

Opinnäytetyö AMK

Tuotantotalous

2020

Jere Nylund

TYÖNSUUNNITTELU EI- TOISTUVASSA TAHTITUOTANNOSSA

Jere Nylund

TYÖNSUUNNITTELU EI-TOISTUVASSA TAHTITUOTANNOSSA

Työnsuunnittelulla on suuri rooli tahtituotannon onnistumiselle ja sen merkitys korostuu entisestään ei-toistuvassa tuotantoympäristössä, jossa vaihtelu prosesseissa on yleisesti suurempaa. Opinnäytetyön toimeksiantajayritys Carinafour tekee ilmastointijärjestelmien suunnitteluun, ja rakentamiseen erikoistuneelle asiakkaalleen tuotannosuunnittelua, sekä vastaa heidän ilmanvaihtokonehuoneiden varustelutöistä Meyer Turun telakalla. Carinafour on kehittämässä uutta, paremmin ohjattavaa tuotantojärjestelmää, jossa kokonaistyömäärä pilkotaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi ja tahditetaan rakennusjakson sisällä. Tämän avulla on jatkuvasti nähtävissä ajantasainen tilannekuva asennustöiden etenemisestä ja mahdolliset materiaali puutteet havaitaan välittömästi. Tavoitteena on rakentaa skaalautuva tuotantojärjestelmämalli, jolla saavutetaan kilpailuetu globaalissa laivanrakentamisessa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia työnsuunnittelun toteutumista sen nykytilassa, määrittää ongelmat ja esittää parannusehdotukset. Työssä perehdyttiin Lean-filosofiaan ja tahtituotantoon tuotanto- ja rakennusteollisuudessa. Tutkimusta varten mitattiin työnsuunnittelun laatimien työpakettien eri vaiheiden kestoja tuotannossa 10 viikon tarkastelujakson aikana. Tämän lisäksi sekä työntekijöille, että työnsuunnittelijalle laadittiin kyselytutkimukset, joissa heille esitettiin väittämiä työnsuunnittelusta. Mitattu data analysoitiin ja tuloksia verrattiin tuotannossa raportoituihin ongelmiin, sekä kyselytutkimuksista saatuihin vastauksiin.

Tutkimustuloksista saatiin selville, että tällä hetkellä työnsuunnittelun laatimat viikkosuunnitelmat toteutuvat tuotannossa noin 50-prosenttisesti. Eniten ongelmia suunnitelmien toteuttamiselle aiheutti suuri vaihtelu työpakettien asennusajoissa, jotka on suunniteltu toimivan tahtiaikana tuotantojärjestelmässä. Syy asennusaikojen venymiselle oli pääasiassa design- ja materiaali-ongelmat, joille tutkimuksessa esitettiin parannusehdotuksina rajapintojen roolien ja vastualueiden selkeämpiä määrittämiä, sekä työnsuunnitteluresurssien vapauttamista enemmän designongelmien ennaltaehkäisemiseen. Työssä onnistuttiin löytämään työnsuunnittelun ongelmia ja esittämään parannusehdotuksia työn tavoitteen mukaisesti.

ASIASANAT:

Työnsuunnittelu, tahtituotanto, tuotantojärjestelmä, tuotannosuunnittelu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial Management & Engineering

2020 | 55 pages, 6 appendices

Jere Nylund

WORK PLANNING IN A NON-REPETITIVE TAKT TIME PRODUCTION

Work planning plays a major role in the success of takt time production and its importance is further emphasized in a non-repetitive production environment where variation in processes is generally greater. The thesis is commissioned by Carinafour, which provides production planning and operates the outfitting of air conditioning machinery rooms for its customer at Meyer Turku Shipyard. The customer specializes in the design and construction of air conditioning systems. Carinafour is currently developing a new production system in which the total workload is broken down into smaller entities (work packages) and synchronized within the construction period. This provides situational awareness of the work progress throughout the project and allows any material deficiencies to be detected immediately. The goal is to build a scalable production system that achieves a competitive advantage in global shipbuilding.

The aim of the thesis is to study the implementation of work planning in its current state, to identify problems and to make suggestions for improvement. The thesis introduces parts of Lean philosophy and the principles of takt time production in both manufacturing and construction industries. For the case study, the durations of different phases in the production system were measured individually for each work package during a 10-week reference period. In addition to this, questionnaires were prepared for a group of employees and the work planner, in which they were presented with statements regarding the work planning. The measured data were analyzed and the results were compared to the problems reported in daily management meetings, as well as with the responses obtained from the surveys.

The results of the research revealed that currently approximately 50 % of the work in weekly plans is being completed as planned. The biggest problem in the execution of the work plans is the large variation in the installation times of the work packages. The reason for the lengthened installation times was mainly due to design and material issues. More clearly defined roles and responsibilities are suggested as corrective actions to these issues, as well as reserving additional work planning resources for preventing future design issues. The work succeeded in finding problems in the work planning and presented suggestions for improvement in accordance with the aim of the work.

KEYWORDS:

Work planning, takt time production, production system, production planning

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
1.1 Tutkimusongelma ja aihepiirin rajaus	9
2 TUTKIMUSPROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT	10
2.1 Tausta ja tarve tutkimukselle	10
3 LEAN TOIMINTASTRATEGIA JA JOHTAMINEN	12
3.1 Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus	12
3.2 Just-in-Time	13
3.3 Lean-ajattelun viisi peruseriaatetta	14
3.4 Jatkuva parantaminen	15
4 TAHTITUOTANTO	18
4.1 Tahtiaika	18
4.2 Tahtiaika tuotantoteollisuudessa	19
4.3 Tahtiaika rakennusteollisuudessa	20
4.4 Tahtiaikasuunnittelu	21
4.5 Tahtituotannon haasteet	22
5 TYÖNSUUNNITTELUN NYKYTILA JA TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN	23
5.1 Carinafourin toiminnot Meyer Turun telakalla	23
5.2 Työnsuunnittelun nykytila	25
5.3 Työnsuunnittelun toteutumisen tutkiminen	31
6 TULOKSET JA ANALYYSI	34
6.1 Mitatut tulokset ja analyysi	34
6.2 Tulosten luotettavuus/tarkkuus ja häiriötekijät	49
6.3 Tulosten yhteenveto	50
6.4 Kehitysehdotukset ja havainnot	51
7 ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET	53
LÄHTEET	55

LIITTEET

- Liite 1. Työnsuunnittelijan kyselylomake
- Liite 2. Työntekijöiden kyselylomake
- Liite 3. C4 Työnsuunnittelu/materiaalilogistiikka prosessikaavio
- Liite 4. Daily management sheet

KAAVAT

- | | |
|-----------------------------|----|
| Kaava 1. Resurssitehokkuus. | 13 |
| Kaava 2. Virtaustehokkuus. | 13 |

KUVAT

- | | |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Kuva 1. Demingin ympyrä. | 17 |
| Kuva 2. Tahtiaika. | 19 |
| Kuva 3. Laivan rakennusvaiheet. | 25 |
| Kuva 4. Työnsuunnittelun rajapinnat ja vastuut. | 27 |
| Kuva 5. Työpakettien luonti 3D-mallista. | 27 |
| Kuva 6. Osaluettelo jaettuna työpaketteihin (=työsuunnitelma). | 28 |
| Kuva 7. Esimerkki projektiakataulusta. | 29 |
| Kuva 8. Viikkosuunnitelman etusivu. | 30 |
| Kuva 9. Vastaus työnsuunnittelijan kyselylomakkeesta. | 36 |
| Kuva 10. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta. | 40 |
| Kuva 11. Vastaus työnsuunnittelijan kyselylomakkeesta. | 47 |
| Kuva 12. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta. | 48 |
| Kuva 13. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta. | 49 |
| Kuva 14. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta. | 50 |

KUVIOT

Kuvio 1. Weekly plan delay.	36
Kuvio 2. WP installed according to plan.	37
Kuvio 3. WP delivery accuracy.	38
Kuvio 4. WP transportation time.	39
Kuvio 5. WP installation time.	41
Kuvio 6. Installation time.	42
Kuvio 7. Problem reporting.	42
Kuvio 8. TaG reported problems (WP tracking).	43
Kuvio 9. TaG reported problems (Daily Management).	45

TAULUKOT

Taulukko 1. Mitattavat arvot.	34
Taulukko 2. Prosessin vaiheiden viiteajat.	35

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

C4	Carinafour, Carina Solutions Oy
AC-huone	Ilmanvaihtokonehuone
C4 Supply	Carinafourin tuotannon ja logistiikan operoinnista vastaava organisaatio
CLP	Carina Logistics & Pre-Fitting Center
WP	Work Package, työpaketti
TaG	Take-A-Grip, raportointityökalu
JIT	Just In Time
5S	Menetelmä työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin
Kanban	Tuotannon ajoitusjärjestelmä
TPS	Toyota Production System

1 JOHDANTO

Työnsuunnittelulla on suuri rooli tahtituotannon onnistumiselle ja sen merkitys korostuu entisestään ei-toistuvassa tuotantoympäristössä, jossa vaihtelu prosesseissa on yleisesti suurempaa. Opinnäytetyön toimeksiantajayritys Carinafour tekee ilmastointijärjestelmien suunnitteluun, ja rakentamiseen erikoistuneelle asiakkaalleen tuotannosuunnittelua, sekä vastaa heidän ilmanvaihtokonehuoneiden varustelutöistä Meyer Turun telakalla. Carinafour on kehittämässä uutta, paremmin ohjattavaa tuotantojärjestelmää, jossa kokonaistyömäärä pilkotaan pienemmiksi kokonaisuuksiksi ja tahditetaan rakennusjakson sisällä. Tämän avulla on jatkuvasti nähtävissä ajantasainen tilannekuva asennustöiden etenemisestä ja mahdolliset materiaali puutteet havaitaan välittömästi. Tavoitteena on rakentaa tuotantojärjestelmämalli, jolla saavutetaan kilpailuetu globaalissa laivanrakentamisessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia työnsuunnittelun toteutumista ei-toistuvassa tahtituotannossa, määrittää mahdolliset ongelmat ja esittää kehitysehdotukset. Toimeksiantajana toimii Turkulainen Carinafour, joka esitellään tarkemmin kappaleessa 2.

Vaikka tahtituotanto on jo käytössä laivanrakentamisessa, ja aihetta onkin jo tutkittu jonkun verran, niin suoraan toimeksiantajan tuotantoympäristöön sovellettavia tutkimuksia tai kirjallisuutta ei juurikaan löydy. Tahditetun tuotantoprosessin onnistumisen kannalta on tärkeää, että työ on hyvin suunniteltu ja että tuotannon jokainen osa-alue pysyy määritetyssä tahdissa. Toimeksiantajalla on yleisesti tiedossa, että työsuunnitelmien toteutumisessa on vielä puutteita, mutta on epäselvää miltä osin ne nykytilassa toteutuvat ja mitkä ovat syyt sille, että suunnitelmia ei pystytä toteuttamaan kuten ne on suunniteltu, ja tästä muodostuu tarve opinnäytetyön aiheen tutkimiselle.

Nykyisellä tuotantojärjestelmällä on rakennettu ennen tätä tutkimusta kaksi laivaprojektia, ja tässä kohtaa olisi otollinen aika selvittää työnsuunnittelun nykytila sekä mahdolliset kehityskohteet prosessissa tulevia projekteja silmällä pitäen.

1.1 Tutkimusongelma ja aihepiirin rajaus

Opinnäytetyön tutkimusongelmana on lyhyen aikavälin (viikkotaso) työnsuunnitelmien toteutumisen tutkiminen, ja kehityskohteiden määrittäminen ei-toistuvassa tahtituotanto ympäristössä.

Tuotanto tapahtuu telakalla useammassa eri vaiheessa (tuotannon eri vaiheet kuvattu kappaleessa 5), tämä tutkimus on rajattu koskemaan ainoastaan moduulivaiheen (tuotannon eri vaiheet kuvattu kappaleessa 5) varustelu- ja suunnittelutyötä, rapinnoista tarkasteluun on otettu vain sisäiset rajapinnat. Asennustöistä tarkasteluun otetaan viikkosuunnitelmissa esiintyneet, esivalmisteita sisältävät työpaketit.

Tutkimusta varten on perehdytty Lean-ajatteluun ja tahtituotannon teoriaan. Tietoja on hankittu alan kirjallisuudesta, verkkosivustoilta, sekä julkaistuista tutkimuksista. Perehtyminen case-osuuden tuotantojärjestelmään on tapahtunut haastatteluiden ja työn seurannan kautta, sekä vuoden työkokemuksella työnsuunnittelijan roolissa kyseisessä tuotantojärjestelmässä.

Tutkimusmenetelmänä on käytetty mittaustutkimusta, haastatteluita sekä kyselytutkimuksia. Case-osuuden tutkimusta varten kerättiin dataa tuotannon eri vaiheista, joka jäsenneltiin ja analysoitiin. Mitattujen tulosten oikeellisuus pyrittiin varmentamaan vielä vertaamalla tuloksia kyselytutkimuksissa asentajilta ja työnsuunnittelijalta saatuihin vastauksiin.

Työssä esitellään ensin tutkimusprojektin lähtökohdat ja hieman taustaa tutkimukselle. Tämän jälkeen teoriaosuudessa käsitellään lean-toimintastrategiaa ja tahtituotantoa niin yleisesti, kuin myös rakennusteollisuudessa. Teoriaosuuden jälkeen esitellään case Carinafour, ja lopuksi esitetään tutkimuksen tulokset johtopäätöksineen ja yhteenveto työstä.

2 TUTKIMUSPROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT

Carina Solutions Oy (jatkossa Carinafour, C4) on vuonna 2012 Kaarinassa perustettu globaalisti toimiva yritys, jonka ydinliiketoiminta on asiakasyritysten suorituskyvyn parantaminen prosessien jatkuvalla kehittämisellä. Carinafourin merkittävimmät asiakkaat toimivat meriteollisuudessa ja rakennusteollisuudesta. Yrityksen henkilökunta koostuu tuotannon prosessien kehitykseen erikoistuneista ammattilaisista. Yrityksen liikevaihto vuonna 2019 oli 8,5M € ja se työllisti 43 henkilöä. (Suomen Asiakastieto Oy 2020).

Carinafourin asiakas suunnittelee ja valmistaa ilmanvaihtojärjestelmiä meriteollisuudelle. C4 toimii asiakkaan alihankkijana MeyerTurun telakalla, jossa se vastaa ilmanvaihtokonehuoneiden projekti- ja työsuunnittelusta, päivittäisjohtamisesta, suorituskykymittareiden laatimisesta ja raportoinnista, sekä prosessien kehityksestä. Asiakkaan vastuulla on laadunvarmistus, materiaalin saatavuuden varmistus, rajapintatöiden hallinta sekä työ- ja laatuohjeistus. C4:n alihankkijana puolestaan toimii ilmastointivarusteluun erikoistunut yritys, joka vastaa asennustöistä ja työnjohdosta asennuskohteessa.

2.1 Tausta ja tarve tutkimukselle

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui ”Työsuunnittelun toteutumisen tutkiminen”. Aihe oli relevantti, sillä nykyisellä tuotantojärjestelmällä oli rakennettu jo kaksi laivaprojektia, ja olisi hyvä aika selvittää työsuunnittelun nykytila sekä mahdolliset kehityskohteet prosessissa tulevia projekteja silmällä pitäen.

AC-huoneiden varustelussa tilaa on usein hyvin rajallisesti ja samalla alueella saattaa työskennellä useita eri toimijoita samaan aikaan, tästä johtuen ei ole mahdollista pitää suuria määriä materiaalia varastoituna asennuspaikalla. Etenkin kun varustelutyöt siirtyvät laivan sisälle saattaa materiaalin toimittaminen asennuskohteeseen kestää jopa vuorokauden. Tästä syystä on tärkeää, että työsuunnittelun luoma tuotantotahti on riittävä, mutta kuitenkin toteutettavissa. Liian hitaalla tahtiajalla materiaali loppuu asentajilta kesken ja resursseja jää käyttämättä, kun taas liian nopealla tahtiajalla keskeneräinen työ tukkii nopeasti alueet asennuskohteessa.

Tahditetun tuotantoprosessin onnistumisen kannalta on tärkeää, että työ on hyvin suunniteltu ja että tuotannon jokainen osa-alue pysyy määritetyssä tahdissa. Toimeksiantajalla oli yleisesti tiedossa, että työsuunnitelmien toteuttamisessa on vielä ongelmia, mutta epäselvää oli miltä osin ne toteutuvat ja mitkä ovat syyt sille, että suunnitelmia ei pystytä toteuttamaan sellaisenaan. Tarve opinnäytetyön aiheen tutkimiselle tulee tästä.

