin kuljetusta varten tai jättää esim. yksi ikkuna asentamatta ja käyttää sitä aukkoa materiaalin kuljetukseen. Rungonkoontivaiheessa olevan laivan ympäristö muuttuu koko ajan. Edellisellä viikolla työkohde voi olla helpon reitin päässä, mutta lohkonostojen edetessä jokin alue voi jäädä hankalasti saavutettavaksi. Muuttuva työympäristö vaatii jatkuvasti uusien kulkureittien miettimistä. Varustelutyötä varten laivaan rakennetaan paljon telineitä, joita puretaan ja rakennetaan töiden edetessä eri paikoissa. (Meriteollisuus 2020.)

Lohkovarustelu onkin laivaprojektin kokonaistalouden ja läpimenoajan kannalta yksi merkittävimmistä projektin tuotantovaiheista (Meriteollisuus 2020). Nykypäivänä lohkon varusteluaste ennen rungonkoontia voi parhaimmillaan olla jopa 85-90% (Eyres & Bruce 2012, 149).

2.3 Moderni laivanrakennusprosessi Meyer Turun telakalla

Meyer Turku Oy:n toiminnassa sovelletaan laajasti ja monipuolisesti nykyaikaisia laivanrakennusmenetelmiä. Telakan toiminta on vahvasti verkostoitunutta ja työ on onnistuttu hajauttamaan laajalle alueelle sekä telakan sisällä että ulkopuolisille toimijoille. Lukuisat telakan verkostoon kuuluvat alihankintayritykset ovatkin merkittävässä roolissa läpimenoaikojen lyhentämiseksi ja laivaprojektien toteuttamiseksi tavoiteaikatauluissa.

Yritys on viime vuosina investoinut telakan uudistamiseen ja kehittämiseen voimakkaasti tuotantokapasiteetin nostamiseksi. Vuonna 2018 otettiin käyttöön toinen pukkinosturi, jonka myötä nostokapasiteetti saatiin kaksinkertaistettua. Vuoden 2020 aikana tuotantokapasiteettia saadaan nostettua myös esimerkiksi runkotuotannon, lohkovarustelun ja logistiikan toimintoihin liittyvien investointiprojektien myötä. Myös laivavaiheen varustelutyön hitauteen ja kustannustehottomuuteen on otettu kantaa sekä lohkovarustelun merkitys laivaprojektin kokonaistalouden ja läpimenoajan kannalta on tiedostettu. Telakan yksi päätavoitteista onkin saada siirrettyä laivavaiheessa suoritettavaa työtä aikaisempiin työvaiheisiin tuotannon tehostamiseksi.

Vaikka suurilla investointiprojekteilla saavutetaankin parhaimmillaan merkittävää tuotantokapasiteetin kasvua, on investointien ohella myös tärkeää kehittää jo olemassa olevia tuotantoprosesseja. Eri toimintojen ja tuotantovaiheiden prosessien kehittämisen avulla on mahdollista saada enemmän irti nykyisestä kapasiteetista ja resursseista telakan toiminnan kehittämiseksi.

3 TUOTANTOPROSESSIEN KEHITTÄMINEN

Ainoa pysyvä kilpailuetu on kyky oppia ja kehittyä nopeammin kuin kilpailijat. Paikallaan pysyminen tietää hidasta kuihtumista. Kaikki kehitys vaatii muutosta, mutta kaikki muutokset eivät tuota kehitystä. Muutos voi parantaa suorituskykyä vain, jos toiminta prosessissa toteutuu uudella, parempia tuloksia tuottavalla tavalla. Tehokas kehittäminen kohdistuu juuri prosessiin. (Laamanen & Tinnilä 2009, 39.)

Tuotannon kehittäminen on tehokkaiden tuotantoprosessien luomista ja tuotantokyvyn parantamista. Tuotannon kehittäminen viittaa jo olemassa oleviin tuotantojärjestelmiin, ja kysymykseen siitä, miten nykyisiä järjestelmiä voitaisiin kehittää. Prosessien parantaminen on keskeinen keino kehittää liiketoimintaa ja parantaa tulosta. Useat johtamisen mallit kuten laatujohtaminen, Six Sigma, toimintojohtaminen, liiketoimintaprosessien johtaminen sekä Lean perustuvat prosessien analysoimiseen ja niiden parantamiseen. (Laamanen & Tinnilä 2009, 5.)

