



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TOMMI HAKALA
BETONIELEMENTIN VALMISTUSPROSESSIN TEHOSTAMINEN
LEANIN AVULLA

Diplomityö

Tarkastajat: Professori Jukka Pekkanen ja Projektipäällikkö Juha-Matti Junnonen
Tarkastajat ja aihe hyväksytty
28.9.2018

TIIVISTELMÄ

TOMMI HAKALA: Betonielementin valmistusprosessin tehostaminen leanin avulla

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 88 sivua, 3 liitesivua

Syyskuu 2018

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: Professori Jukka Pekkanen, Projektipäällikkö Juha-Matti Junnonen

Avainsanat: Lean, betonielementti, valmisosarakentaminen

Työssä tutkitaan betonielementtituotannon tehostamista NB-Seinä Oy:n tuotantotiloissa lean-filosofiaa hyväksi käyttäen. Tarkoituksena oli tutkia elementin valmistusprosessia ja arvoa tuottamattomien toimintojen poistamisella nopeuttaa tuotteiden virtausta. Tutkimus on rajattu koskemaan vain elementin valmistusprosessia.

Tutkimuksen tutkimusmenetelmänä käytettiin kirjallista esitutkimusta. Työn empiirinen osuus toteutettiin kirjallisen tutkimuksen pohjalta. Elementin valmistusprosessia tutkittiin seuraamalla prosesseja ja kellottamalla työtapauksia kameroiden kautta. Lisäksi suoritettiin haastattelu valituille työntekijöille, sekä työnjohdolle. Haastatteluisia pyrittiin selvittämään työntekijöiden havaitsemia kehityskohtia ja parannusehdotuksia.

Tutkimus paljasti suuren määrän hukkia, joita olisi helppoa vähentää pienillä muutoksilla. Suurimmat hukat liittyivät odottamiseen, kuljetuksiin ja varastoihin. Hukka muodosti suuren osan jokaisen tutkittavan elementin valmistusprosessista. Tutkimuksen tuloksena kohdeyritykselle kehitettiin lean-periaatteiden mukaisia parannusehdotuksia.

ABSTRACT

TOMMI HAKALA: Increasing The Efficiency of Precast Concrete Manufacturing Through Lean

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 88 pages, 3 Appendix pages

September 2018

Master's Degree Programme in Construction Production

Major: Construction production

Examiner: Professor Jukka Pekkanen, project manager Juha-Matti Junnonen

Keywords: Lean, precast concrete element, prefabricated-construction

This research investigates the enhancement of concrete element production in NB-Seinä Oy's facilities using the lean philosophy. The purpose was to study the manufacturing process of the element and the elimination of unproductive functions to speed up product flow. The research is limited to the element manufacturing process.

The research method used was a written preliminary study. The empirical part of the work was carried out on the basis of a written study. The manufacturing process of the element was studied by monitoring processes and clocking work events through cameras. In addition, an interview was conducted with selected employees and with management. The interviews were aimed to identify the developmental points and suggestions for improvements observed by the employees.

The study revealed a large amount of waste that would be easy to reduce by small changes. The biggest waste were waiting, transportation and storage. The waste formed a large part of the manufacturing process of each element being investigated. As a result of the research, the target company was developed with suggestions for improvement in accordance with the lean principles.

ALKUSANAT

Syksyllä 2010 astelin ensimmäistä kertaa yliopiston ovista sisään. Nyt reilu 8 vuoden jälkeen voin todeta, että näinä vuosina on tapahtunut paljon enemmän kuin olisin osannut kuvitella. Matka rakennustekniikan saloihin on ollut antoisa ja tuntuu, että olen löytänyt oman alani. Jälkeenpäin huomaan, että samalla kun astuin yliopistoelämään alkoi myös matka aikuisuuteen ja omaan minuuteen. Molemmissa riittää varmasti opittavaa myös tuleville vuosikymmenille. Matkan aikana olen löytänyt ihanan ja kauniin vaimon, jonka kanssa olemme päässeet harjoittelemaan oman kodin rakentamista ja perhe-elämää. Esikoisemme syntymä toimi minulle valtavana motivaattorina koulun loppuun saattamiselle.

Olen kiitollinen koko yliopiston ammattitaitoiselle henkilökunnalle, voin ylpeänä kantaa harteillani Tampereen teknillisen yliopiston viittaa. Kurssien läpikäymiseksi vaadittiin muutakin kuin ulkoa opettelua, ongelmanratkaisutaidot ovat kehittyneet työelämässä tarvittu tasolle. Koenkin saaneeni erinomaiset valmiudet toimia työelämässä haastavissakin tehtävissä.

Kiitos täytyy osoittaa myös opiskelutovereille, joita ilman minustakaan ei todennäköisesti ikinä olisi diplomi-insinööriä leivottu. Ilman viisaampien kavereiden apua olisi monet harjoitustyöt ja viikkoharjoitukset jääneet työpöydälle odottamaan seuraavaa vuotta.

Viimeiset vuodet ovat vierähtäneet työn parissa, diplomityötä on töiden ohessa tehty vuodesta 2016 alkaen. Kiitos työnantajalleni ja isälleni Artolle, häneltä olen oppinut sekä rakentamisesta, että elämästä. Kiitos myös muulle perheelleni tuesta ja väsymättömästä opintojeni kannustamisesta siitä huolimatta, että eteneminen oli hitaampaa kuin länsimetrolla. Haluaisin kiittää vielä työni ohjaajaa Jukka Pekkasta, joka kärsivällisesti jaksoi kannustaa ja antaa neuvoja, vaikka prosessi kestitkin lähes kolme vuotta. Kiitos lausahdus vielä kaikille sukulaisille, kollegoille ja muille jotka ovat väsymättä muistaneet ihmetellä allekirjoittaneen opintojen kestoa.

Vantaalla 15.8.2018

Tommi Hakala

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Työn tavoitteet, rajaukset ja tutkimusongelma	1
1.3	Tutkimuksen toteutus	2
2.	LEAN TOIMINTAMALLINA.....	3
2.1	Lean ajattelun lähtökohdat	3
2.2	Lean-menetelmän periaatteet.....	4
2.3	Hukka	7
2.4	Lean työkalut	10
2.4.1	5S	11
2.4.2	JIT – Just-in-time	11
2.4.3	Kaizen.....	12
2.4.4	Standardointi.....	14
2.4.5	Heijunka – tuotannon tasapainottaminen	14
2.4.6	Kanban.....	15
2.4.7	Six-sigma	15
2.4.8	Nopea sarjanvaihto.....	16
3.	BETONIELEMENTTITUOTANTO	17
3.1	Elementtirakentaminen.....	17
3.2	Elementtitoimitusprosessi.....	18
3.2.1	Tarjous-, sopimus- ja suunnitteluvaihe	19
3.2.2	Tuotantovaihe	22
3.2.3	Varastointi ja kuljetus.....	23
3.2.4	Luovutusvaihe.....	23
4.	SEINÄELEMENTIN VALMISTAMINEN – PROSESSIKUVAUS	25
4.1	Yritysesittely.....	25
4.2	Prosessikuvaus	26
4.2.1	Muottityö	27
4.2.2	Raudoitustyö	29
4.2.3	Täydentävät työt.....	32
4.2.4	Betonointi	35
4.2.5	Jälkihoito ja muotin purkutyö	38
4.2.6	Viimeistely ja varastointi.....	39
5.	TUTKIMUSTULOKSET	40
5.1	Tunnistetut hukat	40
5.1.1	Väliseinäelementti 1	42
5.1.2	Ulkoseinäelementti.....	50
5.1.3	Parvekelaattaelementti.....	59
5.2	Haastattelun tulokset	68

6. KONSEPTI HUKKIEN ELIMINOIMISELLE.....	74
6.1 Odottaminen	74
6.2 Varastointi ja kuljetus	77
6.3 Tuottamattomat toiminnot	83
6.4 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet.....	86
7. POHDINTA.....	88
LÄHTEET	89
LIITE 1 VÄLISEINÄELEMENTTI.....	91
LIITE 2 SANDWICH-ELEMENTTI	92
LIITE 3 PARVEKELAATTAELEMENTTI	93

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Lean periaatteet</i>	4
Kuva 2.	<i>PDCA-Sykli jatkuvan parantamisen tueksi (PDSA Model courtesy of The W. Edwards Deming Institute)</i>	13
Kuva 3.	<i>Sarjatuotanto ja tasapainotettu tuotanto (Kouri, 2009, s. 18)</i>	15
Kuva 4.	<i>Betonielementtitoimituksen prosessikaavio (NB-seinä oy FPC)</i>	19
Kuva 5.	<i>NB-Seinä oy:n tehdastilojen pohjakuva</i>	26
Kuva 6.	<i>Elementin valmistuksen aliprosessit</i>	27
Kuva 7.	<i>Valmiita muotteja</i>	29
Kuva 8.	<i>Raudoitettu väliseinä</i>	31
Kuva 9.	<i>Parvekelaatan raudoitus</i>	31
Kuva 10.	<i>Julkisivuelementin ulkokuoren raudoitus</i>	32
Kuva 11.	<i>Väliseinäelementin erilaisten sähkö- ja liitososien asennusvaihe</i>	34
Kuva 12.	<i>Eristeen asennusta</i>	35
Kuva 13.	<i>Betonointia</i>	37
Kuva 14.	<i>Väliseinäelementin muottivaiheen hukat</i>	43
Kuva 15.	<i>Väliseinäelementin raudoitustyön hukat</i>	45
Kuva 16.	<i>Hukat täydentävien töiden aikana</i>	46
Kuva 17.	<i>Hukat betonoinnin aikana</i>	47
Kuva 18.	<i>Hukat jälkihoidon ja muotin purkutyön aikana</i>	48
Kuva 19.	<i>Väliseinäelementin hukat</i>	49
Kuva 20.	<i>Sandwich elementti muottivaiheen hukat</i>	52
Kuva 21.	<i>Sandwich elementti raudoitustyön hukat</i>	54
Kuva 22.	<i>Sandwich elementti täydentävien töiden hukat</i>	55
Kuva 23.	<i>Sandwich elementti betonoinnin hukat</i>	56
Kuva 24.	<i>Sandwich elementti jälkihoidon ja muotin purkutyön hukat</i>	57
Kuva 25.	<i>Tutkittavan sandwich elementin hukat koottuna</i>	58
Kuva 26.	<i>Hukat muottityön aikana</i>	61
Kuva 27.	<i>Raudoitustyö eriteltyinä hukkiin ja jalostavaan työhön</i>	63
Kuva 28.	<i>Hukan ja jalostavan työn osuus täydentävissä töissä</i>	64
Kuva 29.	<i>Parvekelaattaelementin hukat betonoinnin aikana</i>	66
Kuva 30.	<i>Muotin purkamisessa havaitut hukat</i>	67
Kuva 31.	<i>Parvekelaattaelementin hukat kootusti</i>	68
Kuva 32.	<i>Tuotantotilojen muottipöydät, betonimyllyt ja kuljetin</i>	75
Kuva 33.	<i>Tuotantotilat ja materiaalivarastot</i>	78
Kuva 34.	<i>Ehdotus tuotantotilojen uudelleenjärjestämiseksi</i>	81
Kuva 35.	<i>Laitamagneetti, jonka käyttöönottoa ehdotetaan</i>	84
Kuva 36.	<i>Tällä hetkellä käytössä oleva laitamagneettimalli</i>	84
Kuva 37.	<i>Ehdotus tilattavista verkkoraudoitteista</i>	86

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Lean	Filosofia, jossa pyritään parempaan virtaustehokkuuteen hukkia poistamalla
Hukka	Työ, joka ei tuota arvoa asiakkaan näkökulmasta
Ydinprosessi	Tärkeimmät prosessit
Tukiprosessi	Ydinprosessia tukevat prosessit
TPS	Toyota production system, Toyotan tuotantojärjestelmä, jonka tarkoituksen poistaa hukkia.
Sandwich	Eristetty julkisivuelementti, muodostuu sisäkuoresta, eristeestä ja ulkokuoresta.
BES-järjestelmä	Suomessa vuosina 1968-1970 kehitetty elementtijärjestelmä, jonka mukaisesti kantavina rakenteina toimivat väli- ja päätyseinät, väli-pohjana ontelolaatat.
Runko-BES	Elementtijärjestelmä toimitilarakentamista varten
FPC-manuaali	(Factory Production control) eli tehtaan sisäisen laadunvalvonnan käsikirja, jossa on kuvattuna yrityksen tuotanto- ja laatu-järjestelmä siltä osin kuin CE-merkintä sitä edellyttää.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tutkimuksessa tutkitaan betonielementtejä valmistavan yrityksen tuotantoprosessia ja sen tehokkuutta. Taustalla on kohdeyrityksen halu kehittää tuotantoprosessia, sekä luoda pitkäaikaisia molemminpuoliseen luottamukseen perustuvia asiakassuhteita. Kohdeyritys on tehnyt viimeisten vuosien aikana huomattavia laajennuksia tuotantotilojen, sekä varastointitilojen osalta. Kasvun yhteydessä tuottavuuden on havaittu alenevan. Jotta kilpaillulla alalla voi menestyä tulee prosessien toimia tehokkaasti ja laadukkaasti.

Eurokoodien käyttöönotto on lisännyt elementtien raudoituksia sekä erilaisten kuormia siirtävien osien määriä. Suunnitteluohjelmat ovat siirtymässä kokonaisvaltaiseen tietomallintamiseen, tämä vaatii uudistumista myös suunnittelun ohjauksen puolella. Kohdeyrityksen kokemuksen mukaan mallinnetut elementtikuvat ovat laadultaan huonompia perinteisiin piirrettyihin kuviin nähden. Kuvat ovat puutteellisia, suunnittelijat luottavat liian paljon ohjelmaan ja tarkastaminen on puutteellista. Seurauksena on havaittu suuri määrä puutteita ja virheitä kuvissa. Lisäksi suunnittelijat eivät mallinna detaljeja, vaan lisäävät kuvan yhteyteen useita detaljikuvia, jotka poikkeavat mittakuvasta ja leikkauksesta. Nämä muutokset täytyy osata huomioida myös tehtaan tuotannossa, jotta tehokkuus ei pääse laskemaan.

1.2 Työn tavoitteet, rajaukset ja tutkimusongelma

Työn tavoitteena on parantaa tehtaan tuotantojärjestelmän tehokkuutta tuottamattomien toimintojen poistamisella, eli hyödyntämällä lean-ajattelua. Lean filosofia on todella laaja-alainen, eikä koko filosofiaa tässä työssä voida soveltaa. Tutkimuksessa keskitytään kohdeyritykselle olennaisiin asioihin ja sitä kautta löytää sopivat keinot tuotannon tehostamiseen. Tuottamattomien toimintojen, eli hukkien vähentämisen avulla parannetaan asiakastytyväisyyttä, laatua ja pienentämään toiminnan kustannuksia sekä lyhentämään tuotannon läpimenoaikoja, eli parantamaan virtaustehokkuutta. Kohdeyrityksen strategiset tavoitteet, sekä tehokkuustavoitteet esitellään tarkemmin luvussa 4.1.

Elementin valmistuksesta luodaan arvovirtakuvaus, jossa jokainen prosessi on kuvattu. Prosesseja tutkimalla hukkia aletaan systemaattisesti poistamaan. Tässä tutkimuksessa keskitytään tukimaan ainoastaan elementin valmistusvaihetta, joka käsittää kaikki aliprosessit, jotka tapahtuvat muottipöydällä. Viimeistely- ja varastointivaihe on tästä tutkimuksesta rajattu pois, sillä se on erillinen prosessi, jota ei pyritä virtauttamaan tuotantovaiheen kanssa. Myös tuotannonohjaus, sekä materiaalien hankinta rajataan pois tut-

kimuksesta, vaikka ne tuotantovaiheeseen voidaan katsoa kuuluvaksi. Luvussa 4.2 esitetään tehtaan tuotannon prosessikuvaus.

Tutkimuksen tavoitteeseen pääsemiseksi muodostettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Mitkä ovat elementin valmistuksen keskeisimpiä arvoa tuottamattomia toimintoja?
2. Miten arvoa tuottamattomiin toimintoihin käytettyä aikaa voidaan pienentää?

1.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimus toteutetaan tutustumalla aiempiin tutkimuksiin, julkaisuihin ja muuhun kirjallisuuteen. Lisäksi toteutetaan empiiristä tutkimusta seuraamalla ja tilastoimalla elementin valmistusprosessin kulkua. Hyväksi käytetään myös tuotantotilojen videolaitteita. Lisäksi tutkimusaineistoa kerätään haastattelemalla työntekijöitä sekä työnjohtoa. Tutkimuksen tekijä on kerännyt vuoden ajan tilastoja tuotannon tehokkuudesta ja läpimenoajoista.

Tutkimus muodostuu teoreettisesta osuudesta, empiirisestä tutkimuksesta, sekä näiden pohjalta luodusta tulososiosta. Teoriaosuudessa on kaksi pääkohtaa, joista ensimmäisessä esitellään leanin taustaa, periaatteita ja hukan eri muotoja. Toisessa osuudessa esitellään betonielementtirakentamista ja elementtituotantoprosessia kokonaisuudessaan.

Empiirisessä osiossa tarkastelun kohteena on tutkimuksen kohdeyrityksenä toimiva NB-Seinä Oy. Osion alussa kuvataan yrityksen toimintaa, arvoja ja tavoitteita tutkimuksen kannalta oleellisesta näkökulmasta. Empiirisen osion ydin muodostuu prosessien toiminnan kuvaamisesta ja hukkien tunnistamisesta analysoimalla tutkimustuloksia.

Kolmannen osion tarkoituksena on yhdistää teoria ja empiria. Empiirisen tutkimuksen havainnoista voidaan teoreettisen tutkimuksen pohjalta luoda mahdollisimman selkeät kehitystarpeet ja keinot, jotka mahdollistavat yritykselle uusien käytäntöjen käyttöönoton sekä jatkuvan parantamisen.

2. LEAN TOIMINTAMALLINA

2.1 Lean ajattelun lähtökohdat

Lean on filosofia, jonka avulla pyritään organisoimaan yrityksen toimintoja. Ajatuksena on luoda mahdollisimman tehokkaita prosesseja, käyttäen mahdollisimman vähän resursseja. Ajatuksena on keskittyä vain toimintaan, joka tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Lean toimintamalli on koko organisaatioon vaikuttava muutosprosessi, jossa jokainen työntekijä osallistuu jatkuvaan parantamiseen. (Merikallio Haapasalo 2009, 8)

Lean-ajattelun alkuperänä pidetään japanilaisen autonvalmistaja Toyotan tuotantojärjestelmää, joka on TPS (Toyota Production System). Toyota Motor Corporationin perusti vuonna 1937 Kiichiro Toyoda. Toyotan edustajat matkustivat muun muassa Yhdysvaltoihin hakemaan ideoita menestyvän autoteollisuuden perustamiseen. Havainnot eivät vakuuttaneet Toyotan edustajia, heitä hämmensi lähinnä kaksi asiaa, varastojen suuruus ja tuotantolinjan päässä oleva suuri määrä tuotteita, joita piti korjata. Toyotan tuotantojärjestelmän isäksi on usein kutsuttu Taiichi Ohnoa, joka kehitti Toyotan tuotantofilosofiaa lähes 60 vuotta. (Mådig & Åhlström 2016, s. 70)

Kiichiron isä Sakichi Toyoda oli aiemmin kehitellyt tehokkuuteen liittyviä perusajatuksia, jotka myöhemmin osoittautuivat hyvin tärkeiksi Toyotan autotuotannolle. Hän kehitti vuonna 1896 kokonaan automatisoidut kangaspuut, jotka aiheuttivat vallankumouksen koko tekstiilialalla. Kangaspuissa oli toiminto, joka pysäytti tuotannon, jos lanka katkesi. Tämän ansiosta oli mahdollista analysoida ja eliminoida ongelma välittömästi. Koneista oli tulossa ”inhimillisesti fiksuja”, koska ne pystyivät tunnistamaan ongelmia automaattisesti. Kun Kiichiro perusti Toyotan hän lähti liikkeelle isänsä filosofiasta ja korosti, miten tärkeää on saada ”langan päästä kiinni” koko tuotannossa. (Mådig & Åhlström 2016, s. 70-71)

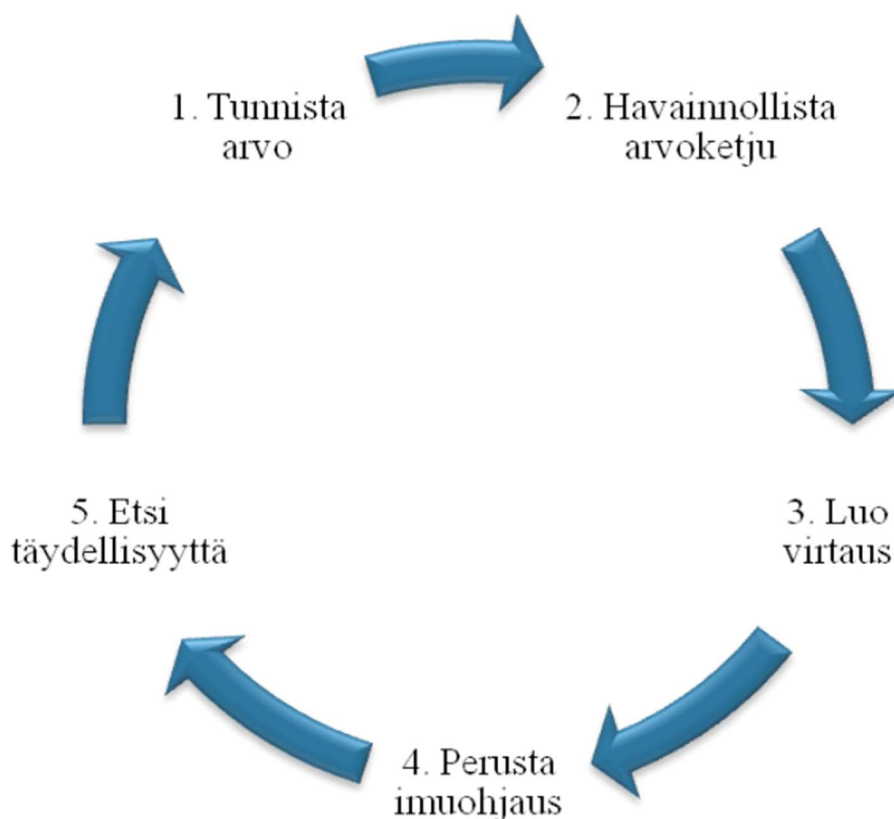
James P. Womack sekä Daniel T. Jones vierailivat 1980-luvulla useissa japanilaisissa yhtiöissä etsimässä syitä siihen miksi yritykset menestyvät globaalisti. He kiinnostuivat erityisesti Toyotan tuotantojärjestelmästä (TPS). Näiden tutkimusten pohjalta he loivat havainnoilleen nimen lean ja loivat siten uuden käsitteen. Vaikka leanin käsite on luotu Toyotan lähtökohdista, lean ja TPS ovat kaksi eri käsitettä. (Mådig & Åhlström 2016, s. 77-79)

Lean sana tarkoittaa hoikkaa, niukkaa tai nuukaa, se kuvaa hyvin toimintatapaa, joka käyttää vähemmän kaikkea verrattuna aikaisempaan tuotantomuotoon. Leania harjoittava yritys yhdistää räätälöinnin ja massatuotannon edut pyrkimällä eroon räätälöinnin

korkeista kustannuksista ja massatuotannon jäykkyydestä. (Merikallio Haapasalo 2009, 8)

2.2 Lean-menetelmän periaatteet

Leanin peruseriaatteena toimii ajatus mahdollisimman häiriöttömän ja läpinäkyvän prosessin luomisesta, joka virtaa osallistuvien tahojen läpi katkottomasti asiakastarpeen ilmenemisestä lopputuotteen valmistumiseen saakka. Womack ja Jones julkaisivat vuonna 1996 kirjan nimeltä *Lean Thinking*, jossa he esittelivät 5 peruseriaatetta arvoa tuottamattoman toiminnan poistamiseksi. Nämä periaatteet on esitettyä Kuvassa 1. (Hannus 2003, 215-217)



Kuva 1. Lean periaatteet

Organisaation tulisi määrittellä kuvassa 1 esitetyt peruseriaatteet, jotta lean voitaisiin saada toimimaan halutulla tavalla. Seuraavissa kappaleissa esitellään leanin peruseriaatteet tarkemmin.

ARVON MÄÄRITTÄMINEN

Tuotteen ja palvelun arvon (value) voi määrittää ainoastaan asiakas. Valmistaja luo tuotteen tai palvelun arvon ja tuotteella on arvoa asiakkaalle ainoastaan, kun asiakkaan tarpeet kohtaavat tuotteen tai palvelun tiettyyn hintaan tiettyä aikana. Valmistajan tehtävä on tuottaa asiakkaalle mahdollisimman suurta arvoa. Asiakkaalle luotavan arvon lisäksi

tulee tunnistaa myös yrityksen omisjajille luotava arvo. (Womack & Jones 1996, 16; Merikallio Haapasalo 2009, 10)

Lähtökohtana on, että yritys selvittää mistä asiakas on valmis maksamaan ja mitkä ominaisuudet ovat asiakkaan kannalta vähemmän tärkeitä. Yrityksen tulee selvittää mitä arvo heille tarkoittaa ja miten se voidaan saavuttaa. Arvoa voi tarkastella arvon tuottamisen kannalta, jolloin toiminnot jaetaan kolmeen kategoriaan: arvoa tuottava (VA=value adding), arvoa tuottamaton, mutta välttämätön (Necessary but Non-Value Adding), sekä arvoa tuottamaton toiminto (Non-Value Adding). Leanin lähtökohtana on, että kaikki toiminnot, jotka eivät tuota asiakkaalle lisäarvoa ovat hukkaa. (Rakentajan kalenteri 2011 s.179)

ARVOKETJU

Organisaation arvoketju (value stream) kuvataan, jotta voidaan määritellä ne prosessit ja toiminnot, joissa asiakkaan saama arvo muodostuu. Arvoketjun analyysi osoittaa, että ketjussa on kolmenlaisia osia tai toimia:

- Vaiheita, jotka luovat arvoa asiakkaalle
- Vaiheita, jotka voidaan nykyteknologialla ja tuotteen tai palvelun ominaisuuksilla välttää
- Vaiheita, jotka ovat arvoa tuottamattomia ja ne voidaan heti välttää. (Womack & Jones 1996, 20)

Arvoketjun määrittelyssä on katsottava suurempaa kokonaisuutta, ei niinkään yhden toimijan toimia. Vaikka prosessin yksi osa olisi huippuunsa hiottu, ei siitä ole hyötyä, jos prosessin muut osat eivät pysty tai ehdi sitä hyödyntämään. Arvoketjun määrittelyssä tulisi huomioida miten ketjun vaiheet vaikuttavat toisiinsa ja tämän jälkeen kyseenalaistaa vaiheet, jotka eivät yksitellen tai yhdessä muiden kanssa optimoi tai luo arvoa asiakkaalle. (Womack & Jones 1996, 44)

Arvoketjun määrittelyn avuksi on kehitetty erilaisia työkaluja, joista muutamia esitellään seuraavasti:

- Process activity mapping on työkaluprosessikuvauksen tekemiseen. Sen avulla havainnoidaan jokainen prosessi, joka tarvitaan tuotteen valmistamiseksi. Tämän avulla havainnoidaan tuottavuutta ja läpimenoaikoja.
- Demand amplification mapping työkalua käytetään yhdessä Process activity mappingin kanssa. Se on analyyttinen työkalu, jota voidaan käyttää esittämään asiakaskäynnin vaihteluita toimitusketjussa. Informaatiota voidaan hyödyntää arvovirran uudelleensuunnittelun apuna.
- Qualify filter mapping on työkalu laatuongelmien havaitsemiseksi. Laatuongelmia on kolmenlaisia: tuotevirheet, jotka ovat päässeet asiakkaalle asti, sisäiset

tuotevirheet, jotka huomataan tarkastuksen yhteydessä tehtaalla ja kolmantena palveluvirheet, kuten myöhästynyt toimitus.

- Production variety funnelin on työkalu, joka auttaa karjoittajaa ymmärtämään kuinka yritys tai sen toimitusketju toimii. Se auttaa kartoittamaan tuotevariaatioiden määrää kussakin järjestelmän vaiheessa.
- Value adding time profile auttaa kuvaamaan arvoa tuottamattomien ja arvoa tuottavien toimintojen kustannuksien kertymistä ajan suhteen. Sen avulla pyritään säästämään aikaa tai tuomaan esille kohteita, joihin käytetään rahaa turhaan. (Merikallio Haapasalo 2009, 17)

VIRTAUS

Kun arvoa tuottava toiminta on kuvattuna arvoketjuun ja turhat työvaiheet karsittu, on aika siirtyä virtautukseen (flow). Virtautuksessa tuotteen tai palvelun työvaiheet etenee jatkuvana virtauksena. Tällöin ei keskitytä organisointiin tai välineisiin. (Womack & Jones 1996, 22)

Virtaus voidaan luoda mihin tahansa prosessiin ja periaatteet ovat aina samat: keskity tuotteen tai palvelun arvoketjun johtamiseen, poista organisaatiollisia esteitä luomalla lean toimintamalli toimintaan, uudelleen sijoita ja muokkaa oikean kokoisiksi käytettävät työkalut ja ota käyttöön kaikki lean-tekniikat, jotta arvo voi virrata jatkuvasti arvoketjussa. Käytännössä tämä tarkoittaa tehtaan koneiden ja laitteiden sijoittelua siten, että materiaalivirta vaiheesta toiseen on lyhyt ja selkeä. Välivarastoja pienennetään ja siirtomatkoja lyhennetään mahdollisuuksien mukaan. Viratautetussa tuotannossa virheelliset kappaleet havaitaan heti, sillä työvaiheiden välissä ei ole puskurivarastoja. Tällöin virheiden aiheuttaja saadaan heti selville, olennaista on keskittyä virheiden aiheuttajaan, ei oireisiin. Virtautetun tuotannon hyötyjä ovat:

- Sisäänrakennettu laatu
- Joustavuus
- Tuottavuuden parantuminen
- Pienentyneet varastointikustannukset ja vapautunut tila
- Parantaa turvallisuutta (Womack & Jones 1996, 64, Merikallio Haapasalo 2009, 13-14)

IMUOHJAUS

Imulla (pull) tarkoitetaan tuotteiden ja osien valmistamista todellisen tarpeen tai kuluksen mukaan. Palvelu tai tuote valmistetaan vasta kun asiakas sitä pyytää. Näin ei enää tarvita ennustuksia menekistä, sillä kaikki tuotteet menevät asiakkaille. Imuohjauksen ja perinteisemmän työntöohjauksen suurin ero on informaatiovirran kulkusuunta. Työntöohjauksessa tavara työnnetään tuotannon läpi, kun taas imuohjauksessa informaatio tulee edellisestä työvaiheesta. (Womack & Jones 1996, 24-25)

JATKUVA PARANTAMINEN

Kun arvot, jatkuva imuohjaus sekä arvoketjut ovat luotuja, yrityksen tulee aloittaa loputtoman täydellisyyden etsiminen, eli parantaa toimintaansa jatkuvasti. Prosessissa mukana oleville alkaa hahmottua, että edelleen voidaan vähentää panoksia, työhön käytettävää aikaa, tilaa, kustannuksia sekä virhemäärää. Womackin ja Jonesin mukaan prosessi itsessään tuottaa kehittämiskohteita: tuote tai palvelu voi aina virrata nopeammin ja kun tuotteita tai palvelua käytetään, voidaan sen jättämä aukko aina paikata nopeammin. Täydellisyyttä ei voi koskaan tavoittaa, mutta sen tavoittelu ruokkii inspiraatiota ja prosessin kehityksen suunta tulee usein selville. (Womack & Jones 1996, 25, 95)

2.3 Hukka

Hukan väsymätön poistaminen on lean-ajattelun ydin. Leanissa tuottavuuden parantaminen ei perustu työtahdin kasvattamiseen, vaan erilaisten hukkiin poistamiseen. Käytännössä hukka on kaikkea turhaa, arvoa lisäämätöntä työtä. Erilaiset hukkailmiöt estävät työn tekemisen tehokkaasti. Hukkien systemaattisella poistamisella työn tuottavuus ja laatu paranevat. (Tuominen 2010, 7; Kouri 2009 10-12)

Hukkaa ovat kaikki toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia, mutta eivät tuo lisäarvoa. Tuotannon hukat jaetaan seitsemään lajiin, joita ovat ylituotanto, varastot, kuljetukset, laatu hukka, prosessihukka, työvaihehukka ja odotus. Usein kahdeksantena hukkana esitellään työntekijöiden käyttämättä jätetty luovuus. (Kouri 2009, 10-11)

YLITUOTANTO

Ylituotannoksi kutsutaan tarpeetonta tuotantoa, enemmän kuin tarpeen tai ennen kuin on tarpeen. Valmistetaan tuotteita tai osia, joihin ei ole sisäistä tai ulkoista asiakastilautta. Ylituotanto on vastakohta JIT-tuotannolle (Just in Time). (Tuominen 2010, 16-17)

Ylituotanto aiheuttaa useita ongelmia. Varastot kasvavat ja tuotteet pilaantuvat pitkien varastoaikojen vuoksi. Tuotannon suunnittelun joustavuus laskee ja virheiden määrä lisääntyy. Materiaalit ja komponentit hankitaan ennenaikaisesti. (Tuominen 2010, 16-17)

Ylituotantoon voi olla monia syitä, kuten puutteellinen tuotannon suunnittelu tai ylimiehitys. Tuotantokapasiteetti ja sen tarve tulisi olla tasapainossa ilman tarvetta ylituotantoon. (Tuominen 2010, 16-17)

VARASTOT

Ylituotanto johtaa kasvaneisiin varastoihin. Varastointi on materiaalien, osien, komponenttien, tuotteiden ja vastaavien tilapäistä säilyttämistä. Tarpeettomat varastot lisäävät kustannuksia, pidentävät läpimenoaikoja sekä piilottavat eri ongelmia. (Tuominen 2010, 18-19; Kouri 2009, 11)