3 LEAN TOIMINTASTRATEGIA JA JOHTAMINEN

Lean toimintastrategia keskittyy virtaustehokkuuden parantamiseen arvon tuottamiseksi asiakkaalle perinteisen resurssitehokkuuden sijaan. Virtaus- ja resurssitehokkuuden käsitteet on selitetty tarkemmin kappaleessa 3.1. Käsite *lean production* esiteltiin ensimmäisen kerran vuonna 1988 John Krafcikin kirjoittamassa artikkelissa *Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto*, joka julkaistiin Sloan Management Review –lehdessä. Länsimaiset tutkijat alkoivat 1980-luvun lopussa kiinnostua Toyotan sisäisestä tuotantofilosofiasta Toyota Production Systemistä (TPS), jossa keskeisinä teemoina olivat asiakastarpeiden täyttäminen ja virtaustehokkuuden parantaminen. Myöhemmin länsimaalaiset tarkkailijat nimesivät Toyotan tuotantoprosessin leaniksi. (Modig & Åhlström 2017, 76-77.)

Nykyään lean-käsitteestä on yhtä monta määritelmää kuin on määritelmän kirjoittajiakin ja sitä on määritelty melko epäjohdonmukaisesti. Usein keskitytään liikaa Toyotan käyttämiin keinoihin ja työkaluihin, kuten 5S, Kanban ja JIT, sen sijaan että olisi yritetty ymmärtää Toyotan toiminnan tavoitteita, joka on oppivan organisaation luonti. Kun huomio kohdistetaan tavoitteen sijasta keinoihin, ongelmaksi tulee, ettei tavoitteen ja keinojen välinen yhteys ole kaikille sama. Samat keinot eivät välttämättä johda samaan tavoitteeseen. Keskittyminen tavoitteeseen antaa joustavuutta, kun taas keskittyminen keinoihin voi rajoittaa. (Modig & Åhlström 2017, 87, 93; Liker 2004, 250-252.)

3.1 Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus

Resurssitehokkuus on perinteinen ja tavallisin tehokkuuden muoto. Resurssitehokkuudessa korostetaan arvoa tuottavien resurssien tehokasta hyödyntämistä ja yhtenä peruseriaatteena on se, että tehtävien suorittaminen jaetaan pienempiin osiin ja osien toteutus annetaan organisaation eri funktioiden hoidettavaksi. Toisena periaatteena toimii mittakaavaetujen tavoittelu, jolla voidaan tehostaa resurssien hyödyntämistä ja näin saada tuotteen yksikkökustannuksia alaspäin. (Modig & Åhlström 2017, 9-10.)

Resurssitehokkuutta korostaessa päähuomion saavat tuotteen tai palvelun tuottamiseen tarvittavat resurssit. Resurssitehokkuus (Kaava 1) mittaa kuinka paljon tiettyä resurssia hyödynnetään suhteessa tiettyyn ajanjaksoon:

$$\text{Resurssitehokkuus} = \frac{\text{Resurssin käyttöaika}}{\text{Ajanjakso}}$$

Kaava 1. Resurssitehokkuus.

Virtaustehokkuuteen painottavassa organisaatiossa huomio kohdistuu resurssien sijasta jalostettavaan yksikköön. Alasta riippuen kyseessä saattaa olla joko materiaali, asiakas tai informaatio joka ”virtaa” organisaation läpi. Tätä yksikköä kutsutaan virtausyksiköksi. Virtaustehokkuus (Kaava 2) mittaa kuinka paljon virtausyksikkö jalostuu (arvoa tuottava aika) tietyssä ajanjaksona:

$$\text{Virtaustehokkuus} = \frac{\text{Arvoa tuottava aika}}{\text{Ajanjakso}}$$

Kaava 2. Virtaustehokkuus.

Case-osuudessa esiteltävän Carinafourin työsuunnitteluprosessilla pyritään ajattelutapa telakalla siirtämään resurssitehokkuuden painottamisesta virtaustehokkuuteen. Työ suunnitellaan mahdollisimman tarkkaan, jotta projektin valmiiksi saamiseen tarvittavat resurssit pystytään mitoittamaan tarkemmin. Etukäteen suunniteltujen työpakettien avulla pystytään maksimoimaan työntekijöiden arvoa tuottava aika ja parantamaan materiaalin virtausnopeutta tuotannon läpi, näin parantaen virtaustehokkuutta. C4:n kehittämän tuotantojärjestelmän yhtenä tavoitteena on ylläpitää ajantasaista tilannekuvaa asennustöiden etenemästä, sillä perinteisesti etenemää on seurattu käytettyjen työtuntien perusteella, mikä ei kuitenkaan kerro projektin todellisesta etenemästä ja siitä kuinka paljon arvoa tuottavaa työtä käytetyillä tunneilla on tehty.

3.2 Just-in-Time

Just-In-Time-tuotantoperiaate (JIT) on yksi Toyota Production Systemin (TPS) peruspiireista, se syntyi vakiotuotetuotannossa, mutta toimintamallia voidaan soveltaa myös muissa tuotantomuodoissa. JIT-toimintamallin perustana toimii selkeät ja tehokkaat materiaalivirrat sekä toiminnanohjaus. Asetusajat tuotannossa pyritään saamaan lyhyiksi, jolloin eräkokoja pystytään pienentämään kannattavuuden kärsimättä. Pienet eräkoot lyhentävät automaattisesti tuotannon läpäisyajoja, ja Layout-ratkaisua kehittämällä tuotantoa mukailevaksi välivarastoja voidaan pienentää. Lyhyen läpäisyajan vuoksi tuotteet

voidaan myös valmistaa vasta tilausten perusteella (Just-In-Time). JIT-tuotanto edellyttää hyvää laatutasoa, sillä laatuvirheiden vaikutukset tuotannossa ovat merkittävät, toisaalta tuotannon nopeuden vuoksi virheet ja niiden syyt havaitaan myös helposti ja nopeasti. (Haverila, Uusi-Rauva, Kouri & Miettinen 2009, 428–429.)

Yksinkertaistettuna JIT toimittaa oikean määrän oikeita artikkeleita oikeaan aikaan. Case-osuuden tahditetussa tuotantojärjestelmässä JIT periaate on suuressa roolissa, sillä pienetkin virheet materiaalivirrassa saattavat estää suunnitellussa tuotantotahdissa pysymisen ja aiheuttavat viivästyksiä myös seuraaviin asennustöihin.

3.3 Lean-ajattelun viisi peruseriaatetta

Vaikka lean-käsite syntyi tuotantolaitoksissa niin se ei ole ainoastaan strategia kulujen karsimiseen, vaan lean on ennemminkin ajattelutyyli, joka soveltuu käytettäväksi kaikilla tuotanto- ja palvelualoilla. Se rohkaisee jatkuvaan parantamiseen ja perustuu ihmisten kunnioittamiseen. Womack ja Jones kuvasivat kirjassaan ”The Machine That Changed The World” lean-ajattelun viiden pääperiaatteen kautta seuraavasti: (The Lean Way 2020.)

Arvon määrittäminen asiakkaan näkökulmasta - Arvo on sitä mistä asiakas on valmis maksamaan. Asiakas ei aina välttämättä edes tiedä mitä hän haluaa tai tarvitsee, tästä syystä on tärkeää pyrkiä tunnistamaan ne toiminnan osat, joista asiakas on valmis maksamaan ja karsimaan toiminnasta ylimääräinen hukka, jota puolestaan on se osa toiminnasta, josta asiakas ei ole valmis maksamaan. (The Lean Way 2020.)

Arvoketjun tunnistaminen - Arvoketju käsittää kaikki tehtävät, myös arvoa tuottamattomat, jotka tarvitaan esimerkiksi raaka-aineiden jalostamisesta aina tuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Arvoketjussa nähtävät toiminnot voidaan jakaa kolmeen luokkaan. Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat arvoa muodostavat tehtävät, kuten tuotteen työstäminen. Toiseen luokkaan kuuluvat tehtävät, jotka eivät suoraan muodosta arvoa loppuasiakkaalle, mutta jotka ovat kuitenkin välttämättömiä kuten tietyt laadunvarmistus toimenpiteet. Kolmanteen luokkaan taas kuuluu arvoa tuottamattomat tehtävät (hukat), jotka voidaan suoraan poistaa toiminnoista suoraan. (The Lean Way 2020.)

Virtauksen toteutus - Kun arvoketjut on tunnistettu ja hukat poistettu, on jäljelle jääneet arvoa tuottavat toiminnot virtautettava. Tässä vaiheessa virroista pyritään eliminoimaan kohdat, joissa arvon tuottaminen jostain syystä pysähtyy tai keskeytyy. (The Lean Way 2020.)

Imun järjestäminen – Varastoja pidetään yhtenä suurimpana hukkana tuotantojärjestelmissä. Imuun perustuva tuotannonohjaus mahdollistaa toiminnan, joka perustuu kysyntään ja näin syntyy vähemmän keskeneräistä työtä, eivätkä tuotteet eivät jää seisoimaan varastoihin. Asiakaskysyntä muodostaa imun, joka vetää tuotteita markkinoille sen sijaan että tuotetta valmistettaisiin ennalta määrätyn suunnitelman mukaan. (The Lean Way 2020.)

Täydellisyyden tavoittelu – Hukkaa tuotannossa vältetään saavuttamalla neljä ensimmäistä periaatetta. Viides vaihe on kuitenkin kaikista tärkein, joka tuo lean-ajattelun ja jatkuvan kehittämisen osaksi organisaation kulttuuria. Yrityksen tulisi olla oppiva ja pyrkiä jatkuvasti löytämään tapoja olla vähän parempi joka päivä. (The Lean Way 2020.)

3.4 Jatkuva parantaminen

Kaizen on japanilainen termi jatkuvalla parantamiselle ja se tarkoittaa lisäarvoa tuottamattomien toimintojen, eli *hukkien* eliminointia tuotannossa sekä jatkuvien parannusten tekemistä, olivat ne kuinka pieniä tahansa (Liker 2004, 23).

Yllä mainitut hukat on Lean-filosofiassa määritelty arvoa tuottamattomiksi aktiviteeteiksi, ja niitä on tunnistettu 8 erilaista. TPS:n kehittäjän Taichii Ohnon mukaan näistä kahdeksasta hukasta muodostuu 95% kustannuksista tuotantoympäristöissä, jotka eivät noudata Lean-filosofiaa. (Kilpatrick 2003, 1.) Nämä hukat ovat:

Yli tuotanto - Tuotetaan enemmän kuin tuotteen kysyntä. Lean-periaatteen mukaan tuotannon pitäisi toimia imuohjauksella, tai tilauksia vasten valmistamalla (make to order). Kaikki ylimääräinen tuotanto sitoo arvokasta työvoimaa tai materiaaleja, jotka muuten pystyisi käyttämään asiakastarpeiden tyydyttämiseen. (Kilpatrick 2003, 1.)

Odottelu – Sisältää kaiken turhan odottelun, kuten materiaalin, informaation, työkalujen jne. (Kilpatrick 2003, 1.)

Turhat kuljetukset – Materiaali tulisi toimittaa suoraan sen käyttökohteeseen, välttämällä turhia siirtelyitä ja varastointia. (Kilpatrick 2003, 1.)

Ylikäsittely – Ylikäsittelyllä tarkoitetaan kaikkea asiakkaalle arvoa tuottamatonta prosessointia, kuten vikojen korjausta, turhia tarkastuksia ja yliläätuisiä tuotteita. (Kilpatrick 2003, 1.)

Tarpeettomat varastot – Ylisuuret varastot, keskeneräiset työt ja välivarastot aiheuttavat lisäkustannuksia ja vievät arvokasta lattiatilaa. (Kilpatrick 2003, 1.)

Laatuvirheet – Laatuvirheet tuotteissa ja palveluissa kuluttavat turhaan materiaalia, henkilöstöresursseja ja aiheuttavat reklamaatioita, joiden käsittely vaati myös resursseja (Kilpatrick 2003, 1.)

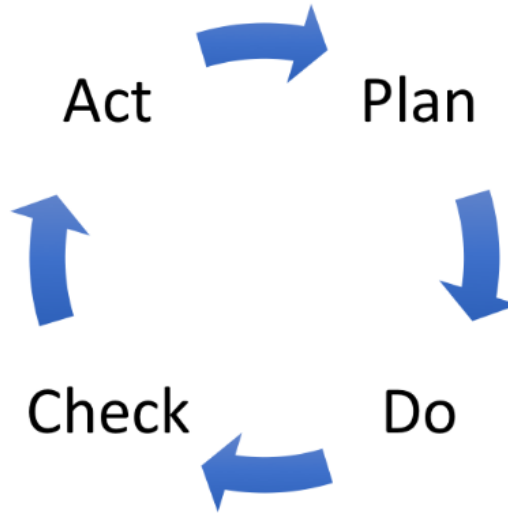
Tarpeeton liike – Tarpeeton liike johtuu yleensä huonosta työn virtauksesta, työskentelymenetelmistä ja tuotantotilojen layoutista, eli pohjapiirustuksesta. (Kilpatrick 2003, 1.)

Työntekijöiden potentiaalin käyttämättä jättäminen - Tämä sisältää niin henkisten, fyysisten kuin myös luovien taitojen ja kykyjen käyttämättä jättämisen. (Kilpatrick 2003, 1.)

Oppivan organisaation luomiseksi, joka on lean-filosofian tavoite, täytyy parannuksia tehdä jatkuvasti. Ajoittaiset parannushankkeet tai kehityskampanjat eivät synnytä jatkuvaa parannusta ja kestävää kilpailuetua, vaan se vaatii kaikkien prosessien parantamista joka päivä, yhtiön jokaisella tasolla. Parannuksen on myös jatkuttava, vaikka asetetut parannustavoitteet saavutettaisiin, sillä prosesseilla on taipumus heiketä ajan myötä, jos niille ei tehdä mitään. Vaikka kuvitellaan että standardit ylläpitäisi prosessien suorituskykyä, ei asia kuitenkaan ole näin vaan prosessi joko liukuu taaksepäin tai parantuu. Jokaisessa tuotantoprosessissa ilmenee jossain kohtaa pieniä ongelmia, osat ovat huonoja, laite on jumissa ja niin edelleen. Työntekijöillä ei yleensä aikaa syventyä ongelmien syihin ja eliminoida niitä vaan pikkuhiljaa prosessiin alkaa ilmestyä tilapäisratkaisuja, ylimääräisiä puskurivarastoja ja muita keinoja ongelmien nopeiksi ratkaisuiksi, jotka usein aiheuttavat lisää vaihtelua ja ongelmia. Paras keino estää takaisin liukuminen on pyrkiä jatkuvasti eteenpäin, miten pienin askelin tahansa. (Rother 2010, 10-12.)

C4:n tuotantojärjestelmässä jatkuvaa parantamista pyritään pitämään yllä systemaattisella ongelmanratkaisulla päivittäisjohtopalavareissa, joissa selvitetään ja dokumentoidaan tuotannossa päivittäin esiintyneitä ongelmia ja kehitysehdotuksia. Palavereissa tarkastetaan myös, onko suunnitellussa tuotantotahdissa pysytty ja mistä mahdolliset vii-

västyksset johtuva, jotta korjaavat toimenpiteet pystytään tehdä välittömästi. Tämä suunnittele-tee-tarkasta-toimi menetelmä tunnetaan Demingin ympyränä (Kuva 1) ja se on jatkuvan parantamisen kulmakivi (Liker 2004, 23).



Kuva 1. Demingin ympyrä (The Lean Way 2020).

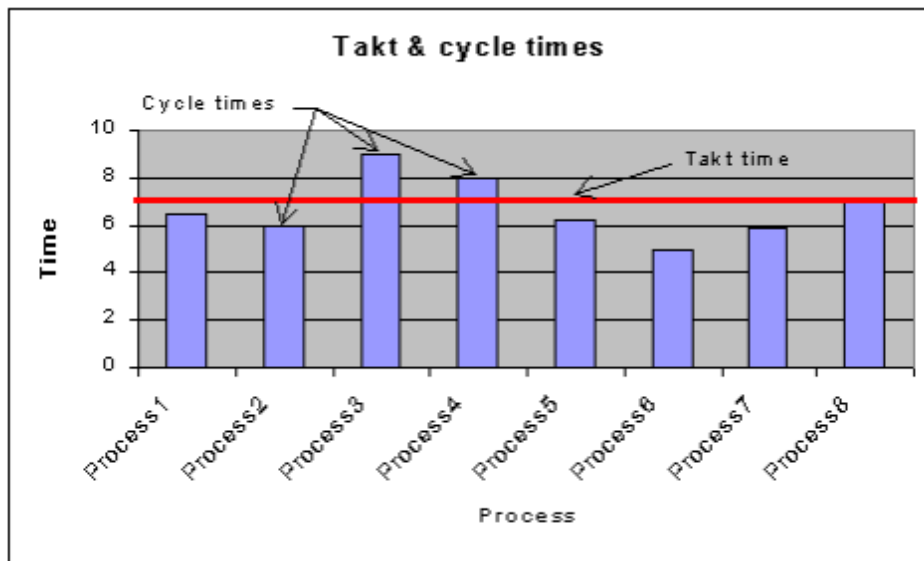
4 TAHTITUOTANTO

Tahdittaminen on yksi lean-tuotannon peruseriaatteista. Lean organisaatio ei pyri tekemään asioita mahdollisimman nopeasti vaan oikea aikaisesti, sillä loppujen lopuksi asiakkaan kysyntä määrittelee tuotannon tahdin. Joten sen sijaan että maksimoitaisiin tuotanto, asetetaan tehtaalle tahti, jolla asiakkaan tarpeet pystytään täyttämään ajoissa. (Hopp & Spearman 2004, 141.)