3.1 Prosessit ja niiden kuvaaminen

Prosessi on joukko toisiinsa liittyviä toimintoja ja niiden toteuttamiseen tarvittavia resursseja, joiden avulla syötteet muutetaan tuloksiksi. Mikä tahansa toiminta voidaan kuvata prosessina. (Laamanen & Tinnilä 2009, 121.) Toiminnolla tarkoitetaan joukkoa tehtäviä, joiden avulla tietty tulos saavutetaan. Jokainen prosessi koostuu joukosta toimintoja. Toiminnot vastaavasti koostuvat tehtävistä, jotka tarvitaan tietyn lopputuloksen tuottamiseen ja jotka vaikuttavat liiketoimintaprosessin tavoitteiden saavuttamiseen. Prosessin toiminnot esitetään usein prosessikaaviossa. Sanan toiminto rinnalla käytetään myös sanoja aktiviteetti ja vaihe. (Laamanen & Tinnilä 2009, 87.)

Prosessia voidaan tarkastella myös tiedon jalostumisen näkökulmasta. Prosessi jalostaa tietoa syötteistä tuotoksiksi. Toinen tärkeä tiedon ja prosessien välinen yhteys on prosessin suorituskyky. Tässä yhteydessä usein puhutaan operatiivisten tavoitteiden asettamisesta ja suorituskyvyn mittaamisesta. Kun prosessi on mallinnettu ja ymmärretty, kehitystyö jatkuu arvoa luovan prosessin tehokkuuden parantamisella. Prosessit ovatkin eräs tietämyksen laji. Vain mallinnettu tietämys on tehokkaasti siirrettävissä ja jaettavissa. (Laamanen & Tinnilä 2009, 28–29.)

Prosessin kuvauksessa esitetään prosessin ymmärtämisen kannalta kriittiset toiminnot ja muut määrittelyt. Kuvaus sisältää prosessin oleelliset tekijät, kuten resurssit, henkilöstön, menetelmät ja työkalut, tuotoksen, ympäristökuvauksen, sekä prosessin liittymäpinnat toisiin prosesseihin. Tämän ohella käytetään myös ilmaisua prosessin määrittely. (Laamanen & Tinnilä 2009, 123.)

Prosessikaavio on kaavion muotoon piirretty esitys, jossa graafisesti esitetään tietyn prosessin toiminnot, tietovirrat ja roolit tai henkilöt. Joskus käytetään nimitystä vuokaavio, jolloin usein kuvataan vain toiminnot ja tiedot. Prosesseja kuvataan eri tarkoituksia, kuten prosessien johtamista, ongelmien ratkaisua tai tietojärjestelmien kehittämistä varten. Prosessikaaviossa on hyvä näkyä eri asioiden välisiä riippuvuuksia ja siksi sen tulisi edistää prosessissa toimivien ihmisten yhteistyötä. (Laamanen & Tinnilä 2009, 124.)

3.2 Läpimenoaika ja virtaustehokkuus

Sen sijaan, että kehitystyössä keskityttäisiin yksittäisiin asioihin, on järkevämpää tarkastella kokonaisuutta ja sen optimoimista. Optimoinnin tavoitteena on tuottaa asiakkaalle parasta mahdollista arvoa tuottajan tarpeet huomioiden. Käytännössä tämä tarkoittaa asiakastyytyväisyyden (virtaustehokkuus) ja tuottajatytytyväisyyden (resurssitehokkuus) maksimointia. Yrityksen tai organisaation tehtävänä on tuottaa asiakkaille ja itselleen arvoa. Työn suorittamiseen kuluu aikaa. Tätä aikaa kutsutaan läpimenoajaksi. (Six Sigma 2020.)