Varastot vievät tilaa ja sitovat pääomaa, sekä heikentävät järjestystä ja estävät tuotannon kulkua. Varastoidessa tuotteet pilaantuvat. Usein varastoista on pidettävä tiedostoja. Turhan isoja varastoja syntyy monista syistä, kuten vanhasta tottumuksesta, edullisten erien hankinnasta, ylimääräisestä tilasta, epätasapainoisesta tuotannosta tai yllättävän tarpeen varalle valmistamisesta. (Tuominen 2010, 18-19)

Paras tapa tunnistaa varastoinnin aiheuttamaa hukkaa, on löytää ne tuotannon pisteet, joihin varastoja syntyy. Jokaiselle varastointipisteelle löytää syntymisen syyn ja keinoja niiden välttämiseksi. Tärkeää on, että ymmärtää mitkä ovat tarpeellisia ja mitkä tarpeettomia varastoja. (Tuominen 2010, 18-19)

KULJETUKSET

Materiaalien ja tuotteiden kuljetukset ja siirrot eivät tuo tuotteelle lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta. Turhaa liikuttelua on vältettävä tuotantovaiheiden välillä. Kuljetuksia aiheuttaa esimerkiksi pitkät etäisyydet tuotannossa, tuotannon koneet väärässä järjestyksessä ja kaukana toisistaan, Myös järjestyksen ylläpitäminen ja laiterikot aiheuttavat ylimääräisiä kuljetuksia. (Tuominen 2010, 20-21; Kouri 2009, 11)

Peruskeino kuljetustarpeen vähentämiseksi on koneiden ja työpaikkojen uudelleenjärjestäminen prosessien suuntaisiksi, jolloin koko kuljetusjärjestelmä on yksinkertaisempi ja kuljetusmatkat lyhenevät. Myös U-muotoinen valmistuslinja, ammattitaidon lisääminen, seisaallaan työskenteleminen, tuotteiden valmistus pienissä sarjoissa ja standardisoiminen voivat toimia tehokkaina keinoina vähentää turhia kuljetuksia. (Tuominen 2010, 20-21)

LAATUHUKKA

Laatuhukka syntyy virheistä, virheellisten tuotteiden tarkastamisesta, lajittelusta, korjaamisesta sekä reklamaatioihin vastaamisesta. Laatuhukka voi näkyä materiaaleissa, valmistusosissa, valmistusprosessissa tai valmiissa tuotteessa tehtaalla tai asiakkaalla. (Tuominen 2010, 22-23)

Laatupuutteita aiheuttavat työntekijät ja koneet. Laatupuutteita voidaan mitata virheiden määrästä. Syitä laatupuutteisiin voivat olla:

- Tuote tarkastetaan vasta valmistuksen loppuvaiheessa
- Puutteelliset laatu- ja tarkastusstandardit
- Poiketaan laatustandardeista

- Vaurioita syntyy materiaalin käsittelyssä ja kuljetuksissa
- Tuote pilaantuu varastossa
- Puutteellinen ammattitaito ja huonot työohjeet. (Tuominen 2010, 22-23)

Laatupuutteita voi välttää useilla keinoilla riippuen tuotteen tuotantoprosessista. Tapoja voi olla esimerkiksi kokonaisvaltaiset tarkastukset, ohjeet, koulutus, oman työn tarkastaminen, laatusuunnittelu ja ennakoivalla laadunvalvonta, sekä työkalujen ja koneiden kehittäminen. Laatupuutteiden vähentäminen edellyttää heikon laadun perussyyn löytämistä, syyn poistamista sekä virheen ja syyn toistumista estämistä. (Tuominen 2010, 22-23)

PROSESSIHUKKA

Prosessihukka liittyy valmistusprosessin kulkuun ja sisältöön. Sitä syntyy kaikista tarpeettomista työvaiheista. Prosessihukka on kaikkea tarpeetonta työstämistä, josta asiakas ei ole kiinnostunut, eikä valmis maksamaan. Prosessihukkaa voi olla myös tuotteen tarpeettomat tuoteominaisuudet. (Tuominen 2010, 24-25)

Prosessihukkaa voi aiheuttaa esimerkiksi vanha totuttu tapa, standardisoimisen vieminen liian pitkälle, puutteellinen prosessien suunnittelu, suunnitelmien vanhuus, prosessien toimimattomuus tai tuotteeseen jääneet turhat ominaisuudet. Vanhoja käytäntöjä kyseenalaistamalla ja tutkimalla prosessin vaiheita voidaan prosessihukkaa saada vähennettyä. (Tuominen 2010, 24-25)

TYÖVAIHEHUKKA

Työvaihehukka liittyy työtehtävään. Se sisältää työsuorituksia, jotka eivät ole tarpeellisia työvaiheen lopputulokselle. Yksinkertaistettuna, kaikki liike mikä ei tuo lisäarvoa tuotteeseen on hukkaa. Työn asetusajat, töiden aloitus ja lopetus aiheuttavat hukkaa. Myös ammattitaidon puute, huonot työohjeet tai työkalut, motivaation puute, huono järjestely ja ylimääräiset työntekijät aiheuttavat hukkaa. (Tuominen 2010, 26-30)

Työvaihehukkaa voidaan vähentää luomalla standardeja, kouluttamalla, tiimityön lisäämisellä, parantamalla prosessien visuaalisuutta niin, että voi nähdä koko prosessin yli ja optimoimalla ihmisen, koneen ja materiaalin yhteistyötä. Työntekijän erottaminen materiaalista ja koneesta mahdollistaa manuaalisen työn tekemisen sillä aikaa kun kone tekee työtä. Mahdollisuuksien mukaan, yksinkertaisten tehtävien suorittaminen, kuten katkaisijan painaminen tulisi siirtää koneen suoritettavaksi. Hukkaan lasketaan kaikki vartalon, käsien ja jalkojen turha liikuttaminen, joten tarpeettomat liikkeet poistamalla ja liikkeitä yksinkertaistamalla voidaan vähentää hukkaa. Työssä tarvittavat välineet olisi pidettävä mahdollisimman lähellä työntekijää siinä järjestyksessä, jossa niitä käytetään. Ergonominen työasento ja tarvikkeiden sijainti oikealla korkeudella miellyttävässä työympäristössä vähentää hukkaa. (Tuominen 2010, 26-30)

ODOTUS

Odotus ei tuo lisäarvoa asiakkaalle. Odottamista aiheutuu esimerkiksi kun työntekijä odottaa koneen suoritusta tai kone henkilön suoritusta. Myös kone- ja laitehäiriöt, sekä materiaalipuutteet, huono koneiden sijoittaminen ja eri työvaiheiden epätasapaino aiheuttavat odottamista. Odotusta voidaan välttää tasapainottamalla tuotantoa ja varmistamalla, että kapasiteetti vastaa tarvetta. Koneen käyttäjien taidot huoltaa konetta välttävät kunnossapitohenkilön saapumisen odottamista. (Tuominen 2010, 31-33; Kouri 2009, 10)

Tuotannossa esiintyvä odotus voi johtua prosessista tai erävalmistuksesta. Prosessista johtuva odotus tarkoittaa odotusta, jossa materiaali, prosessi tai työntekijä odottaa tai niitä odotetaan. Tähän voi olla 3 eri syytä:

1. materiaali odottaa prosessiin pääsyä
2. prosessi odottaa materiaalia
3. prosessi odottaa työntekijää (Tuominen 2010, 31-33)

Erävalmistuksesta johtuva odotus on tyypillinen tilanne erätuotannossa, tällöin vain osa valmistuserästä on valmiina. Tähän löytyy yleensä neljä syytä:

1. työpisteet ovat erillään
2. käytetään massatuotannon menetelmiä
3. asetus- ja vaihtoajat liian pitkiä
4. työvaiheita on vaikea tasapainottaa (Tuominen 2010, 31-33)

HENKILÖSTÖN LUOVUUDEN KÄYTTÄMÄTTÖMYYS

Edellä mainittujen hukkien lisäksi mainitaan usein myös kahdeksas hukka, henkilöstön luovuuden käyttämättömyys. Tämä perustuu siihen, että työntekijöillä on usein paras tieto työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta ja niiden kehittämisestä. Monet johtajat eivät halua kuunnella työntekijöitään, he uskovat tietävänsä asiat paremmin. Työntekijä saattaa huomata tehottomuuden tai tarpeettoman prosessin, mutta häntä ei välttämättä kuunnella. Kun henkilöstö tuntee kuuluvansa tiimiin, hän osallistuu parantamiseen ja luovuus saadaan hyötykäyttöön. Henkilöstön tiedot, taidot ja halu kehittyä vaikuttavat suoraan yrityksen kilpailukykyyn ja sen kehittymiseen. Työntekijöiden tulee ymmärtää organisaation toiminta kokonaisuutena. Organisaation tulee tietoisesti kehittää työntekijöitään ja varmistaa, että koulutetut asiat otetaan käyttöön (Kouri 2009,11, Merikallio Haapasalo 2009, 15)

2.4 Lean työkalut

Leaniin kuuluu suuri joukko työkaluja, joilla pyritään saavuttamaan Leanin mukaisia tavoitteita. Osa nykyisessä kirjallisuudessa esitetyistä työkaluista on kuulunut alkuperäiseen Toyotan tuotantosysteemiin, mutta suuri osa on kehittynyt vasta myöhemmin mat-

kan varrella. Työkalut on suunniteltu tunnistamaan ja poistamaan hukkia, eli niiden perimmäinen tarkoitus on tehostaa tuotantoa. Työkalut ovat ainoastaan apuvälineitä ilmiöiden hallintaan. Työkalujen avulla saadaan ihmiset toimimaan prosessin parantamiseksi ja tavoittelemaan yhteisiä päämääriä. Kaikki työkalut eivät sovi kaikille yrityksille, vaan jokaisen yrityksen pitäisi löytää itselleen oikeat välineet ja soveltaa niitä. Usein yritykset luovat oman työkalupakin, eli yrityskohtaisen ohjeistuksen siitä, miten omassa yrityksessä jotakin tiettyä työkalua sovelletaan käyttöön. (Rakentajan kalenteri 2011, s.181)

2.4.1 5S

Lean toiminnan lähtökohtana on, että tuottavaa ja laadukasta työtä voidaan tehdä ainoastaan siistissä ympäristössä. 5S on käytännön työkalu, jolla huolehditaan siisteyden ja järjestyksen kehittämisestä ja ylläpidosta. Viime kädessä 5S:n avulla pyritään kehittämään systemaattisuutta ja kurinalaisuutta. Siisteys auttaa havaitsemaan ongelmia ja poikkeamia. Tehokas toiminta, hukkien poistaminen on mahdollista vain siistissä ja selkeässä ympäristössä. 5S toteutetaan seuraavien viiden tehtävän mukaisesti:

1. Lajittele (Seiri) työkalut, materiaalit ja muut tavarat niiden tarpeellisuuden mukaan. Poista työpisteestä ylimääräiset työkalut ja tarpeettomat materiaalit sekä tavarat.
2. Järjestä (Seiton) tarvittaville työvälineille tarkoituksenmukainen paikka. Välineiden paikat merkitään selkeästi.
3. Puhdista ja huolla (Seiso) koneet ja laitteet, sekä työpiste säännöllisesti.
4. Vakiinnuta (Seiketsu) toimenpiteet. Tee edellä mainituista rutiini, joka tehdään osana työntekoa.
5. Ylläpidä (Shitsuke) vakiintuneita käytäntöjä. Toteutetaan vaiheita 1-3 jatkuvasti. Kouluta ja motivoi työntekijät noudattamaan 5S:ää. (Kouri 2009, s.26-27)

5S parantaa työturvallisuutta, ylläpitää järjestystä ja vähentää työvälineiden etsintää. Se tehostaa tuotantovälineiden valvontaa. Siisteys ja täsmällisyys tukevat lean-kulttuurin luomista. (Kouri 2009, s.26-27)

2.4.2 JIT – Just-in-time

Just-in-time (JIT) tai suomennettuna Juuri-oikeaan-tarpeeseen (JOT) perustuu siihen, että kaikki tapahtuu juuri silloin kun tarvetta esiintyy, eli oikeastaan JIT on virtauksen luomista. Tarve on lähtöisin asiakaskysynnästä. Tarkoituksena on, että yritys ei osta raaka-aineita, eikä pidä niitä varastossa ilman tarvetta. Tarpeen ilmaantuessa raaka-aineet järjestetään juuri siihen paikkaan missä niitä tarvitaan. Kun tuotanto toimii JIT periaatteen mukaisesti, tuotanto imee materiaalit, osat ja komponentit kokoonpanon tahdissa. (Karlöf & Helin Lövingsson 2004, 77–78, Tuominen 2010, 42)

JIT:ia soveltavat organisaatiot yhdistelevät yleensä seuraavia toimenpiteitä:

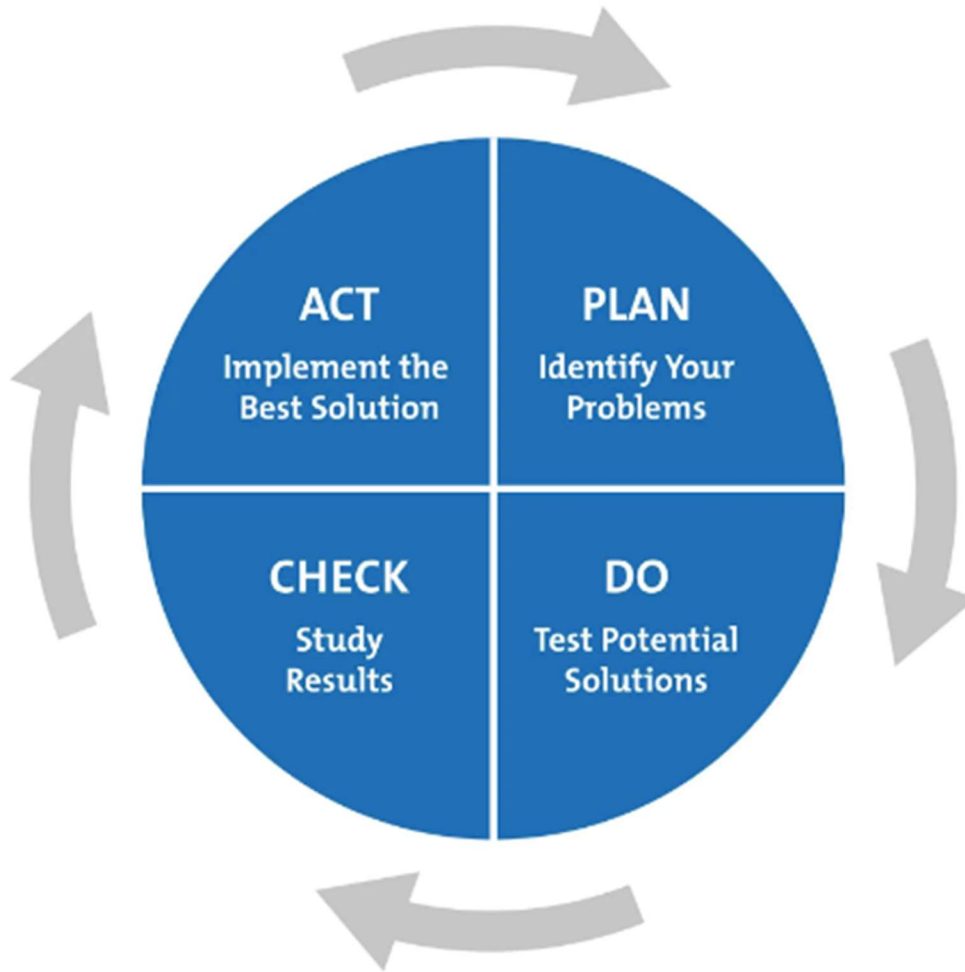
- tuotteita ostetaan ja tuotetaan pienemmissä erissä, mutta laadukkaammin
- ajalliset ja kustannukselliset pullonkaulat poistetaan ja tehostetaan työvirtoja
- sidosryhmäsuhteita ja niiden vaikutusta tuotantokoneistoon tarkastellaan
- tärkeiden tavarantoimittajien kanssa muodostetaan kumppanuuksia
- virheiden ja päällekkäisen työn määrää vähennetään
- teknisiä vikoja ja muita tuotantoa haittaavia asioita estetään sekä henkilöstön motivaation ja tuotantoprosessiin osallistumisen tunnetta lisätään. (Karlöf & Helin Lövingsson 2004, 77–78)

2.4.3 Kaizen

Lean-kehitystoiminta perustuu jatkuvaan parantamiseen. Vastuu tuotteen ja toiminnan laadusta sekä kehitystyöstä on jokaisella työntekijällä. Kehitystoiminta toteutetaan pienryhmissä, jotka perehtyvät esille tuleviin ongelmiin, suunnittelevat ratkaisut ja toteuttavat ne. (Kouri 2009, 14-15)

Kehitysideat eivät aina ole mullistavia innovaatioita, vaan arkipäiväisiä asioita, jotka vastaavat esimerkiksi kysymyksiin: Miten voisin tehdä työni paremmin tai helpommin? Mikä vaikeuttaa työntekoani? Mitä edellisessä työvaiheessa voitaisiin tehdä toisin, jotta työvaiheeni helpottuisi? Miten eri työvaiheiden välistä yhteistyötä voitaisiin parantaa? Prosessin kehittäminen vaatii järjestelmällistä ajattelua, arvovirran ja sen katkosten tunnistamista sekä niistä syntyvän hukan poistamista. (Kouri 2009, 14-15; Tuominen 2010, 11)

Järjestelmällinen ajattelu tukee oppimista, ongelmien ymmärtämistä ja ratkaisemista. Järjestelmällisen ajattelun tueksi on useita apuvälineitä, kuten esimerkiksi PDCA - sykli, joka on esitetty kuvassa 2. (Tuominen 2010, 11)



Kuva 2. PDCA-Sykli jatkuvan parantamisen tueksi (PDSA Model courtesy of The W. Edwards Deming Institute)

1. Suunnittele (Plan) parannustoimenpide.
2. Suorita (Do)
3. Arvioi (Check)
4. Toteuta (Act)
5. Jatka toiminnan kehittämistä

Toteuttamalla yllä esitettyä sykliä organisaatio pyrkii jatkuvaan kehittämiseen ja sitä kautta täydellisyyteen. Kun työntekijät ymmärtävät lean-periaatteet ja -tekniikat sekä osaavat niiden käytön, kehittämisestä tulee osa päivittäistä työtä. Työntekijän rooli jatkuvassa parantamisessa on etsiä uusia kehityskohteita sekä avustaa ongelmien ratkaisua pienryhmissä. Organisaation tulee muistaa, että jatkuvan kehittämisen matkalla ei ole päätepistettä. (Tuominen 2010, 10-12, Kouri 2009, 14-15)

2.4.4 Standardointi

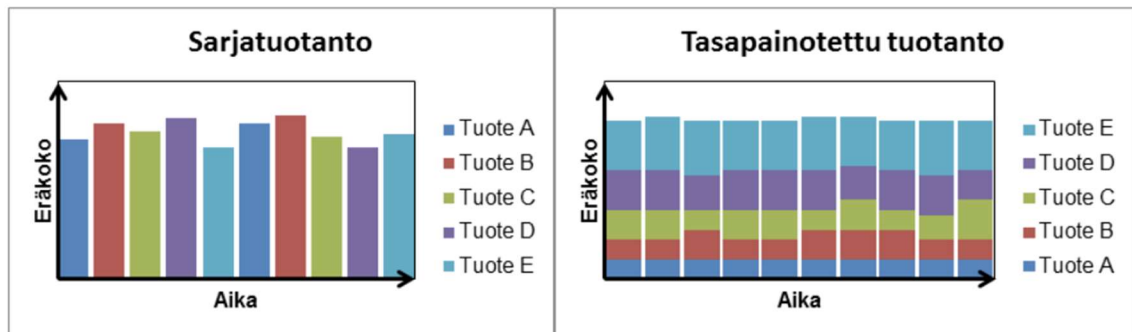
Työtapojen ja menetelmien kehittäminen vaatii ensin niiden vakiinnuttamisen. Kun työntekijät toimivat samalla tavalla, voidaan alkaa tutkimaan millaisia vaikutuksia toteutustavalla on tuottavuuteen, laatuun ja turvallisuuteen. Standardoitu valmistaminen takaa tuotteen laadun. Henkilöstöä kannustetaan keksimään parempia menetelmiä ja tuomaan esiin uusia ongelmia ja kehitysideoita. (Kouri, 2009, s.16-17)

Haapasalo ja Merikallio määrittelee standardisoinnin ”joukkona menettelytapoja, jotka tehokkaasti yhdistävät ihmiset, materiaalit, prosessit, teknologian sekä laitteet laadun, tehokkuuden ja turvallisuuden ylläpitämiseksi.” Vakiinnutettu työ tehdään aina samalla tavalla ja sama työmenetelmä opetetaan työntekijöille, jolloin työ suoritetaan aina samalla tavalla riippumatta työntekijästä. Standardoidusta työstä työntekijät ja johto näkevät helposti ongelmat, koska kaikki poikkeaminen standardista herättää huomiota. (Haapasalo & Merikallio 2009, s.19)

2.4.5 Heijunka – tuotannon tasapainottaminen

Tuotannon tasapainottaminen (production leveling, heijunka) on tuotannon aikataulutuksen menetelmä, jolla eri tuotteiden tuotanto järjestetään siten, että eri tuotteiden eroavaisuuksista aiheutuvat vaihtelut tasoittuvat tuotannossa (kuva). Eli tuotannon tasapainottaminen edellyttää pienten valmistuserien käyttöönottoa tuotannossa. Tuotannon tasapainottaminen tukee useita muita Lean työkaluja, mutta toisaalta myös tarvitsee niitä toimiakseen. Tuotannon tasapainottamisella tavoitellaan muun muassa seuraavia hyötyjä (Haapasalo Merikallio 2009, 18-19):

- Suuret eräkoot muutetaan pienemmiksi
- Vähentää varastojen tarvetta
- Parempi pääoman tuotto



Kuva 3. Sarjatuotanto ja tasapainotettu tuotanto (Kouri, 2009, s. 18).

Tasoitettun tuotannon pienet eräkoot vaativat tuotannolta lyhyitä asetusajoja, jolloin tuotanto pystyy vastaamaan asiakkaan kysynnän muutoksiin nopeammin pienemmillä varastoilla. Lyhyillä asetusajoilla myös koneiden käyttösuhteet parantuvat. Kuitenkin, koska ylituotannon katsotaan olevan pahin kaikista hukista, pahempi kuin pieni käyttösuhte. (Hopp & Spearman 2000, s.158)

2.4.6 Kanban

Kanban tarkoittaa korttia, se on kehitetty avuksi materiaalivirtojen hallintaan. Korteilla näytetään joko varastolle tai alihankkijalle, että tarvitaan lisää osia, tai se on merkki edelliselle prosessivaiheelle uusien osien valmistamiseksi. Korttien avulla saadaan tuotantoon imu, eli hallitaan tuotteiden valmistamista todellisen tarpeen mukaan. Kanbanista voi olla erilaisia variaatioita eri tilanteisiin (prosessissa-merkki, yksittäiskortti, monikortti-menetelmä, nosto-kortti, toimittaja.kortti, virhe-kortti, pika-kortti). Kanban toimii parhaiten yhdessä muiden lean työkalujen kanssa. (Haapasalo Merikallio 2009, s.20-21)

2.4.7 Six-sigma

Six-sigma analyysillä tarkastellaan prosessin tai tietyn muuttujan hajontaa. Six-sigma viittaa tilastolliseen muuttujan hajontaan prosessin laadunhallinnassa. Merikallio ja Haapasalo kuvaavat prosessin parantamista viiden askeleen kautta (DMAIC):

1. Määrittele parannettava prosessi
2. Määrittele prosessin lopputuloksen vaikuttavat muuttujat ja mittaa niitä
3. Parannettavat muuttujat ja niiden vaikutukset täytyy analysoida
4. Prosessin parantamiseen etsitään paras metodi kustannus-hyötyanalyysin perusteella
5. Toteutettuja muutoksia tule monitoroida ja hallita.

Six-sigmassa on paljon samaa kuin arvoketjuanalyysissä, mutta siinä keskitytään ongelmiin, jotka on vaikea löytää, mutta kiire ratkaista. Vastaavasti arvoketjuanalyysissä keskitytään ongelmiin, jotka on vaikea löytää, mutta helppo ratkaista. (Haapasalo Merikallio 2009, s.20)

2.4.8 Nopea sarjanvaihto

Nopea sarjanvaihto (Quick Changeover/ Rapid SetUp) on ehdoton, mikäli pyritään saavuttamaan tuotannon yksittäisvirtaus. Sarjanvaihdon tehostamisella on mahdollista saavuttaa suuria säästöjä pienin investoinnein. Usein yritykset valmistavat suuria eriä, koska vaihto tuotteesta toiseen vaatii niin suuret resurssit. Sarjanvaihdot ovat kriittisiä kohtia, usein niitä syntyy paljon hylkyä. (Haapasalo Merikallio 2009, s.21)

SMED (Single-minute exchange of die) on joukko käyttäjän toimia, joilla pyritään vähentämään tuotantovälineiden ja prosessien vaihtoon kuluva aika mahdollisimman pieneksi. Sarjanvaihto sisältää toimintoja, jotka voidaan jakaa kahteen osaan: sisäiset ja ulkoiset toiminnot. Sisäiset toiminnot ovat asioita, joita voidaan tehdä ainoastaan koneen ollessa pysähdyksissä. Ulkoiset toimet ovat taas niitä, jotka voidaan suorittaa koneen käydessä. (Haapasalo Merikallio 2009, s.21)

3. BETONIELEMENTTITUOTANTO

Betonirakentaminen on saanut alkunsa Pantheonin temppelistä Roomasta vuonna 27 eaa. Uudelleen betonia alettiin käyttämään 1800-luvulla, jolloin keksittiin Portlandsementti. 1900-luvulla betonin käyttö levisi nopeasti Suomeen saakka, jolloin Helsinkiin nousi paljon uutta betoniarkkitehtuuria ja –tekniikkaa edustavia julkisia rakennuksia, kuten Eduskuntatalo ja Rautatieasema. (Elementtirakentamisen historia)

Toisen maailmansodan jälkeen Suomessa alettiin rakentamaan betonielementtirakenteisia kerrostaloja. Suomessa kehitettiin vuosina 1968-1970 BES-järjestelmä, joka perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei kantaviin sandwich ulkoseiniin ja välipohjina käytettiin pitkälaitoihin. Pääkaupunkiseudulle kasattiin 1970-luvulla ennätysmäärä samantaisia laatikkomaisia elementtitaloja. 1980-luvulla jatkettiin elementtijärjestelmien standardisointia toimitila- ja teollisuusrakentamisen puolelle. 1990-luvulle tultaessa alkoivat arkkitehtuuri, koko rakennuksen ominaisuudet, elinkaarikustannukset ja ympäristövaikutukset ohjaamaan kehitystä. 2000-luvulla julkisivuissa rappaustekniikat, graafinen betoni ja väribetonit lisäävät suosiotaan. Betonielementtitalot ovat tulleet kilpailukyiseksi myös pientalorakentamisessa. (Elementtirakentamisen historia)

Seuraavissa kappaleissa esitetään betonielementtitoimituksen prosessia. Lähteenä on käytetty www.elementtisuunnittelu.fi sivuston valmisosarakentaminen kohtaa, sekä Betoniteollisuus ry:n ja Talonrakennusteollisuus ry:n laatimaa ohjetta valmisosatoimituksista. Lisäksi hyväksi on käytetty kohdeyrityksen FPC-manuaalia.

3.1 Elementtirakentaminen

Betonielementtejä käytetään kaikentyypisessä talonrakentamisessa, niistä voidaan koota omakoti- ja rivitaloja, asuinkerrostaloja, toimisto-, liike- ja julkisia rakennuksia sekä halleja teollisuudelle ja maataloudelle. Betonielementtejä voidaan käyttää myös infrarakentamisessa, esimerkiksi meluseinissä ja silloissa. Esijännitetyillä betonivalmisosilla voidaan toteuttaa pitkiäkin jännevälejä, jolloin rakennuksista saadaan muunneltavia ja monikäyttöisiä. Betonielementtirakenteissa saavutetaan helposti kaikki EU:n rakennustuotedirektiivin olennaiset vaatimukset, joita ovat:

- mekaaninen kantokyky ja vakavuus
- terveellisyys, turvallisuus ja ympäristöystävällisyys
- äänen ja melun eristävyys
- energiataloudellisuus ja käyttömukavuus
- palonkestävyys

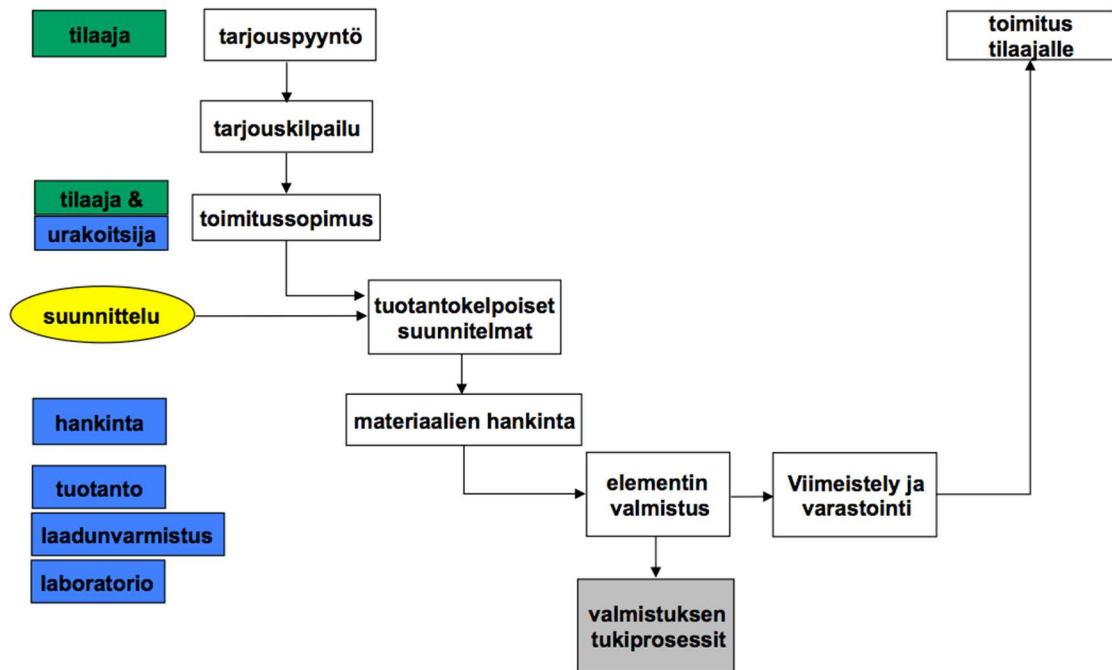
Rakentaminen tulee tehdä resursseja säästävasti, huonosti suunniteltu ja toteutettu työ aiheuttaa turhia kustannuksia. Valmisosarakentamisen edullisuus perustuu työn parempaan tuottavuuteen tehtaassa ja pieneen työmenekkiin työmaalla.

Tehtaassa pitkälle esivalmistetut elementit on nopea asentaa työmaalla. Kun vaippa on kasattu elementeistä, myös sisävalmisteluvaihe nopeutuu, kun rungon kuivatukset jäävät vähäisemmiksi. Samalla säästetään kustannuksia ja työturvallisuus on helpommin hoidettavissa. Talvilisäkustannukset on helpompaa hallita elementtitoteutuksessa. Runko saadaan nopeasti ylös ja vesikatto umpeen. Lyhyempi rakennusaika säästää myös korkokustannuksissa ja investoinnin tuotot saadaan toteutumaan nopeammin kuin paikalla-valurakentamisessa. Rakennuksen jälleenmyyntiarvoa nostaa pitkien jänneväljen mukanaan tuoma hyvä muunneltavuus, alhaiset vuosikustannukset ja kestävä julkisivu.

Rakentamisen laatu alkaa hyvästä suunnittelusta, jatkuen valmistukseen ja työmaan rakentamisprosessiin. Betonivalmisosien korkean laadun yksi tekijä on valmistuksessa käytettävien raaka-aineiden, kuten sementin, kiviaineksen, betoniteräksen ja teräsosien tarkka laatuvalvonta. Elementeissä käytetään korkeampia betonilujuuksia, joilla saadaan säilyviä pitkäikäisiä rakenteita. Elementtivalmistajat ovat ulkopuolisen laaduntarkastuksen piirissä, jota Suomessa hoitaa Inspecta Sertifiointi Oy. Hyvä kokonaislaatu vaatii aina sitoutunutta yhteistyötä koko rakentamisen ketjussa.

3.2 Elementtitoimitusprosessi

Elementtituotantoprosessissa on useita eri vaiheita ja siihen osallistuu useita eri toimijoita. Prosessi kattaa tuotantovaiheen lisäksi koko toimitusketjun, se sisältää tarjouspyynnön, tarjouksen, sopimuksen teon, tuotesuunnittelun ja sen ohjauksen, valmistuksen, toimituksen ja mahdollisesti jopa asentamisen. Alla on esitettyä kaavio, joka kuvaa toimitusprosessia betonielementtitehtaan näkökulmasta.