Tahdittamisen avulla estetään myös ylituotantoa, lyhennetään läpimenoaikoja ja varmistetaan työn jatkuva virtaus, joka puolestaan vähentää välivarastointia, odotusaikoja työvaiheiden välillä ja turhia kuljetuksia tuotantoyksikössä. (Haghsheno, Binninger, Dlouhy & Sterlike 2016, 53.)

4.1 Tahtiaika

Tahtiaika (Kuva 2) kuvaa aikaa, jossa tietyn työvaiheen on valmistuttava, jotta pystytään vastaamaan tuotteen kysyntään (Frandsen, Berghede & Tommelein 2013, 527). Tahtiaika asettaa ylärajan työvaiheiden tekemiselle. Mikäli tietty työvaihe tai prosessi valmistuu paljon ennen tahtiaikaa, työskennellään joko alle kapasiteetin tai kärsitään ylituotannosta, joka on yksi seitsemästä lean-ajattelussa tunnistetusta hukasta. Jos tahtiaika asetetaan suoraan hitaimman, eli pullonkaulatyövaiheen läpimenoajan mukaan, kärsii yhä useampi osasto ylituotannosta. Tahtituotannon toiminnan kannalta onkin tärkeää tasapainottaa työvaiheiden läpimenoajat lähelle toisiaan joko allokoimalla resursseja hitaampiin työvaiheisiin, tai muuttamalla toimintatapoja.



Kuva 2. Tahtiaika (The Northwest Lean Networks 2020).

4.2 Tahtiaika tuotantoteollisuudessa

Tahtiaika toimii suunnitteluparametrina yhden osan virtaukselle, jota käytetään automatisoiduilla tuotantolinjoilla varmistamaan, että tuotantotahti pystyy vastaamaan kysyntään, sitä kuitenkin ylittämättä. Tahtiaikaa käytetään laajasti Toyota Production System:issä. (Frandsen ym. 2013, 529.)

Tuotantojärjestelmän toiminnan kannalta on tärkeää varmistaa, että kaikki työpisteet pystyvät toimimaan suunnitellussa tahdissa, ja työpisteiden tasapainottaminen samaan tahtiin on yksi kriittisimmistä osa-alueista tahtituotannon onnistumiselle. Jos tahtiaika ja työpisteen valmiudet eivät kohtaa aiheutuu siitä joko välivarastoja työpisteiden väliin, koska seuraava työpiste ei ole valmis ottamaan osaa vielä työn alle, tai vaihtoehtoisesti työpiste joutuu odottamaan, mikäli se työstää osan nopeammin kuin edellinen työpiste. Vaihtelu tuotantotahdissa tekee tasapainottamisesta entistä haastavampaa. (Frandsen ym. 2013, 529.)

Tahtiajan pitäminen vakiona tuotantoa suunnitellessa auttaa luomaan tuotantoon imuohjauksen. Imuohjauksessa valmistetaan suoraan kysyntään/tarpeeseen: suunnitellessa tuotanto alavirran kysynnän mukaan auttaa se pitämään jatkuvan tasaisen virtauksen läpi koko tuotantojärjestelmän, sillä tuotantotahti ja kysyntä ovat sama. Imuohjauksen vastakohtana, työntöohjauksessa, suunnitelmat ja ennusteet toimivat tuotannonohjauksen perusteena jolloin tuotantotahti ja kysyntä eivät välttämättä kohtaa, ja saattaa

syntyä varastoja valmiista tuotteista. Mahdollinen ylituotanto täytyy sitten varastoida, kirjata järjestelmiin ja ylläpitää mistä aiheutuu ylimääräisiä varastointikuluja, huomaamatta jääneitä virheitä tuotteissa, sekä varastoihin sitoutunutta pääomaa jonka voisi sijoittaa muualle. Imuhjautuvassa tuotannossa on pääsääntöisesti tasaisempi virtaus kuin työntöohjauksessa ja tasaisen virtauksen pitäminen tuotantojärjestelmässä helpottaa tuotanto-ongelmien havaitsemista ja niihin puuttumista. (Frandsen ym. 2013, 529; Liker 2004, 20-25.)

4.3 Tahtiaika rakennusteollisuudessa

Rakennusteollisuudessa tuotettava tuote on yleensä suurempi kuin tuotantoteollisuudessa eikä sitä yleensä voida liikutella, joten työasemat liikkuvat tuotteen sisällä sen sijaan että tuote liikkuisi työasemalta toiselle. Kun tuotantoteollisuudessa tarkasteltiin osan virtausta, tarkastellaan rakennusteollisuudessa itse työnteon virtausta. Tuotantojärjestelmää suunnitellessa kysymyksinä ovat 'kuinka nopeasti voi tietty työ virrata?' ja käänteisesti 'kuinka nopeasti työn pitäisi virrata, jotta saavutetaan määrätty projektikohtaiset aikamäärät?'. Tavoitteena on saada jokainen työvaihe virtaamaan samalla, projektin tavoitteita vastaavan kysynnän tahdin nopeudella. (Linnik, Berghede & Ballard 2013, 2; Frandsen ym. 2013, 529.)

Yksi tapa kysynnän tahdin määrittämiseen rakennusprojektissa on käyttää projektin kokonaisaikataulua, jonka puitteissa työ täytyy tehdä ja jakaa kokonaistyömäärä käytettävissä olevalle ajalle, olettaen että ne ovat tiedossa ja määritetty, sekä todettu olevan toteutettavissa käytettävissä olevilla resursseilla. Tätä menetelmää sovelletaan myös case-osuuden työsuunnittelussa. (Frandsen ym. 2013, 529.)

Toinen vaihtoehto on tarkastella käytössä olevia resursseja ja tunnistaa hitaimman tuotantoyksikön maksimitahti, samalla toki tutkien, josko sitä voisi parantaa, ja sen perusteella määrittää suurin toteutettavissa oleva kysynnän tahti, jonka jälkeen muut tuotantoyksiköt säädetään toimimaan samassa tahdissa. (Frandsen ym. 2013, 529.)

Tahtiajan tuominen rakennusteollisuuteen tarkoittaa siirtymistä jaksotetuista eri kestoista työvaiheista tasapainotettuihin saman kestoisiin työvaiheisiin, pitäen yllä tasaista tuotantotahtia jolla pysytään projektin pääaikataulussa. Tämän saavuttaakseen jokaisessa työvaiheessa, projekti jaetaan fyysisiin alueisiin, jossa jokaisella työvaiheella on määrätty ajan jakson (tahtiaika) aikaa suorittaa heidän työnsä. Suunnittelun isoimpana

haasteena on näiden alueiden rajaus ja tahdin määrittäminen työvaiheille, joka käy ilmi myös case-osuuden ei-toistuvassa tuotantoympäristössä, jossa mikään työvaihe ei ole täysin samanlainen ja vaihtelu näennäisesti samankaltaisten työvaiheiden kestossa saattaa olla todella huomattavaa.

4.4 Tahtiaikasuunnittelu

Rakennusteollisuuden lisäksi tahtituotanto on otettu myös käyttöön laivanrakentamisessa, ja vaikka aihetta onkin jo tutkittu jonkun verran, niin suoraan toimeksiantajan tuotantoympäristöön sovellettavia tutkimuksia tai kirjallisuutta ei oikeastaan löydy. Rakennusteollisuuden tahtituotanto on teoreettisesti lähimpänä case-osuuden tuotantoympäristöä, vaikka se yleensä rajoittuu hyvin pitkälti itseään toistaviin rakennusurakoihin kuten kerrostaloihin, teiden ja putkilinjojen rakentamiseen, kun taas tässä tutkimuksessa tarkasteltavassa ilmastointivarustelussa samoja toistuvuuksia ei löydy. Mutta tahtituotannon sovelluskohteesta riippumatta on tuotantoprosessin onnistumisen kannalta tärkeää, että työ on hyvin suunniteltu ja että tuotannon jokainen osa-alue pysyy määritetyssä tahdissa.

Tahtiaikasuunnittelu on menetelmä työn jäsentämiselle, jolla saadaan luotua jatkuvasti virtaava tuotantojärjestelmä. Tahtiaikasuunnittelussa käytetään myös hyväksi samoja lean-menetelmiä kuin perinteisessä tuotannosuunnittelussa kuten JIT, Kanban ja Kaizen. Frandson, Seppänen & Tommelein (2015, 8) kuvaavat tahtiaikasuunnittelun rakennusteollisuudessa kuusivaiheisenä prosessina, joka koostuu (1) tiedon keruusta, (2) alue- ja tahtiajan määrittelystä, (3) työjärjestyksen tunnistamisesta, (4) yksittäisten työvaiheiden keston tiedostamisesta, (5) työn virtauksen tasapainottamisesta ja (6) tuotantoaikataulun viimeistelystä. Tavoitteena on tuottaa tuotantosuunnitelma, jolla pystytään ohjaamaan ja hallitsemaan työtä sekä säilyttämään työn tasainen virtaus läpi projektin. (Frandson ym. 2015, 7.)

Case-osuudessa tahtiaikasuunnittelusta puhutaan yleisesti termillä työnsuunnittelu, mutta se pitää sisällään kaikki yllä mainitut kuusi vaihetta. Työnsuunnittelun tavoitteena on luoda helposti seurattava ja hallittava tuotantosuunnitelma, jonka avulla etenemää voidaan todennetusti seurata ja näin varmistua, että projekti saadaan valmiiksi ennalta määritetyssä aikataulussa ja budjetissa.

4.5 Tahtituotannon haasteet

Vaikka tahtituotannon hyödyt ovat selkeät ja sillä on saavutettu suuria parannuksia niin tuottavuudessa, laadussa kuin läpimenoajoissakin rakennusteollisuudessa, on sen väitetty olevan kuitenkin perinteisiä tuotantotapoja haavoittuvampi vaihtelulle prosesseissa (Seppänen 2014, 727-737; Heinonen & Seppänen 2016, 31).

Vaihtelua on kaikkialla ja se laskee tuotantosysteemin suorituskykyä ja sen pienentäminen on yksi keskeisimmistä tekijöistä tuotannon suorituskyvyn parantamiseksi. Vaihtelua tulee systeemiin sekä sisältä että ulkoa päin ja sen pienentäminen vaatii jatkuvaa parantamista prosesseilta. (Quality Knowhow Karjalainen Oy, 2020.)

Ei-toistuvassa tuotannossa vaihtelun määrä on huomattavasti suurempaa kuin perinteisessä tuotannossa, kun sisäistä vaihtelua esiintyy prosesseissa enemmän sen ei-toistuvuuden ja vähemmän standardoitujen työmenetelmien takia. Vaihtelun huomioiminen työsuunnittelussa ja ehkäiseminen onkin pääroolissa case-osuudessa työsuunnittelua tutkiessa ja kehityskohteita paikantaessa.

Tetik, Peltokorpi, Seppänen, Viitanen & Lehtovaara (2019, 300) nostaa esiin materiaalogistiikan yhtenä suurimmista vaihtelun aiheuttajista rakennusteollisuudesta. C4 on ottanut tämän huomioon asiakasyrityksen tuotantojärjestelmää suunnitellessa ja pyrkinyt ehkäisemään materiaalogistiikan aiheuttamaa vaihtelua toimittamalla asentajille etukäteen suunniteltuja ja koottuja työpaketteja asennuskohteeseen, joissa on kaikki päivän työhön tarvittava materiaali yhdessä paketissa. Case-osuudessa tarkastellaan myös näiden työpakettien toimitusvarmuutta.

5 TYÖNSUUNNITTELUN NYKYTILA JA TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Case-tutkimuksen tavoite on selvittää kohdeyrityksen työnsuunnittelun toteutumista asiakasyrityksen ei-toistuvassa tahtituotannossa. Tässä luvussa esitellään työnsuunnittelun nykytilanne ja tavoitteet, sekä perehdytään mahdollisiin haasteisiin, joihin etsitään vastausta. Lopuksi vertaillaan myös teoriaosuudessa esiin tulleita ratkaisuja näihin haasteisiin ja esitellään tutkimuksessa käytetyt menetelmät näiden tutkimiseen.

5.1 Carinafourin toiminnot Meyer Turun telakalla

Case-osiossa tarkasteltava Carinafourin Supply-yksikkö vastaa asiakkaan AC-moduuli-huoneiden tuotannonsuunnittelusta ja varustelusta. Lisäksi C4 Logistics & Pre-Fitting –keskuksen (C4 CLP) kautta toimitetaan kaikki asiakkaan esivalmisteosat valmiiksi koottuina työpaketteina, työnsuunnittelijan laatimien suunnitelmien mukaisesti. Asiakasyritys on erikoistunut ilmanvaihtojärjestelmien suunnitteluun ja tuotantoon.

Carinafour toimii asiakkaan tiloissa ja käyttää heidän tuotantokonseptiaan tavoitteenaan tuottaa asiakkaalle lisäarvoa tunnistamalla kehityskohteita heidän nykyisissä prosesseissaan, ja kehittämällä näitä yhdessä asiakasyrityksen kanssa. Carinafourin omia prosesseja ja työkaluja hyödyntäen pyritään asiakkaan toiminnoista tekemään tehokkaampia ja mitattavia.

Laivanrakennuksessa on haasteena ollut se, ettei työtä pilkota rakennusjakson sisällä pienempiin paketteihin vaan se on yksi iso ”möykky”, kaikki materiaali tilataan kerralla ja ryhdytään rakentamaan. Tästä johtuen ei ole nähtävissä ajantasaista tilannekuvaa eikä tarkkaa tietoa siitä puuttuuko materiaalia, tai pysytäänkö budjetissa. (A. Viitanen, henkilökohtainen tiedonanto 4.5.2020.)

C4 on kehittämässä asiakkaalleen paremmin ohjattavaa ja hallittavaa tuotantojärjestelmää, jossa kokonaistyömäärä pilkotaan pienempiin osiin rakennusjakson sisällä. Ajatuksena on rakentaa malli tulevaisuuden haasteisiin, joka on mahdollista kopioida myös laivanrakennuksen eri toimintoihin. (A. Viitanen, henkilökohtainen tiedonanto 4.5.2020.)

Työnsuunnittelun lähtökohtana on, että suunnittelun luoman osaluettelon materiaalit jaetaan 3D-mallin pohjalta työpaketteihin, joita on helpompi kontrolloida ja joissa poikkeamat havaitaan nopeammin. Poikkeamien nopea havaitseminen toimii myös jatkuvan parantamisen perustana. Tällä tuotantotavalla pystytään vaikuttamaan työn laatuun ja tuottavuuteen lyhentämällä läpimenoaikaa ja vähentämällä materiaalihukkaa. Ajantasainen tilannekuva tuotannosta antaa mahdollisuuden suunnitella tulevat työt täsmällisemmin jolloin resurssit osataan mitoittaa paremmin, eikä keskeneräistä työtä jää niin paljon. Tämä tuottaa globaalissa laivanrakentamisessa merkittävän kilpailuedun. (A. Viitanen, henkilökohtainen tiedonanto 4.5.2020.)

Ensimmäinen esimerkki case asiakkaalle tehtiin loppuvuonna 2017, jolloin moduulivaiheen materiaalilista pilkottiin suoraan työpaketteihin. Edellisiin moduuleihin verrattuna parannusta nähtiin heti useita kymmeniä prosentteja. (A. Viitanen, henkilökohtainen tiedonanto 4.5.2020.)

C4:n tavoitteena on ajaa tuotantojärjestelmä ja työnsuunnitteluprosessi riittävälle tasolle ja luovuttaa ne sitten asiakkaan käyttöön ja jäädä itse hallinnoimaan logistiikkaa, esivalmistamista ja materiaaliseuranta. (A. Viitanen, henkilökohtainen tiedonanto 4.5.2020.)

Kohteen esittely

C4 toimii asiakasyritykselle urakoitsijana AC-moduulihuoneiden tuotannossa. Osa ilmanvaihdon konehuoneista esikootaan varusteluhallissa ja nostetaan moduuleina laivan runkoon, jossa tehdään loput varustelutöistä. Näiden moduulihuoneiden työnsuunnittelu ja tuotanto ovat C4:n vastuulla, huoneiden varustelutyön tekee C4:n aliurakoitsija.

Asiakasyritys tekee moduulihuoneiden perussuunnittelun, jonka perusteella suunnittelu-toimisto tekee huoneista detajli-kuvat, 3D-mallit ja osaluettelot. Näiden pohjalta C4 tekee työnsuunnittelun (Liite 3).