Toisin sanoen, läpimenoaika on aika, joka kuluu tiettyjen toimintojen toteuttamiseen. Prosessin läpimenoaika lasketaan prosessin ensimmäisen vaiheen aloittamisesta viimeisen vaiheen lopettamiseen. Läpimenoajan osatekijöitä voivat olla prosessin eri toiminnot, kuten valmistelu-aika, jonotusaika, kuljetusaika, valmistusaika ja tarkastukseen kuluva aika. Jokaisen prosessin toimintoon liittyy siirto-, odotus-, aloitus-, suoritus- ja lopetus-aika. Prosessin läpimenoaikaa voidaan lyhentää suunnittelemalla prosessin vaiheet toteutettavaksi uudella tavalla. (Laamanen & Tinnilä 2009, 101–102.) Prosessin rajojen määrittely vaikuttaa läpimenoajan mittaamiseen. Läpimenoaika voi olla esimerkiksi yksittäisen lohkon tuotantoon kuluva aika tai vastaavasti koko runkotuotannon prosessi. (Modig & Åhlström 2013, 37-39.)

Läpimenoajan pidentyessä aikaa käytetään muuhunkin kuin arvon tuottamiseen asiakkaalle. Resurssien käyttö ei rajoitu enää asiakastarpeeseen vaan enenemissä määrin ei-arvoa lisääviin asioihin. On huomattava, että tuottipa työ asiakkaan silmissä arvoa tai ei, tarvitsee työn tekeminen resurssit. Yrityksen resursseja käytetään mm. varastojen, ajan ja tarvittavien resurssien hallintaan. Olemassa olevien resurssien sitoutuessa ei-arvoa lisäävään työhön laskee työn tuottavuus. Tämän takia keskeinen tavoite on lyhentää läpimenoaikaa virtaustehokkuuden kasvattamiseksi. (Six Sigma 2020.)

Virtaus on prosessin kapasiteettia kuvaava tunnusluku, joka lasketaan aikaansaannosten ja aikayksikön suhteena. (Laamanen & Tinnilä 2009, 104.) Virtauksella tarkoitetaan myös työn ja prosessin suunnittelua siten, että työ pääsisi etenemään ilman turhia pysähdyksiä. Usein ideaalina tässä yhteydessä pidetään sellaista yhden kappaleen virtausta, jossa yksittäiset työt virtaavat prosessissa peräkkäin ilman välivarastoja tai muita pysähdyksiä, mutta tämä ei ole välttämättömyys. Virtaus on aina olemassa, vaikka se tapahtuisikin erissä tai välillä jopa pysähtyisikin. Keinona virtauksen aikaansaamiseksi on imuohjaus. Prosessiin tulisi luoda imu, jossa tehdään vain tarpeen ja kysynnän mukaan. Imussa oleellista on työn vapauttaminen tuotantosysteemiin sisäisen tilan perusteella, eli työtä ei vapauteta, jos sitä ei ole mahdollista tehdä tai sille ei ole tarvetta. Tämä automaattisesti myös rajoittaa työn määrää systeemissä. Oleellista imuohjauksessa onkin, että keskeneräisen työn määrälle on määriteltävä raja, jota ei tule ylittää. Imuohjauksella saavutettavat hyödyt, kuten pienemmät kustannukset, parantunut laatu ja suurempi joustavuus muodostuvat keskeneräisen tuotannon rajoittamisen kautta eivätkä sen toteuttamismekanismin kautta. (Pesonen 2020.)

Tehokkuus on tunnusluku, joka lasketaan saavutetun arvon ja sen aikaansaamiseen käytettyjen panosten suhteena. Tehokkuus on keskeisin tavoiteltava suorituskyky prosessissa. Usein tehokkuus ilmaistaan arvon suhteena panokseen. Puhutaan esimerkiksi työn tehokkuudesta (tuotoksia/työtunti). Muita tehokkuuteen liittyviä tunnuslukuja ovat

mm. tuotteiden määrä suhteessa kustannuksiin, keskeneräisen tuotannon määrä, pääoman kiertonopeus tai liikevaihto suhteessa henkilöstön määrään. (Laamanen & Tinnilä 2009, 102–103.) Tehokkuudella on kaksi puolta, tuottavuus ja vaikuttavuus. Tuottavuus lasketaan tuotteiden ja palveluiden suhteena käytettyihin resursseihin eli tuottavuus kertoo siitä, miten tehokkaasti tuotteita ja palveluita on tuotettu. Vaikuttavuus lasketaan vaikutusten suhteena käytettyihin resursseihin. Vaikuttavuus kertoo siitä, onko tuotteista ja palveluista ollut hyötyä asiakkaille. Parhaimmillaan prosessin tehokkuus paranee, kun sekä tuottavuus että vaikuttavuus paranevat samanaikaisesti. Tehokkuuden kannalta on hyödyllistä, että virtaus on mahdollisimman tasainen. Kappaletavarateollisuudessa imuohjauksen tehokkuus perustuu tahtiaikojen laskemiseen ja niiden tasaamiseen, mikä estää materiaalia kasautumasta prosessiin. (Laamanen & Tinnilä 2009, 103–104.)