Kuva 4. Betonielementtitoimituksen prosessikaavio (NB-seinä oy FPC)

3.2.1 Tarjous-, sopimus- ja suunnitteluvaihe

Elementtituotantoprosessi käynnistyy tilaajan tekemästä tarjouspyynnöstä, sisältää materiaalin, jossa on annettava kaikki hankkeen suorittamiseen ja hinnoitteluun vaikuttavat tiedot. Pääsääntöisesti tarjouspyyntöasiakirjat laatii kohteen rakennesuunnittelija. Lähtötietoja ovat mm. määrällisesti ja laadullisesti riittävän valmiit arkkitehtisuunnitelmat, kuormitustiedot, tyypillisimmät rakenneratkaisut ja perusdetaljit. Tarjouspyyntövaiheessa esitettävien suunnitteluasiakirjojen tulee sisältää ainakin:

- julkisivut ja niiden pintatiedot
- julkisivu- ja runkokaaviot
- rungon jäykistysperiaatteet
- oleelliset leikkaukset
- riittävä määrä tyyppielementtipiirustuksia kuvaamaan koko kohdetta
- mahdolliset erikoisteräsovat
- alustavat reikä- ja varausmäärät

Tilaaja vastaa näiden oikeellisuudesta. Kun lähtötiedot ovat yksiselitteiset ja kattavat, vältetään epäselviltä tilanteilta, jossa jokainen toimittaja on laskenut omien tulkintojen mukaan ja tarjoukset ovat vertailukelvottomia. (Betonivalmisosatoimitusten toimintamalli 2012, 9-11)

Tarjous annetaan tarjouspyynnön mukaisesti. Mikäli tarjouspyynnöstä poiketaan, se on tuotava selkeästi esiin. Jos tarjouspyynnössä ilmenee jotain epäselvää, siihen on reagoi-

tava. Tarjoaja voi esittää asiasta oman tulkintansa tarjouksessaan. Jos tarjouksessa on varauksia, ne tulee siirtää myös varsinaiseen sopimukseen. Tarjous laaditaan tilaajan mahdollisesti osoittamalle tai vaihtoehtoisesti omalle tarjouspohjalle. (Betonivalmisoitoimitusten toimintamalli 2012, 9-11)

Tarjosten joukosta tilaaja valitsee sopivimmat elementtitoimittajat urakkaneuvotteluihin, joissa täsmennetään epäselvät asiat ja valitaan toimittaja tai toimittajat. Päätös tehdään yleensä hinnan ja toimitusvarmuuden perusteella, yritykset pyrkivät usein kiinteään yhteistyöhön jo hyviksi todettujen valmistajien kanssa. On hyvin yleistä, että tilaaja hankkii elementtejä samaan kohteeseen usealta eri toimittajalta, eli hajauttaa toimitukset. Näin toimimalla pyritään pääsemään kokonaisedullisimpaan ja toimitusvarmimpaan lopputulokseen. Urakkaneuvotteluissa sopimuksen sisältö käydään yksityiskohtaisesti läpi. Elementtien toimitusajat sovitaan ja sidotaan lähtötietojen saantiin tilaajalta. Mikäli urakkaneuvotteluissa sovitaan muutoksista, on ne vietävä myös toteutus suunnitelmiin. (Betonivalmisoitoimitusten toimintamalli 2012, 9-11)

Elementtien hankintasopimus tehdään Rakennustuotteiden yleisten hankinta- ja toimitusehtojen RYHT 2000 sopimuslomakkeella ja ko. ehtoja käyttäen. Hankintasopimuksessa on otettava huomioon elementtisuunnittelun ja -valmistuksen vaatima riittävä aika. Rakennesuunnittelusta tehdään oma sopimus KSE-2013-lomakkeen mukaisesti. (Betonivalmisoitoimitusten toimintamalli 2012, 12)

Valmistuskuvat lähetetään tehtaalle sopimuksen mukaan, ohjeellisina aikatauluina voidaan seinä ja runkoelementtien osalta pitää kuvien toimittamista 6 viikkoa ennen toimituksia. Ontelolaattojen valmistuskuvien toimitus 4-6 viikkoa ennen toimitusta. (Betonivalmisoitoimitusten toimintamalli 2012, 4-5)

Rakennuksessa voi olla lukuisia eri tyyppisiä elementtejä, jotka erotellaan käyttötarkoituksen mukaan erilaisiin kirjainyhdistelmiin. Elementtisuunnittelija määrittelee elementtisuunnitelmiin yksilöivät tunnukset jokaiselle elementille. Elementtitunnus koostuu tyyppin mukaisesta tunnuksesta, sekä yksilöivästä numerosta, esim. SK-1001. Samanlaisia elementtejä voi olla kohteessa useita kappaleita, mutta elementtitunnus on jokaisella elementillä ainutlaatuinen. Alla olevassa taulukossa on listattuna yleisimpien elementtityyppien kirjaintunnukset.

Taulukko 1. Yleisimmät elementtityypit kirjaintunnuksineen
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/elementtitunnukset>

Elementtityyppi	Elementti	Tunnus
Perustuselementit	Anturaelementti	A
	Pilariholkkielementti	PH
	Sokkelielementti (ei kantava)	AN
	Sokkelielementti (kantava)	AS
	Sokkelipalkki	AK

	Sokkeliruutuelementti (maanpaine)	AR
	Sokkelielementti (maanpaine, yksi kuori)	AV
	Tukimuurielementti	TKE
Pilari-elementit	Pilari	P
Seinäelementit	Väliseinä	V
	Väliseinä (seinämäinen palkki)	VSP
	Ruutuelementti (kantava)	S
	Ruutuelementti (ei kantava)	R
	Sisäkuorielementti (kantava)	SK
	Sisäkuorielementti (ei kantava)	RK
	Sisäkuorielementti (kantava, eriste + rappaus)	SKR
	Sisäkuorielementti (ei kantava, eriste + rappaus)	RKR
	Nauhaelementti (kantava)	NK
	Nauhaelementti (ei kantava)	N
	Kuorielementti	KE
Palkkielementit	Palkkielementti (teräsbetoni)	K
	Jännebetonipalkki (I-profilii)	I
	Jännebetonipalkki (HI-profilii)	HI
	Jännebetonipalkki (muut profiilit)	JK
Laatta-elementit	Laattaelementti (massiivilaatta, välipohja)	L
	Alapohjalaatta (massiivilaatta, eristetty)	EL
	Jännitetty laattaelementti	JL
	Ontelolaatta	O
	Ontelolaatta (lämpöeristetty)	O
	Ontelolaatta (REI190-palolaatta)	15O
	Ontelolaatta (REI120-palolaatta)	2O
	Ontelolaatta (yläpunoslaatta)	YO
	Ontelolaatta (kylpyhuonelaatta)	OK
	Kuorilaatta	KL
	TT-laatta	TT
	HTT-laatta	HTT
Parveke-elementit	Parveke-elementti	C
	Parvekelaatta-elementti	CL
	Jännitetty parvekelaattaelementti	JCL
	Parvepieli-elementti	M
	Parvekekaide-elementti	Z
	Parvekkeen kattoelementti	CX
	Jännitetty parvekkeen kattoelementti	JCX

Porraselementit	Porraselementti	T
Hissikuilun elementit	Hissikuiluelementti	HK
	Hissikuilun pohjaelementti	HKA
	Hissikuilun yläpään elementti	HKY
Erikoiselementit	Hormielementti	H
	Erikoiskappale	X

Elementtipiirustuksen tulee tarkoituksenmukaisesti kertoa kaikki elementin valmistuksessa sekä rakenteen käytössä tarvittavat tiedot. Seinäelementit esitetään katsomissuunta muottiin päin. Piirustuksessa on esitetty tarvittavat leikkauspiirustukset ja leikkausnuolet. Mitat tulee esittää niin, että valmistuksessa vältetään hankalilta laskutoimituksilta. Mahdollisista muutoksista tehdään aina uudet revisiot, jotka merkataan nimiöön ja uudet kuvat lähetetään tehtaalle allekirjoitettuna. Elementtipiirustuksissa ei saa olla rakennusselostuksista poikkeavaa tietoa. Tarjous-, sopimus- ja suunnitteluvaihe rajataan pois tutkimuksesta. (NB-Seinä oy FPC)

3.2.2 Tuotantovaihe

Elementtitehtaalla tarkastetaan suunnitelmien toteutuskelpoisuus kuvien saavuttua tehtaalle, kun suunnitelmat on havaittu toteutuskelpoisiksi voidaan katsoa tuotantovaihe alkavaksi. Mikäli elementtipiirustus ei sisällä kaikkia valmistamiseen tarvittavia tietoja ei kuva ole toteutuskelpoinen. Tämän jälkeen alkaa materiaalien hankinta, vastaanotto ja varastointi. Elementin teko voidaan aloittaa kun kaikki tarvittavat osat on saatu varastoon. (NB-Seinä oy FPC)

Elementin tuotantovaihetta voidaan pitää tehtaan ydinprosessina, sen tarkoitus on tuottaa arvoa asiakkaalle, eli tilaajalle. Tuotantovaihe voidaan jakaa pienempiin tukiprosesseihin, jotka tukevat ydinprosessia. Elementin valmistus sisältää seuraavat työvaiheet:

- muottityöt
- raudoitustyöt
- mahdollinen eristystyö
- kiinnikeosien, sähköosien yms. kiinnitystyö
- betonointi
- jälkihoito
- muottien purkutyö
- viimeistely ja varastointi

Viimeistelyn jälkeen elementti on CE-merkintäkelpoinen, eli valmis varastoitavaksi ja lähetettäväksi työmaalle. Tässä tutkimuksessa keskitytään tehostamaan elementin teko-

vaihetta. Työssä ei tutkita elementin viimeistely- ja varastointivaihetta. (NB-Seinä oy FPC)

3.2.3 Varastointi ja kuljetus

Elementit varastoidaan tehtaalla odottamaan kuljetusta. Varastoalueen tulee olla tasainen painumaton alue. Ensisijaisesti käytetään kampatelinettä, johon elementit varastoidaan pystyasentoon. Elementti lasketaan suoran, puhtaan lankun päälle, siten, että lankku tukee elementin sisäkuorta. Julkisivuelementin eriste on suojattava varastoinnin aikaiselta kastumiselta. (NB-Seinä oy FPC)

Kuorman lastaus- ja purkamispaikan tulee olla mahdollisimman vaakasuora ja painumaton. Lastaus ja purkaminen tehdään siten, että kuljetuspukin molemmat puolet lastataan vuorotellen. Elementti sidotaan pukkiiin ennen nostokoukkujen irrottamista. Vastaavasti purettaessa elementti irrotetaan sidonnasta vasta, kun nostokoukut on kiinnitetty. Julkisivuelementit tulee suojata kuljetuksen ajaksi sekä vedeltä, että lialta. Erityisen tärkeää on graafisten ja väribetonien suojaaminen kuljetuksen aikana. Eristeiden kastuminen estetään muovikalvolla, joka sijoitetaan eristeen päälle, suoja poistetaan vasta, kun päälle asennetaan seuraava elementti. Kuljettaja vastaa kuorman sijoittamisesta ja varmistamisesta. (julkisivu 2000 s64-65, Suomen Betonitieto OY: Kuljetusohje 2-3,10)

3.2.4 Luovutusvaihe

Kuormia vastaanottaessa tulee elementeille suorittaa vastaanottotarkastus, jossa elementtien mahdolliset laatu puutteet kirjataan kuormakirjaan tai muuhun dokumenttiin. Ja välittömästi ilmoittaa tehtaalle mahdollisista laatu puutteista. Myös huputetut seinäelementit tulisi tarkistaa vahingoilta ennen vastaanottamisen kuittausta. Elementit tarkistetaan silmämääräisesti viimeistään asennettaessa kiinnittäen huomiota mahdollisiin vaurioihin sekä pintojen laatuun. Työmaalla tai tehtaalla on tapana pitää mallielementtikatselmus ennen rungon pystytystä. Tällöin tarkistetaan, että tehtaalla ja tilaajalla on yhteinen mielipide jokaisen elementtityypin pintojen ja detaljien laadusta. Betoniyhdistys on tehnyt ohjeellisen kirjan, BY 40 Betonirakenteiden pinnat, jossa on määritelty pintojen laatu. (NB-Seinä oy FPC)

Kun elementtitoimitus on toteutettu, pidetään valmisosatoimituksen vastaanottotarkastus, jonka koollekutsujana on elementtien tilaaja tai valmistaja. Tilaisuudessa selvitetään elementtitoimituksen sopimuksen mukaisuus. Käsiteltävät asiat ovat vastaavat kuin aliorakan vastaanotossa työmaalla. (Valmisosatoimitusten toimintamalli 2012, 12)

Erityisen tärkeää on huolehtia elementtitoimituksen palautteen käsittelystä. Suositeltavaa on järjestää palautepalaveri, jossa käsitellään onnistumiset ja kehityskohteet. Pa-

lautepalaveri voi olla myös elementtitehtaan sisäinen tilaisuus. Lopuksi valmistoituksesta pidetään taloudellinen loppuselvitys. (Valmisosatoimitusten toimintamalli 2012, 12)

4. SEINÄELEMENTIN VALMISTAMINEN – PROSESSIKUVAUS

Tutkimuksen ensimmäiset 3 lukua keskittyivät tutkimuksen teoriaosuuden tarkasteluun. Seuraavat luvut muodostavat empiirisen tutkimusosuuden, joka alkaa yrityksen esittelyllä ja jatkuu elementin valmistuksen eri vaiheiden prosessikuvauksilla. Luvussa 5 esitellään tutkimustuloksia, jotka kuvastavat tuotannon nykytilaa. Luvun 5 tarkoituksena on paljastaa tuotannon hukkia. Luvussa 6 esitellään keinoja, joilla hukkaa voidaan pienentää. Luvussa 7 pohdintaan tutkimuksen antia.

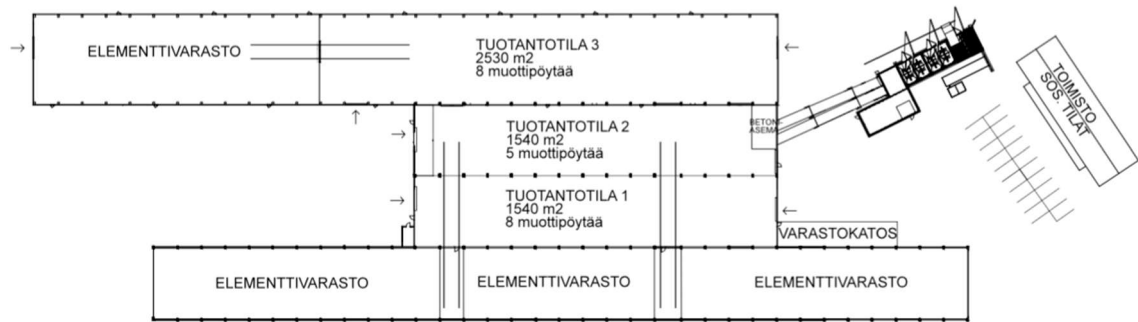
4.1 Yritysesittely

NB-Seinä Oy on vuonna 1994 perustettu keskikokoinen betonielementtien toimittaja. Yritys on aloittanut liiketoimintansa Nurmijärvellä, mutta nykyinen tehdas sijaitsee Lopen Läyliäisissä. 2010-luvulla yritys on laajentanut tuotantotilojaan vuosittain ja nykyinen liikevaihto (2016) lähentelee 13 miljoonaa euroa.

Kohdeyrityksen tarjoamiin tuotteisiin kuuluvat tiili- ja betonipintaiset julkisivuelementit sekä pilari-, palkki-, parveke-, tasolaatta-, sisäkuori-, väliseinä- ja sokkelielementit. Suurin osa elementeistä toimitetaan kerrostalojen runkoihin, mutta myös omakotitaloja, hallirakennuksia ja liikenteen meluseiniä toimitetaan säännöllisesti. Kohteet sijaitsevat pääosin pääkaupunkiseudulla.

Tuotantotiloissa työskentelee vuonna 2016 noin 80 työntekijää. Yrityksen tärkeimmät arvot ovat asiakaslähtöisyys ja korkea laatu. Tutkimus on osa yrityksen kehittämishanketta, jonka avulla pyritään luomaan asiakkaalle mahdollisimman suurta lisäarvoa nykyisin resurssein, sekä lisätä tuotannon tehokkuutta.

Tuotantotiloja yrityksellä on yhteensä noin 5600 m², elementtien varastointitilaa noin 6000 m². Petejä on 21 kappaletta, niiden yhteispituus on 290 m. Päivittäin tuotantotiloissa valmistuu yhteensä noin 30-40 elementtiä. Alla tehdastilojen pohjakuva, jossa esiteltynä tuotantotilat, sekä varastotilat.



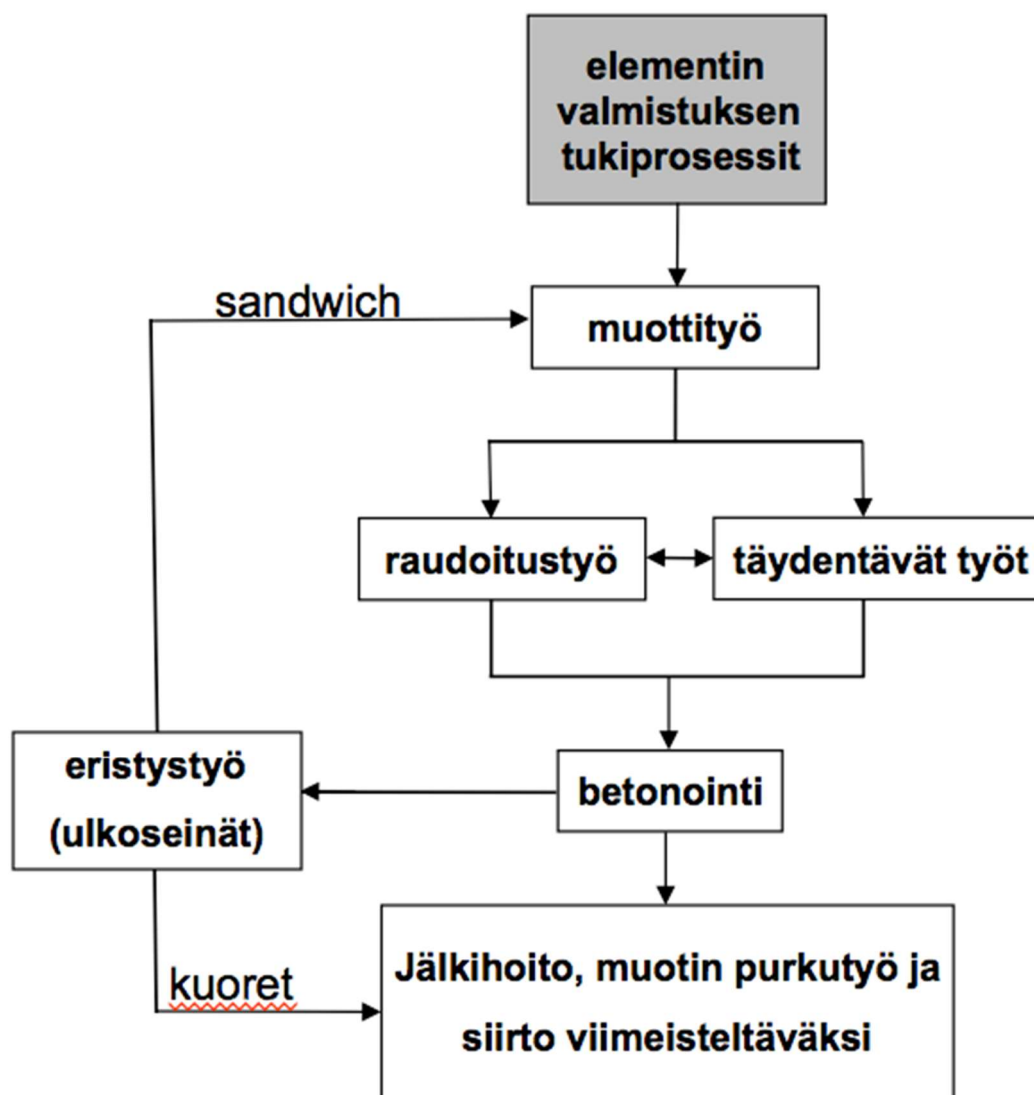
Kuva 5. NB-Seinä oy:n tehdastilojen pohjakuva

Tutkimuksen strategisina tavoitteina kehitysohjelman ja jatkuvan parantamisen mallin avulla on mahdollistaa liikevaihdon kasvu nykyisillä tuotantotiloilla 15 miljoonaan euroon tilikaudessa vuoteen 2019 mennessä. Tehokkuuden kasvattaminen ei saa vaikuttaa heikkenevästi toimitusvarmuuteen, eikä laatuun. Kapasiteetin käyttöasteen nostaminen ja organisaation sisäisen tehokkuuden nostaminen ovat avaintekijöitä tavoitteiden saavuttamiseen.

Tehokkuustavoitteena on löytää suurimmat hukat ja kehittää keinoja niiden eliminoinniseksi. Pidemmällä tähtäimellä yrityksen tavoitteena on lyhentää tuotannon läpimenoaikoja 15 %. Laatuun panostamalla pyritään pienentämään reklamaatioiden määrää, joka pienentää korjauskustannuksia ja sitä kautta lisää työn tuottavuutta.

4.2 Prosessikuvaus

Tässä työssä tutkitaan betonielementin valmistamisen hukkien poistamista. Elementin valmistusta voidaan pitää eräänä tehtaan ydinprosesseista. Eri elementtityypit eroavat valmistusteknisesti huomattavan paljon toisistaan. Myös materiaaleissa on paljon eroja. Kaikista elementtityypeistä on löydettävissä kuitenkin tietyt samat vaiheet, jotka on kuvattuna alla olevassa kaaviossa.



Kuva 6. Elementin valmistuksen aliprosessit

Seuraavissa luvuissa kuvataan kukin prosessi. Sen tarkoituksena on havainnollistaa arvoketjua esittämällä arvoa tuottavat ja työvaiheessa nykyisillä välineillä vaadittavat tapahtumat. Lisäksi esitellään tarvittavilta osin kohdeyrityksessä käytössä olevia työmenetelmiä ja välineitä. Seuraavissa kappaleissa on hyödynnetty NB-Seinä oy:n FPC-manuaalia. Monissa vaiheissa prosessin kuvausta tutkijan kokemuksen kautta. Myös betonirakentamisen laatukäsikirjoja on hyödynnetty prosessien kuvauksissa. Kappaleissa esiintyvät valokuvat on otettu kohdeyrityksen tiloista.

4.2.1 Muottityö

Betonielementtitehtailla käytetään pääasiassa kahdenlaisia muottiratkaisuja, kippimuotteja, sekä patterimuotteja. Kippimuotit ovat korkeudeltaan yleensä 3-5 m, pituus vaihtelee hyvin paljon, lyhimpien ollessa muutaman metrin, pisimmät voivat olla lähes 30 metriä pitkiä. Kippimuoteissa valetaan kaikenkokoisia betonielementtejä, erityisesti ne

on suunniteltu sandwich elementtien tarpeisiin, mutta soveltuvat erinomaisesti myös parvekelaattojen, massiivilaattojen, palkkien, pilareiden, sokkelien ja väliseinien tekemiseen. Monilla tehtailla on myös niin kutsuttuja patterimuotteja, joissa valetaan yksinkertaisia väliseiniä ja ne toteutetaan pystyvaluna. Tässä työssä tarkastellaan kippimuottipöytiä, koska kohdeyritys käyttää niitä.

Muottipinnan laatu ja muotin tiiveys vaikuttavat olennaisesti valmistettavan betonipinnan ulkonäköön, siistit pinnat ovat korkean laadun edellytys. Muotin pinta säilyy laadukkaana vuosikausia, kun huolehditaan seuraavista asioista:

- Kiinnitykset muottiin tehdään rikkomattomilla menetelmillä, kuten liimaamalla tai magneettikiinnityksellä. Hitsauskiinnitykset vaurioittavat pinnan nopeasti.
- Muottipinta puhdistetaan huolellisesti valukertojen välillä
- Muottipinta puhdistetaan ja huolletaan perusteellisesti määräajoin
- Käyttämätön muottipinta suojataan öljyllä tai ruosteenestoaineella.

Muottityö katsotaan alkavaksi muottilaitojen teosta, ne tehdään elementtisuunnittelijan piirtämän elementtikuvan mittojen mukaisesti. Valumuotin osien valmistuksessa on huomioitava muottirakenteen jäykkyys valupainetta vastaan. Materiaaleina käytetään kosteutta kestäviä mittatarkkoja materiaaleja, jotka säilyttävät muotonsa toistuvien valukertojen rasituksissa. Suositeltavia materiaaleja ovat kertopuu, filmipintainen vaneri, muovit, lasikuitu ja teräsohutlevyt. Muotin laidat kiinnitetään teräksiseen muottipohjaan magneetin avulla. Magneettien käytössä on niiden voimakkuudesta johtuen kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä ne saattavat liittyä kaukaakin muihin metalliesineisiin tai toisiinsa. Magneetit voivat aiheuttaa voimakkuudellaan vakavan tapaturmavaaran. Muotin nurkat tiivistetään elastisilla tiivistysaineilla, tai ns. reunapehmenetyllä muovilistalla, eli viistelustalla. Väliseinäelementtejä, tai piiloon jäävien pintojen nurkkia ei tarvitse tiivistää. Mikäli elementtiin tulee pesupintoja, levitetään pestävään kohtaan muottipinnalle hidastinta, joka pidentää betonin sitoutumisen alkua käsitellyillä pinnoilla. Seuraavana päivänä hidastin pestään pois korkeapainepesurilla, jolloin pinnasta poistuu ylimääräinen sementti ja pintaan jää kiviaines näkyville.

Muotinvalmistuksen laadunvarmistus tehdään välittömästi, kun muotti on koottu. Laadunvarmistuksessa tarkistetaan seuraavat asiat:

- Tarkistusmitataan päämitat, aukot, läpiviennit, ristimitat ja muut mitat.
- Tarkastetaan laitojen kiinnitykset toisiinsa ja magneettien kiinnitykset.
- Tarkastetaan silmämääräisesti laitojen ja aukkojen suoruudet.
- Varmistetaan, että muotti on puhdas seuraavaa työvaihetta varten.

Näiden vaiheiden jälkeen muotti öljytään. Kohdeyrityksessä muottiöljy ruiskutetaan betonoitavien muotin osien päälle, jonka jälkeen muottiöljyn tasaisuus varmistetaan pyyhkimällä öljytyt alueet kangasliinalla. Alla olevassa kuvassa erilaisia muotteja.



Kuva 7. Valmiita muotteja

Yllä olevassa kuvassa ylhäällä vasemmalla on parvekelaatan muotti, jossa pohjalla on kuppi ja pintaan on maalattu hidastin pinnan pesua varten. Ylhäällä oikealla on uritetun elementin pohja. Vasemmalla alhaalla on julkisivu, jossa on leveämpää uraa ja viimeisenä on kaarevan kuorielementin pohja.

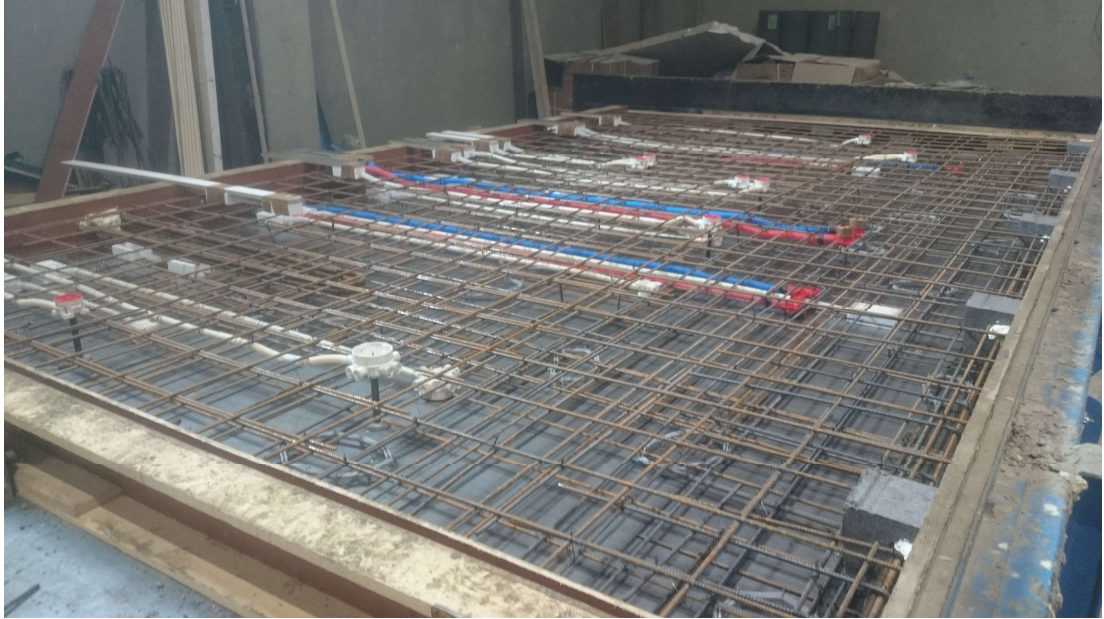
4.2.2 Raudoitustyö

Raudoitustyö vaihtelee suuresti elementtityypin ja elementtiin kohdistuvien rasitusten mukaan. Palkit ja pilarit ovat aina raudoitettuja, kuten myös massiivilaatat ja parvekelaatat. Elementtiseinät tehdään joko raudoittamattomina tai raudoitettuna. Raudoittamattomien elementtien reunaan sijoitetaan reunan suuntainen pielirauditus, jonka halkaisija on vähintään 10 mm. Raudoitettuihin elementteihin laitetaan pielirautojen lisäksi verkot. Verkkoraudoitus voi olla keskeinen, tai molemmissa pinnoissa. Mikäli seinään kohdistuu maan aiheuttamaa painetta, tehdään seinään maanpaineraudoitus. Raudoituksen suojaetäisyys riippuu rasitusluokasta ja rakenteen suunnitellusta käyttöiästä. Suojaetäisyys tulee aina mainita elementtikuvassa.

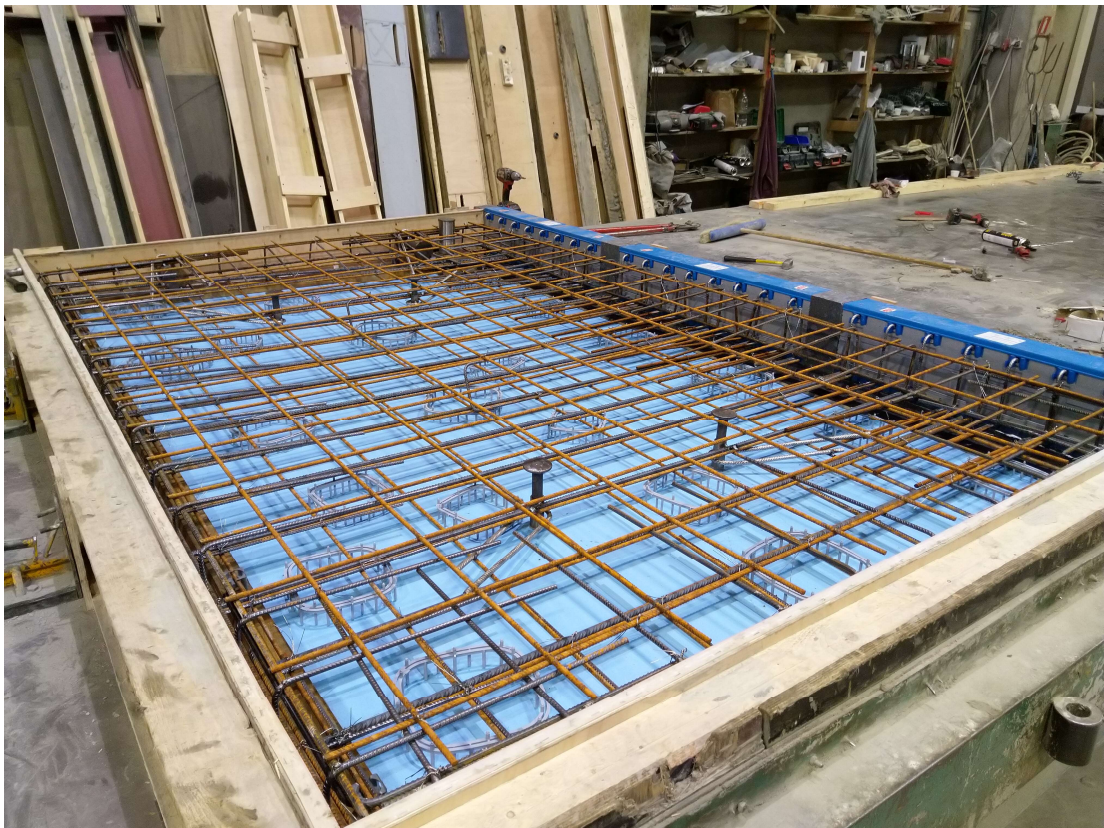
Sandwich elementin rauditus koostuu ulkokuoren raudoituksesta ja sisäkuoren raudoituksesta. Suositeltava ulkokuoren rauditus on ruostumatonta terästä. Usein verkko on 4 – 150 mm vakioverkko ja pieliteräs 7 mm terästä. Pieliteräs asennetaan 40 mm päähän

ulkoreunasta ja se sidotaan verkkoon kiinni. Suojaetäisyys varmistetaan käyttämällä välikkeitä myös elementin reunassa. Ruostumattomia teräksiä sidottaessa myös sitomiseen käytettävän langan tulee olla ruostumatonta. Verkon suojaetäisyys muotin pinnasta varmistetaan käyttämällä rengasvälikkeitä, joita tarvitaan 4-5 kpl/m².

Sandwich elementissä on kahden betonikuoren välissä eriste. Kuoret sidotaan toisiinsa käyttäen ansaita. Ansaina voidaan käyttää suunnitelmien mukaan joko diagonaali-, tikas-, tai kruunuansasta. Ansaan ulkopaarteen ja eristeen läpi menevien osien tulee olla ruostumatonta terästä. Ansaiden tyyppi ja sijoitus määritellään tuotantokuvissa. Seuraavalla sivulla olevissa kuvissa esitellyt erilaisten elementtien raudoitteita.