Carinafour vastaa lisäksi asiakasyrityksen esivalmisteiden materiaalilogistiikasta. Esivalmistemateriaalit tilataan toimittajalta C4 CLP:hen, jossa ne kirjataan vastaanotetuiksi ja varastoidaan, sekä mahdollisuuksien mukaan myös esikootaan osittain. Esikoonti tehdään työnsuunnittelijalta tulleiden ohjeiden mukaan ja siihen kuuluu tällä hetkellä ilmastointikanavien eristäminen ja joidenkin osien yhteen liittäminen ennen toimitusta. Materiaali pakataan CLP:ssä työpaketteihin ja lähetetään asennuskohteeseen työnsuunnittelijan laatimien viikkosuunnitelmien mukaisesti. CLP sijaitsee telakan ulkopuolella lyhyen

ajomatkan päässä, kuljetukseen varataan yksi päivä ja työpaketin tulisi olla asennuskoh- teessa päivää ennen asennusta toimiakseen puskurina, mikäli edellinen työpaketti on asennettu suunniteltua nopeammin tai sitä ei jostain syystä pystytä asentamaan.

5.2 Työsuunnittelun nykytila

Laivan rakentamisessa voidaan katsoa olevan AC-huoneiden kannalta neljä eri vaihetta (Kuva 3): valmistelu-, moduuli- alue- ja viimeistelyvaihe. Valmisteluvaiheessa tapahtuu suunnittelu, hankinnat ja muu valmistelu rakentamista varten, moduulivaiheessa moduu- lit esikootaan varusteluhalleissa mahdollisimman pitkälle ja aluevaiheessa moduulit nos- tetaan ja kiinnitetään laivanrunkoon, jossa varustelu tehdään loppuun. Viimeistelyvai- heessa huoneet maalataan viimeisen kerran ja myynneistä mahdollisesti tulleet huomau- tukset korjataan. Moduulihuoneiden työsuunnittelua tehdään ensimmäisessä kolmessa vaiheessa ja rakentaminen tapahtuu pääosin moduuli- ja aluevaiheessa. Työtä voi myös jäädä viimeistelyvaiheeseen, mutta suunnittelulla pyritään saamaan työt tehtyä AC-huo- neissa ennen sitä. Telakalla on keskimäärin kolme laivaprojektia samanaikaisesti jossain kohtaa alla olevaa aikajanaa (Kuva 3).



Kuva 3. Laivan rakennusvaiheet (C4 henkilökohtainen tiedonanto).

Varustelu moduulivaiheessa on huomattavasti nopeampaa ja tehokkaampaa kuin alue- vaiheessa ja jatkuvan parantamisen kannalta on tärkeää, että työsuunnittelija kommu- nikoi detajisuunnittelun kanssa tuotannossa havaituista mahdollisuuksista kasvattaa moduulivaiheen varustelua seuraavissa projekteissa.

Carinafourin työsuunnittelun voi karkeasti jakaa pitkän-, keskipitkän- ja lyhyen aikavälin työsuunnitteluun. Pitkän aikavälin suunnittelu alkaa hyvissä ajoin ennen asennustöiden alkamista ja materiaalihankintoja. Tavoitteena on jakaa asennettava materiaali työpaket- teihin, jotka vastaavat yhden asennusparin päivän tarvetta. Työpaketit toimivat myös tah- tiaikana tuotannossa. Työpaketteja luodessa työjärjestys suunnitellaan samalla karke- asti ja materiaali pyritään jakamaan paketteihin siten että asennuskohteessa asentajilla

olisi aina oikeat materiaalit oikeaan aikaan saatavilla. Pyrkimyksenä on myös tulevaisuudessa jaksottaa materiaalihankinnat työsuunnitelman mukaisesti, jolla varaston kiertonopeutta saataisiin kasvatettua. Pitkän aikavälin suunnitteluun kuuluu myös karkean aikataulun ja budjetin luominen.

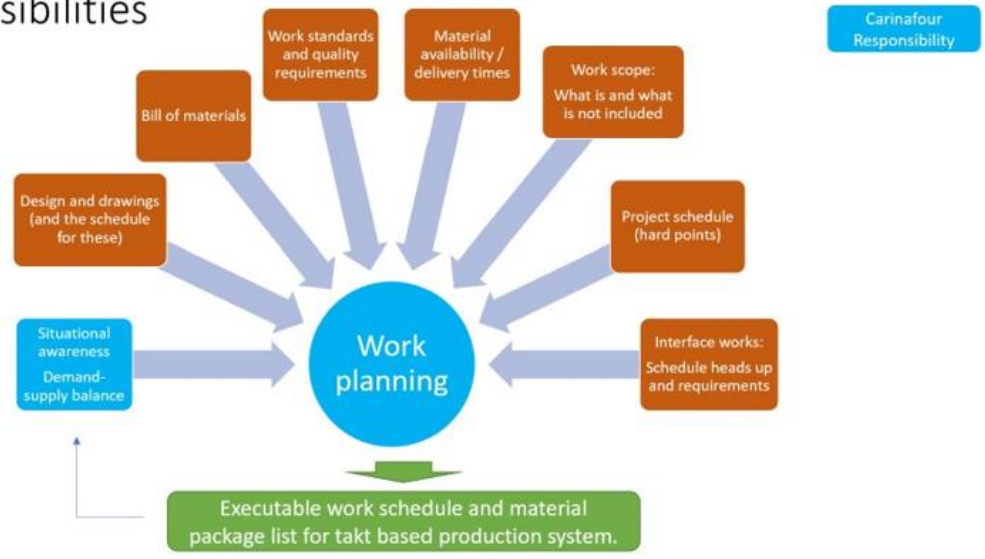
Keskipitkän aikavälin suunnittelun päätavoite on luoda viikkosuunnitelma kaksi viikkoa ennen asennustöitä ja hyväksyttää se sekä tilaajalla että tuotannon työjohtolla. Työsuunnitelma luodaan yhdessä asentajien työnjohtajien kanssa ja siinä määritellään viikon asennettavat työpaketit, vaaditut rajapintatyöt jotka täytyy olla valmiina ennen töiden aloittamista ja tarvittavat resurssit.

Viikkosuunnitelma toimii syötteenä CLP:lle, jossa työpaketit kasataan ja esikootaan suunnitelmien mukaan. Valmiit työpaketit toimitetaan asennuskohteelle päivää ennen suunniteltua asennuspäivää muodostaakseen puskurin, mikäli edellinen työpaketti asennetaan suunniteltua nopeammin tai sen asennuksessa ilmenee ongelmia jotka estävät sen asentamisen.

Työsuunnitelman laatiminen

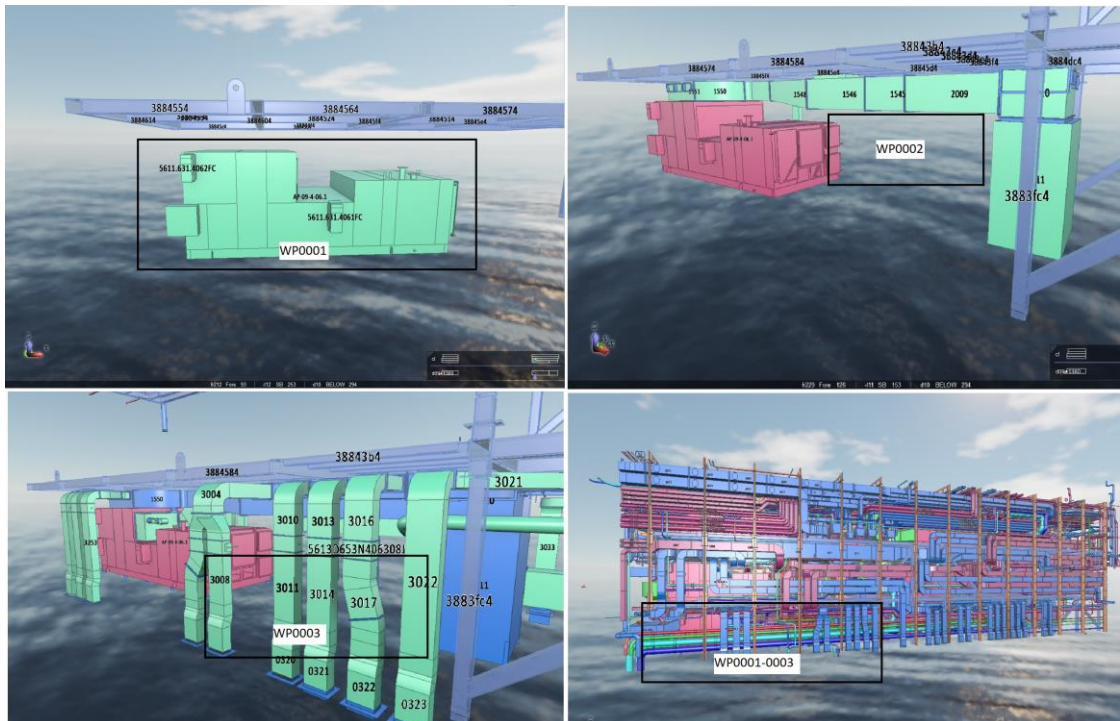
Kuvassa 4 on kuvattu suunnittelun rajapinnat ja vastuut. Asiakas toimittaa C4: työsuunnittelijalle tarvittavat esitiedot, joiden perusteella työsuunnittelija luo tahtiaikataulun, budjetin, työpaketit ja viikkosuunnitelman. Työsuunnittelun kannalta tärkeimpänä on asennuskuvat ja mallit, sekä projekti aikataulu. Osaluettelon jakaminen työpaketteihin tapahtuu 3D-mallin pohjalta, jotta suunnittelujärjestyksen pystyy hahmottamaan selkeämmin. Työpakettien luonti tapahtuu hyvissä ajoin ennen asennustöiden alkamista.

Work planning interfaces and responsibilities



Kuva 4. Työsuunnittelun rajapinnat ja vastuut (C4 henkilökohtainen tiedonanto).

Kuva 5 esittää työpakettien suunnittelua 3D-mallista. Työsuunnittelija listaa osia paketteihin samalla suunnitellen niiden tulevaa asennusjärjestystä.



Kuva 5. Työpakettien luonti 3D-mallista.

Kuvassa 6 mallin osat on listattu työpaketteihin ja listauksen perusteella materiaali tilataan ja paketoidaan CLP:ssä työpaketteihin. Työpakettien koko pyritään suunnittelemaan siten että se vastaisi yhden asennusparin päivän työtä, jolloin ne toimivat samalla myös tahtiaikana tuotannossa.

Calc WP	Decl	AHU	Line number	Spool	Drawing number	Comment	Planned installation
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3115	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3116	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3117	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3118	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3119	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3120	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0126	12	EE-12-4-08.7	5613D653N408710B0	3121	D.396.094A.535.011	561_AC_EXHAUST	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4191	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4192	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4193	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4194	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4195	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4196	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4197	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4198	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4199	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4200	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4201	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	4202	D.396.094A.535.010	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	FIRE DAMPER A0(A60) - FDL	5618.651.4224	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	348	D.396.094A.535.012	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	349	D.396.094A.535.012	561_AC_SUPPLY	
WP094A0127	12	AT-12-4-01.1	5613D652F4011SA01	350	D.396.094A.535.012	561_AC_SUPPLY	
WP094A0128	12	AC-12-4-04.1	5613D653K404205A0	3825	D.396.094A.535.009	561_AC_EXHAUST	
WP094A0128	12	AC-12-4-04.1	5613D653K404205A0	3826	D.396.094A.535.009	561_AC_EXHAUST	
WP094A0128	12	AC-12-4-04.1	5613D653K404205D0	3827	D.396.094A.535.009	561_AC_EXHAUST	
WP094A0128	12	AC-12-4-04.1	5613D653K404205D0	3828	D.396.094A.535.009	561_AC_EXHAUST	
WP094A0128	12	AC-12-4-04.1	5613D653K404204B0	3831	D.396.094A.535.009	561_AC_EXHAUST	
WP094A0128	12	AC-12-4-04.1	5613D653K404204B0	3832	D.396.094A.535.009	561_AC_EXHAUST	

1 Työpaketti = tahti

Kuva 6. Osaluettelo jaettuna työpaketteihin (=työsuunnitelma).

Kun projekti aikataulu (Kuva 7) on selvillä ja kaikki materiaali jaettu työpaketteihin, nähdään projektin kokonaistyömäärä ja pystytään budjetoimaan tarvittavat resurssit. Budjetit luodessa työpaketit jaetaan käytettävissä oleville viikoille ja niiden asennusta seurataan päivittäin, jotta tilannekuva projektin etenemisestä pysyy selkeänä. Työpakettien työmäärän ollessa suurin piirtein sama nähdään jatkuvasti, miten työt etenevät ja onko tarvetta kieriä jossain kohtaa, jotta pysytään aikataulussa. Mikäli budjetissa on esimerkiksi laskettu, että viikolla 11 tulisi olla yhteensä yhdeksän työpakettia asennettuna, mutta todellisuudessa on vain 9, voidaan välittämättömästi nähdä, montako työtuntia on jättämää kertynyt ja tehdä korjaavat toimenpiteet.

ACR	Deck	Unit	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
093A	9	AP-09-3-12.1																													
093A	9	AP-09-3-06.1																													
093A	9	AS-09-3-07.1																													
093A	10	AP-10-3-08.1																													
093A	11	AC-11-3-05.1																													
093A	12	AC-12-3-09.1																													
093A	15	AT-15-3-02.1																													
093A	19	AC-19-3-10.1																													
094A	9	AS-09-4-15.1																													
094A	9	AP-09-4-06.1																													
094A	9	AP-09-4-16.1																													
094A	12	AC-12-4-04.1																													
094A	10	AP-10-4-05.1																													
094A	10	AP-10-4-07.1																													
094A	10	AP-10-4-08.1																													
094A	12	AT-12-4-01.1																													
094A	12	AC-12-4-09.1																													
092A	8	FP-08-2-07.3																													
092A	8	FP-07-2-08.3																													
092A	8	AC-08-3-06.1																													
092A	9	AT-09-2-01.1																													
092A	9	AC-09-2-10.1																													
092A	11	AC-11-2-11.1																													
092A	8	AS-08-2-03.1																													
097A	12	AC-12-7-03.1																													
097A	10	AC-10-7-13.1																													
097A	9	AS-09-7-09.1																													
097A	9	AC-09-7-12.1																													
097A	12	AC-12-7-14.1																													

Kuva 7. Esimerkki projekti aikataulusta.

Työsuunnitelman, budjetin ja tilannekuvan perusteella tehdään viikkosuunnitelmat (Kuva 8), jossa viikon työpaketit, käytettävät standardimateriaalit ja tarvittavat resurssit on listattu. Asennustöihin tarvitaan myös materiaalia, jota ei ole listattuna työpaketteihin, kuten erilaisia kiinnikkeitä ja eristysmateriaalia. Näitä kutsutaan standardimateriaaliksi ja ne pääsääntöisesti täydennetään varusteluhallissa sijaitsevaan supermarketvarastoon kaksi-laatikkojärjestelmällä. Standardimateriaaleja pyritään listaamaan myös viikkosuunnitelmiin, mikäli on tiedossa, että jotain tuotetta tulee menemään normaalia enemmän, jotta niiden menekkiin osataan varautua tilaamalla niitä ennakoon.

Viikkosuunnitelmat toimitetaan aliorakoitsijalle, asiakkaalle ja CLP:lle ja ne toimivat työohjeena asentajille ja C4 varastotyöntekijöille. Viikkosuunnitelmien toteutumista seurataan päivittäisjohtopalaverissa, joissa tarkistetaan, saatiinko edellispäivän työpaketit asennettua suunnitellusti. Työpaketteja suunnitellaan viikossa viidelle työpäivälle ja lauantai toimii kiinniottopäivänä, jolloin asennetaan mahdolliset asentamatta jääneet paketit tai tehdään työsuunnitelmassa "Back-up works"-osiossa mainittuja lisätöitä.

1.1 Work Content & Resources

Day	Package ID					Back-up works
	Deck 11	Deck 14				
Monday	*WP114A0019 WP114A0020 WP114A0021 P114A0016					93A/87A frame works, flooring, protection, unit installations.
Tuesday	WP114A0022 P114A0017					
Wednesd	**WP114A0023 P114A0018					
Thursday	WP114A0024 P114A0019					
Friday	WP114A0025 P114A0020					
Resources needed	Deck 11	Deck 14				Total
HVAC fitters	2					2
Pipe fitters						0
Welders						0
Other	1					1

Kuva 8. Viikkosuunnitelman etusivu.