Läpimenoaika pitää sisällään arvoa lisäävää ja ei-arvoa lisäävää aikaa. Arvoa lisäävällä ajalla tarkoitetaan niitä asioita, joista asiakas on valmis maksamaan suoraan tai epäsuorasti. Ei-arvoa lisäävä aika on arvoa lisäävän ajan vastakohta. Läpimenoajan ja arvoa lisäävän ajan suhdetta kutsutaan virtaustehokkuudeksi. (Six Sigma 2020.) Virtaustehokkuudessa huomio kohdistuu resurssitehokkuuden sijaan jalostettavaan yksikköön. Virtaustehokkuudessa keskeistä on siis tunnistaa aika, joka kuluu tarpeen tunnistamisesta sen tyydyttämiseen. Teollisuudessa virtaustehokkuuden yksikköinä käytetään useimmiten tuotteita, joita jalostetaan prosessissa erilaisia materiaaleja käyttämällä. Kaikissa organisaatioissa on prosesseja, ja prosessit ovatkin virtaustehokkuuden kulmakivi. Prosessissa on tarkoitus viedä jotakin eteenpäin, jolloin esimerkiksi yksittäinen tarkastettava tuote eli virtausyksikkö jalostuu. Nämä virtausyksiköt virtaavat prosessin läpi. Virtaustehokkuutta mitataan sen perusteella, kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu tietyn ajanjakson aikana. Virtaustehokkuuteen keskittymällä voidaan vähentää ylimääräistä työtä ja prosessissa muodostuvaa hukkaa (Modig & Åhlström 2013, 5–19).

Prosessi koostuu useista eri vaiheista, joten käsittelyajan vaihtelu jo ensimmäisessä vaiheessa vaikuttaa seuraaviin prosessin vaiheisiin. Esimerkiksi laivanrakennuksessa lohkonkoonnin myöhästyminen vaikuttaa suurlohkokoontiin ja pienemmässä mittakaavassa lohkon rakennuksessa, tietyn tahdin myöhästyminen vaikuttaa seuraavan tahdin aloitukseen, joka vaikuttaa lohkon valmistumisen myöhästymiseen. On kuitenkin mahdotonta luoda prosessi, jossa ei olisi minkäänlaista vaihtelua, mutta sitä tulee välttää. (Modig & Åhlström 2013, 40–42). Vaihtelu vaikuttaa merkittävästi virtaustehokkuuteen. Prosesseissa on aina vaihtelua, johon syitä on loputtomasti, mutta ne voidaan luokitella kolmeen eri luokkaan. Luokat ovat resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. Vaihtelun aiheuttaja vaikuttaa aina joko saapumisaikaan tai palveluaikaan. Vaihtelua esiintyy ajassa, joka prosessin läpikäymiseen tai prosessiin saapumiseen kuluu eri virtausyksiköltä. (Modig & Åhlström 2013, 40–42.)

3.3 Tuotantoprosessien kehittäminen Meyer Turun telakalla

Merkittävien investointiprojektien ohella Meyer Turun telakalla kehitetään aktiivisesti myös olemassa olevia prosesseja. Yrityksen organisaatioon kuuluu useita kehitysosastoja, joiden pääasiallisena tehtävänä on eri toimintojen ja prosessien kehittäminen. Telakan toiminta ei ole nykytilanteessa kovinkaan optimoitua, joten useimmissa proses-

seissa on vielä merkittävästi varaa kehittyä. Telakalla toteutetaankin jatkuvasti uusia kehitysprojekteja, joiden myötä toimintaa pyritään optimoimaan ja kehittämään entisestään.