Kuva 8. Raudoitettu väliseinä



Kuva 9. Parvekelaatan raudoitus



Kuva 10. Julkisivuelementin ulkokuoren raudoitus

Raudoitustyövaiheessa on huomioitava seuraavat laadunvarmistustoimenpiteet:

- Välkkeet ovat oikeaa tyyppiä, niiden määrä on riittävä kannattelemaan raudoitteen. Huomioi erityisesti verkkojen jatkoskohdat sekä uritusten, tasoerojen, varausten ja aukkojen kohdat.
- Käytetty verkko on oikeaa tyyppiä ja verkko on varastoitu ja kuljetettu siten, että siihen ei ole syntynyt muodonmuutoksia.
- Ansaat ovat oikeaa tyyppiä (paarteiden välinen etäisyys) ja että ne asennetaan oikein päin.
- Pieliteräs on oikeaa tyyppiä ja se on sidottu tukevasti, lisäksi sen etäisyys muotin reunasta on varmistettu välkkeen avulla. Huomioitavaa myös jatkosten sidonta.
- Ulkokuoren raudoituksen ja valun aikana ei missään työvaiheessa saa kävellä raudoitteen, valetun massan tai eristeen päällä.
- Ruostumattoman teräksen suojaetäisyys on sama kuin mustan teräksen, ellei kohdekohtaisissa suunnitelma-asiakirjoissa ole toisin määrätty.

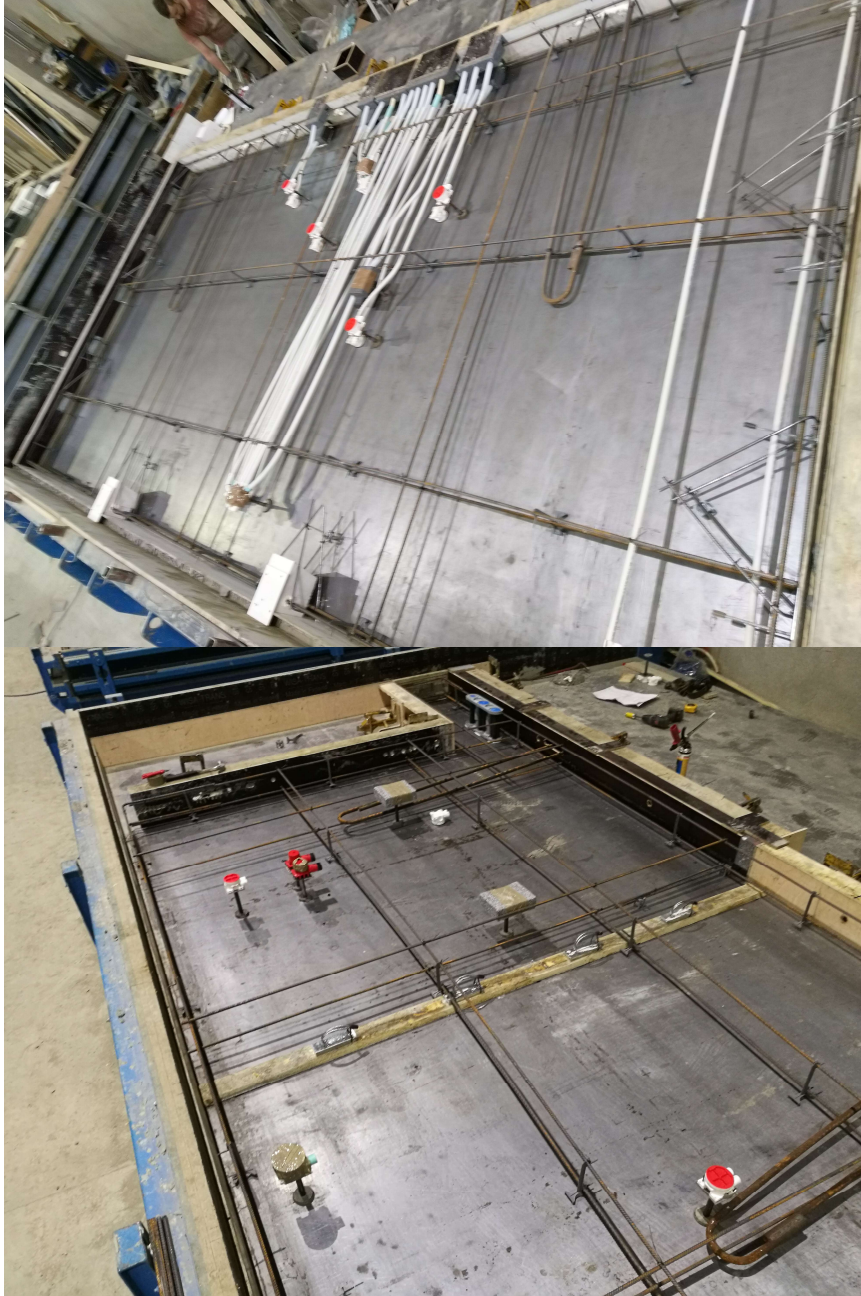
4.2.3 Täydentävät työt

Täydentävät työt sisältää kaikenlaisten kiinnitys- ja liitososien, sähkö- ja LVI-varausten, eristeiden ja muiden osien kiinnittämisen. Nämä työt tehdään osittain ennen raudoitusta, sekä raudoitusten jälkeen tai raudoituksen yhteydessä, riippuen osien sijainnista elementissä.

Elementteihin sijoitetaan tarvittavat liitososat viereisiin, sekä ylempiin ja alempiin elementteihin. Alareunaan tulee s-pistekolot ja yläreunaan tapit, joiden avulla elementit liitetään toisiinsa pystysuunnassa. Rakennesuunnittelija määrittää elementeissä tarvittavat liitokset. Jäykistävässä elementeissä voidaan käyttää seinäkenkiä ja kierretankoja. Sivut liitetään useimmiten vaijerilenkeillä. Lisäksi elementtiin voi tulla lukuisia muita kiinnittymis- ja liitososia, kuten hitsauslätkiä, putkipalkkeja, raudoitusjatkoksia tai muita suunnittelijan määräämiä tarvikkeita. Liitososat sijoitetaan valmistuspiirustusten mukaisille paikoille ± 5 mm tarkkuudella. Niiden kiinnitys tapahtuu muottiin siten, että betonoinnin aikana osa ei pääse liikkumaan. Yleensä tämä tehdään sitomalla osa raudoiteteisiin tai liimaamalla muottiin.

Väliaikaista käsittelyä varten elementtiin sijoitetaan aina valmistuspiirustuksessa määrätyt nostolenkit niille määrättyyn paikkaan ± 5 mm tarkkuudella. Nostolenkkejä asennettaessa täytyy huolehtia suojaetäisyyksien täyttymisestä, sekä varmistaa suunnittelijan suunnitteleman nostolenkin kestävyys kyseiseen elementtiin. Seinäelementtiin sijoitetaan myös vemot, jotta elementti saadaan väliaikaisesti tuettua työmaalla. (NB-Seinä FPC)

Sähkö- ja LVI varaukset tehdään elementtiin tuotantokuvan mukaisesti ± 5 mm tarkkuudella. Sähkövarauksia varten elementin pintaan kiinnitetään koje- tai jakorasiat, joista tehdään suunnitellut putkitukset ja varaukset. Pienet läpivientivaraukset tehdään sewatekien avulla. Ilmastointiputkien läpiviennit tehdään polystyreenin avulla. Seuraavalla sivulla esitetyssä kuvassa nähdään erilaisia sähkö- ja liitososia, joita elementtiin valmistuspiirroksen mukaisesti kiinnitetään. (NB-Seinä FPC)



Kuva 11. Väliseinäelementin erilaisten sähkö- ja liitososien asennusvaihe

Eristystyötä voidaan pitää täydentävänä työnä. Eristettävät elementit ovat pääosin sandwich-elementtejä, joissa tavallisesti muottipinta on elementin ulkokuori, ja hiertopinta on kantava tai ei-kantava sisäkuori. Lisäksi eristettävä kivi voi olla myös eristetty sisäkuorielementti tai rappauskivi, välillä myös laattoihin saatetaan kiinnittää eriste tehtaalla. Eristeenä käytetään jäykkää mineraali- tai lasivillaa, polyuretaania ja polystyreenilevyjä. Villaeristeissä on käytettävä uritettua ja urasuojuuttua eristettä.



Kuva 12. Eristeen asennusta

Jokaisella materiaalilla on omia työstömenetelmiä, mutta yleisesti eristystyö tehdään samoja periaatteita noudattaen. Eristeet on varastoitava siten, että ne eivät pääse kostumaan. Varastoitaessa ja siirreltäessä levyt eivät saa päästä kolhiintumaan. Eristeitä asennettaessa levyjä joudutaan usein leikkaamaan. Siihen käytetään mieluiten vanne-sahaa, jotta levyn reunat pysyvät suorina. Veistä käytettäessä tulee käyttää myös ohjuria suoruuden varmistamiseksi. Eristeen asennus aloitetaan elementin reunasta, levyjä asennettaessa on huolehdittava, että levyjen reunat painuvat tiiviisti toisiaan vasten. Samalla varmistetaan, että levyjen tuuletusurat muodostavat yhtenäisen uraverkon. Levyjatkosten kohdalle ja elementin ylä- ja alareunoihin leikataan vaakaurat. Eristeen päällä ei saa kävellä missään vaiheessa. Villaeristeisen elementin yläreunaan asennetaan eristeen reunan ympäri muovikalvo, joka suojaa kastumiselta. Muovikalvo poistetaan työmaalla ennen päälle tulevan elementin asentamista. Eristetyössä on kiinnitettävä erityistä huomiota tuuletuksen toimivuuteen elementin reunoilla, levyjen saumoissa ja aukkojen reunoissa.

4.2.4 Betonointi

Betonointi voidaan toteuttaa, kun kaikki edeltävät työvaiheet on huolellisesti tehty ja tarkastettu. Betonin laatu määräytyy vaadittavan kovuuden, rasitusluokan ja suunnitellun käyttöiän mukaan. Ulkotiloihin tulevalta betonilta vaaditaan pakkasenkestävyyttä,

se saavutetaan lisäämällä massan sekaan huokostinta, joka mahdollistaa pienten ilmakuplien syntymisen betoniin. Näin kovettuneen betonin jäätyessä vesi pääsee laajenemaan suojuhuokosiin, eikä mikrohalkeilua synny. (NB-Seinä FPC)

Betoni valetaan muottiin nostoastiasta tiputtaen, noin 50cm korkeudelta. Betonimassaa ei saa pudottaa korkealta, jotta kiviaines ja vesi ei erotu massasta. Heti massan tiputtamisen jälkeen aloitetaan tiivistys käyttämällä tärysauvoja. Betonin tiivistämisen tarkoituksena on:

- Täyttää muotti kokonaisuudessaan
- Ympäröidä teräkset
- Saada runkoaineet hakeutumaan lähemmäksi toisiaan
- Poistaa massasta ylimääräinen ilma

Sauvatäryttimen annetaan painua omalla painollaan pystysuorassa valettavan alueen läpi. Sauva nostetaan rauhallisesti ylös, jotta sen jättämä kolo ehtii umpeutua. Tärytysaika määritellään sen mukaan milloin betoni on tasoittunut sauvan ympärillä, eikä pintaa nouse enää ilmakuplia, yleensä sopiva aika on noin 10 s. Tärytystä ei saa tehdä liian kauan, koska ilmahuokosilla on aina taipumus poistua massasta. Liiallinen tärytys voi pilata betonin pakkasenkestävyyden. Tärytys tehdään koko betonoidulle alueelle, noin 0,5 metrin pistovälein. Raudoituksen täryttämistä on varottava, ettei raudat pääse liikumaan. Sähkövarausten kohdat ovat kaikkein kriittisimmät tärytyksen osalta. Mikäli tärysauva osuu sähkövaraukseen tai putkeen, irtoaa tämä helposti ja putki täyttyy betonilla. Huomioitavaa tiivistämisessä on, että tärytintä ei käytetä massojen siirtämiseen. Alla olevassa kuvassa betonointi käynnissä. (NB-Seinä FPC)



Kuva 13. Betonointia

Kun massa on valettu ja tiivistetty, tasoitetaan elementin pinta oikolaudalla ja ylimääräiset betonit otetaan pois muotista. Tämän jälkeen pinnan annetaan hetki olla, kun pintaan on ensin noussut vettä ja sen jälkeen pinta on alkanut himmenemään, on betoni alkanut kuivua. Pinta on valmis hierrettäväksi, hierron tarkoitus on tasata ja tiivistää betonipintaa, jolloin sen lujuus ja kestävyys samalla kasvavat. Jos pinnalla on vettä, ei

hiertoa saa vielä aloittaa. Hierto aloitetaan elementin toisesta reunasta ja edetään läpi elementin. Kohdeyrityksessä käytetään käsihiertoa, sekä koneellista hierrintä elementin koosta ja tekijän mieltymyksestä riippuen.

Pinta voidaan hiertämisen jälkeen käsitellä tuoreena vielä teräshierretyiksi, harjatuksi tai telatuksi. Teräshierto tehdään hierron jälkeen käyttämällä teräslastaa. Teräshierto tasoittaa pintaa entisestään ja on yleisin pintavaihtoehto. Harjattu pinta tehdään hierron jälkeen harjaamalla pinta tietyn suunnan mukaisesti. Harjattuja pintoja käytetään pääosin julkisivuissa, ja parvekelaattojen alapinnoissa. Telauspinta tehdään teräshierron jälkeen sopivan ajan kuluttua. Pinnan käsittelyajankohta valitaan niin, että osa sementtiliimasta liikkuu telan mukana. Telaus sopii betonipinnoille, jotka on läheltä tarkasteltavia ja vaativia, sileän hienorapatun näköisiksi haluttuja julkisivupintoja. (BY40 2003, s.44, 56)

4.2.5 Jälkihoito ja muotin purkutyö

Betonin jälkihoidon tarkoituksena on varmistaa betonin lujuudenkehitys ja estää pinnan liian nopea kuivuminen. Ensimmäisten valun jälkeisten tuntien aikana halkeiluriski johtuu plastisesta kutistumasta ja jo sitoutuneen valun varomattomasta liikuttelusta. Plastinen kutistuma aiheutuu betonin varhaisvaiheessa tapahtuvasta kosteuden haihtumisesta betonipinnalta.

Kohdeyritykselle on laadittu ohje jälkihoidon suorittamiseksi. Mikäli hallin kosteus on alle 75%, aloitetaan julkisivuelementtien kosteuden haihtumisen estäminen peittämällä elementti muovipeitteellä tai käsittelemällä hyväksytyllä jälkihoitoaineella. Hallin kosteutta seurataan kosteusmittarilla. Myös hallin lämpötilaa seurataan lämpömittareilla, lämpötilan tulisi olla aina yli 17 °C. Elementti on muotista nostokelpoinen, kun se on saavuttanut elementtipiirustuksessa ilmoitetun muotipurkulujuuden. Lujuuden kehittymisajan määrittää laborantti yhdessä työnjohdon kanssa. Tarvittaessa lujuuden varmistamiseen voidaan käyttää kimmovasaraa. (NB-Seinä FPC)

Muotin purkaminen voidaan aloittaa, kun muotipurkulujuus on saavutettu. Kohdeyrityksen menetelmiä käyttäen purkulujuus on normaalisti saavutettu seuraavan työpäivän alkamiseen mennessä. Elementin tekijä purkaa laidat ja aukot siten, että niitä voi hyödyntää seuraavassa elementissä. Tässä vaiheessa tarkastetaan elementin suoruus, päämitat ja betonoinnin laadukkuus ja osien sijainnit. Elementti voidaan nostaa muottipöydältä elementtivaunuun odottamaan viimeistelyä. Ennen vaunuun siirtämistä tekijä kiinnittää elementtiin tunnuslapun, jossa on merkattuna elementin perustiedot tunnistamista varten. Tutkimus rajataan tähän vaiheeseen, sillä nämä vaiheet muodostavat selkeän kokonaisuuden, joka tapahtuu muottipöydän ympäristössä yhden työmiehen toimesta.

4.2.6 Viimeistely ja varastointi

Viimeistelyn päätteeksi elementin tulee olla valmistuspiirustuksen mukainen, sekä CE-merkinnän ehdot, sekä toleranssit täyttävä. Eri elementit vaativat hieman erilaiset viimeistelyratkaisut, nämä selviää tuotantokuvista. Kuitenkin pääasiat ovat aina samat. Viimeistely alkaa elementin silmämääräisellä tarkistuksella, jossa todetaan viimeistelykelpoisuus ja tarvittavat toimenpiteet. Seuraavaksi elementistä irrotetaan kaikki poistettavat osat, kuten vemojen magneetit, kojerasioiden magneetit ja polystyreenivaraukset. Tämän jälkeen hiotaan sementtiliima hiertopinnasta mikäli se on tarpeen. Sementtiliima hiotaan pois aina jos elementin pintaan tulee vielä jokin kerros, jolle pitää luoda tartunta. Muottipinta hiotaan hiomapaperilla. Aukkojen pielet tarkastetaan lohkeamien sekä harvavalujen varalta ja paikataan mahdolliset lohkeamat ja valuviat. Mikäli näkyvissä pinnoissa on huokosia, jotka ovat halkaisijaltaan yli 2 mm ja niitä on normaaliluokkaisessa elementissä yli 60kpl/m² tulee nämä oikoa ennen varastointia. Sandwich elementeissä tulee varmistaa tuuletuksen riittävyys ennen elementin varastointia. Kaikki viimeistelyn havainnot ja puutteet kirjataan muistiin. Työnjohto jälkimittaa 10 % tehdyistä elementeistä viimeistelyn jälkeen, näistä mitataan myös raudoituksen suojaetäisyydet. Kaikki tiedot kirjataan mittakortteihin ja arkistoidaan. (NB-Seinä FPC)

Elementti tulee varastoida siten, että se ei vaurioidu ennen tilaajalle toimittamista. Varastoinnissa tulee kiinnittää huomiota elementin painopisteeseen. Sandwich elementtiä ei saa laskea sen ulkokuoren varaan varastossa, sillä sitä ei ole suunniteltu kantamaan elementin painoa. Julkisivuelementtejä varastoitaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota julkisivupinnan koskemattomuuteen. Eristetty elementti tulee varastoida siten, että eriste ei pääse kastumaan. Kun elementti on siirretty varastoon, merkataan varastopaikka valuohjelmaan, josta työnjohto siirtää tiedon tietokonejärjestelmään.

5. TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa esitellään tarkemmin tutkimustuloksia, jotka auttavat vastaamaan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen, eli selvittämään hukkia. Tutkimusta varten on suoritettu esitutkimus, seuraavat tulokset on koottu analysoimalla esitutkimuksessa kerättyä materiaalia. Siinä sovellettiin seuraavia tutkimusmenetelmiä:

- Tuotantovirtauksen kellottamisella analysoitiin tuotannon läpimenoaikoja ja tunnistettiin hukkia.
- Mitattiin asiakkaalle lisäarvoa tuottavan työn osuus tutkittavissa prosesseissa. Tämän avulla arvioitiin jalostusarvoa lisäävän työn osuutta koko tuotantoprosessissa.
- Suunniteltiin ja toteutettiin johtohenkilöiden, työnjohdon, sekä työmiesten haastattelu, jonka tarkoituksena on määrittellä prosessien vahvuuksia ja heikkouksia. Tämä toteutettiin osana kehityskeskusteluja.

Jokaisessa alaluvussa 5.1.1–5.1.6 on tutkittu yhden elementin virtaus läpi tuotannon. Tutkittaviksi elementeiksi on valittu tehtaan päätuotteita, eli tuotteita, joita valmistetaan eniten. Luvussa 5.2 esitellään haastattelun tulokset.

5.1 Tunnistetut hukat

Seuraavissa luvuissa käsitellään tutkimustuloksia, jotka on saatu mittaamalla työntekoa ja prosessien läpimenoaikoja. Koska betonielementit ovat yksilöllisiä ja poikkeavat toisistaan tuotannollisesti, ei voida määrittää yhtä tiettyä läpimenoaikaa prosessille. Työn analysoimista varten luotiin säännöt, jotta jokainen elementti tulisi arvioitua samoilla periaatteilla. Arvoa tuottava työ on työpisteessä tehtävää työtä, jolloin tuote jalostuu, esimerkiksi raudoitteiden asentaminen. Työ voi olla myös välttämätöntä, vaikka se ei suoranaisesti jalostaisi tuotetta. Tällainenkin työ lasketaan hukaksi. Esimerkiksi elementtikuvan lukeminen tai valmistelevat työt, kuten maalipurkin avaus. Hukkaa on kaikki turha työ, mikä ei jalosta tuotetta, eikä ole lopputuloksen kannalta välttämätöntä toimintaa. Tutkimus on toteutettu kellottamalla jokainen prosessi ja kaikki siinä tapahtuvat toimenpiteet. Tätä varten kehitettiin alla oleva virtaustaulukko, joka kuvaa prosessin virtausta vaiheittain läpi tuotannon. Tämän avulla pyritään tunnistamaan merkittävimmät hukan lajit. Todellisuudessa myös jalostavan prosessin aikana on hukkaa, sillä kun ihmiset työskentelevät, ikinä ei voida saavuttaa tilannetta, jossa prosessi etenisi täysin ilman hukkaa, jota syntyy esimerkiksi turhasta liikkumisesta. Vaihe aikana tutkimuksessa käytettiin minuitteja.

Taulukko 2. *Prosessin virtaus vaiheittain*

Vaiheen NRO	seurattava elementti	materiaalin välivarastointi	kuljetus [min]	mittaus/tarkastus [min]	etsintä [min]	odottaminen [min]	ei jalostava työ [min]	jalostava työ [min]	Läpimenoaika [min]
1	vaihe 1		1	0	1	0	0	4	6
2	vaihe 2	x	1	1	0	0	2	3	7
3	vaihe 3		1	5	1	0	3	2	12
4	vaihe 4	x	2	2	0	0	7	4	15
5	vaihe 5		1	4	1	0	0	2	8
6	vaihe 6		0	0	0	0	0	1	1
7	vaihe 7	x	3	1	0	0	2	10	16
8	vaihe 8	x	5	1	1	2	1	1	11
9	vaihe 9		1	4	3	0	3	3	14
10	vaihe 10	x	1	0	0	0	0	3	4
11	vaihe 11		3	0	0	0	0	1	4
			19	18	7	2	18	34	98

	muottityö
	raudoitustyö
	täydentävät työt
	betonointi
	jälkihoito ja muotin purkutyö

Yllä oleva taulukko 2 on kehitetty kohdeyrityksen tuotannon tarpeisiin. Siitä on nähtävillä kunkin prosessivaiheen läpimenoaika. Se koostuu kuljetuksen, mittauksen tai tarkastuksen, etsinnän, odottamisen, ei jalostavan työn ja jalostavan työn vaatimasta kokonaisajasta. Materiaalin välivarastointi kohta ilmoittaa aina, mikäli tarvittavaa osaa on haettu varastosta. Kuljetus on materiaalin tai tarvikkeen kuljettamista käsin, nosturin tai muun apuvälineen avulla. Mittaus ja tarkastus ajaksi lasketaan kaikki mittaukset ja erilliset tarkastukset. Käytännössä tekijä suorittaa koko työn ajan jatkuvaa tarkastamista muun työn ohessa, mutta tässä on tarkoitus mitata erikseen tehtyjä tarkastuksia, kuten laitojen tai sähköosien sijainnin tarkastamista mittanauhan avulla. Etsintä ajaksi määritellään aika, joka on käytetty etsintään. Kun tuote löytyy ja sitä aletaan kuljettamaan kohti päämäärää, muuttuu laskenta kuljetukseksi. Odottamiseksi määritellään kaikki kun tekijä odottaa jotakin, kuten nosturin tai sirkkelin vapautumista, eikä tämän vuoksi pääse etenemään työssään. Ei jalostavaksi työkse lasketaan kaikki toimenpiteet, joita tekijä tekee liittyen tutkittavaan elementtiin, mutta ne eivät jalosta tuotetta. Tällaista työtä on kaikki valmistelevat työt, kuten laitojen rakentaminen, sähköosien valmistelu,

eristeiden sahaaminen, verkon leikkaaminen, raudotteiden katkaisu ja taivuttaminen sekä kuvan lukeminen lasketaan ei jalostavaksi työksi.

5.1.1 Väliseinäelementti 1

Alla olevassa taulukossa on erään väliseinäelementin muottivaiheen tutkimustulokset. Prosessi on jaettu prosessivaiheisiin, jotka on nähtävillä taulukossa. Seurattava elementti oli muottirakennelmiltaan keskivaikea. Raudotteiltaan elementti on keskimääräistä väliseinää haastavampi. Elementti on kooltaan keskimääräistä isompi, yhteensä 18.97m², sen pituus on 8,16 metriä ja korkeus 2,715 m. Elementtikuva on esitettyä liitteessä 1.

Taulukko 3. Väliseinäelementin 1 virtaus läpi tuotannon

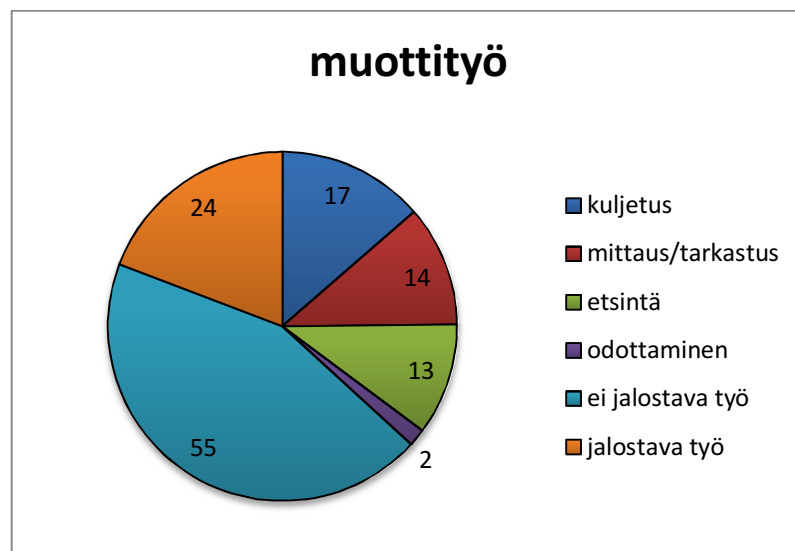
Vaiheen NRO		materiaalin välivarastointi	kuljetus [min]	mittaus/tarkastus [min]	etsintä [min]	odottaminen [min]	ei jalostava työ [min]	jalostava työ [min]	Läpimenoaika [min]
	Väliseinäelementti V1								
1	vanerin leikkaus	x	2	2	1	0	4	0	9
2	laitojen tukipuiden teko	x	1	1	0	2	6	0	10
3	laitamateriaalien kasaaminen		0	4	6	0	20	0	30
4	pedin putsaminen	x	1	1	4	0	9	0	15
5	laitojen asettaminen		0	3	2	0	8	8	21
6	oviaukon kiinnittäminen	x	4	2	3	0	3	5	17
7	lipan tekeminen		1	1	0	0	5	6	13
8	muotin öljyäminen	x	2	0	2	0	0	5	9
9	kahvitauko		0	0	0	14	0	0	14
10	rengasvälikkeiden asettaminen	x	1	0	0	0	0	3	4
11	tappien tekeminen	x	1	0	0	0	2	0	3
12	sähkö-osien kiinnittäminen	x	1	2	0	0	2	2	7
13	sewatekin kiinnittäminen	x	2	1	2	0	2	1	8
14	kehäautojen asentaminen	x	1	0	0	4	6	8	19
15	alapinnan verkkojen asettaminen	x	4	0	1	0	0	1	6
16	verkkojen sitominen		1	0	0	2	0	10	13
17	ympäryshakojen kiinnittäminen	x	9	3	0	0	0	45	57
18	ruokatauko		0	0	0	27	0	0	27
19	lisäraudat	x	3	2	0	0	6	19	30
20	yläpinnan verkkojen asentaminen	x	4	0	0	0	11	16	31
21	verkkojen sitominen		0	1	0	0	0	28	29
22	s-pistekolojen tekeminen		1	2	0	0	4	2	9
23	hiertopinnan vaijerilenkit	x	1	1	0	0	2	2	6

24	kahvitauko		0	0	0	17	0	0	17
25	Hiertopinnan sähkö-osat	x	2	2	0	0	5	3	12
26	betonointi		4	0	0	38	0	14	56
27	oikominen	x	0	0	0	0	0	4	4
28	puuhierto	x	0	0	0	0	0	6	6
29	teräshierto	x	0	0	0	0	3	13	16
30	betonin sitoutuminen yön yli	ei huomioida tutkimuksessa							
31	muotin purkaminen		1	1	0	0	8	6	16
32	siirto viimeisteltäväksi		4	0	0	2	1	0	7
			51	29	21	106	107	207	521

	muottityö
	raudoitustyö
	täydentävät työt
	betonointi
	jälkihoito ja muotin purkutyö

Muottivaihe

Alla olevassa kuvassa on esitettyä tutkitun väliseinäelementin muottivaiheen hukkien ja jalostavan työn osuus. Muottivaihe kesti yhteensä 125 minuuttia, josta hukkan osuus on 101 minuuttia, eli peräti 81 %. Näin ollen jalostavaa työtä on vain 24 minuuttia.



Kuva 14. Väliseinäelementin muottivaiheen hukat

Suuri osa hukasta muodostuu laitojen rakentamisesta, sillä ainoastaan sivulaidat olivat valmiina. Laitojen rakentaminen on välttämätöntä, mutta se ei jalosta tuotetta asiakkaan näkökulmasta. Samoja laitoja voi käyttää useita valukertoja, laitoihin tehdyt reiät täytyy usein paikata, tähän käytetään vaahdotettavaa uretaania tai vahvaa teippiä. Laitojen

teko käsittää vanerin leikkaamisen, tukien teon ja niiden kiinnittämisen vaneriin. Laitojen tekemiseen kului aikaa yhteensä 62 minuuttia, laitojen asettamiseen 22 minuuttia. Vanerin leikkauksessa kuluu aikaa raskaan vanerin siirtelyyn ja asettamiseen sirkkelille, vaikka vaneripino on sirkkelin vieressä. Laitamateriaalin kokoamiseen tarkoitetut ruuvit olivat loppu, joten ne haettiin varastosta. Raskaiden ja tehokkaiden magneettien asettaminen muutaman millin tarkkuudella on haastavaa, ja laitojen sijaintia jouduttiin hienosäätämään, jolloin magneetti täytyy kokonaan irrottaa pohjasta ja kiinnittää uudelleen.

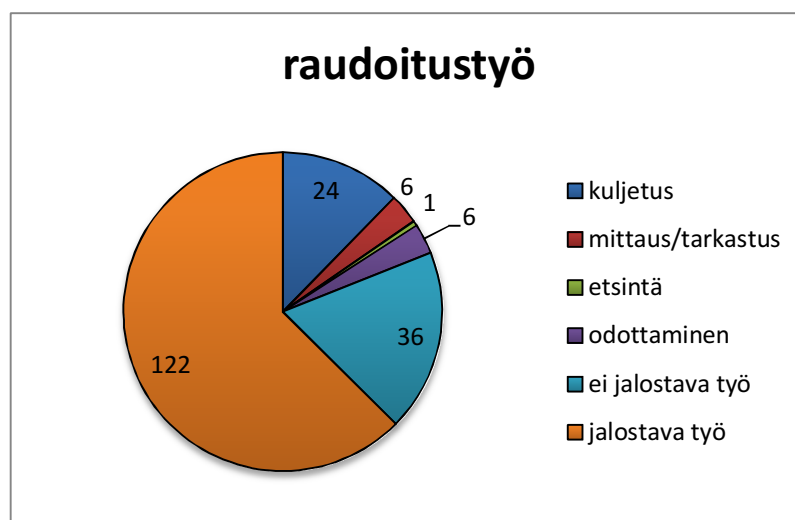
Koko muottivaiheessa kuljetuksiin käytettiin aikaa 16 minuuttia, noin 13 % koko muottivaiheen ajasta. Kuljetuksia aiheutuu materiaalien ja välineiden varastoinnista. Mittauksiin ja tarkastuksiin aikaa käytettiin 14 minuuttia. Muottivaihe on tarkkuutta vaativa työvaihe, jokaisen laidan ja aukon pitää olla tarkasti sijoitettu, joten mittaukset suoritetaan sekä ennen laitojen kiinnittämistä, että laitojen kiinnittämisen jälkeen. Myös laitojen rakentamisessa mittauksia suoritettiin useita kertoja, lähes jokaisessa sahauksessa.

Etsintää aiheutti laitamateriaalin valinta, sekä ruuvien haku toimistolta, josta ensin etsittiin työnjohtaja. Myös muotin putsaukseen käytettävää harjaa etsittiin hallista 4 minuuttia, laitamagneetteja muottipöydältä puuttui 2 kappaletta, joten ne piti käydä hakemassa toisaalta. Oviaukko löytyi valmiina, joten sitä ei ollut tarpeellista rakentaa. Etsintään kului aikaa yhteensä 13 minuuttia. Odottamista muottivaiheessa syntyi ainoastaan 2 minuuttia, kun piti odottaa katkaisusahan vapautumista.

Muottivaiheen hukista suurin osa muodostuu ei jalostavan työn tekemisestä, kuten laitamateriaalien sahaamisesta ja niiden liittämistä yhteen ruuveilla tai magneettien kiinnittämisestä muottiin. Myös muottipöydän putsaminen voidaan ajatella pakolliseksi, lopputuotetta jalostamattomaksi tehtäväksi. Todellisuudessa myös jalostavasta työstä osa on aina hukkaa, sillä ihmisten tekemisessä on aina kehitettävää. Tässä tutkimuksessa kuitenkin pyritään hahmottamaan suurimmat hukat ja pullonkaulat, joita tuotannossa esiintyy.

Raudoitustyö

Raudoitustyö kestää kokonaisuudessaan 195 minuuttia, josta jalostavan työn osuus on peräti 122 minuuttia, eli noin 63 % raudoitustyöstä. Hukkaa on 70 minuuttia, eli noin 37 %:a.