Työnsuunnittelun tavoitteet

Summattuna työnsuunnittelun tavoitteet ovat:

- Oikeat materiaalit, oikeassa paikassa, oikeaan aikaan
- Suunnitella edellytykset toiminnalle rajapinnoissa
- Mitattavuus ja seuranta, ollaanko aikataulussa
- Resurssien budjetointi

5.3 Työnsuunnittelun toteutumisen tutkiminen

Tutkimuksen rajaus

Rajauksena ja viitekehyksenä tutkimukselle ovat työnsuunnittelu ja tahtituotanto C4:n Supply-organisaation operoimassa tuotannossa, eikä tutkimuksessa käsitellä työnsuunnittelua asiakasyrityksen muilla osastoilla. Tutkimuksessa keskitytään työnsuunnittelijan näkökulmaan moduulivaiheen tuotannossa ja suunnittelun aikahorisonteista viikotason suunnitelmien toteutumisen seurantaan. Moduulivaiheessa läsnä on lähinnä sisäisiä rajapintoja, joten tarkastelussa ei huomioida aluevaiheessa mukaan tulevia naapurialueita.

Seurannan nykytila

Viikkosuunnitelmien toteutumista ja tuotannon etenemistä seurataan päivittäisjohtopalaverissa (Liite 4), joissa käydään läpi asennetut paketit ja tuotannossa esiin tulleet ongelmat. C4:llä on myös käytössä Take-a-Grip IT-työkalu (TaG) työpakettien seurantaan (WP tracking), johon paketit kuitataan tuotannon eri vaiheissa. Myös asennuksen aikana ilmenneet ongelmat kirjataan työpakettien seurantaan. Työpakettien seurannan lisäksi TaG:istä löytyy myös portaali päivittäisjohtopalaverissa (Daily Management) esille tul-

leiden ongelmien raportoinnille. Raportoidut ongelmat ovat kuitenkin hyvin yksityiskoh-
taisia ja raportoinnin pääasiallisena tavoitteena onkin tarkoitus saada ne nopeasti rat-
kaistua, jotta tuotanto ei kärsisi niistä.

Tarve tutkimukselle

Tällä hetkellä viikkosuunnitelmien toteutumista seurataan työpaketitasolla ja asenta-
matta jääneet työpaketit pyritään asentamaan joko ”kiinniottopäivinä” lauantaisin tai siir-
tämään tuleviin viikkosuunnitelmiin, mutta isommassa mittakaavassa työsuunnitelmien
toteutumista ei seurata. Tahtituotanto ilmastointivarustelussa on vielä alkutekijöissä eikä
aiheesta löydy juurikaan kirjallisuutta tai tutkimuksia ja siksi onkin mielekästä tutkia millä
tasolla työnsuunnittelu tällä hetkellä on ja paikantaa mahdolliset kehityskohteet. Teoreet-
tisesti lähimpänä ilmastointivarustelua on rakennusteollisuus, jonka tahtituotannosta löy-
tyykin jo melko paljon aineistoa ja kirjallisuutta, mutta siinä missä rakennusprojektit ovat
yleensä edes jossain määrin toistuvaa tuotantoa, ei tutkimuskohteena olevien AC-huo-
neiden varustelusta samankaltaista toistuvuutta löydä.

Jokainen AC-huone laivassa on erilainen ja usein myös eri laivoissa rakennetaan hie-
man eri standardeja käyttäen. Lähes kaikki materiaali on esivalmisteita ja suunniteltu
tiettyyn paikkaan asennettavaksi ja huoneiden ollessa todella ahtaita täytyy ne rakentaa
myös tietyssä järjestyksessä. Toisaalta taas ei ole olemassa ainoastaan yhtä ja oikeaa
asennusjärjestystä mitä noudattaa, vaan optimaalisin asennusjärjestys on usein riippu-
vainen asennuspaikasta ja selviää vasta asennuskohteessa. Tahtituotannon toiminnan
kannalta on tärkeää, että työpakettien sisältö on oikea ja materiaali asennuskohteessa
oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä. Yhdenkin osan puute saattaa pysäyttää
asennusparin työn ja uuden osan hankkiminen ja toimittaminen asennuskohteelle saat-
taa pahimmillaan kestää päiviä. Perusteellinen suunnittelu on yksi kriittisimmistä teki-
jöistä tahtituotannon onnistumiselle missä tahansa tuotantomuodossa, ja ei-toistuvassa
tahtituotannossa sen rooli korostuu vielä entisestään, tästä syystä on tärkeä selvittää
työnsuunnittelun nykytilanne ja paikantaa mahdolliset kehityskohteet.

Tutkimusmenetelmä

Tutkimus suoritetaan keräämällä dataa työpakettien liikkeistä 10 viikon seurantajakson aikana ja vertaamalla niitä viikkosuunnitelmiin. Työpakettien liikkeille on asetettu viitearvot prosessin eri vaiheissa ja niiden toteutumista seurataan samalla. Näiden avulla tutkitaan viikkosuunnitelmien toteutumista. Lisäksi tietoa tuotannossa ilmenneistä ongelmista kerätään päivittäisjohtamispalavereista ja C4:n raportointityökalusta, näiden avulla pyritään selvittämään, toistuuko tuotannossa tietyt ongelmat useammin kuin toiset. Lopuksi kyselytutkimuksella selvitetään asentajien näkemyksiä viikkosuunnitelmien laadusta ja toimivuudesta.

Tuloksia analysoidessa verrataan, onko esille nousseet ongelmat linjassa tahtituotannon yleisten ongelmien kanssa ja tutkitaan, löytyykö teoriakatsauksesta ratkaisuja ongelmiin.

6 TULOKSET JA ANALYYSI

6.1 Mitatut tulokset ja analyysi

10 viikon seurantajaksolla oli yhteensä 70 työpakettia suunniteltuna ja mikäli tuotantoprosessi on toiminut suunnitellusti tulisi niistä tulisi löytyä seuraavat aikaleimat TaG – järjestelmästä: suunniteltu asennuspäivä, lähetyspäivä CLP:stä, vastaanottopäivä asennuskohteessa, asennuksen aloitus- ja valmistumispäivä sekä mahdolliset asennuksessa ilmaantuneet ongelmat kuvauksineen. Näistä saadaan laskettua asennusten toteutumisen viikkosuunnitelmaan nähden ja kestot työpakettien (WP) eri vaiheille varastolta lähteyksestä asennukseen. Tarkasteluun otettiin viikkosuunnitelman toteutuminen viikotasolla (Weekly plan delay), työpaketin asennus suunnitelmaa vasten päivätasolla (WP installed according to plan), toimitus suunnitelmaa vasten (WP delivery accuracy), asennusaika (WP installation time) ja kuljetusaika (WP transportation time). Taulukko 1 esittää kuinka eri vaiheiden kestot laskettu.

Taulukko 1. Mitattavat arvot.

Weekly plan delay = Asennusviikko – Suunniteltu asennusviikko
WP installed according to plan = Asennuksen valmistumispäivä - Suunniteltu asennuspäivä
WP delivery accuracy = Vastaanottopäivä - Suunniteltu asennuspäivä
WP Installation time = Asennuksen valmistumispäivä - Asennuksen aloituspäivä
WP transportation time = Vastaanottopäivä - Lähetyspäivä C4 CLP:stä

Työpakettien eri vaiheille annettiin viiteajat joiden puitteissa kukin työvaihe tulisi valmistua, jotta viikkosuunnitelmassa pysyminen olisi mahdollista. Taulukko 2 kuvaa viiteaikoja kullekin vaiheelle, niiden vaikutuksia viikkosuunnitelmiin. Vihreässä sarakkeessa oltaessa pystytään viikkosuunnitelmaa toteuttaa suunnitellusti, keltaisessa sarakkeessa vaikuttaa suunnitelman toteuttamiseen, mutta on mahdollista vielä asentaa työpaketit suunnitellulla viikolla ja punaisessa sarakkeessa aiheuttaa varmuudella häiriöitä viikkosuunnitelmien toteutumiseen. Osalla työpaketeista puuttui aikaleimoja eri vaiheista jotka kirjattu ”no data” tai kirjaus saattanut olla virheellinen ”data error” jos työpaketti esimerkiksi kuitattu vastaanotetuksi ennen sen lähettämistä. Tulosten jako ja tarkastelu Taulukossa 2 esitetyissä kategorioissa on mielekkäämpää tutkimuksen validiteetin kannalta kuin tarkkojen keskiarvoaikojen tarkastelu, sillä yksittäiset työpaketit ovat saattaneet jäädä

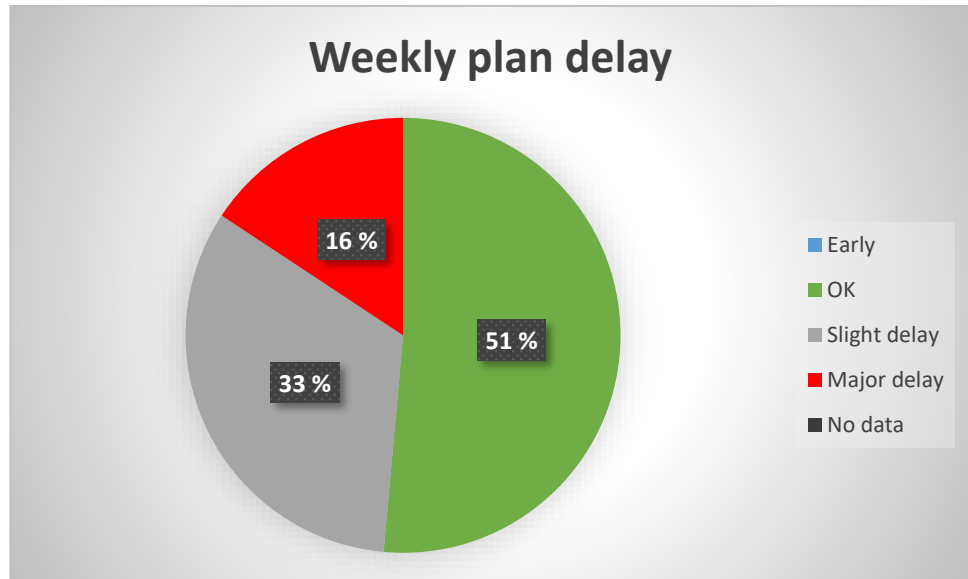
asentamatta tai toimittamatta useammaksi kuukaudeksi ja tästä syystä keskiarvoajat eivät anna hyödyllistä tietoa tämän tutkimuksen kannalta.

Taulukko 2. Prosessin vaiheiden viiteajat.

	Definition	Early / Data error	OK	Slight de- lay	Major delay	No data
Weekly plan de- lay	<i>Number of weeks be- tween installation and plan</i>	< 0 weeks	Same week	1 week	>2 weeks	*
WP installed ac- cording to plan	<i>Time between actual in- stallation and planned installation date</i>	<-2 days	-1 to +1 day	2 to 4 days	>4 days	*
WP delivery ac- curacy	<i>Time from arrival to planned installation date</i>	< -3 days	-3 to -1 days	0 to 1 day	>2 days	*
WP Installation time	<i>Installation duration</i>	<-1 days	0 to 1 day	2 to 4 days	>4 days	*
WP transporta- tion time	<i>Trasportation duration</i>	<-1 days	0 to 2 days	2 to 3 days	>3 days	*

Näiden lisäksi työsuunnittelijalle ja asentajille laadittiin kyselyt (Liite 1 & 2), jossa esitettiin väittämiä työsuunnitteluun, viikkosuunnitelmiin ja työpaketteihin liittyen. Vastaajia ohjeistettiin vastaamaan väittämiin heidän oman näkemyksensä mukaan, näkemättä etukäteen dataa tutkimuksesta ja heidän vastauksia verrataan mitattuihin arvoihin tuloksia analysoidessa.

Ensimmäisenä näistä tarkasteltiin viikkosuunnitelman toteutumista viikkotasolla (Kuvio 1); 10 viikon seurantajaksolla ainoastaan 51% prosenttia työpaketeista tuli asennettua suunnitellulla viikolla 33% suunnitelmaa seuraavalla viikolla ja 33% yli viikko suunnitellun asennusviikon jälkeen.



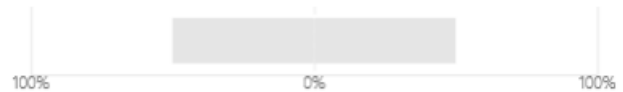
Kuvio 1. Weekly plan delay.

Tuloksia tukee myös työsuunnittelijan näkemys aiheesta, hänen mukaan viikkosuunnitelmat toteutuva suunnitellusti "siltoin tällöin" (Kuva 9).

1. Viikkosuunnitelmat toteuvat suunnitellusti:

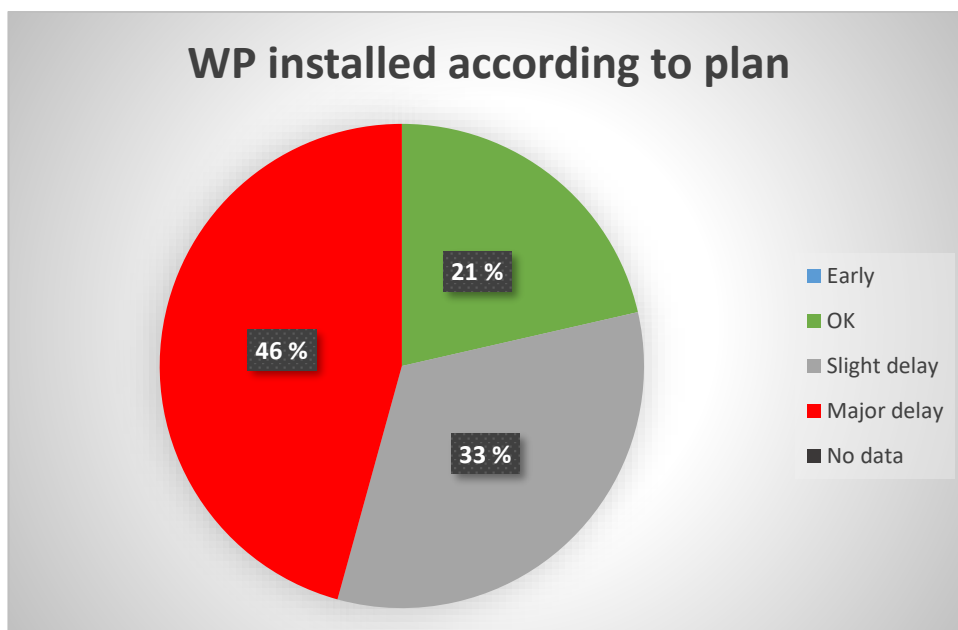
[More Details](#)

■ Erittäin harvoin
 ■ Melko harvoin
 ■ Siltoin tällöin
 ■ Melko usein
 ■ Erittäin usein



Kuva 9. Vastaus työsuunnittelijan kyselylomakkeesta.

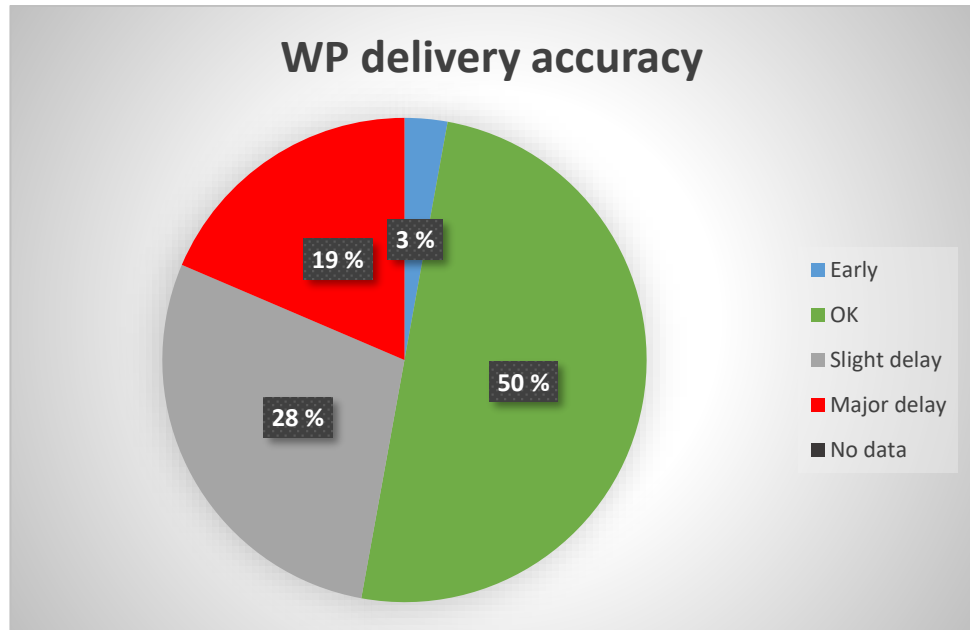
Tarkastellessa työpakettien asennusta viikkosuunnitelmaa vasten päivätasolla (Kuvio 2), nähdään että 21% työpaketeista asennettiin suunniteltuna päivänä ja 33% 2 – 4 päivää suunnitellusta asennuspäivästä, jolloin paketit pystytään vielä yleensä asentamaan suunnitellulla viikolla.



Kuvio 2. WP installed according to plan.