Yksi kehityskohteista on esivalmisteiden hyödyntämisen laajentaminen ja kehittäminen entisestään. Esivalmistusmenetelmien hyödyntämisen laajentaminen ja kehittäminen kantautuvat perinteisten esivalmisteiden ja osakokoonpanojen hyödyntämisen lisäksi myös modulointiin.

4 ESIVALMISTEET

Tuottavuuden parantamiseen on olemassa lukuisia mahdollisuuksia. Yksi mahdollisuuksista on esivalmisteiden hyödyntäminen. Esivalmisteilla käsitetään muualla kuin varsinaisella asennuspaikalla valmistettuja tuotteita tai rakenneosia. Nämä tuotteet tai rakenneosat voidaan valmistaa esimerkiksi muualla yrityksen omissa tiloissa esivalmisteiden valmistukseen erikoistuneessa työpisteessä tai vastaavasti ulkoistettuna valmistuksena ulkopuolisen toimijan toimitiloissa. Esivalmiste voi olla suoraan valmistajan kuvastosta tilattava asennusvalmis tuote tai vastaavasti tuote, joka suunnitellaan ja valmistetaan ainoastaan yhtä kohdetta varten.

Monien tuotantoprosessien kehittämisen tavoitteena on pyrkiä pilkkomaan tuotantoprosessiin sisältyvää työtä mahdollisimman paljon ja siirtämään toimintoja pois asennuspaikalta tehdasolosuhteisiin. Jotta jokin kokonaisuus voidaan pilkkoa esivalmistettaviin osakokonaisuuksiin, on suunnittelun oltava sellainen, että kokonaisuus voidaan pilkkoa esivalmistukseen sopiviksi yksiköiksi. Näitä esivalmistettuja yksiköitä kutsutaan myös komponenteiksi tai moduuleiksi. (Knaack ym. 2012, 92–94.)

Esivalmistuksen avulla yksittäiset prosessit voidaan suunnitella tapahtuvan tilallisesti erillään toisistaan esivalmisteiden valmistamiseen erikoistuneissa tuotantotiloissa. Tehdasolosuhteissa voidaan välttyä mahdollisilta asennuspaikan epäsuotuisa sääolosuhteita. Tuotantotila voidaan optimoida tuotannon virtaavuuden näkökulmasta ja tuotannon suorittamiseksi voidaan käyttää erityisiä laitteita, kokoonpanolinjoja tai automatisoituja järjestelmiä. Lisäksi tehdasympäristössä vallitsevat vakio-olosuhteet antavat mahdollisuuden seurata kutakin tuotantovaihetta tarkemmin ja saavuttaa korkeammat laatukriteerit. Ihanteellisessa korkean esivalmisteasteen tuotantoprosessissa asennuspaikalla suoritettavat työt supistuvat esivalmisteiden nopeaan, oikea-aikaiseen ja yksinkertaiseen asennukseen. Monimutkaiset ja työläät asennusprosessit on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä suorittamaan esivalmisteluvaiheessa. (Knaack ym. 2012, 92–94.)

Myös logistiikalla tärkeä merkitys tuotantoprosessin sujuvan ja tehokkaan etenemisen varmistamiseksi. Asennustyössä tarvittavat esivalmisteet tai moduulit on toimitettava tarkalleen ajallaan, jotta vältetään tarpeettomalta odotusajalta asennustyön aikana. Mitä korkeampi esivalmistusaste on, sitä suurempi vaikutus logistiikalla on tuotannon virtaavuuteen. Logistiikka on työkalu säästää aikaa ja kustannuksia rakennuspaikalla. (Knaack ym. 2012, 94.)

4.1 Esivalmisteiden vaikutukset

Esivalmisteiden avulla varustelupaikan tuotantoa voidaan tehostaa ja tuotannon läpimenoa nopeuttaa huomattavasti. Ehkä merkittävimmät esivalmistemenetelmien hyödyt voidaan saavuttaa siirtämällä mahdollisimman suuri osa työstä asennuspaikalta tehdasolosuhteisiin, mikä vähentää arvoa lisäämättömän ajan määrää asennuspaikalla. Hallituissa tehdasolosuhteissa valmistetuilla esivalmisteilla saavutettavat hyödyt ovat merkittäviä: lyhyemmät rakennusajat asennuspaikalla, ympärivuotiset optimoidut työskentelyolosuhteet sekä osien mittatarkkuus ja kokonaisvaltainen parempi laatu. Lisäksi tuotannon joustavuus paranee. Ylimääräisistä kuljetuksista muodostuvat korkeammat

kuljetuskustannukset saadaan yleensä katettua tuotannossa säästettävillä kuluilla, koska esivalmistaminen nopeuttaa tuotantoprosesseja merkittävästi. (Knaack ym. 2012, 46; Essén 2019.)