Kuva 15. Väliseinäelementin raudoitustyön hukat

Kuljetuksesta muodostui 24 minuuttia hukkaa. Tutkittavassa elementissä oli paljon rautaa, joka on välivarastoituna 30 metrin päässä muottipöydältä. Verkot ovat niin painavia, että ne kuljetetaan nosturilla, tangot ja hakaset kannetaan käsin muottipöydän luo. Verkkojen kuljetukseen nosturilla aikaa kului 8 minuuttia, nosturi oli heti käytettävissä. Tutkittavassa elementissä oli noin 100 kappaletta hakasia, niiden hakuun käytettiin 4 edestakaista hakumatkaa. Lisäksi muita rautoja haettiin 5 kertaa. Näihin matkoihin aikaa käytettiin yhteensä 14 minuuttia.

Mittauksiin ja tarkastuksiin käytettiin aikaa 6 minuuttia, joka koostuu käytännössä raudoitteiden katkaisupituuden ja taivutuskohtien mittaamisesta. Raudat käydään katkaisemassa katkaisukoneella, jonka vieressä on taivutuskone. Mekaanisessa hakasten kiinnittämistyössä mitataan ja varmistetaan suojaetäisyyksien pysyvyys, muutoin raudat asettuvat kehärautojen ympärille tasaisesti 200 mm välein. Väliä on helppo seurata verkon silmäkoon mukaisesti, joka on myös 200 mm. Tekijä varmisti suojaetäisyyden pysyvyyden käyttämällä oikean paksuista vanerin palaa laidan ja hakasen välissä.

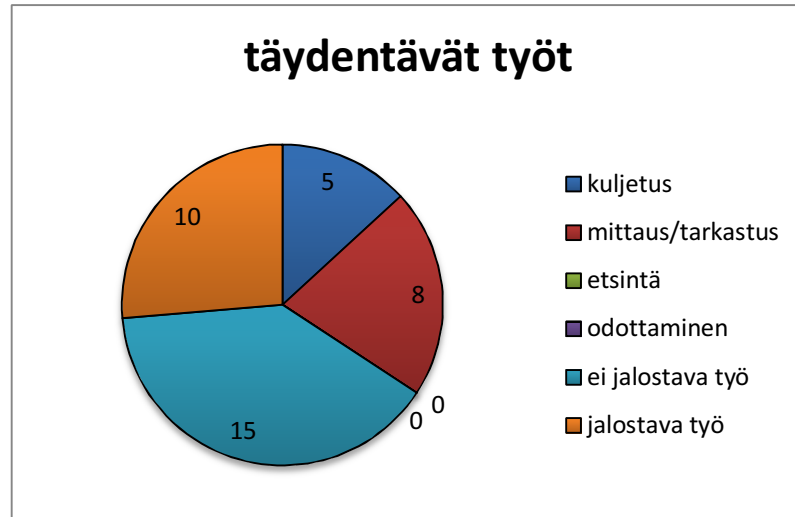
Etsintää muottityövaiheessa laskettiin olevan 1 minuutti, mutta todellisuudessa lyhytkestoista tavaroiden hapuilua ja omalla työpisteellä välineiden etsintää havaittiin useampaan otteeseen. Tavarat kuitenkin aina löytyivät nopeasti. Mikäli tutkimukseen olisi valittu vaiheajaksi sekunti, olisivat tutkimustulokset etsimisen kannalta erilaiset.

Odottamista raudoitustyön aikana syntyi yhteensä 6 minuuttia, josta 2 minuuttia oli nosturin vapautumisen odottamista. Tuotantotiloissa on 2 raudankäsittelypistettä, joista lähempää käytettiin, tähän jouduttiin jonottamaan 4 minuuttia.

Ei jalostavaa työtä raudoitusvaiheessa oli yhteensä 36 minuuttia, johon sisältyi raudoitteiden katkaisua, taivuttamista kuvan lukemista ja muuta välttämätöntä, mutta ei jalostavaa työtä. Myös raudoitusverkkojen jatkaminen voidaan laskea arvoa tuottamattomaksi toiminnoksi.

Täydentävät työt

Täydentävät työt ovat erilaisten liitos, sähkö ja läpivientiosien kiinnittämistä. Tämä vaihe kesti tutkittavassa elementissä yhteensä 38 minuuttia, josta jalostavan työn osuus oli 10 minuuttia, eli noin 26 %:a. Hukkaa syntyi 28 minuuttia, noin 74 % täydentävien töiden kokonaisajasta. Alla olevassa kuvassa esitettyä hukkan lajit sektoreittain.



Kuva 16. Hukat täydentävien töiden aikana

Kuvasta 16 nähdään, että kuljettamisesta aiheutunut hukka oli 5 minuuttia. Se syntyy tavaroiden hakemisesta varastoista. Sewatekin hakemiseen ei kulunut erikseen työaikaa, sillä tekijä otti sen mukaansa kahvitauon aikana.

Mittauksiin ja tarkastuksiin käytettiin aikaa 8 minuuttia. Tarvikeosien sijainti määritetään 5 mm tarkkuudella, jokainen sähkörosia täytyy mitata ja tarkastusmitata kahdesta suunnasta.

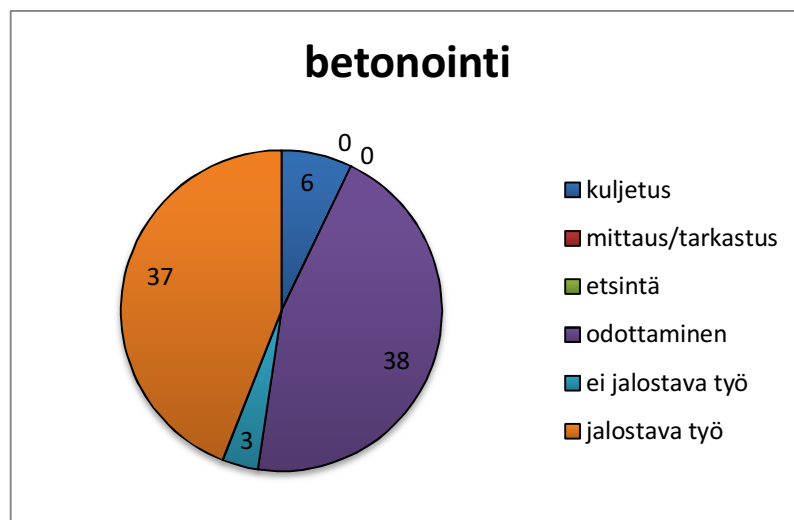
Etsintää ja odottamista täydentävissä työvaiheissa ei tutkittavassa elementissä havaittu. Tarvittavat välineet ovat niin yleisiä, että jokainen työntekijä muistaa niiden varastopaikan ulkoa, lisäksi jokainen työvaihe voidaan suorittaa itsenäisesti omilla työvälineillä, joten odottamistakaan ei tämän vuoksi syntynyt.

Ei jalostava työ muodosti vaiheen suurimman hukkan, se muodostuu valmistelevista töistä, kuten sähköputkien katkaisusta, vaijerilenkkien kiinnittämisestä lautaan, erilaisten tukien tekemisestä ja varausten sahaamisesta.

Jalostavan työn osuus oli 10 minuuttia, joka käsitti osien kiinnittämiset lopullisille sijoilleen.

Betonointi

Alla olevassa kuvassa 17 esitellään väliseinäelementin tutkimustulokset betonoinnin osalta. Betonoinnin läpimenoaika mitattiin olevan 84 minuuttia, josta hukkaa oli 45 minuuttia, eli noin 56 %. Arvoa tuottavaa toimintaa tapahtui 37 minuutin ajan.



Kuva 17. Hukat betonoinnin aikana

Betonoinnin aikana kuljetuksiin käytettiin aikaa 6 minuuttia, joka käsitti 4 minuuttia betoninostoastian kuljettamista nosturin avulla, sekä lopuksi 2 minuuttia työvälineiden kuljettamista pesupaikalle ja takaisin. Betoninostoastia täytetään betonimyllystä, jonka jälkeen se kuljetetaan pyöräkuormaajan avulla mahdollisimman lähelle muottipöytää. Siitä nostoastia nostetaan siltanosturin avulla muottipöydän yläpuolelle, jossa betonointi suoritetaan. Samalla toinen työmies täyttää betonia. Tässä tutkimuksessa työtä tutkitaan betonielementin tekijän näkökulmasta, joten kuljettamiseksi on laskettu se aika, jonka työntekijä kuljettaa betonia nosturin avulla. Konetta ajavan kuskin käyttämä aika on laskettu odottamiseksi.

Betonointivaiheessa ei ilmennyt erillistä mittausta ja tarkastusta, eikä etsintää. Työntekijä seuraa läpi betonointivaiheen työn laatua ja silmämääräisesti tarkastaa jokaisen vaiheen muun työn ohessa.

Betonia odotettiin yhteensä 38 minuuttia, tänä aikana työntekijä valmisteli jo seuraavan työpäivän elementtiä. Tutkittavaan elementtiin tarvittiin yhteensä kaksi nostoastiallista betonia, josta ensimmäistä odotettiin 34 minuuttia, toista annosta odotettiin 4 minuuttia. Muissa betonoinnin vaiheissa ei ilmennyt odottamista.

Ei jalostavan työn osuus betonoinnin aikana oli 3 minuuttia, joka koostui valmistelevista töistä, sekä välineiden pesusta.

Jalostavaa työtä mitattiin yhteensä 37 minuuttia, se käsitti vaiheet, jolloin betonia valettiin muottiin, oiottiin ja hierrettiin. Osa tästäkin arvoa lisäävästä toiminnasta on hukkaa, ja työvaiheita voitaisiin nopeuttaa kehittämällä prosesseja.

Jälkihoito ja muotin purkutyö

Jälkihoito ja muotin purkutyö on viimeinen vaihe, jonka elementin tekijä tekee itse. Vaihe kestää ajallisesti noin puoli vuorokautta, mutta tässä tutkimuksessa ei huomioida betonin sitoutumiseen käytettyä aikaa. Mikäli tutkimuksen tarkoituksena olisi minimoida sitoutumiseen käytettävä aika ja nostaa elementti muottipöydältä pois heti kun muotinurkulujuus on saavutettu olisi tämäkin vaihe hyödyllistä tutkia. Kohdeyrityksen tilanteessa kuitenkin riittää, että elementti on riittävän luja seuraavana aamuna kun työt aloitetaan, joten sitoutumisaikaa on turha mitata.

Tutkittava työvaihe kesti yhteensä 23 minuuttia, siitä hukan osuudeksi muodostui 17 minuuttia, eli 74 %:a. Jalostavan työn osuudeksi jäi 6 minuuttia. Alla olevassa kuvassa on segmentoituna hukan eri lajit tutkittavasta vaiheesta.



Kuva 18. Hukat jälkihoidon ja muotin purkutyön aikana

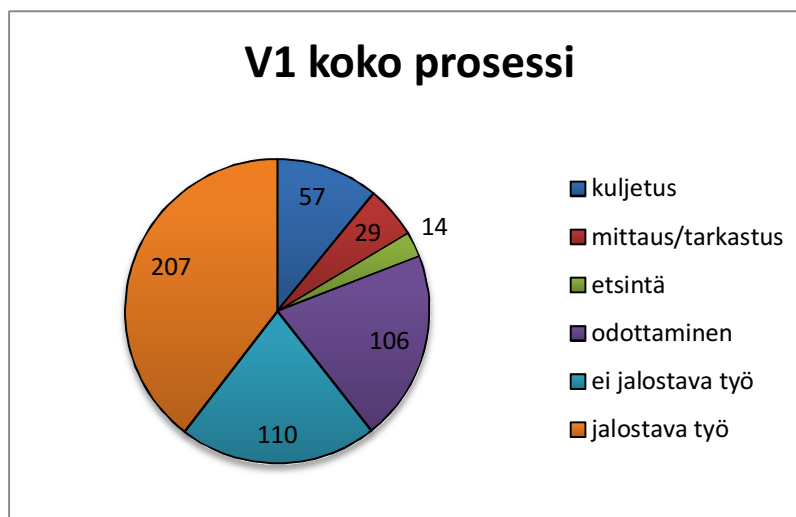
Kuljetusta tutkittavassa vaiheessa oli 5 minuuttia, josta 1 minuutti syntyi laitojen ja magneettien kuljettamisesta pois elementin luota. Elementin siirto odottamaan viimeistelyä kesti yhteensä 4 minuuttia.

Mittausta ja tarkastusta mitattiin noin 1 minuutti, kun elementti silmämääräisesti tarkastettiin muotin purkamisen päätteeksi. Tavaroiden etsintää ei vaiheen aikana ilmennyt. Nosturin vapautumista edellisestä siirrosta odotettiin 2 minuuttia.

Tuotetta jalostamatonta työtä tehtiin yhteensä 9 minuuttia, josta 8 minuuttia käytettiin magneettien sekä ruuvien irrottamiseen. 1 minuutti nostolenkkien kiinnittämiseen ja irrottamiseen nosturista.

Väliseinäelementin hukat

Prosessi kesti kokonaisuudessaan 523 minuuttia, eli 8 tuntia ja 43 minuuttia. Jalostavan työn osuudeksi mitattiin 207 minuuttia, eli 3 tuntia 27 minuuttia. Hukan osuudeksi tutkittavassa elementissä muodostui 316 minuuttia, eli 5 tuntia 16 minuuttia. Hukka muodosti yhteensä noin 60 % koko elementin tekoon käytetystä ajasta. Alla olevassa kuvassa esitettynä hukat koko elementin valmistusprosessista.



Kuva 19. Väliseinäelementin hukat

Kuljetuksesta aiheutui turhaa työtä yhteensä 57 minuuttia. Aliprosesseita tutkimalla havaittiin, että eniten kuljetusta syntyi raudoitustyövaiheessa, yhteensä 24 minuuttia. Raudoitteita kuljetettiin käsin ja nosturilla, etenkin käsin kuljetettaessa jouduttiin hakumatkoja tehdä useita kertoja raudan suuren painon vuoksi. Raudoitustyö on myös pisin työvaihe ja prosentuaalisesti työvaiheessa on vähemmän hukkaa kuin muissa vaiheissa, tämä selittyy mekaanisella standardisoidulla työllä, jota raudoitteiden sitominen on. Kuljetusta esiintyi suuri määrä myös muottityövaiheessa, yhteensä 17 minuuttia, tässä vaiheessa siirrettiin paljon suuria ja painavia objekteja, kuten vanereita, muottilaitoja ja oviaukko. Kaiken kaikkiaan ylimääräistä kuljetusta aiheuttivat välivarastot, sekä esityöstä vaativat elementin tarvikkeet. Välivarastointeja tutkittavan elementin aikana käytettiin 19 kertaa.

Mittausta ja tarkastusta tutkittavan elementin kohdalla tapahtui 29 minuuttia, joista lähes kaikki muodostui muottityön ja täydentävien töiden aikana. Molemmat näistä työvaiheista ovat mittatarkkuudeltaan todella vaativia. Muottivaiheessa mittausta ja tarkastusta oli tutkittavan elementin kohdalla paljon, sillä osa laidoista piti rakentaa. Myös lipan ja oviaukon vuoksi mittauksia suoritettiin paljon. Täydentävien töiden, kuten sähkörasioiden mitoittamiseen haastetta ja lisätyötä luo se, että mitat pitää ottaa sekä elementin vaaka- että pystysuunnassa.

Etsintää tutkittavassa elementissä mitattiin 14 minuuttia. Lähes kaikki etsintä tapahtui muottivaiheessa. Erityisesti etsintää aiheuttivat tavarat, joita on tuotantohallissa muutamia kappaleita ja niitä tarvitaan ympäri hallia, mutta ei välttämättä päivittäin. Tekijä käytön jälkeen ei välttämättä palauta esinettä samaan paikkaan, sillä kaikille tavaroille ei ole nimettyjä paikkoja.

Odottaminen aiheutti 106 minuutin hukan elementtiä tehdessä. Tässä lukemassa on mukana myös kahvitauot, sekä lounastauko, joihin käytettiin aikaa yhteensä 58 minuuttia. Kahvitaukoihin käytettiin aikaa 31 minuuttia ja ruokataukoon 27 minuuttia. Varsinaisesta työskentelyajasta suurimman odotuksen aiheutti betonointivaihe, jolloin odotettiin betonin saapumista yhteensä 38 minuuttia.

Ei jalostavan työn osuus tutkittavassa väliseinäelementissä oli 110 minuuttia. Siitä noin puolet syntyi muottivaiheessa, jolloin rakennettiin laitoja. Myös raudoitusvaiheessa tankojen katkaisut, taittamiset, verkkojen jatkamiset ja verkkojen leikkaamiset aiheuttavat turhaa työtä.

5.1.2 Ulkoseinäelementti






Kolmas tutkittava elementti on sandwich-ulkoseinäelementti. Tutkittava elementti oli haastavuudeltaan keskimääräistä ulkoseinää selvästi vaikeampi, sen tekoon käytettiin 2 työpäivää. Ovi- ja ikkuna-aukko aiheuttavat lisähaastetta sekä muotti- että raudoitusvaiheeseen. Tutkittavan elementin pinta-ala on 22,8 m², pituuden ollessa 7274 mm ja korkeuden 3140 mm. Elementtikuva esitettynä liitteessä 2. Alla olevaan taulukkoon listattuna elementin eri vaiheet ja niihin käytetyt ajat.

Taulukko 4. Tutkittavan sandwich elementin virtaus läpi tuotannon

Vaiheen NRO		materiaalin välivarastointi	kuljetus [min]	mittaus/tarkastus [min]	etsintä [min]	odottaminen [min]	ei jalostava työ [min]	jalostava työ [min]	Läpimenoaika [min]
Ulkoseinäelementti SW1									
1	Laitojen putsaus	x	0	0	0	0	3	3	6
2	kahvitauko		0	0	0	15	0	0	15
3	pedin putsaus		0	0	0	0	0	12	12
4	viisteiden kiinnitys laitoihin	x	1	0	0	0	1	1	3
5	laitojen asennus	x	0	0	0	0	9	4	13
6	oviaukon rakentaminen		8	6	2	2	13	16	47
7	ikkunan rakentaminen		9	5	0	1	17	14	46

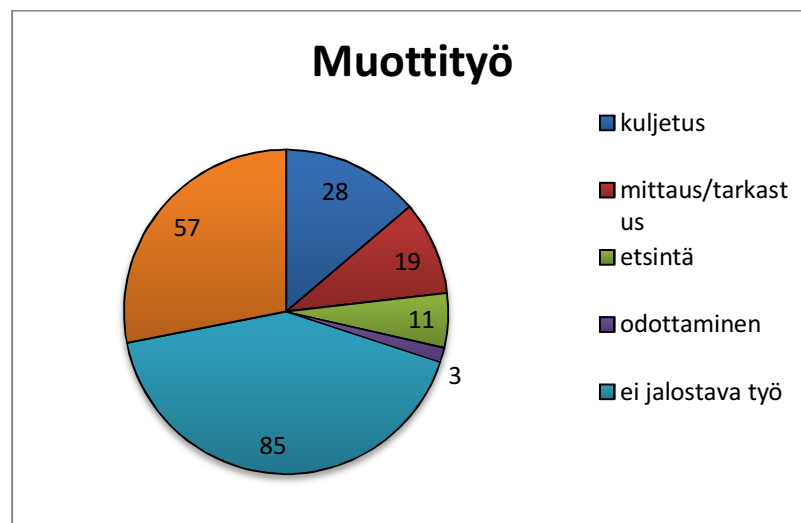
8	kahvitauko		0	0	0	20	0	0	20
9	viisteet aukkoihin	x	2	0	0	0	15	15	32
10	ikkunan ja oven kiinnittäminen		3	4	3	0	3	3	16
11	ruokatauko		0	0	0	25	0	0	25
12	ulkoreunojen tiivistys		1	20	4	0	4	13	42
13	muotin öljyäminen	x	1	0	2	0	0	5	8
14	rengasvälikkeiden asennus	x	1	0	0	0	1	4	6
15	vaijerilenkkien asentaminen	x	1	0	0	0	4	3	8
16	verkkojen asentaminen	x	9	5	0	2	4	16	36
17	pieliterästen teko ja asennus		4	2	0	3	4	6	19
18	hakasten asennus		8	1	0	0	5	13	27
19	kahvitauko		0	0	0	13	0	0	13
20	lisäraudoitusten tekeminen		5	3	0	2	8	14	32
21	ikkunautojen asentaminen		2	2	0	0	3	7	14
22	nostoelinten kiinnittäminen		3	0	0	0	1	2	6
23	sähköosien kiinnittäminen		2	0	0	0	10	3	15
24	ansaiden asennus aukkojen pieliin		1	1	0	0	0	4	6
25	eristeiden valmistelu		11	12	0	0	21	0	44
26	valukoron merkintä		0	0	0	0	0	1	1
27	betonointi		4	0	0	12	0	15	31
28	oikominen		0	0	0	0	0	6	6
29	eristetyö		6	2	0	0	0	19	27
30	ansaiden asennus eristeiden väliin		1	0	0	0	0	2	3
31	odottaa seuraavan työvuoron alkua		0	0	0	831	0	0	831
32	puretaan toinen elementti pediltä		0	0	0	27	0	0	27
33	ylimääräisen uretaanin poisto		0	0	0	0	0	15	15
34	kahvitauko		0	0	0	13	0	0	13
35	vaijerilenkkien asentaminen		1	1	0	0	9	3	14
36	palkkiraidoitus asennus		12	2	0	2	14	30	60
37	pieliterästen asentaminen		2	1	0	0	3	6	12
38	kahvitauko		0	0	0	16	0	0	16
39	pilariraidoituksen asentaminen		6	2	0	0	10	25	43
40	lisäraudoitusten asentaminen		4	1	0	3	6	14	28
41	ruokatauko		0	0	0	47	0	0	47
42	sisälaidan tekeminen		3	2	0	0	10	5	20
43	s-pistekolojen tekeminen		1	1	0	0	5	2	9
44	verkon asentaminen		8	2	0	0	12	19	41
45	sähköosien asentaminen		1	4	0	0	18	25	48
46	ikkuna-aukon reunoille eristelevyt		1	1	0	0	2	1	5
47	kahvitauko		0	0	0	20	0	0	20
48	betonointi		4	0	0	42	0	16	62
49	oikominen		1	0	0	0	0	4	5
50	puuhierto		1	0	0	0	0	5	6
51	teräshierto		1	0	0	4	5	11	21

52	betonin sitoutuminen yön yli	ei huomioida tutkimuksessa						0
53	muotin purkaminen	5	2	0	0	8	6	21
54	siirto viimeisteltäväksi	15	0	0	2	1	0	18
		149	82	11	1102	229	388	1961

	muottityö
	raudoitustyö
	täydentävät työt
	betonointi
	jälkihoito ja muotin purkutyö

Muottivaihe

Ulkoseinäelementissä muottivaihetöitä tehdään usein kahdessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kasataan ulkolaidat, toinen vaihe tehdään pohjavalun sekä eristystyön jälkeen, jolloin kasataan sisäkuoren laidat. Muottityön läpimenoajaksi mitattiin 203 minuuttia. Jalostavan työn osuudeksi saatiin 57 minuuttia, eli noin 28 % käytetystä ajasta. Hukka muodosti näin ollen noin 72 % läpimenoajasta, eli 146 minuuttia.



Kuva 20. Sandwich elementti muottivaiheen hukat

Kuljetuksesta aiheutui hukkaa 28 minuuttia, joka koostui pääasiassa laita- sekä ikkuna- ja oviaukon materiaalien kuljettamisesta. Näihin käytettiin aikaa yhteensä 20 minuuttia. Muiden tarvikkeiden kuljettamiseen käytettiin aikaa yhteensä 8 minuuttia.

Mittaukseen ja tarkastukseen käytettiin aikaa yhteensä 17 minuuttia. 11 minuuttia käytettiin ovi- ja ikkuna-aukon rakentamiseen. Niiden rakentamisessa pitää huomioida pieni päästö, eli aukon sisäpuolelle jäävää leveyttä on noin 15 mm suurempi kuin aukon leveys muottipintaa vasten. Tämä mahdollistaa aukon irrottamisen siten, että se jää ehjäksi ja sitä voidaan hyödyntää seuraavanakin päivänä. Aukkojen suoruudet tarkistetaan

ottamalla ristimitat nurkasta nurkkaan. Viisteiden kiinnittämistä ennen aukkojen sijainnit oli jo mitattu ja siirretty paikoilleen, mutta viisteitä tehdessä aukot jouduttiin vielä kääntämään ympäri, joten sijainnin mittaukset ja siirtelyt enne viisteiden kiinnittämistä olivat täysin turhia. Lopullisen aukkojen kiinnittämisen aikana mittauksiin ja tarkistuksiin käytettiin aikaa 4 minuuttia, aukkoja jouduttiin useaan otteeseen hienosäätämään, jotta saavutettiin haluttu lopputulos.

Etsintää tutkittavan elementin muottivaiheessa havaittiin 11 minuuttia, josta 2 minuuttia etsittiin sopivan paksuista vaneria. 3 minuuttia käytettiin vapaiden laitamagneettien etsintään. Nurkan tiivistämistä varten tarvitaan kittiä, jota etsittiin ensin omalta työpisteeltä, jonka jälkeen se löydettiin viereiseltä muottipöydältä. Tähän käytettiin 4 minuuttia. Muottiöljyruiskun etsintään käytettiin aikaa noin 2 minuuttia.

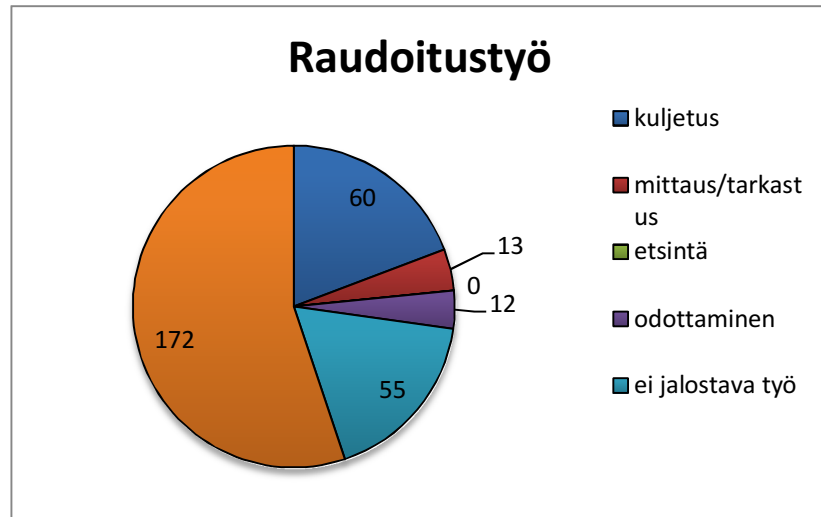
Muottivaiheessa odottamista aiheutui sirkkelin vapautumisen odottamisesta, sekä ovi-, että ikkuna-aukon rakentamisen yhteydessä. Näihin aikaa kului yhteensä 3 minuuttia.

Ei jalostavan työn osuus on merkittävin hukan aiheuttaja muottityövaiheessa muodostuen 85 minuutin ajankäytön koko työvaiheesta. Se muodostuu putsauksesta, laitamagneettien asennuksesta, ovi- ja ikkuna-aukkojen rakentamisesta, ja eri työvaiheiden valmistelusta.

Jalostavan työn osuudeksi mitattiin 57 minuuttia. Siihen kuului laitojen ja aukkojen kiinnittäminen petiin, johon aikaa kului yhteensä 7 minuuttia. Viisteiden kiinnittäminen laitoihin ja aukkoihin, sekä muotin reunojen tiivistäminen on jalostavaa työtä, niihin kului aikaa yhteensä 38 minuuttia. Viisteiden käyttö määritellään elementtikuvassa, mutta julkisivuina toimivien elementtien muottipinnan ja laidan väliset saumat tiivistetään aina, sillä tiivistämättömät saumat lohkeavat helposti kulmasta aiheuttaen ulkonäköhaittoja ja korjaustöitä.

Raudoitustyö

Sandwich elementissä raudoitustöitä tehdään sekä sisä-, että ulkokuoreen. Ulkokuoren raudoitus on normaalisti kutistumisraudoitus, joka estää halkeamien syntymisen, sisäkuori toteutetaan usein kantavana. Kuoret sidotaan toisiinsa kiinni ansailta tai muilla suunnittelijan määrittämällä menetelmillä. Raudoitustyön läpimenoaika tutkittavassa elementissä oli 312 minuuttia, josta hukkaa mitattiin 140 minuuttia.



Kuva 21. Sandwich elementti raudoitustyön hukat

Julkisivuelementin raudoitustyö sisältää hyvin paljon samoja hukkia kuin edellä tutkitun väliseinän hukat. Kuljetuksia joudutaan tekemään paljon, tutkitavan elementin raudoitustyön aikana kuljetuksiin käytettiin aikaa 60 minuuttia. Tutkittava elementti sisälsi rautaa useita satoja kiloja, sisäkuoressa oli kaksi palkkirakennetta, sekä kaksi pilarirakennetta. Lisäksi molemmissa kuorissa oli verkot, sisäkuoressa raudoitus myös maanpainetta vastaan. Kaikki muut raudat, paitsi verkot kuljetettiin käsin. Aikaa näihin hakumatkoihin käytettiin 42 minuuttia, matkoja tehtiin 22 kappaletta, kävelyä muodostui noin 1500 metriä. Verkkojen kuljetukseen nosturilla aikaa käytettiin 17 minuuttia.

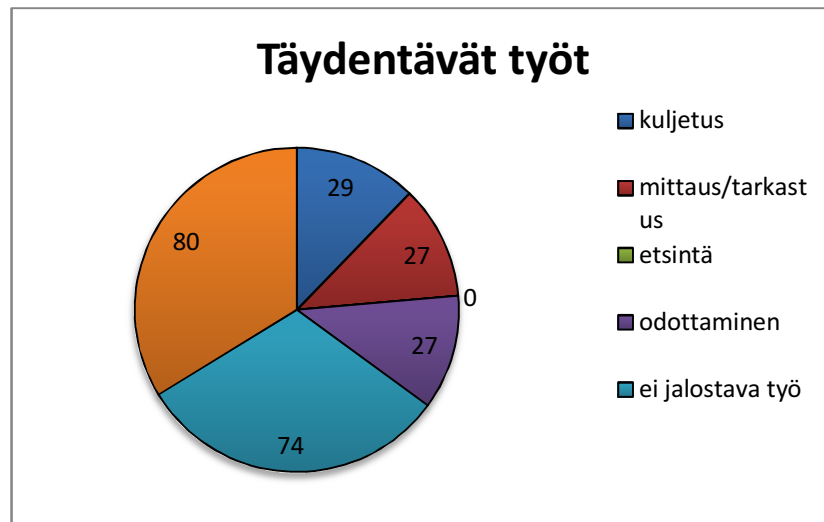
Mittauksiin ja tarkistuksiin käytettiin raudoitusvaiheessa aikaa yhteensä 13 minuuttia. Suurin osa mittauksista tapahtui raudan katkaisussa ja taivuttamisessa, raudoitteita sitoessa tehdään vain lyhyitä mittauksia, jotka eivät vaadi yhtä suurta tarkkuutta kuin varausten ja lisäosien kiinnittäminen.

Odotusajaksi mitattiin raudoitustyön aikana 12 minuuttia, joka sisälsi katkaisu- ja taivutuskoneen vapautumisen odottamista. Etsintää raudoitusvaiheessa ei ilmennyt.

Ei jalostavan työn osuudeksi mitattiin 55 minuuttia. Joka sisälsi verkkojen leikkauksen aukkojen kohdalta, kahden verkon jatkamisen tangoilla, raudoitteiden katkaisun ja leikkaamisen. Suurimman jalostamattoman työn muodosti verkkojen leikkaaminen ja jatkaminen, joihin kului aikaa 28 minuuttia. Myös tankojen katkaisuun ja taivuttamiseen kului aikaa noin 20 minuuttia. Kuvan lukemiseen käytettiin aikaa yhteensä noin 7 minuuttia monen eri vaiheen aikana.

Täydentävät työt

Täydentävien töiden läpimenoaika tutkitavassa elementissä mitattiin olevan 237 minuuttia. Jalostavan työn osuus tästä oli 80 minuuttia ja hukan osuus 157 minuuttia. Alla olevassa kuvassa eriteltyinä hukan eri muodot.



Kuva 22. Sandwich elementti täydentävien töiden hukat

Yllä olevasta kuvasta nähdään, että kuljetus muodosti 28 minuuttia turhaa työtä. Tutkimus osoitti, että täydentävien töiden aikana eristystyön aikaisiin kuljetuksiin käytettiin aikaa yhteensä 17 minuuttia. Eristelevyt ovat kevyitä, mutta isoja, niiden käsittely on kömpelöä. Tekijä leikkasi eristeet oikeaan kokoonsa ennen betonointia ja asetteli ne muottipöydän viereen tarvittavassa järjestyksessä. Muilta osin kuljetusta aiheutui väli-varastoitavien tuotteiden hakemisista.

Mittausta ja tarkastusta aiheuttivat samat vaiheet kuin väliseinäelementissä, eli osien sijainnin määrittämistä ja tarkastamista. Lisäksi eristeiden valmistelussa ja kiinnitysvaiheessa jouduttiin mittaamaan yhteensä 14 minuuttia. Erityisesti eristeiden valmistelussa jouduttiin ensin mittaamaan muotilta mittoja ja sen jälkeen mitat siirrettiin eristelevyihin, jotka leikattiin oikean kokoisiksi.

Etsintää ei täydentävien töiden aikana havaittu. Kaikki tarvittavat välineet ja materiaalit olivat jokapäiväisiä tarvikkeita, joiden paikat on selvät jokaiselle työntekijälle.

Odottamista täydentävien työvaiheiden aikana mitattiin 27 minuuttia, joka aiheutui siitä, että elementtiä tehtiin 2 työpäivää, toisen työpäivän aamuna muottipöydältä purettiin toinen elementti. Tutkittavan elementin tekijä auttoi toisen elementin muottien purussa ja siirrossa viimeisteltäväksi.