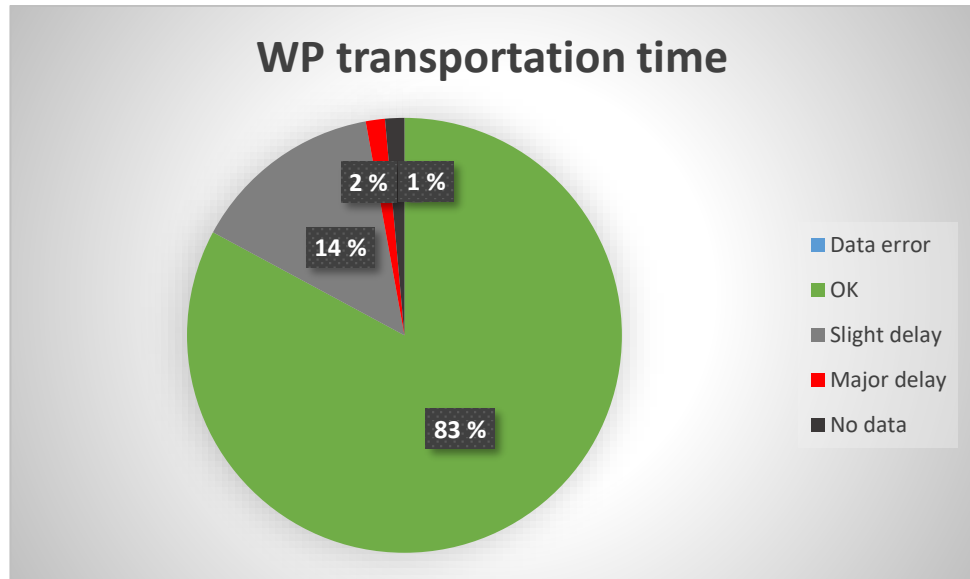
Edellä esitettyjen kuvaajien perusteella voidaan todeta, että n. 50% viikkosuunnitelmista toteutuu tällä hetkellä suunnitellusti. Syitä asennuksien viivästymiseen lähdettiin tutkimaan järjestelmällisesti työpakettien toimitusketjun alkupäästä aina asennukseen asti. Tutkimuksessa käytetystä datasta saatiin selvitettyä, miten täsmällisesti paketit on toimitettu asennuskohteeseen (Kuvio 3).

50% työpaketeista on ollut asennuskohteella 1-3 päivää ennen suunniteltua asennuspäivää jolloin ne muodostavat myös puskurin, mikäli edellinen työpaketti on asennettu suunniteltua nopeammin tai siinä on ilmennyt ongelmia ja sitä ei ole pystytty asentamaan. 28% saapui suunniteltuna asennuspäivänä tai sitä seuraavana ja 19% yli kaksi päivää suunnitellun asennuspäivän jälkeen. Tässä on huomioitava, että toimituksia on mahdollisesti pyydetty viivyttämään, jotta puskurivarasto ei kasvaisi liian isoksi asennuskohteessa, mikäli työnsuunnittelija on nähnyt, että asennukset ovat jääneet suunnitelmista jälkeen.



Kuvio 3. WP delivery accuracy.

Matka varastolta asennuskohteeseen on vain muutama kilometri, eivätkä autot lastaa muuta tavaraa kyytiin matkalla telakalle, joten kuljetusajoissa ei pitäisi suuria heittelyitä olla. Telakalla saattaa olla muutama kohde johon tavaraa puretaan, joten on mahdollista, että työpaketteja puretaan joskus väärin kohteisiin, mutta tällaista ei ole vielä tullut tietoon. Mitatusta datasta (Kuvio 4) nähdään kuljetusten olevan perillä ajallaan 83% keroista, 14% viivästymiset johtuvat todennäköisesti siitä, että niitä ei ole asennuskohteessa ajoissa kuitattu vastaanotetuiksi, joka tehdään manuaalisesti.

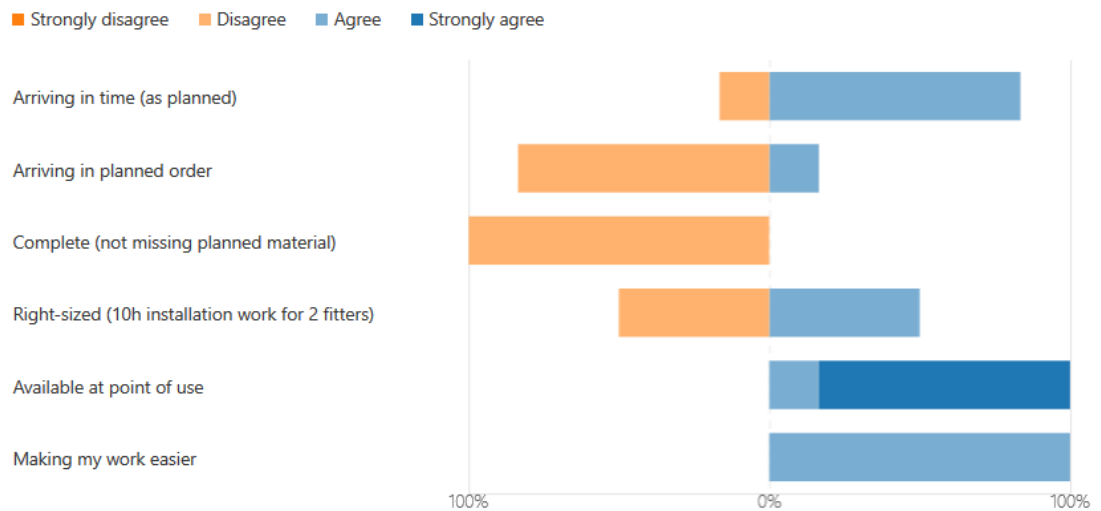


Kuvio 4. WP transportation time.

Viivästyksset materiaalityöissä aiheuttavat suurta ulkoista vaihtelua tuotantoprosessissa, ja koska tahtituotanto on erityisen haavoittuva vaihtelulle, on tärkeää, että materiaalilogistiikka toimii suunnitellusti (Tetik ym. 2019, 299). Vaikka 19% työpaketeista, jotka toimitetaan yli kaksi päivää suunnitellun asennuspäivän jälkeen (Kuvio 3), osin estävät viikkosuunnitelman toteuttamisen suunnitellusti, se tässä tapauksessa tuskin on juurisyy sille, että suunnitelmat eivät toteudu, vaan pikemminkin seurausta asennusten viivästy misestä. Tätä olettaa tukee myös asentajien vastaukset (Kuva 10) heille tehdyssä kyselyssä esitettyihin väittämiin työpakettien saapumisesta (Arriving in time) ja saata vuudesta (Available at point of use).

4. Work packages are

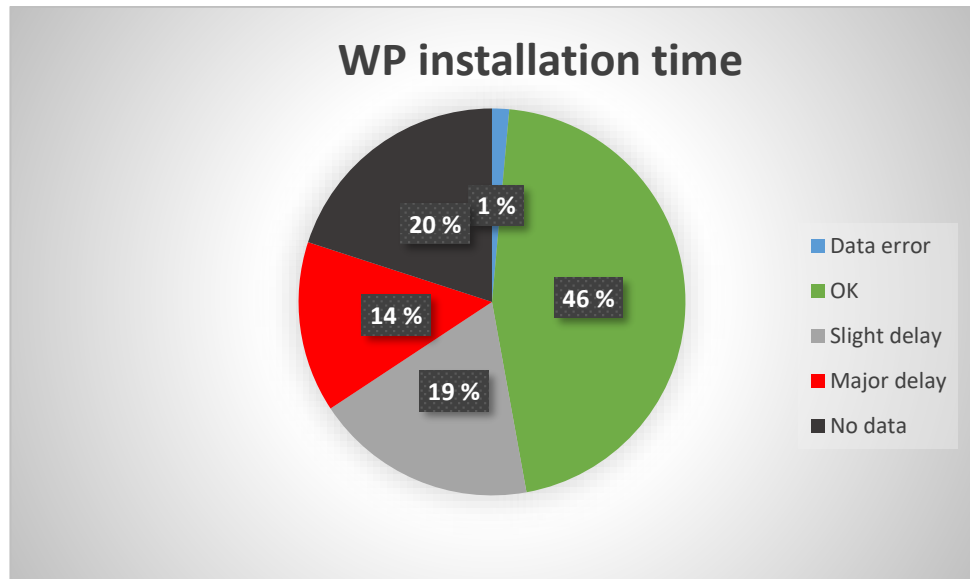
[More Details](#)



Kuva 10. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta.

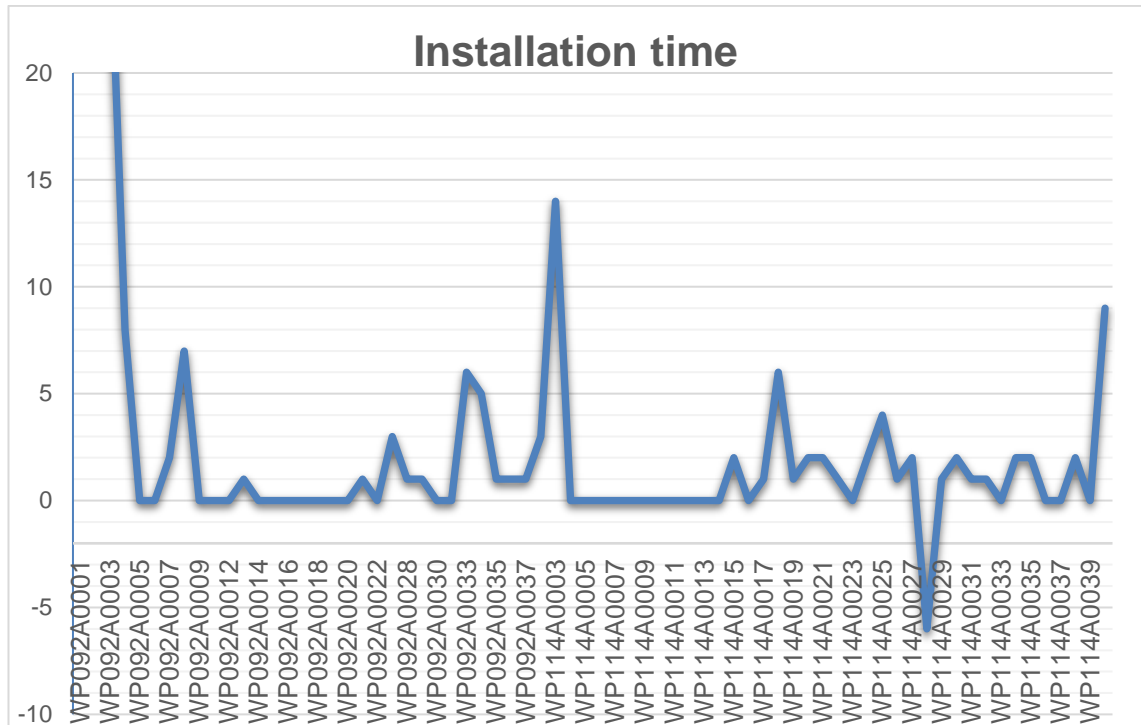
Tarkastellessa työpakettien asennusaikoja (Kuvio 5) nähdään, että ainoastaan 46% työpaketeista asennetaan suunnitellusti päivässä. 20% työpaketeista puuttuu joko työn aloitus- tai valmistumiskirjaus mikä hieman vääristää lukemaa, mutta vaikka puolet puuttuvista kirjauksista olisi asennettu ajoissa, ovat työpakettien asennukset kestäneet pääsääntöisesti liian kauan. Kaikki työnsuunnittelu ja tahditus perustuvat siihen, että työpaketti pystytään asentamaan päivässä ja jos puolissa työpaketeista asennus kestää yli yhden päivän sotkee se viikkosuunnitelman täysin sillä seuraavaa pakettia ei pystytä aloittamaan ennen kuin edellinen on asennettu. Asennusajan venymiseen syynä on joko se, että työpaketti on ylimitoitettu tai asennuksen aikana ilmenneet ongelmat, kuten materiaalipuutteet, puutteellinen työohjeistus ja design sekä suunnitteluvirheet (osat eivät sovi paikoilleen suunnitellusti tai työtä ei pysty tekemään suunnitellussa järjestyksessä).

Työpakettien sisältö pyritään suunnitella vastaamaan yhden päivän työmäärää. Mitoituksessa on kuitenkin vielä haasteita koska minkäänlaista standardiaikakirjastoa ei ole vielä luotuna, ja samanlaisella osalla saattaa olla hyvinkin erilaiset asennusajat riippuen asennuspaikasta. Työnsuunnittelu tehdään täysin 3D-mallin perusteella eikä siinä ole mallinnettu ilmastointi kanavien tukirakenteita, joiden tekeminen ja suunnittelu tapahtuvat asennuskohteessa asentajien toimesta. Tukien rakentaminen on eniten aikaa vievä osuus asennusten tekemisessä ja sen kestoa on hyvin vaikea arvioida mallin perusteella.



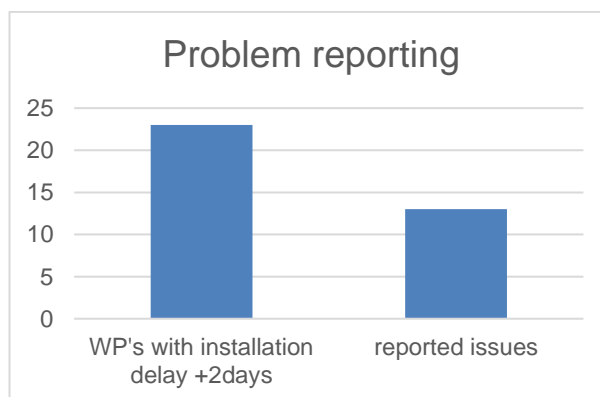
Kuvio 5. WP installation time.

Työpakettien asennusaikojen heittely (Kuvio 6) aiheuttaa suurta sisäistä vaihtelua tuotantoprosessissa, mikä kappaleessa 4. tunnistettiin tahtituotannon haasteeksi. Näin suuri vaihtelu asennusajoissa tekee työnsuunnittelun todella hankalaksi.



Kuvio 6. Installation time.

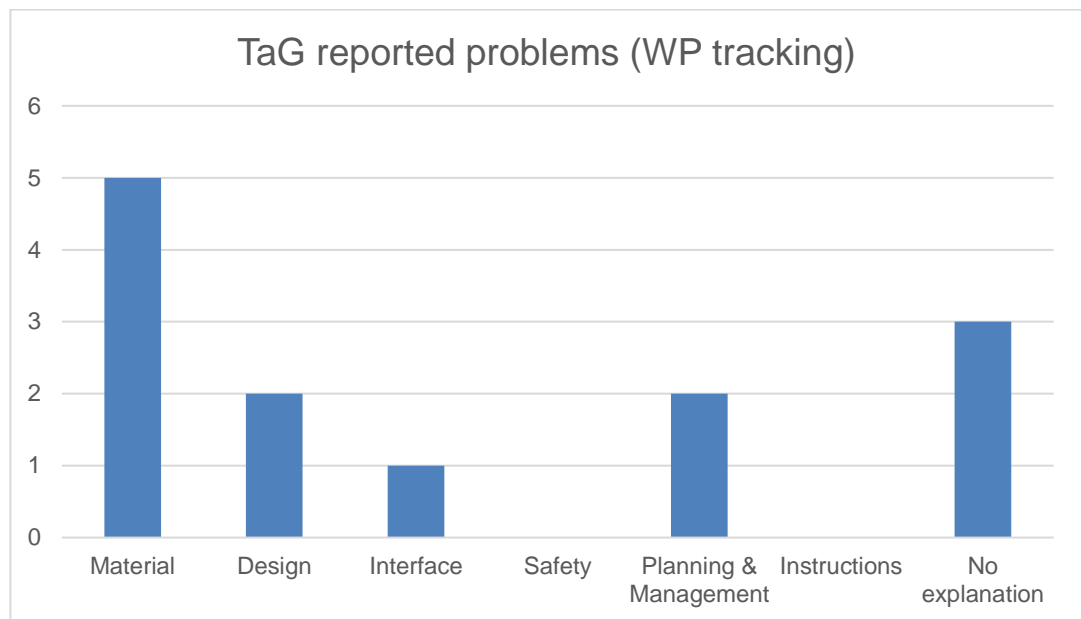
Asennuksen aikana ilmenneitä ongelmia pyritään kirjaamaan TaG:iin, jotta niistä saataisiin kerättyä tiedot ylös, mutta kirjauksia tehdään tällä hetkellä vaihtelevasti eikä kaikista viivästymisistä löydy ongelmakirjauksia. TaG ei tosin ole vielä kovin pitkään ollut käytössä kyseisessä tuotantoympäristössä, mistä saattaa osittain johtua puutteelliset ongelmakirjaukset. Seurantajakson aikana 23:n työpakettin asennusaika kesti kaksi tai useamman päivän ja 13 ongelmakirjausta tehtiin (Kuvio 7).



Kuvio 7. Problem reporting.

TaG:iin kirjataan työpakettikohtaisten ongelmien (WP tracking) lisäksi myös yleisesti tuotannossa esiintyvät ja päivittäisjohtopalaverissa esiin tulleet ongelmat, joita ei välttämättä pysty kohdentamaan tiettyyn työpakettiin. Ongelmat on kategorisoitu materiaali, design, rajapinta, työturvallisuus, suunnittelu & johtaminen ja työhajeisiin.