Tehdasolosuhteiden hallitussa ympäristössä työn laatua on helpompi hallita ja ylläpitää. Tuotantolaitoksissa paremmat olosuhteet näkyvät parempana laatuna. Laadun valvonnan helppo järjestäminen ja tasaiset olosuhteet tuottavat tasalaatuisia tuotteita. Tehdasolosuhteissa tuotteiden pieniin yksityiskohtiin voidaan kiinnittää paremmin huomiota, jolloin saadaan aikaan laadukkaampi lopputuote. (Essén 2019.)

Myös työturvallisuutta voidaan parantaa siirtämällä enemmän töitä helpommin hallittaviin olosuhteisiin. Tehdasympäristö voidaan suunnitella asennuspaikkaa paremmin työturvallisuuden näkökulmasta, ja työturvallisuuteen liittyvien riskien hallinta on tehdasolosuhteissa helpompaa kuin asennuspaikalla. Paremman työturvallisuuden ohella tehdasolosuhteissa valmistettujen esivalmisteiden myötä työntekijöiden työergonomiaa voidaan myös parantaa, kun tehdasympäristön hallituissa olosuhteissa työasemat voidaan suunnitella myös ergonomian kannalta. Paremman työergonomian vaikutukset välittyvät myös asennuspaikalle, jossa voidaan vähentää esimerkiksi työntekijöiden suorittamia toistuvia nostoja huomattavasti, mikä näkyy parempana työhyvinvointina ja sen myötä parempana tuottavuutena.

4.2 Esivalmisteet Meyer Turun telakalla

Esivalmisteita ja modulointia sovelletaan ja kehitetään laajalti ja monipuolisesti Meyer Turun telakalla ja teollisuudessa. Viime vuosina yksi telakan tavoitteiden painopisteistä on ollut saada siirrettyä työtä pois laivasta aikaisempiin työvaiheisiin. Yksi tämän tavoitteen mahdollistajista on esivalmisteiden, osakokoonpanojen ja moduulien hyödyntäminen tuotannossa läpimenoaikojen lyhentämiseksi ja varusteluasteen nostamiseksi.

Esivalmisteiden ja moduloinnin käyttöönotto ja kehitys osana laivanrakennusta on kulkenut käsi kädessä laivojen koon kasvamisen ja monimutkaisuuden lisääntymisen kanssa. Suunnitteluprosessi ja itse suunnittelutyö on käynyt läpi dramaattisia muutoksia viimeisten vuosikymmenien aikana. Suunnittelutoimistot ovat mukautuneet modulaarisuuden kehitykseen ja ovat monissa tapauksissa edesauttaneet tässä muutosprosessia. Vaikka esivalmistus, modulointi ja osiointi ovatkin luonteeltaan hieman erilaisia, niitä ohjaavat samat tekijät. Kolme modulaarisen kehityksen taustalla olevaa päätekijä ovat tarve vähentää rakennustunteja, tarve lyhentää toimitusaikoja säilyttäen samalla korkea laatu, ja alusten kasvava koko. Kehitys on ollut evoluutiota: tietyissä vaiheissa käyttöönotetut prosessit ovat pysyneet ja niitä on hienosäädetty myöhemmissä vaiheissa. (Essén 2019.)