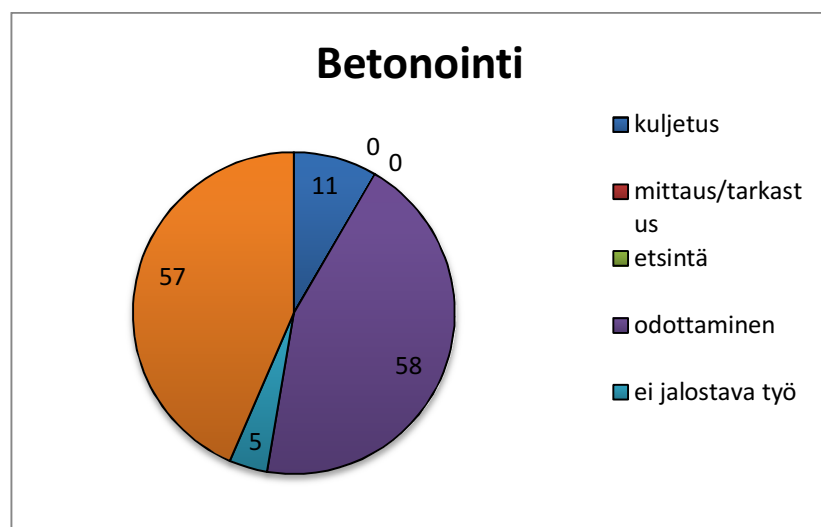
Ei jalostavan työn osuudeksi mitattiin 69 minuuttia. Eristeiden valmisteluun, eli sahaukseen käytettiin aikaa 21 minuuttia. Elementin aukot lisäsivät eristeiden sahauksen tarvetta. Sähköosien asentamisen valmisteleviin töihin käytettiin aikaa yhteensä 28 minuuttia. Tämä sisältää putkien sahaamisen, liitosten tekemiset, tukien tekemiset ja muut pakolliset työt, jotta sähkö saadaan pysymään halutuilla paikoilla. Tutkimusta tehdessä havaittiin, että tämä työvaihe tehtiin hyvin hitaalla tempolla, eli tästä olisi voitu suoriutua huomattavasti nopeamminkin. S-pistekolojen valmisteluun käytettiin aikaa 5 minuuttia. Vaijerilenkkien asentamiseen käytetystä ajasta valmistelevia töitä tehtiin yhteensä 13

minuuttia, se sisälsi vaijerilenkkiuran tekemisen ja lenkkien siihen kiinnittämisen, jalostavaksi työksi laskettiin niiden kiinnittäminen muottiin.

Jalostavan työn osuus työvaiheessa oli 80 minuuttia. Jalostavasta työstä monet työvaiheet sisälsivät kuitenkin hukkaa, joka aiheutui työtehon työvaiheiden hitaudesta ja epäjärjestelmällisyydestä.

Betonointi

Betonoinnin läpimenoajaksi laskettiin 131 minuuttia, siitä jalostavan työn osuus oli 57 minuuttia, eli noin 44 %. Hukaksi muodostui 74 minuuttia, eli 66 %. Alla olevassa kuvassa esitettynä hukkan eri muodot betonoinnin aikana.



Kuva 23. Sandwich elementti betonoinnin hukat

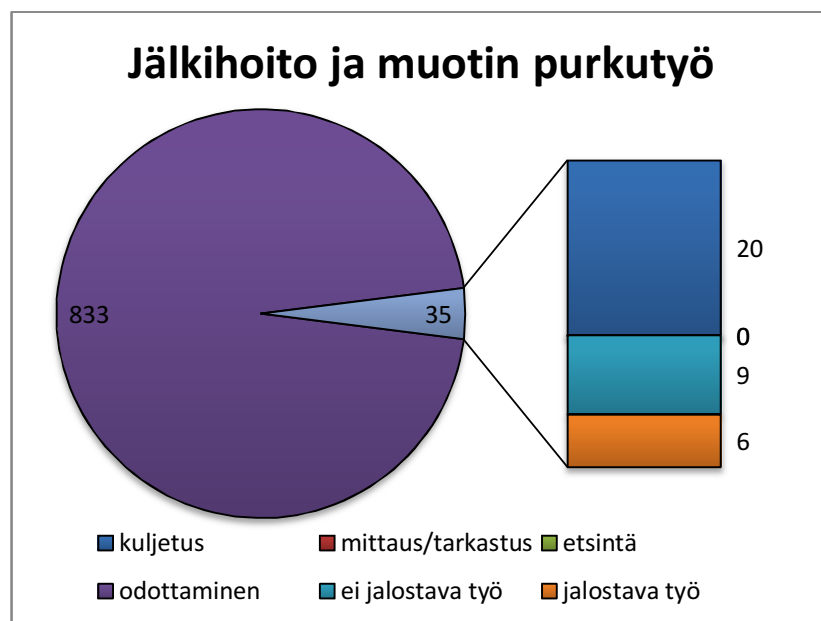
Ulkoseinäelementin betonointivaihe on hyvin samankaltainen kaikilla elementtityypeillä. Pääasiallisena erona on, että sandwich elementissä betonointi tehdään kahteen kertaan. Kun verrataan yllä esitettyä kuvaa 23 väliseinäelementin betonointivaiheen samaan kuvaan 17, havaitaan, että ne ovat lähes identtisen muotoiset. Ulkoseinäelementissä betonointi kestää vain kauemmin kahden valukerran vuoksi. Myös hukat ovat hyvin samankaltaisia, eli kuljetusta aiheutuu lähinnä nostoastian siirtämisestä nosturin avulla. Erillistä mittausta ja tarkastusta tai etsintää betonoinnin aikana ei havaittu ollenkaan.

Odottaminen muodostaa suurimman hukkan betonoinnin aikana, yhteensä 58 minuuttia. Ulkokuoren, eli ensimmäisen kerroksen betonia odotettiin 12 minuuttia, mutta sisäkuoreen betonia odotettiin jälkimmäisenä työpäivänä 42 minuuttia. Lisäksi teräshierron alkamista odotettiin 4 minuuttia, sillä tekijä kävi auttamassa saman muottipöydän vierestä tekijää oikomisessa.

Ei jalostavan työn osuus betonoinnin aikana mitattiin olevan 5 minuuttia, se muodostui välineiden pesemisestä betonoinnin päätteeksi. Jalostavan työn osuudeksi saatiin 57 minuuttia, joka käsitti betonoinnin ja täryttämisen, sekä oikomisesta ja pinnan hierrot.

Jälkihoito ja muotin purkutyö

Jälkihoitoon ja muotin purkutyöhön käytettiin aikaa 868 minuuttia, siihen sisältyy yksi yö odottamista, että uusi työvuoro alkaa. Tämä on tässä tapauksessa huomioitu odotuksena tutkimuksessa, tämä odotusaika ei olisi ollut pakollista, sillä sisäkuori voidaan valaa samana päivänä kuin elementin ulkokuori. Jalostavaa työtä prosessin aikana mitattiin 6 minuuttia, joka on alle 1 %. Eli hukkaa syntyi 862 minuuttia, joka on yli 99 % käytetystä ajasta.



Kuva 24. Sandwich elementti jälkihoidon ja muotin purkutyön hukat

Kuljetuksiin käytettiin aikaa 20 minuuttia, 5 minuuttia kului laitojen ja magneettien siirtämiseen pois muottipöydältä. Elementin siirtoon viimeistelyä odottamaan käytettiin aikaa 15 minuuttia, se sisälsi muottipöydän nostamisen, nosturin hakemisen, siirtämisen ja asettamisen vaunuun siten, että se ei pääse liikkumaan tai kaatumaan.

Erillistä mittausta ja tarkastusta ei tutkittavassa vaiheessa havaittu. Tekijä tarkistaa silmämääräisesti muiden töiden kanssa samanaikaisesti elementin kunnan ja mahdolliset korjauksia vaativat toimenpiteet. Myöskään etsintää ei havaittu.

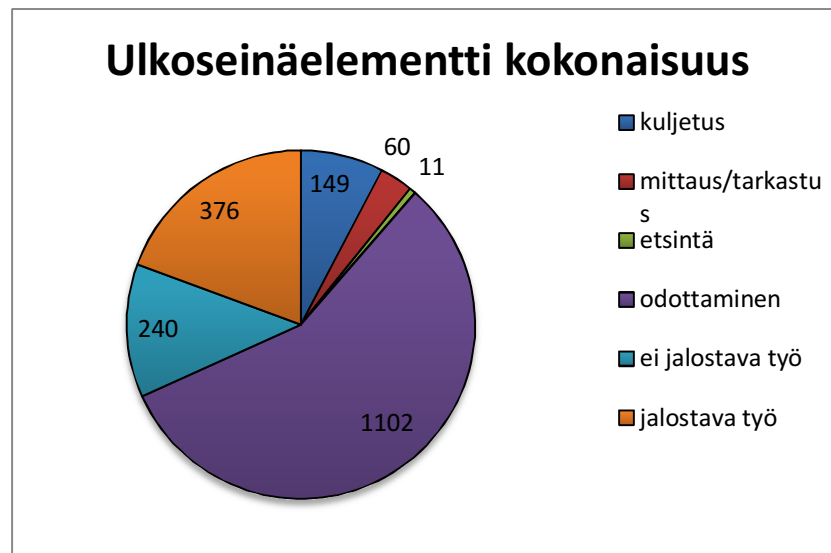
Odottaminen muodosti yhteensä 833 minuutin turhan työn. Siitä 2 minuuttia aiheutui kun jouduttiin odottamaan muottipöydän toisen elementin laitojen irrotusta, jotta kippi-muotti voidaan nostaa ylös ja aloittaa elementin siirto. 831 minuuttia aiheutui siitä, että elementtiä tehtiin 2 työpäivää. Aina jos elementtiä tehdään 2 työpäivää, se vie muotti-

paikan toiselta elementiltä, joten olisi erittäin tärkeää saada jokainen elementti valettua yhden työpäivän aikana.

Ei jalostava työ muodostui tutkittavassa elementissä laitojen purkamisen lisätöistä, joita ovat esimerkiksi magneettien ja ruuvien irrotus. Myös nostolenkkien kiinnittäminen ja irrottaminen siirtovaiheessa lasketaan turhaksi työksi.

Sandwich-elementin hukat

Kokonaisuudessaan tutkittavan julkisivuelementin tekoon käytettiin aikaa 1938 minuuttia, sen jalostavan työn osuudeksi mitattiin 376 minuuttia, eli noin 19 % koko prosessista. Hukkaa puolestaan muodostui yhteensä 1562 minuuttia, joka muodostaa lähes 81 % prosessiin käytetystä ajasta.



Kuva 25. Tutkittavan sandwich elementin hukat koottuna

Kuljetuksesta aiheutunut kokonaishukka oli 149 minuuttia. Kuljetusta havaittiin jokaisessa vaiheessa, eniten kuljetusta aiheuttavat useat välivarastot, sekä raudoitustyön aikainen raudoitteiden hakeminen.

Mittausta ja tarkastusta havaittiin yhteensä 60 minuuttia, josta merkittävin osuus syntyi täydentävien töiden aikana. Eristeiden leikkaaminen oikeaan kokoon aiheutti paljon mitattavaa. Myös sähkövarausten paikkojen mittaaminen havaittiin merkittäväksi osuudeksi mittausta ja tarkastusta. Mikäli kaikki laidat ja aukot olisivat olleet valmiina olisi välttytty niiden rakentamiselta ja pelkkää mittaamista olisi ollut 11 minuuttia vähemmän.

Etsintää havaittiin tutkittavan julkisivuelementin kohdalla yhteensä 11 minuuttia. Etsintää havaittiin ainoastaan muottivaiheessa, jolloin etsittiin tarvikkeita, joita on tuotantotiloissa muutamia kappaleita, mutta niille ei ole määritelty paikkoja ja ne jätetään käytön jälkeen oman käyttöpaikan lähelle.

Odottaminen muodosti ylivoimaisesti suurimman hukan. Tutkittavan elementin kohdalla valmistus vei kaksi työpäivää, se aiheutti sen, että seuraavana päivänä muottipöydälle ei voinut tehdä uutta elementtiä, vaan yksi elementti vei kahden päivän tilan muottipöydältä. Jotta tuotanto voi toimia tehokkaasti, täytyy jokainen elementti saada yhden päivän aikana valmiiksi. Tässä tapauksessa elementin ulkokuori kovettui ensimmäisen yön aikana, mutta se ei tuonut työhön lisäarvoa, sillä elementtiä ei aamulla tarvinnut nostaa pois muottipöydältä. Odottamista aiheutui myös samoista syistä kuin väliseinäelementtiä tutkittaessa, eli betonin odottamisesta, raudan katkaisu- ja taivutus koneen vapautumisen odottamisesta. Kahvi- ja ruokatauot muodostivat kaikkiaan 149 minuuttia odottamista.

Ei-jalostavan työn osuudeksi tutkittavassa elementissä mitattiin 240 minuuttia. Laitojen ja aukkojen rakentaminen muodosti suuren osuuden tästä. Myös eristeiden leikkaaminen ja muiden lisäosien valmistelevat työt aiheuttivat suuren määrän ylimääräistä arvoa tuottamatonta työtä.

Tutkimusta tehdessä havaittiin työntekijän työtahdista ja panoksesta, että työ on suunniteltu tehtäväksi kahdessa päivässä. Työ olisi nykyisin keinoin ja prosessein vaikea saada valmiiksi yhdessä päivässä, mutta kahta kokonaista päivää se ei ahkerasti tehdessä silti vaatisi. Tutkimuksessa on paljon jalostavaa työtä, joka on tehty heikolla teholla. Näin ollen jalostavakin työ sisältää paljon hukkaa. Työntekijän pääasiallinen motivaatio on palkka, joku tulee tuntiperusteisesti. Hän halusi käyttää elementin tekoon kaksi kokonaista työpäivää, vaikka olisi saanut tehtyä saman tuloksen puolessatoista työpäivässä.

5.1.3 Parvekelaattaelementti

Alla olevaan taulukkoon on kerätty erään parvekelaattaelementin tutkimustulokset. Vaikeusasteeltaan kyseinen elementti edustaa hieman keskimääräistä vaikeampaa parvekelaatta. Se on pinta-alaltaan yhteensä 14,3 m², pituuden ollessa 5,59 m ja leveyden 2,56 m. Tutkittava parvekelaatta on rakenteeltaan kuppilaatta, eli pohjalle tehdään vanerista eräänlainen muotin paksunnos, jossa on kallistukset vedenpoistoa varten. Kyseisessä elementissä kuppi on jo olemassa, sillä kohteen parvekelaatat ovat samanlaisia talon joka kerroksessa. Tämä mahdollistaa saman kupin ja samojen laitojen käytön useissa elementeissä. Tutkittavan parvekelaatan elementtikuva löytyy tutkimuksen liitteestä 3.

Taulukko 5. Erään parvekelaattaelementin virtaus läpi tuotannon

Vaiheen NRO	Parvekelaattaelementti CL1	materiaalin välivarastointi	kuljetus [min]	mittaus/tarkastus [min]	etsintä [min]	odottaminen [min]	ei jalostava työ [min]	jalostava työ [min]	Läpimenoaika [min]
1	pedin putsaus		0	0	0	0	12	0	12
2	muottipinnan hionta koneella	x	8	0	0	0	11	0	19
3	pedin putsaus		0	0	0	0	4	0	4
4	laitojen kasaus	x	2	4	0	13	4	8	31
5	pohjakupin asennus	x	5	3	1	0	0	5	14
6	hidastimen maalaaminen pohjaan	x	1	0	0	0	1	4	6
	kahvitauko		0	0	0	32	0	0	32
7	vesiurien kiinnitys	x	0	4	0	0	0	8	12
8	muotin tiivistäminen		1	0	0	0	1	2	4
9	muottiöljyn ja vahan levitys		1	0	0	0	1	4	6
10	rengasvälikkeiden asentaminen	x	3	0	0	0	0	3	6
11	verkon asentaminen	x	5	0	0	2	0	2	9
12	hakasten kiinnittäminen	x	4	0	0	0	0	82	86
	ruokatauko		0	0	0	50	0	0	50
13	lisärautojen kiinnittäminen	x	7	0	0	5	4	25	41
14	ulokeraudoitteiden kiinnittäminen	x	16	4	2	0	0	11	33
15	verkon kiinnittäminen	x	7	1	0	0	0	19	27
16	Parvekekaivon kiinnittäminen	x	3	1	1	0	1	2	8
	kahvitauko		0	0	0	14	0	0	14
17	nostoelinten kiinnittäminen	x	2	2	1	0	0	9	14
18	betonointi		8	0	0	30	0	17	55
19	oikominen		0	0	0	0	0	5	5
20	pinnan kostuttaminen		2	0	0	0	0	1	3
21	koneellinen hierto	x	2	0	4	0	1	14	21
22	teräshierto+telaus		1	0	0	0	5	8	14
23	tippauran tekeminen	x	1	2	0	0	3	2	8
24	kuivuu yön yli		ei huomioida tässä tutkimuksessa						
25	laitojen purkaminen		1	0	0	0	4	2	7
27	siirto viimeisteltäväksi		2	0	0	3	0	0	5
			82	21	9	149	52	233	546

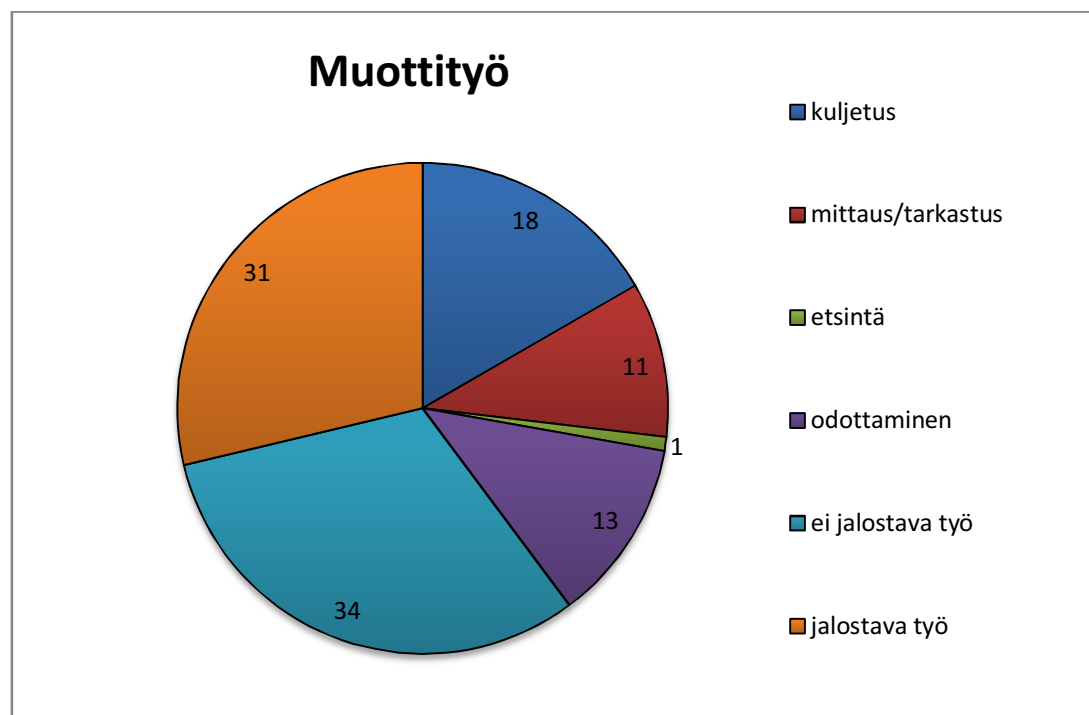
	muottityö
	raudoitustyö

	täydentävät työt
	betonointi
	jälkihoito ja muotin purkutyö
	viimeistely ja varastointi

Taulukkoa tutkimalla havaitaan, että kyseisen elementin valmistukseen käytetystä ajasta 48% on hukkaa. Suurin osa hukasta muodostuu tarvikkeiden ja materiaalien hakemisesta. Tähän kului yhteensä 97 minuuttia. Odottamisesta aiheutui hukkaa yhteensä 82 minuuttia. Seuraavissa luvuissa käydään läpi tarkemmin hukkia eri työvaiheissa.

Muottivaihe

Alla olevassa taulukossa esitettyä tutkittavan elementin muottivaiheen hukat jaoteltuna. Muottivaiheen läpimenoaika tutkimuksessa oli 108 minuuttia, josta hukkaa yhteensä 77 minuuttia. Hukan osuus on merkittävän suuri.



Kuva 26. Hukat muottityön aikana

Kuljetus muodostaa hukasta 18 minuuttia. Tämän elementin muottivaiheessa pohja hiottiin koneella puhtaaksi ruostejäljistä, jotta elementti olisi asiakkaalle mennessä siisti. Hiomakone on painonsa puolesta haettava nosturilla, joka on hidasta. Myös pohjakuppi haettiin muottipöydälle nosturin avulla. Näihin kahteen siirtoon aikaa kului yhteensä 13 minuuttia. Muiden materiaalien kuljettaminen onnistui ilman nosturia, niihin aikaa käytettiin 5 minuuttia.

Mittaukseen ja tarkastuksiin käytettiin aikaa 11 minuuttia. Suurempi osa ajasta käytettiin mittaamiseen ja mittojen merkitsemiseen. Muottien asentamisen jälkeen suoritettiin tarkistus, että kaikki mitat täsmäävät kuvaan.

Etsintää muottivaiheessa oli ainoastaan 1 minuutti, kun etsittiin muiden pohjakuppien seasta oikeaa. Pohjakupit säilytetään aina, kun odotetaan samanlaisia parvekkeita vielä tulevan. Samanlaiset parvekkeet pyritään tekemään kerralla sarjana, mikäli aikataulut ja varaston koko sen sallivat.

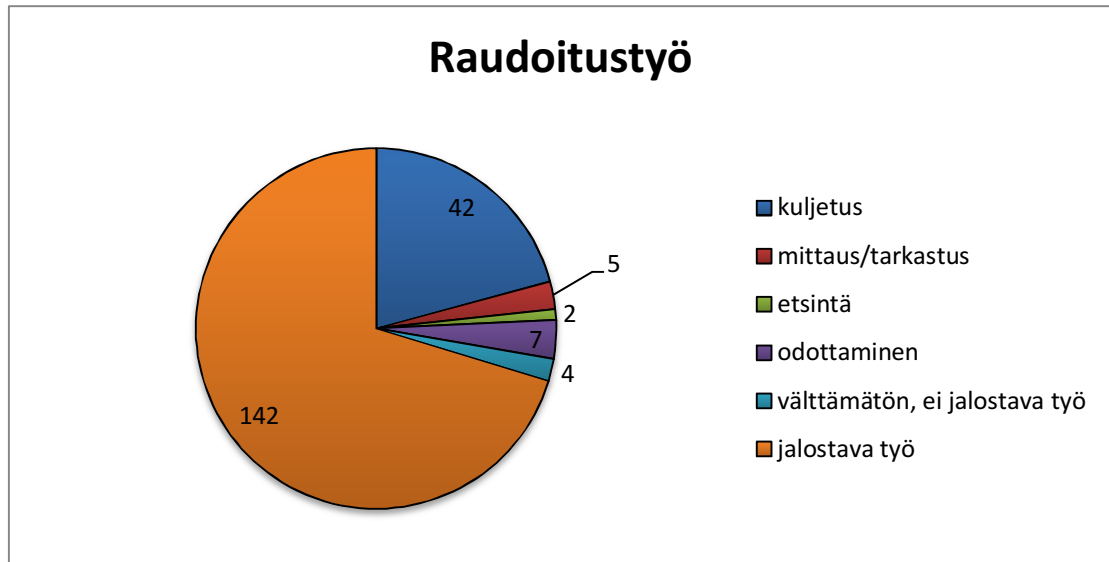
Muottivaiheessa elementin tekijä oli viereisellä muottipöydällä auttamassa laitojen kantamisessa, tähän kului aikaa 13 minuuttia.

Välttämätöntä, mutta ei jalostavaa työtä tehtiin 34 minuuttia, joka käsitti muottipöydän pohjan hionnan ja putsaamisen, jotka ottivat aikaa 27 minuuttia. Putsaaminen tehtiin kahteen kertaan, ennen ja jälkeen hionnan, ennen hiontaa olisi riittänyt melko karkea putsaaminen. Eri vaiheiden valmistelemaa työtä, kuten hidastinpurkin aukaisu ja sulkeminen sekä muottiöljyruiskun paineistaminen veivät aikaa 2 minuuttia.

Jalostavaa työtä tehtiin 35 minuuttia, mutta oikeasti sekin sisältää hukkaa, sillä työtavat ja asennot eivät ole optimoituja. Työpisteellä otettiin esimerkiksi turhia liikkeitä, sillä kaikki tarvikkeet eivät aina olleet käden ulottuvilla, myös työtehoa voidaan aina kasvat-
taa.

Raudoitustyö

Raudoitustyö kesti yhteensä 202 minuuttia, josta jalostavaa työtä oli 142 minuuttia, hukkaa 60 minuuttia. Raudoitustyö on työvaiheena hyvin mekaaninen ja itseään toistava. Parvekelaattaelementin pääraudoitus muodostuu alapinnan verkosta, yläpinnan verkosta sekä hakasista, jotka on kiinnitetty verkkojen reunoille ympäri elementin 150 mm välein.



Kuva 27. Raudoitustyö eriteltynä hukkiin ja jalostavaan työhön

Hukka muodostuu pääosin kuljetuksesta. Verkkojen hakuun nosturilla kuluu yhteensä 12 minuuttia, nosturi liikkuu melko hitaasti, huomattavasti kävelyvauhtia hitaammin. Verkon kiinnitys ja irrotus nostolenkeistä vie myös aikaa, tähän tarvitaan tikapuut tai pukki. Jokainen työmies omaa henkilökohtaiset taitonsa siltanosturi ohjaamiselle, osa miehistä liikuttaa sitä varovaisemmin, vain yhteen suuntaan kerralla, kun osa taas pysyy liikkumaan samanaikaisesti sekä eteen että sivulle. Hakaset haetaan varastotelineestä, johon on valmiiksi taitettu kaikenkokoisia hakasia. Telineestä valitaan oikean kokoiset haat ja ne kannetaan työpisteelle. Painon vuoksi näitä voi kantaa kerralla noin 25-40 kappaletta riippuen haan koosta. Kuljetuksen toinen suuri osuus on ulokeraudoitteiden kuljettaminen, joka kesti 16 minuuttia. Ulokeraudoitteet ovat valmiita osia, jotka upotetaan puolittain elementin sisään, toinen puoli jää työmaalla valettavaksi. Ulokeraudoitteen muottipinnan puoleinen osa ottaa vedon parvekelaatalta, yläpuolinen osa ottaa vastaan puristuksen. Tutkittavassa elementissä näitä osia oli yhteensä 5 kappaletta. Ulokeraudoitteen sijoittamisessa oli hankaluuksia, sillä tila, johon se pitää asentaa on ahdas ja sisältää paljon hakasia. Jokaisen osan viimeisen puolen metrin siirto kesti yli minuutin ahtauden vuoksi. Raudoitteet sijaitsivat 20 metrin kävelymatkan päässä, joten turhaa kävelyä kertyi niiden hakemisesta yhteensä 200 metriä.

Etsimiseen käytetty aika raudoitusvaiheessa on 2 minuuttia, joka kului oikeiden ulokeraudoitteiden etsimiseen.

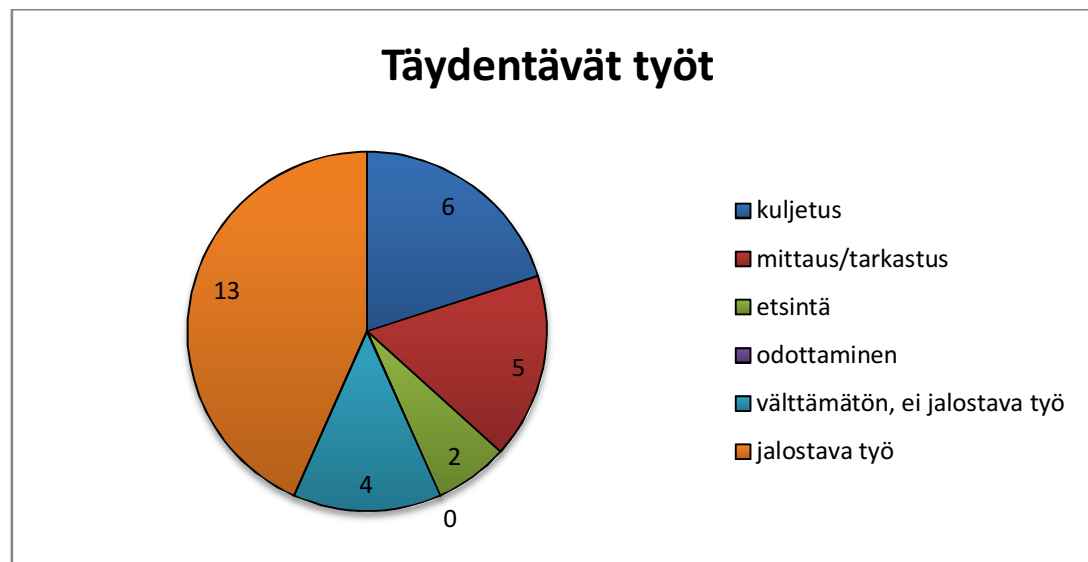
Odottaminen muodostui nosturin, sekä raudan katkaisu- ja taivutus laitteen vapautumisen odottamisesta. Nosturin käytön vapautumista joutui odottamaan 2 minuuttia, sillä sitä käytettiin myös toisaalla verkon siirtämiseen. Rautojen katkaisua joutui odottamaan 3 minuuttia ja taivutusta 2 minuuttia. Rautoja taivutettiin yhteensä 8 kappaletta, ne kiertävät laatan ulkoreunoja myöten.

Välttämätöntä, mutta ei jalostavaa työtä raudoitusvaiheessa oli lisärautojen katkaisu ja taivuttaminen. Katkaisu ja taivutusprosessit veivät aikaa yhteensä 4 minuuttia. Tässä voidaan huomioda myös yläpinnan verkon jatkaminen ja asentaminen, joka tehtiin muottipöydällä. Laatan pituuden vuoksi yksi verkko ei riitä kattamaan koko elementtiä, joten verkkoa pitää jatkaa toisella verkolla. Jatkaminen tapahtuu limittämällä harjateräksisiä verkkojen yli suunnittelijan antaman ohjeen mukaan. Yhden kokonaisen verkon pituus on aina 5 metriä ja korkeus 2,35 metriä. Alapinnan verkolle jatkaminen oli tehty jo edeltävänä päivänä ja se vain nostettiin paikalleen. Mikäli yläpinnankin verkko olisi tehty valmiiksi edellisenä päivänä olisivat tapahtumat muottipöydällä edenneet arviolta noin 17 minuuttia nopeammin.

Suuren jalostavan työn osuuden raudoitusvaiheessa selittää samanlaisen, vakioidun liikkeen toistuvuus ja vakioidut työtavat. Kuitenkin raudoitteiden sitomisessakin on aina hukkaa, sillä ihmisten liikkeet eivät ikinä ole täysin optimoituja.

Täydentävät työt

Parvekelaatassa ei ole paljon täydentäviä töitä, koska parvekelaatoissa ei ole eristeitä, eikä varauksia, normaalisti ei myöskään sähköjä. Tutkimuksen parvekelaatan täydentäviin töihin käytettiin aikaa yhteensä 30 minuuttia, josta hukan osuus on 17 minuuttia. Täydentäviin töihin kuuluivat parvekekaivon sekä nostoelinten kiinnittäminen ja tip-pauran tekeminen.



Kuva 28. Hukan ja jalostavan työn osuus täydentävissä töissä

Täydentävien töiden osalta suurin hukan aiheuttaja on kuljetus. Kuljetusta aiheutui parvekekaivon hausta. Yleensä parvekekaivot sijaitsevat muottipöydän lähetyvillä, mutta tässä tapauksessa oikean kokoisia kaivoja ei enää ollut varastoituna muottipöydän lähelle, vaan kaivo haettiin toimistolta, johon oli juuri saapunut laatikollinen oikeita kaivoja. Muottipöydän lähistölle otettiin kerralla koko laatikko tulevaa käyttöä varten. Nostoelin-

ten hakeminen aiheutti hukkaa 2 minuuttia. Parvekelaattaan laitetaan aina 6 nostolenkiä, sivuille 2 nostamista ja kuljetusta varten, vaakatasoon 4 työmaalla paikalleen nostamista varten. Suunnittelijan tehtävä on mitoittaa nostoelimien koot elementtikuvaan, mutta valitettavan usein koot puuttuu ja tarvittava nostoelimen koko täytyy selvittää itse. Tippauraa varten haettiin muovista 10x10 mm viistelista, jonka vuoksi kävelyä kertyi yhteensä noin 70 metriä, ja aikaa kului noin minuutti. Tippaura sijoitetaan laatan alapintaan 100mm laatan reunasta, sen tarkoitus on estää veden kulkeminen pitkälle parvekelaatan alle. Tippaura tehdään hiertopintaan heti pinnan viimeistelyn jälkeen.

Mittauksiin ja tarkastuksiin käytettiin aikaa yhteensä 5 minuuttia. Lisäosien kiinnitys vaatii aina tarkkuutta, sillä niiden sijaintitoleranssi on 5mm. Parvekekaivon sijainti ensin mitataan ja merkataan pohjaan, sitten kaivo kiinnitetään ja lopuksi tarkistetaan suuruus, ja mitat molempiin suuntiin. Samaan tapaan tapahtuu nostoelinten sijainnin määrittäminen, nostoelimiä vain on paljon enemmän, joten aikaakin kuluu enemmän. Tippauran tekeminen tapahtuu leikkaamalla muovisesta listasta oikean mittaiset palat.