WP tracking:iin raportoidusta kolmestatoista ongelmasta viisi liittyi materiaaliin, kolmesta puuttui selitys ja loput jakautuivat design-, interface- ja planning & management-kategorioiden kesken (Kuvio 8).



Kuvio 8. TaG reported problems (WP tracking).

Koska otanta oli WP tracking puolella niin pieni, oli mielekkäämpää tarkastella raportoituja ongelmia Daily Management puolella (Kuvio 9), josta paremmin hahmottuu ongelmien jakautuminen kategorioittain, kun raporteja löytyy 45 kappaletta.

Myös daily management puolella ongelmat jakautuvat samalla tavalla kuin pienemässä otannassa; selkeästi eniten on materiaalin liittyviä ongelmia, jonka jälkeen tulee design ja planning & management.

Tyypillisiä materiaaliongelmia tuotannossa ovat materiaali- ja laatuongelmat. Työpaketeissa olevien esivalmisteiden lisäksi tarvitaan ns. standardimateriaalia, jota tilataan telakan keskusvarastolta asennushallissa sijaitsevaan supermarketvarastoon. Supermarketvarastoa pitää yllä C4:n varastotyöntekijä joka täydentää sinne eniten käy-

tettäviä standardimateriaaleja kahden laatikon järjestelmän mukaan. Tila supermarketeissa on kuitenkin rajallinen ja mikäli suunnitelluissa töissä käytetään jotakin standardimateriaalia normaalia enemmän tulisi se listata suunnitelmiin, jotta sitä osataan tilata isompi määrä ajoissa.

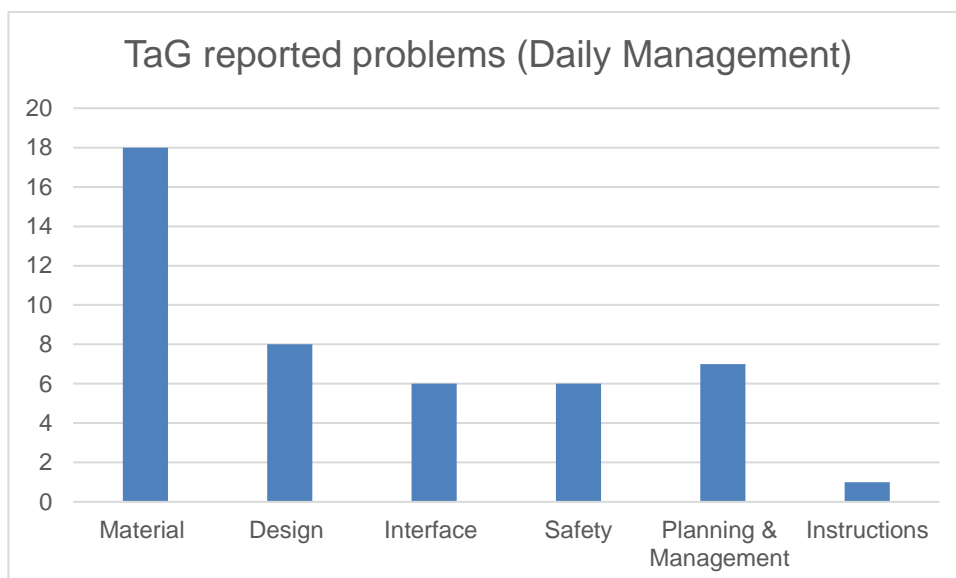
Designongelmat liittyvät tyypillisesti asennuspiirustuksiin ja esivalmisteisiin. Varustelua ei ole aina mahdollista tehdä piirustusten mukaan, tai niistä saattaa puuttua mittoja joiden avulla asennettavat osat pystyisi paikoittamaan AC-huoneissa niille suunnitelluille paikoille. Tämä aiheuttaa usein sovitusongelmia, jotka vaativat muokkausta esivalmistettuihin osiin asennuskohteessa.

Rajapintaongelmiin kuuluu kaikki ongelmat, jotka liittyvät yhteistyöhön muiden toimijoiden kanssa telakalla. Moduulivaiheessa kun varustelu tehdään varusteluhallissa, on yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa huomattavasti vähemmän kuin myöhemmin aluevaiheessa, mutta esimerkiksi kaikki kuljetukset, siirrot ja telineiden rakentamiset vaativat yhteistyötä muiden toimijoiden kanssa.

Työturvallisuusongelmat pitävät sisällä kaikki havainnot mahdollisista työturvallisuusriskeistä tuotannossa.

Planning & Management kategoriaan kuuluu ongelmat päivittäisjohtamisessa ja työsuunnittelun tekemisessä sekä toteuttamisessa.

Instructions-kategoriaan menee ongelmat työn ohjeistuksessa kuten väärrien asennusstandardien noudattaminen.



Kuvio 9. TaG reported problems (Daily Management).

Myös asentajien näkemykset (Kuva 10) puoltavat mitattujen ongelmien jakaumaa, kaikki ovat sitä mieltä, että työpaketit eivät ole ”kokonaisia”, eli niissä ei ole kaikkia suunnitelmassa olevia materiaaleja. Kaikki työsuunnitelmissa listatut esivalmistekanavat tulevat CLP:stä, mutta asennettavat komponentit tilataan telakan keskusvarastolta varusteluhal- lin supermarketvarastoon, josta C4:n varastotyöntekijä vie ne työpaketteihin ennen asennusta. Lisäksi suunnitelmissa esiintyy standardimateriaalia, jota asentajilla tulisi olla käytettävissä suunnitellusti asennuskohteessa. Vastauksista ei käy ilmi tarkoitetaanko puuttuvalla suunnitellulla materiaalilla esivalmisteita, komponentteja vai standardimate- riaalia. Päivittäisjohtamispalavereiden raportteja tutkimalla voidaan huomata, että nämä puutteet yleensä koskevat standardimateriaaleja ja komponentteja, eli materiaalia joka toimitetaan muualta kuin CLP:stä.

Materiaaliongelmia standardimateriaalin osalta pyritään ratkomaan listaamalla tarvittava materiaali mahdollisimman tarkasti viikkosuunnitelmiin. Materiaalitarpeiden selvitys on kuitenkin melko työlästä ja kaiken tarvittavan materiaalin selvittäminen ja listaaminen, vaatii työsuunnittelijalta paljon aikaa. Yksittäisen materiaalitarpeen selvittämiseen voi pahimmassa tapauksessa kulua jopa useampi tunti, vaatien ensin standardeihin tutus- tumista, mistä selvitetään mitä materiaalia tulisi käyttää, tämän jälkeen tarvittava määrä täytyy arvioida joko mallista tai asentajien työnjohtoa haastatteleamalla, mikä puolestaan vie resursseja heidän työnjohdoltaan.

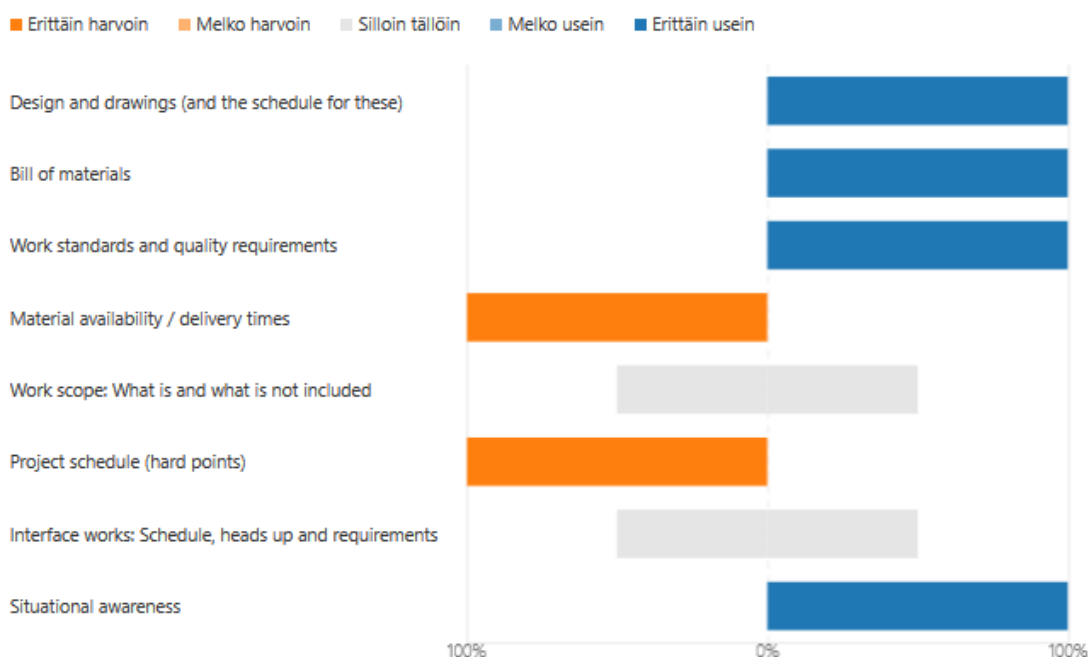
Osa standardimateriaalista on tosin valmiiksi mallinnettuna 3D-malliin, mutta työsuunnittelijalla käytössä olevalla selaimella ei pysty nykyisellään tulostaa listausta materiaaleista suoraan mallista, vaan tiedot täytyy manuaalisesti kirjata ylös osa kerrallaan. Läheskään kaikkea materiaalia ei kuitenkaan löydy mallista tai asennuspiirustuksista, ja näissä tapauksissa täytyy usein haastatella asentajia tai selata standardeja materiaali-tarpeet käytettävien materiaalien selvitykseen.

Materiaalitarpeiden selvitystyö helpottuu hieman työsuunnittelijan kokemuksen ja ammattitaidon karttuessa, jolloin tarvittava tieto löytyy nopeammin, kun tietää mistä etsiä ja keneltä kysyä apua selvitystyöhön. Tiedot käytettävistä materiaaleista tulisi kuitenkin tuoda työsuunnittelijalle valmiina, esimerkiksi detajisuunnittelun toimesta, mikä helpot-taisi huomattavasti työsuunnittelijan työtaakkaa. ja tätä mahdollisuutta olisi syytä selvit-tää yhdessä heidän kanssaan.

Oman haasteensa standardimateriaalitarpeiden suunnitteluun tuo se, että työsuunnit-telijan tilannekuva harvoin on ajantasainen, jolloin täytyy ensin selvittää missä vaiheessa asennukset etenevät, jotta tiedetään mitä seuravaksi asennetaan. Kun tarvittavia stan-dardimateriaaleja on useita kymmeniä, eri koot mukaan lukien jopa satoja, ei työsuun-nitteluresurssit riitä listaamaan kaikkea materiaalia viikkosuunnitelmiin. Yksikin materi-aalipuute voi aiheuttaa paljon hukkaa (odottelua ja etsintää) ja saattaa viivästyttää tuo-tantoa jopa päivillä. Nämä haasteet nostaa myös työsuunnittelija esille kyselyssään (Kuva 11).

6. Haasteita viikkosuunnitelman laatimiselle aiheuttaa:

[More Details](#)



Kuva 11. Vastaus työsuunnittelijan kyselylomakkeesta.

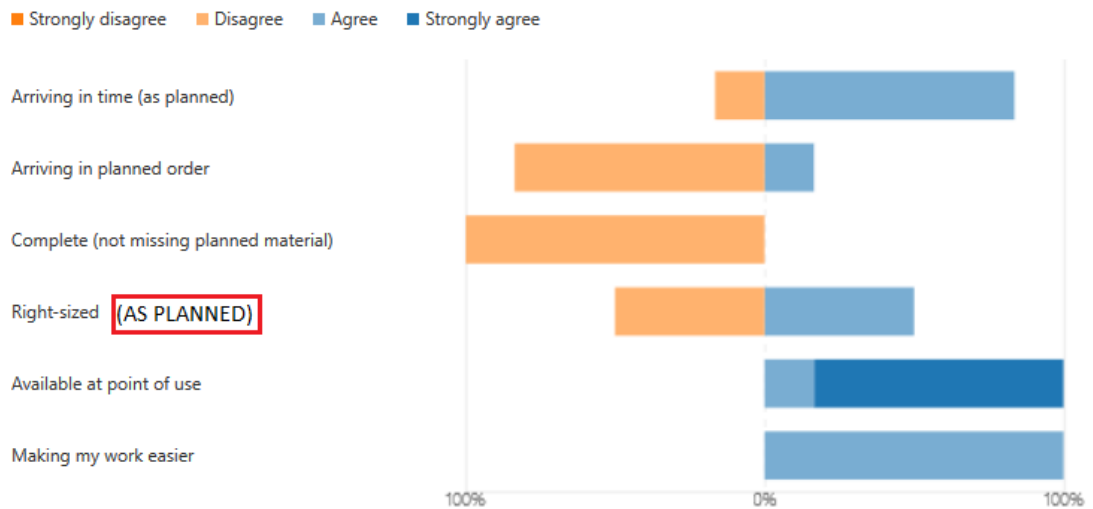
Alla myös työsuunnittelijan vapaa vastaus kysymykseen: ”Mitkä koet olevan suurimmat haasteet tällä hetkellä viikkosuunnitelman laatimiselle?”

”Päivittäisten ongelmien ratkaiseminen, liikaa tehtävää, liian vähän tekijöitä. Roolit ja tehtävänkuvaukset on, mutta ne on kovin sekaisin. IT-ongelmat”

Materiaaliongelmien lisäksi vastauksista (Kuva 12) on havaittavissa planning & management-kategorian ongelmia, eli työpaketit eivät tule suunnitellussa järjestyksessä ja niiden työmäärä ei vastaa täysin suunniteltua. Liian suuret työpaketit pidentävät väistämättä asennusaikoja ja aiheuttavat viivästymisiä sitä kautta viikkosuunnitelmiin, kyselyn vastauksista ei kuitenkaan pysty päättelemään onko työpaketit yleensä liian suuria vai pieniä.

4. Work packages are

[More Details](#)



Kuva 12. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta.

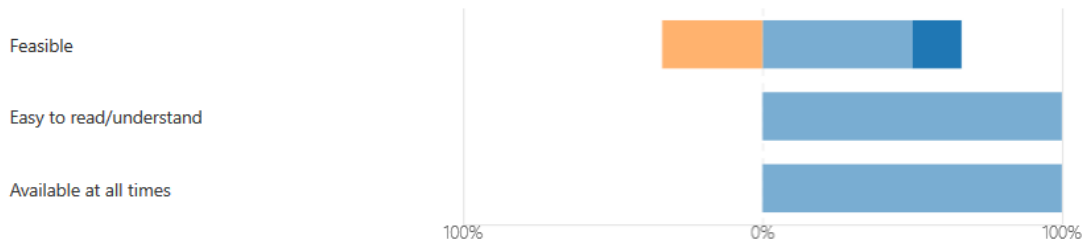
On syytä epäillä, että väite materiaalien saapumisesta suunnitellusta järjestyksestä on ymmärretty vastaajien toimesta niin, että materiaali saapuisi asennusjärjestyksen kannalta "oikeassa" järjestyksessä. Mikään ei viittaa, että materiaalitoimitukset eivät vastaisi työsuunnittelun toimituspäiviä toimitusjärjestyksen kannalta. Asentajilla on usein eri näkemys asennusjärjestyksestä kuin työsuunnittelijalla, joka tekee suunnittelun pelkästään 3D-mallin perusteella. Asentajille tehdystä kyselyssä esitettiin väite viikkosuunnitelmien toteutettavuudesta (Kuva 13), josta käy ilmi, että valtaosa oli sitä mieltä, että viikkosuunnitelma on toteutettavissa sellaisenaan joko joskus, tai harvoin.

Pakettien asennusjärjestys ei kuitenkaan yleensä vaikuta yksittäisen paketin asennusaikaan moduulivaiheessa, vaan jos tiettyä osaa ei pysty asentamaan moduulivaiheessa on kyseessä yleensä designongelma.

3. The weekly plan is

[More Details](#)

■ Never ■ Rarely ■ Sometimes ■ Always



Kuva 13. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta.

TaG-raporteissa (Kaaviot 8 & 9) esiintyneet designongelmat aiheuttavatkin herkästi suuria viiveitä työpakettien asennusajoille. Jos asennuksia ei voida tehdä asennuspiirustusten mukaan tai esivalmisteet eivät sovi suoraan paikoilleen, joudutaan tekemään muokkauksia, jotka saattavat aiheuttaa asennusaikojen venymistä päivillä.