Yksittäisellä alueella vaadittavat varusteluyksiköt kuten koneet, laitteet, putkistot ja muut varustelusysteemit voidaan suunnitella rakennettavaksi moduuleina, ja asennettavaksi sellaisenaan lohkotuotannon yhteydessä. Erityisesti putkistot soveltuvat tämän tyyppiin kokoonpanoon ja voidaan, tarkan CAD-suunnittelun myötä koostaa ryhmiksi, jolloin putkimoduulit voidaan järjestää tietylle alueelle. Moduulit voivat vaihdella pienestä kevytrakenteisesta putkikannattimilla kiinnitettävästä putkikokonaisuudesta, tai kokonaisesta erillisestä laiteyksiköstä omalla jalustallaan, joka on jopa koeajettu ennen asennusta,

aina suurempaan moduuliyksikköön asti, joka yhdessä muiden vastaavien moduuliyksiköiden kanssa voi muodostaa valtaosan koko konehuoneesta. Kaikkea varustelua ei voida moduloida ja suuri osa asennettavista osista tarvitsee asentaa tietyssä kokoonpanovaiheessa. (Eyres & Bruce 2012, 152–154.)

Hyttimoduulit ovat yksi tavallisista nykyajan laivanrakentamisen ominaispiirteistä, jotkin yritykset erikoistuen niiden valmistamiseen. Tyypillisiä ovat itsekantavat hyttimoduulit, jotka on varusteltu putkistoilla, ilmastoinnilla, sähkösovitteilla ja kaapeloinnilla, jotka kaikki voidaan kytkeä suoraan laivan järjestelmiin, ja kalusteet. Hyttialueen suurlohko pitää suunnitella erityisesti tällaisia moduuleja varten, ja moduulien asennusjärjestys ja sijoittelu pitää suunnitella tarkkaan. (Eyres & Bruce 2012, 154.)

5 LOHKOVARUSTELUN ESIKOKKONPANO

Tämä luku on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

6 ESIKOKKONPANOPROSESSIN KUVAUS

Tämä luku on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

7 YHTEENVETO

Tämä luku on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

LÄHTEET

- Essén, R. 2019. The evolution of modularisation and partitioning in shipbuilding. Viitattu 13.6.2020 <https://www.cadmatic.com/en/resources/articles/the-evolution-of-modularisation-and-partitioning-in-shipbuilding/>
- Eyres, D & Bruce, G. 2012. Ship Construction. Oxford: Butterworth-Heinemann; Amsterdam: Elsevier
- Knaack, U.; Chung-Klatte, S. & Hasselbach, R. 2012. Prefabricated Systems: Principles of Construction. Basel: Birkhäuser.
- Laamanen, K. & Tinnilä, M. 2009. Prosessijohtamisen käsitteet. Espoo: Redfina Oy
- Lukka, K. 2001. Konstruktiivinen tutkimusote. Viitattu 31.5.2020 <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/>
- Meriteollisuus 2020. Projektinhallintakoulutus. Projektihallinnan perusteita meriteollisuudessa ja eri toimijoiden roolit. Luentomateriaali.
- Meyer Turku 2019. Kestävää laivanrakentamista: Vastuullisuusraportti 2018. Viitattu 31.5.2020 https://www.meyerturku.fi/media/pdfs/pdf/Meyer_Vastuullisuusraportti_2018..pdf
- Meyer Turku 2020. Meyer Turun telakka. Viitattu 31.5.2020 https://www.meyerturku.fi/fi/meyerturku_com/shipyard/company/about_the_shipyard_1/about_the_shipyard.jsp
- Meyer Werft 2020a. Meyer Group. Viitattu 31.5.2020 https://www.meyerwerft.de/en/company/the_meyer_group/index.jsp
- Meyer Werft 2020b. Optimized Processes. Viitattu 31.5.2020 https://www.meyerwerft.de/en/technologies/optimized_processes/index.jsp
- Modig, N. & Åhlström P. 2013. Tätä on Lean – ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Tukholma: Rheologica Publishing.
- Pesonen, M. 2020. Virtaus ja kaivamisen estäminen. Viitattu 13.6.2020 <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/virtaus-ja-kaivamisen-estaminen/>
- Six Sigma 2020. Tätä on Lean. Viitattu 17.06.2020 <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>

Lohkovarustelun esikokoonpanon prosessikaavio

Tämä liite on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Lohkovarustelun esikokoonpanon prosessikortti

Tämä liite on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Lohkovarustelun esikokoonpanoprosessin selityslehti

Tämä liite on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.

Luonnos lohkovarustelun esikokoonpanon piirustusmerkinnöistä

Tämä liite on salattu toimeksiantajan pyynnöstä.