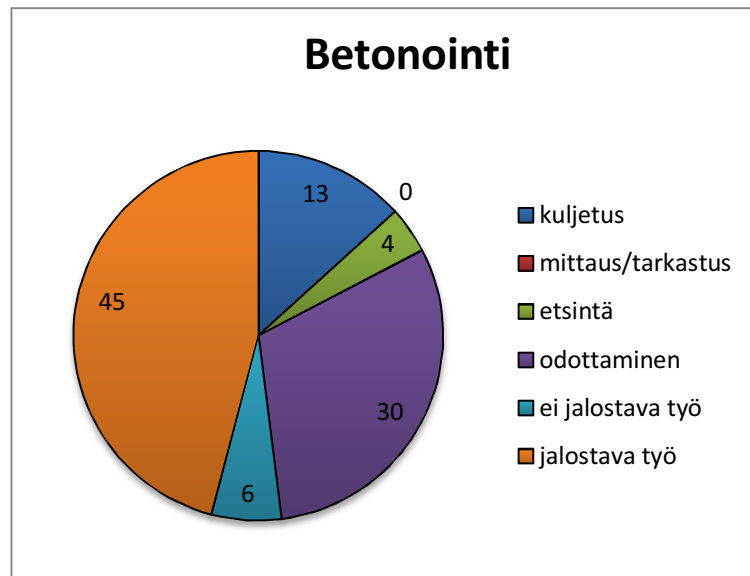
Etsintään käytettiin aikaa 2 minuuttia, joka kului parvekekaivojen etsintään toimistolta, sekä hitsauskoneen etsimiseen nostoelinten hitsausta varten. Odottamista täydentävissä työvaiheissa ei ilmennyt, sillä hitsauskone oli vapaana heti kun sitä tarvittiin.

Välttämätöntä, mutta ei jalostavaa työtä esiintyi parvekekaivon kiinnittämisessä valusuojaan, joka estää betonin kulkeutumisen kaivon sisään ja liitoksiin. Valusuoja kierretään kaivon aukkojen ympärille. Tippaura tuli tutkittavaan laattaan kolmelle sivulle, joten viistelista jouduttiin leikkaamaan useita pätkiä.

Jalostavan työn osuus on yhteensä 13 minuuttia, joka tarkoittaa 43 %:a kaikista täydentävistä töistä. Merkittävin hukka, jota on hyödyllisintä lähteä poistamaan, on kuljetus, johon kului 20 % täydentävien töiden kokonaisajasta.

Betonointi

Betonoinnin läpimenoajaksi muodostui tutkittavassa elementissä 98 minuuttia. Jalostavan työn osuudeksi mitattiin 45 minuuttia, eli noin 46 % koko prosessista. Hukan osuus oli 53 minuuttia, noin 54 %. Alla olevassa kuvassa esitettyinä hukkien ja jalostava työ laadut segmenteittäin.

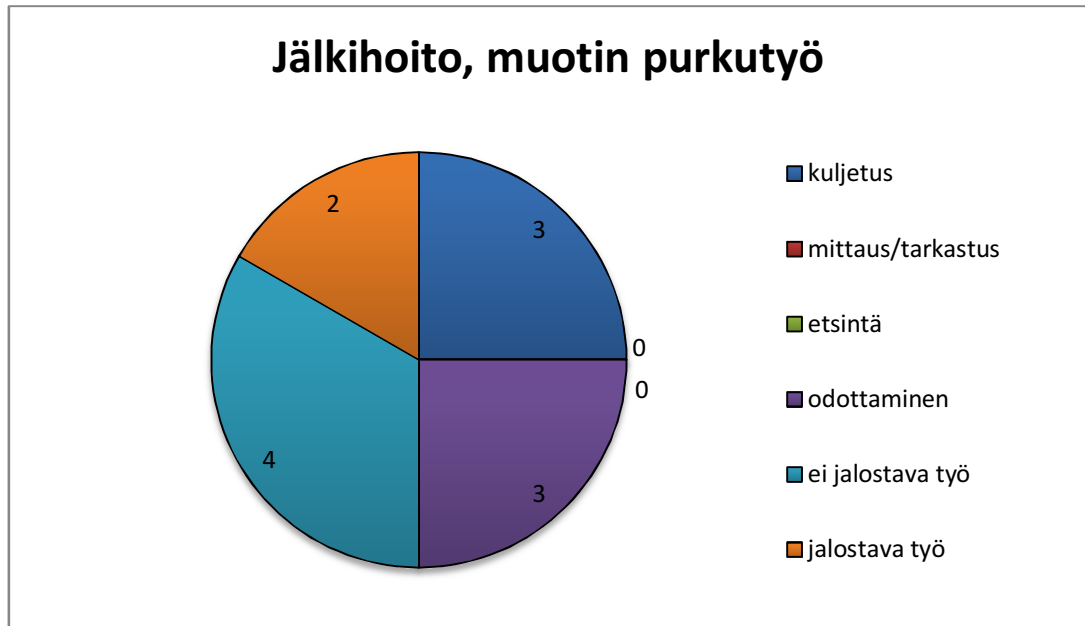


Kuva 29. Parvekelaattaelementin hukat betonoinnin aikana

Yllä olevasta kuvasta nähdään, että kuljetus muodosti 13 minuutin hukan.

Jälkihoito ja muotin purkutyö

Jälkihoito tutkittavassa elementissä voidaan katsoa alkaneeksi tippauran kiinnittämisen jälkeen. Tuotantohallin hyvien lämpötila- ja kosteusarvojen vuoksi elementtiä ei tarvitse peittää, eikä käsitellä jälkihoito-aineella. Tuote periaatteessa jalostuu koko yön, mutta tässä tutkimuksessa sitä aikaa ei huomioida, joten ainoaksi tutkittavaksi toimenpiteeksi jää muotin purkaminen. Muotin purkaminen tutkittavalla elementillä kesti yhteensä 7 minuuttia.



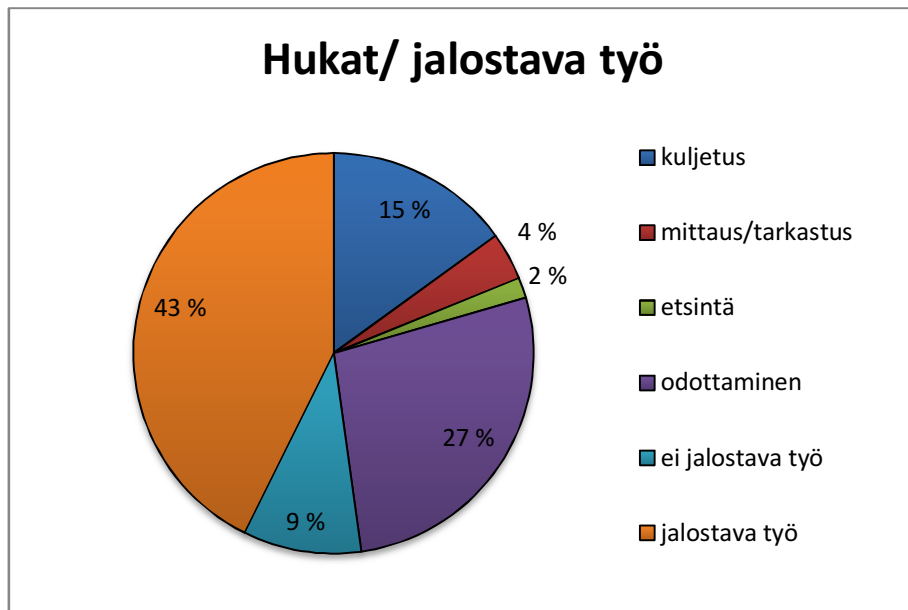
Kuva 30. Muotin purkamisessa havaitut hukat

Muotin purkamisesta lähes puolet ajasta kului välttämättömän, mutta ei jalostavan työn parissa. Laidat on kiinnitetty magneeteilla, niiden poistaminen elementistä ei ole arvoa tuottavaa toimintaa, mutta ilman niitä muotti ei pysy kasassa. Elementissä tarvittiin yhteensä 7 magneettia, niiden poistamiseen käytettiin aikaa 2 minuuttia. 2 minuuttia aikaa käytettiin myös sivussa olevien nostoelimien esiin kaivamiseen. Laitojen pois tieltä siirtämiseen aikaa kului 1 minuutti.

Jalostavan työn osuus, eli laitojen irrotus kesti 2 minuuttia. Laitojen irrottamisessa tulee noudattaa varovaisuutta, jotta kulmat eivät lohkea. Betoni ei vielä tässä vaiheessa ole saavuttanut lopullista lujuuttaan ja nurkkiin tulee helposti halkeamia jos laidan irrotuksessa elementtiin kohdistuu liikaa voimia. Lopuksi elementtiin kiinnitetään tunnuslappu.

Parvekelaattaelementin hukat

Parvekelaattaelementin valmistukseen käytettiin kokonaisuudessaan 546 minuuttia. Kokonaisuudessaan tästä hukkaa oli 313 minuuttia, eli noin 57 %:a. Jalostavaa työtä tehtiin 233 minuuttia, joka muodosti 43 %:a koko prosessista.



Kuva 31. Parvekelaattaelementin hukat kootusti

Parvekelaattaelementin teossa kuljetus muodosti yhteensä 82 minuuttia hukkaa. Suurin osa aiheutui raudoitusvaiheessa raudoitteiden ja raudoiteosien hakemisesta. Raudoitteiden kantaminen käsivoimin aiheutti monia hakukierroksia.

5.2 Haastattelun tulokset

Tässä luvussa esitellään haastattelun tuloksia. Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluna, jossa aihepiiriksi valittiin työntekoa hidastavat asiat ja kehitysehdotukset. Haastattelut toteutettiin osana kehityskeskusteluja. Haastattelussa pyrittiin selvittämään haastateltavien subjektiivisia kokemuksia.

Laajennettu kehityskeskusteluhaastattelu suoritettiin kuudelle työntekijälle ja kahdelle työnjohtajalle. Työmiehet valittiin hallin eri osista, jolloin heillä voi olla hyvinkin erilaisia kokemuksia järjestelmän toimivuudesta. Kaikilla haastateltavilla on usean vuoden kokemus elementtien teosta. Osa heistä on työskennellyt myös toisilla betonielementti-tehtailla. Haastattelu suoritettiin myös kahdelle työnjohtajalle, jotka ovat toimineet ennen työnjohtollisia tehtäviä hallityömiehinä.

Haastattelun ensimmäinen osio muodostui tuotannon nykytilasta, jossa haastateltavat kertoivat oman näkemyksensä tuotantotilojen ongelmista. Tämä aihealue oli haastattelun laajin ja tutkimuksen kannalta tärkein. Tarkoituksena oli löytää juurisyyt tuotannossa esiintyville hukille.

Ensimmäisenä kysyttiin mitkä asiat aiheuttavat odotusta tuotantotiloissa. Jokainen haastateltava sanoi ensimmäisenä, että betonimassaa joutuu odottamaan lähes päivittäin.

Odotusajat vaihtelevat minuuteista jopa kahteen tuntiin. Kaikki työmiehet aloittavat päivänsä normaalisti samaan aikaan, joten myös betonimassaa tarvitaan usein samanaikaisesti monella työpisteellä. Haastateltavat kertoivat, että odotusaikana he pyrkivät valmistelemaan seuraavan päivän töitä ja siivoamaan. Kameroita tutkittaessa todettiin, että osa työntekijöistä näin teki, mutta yleensä betonia odotettaessa suuri osa ajasta käytettiin muottipöydän laidalla istumiseen ja tupakointiin tai kahvilla käyntiin.

Useampi haastateltava sanoi, että odotusta aiheutuu myös aamulla, kun edellisenä päivänä valetut betonielementit nostetaan pois muottipöydältä ja siirretään vaunuun odotamaan putsausta ja varastointia. Tuotantotiloissa on yhteensä 6 siltanosturia, nostettavia elementtejä on aamuisin noin 40 kappaletta. Suurin osa työmiehistä tulee töihin yhtäaikaan, joten nostureita tarvitaan samaan aikaan usealla muottipöydällä. Osa työmiehistä kertoi, että he automaattisesti tulevat töihin hieman myöhemmin, koska tietävät, että turha mennä halliin odottelemaan puoleksi tunniksi nosturin vapautumista.

Kolme haastateltavaa mainitsi, että jonkun verran odotusta aiheutuvan myös sahojen, sekä raudan taivutus- ja katkaisukoneiden vapautumisen odottamisesta. Myös muut haastateltavat myönsivät odottelun näissä tilanteissa kun haastattelija sitä heiltä kysyi. Sahat ja sirkkelit ovat kovassa käytössä etenkin keskiviikko-aamuisin, kun työryhmä on vaihtunut ja uusia laitoja tehdään paljon. Monet kuitenkin sanoivat, että kun osaa seurata tilannetta, voi tehdä muita töitä sillä välin kun näkee, että koneen luona on useampi työntekijä jonottamassa.

Haastateltavilta kysyttiin hallin siisteydestä ja järjestyksestä. Haastateltavista 2 koki, että hallin yleinen siisteys on sillä tasolla, ettei se negatiivisesti vaikuta työntekoon. Noin puolet haastateltavista oli sitä mieltä, että parempi siisteys ja järjestelmällisyys edistäisivät työn tekemistä. Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että oman työpisteen siistinä pitäminen helpottaa työskentelyä. Suurimman osan haastateltavista mielestä ongelma on se, että edellinen työntekijä ei ole siivonnut omaa paikkaansa kun työvuoro on vaihtunut. Tämä aiheuttaa sen, että ensimmäisenä kun tulee lomalta töihin joutuu siivoamaan työpisteensä.

Siisteydestä puhuttaessa useampi haastattelija sanoi, että hallista on usein vaikea löytää öljypulloja, joilla muotti öljytään. Ne ovat paineistettuja pulloja, joilla saadaan sumutettua öljy muotin pintaan. Sumutuspulloja on ostettu halliin useita, mutta niitä on hajonnut, jonka jälkeen ne on jäänyt pölyttymään nurkkiin. Tällä hetkellä toimivia pulloja on vaikea löytää. Ongelmana on myös, että jokainen jättää pullon käytön jälkeen aina oman petinsä luokse, jolloin jokainen työntekijä etsii pulloa vuorollaan.

Yleisestä järjestyksestä puhuttaessa tuotiin ilmi, että useiden työvälineiden kohdalla on sama tilanne kuin yllä esitetyllä pullolla. Välineitä on kyllä hankittu, mutta kun niitä menee rikki, se jätetään niille sijoilleen ja haetaan toinen laite hallin toisesta päästä. Hajonneista koneista ilmoitetaan työnjohdolle vasta kun hallista ei löydy toimivaa lai-

tetta. Tämä koskee erityisesti tärytuskoneita, eli vibraattoreita, kuviosahoja, naulapyssyjä sekä muita työvälineitä, jotka eivät kuulu jokaisen työntekijän peruskalustoon, vaan niitä on ostettu tuotantotiloihin useita kappaleita ja ne liikkuvat siellä missä niitä tarvitaan.

Haastatteloilta kysyttiin myös työvälineistä, niiden laadusta, riittävydestä, sekä toiveita uusista apuvälineistä. Suurin osa oli tyytyväisiä nykyisiin välineisiin ja piti niitä laadukkaina, mutta kaikki haastateltavat ovat huomanneet joitakin puutteita. Monet, jotka tekevät paljon väliseiniä ovat huomannet, että sähkörasiamagneeteista on pulaa ja niitä joutuu usein etsimään. Niiden avulla kiinnitetään kojerasiat muotin pohjaan kiinni. Useampi haastattelija mainitsi vibraattoreiden liian vähäisen määrän ja niiden herkän kyvyn mennä rikki. Eräs haastateltava oli toisella tehtaalla töissä ollessaan käyttänyt erilaisia vibraattoreita, joita hän piti helpompina käyttää. Kaksi haastateltavaa kertoi, että helpottaisi, mikäli hankittaisiin toinenkin sirkkeli, jolla voidaan sahata vinoon. Tällä hetkellä niitä on hallissa vain yksi kappale. Myös kuviosahojen määrä oli samojen haastateltavien mielestä liian vähäinen. Yksi haastateltava, joka tekee pääosin parvekelaattoja kertoi nähneensä joskus koneen, jolla voidaan taivuttaa verkkoja. Sen avulla ympäryshakasten kiinnittäminen helpottuisi huomattavasti. Lisäksi ylimääräiseksi jääneet verkon palaset voisi saada hyötykäyttöön.

Materiaalien löydettävyys varastoista koettiin helpoksi ja vaivattomaksi. Ongelmia aiheuttaa lähinnä erikoiset osat, joita ei normaalisti käytetä. Välillä varastosta on loppuneet osat, jolloin pitää selvittää työnjohdolta, onko tavaraa varastoitu johonkin muualle vai onko se kokonaan loppu. Talvella ulkona varastoitavat osat hautautuvat lumen sekaan, jolloin niiden etsiminen on haasteellista, ne voivat olla myös jäätyneet kiinni toisiinsa. Yksi työntekijä sanoi, että se hetki kun lähtee pois työpisteeltään hakemaan materiaaleja on kuin lepohetki työstä, silloin ei tarvitse tehdä ajatustyötä ja saa suoristaa selkäänsä.

Haastateltavilta kysyttiin heidän kokemuksiaan ja ajatuksiaan työtehtävien uudelleen järjestämisestä. Tällä tarkoitetaan, että olisi erikseen kirvesmiehet, jotka tekisivät ikkuna- ja oviaukkoja sekä laitoja. Mahdollisesti omana ryhmänä olisi myös valuryhmä, joka suorittaisi kaikkien elementtien valut. Usealla haastateltavalla oli kokemuksia tehtaalta, jossa on erikoistuttu vain johonkin tiettyyn työvaiheeseen. Kaikkien haastateltavien mielipide oli, että nykyinen toimintamalli on parempi. He tekevät mieluummin elementin itse alusta loppuun saakka, sillä se tekee työstä monipuolisempaa ja kaiken saa tehdä omassa tahdissa ja omalla tavalla. Moni haastateltava koki, että virheiden määrä lisääntyy jos samaa elementtiä tekee usea eri tekijä. Yksi haastateltava kertoi, että hänen ollessaan työnjohtajana toisella tehtaalla siirryttiin järjestelmään, jossa oli valuryhmät erikseen. Valuryhmät hoitivat valamisen, mutta he eivät välittäneet vaikka näkivät vinossa olevan sähkörasian tai huonosti kiinnitetyn laidan. Myös sähköputkien tukokset yleistyivät. Tukos syntyy usein jos liitos on huono tai tärysauva osuu sähköputkeen.

Eräs haastateltava kertoi, että hän on työskennellyt tehtaalla, jossa kirvesmies teki valmiiksi vain aukot. Sitä hän piti hyvänä tapana, sillä aukkojen tekemiseen menee paljon aikaa ja jos yksi mies on erikoistunut aukkojen tekemiseen, tulee kaikista aukoista samanlaisia ja mittatarkkoja. Huonona puolena hän mainitsi, että aukkojen säilyttämiseen tarvitsee paljon tilaa.

Haastattelun toisena aihepiirinä käsiteltiin elementtikuvien aiheuttamia haasteita. Yksi haastateltavista koki, ettei kuvien kanssa ole ollut mitään ongelmia, vaan kuvista on löytynyt kaikki tarvittava tieto ilman ongelmia. Muilla haastateltavista oli hyvin eriäviä kokemuksia kuvapuutteista. Yksi sanoi, että kuvissa on ihan liikaa turhia mittoja, että pärjättäisiin kun jokainen mitta olisi mitattu kerran laidasta. Nyt samoja mittoja on usein mittakuvassa, leikkauksissa ja detaljeissa. Hänen mielestään turhat mitat tekevät kuvasta epäselvän. Puolet haastateltavista oli samaa mieltä, mutta kaikkia asia ei häirinnyt.

Kaikki muut haastateltavat työntekijät yhtä lukuun ottamatta ovat joutuneet tilanteeseen, jossa elementtikuvasta puuttuu jokin vaadittava mitta, tai elementtikuvassa on jokin ristiriita. Nämä aiheuttavat tilanteen, jossa tekijä etsii käsiin työnjohtajan, joka tulee avuksi lukemaan kuvaa, mikäli ratkaisua ei löydy työnjohtaja menee toimistolle tuotantopäällikön luokse, joka yleensä joutuu soittamaan suunnittelijalle kysyäkseen selvyttä kuvaan. Jos suunnittelija ei vastaa puhelimeen täytyy päätös tehdä nopeasti silläkin uhalla, että se on väärä. Yleensä päätöstä tehdessä täytyy etsiä pohjakuvat ja sitä kautta selvittää oikea ratkaisu. Haastateltavat sanoivat, että niin kauan kuin he tekevät tunti-palkkaista työtä heitä ei haittaa, vaikka joutuisivat odottamaan selvyttä kuvaan. Tuotantopäällikkö joutuu soittamaan kuvissa olevista epäselvyyksistä suunnittelijoille keskimäärin noin neljä kertaa päivässä.

Haastateltavat sanoivat, että tyypillisin virhe elementtikuvassa on mittapuutos. Elementtien laatutoleranssit ovat niin pienet, että työntekijä ei voi arvioida mittaa sen mukaan miltä se kuvassa näyttää, vaan se on aina tarkistettava suunnittelijalta. Lähes yhtä paljon haastateltavien mielestä kuvissa on mittoja, jotka on sivussa mitattavasta pisteestä, eli mittaviiva on tarttunut väärään kohtaan. Kolmanneksi yleisin virhe on ristiriita leikkauskuvan ja naamakuvan välillä. Nämä virheet aiheutuu usein joko väärästä viivatyy-pistä tai skaalauksesta. Tällainen virhe aiheutuu helposti myös siitä, että leikkauskuva kopioidaan toisesta elementtikuvasta, eikä sitä muisteta muuttaa. Osa haastateltavista kertoi, että ristiriitoja on jonkin verran myös selitteissä ja piirustuksessa, kuten pintojen käsittelyissä, betonin laadussa, eristeissä tai raudoitteiden laadussa.

Molemmat työnjohtajat sanoivat haastattelussa, että ongelmia aiheuttaa se, ettei suunnittelijat käytä yksiselitteisiä suunnitteluohjeiden mukaisia merkintöjä, vaan jokaisella suunnittelijalla on hieman poikkeavia merkintöjä. Suurimmat poikkeavuudet merkinnöissä on sähköjen ja vesivarausten kohdalla. Työnjohtajat sanoivat myös, että nykyisten suunnitteluohjelmien ja niiden käyttöaidon välillä on suuria eroja. Teklalla mallintavat suunnittelijat luottavat siihen, että ohjelma piirtää kuvan oikein, eivätkä välttämät-

tä tarkasta sitä kunnolla. Niissä kuvissa on paljon mittapuutoksia sekä todella räikeitä suunnitteluvirheitä. Autocadilla piirtävät suunnittelijat joutuvat piirtämään jokaisen kuvan itse, niissä kuvissa on usein vähemmän isoja virheitä, mutta mittapuutteita löytyy paljon. Teklalla suunniteltaessa elementtikuva voi sisältää 4-6 sivua, yhdellä sivulla on raudoiteluettelo ja muut selitteet, seuraavalla sivulla 3D kuva, kolmannella sivulla mitakuva, neljännellä sivulla sisäkuoren raudoitus, viidennellä sivulla ulkokuoren raudoitus, ja viimeisellä sivulla sähkökuva. Autocadilla piirrettäessä kaikki on usein samalla sivulla. Suurin osa haastateltavista kertoi pitävänsä Teklalla mallinnetuista kuvista enemmän, sillä ne ovat selkeitä. Kuitenkin vanhemmat työntekijät tekisivät työnsä vielä mieluummin Autocadilla piirrettyjen kuvien pohjalta.

Kohdeyrityksessä työskentelee pääosin Baltian maista tulevia työntekijöitä, jotka eivät äidinkielenään puhu suomea, osa ei ymmärrä suomenkielestä sanaakaan. Elementtikuvissa tekstit kuitenkin ovat suomeksi. Haastateltavilta kysyttiin aiheuttaako kuvissa käytetty suomenkieli haasteita ymmärryksessä. Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että ongelmia ei ole. He sanoivat, että jos on jotain mitä ei ymmärrä he kysyvät joko kaverilta tai työnjohdolta. Haastateltavat olivat sitä mieltä, että kuvat ovat samanlaisia kuin muissakin maissa, sillä kansainväliset piirustusmerkinnät pätee kaikkialla. Tutkimuksen tekijä on kuitenkin useamman kerran huomannut, että työmaalta on tullut reklamaatio ja sen syyksi on paljastunut se, että suomenkielinen teksti on jäänyt kuvasta lukematta.

Viimeisenä kokonaisuutena työntekijöiltä kysyttiin palkkausjärjestelmästä ja sen oikeudenmukaisuudesta. Haastateltavista ne, jotka olivat työskennelleet Eestissä elementtitehtaalla olivat tehneet töitä urakkapalkalla. Kokemukset urakkapalkasta olivat hyvin vaihtelevia, monet eivät tienneet ennen urakan tekoa kuinka paljon he siitä saisivat palkkaa, vaan saivat tiedon vasta kuukauden päätteeksi kun palkka tuli tilille. Yksi haastateltavista oli ollut työnjohtajana tehtaalla, jossa oli urakkapalkkaus, hän sanoi, että kun siellä siirryttiin urakkamuotoiseen palkkaukseen reklamaatioiden määrä nousi räjähdysmäisesti. Haastattelussa kysyttiin olisiko urakkapalkkajärjestelmä oikeudenmukaisempi ja tahtoisiko haastateltava siirtyä urakkamuotoiseen palkkaukseen. Kaikki haastateltavat sanoivat, että voisivat siirtyä jos palkat nousisivat. Kun haastateltavilta kysyttiin oikeudenmukaisuudesta, monet sanoivat, että nyt hallissa osa työntekijöistä tekee helpoja väliseiniä, yhtä kauan kuin toinen työntekijä tekee vaikeaa eristettyä julkisivuelementtiä. Myös tuntien seuranta on osoittanut saman asian. Yksi haastateltava sanoi, että nyt työntekijät keskittyvät tekemään tunteja, eivätkä töitä. Toinen työnjohtajista sanoi haastattelussa, että monet työntekijät mieluummin lyövät viistelistat kiinni vasaralla ja pienillä nauloilla ajan kuluttamiseksi, vaikka he voisivat tehdä saman työn paljon nopeammin käyttämällä naulapyssyä.

Urakkamuotoisen palkkauksen haasteiksi monet sanoivat, että jos he tekevät urakkaa, he eivät halua odottaa betonia, eikä selvittää kuvissa olevia epäselvyyksiä. Jokainen työntekijä oli sitä mieltä, että jos he tekisivät urakkapalkalla töitä, he pystyisivät tekemään enemmän elementtejä. Haastateltavilta kysyttiin myös urakkarajoista, aiheutuisiko on-

gelmia jos raudoittaja tekee osan pilari- ja palkkiraudoituksista, mutta osa joutuisi tekemään ne itse, sillä raudoittajalla ei riitä aika kaikkeen. Tästä ei uskottu aiheutuvan ongelmia.

Haastattelut vahvistivat käsitystä tuotantotilan ongelmista ja hukista kuin mitä löydettiin kameroita tutkimalla. Haastatteleamalla tutkittavaa työtä tekeviä henkilöitä tuotantohallissa esiintyviin ongelmiin ja niiden juurisyihin päästiin paremmin käsiksi.

6. KONSEPTI HUKKIEN ELIMINOIMISELLE

Tässä luvussa esitellään tuotannon virtauttamiseen liittyviä kehitysehdotuksia kohdeyrityksessä. Suurimmille hukkatyypeille esitellään eliminointikeinoja soveltamalla leanin periaatteita. Yritys on keskittynyt hyvin vahvasti resurssitehokkuuteen virtaustehokkuuden sijasta. Resurssitehokas tuotanto johtaa pitkiin läpimenoaikoihin, joka aiheuttaa niin sanottuja toissijaisia tarpeita, kuten välivarastointeja sekä ylimääräistä käsittelyä. Leanin avulla pyritään fokuoittamaan tuotteiden virtaukseen läpi tuotannon. Virtaustehokkaalla tuotannolla pyritään minimoimaan toissijaisia tarpeita.

Luvussa 5 esitetyt tutkimustulokset osoittivat, että kohdeyrityksen elementtien valmistusvaiheessa esiintyy kaikkia lean filosofian mukaisia hukkia, joista merkittävimpiä ovat odotus ja kuljetus. Myös välivarastojen määrät ja epäjärjestys aiheuttavat suuren määrän helposti vältettävää hukkaa. Työvaihehukkaa ei pystytä ikinä täysin poistamaan, sillä aina tapahtuu turhaa liikettä kun tehdään tarkkuutta vaativaa käsityötä.

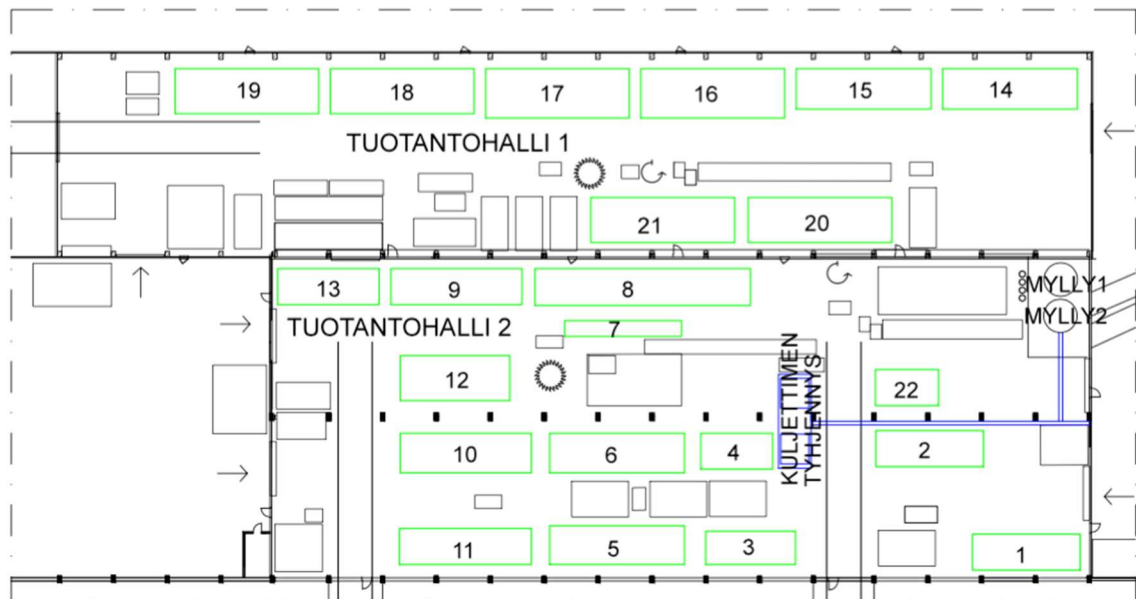
6.1 Odottaminen

Odottaminen muodosti tutkimuksen suurimman hukan. Sitä aiheutui betonin ja laitteiden vapautumisen odottamisesta, sekä yhden tutkittavan elementin kohdalla kahden päivän pituisesta valmistusprosessista. Tavoitteena on löytää keinoja pienentämään erityisesti betonin odottamiseen käytettyä aikaa, sekä saavuttaa jokaisen elementin valmistusprosessille maksimissaan yhden työpäivän pituinen läpimenoaika. Mikäli elementti saadaan iltapäivällä valettua, se alkaa sitoutumaan ja on seuraavana aamuna valmiina nostettavaksi pois muottipöydältä. Aina kun elementtiä joudutaan tekemään kaksi päivää, työvuorojen välissä oleva aika on odottamista. Tämän hukan pois karsiminen muodostuu erityisen tärkeäksi kiireisinä aikoina kun jokaisella muottipöydällä täytyy syntyä uusi elementti päivittäin, jotta tuotteet saadaan työmaalle aikataulun mukaisesti.

Yhtä tutkittavaa elementtiä rakennettiin kaksi työpäivää. Tällöin se varaa muottipöydältä 2 työpäivää ja yöaikana syntyy turhaa odotusta. Käytännössä se, että elementtiä tehdään 2 päivää, aiheutuu muiden hukkien suuresta määrästä, jotka venyttävät prosessin läpimenoaikaa. Tämä odotus on siis poistettavissa muita hukkia eliminoimalla.

Tutkimusten mukaan betonia odotettiin puolesta tunnista tuntiin. Haastatteluissa sanottiin, että odotusaika vaihtelee kymmenestä minuutista jopa kahteen tuntiin. Tehtaalla on nykyisin kaksi betoniasemaa, joista toinen on varajärjestelmä, jolla varmistetaan betonin saatavuus mikäli toinen järjestelmä hajoaa tai sitä huolletaan. Lisäksi toiseen halliin on rakenteilla kuljetin, jonka avulla betoni saadaan siirrettyä myllystä nostoastiaan. Kun

kuljetinjärjestelmä saadaan käyttöön, se tulee hieman nopeuttamaan betonin siirtelyä, joka sitä kautta pienentää odotusaikaa. Kuljetinjärjestelmä tulee rakentaa myös hallin toiseen osioon. Alla olevassa kuvassa esitettynä betonimyllyt, kuljetin ja muottipöydät.