Työsuunnittelija nostaa myös haastattelussaan designongelmat yhdeksi isoimmista haasteista niin viikkosuunnitelmien toteuttamiselle kuin myös laatimiselle. Alla työsuunnittelijan kommentti kyselystä (Liite 1):

"Työsuunnittelun ja detail designin pitäisi päästä aikaisemmin tekemään töitä yhdessä, jotta saataisiin tehtyä toteuttamiskelpoisia asennuskokonaisuuksia"

6.2 Tulosten luotettavuus/tarkkuus ja häiriötekijät

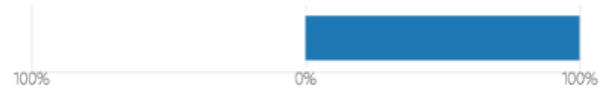
Mitattu data kirjataan IT-järjestelmään manuaalisesti ja mahdolliset viiveet kirjauksissa on syytä ottaa huomioon tuloksia tarkastellessa.

Asentajille tehty kysely jouduttiin kääntämään englannista venäjäksi ja liettuaksi, eikä kyselyn laatija pysty mennä takuuseen käännösten oikeellisuudesta. Kysely jouduttiin suorittaa asentajien esimiehen ollessa paikalla hänen toimiessaan kääntäjänä, mikä saattaa näkyä vastauksissa kysymyksiin joissa viitattiin asentajien omaan tekemiseen ja tietämykseen viikkosuunnitelmista (Kuva 14).

1. I am following the weekly plan made by C4 work planner

[More Details](#)

Never Rarely Sometimes Always



2. I am aware of

[More Details](#)

Strongly disagree Disagree Agree Strongly agree

The weekly plan

What Work Package I'm currently working on

Contents of the work package

What WP I need to install next

Where WP's are supposed to arrive

When material is supposed to arrive



Kuva 14. Vastaus työntekijöiden kyselylomakkeesta.

6.3 Tulosten yhteenveto

Tällä hetkellä n. 50% viikkosuunnitelmissa olevista työpaketeista asennetaan suunnitellulla viikolla. Tämä johtuu pääosin siitä, että vain n. 50% työpaketeista saadaan asennettua yhden työpäivän aikana, kuten on tarkoitus, ja viikkosuunnitelmat perustuu tähän olettamukseen, että yksi työpari asentaa yhden työpaketin työpäivän aikana.

Yleisimmät syyt asennusaikojen venymiseen ovat materiaali puutteet ja designongelmat. Materiaaliongelmien johtuvat yleensä standardimateriaali puutteista ja tästä syystä on tärkeää saada materiaalogistiikka toimimaan myös niiden osalta samalla tasolla kuin esivalmisteiden kanssa; riittävät varastotasot, ja jatkuva täydennys sekä tarkkaan määritelty rajapinnat työsuunnittelun ja supermarketin välille; mikä materiaali täytyy olla listattuna viikkosuunnitelmiin ja mikä on supermarketin vastuulla täydentää. Standardimateriaalitarpeiden selvitys nykyisellään on niin työläs prosessi, että sen toteuttaminen vaaditulla tasolla vaatisi työmäärällisesti lähes täysipäiväisen työntekijän niin C4:ltä, kuin

asentajiltakin, jotta kaikki tarvittava standardimateriaali saataisiin listattua viikkosuunnitelmiin ja tilattua ajoissa.

Designongelmiin syynä on yleensä detaljisuunnittelun puutteellinen näkemys tilanteesta asennuskohteessa, detaljisuunnittelu tehdään telakan ulkopuolella ulkopuolisen insinööritoimiston toimesta, eikä heillä ole näkymää varusteluun ja siksi olisi tärkeää parantaa yhteistyötä työnsuunnittelijan ja detaljisuunnittelun välillä, kuten työnsuunnittelija kommentissaan edellisellä sivulla mainitsi.

6.4 Kehitysehdotukset ja havainnot

Ensimmäiseksi tulisi saada työpakettikohtaiset ongelmankirjaukset toimimaan; aina kun asennusaika kestää yli vuorokauden tulisi syy asennusajan venymiselle kirjata mahdollisimman tarkasti, jotta kaikilla osapuolilla on jatkuvasti ajan tasalla oleva tilannekuva suoraan tuotantoon vaikuttavista ongelmista. Näistä olisi hyvä saada myös automaattisesti päivittyvä näkymä Power BI raporteihin, joka laskee montako vuorokautta eri kategorian ongelmat ovat aiheuttaneet viivästyksiä eri AC-huoneiden tuotannossa. Tämä helpottaa ongelmiin puuttumista ja asioiden eskaloimista eteenpäin.

Toiseksi tulisi kehittää nykyistä materiaalogistiikkaa ja prosesseja standardimateriaalien osalta, mikä auttaisi keventämään työnsuunnittelijan työtaakkaa. Keinoja tähän olisi esimerkiksi resurssien lisääminen materiaaltarpeiden selvitykseen ja tilaukseen työnsuunnittelun yhteydessä, selvitystyön siirtäminen detaljisuunnitteluun päin tai lisäresurssit supermarketin prosessien ja toiminnan kehitykseen, jää vielä nähtäväksi. Tässä olisi myös hyvä aihe jatkotutkimuksille, sillä syvempi selvitystyö tähän työnsuunnittelun ja supermarketin väliseen rajapintaan on tarpeen.

Kolmanneksi työnsuunnitteluresursseja olisi hyvä saada vapautettua enemmän kehitystyöhön työnsuunnittelun ja detaljisuunnittelun välille. Kapasiteettibufferi, jossa osa kapasiteetista käytetään ennakoiviin töihin, kuten työnsuunnittelijan tapauksessa designongelmien ratkomiseen, onkin yksi tunnetuista keinoista vaihtelun hallitsemiseksi (Quality Knowhow Karjalainen Oy 2020). Ongelmien ratkomiseen tulee varata tarpeeksi aikaa, periaate 12. Likerin (2004, 40) Toyotan tapaan kirjasta kuuluu: ”Mene itse paikan päälle, jotta ymmärrät tilanteen perusteellisesti”. Ongelmia harvoin pystyy ratkomaan tietokoneen ääreltä muiden antamien raporttien pohjalta, vaan prosesseja parantaakseen tulisi hakeutua ongelmien alkulähteelle havainnoimaan asioita henkilökohtaisesti (Liker 2004,

40). Tällä hetkellä työsuunnittelu on kuitenkin ylityöllistetty päivittäisten ongelmien ratkomisen, materiaalityöselvitysten ja viikkosuunnitelmien tekemisen kanssa, eikä resursseja juurikaan jää ennakkoivaan työhön

Etenkin päivittäisten ongelmien ratkomisen tuotannossa olisi hyvä saada siirrettyä pois työsuunnittelulta. Ongelmien selvittäminen ei yleensä vaadi työsuunnittelijan panosta, vaan kuormittavat suunnittelua turhaan, jonka tulisi pystyä keskittyä enemmän tulevien töiden suunnitteluun ja ongelmien ennaltaehkäisyyn.

Päivittäisten ongelmien ratkaisuvastuu kuuluu asiakkaan työjohtolle, mutta useat ongelmat, etenkin materiaaliin liittyvät, päätyvät työsuunnittelijan ratkottavaksi. Nykyisten roolien ongelmanratkaisuvastuita tulisi selkeyttää; designiin ja työsuunnitteluun/työohjeisiin liittyvät ongelmat työsuunnittelun vastuulle, ja kaikki päivittäiset tuotantoon liittyvät ongelmat työjohton vastuulle. Ongelmana tässä jaossa on tällä hetkellä materiaalityöselvitysten selvitys, joka on suurin yksittäinen päivittäisten ongelmien aiheuttaja. Näiden selvitys kuuluisi tällä jaolla asiakkaan työjohton vastuulle, mutta materiaalityöselvityksen vastuu projektissa kuuluu C4:llä. Tästä syystä kaikki materiaalityöselvitykset nyt jäävät työsuunnittelijan vastuulle. Olisikin hyvä tarkastella vaihtoehtoja nykyiselle työjohtomallille; voisiko asiakkaan työjohton kouluttaa C4:n prosesseihin ja opettaa heitä käyttämään C4:n raportointi- ja materiaalityöselvitystyökaluja, vai olisiko järkevämpää ottaa työjohtoon henkilö C4:ltä, joka vastaisi päivittäisten ongelmien ratkomisesta tuotannossa? C4:ltä löytyy valmiiksi telakalta materiaalityöselvityksen rooli, joka vastaa materiaalityöselvityksistä ja supermarkettyöselvityksistä, materiaalityöselvityksen ottamista mukaan työjohton rinnalle voisi tarkastella yhtenä vaihtoehtona päivittäisten materiaalityöselvitysten ratkomi-

seen. Tarvittavien standardimateriaalien selvitystyötä taas olisi mahdollista helpottaa vaati-
malla detaljisuunnittelulta selkeitä listoja mallinnetuista materiaaleista, ja siirtämällä muut standardimateriaalityöselvitykset supermarketin vastuulle.

7 ARVIOINTI JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia työsuunnittelun toteutumista ilmastointivarustelun moduulivaiheessa ja määrittää ongelmat ja antaa kehitysehdotukset. Tutkimustulosten perusteella, työsuunnitelmat toteutuvat tällä hetkellä n. 50-prosenttisesti. Suurin ongelma on työpakettien asennusaikojen suuri vaihtelu ja venyminen, joka johtuu pääosin design- ja materiaali ongelmista.

Tulokset olivat odotettuja ja ongelmat ovat havaittavissa myös päivittäisessä toiminnassa. Työhön käytettävissä olleeseen aikaan nähden tutkimukseen voi olla tyytyväinen, ja oletetut ongelmat on saatu todennettua myös mitattuna datana. Mikäli työhön olisi ollut käytettävissä enemmän aikaa olisi mittaukset ja kirjaukset olleet parempi tehdä itse paikan päällä seuraamalla toimintaa, joka olisi eliminoinut mahdolliset kirjausviiveet datassa. Jatkossa voisi harkita WP tracking kirjauksien tarkistamista osana päivittäisjohtopalavereita, jossa käytäisiin läpi esimerkiksi läpi, että edellispäivänä aloitetut työpaketit on joko kuitattu valmiiksi, tai niistä löytyy ongelmakirjaus syineen asennuksien viivästyessä. Lisäksi tulisi tarkastaa, että kaikki työn alla olevat työpaketit on kirjattu aloitetuiksi TaG:in WP tracking puolella.

Moduulivaiheen varustelu on kuitenkin lukuisista ongelmista huolimatta melko sujuvaa ja todelliset ongelmat alkavat vasta aluevaiheessa, seuraavaksi olisikin mielekästä toteuttaa vastaava tutkimus, jossa tutkitaan työsuunnittelun toteutumista sekä materiaali logistiikkaa aluevaiheessa.

Samat materiaali ongelmat kuitenkin toistuvat ja kertaantuvat aluevaiheessa kuin moduulivaiheessa, joten niiden ratkomisen on välttämätöntä tahtituotannon onnistumiselle. Kuten kappaleessa 6 esitettiin, niin materiaali logistiikan hallinnointi telakan päässä on kuitenkin tällä hetkellä erittäin työlästä ja vaatii vielä sekä roolien selkeyttämistä, että prosessien kehittämistä ja standardointia. Työsuunnittelun irrottaminen, tai vastuun jakaminen muiden roolien kanssa standardimateriaalitarpeiden selvityksessä ja tilauksessa, vapauttaisi työsuunnittelun resursseja design ongelmien ratkomiseen, ja tulevien ongelmien ennaltaehkäisyyn.

Roolien vastuita määriteltessä tulisi pitää mielessä, että C4:n tavoitteena on luoda skaalautuva työsuunnitteluprosessi, joka on mahdollista viedä eri tuotantoympäristöihin ja jota asiakkaat pystyvät itse operoida. Tämän vuoksi on tärkeää laatia selkeät roolijaot ja

vastuut toiminnan sisäisissä rajapinnoissa. Materiaalilogistiikan tulisi toimia omana prosessinaan työsuunnittelun rinnalla kuormittamatta sitä liikaa. Nykyisellä mallilla työsuunnitteluprosessi vaatii vielä liian suuria ponnisteluja työsuunnittelulta materiaalisäätävyyden varmistamiseksi, jotta työsuunnittelun pystyisi skaalata tällaisenaan muualle.

LÄHTEET

Binninger, M., Dlouhy, J., Müller, M., Schattmann, M. & Haghsheno, S. 2018. Short Takt Time in Construction—a Practical Study. Proceedings (IGLC 26). Chennai, India.

Frandsen, A., Berghede, K. & Tommelein, I.D. 2013. Takt time planning for construction of exterior cladding. In Proc. 21st Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction.

Frandsen, A.G., Seppänen, O. & Tommelein, I.D. 2015. Comparison between location based management and takt time planning. In Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction.

Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J. & Sterlike, S. 2016. History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA.

Haverila, M.; Uusi-Rauva, E.; Kouri, I. & Miettinen, A. 2009. Teollisuustalous. Tampere: Infacts Oy.

Heinonen, A. & Seppänen, O. 2016. Takt Time Planning in Cruise Ship Cabin Refurbishment: Lessons for Lean Construction. In Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, IGLC, Boston, MA, USA.

Heinonen, A., & Seppänen, O. 2016. Takt Time Planning: Lessons for Construction Industry from a Cruise Ship Cabin Refurbishment. Case Study In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA.

Hopp, W.J. & Spearman, M.L. 2004. To pull or not to pull: what is the question? Manufacturing & service operations management.

Kilpatrick, J. 2003. Lean principles. Utah Manufacturing Extension Partnership.

Liker, J. 2004. Toyotan tapaan. Suom. Marko Niemi, Helsinki Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Linnik, M., Berghede, K. & Ballard, G. 2013. An experiment in takt time planning applied to non-repetitive work. In 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction.

Modig, N. & Åhlström, P. 2017. Tätä on Lean.

Quality Knowhow Karjalainen Oy. Vaihtelu ja PDCA. Viitattu 15.06.2020 <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/vaihtelu-ja-pdca/>.

Rother, M. 2010. Toyota Kata. Suom. Marko Niemi, Porvoo: Bookwell Oy.

Seppänen, O. 2014. A comparison of takt time and LBMS planning methods. In Proc. 22nd Ann. Conf. of the Int'l Group for Lean Construction.

Tetik, M., Peltokorpi, A., Seppänen, O., Viitanen, A., & Lehtovaara, J. 2019. Combining Takt Production with Industrial Logistics. In: Proc. 27th Annual Conference of the International. Group for Lean Construction (IGLC), Pasquire C. and Hamzeh F.R. (ed.), Dublin, Ireland.

The Lean Way. Viitattu 15.06.2020 <https://theleanway.net/the-continuous-improvement-cycle-pdca>.

The Northwest Lean Networks. Viitattu 15.6.2020 <http://www.nwlean.net/leanfaqs.htm>.

Työsuunnittelijan kyselylomake

Työsuunnittelun toteutuminen moduulivaiheessa

Työsuunnittelijan kyselylomake

* Required

Viikkosuunnitelmien toteutuminen

Työsuunnittelijan oma arvio

1. Viikkosuunnitelmat toteuvat suunnitellusti: *

Erittäin harvoin	Melko harvoin	Silloin tällöin	Melko usein	Erittäin usein
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. Saan tiedon viikkosuunnitelmien toteutumisesta luotettavasti: *

Erittäin harvoin	Melko harvoin	Silloin tällöin	Melko usein	Erittäin usein
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. Haasteita viikkosuunnitelman toteuttamiselle moduulivaiheessa aiheuttaa: *

	Erittäin harvoin	Melko harvoin	Silloin tällöin	Melko usein	Erittäin usein
Material	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interface	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Design	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Instructions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Planning & Management	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Safety	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Mitkä koet olevan suurimmat haasteet tällä hetkellä viikkosuunnitelmien toteuttamiselle moduulivaiheessa?

Enter your answer

Työsuunnittelu

Työsuunnittelijan oma arvio

5. Toteutettavissa olevan viikkosuunnitelman laatiminen on haastavaa: *

Erittäin harvoin	Melko harvoin	Silloin tällöin	Melko usein	Erittäin usein
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Haasteita viikkosuunnitelman laatimiselle aiheuttaa: *

	Erittäin harvoin	Melko harvoin	Silloin tällöin	Melko usein	Erittäin usein
Design and drawings (and the schedule for these)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bill of materials	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Work standards and quality requirements	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Material availability / delivery times	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Work scope: What is and what is not included	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Project schedule (hard points)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Interface works: Schedule, heads up and requirements	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Situational awareness	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Mitkä koet olevan suurimmat haasteet tällä hetkellä viikkosuunnitelman laatimiselle?

Enter your answer

Työntekijöiden kyselylomake

työntekijöiden/Team leaderien kyselylomake

1. I am following the weekly plan made by C4 work planner

	Never	Rarely	Sometimes	Always
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. I am aware of

	Strongly disagree	Disagree	Agree	Strongly agree
The weekly plan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
What Work Package I'm currently working on	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Contents of the work package	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
What WP I need to install next	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Where WP's are supposed to arrive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
When material is supposed to arrive	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

C4 Työsuunnittelu/materiaalilogistiikka prosessikaavio

Ei julkaista toimeksiantajan vaatimuksesta.

Daily management sheet

Ei julkaista toimeksiantajan vaatimuksesta.