Kuva 32. Tuotantotilojen muottipöydät, betonimyllyt ja kuljetin

Parhaana vaihtoehtona ehdotetaan, että molemmilla myllyillä aletaan tekemään betonia samanaikaisesti. Mikäli molemmat myllyt otetaan käyttöön, on mahdollista tuottaa kaksinkertainen määrä betonia samassa ajassa. Nykyisin betonia saadaan myllyttyä noin 1,5 m³ kerrallaan. Yhden annoksen tekeminen kestää aina noin 7-8 minuuttia vaihtoaikoi- neen. Päivässä betonia tarvitaan noin 80 m³, eli noin 53 myllyllistä. Tämä tekee kokonaisajaksi noin 6-7 tuntia. Betonia tarvitaan yleensä lähes samaan aikaan monella muot- tipöydällä. Mikäli käytettäisiin kahta myllyä, voitaisiin sama betonimäärä tuottaa alle neljässä tunnissa. Nykytilanteessa voidaan arvioida, että betonia odotetaan keskimäärin 30 minuuttia päivässä elementtiä kohden. Päivässä valetaan noin 40 elementtiä, jolloin odotusta syntyy kokonaisuudessaan jopa 20 tuntia päivässä. Kahta myllyä käyttämällä olisi mahdollista vastata kysyntään huomattavasti nopeammin. Nykyisin kuljetus tapah- tuu kuormaajalla, joka kuljettaa betoninostoaastiaa piikeissä. Kahta myllyä käytettäessä kuormaaja ei ehdi kuljettaa betonia yhtä nopeasti kuin betonimyllyt sitä tekevät, joten kahden myllyn käytöstä saavutetaan maksimaalinen hyöty vasta kun kuljetin saadaan toimintaan.

Tuotantohalliin 1 ei ole vielä suunniteltu kuljetinta, joten sinne betoni täytyy edelleen kuljettaa kuormaajalla. Tuotantohalli 2 voitaisiin kuljettaa kokonaisuudessaan kuljetti- mella heti kun se saadaan toimintakuntoon. Tutkimustulosten perusteella ehdotetaan, että ensimmäinen halliin tehdään betonimassa käyttäen myllyä 1 toiseen halliin käyttäen myllyä 2. Jatkossa myös tuotantohalliin 1 tulisi rakentaa kuljetin, joka tyhjennettäisiin muottipöydän numero 21 vasemmalle puolelle. Näin kuormaajan käyttö sisätiloissa vä- henisi murto-osaan nykyisestä, joka helpottaisi tuotantohallissa 1 liikkumista, myös

sisäilman laatu paranisi merkittävästi ja työturvallisuus kasvaisi kun kuormaaja ei ajaisi sisätiloissa.

Ratkaisuksi betonin odottamiseen voitaisiin kehittää järjestelmä, jossa määriteltäisiin jokaiselle elementille valuaika etukäteen ja työntekijä aloittaisi työpäivän sen mukaan, kun uskoo saavansa elementin valukuntoon sovittuna aikana. Ammattimiehet osaavat kuvasta lukemalla arvioida tarvittavan ajan riittävän tarkasti. Tällöin työntekijä tietää milloin täytyy olla valmista ja odotusaika vähenee. Tällainen järjestely edellyttää, että kaikki pysyvät aikataulussa. Haasteeksi muodostuu ongelmat elementtikuvien kanssa. Mikäli kuvassa on epäselvyyksiä, niiden ratkaisu pitää löytyä nopeasti, muutoin elementti ei ehdi valuun oikeaan aikaan, joka puolestaan myöhästyttää kaikkia. Vaihtoehtoisesti, mikäli joku ei ehdi valuun aikataulussa, hän joutuu valamaan elementin päivän päätteeksi.

Tutkimuksen mukaan nostureiden vapautumista ei usein tarvitse odottaa ja mahdolliset odotusajat ovat hyvin lyhyitä, joten nostureiden määrä hallissa on riittävä. Myös toimintavarmuus koettiin hyväksi. Tutkimuksen mukaan sirkkeleiden ja katkaisusahojen käyttö ajoittuu aamuun ja aamupäivälle. Jonotusajat ovat muutamia minuutteja. Haastattelussa kerrottiin, että ensimmäisestä tuotantohallista puuttuu sirkkeli, joka olisi tarkoitettu ainoastaan vinoihin sahauksiin. Haastattelutulosten perusteella ehdotetaan, että halliin hankitaan vinoille sahauksille oma sirkkeli. Tämä vähentäisi odotuksen lisäksi myös kuljetusmatkoja huomattavasti. Muita sahoja ja sirkkeleitä tuotantohallissa on tutkimuksen mukaan riittävästi.

Kouluttamalla työntekijöitä voidaan vähentää sahoilla tapahtuvaa odotusta. Elementin teko on monivaiheinen prosessi, sahausta ei tarvitse ikinä tehdä yhdessä tietyssä vaiheessa, vaan työvaiheita voi aina hieman vaihdella sen mukaan mitä milloinkin pääsee tekemään. Tuntitöitä tekevä työmies voi olla haasteellista saada motivoitua tekemään työnsä mahdollisimman tehokkaasti. Odottamista voitaisiin eliminoida siirtymällä palkkaukseen, joka tapahtuisi suorituksen mukaan. Sen ajatuksena on luoda keskinäistä oikeudenmukaisuutta. Erityisen taitavat ja ahkerat työntekijät voivat ansaita muita enemmän. Suorituspalkkaus asettaa vaatimuksia sekä johdolle, että henkilöstölle. Laatu ei saa laskea suorituspalkkaukseen siirryttäessä. Siirryttäessä tuntimuotoisesta palkkausjärjestelmästä urakkamuotoiseen palkkaukseen työntekijät valmistelisivat odotusaikana jo seuraavan työvaiheen tehtäviä. Tällä hetkellä työntekijöiden potentiaalista on hyödynnetty vain pieni osa.

Tutkittavien elementtien kohdalla elementtikuvat olivat kunnollisia, eikä niissä ollut ristiriitoja tai mittapuutteita. Haastattelussa ilmeni, että useimmilla työntekijöillä on säännöllisesti puutteellisia elementtikuvia. Myös tutkimuksen tekijän omat havainnot tukevat tätä väitettä. Puutteita tai ristiriitoja joudutaan tarkistamaan suunnittelijoilta päivittäin. Jotta kuvapuutosten ratkaisujen odottaminen voidaan poistaa, tulee tuotantoon vietävät elementtikuvat olla täysin yksiselitteisiä ja valmiita. Kuvien laatua on mahdol-

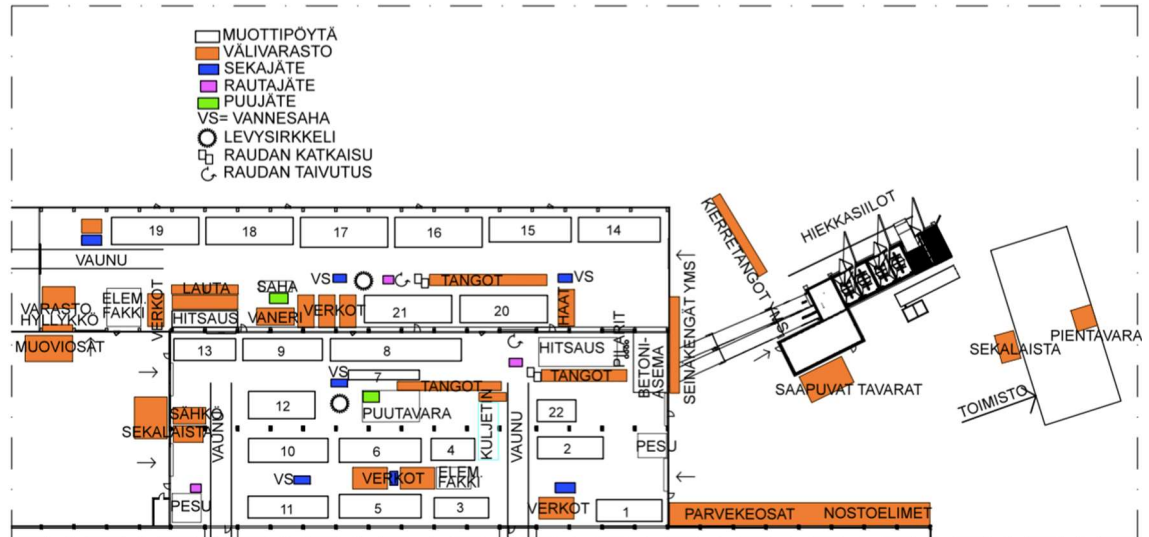
lista parantaa vaatimalla parempaa suunnitelmien tarkistamista suunnittelijalta. Suunnitelmien laatuun on puututtava heti jokaisen projektin alkuvaiheessa, jolloin ylempien kerrosten elementtikuvat ovat vielä piirtämättä. Jokaisesta havaitusta puutoksesta tulee ilmoittaa suunnittelijalle ja vaatia kuvan korjausta. Kuvien huoleellisempi tarkistus tuotannon suunnitteluvaiheessa ja epäselvyyksien selvittäminen ennen tuotantoon menemistä poistaa valmistusvaiheen odotusta. Kohdeyritys on pyrkinyt pitkäaikaisien kumppaneiden kanssa pitämään ennen jokaisen kohteen suunnittelun alkamista yhteisen suunnittelupalaverin, johon osallistuu tilaaja, elementtisuunnittelija, rakennesuunnittelija ja tehtaan edustaja. Tämä tapa on koettu hyväksi ja se on yrityksen johdon mukaan parantanut kohteen kuvien laatua. Tämä tapa tulee laajentaa koskemaan jokaista tulevaa hanketta. Koska jokaisella elementtitehtaalla on erilaiset järjestelmät ja tuotantotilat, jokaisella tehtaalla on omat tavat tehdä asiat ja tehtailla on erilaisia käytäntöjä detaljitasolla saakka. Tämän vuoksi tehtaalle suositeltaisiin luomaan oma detaljikirjasto, joka laitettaisiin kaikkien nähtävälle Internet-sivuille. Detaljikirjastossa olisi ilmoitettuna kaikki tehtaan käytännöt, vaatimukset suunnitelmille ohjeistus mittaviivojen sijoittamiselle sekä yleisimmät rakenneleikkaukset ja liitokset, sekä detaljit. Lisäksi tarvittavat käytännön asiat, kuten elementtien maksimipainot, pituudet ja korkeudet, sekä muut rajoitteet. Kaikki pitäisi olla sekä DWG-, että pdf muodossa ladattavissa. Näin elementtisuunnittelija voisi käyttää tehtaalle tuttuja detaljeja. Detaljipankki olisi hyvä apuväline jo hankkeen neuvotteluvaiheessa, jolloin voitaisiin käydä läpi onko kohteessa mahdollista hyödyntää tehtaan suosimia detaljeja. Tehtaalle tästä olisi suuri etu, sillä se voisi standardisoida detaljeja ja näin laatu ja työn tuottavuuskin paranisi. Tehtaalle tuttuja detaljeja käytettäessä saisi asiakas laadukkaammin tehtyjä yksityiskohtia, sekä mahdollisesti jopa etua hinnoittelussa. Mikäli voidaan käyttää helpompia detaljeja käytetty, työaika lyhenee ja sitä kautta tuotteen hintaa saadaan laskettua.

6.2 Varastointi ja kuljetus

Kuljetus muodosti tutkimuksen mukaan toiseksi suurimman hukan koko elementin valmistusprosessissa. Tutkittavissa elementeissä kuljetus vaati keskimäärin noin yhden tunnin päivän työajasta. Mikäli jokainen elementin tekijä käyttää työpäivästä yhden tunnin tavaroiden kuljetukseen, päivässä kaikki työntekijät yhteenlaskettuna käyttävät kuljetukseen peräti 40 tuntia työaikaan yhden työpäivän aikana. Ylimääräiset kuljetukset aiheutuvat usein varastoinnista, jos on paljon välivarastoja, on myös paljon kuljetuksia. Kohdeyrityksen haasteita varastoinnissa ja kuljetuksessa ovat:

- Jokainen elementti yksilöllinen
- Suuret ja painavat materiaalit
- Pitkät kuljetusmatkat
- Ahtaat käytävät
- Suuret välivarastot
- Varastoja useissa paikoissa

- Materiaalien suuri määrä
- Materiaalien menekin suuri vaihtelu
- Paljon erilaisia tarpeen mukaan tilattavia erikoisosia
- Varastojärjestyksen ylläpito.



Kuva 33. Tuotantotilat ja materiaalivarastot

Yllä olevaan kuvaan on piirrettyä tehtaan tuotantotilat, kuvasta on poistettu elementti-varastot. Pohjassa on piirrettyä ja numeroituna muottipöydät, joita on yhteensä 22 kappaletta. Oranssilla on piirretty paikat, joihin tällä hetkellä välivarastoidaan materiaaleja ja osia. Kuten nähdään oranssia on kuvassa suhteellisen paljon. Varastoissa on paljon tavaraa, joka voi olla paikallaan useitakin kuukausia ennen käyttöä. Varastoihin on usein tilattu kerralla isompi määrä tavaraa, koska rahdit muodostavat huomattavan osuuden materiaalien kustannuksista. Varastoissa on myös pidetty aina pieni määrä ylimääräisiä tuotteita, sillä on havaittu, että osa tilatuista osista häviää johonkin ennen tarvetta. Tavallisesti suurten erien kerralla hankinta saadaan neuvoteltua edullisemmaksi kuin pienten kertaostojen kanssa. Varmuusvarastot turvaavat epävarmuudelta, sekä antavat joustoa äkillisesti muuttuviin tilanteisiin. Tehtaalla tulee usein tilanteita, jolloin suunnitelmat ovat myöhässä ja työmaa tarvitsisi jo elementtejä, tällöin suunnitelmat saadaan heti tuotantoon, eikä tavaroita tarvitse odottaa ensin tehtaalle saapuviksi. Työmailla arvostetaan elementtitehtaan joustavuutta tiukassakin paikassa, joten toisaalta tehtaan varmuusvarasto luo myös lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta.

Saapuvat tavarat puretaan normaalisti toimiston ja tuotantohallin väliin jäävälle alueelle, johon osa tavaroista jää pidemmäksi aikaa, osa siirretään heti omiin välivarastoihinsa. Kaikille tavaroille ei ole omaa merkittyä paikkaansa. Monille vakio-osille ja materiaaleille on omat varastohyllynsä, mutta joillekin on vain vakiintunut omat varastopaikkansa. Erikoisosille ei yleensä ole mitään selvää paikkaa, vaan ne jäävät usein saapuvien

tavaroiden pisteeseen tai vaihtoehtoisesti ne viedään ”johonkin”. Eurokoodeihin siirtyminen sekä arkkitehtuurin monimuotoistuminen ovat aiheuttaneet erilaisten raudoitus-
tarvikkeiden määrien lisääntymisen. Lisäksi raudoiteosien koot ovat kasvaneet. Myös
eristetyypit, sekä käytettävien eristepaksuuksien määrät ovat lisääntyneet. Elementti-
suunnittelijat helposti sijoittavat elementteihin turhan suuren kapasiteetin omaavia osia
varmuuden vuoksi ja sen takia, että ne kopioituu muista elementeistä. Tämä nostaa tur-
haan kustannuksia.

Tällä hetkellä yrityksen varastonhallinta toteutetaan varastoinventaariolla, joka tehdään
kerran viikossa. Tilattavat materiaalit kerätään tietokonejärjestelmästä, johon tarvitta-
vien materiaalien määrät on syötetty elementtikuvien mukaisesti. Vaikka varastoja on
suuri määrä, niiden riittävyys tuntuu olevan usein ongelma ja varastoalueet laajenevat
vuosi vuodelta laajemmalle, joka tarkoittaa, että kuljetusmatkat kasvavat.

Lean filosofian mukaan varastot ovat turhia ja ne ovat hukkaa. Jos toimittaisiin JIT (just
in time) tuotannon mukaan, kaikki tarvikkeet tulisivat täsmätoimituksina suoraan tarvit-
tavalle paikalle. Tämä säästäisi kuluissa ja mahdollistaisi oikean tekemisen oikeaan ai-
kaan, käytännössä se on kuitenkin mahdoton ajatus, etenkin elementtitehtaalla, jossa
tarvitaan satoja materiaaleja päivittäin. Tämän vuoksi kohdeyritykselle kehitetään kei-
noja, joilla olisi mahdollista vähentää varastojen määrää, sekä kehittää niiden hallintaa
ja seuranta.

Elementtikuvat tulevat tehtaalle pääsääntöisesti noin 6 viikkoa ennen elementtien toimi-
tuksia. Kuvat saadaan tarkastettua ja osat tilattua noin viikon aikana kuvien saapumisen
jälkeen. Osien toimitus kestää normaalisti alle viikon, erikoisosat voivat vaatia joskus
jopa kuukauden toimitusajan. Usein tilauksien tekemistä odotetaan muutamia päiviä jos
tiedetään, että pian on tulossa uusi sarja kuvia, joissa on samasta paikasta tilattavia osia.

Varastojen pienentämiseksi ehdotetaan, että yrityksessä siirryttäisiin tilaamaan toimi-
tuksia enemmän täsmätoimituksina, jolloin varaston kiertonopeus pienenesi reilusti. Tä-
tä varten olisi syytä käydä toimittajien kanssa neuvotteluja kuljetusehdoista ja pyrkiä
saamaan rahtivapaus mahdollisimman moniin materiaaleihin.

Toisena toimenpiteenä ehdotetaan, että varastot tutkitaan huolellisesti läpi ja kaikki ma-
teriaalit, jotka ovat olleet varastossa useita kuukausia tai vuosia, eikä niille ole tiedossa
käyttöä poistetaan varastosta. Samanlaiset tuotteet kerätään samoille lavoille ja vajaat
lavalliset yhdistetään täysiksi. Lisäksi poistetaan kaikki rikkiäiset ja pilalle menneet
materiaalit.

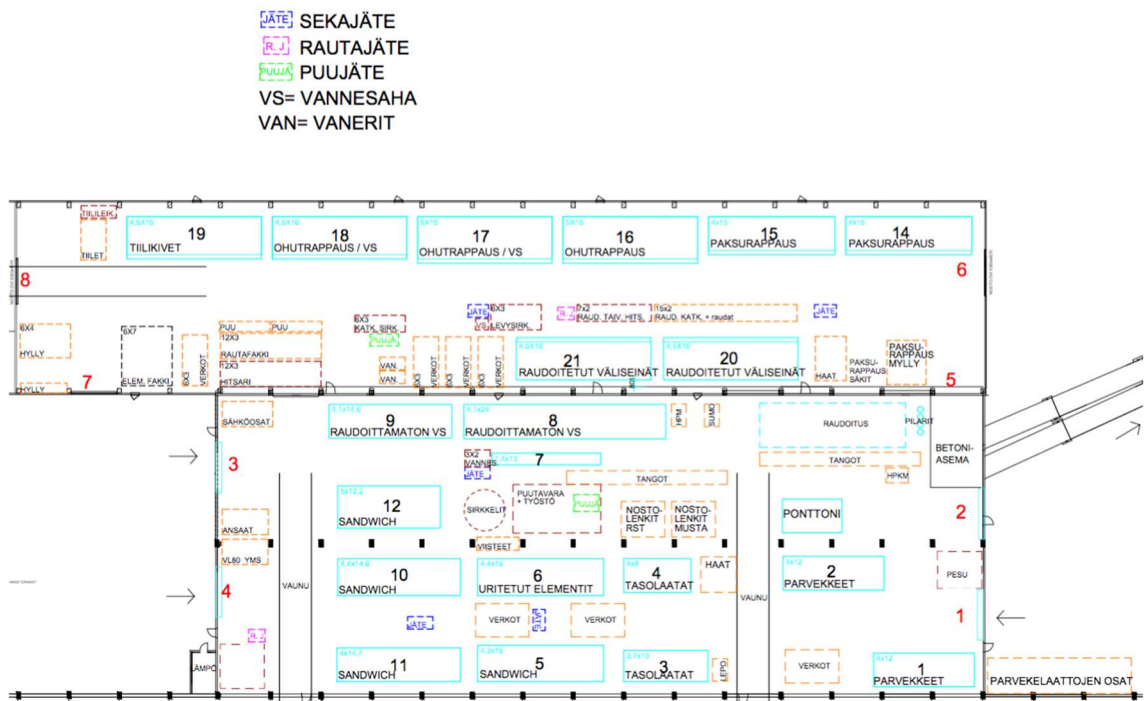
Kun tavara vastaanotetaan tehtaalle, pitäisi suorittaa vastaanottotarkastus, jossa tarkiste-
taan, että tavarat on sitä mitä on tilattu. Samalla tarkistetaan mahdolliset kuljetusvauriot.
Puutteista reklamoidaan toimittajaa. Nykyisin tavarat puretaan saapuvien tavaroiden
paikalle ja kuormakirja otetaan talteen koneen hyttiin, mutta kuorman vastaanottaja ei
tiedä mitä on tilattu, eikä näin ollen pysty tarkistamaan sisällön täsmävyyyttä. Kuorma-

kirjat viedään toimistolle arkistoitaviksi 2-3 kertaa viikossa. Varaston hallinnan kehittämiseksi tulisi luoda sähköinen järjestelmä, johon merkataan mitä on tilattu ja kuinka paljon. Lisäksi järjestelmään merkattaisiin arvioitu toimituspäivä. Kun tavara saapuu, varastomies purkaa, tarkastaa ja kuittaa tavarat vastaanotetuiksi järjestelmään. Tätä varten kuskille hankittaisiin tablet tietokone, joka on Internetin välityksellä yhteydessä varastosovellukseen. Tätä voisi kehittää vielä siten, että tuotantotiloihin sijoitettaisiin muutama tablet tietokone, jolla voi selata varastotilannetta, sekä etsiä tavaraa varastosta. Tuotetta painamalla tietokone näyttäisi hallin pohjakuvan ja tavarain sijainnin. Tämä edellyttäisi, että varastomies tallentaisi järjestelmään paikan, johon tavarat on sijoitettu. Tuotannonohjausjärjestelmä osaa kertoa mitä tuotteita milloinkin tarvitaan, joten varastoarvoja voidaan seurata sähköisesti.

Tällä hetkellä vain osalle tavaroista on nimetyt paikat, jotta varastoa voidaan paremmin hallita, tulee jokaiselle tavaralle kehittää oma nimetty paikkansa. Myös varastointijärjestelmissä ja hyllyissä on kehitettävää. Tällä hetkellä maassa säilytetään paljon kuormalavoja. Hallissa on korkeuden puolesta paljon tilaa, joten varastointitilaa voisi kasvattaa myös ylöspäin. Ongelmana varastoja ylöspäin kasvatettaessa on se, että yhteen elementtiin tarvitaan usein yksi varuste sieltä, toinen täältä ja varusteet ovat usein kohtuullisen painavia. Mikäli varastohyllyn lähettyvillä olisi trukki, saataisiin tarvikkeet alas helpohkosti. Tätä varten pitäisi kuitenkin olla erillinen varastomies, joka hankkisi pyynnöstä tavarat ja lopuksi nostaisi lavan takaisin paikalleen. Mikäli tällainen varastomies palkattaisiin, hän voisi kerätä kullekin työntekijälle kaikki hänen tarvitsemansa osat vaunuun, joka viedään muottipöydän lähelle, näin elementin tekijän turha liikkuminen vähenisi merkittävästi.

Mikäli erillistä varastointimiestä ei haluta hankkia, varastohyllyn käyttämisestä voitaisiin sujuvoittaa rakentamalla käveltävä kulkureitti myös ylemmille tasoille. Kulkureitin tulee olla turvallinen ja riittävän leveä, jotta sitä pääsee kulkemaan isojen ja painavien tavaroiden kanssa. Tähän tarkoitukseen soveltuisi parhaiten sähköllä toimiva kuljetushissi, johon voisi lastata tarvittavat tavarat ja kuljettaa ne hissillä alas. Toinen vaihtoehto olisi riittävän leveät ja loivat portaat tai kävelysilta. Hissi vaatii huoltoa ja sille pitäisi olla varajärjestelmä huollon ja rikkoontumisen varalle. Kalleimpana vaihtoehtona olisi varastoautomaatti, joka automaattisesti hakisi lavan, jossa tarvittu osa sijaitsee. Tämä poistaisi ylimääräisen liikkumisen, mutta todennäköisesti olisi hieman hitaampi vaihtoehto. Toisaalta tällaisen avulla olisi mahdollista saada varasto mahtumaan hyvinkin pienen tilaan, joka mahdollistaisi lisätilan luomisen työn tekemiselle. Lisäksi tämä auttaisi varaston hallinnassa, sillä kone voisi olla yhteydessä tuotannonohjausjärjestelmään ja sen voisi ohjelmoida tekemään tuotantojärjestelmään ilmoituksen jos jotakin tuotetta on haettu enemmän kuin mitä sille päivälle on suunniteltu. Koneeseen voisi mahdollisesti ohjelmoida järjestelmän, johon syötetään tehtävän elementin tunnus ja varastojärjestelmä sen perusteella osaisi tuoda kaikki oikeat lavat osien ottamista varten. Työntekijän tehtäväksi jäisi vain ottaa oikea määrä tarvikkeita kultakin lavalta.

Tuotantotiloissa on tällä hetkellä käytössä 1 pesupaikka, jossa voidaan viimeistellä pesupintaisia elementtejä. Tämän vuoksi 2 pesupaikan lähintä muottipöytää on tarkoitettu parvekelaattojen tekemiseen. Parvekelaattojen yläpuolelle jäävä pinta halutaan yleensä jäävän pestyksi ulkonäöllisistä syistä, sekä liukkauden estämiseksi. Muihin elementtityyppeihin ei normaalisti tehdä pesupintoja. Muilla muottipöydillä tehdään kaikentyyppisiä elementtejä. Järjestelmällä tuotantohalli siten, että osassa hallia tehdään vain julkisivuelementtejä, toisaalla väliseiniä ja jossain kohdin tasolaattoja voitaisiin järjestää varastossa olevat tuotteet mahdollisimman lähelle tarvittavaa pistettä. Monet tuotteet, joita tarvitaan julkisivuelementeissä ovat samoja kuin väliseinissä ja tasolaatoissa, mutta monet tarvikkeet ovat sellaisia, joita käytetään vain tietyissä elementtityypeissä. Alla olevassa kuvassa hahmoteltuna ehdotelma uudesta mahdollisesta järjestelystä.



Kuva 34. Ehdotus tuotantotilojen uudelleenjärjestämiseksi

Tuotantohallin uudelleen järjestäminen yllä esitetyn kuvan mukaisesti mahdollistaisi välivarastojen vähentämisen, sekä kuljetusmatkojen lyhenemisen järkevämmällä materiaalien sijoittamisella. Kun tietyissä paikoissa keskitytään tiettyihin tuotteisiin, järjestetään kaikki niissä tarvittavat tuotteet niiden muottipöytien lähelle. Esimerkiksi kaikki sandwich elementeissä käytettävät tarvikkeet sijoitetaan lähelle muottipöytiä, jotka on suunniteltu sandwich elementtien tekoon. Tällä tavalla toimittaessa kuljetusmatkoja voidaan monissa tarvikkeissa jopa puolittaa.

Leanin yksi työkaluista on 5S, jolla tarkoitetaan siisteyden ja järjestyksen kehittämistä. Yllä jo mainittiin, että varastoista karsitaan turhat tuotteet pois ja huolehditaan varaston ylläpidosta ja siisteydestä. Tätä samaa tulee soveltaa kaikkialle tuotantotiloihin. Alla

olevassa kuvassa näkyy hallin käytävä, joka tulisi olla vapaa kaikesta ylimääräisestä. Nyt tilanne on kuitenkin lähes päinvastainen.

Tuotantotiloissa on useita lavoja sekajätteelle, puujätteelle ja rautajätteelle, mutta silti usein jätteet tippuvat maahan siinä kohtaa missä jäte syntyy. Jätelavat täyttyvät yleensä yhden työvuoron aikana, jätelavat tyhjennetään kun ne ovat täysiä. Usein jätelavat ovat puolillaan, mutta niiden ympärillä on reilusti jätettä. Vaikeimpia paikkoja ovat vanne-sahojen ympäristöt, joissa sahataan eristeitä. Jätettä syntyy paljon, sekä isoja palasia, että aivan pientä silppua. Vaikka roskalavat on sijoitettu aivan vannesahan viereen, suurin osa jätteestä menee roskalavan viereen maahan. Vannesahan terän taakse suositellaan rakennettavan pöytämäinen alusta, josta jätteet on helpompi työntää roskalavalle. Roskalava sijoitetaan siten, että sen reuna jää pöytätason alapuolelle. Työntekijöitä tulee ohjeistaa roskalavojen käytöstä ja motivoida työntekijöitä siisteyteen. Motivointi voi olla rahallinen bonus jos työntekijän on havaittu huolehtineen siisteydestä keskivertoa paremmin.

Tutkimus osoitti, että myös työvälineiden hakemiseen ja etsimiseen käytetään päivässä huomattava määrä aikaa. 5S on keino myös tämän hukan pienentämiseen. Työntekijät kokivat, että heillä on riittävät henkilökohtaiset työkalut, mutta hallissa on joitakin yhteisiä työvälineitä liian vähän ja niitä joutuu etsimään. Ehdotetaan, että aina kahdelle muottipöydälle järjestetään yhteinen työkalupiste, johon järjestetään tarpeelliset tarvikkeet. Lisäksi jokaiselle työntekijälle hankitaan oma lukollinen kaappi, johon voi yöksi laittaa henkilökohtaiset tarvikkeet. Työkalupisteeseen sijoitetaan tarvikkeita, joita ei normaalisti tarvita pitkiä aikoja kerrallaan, eikä samaan aikaan useammalla muottipöydällä. Tutkimuksen mukaan tällaisia tavaroita olisivat vähintään seuraavat:

- Tärysauva ja sen taajuusmuuttaja
- Paineistettava öljynsumutuspullo
- Pistosaha
- Naulapyssy
- Ilmanpaineella toimiva betonihierin
- Siivousvälineet.

Tarvikkeille määritellään selkeästi omat paikkansa, joten jos jokin puuttuu se on helppo huomata. Tarvikkeiden johtoihin liitetään laput, joihin merkataan mille muottipöydille kone on tarkoitettu. Lappuun tulee merkitä lisäksi käyttöönottopäivämäärä.

Haastattelut osoittivat, että hallissa on rikkiäisiä koneita. Tuotantotiloihin lisätään yksi lava, johon työntekijät tuovat rikkiäiset koneet ja laitteet heti kun vika havaitaan. Lava sijoitetaan tuotantotiloihin, eikä toimistolle, sillä kävelymatkan halutaan olevan mahdollisimman pieni, jotta jokainen työntekijä on motivoituneempi kantamaan rikkiäiset

koneet niille tarkoitettuun paikkaan. Laitteeseen liitetään lappu, jossa lukee arvioitu vika, päivämäärä, jolloin kone on hajonnut ja missä paikassa työkalu on ollut käytössä. Työnjohto tarkistaa lavan päivittäin ja korjattavat laitteet siirretään odottamaan huoltoa. Korjauskelvottomat siirretään jätteidenkäsittelyyn. Uusiin koneisiin merkataan tulevaisuudessa päivämäärä, jolloin kone on otettu käyttöön, jotta voidaan seurata koneiden kestävyyttä ja arvioida takuuajkojen voimassaoloa.

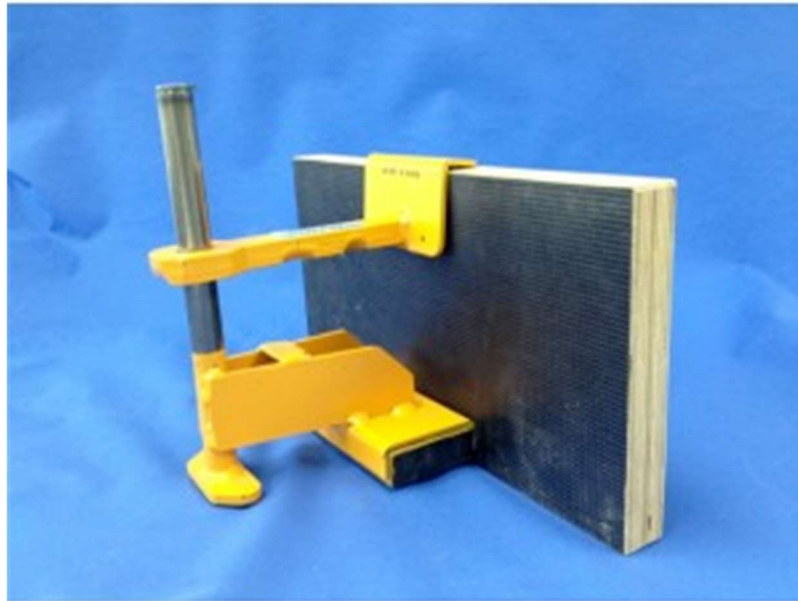
6.3 Tuottamattomat toiminnot

Tuottamattomat toiminnot muodostivat lähes yhtä paljon hukkaa kuin odottaminen tai kuljettaminen. Tuottamattomiksi toiminnoiksi lasketaan kaikki tehty työ joka ei varsinaisesti jalosta lopputuotetta, mutta on lopputuloksen kannalta välttämätöntä.

Muottilaitojen tekeminen on lopputulosta tarkasteltaessa turha toiminto, mutta ilman niitä elementin valaminen ei onnistu. Nykytilassa muottilaidat tehdään vanerista ja tukipuista. Yhden laidan rakentamiseen kuluu aikaa puolesta tunnista tuntiin, samalla laidalla voidaan tehdä noin 10 valua mikäli laitaan ei tarvitse tehdä isoja määriä reikiä, jotka haittaavat seuraavaa valukertaa. Myös ovi- ja ikkuna-aukkojen rakentamiseen kuluu aikaa noin 1 tunti. Erityisen kalliiksi tulevat erikoisen kokoiset aukot, joita käytetään vain yhdessä aukossa. Haastattelussa useampi työntekijä oli ollut työtehtävissä tehtaalla, jossa on ollut kirvesmiehet, jotka tekevät valmiiksi laidat ja aukot kaikille elementeille. Haastateltavat työntekijät tekevät mieluummin itse myös laidat ja aukot, sillä he pitävät työn monipuolisuudesta. Mikäli laidat ja aukot tehtäisiin valmiiksi, tulisi yksi välivarasto lisää. Laidat ja aukot vaativat ison varastointitilan niiden koosta johtuen. Tämä kuitenkin lyhentäisi muottipöydällä varattua aikaa. Lisäksi kun sama työntekijä tekisi kaikki aukot, olisivat ne mittatarkkoja, sekä samoilla päästöillä tehtyjä.

Ehdotetaan, että kohdeyrityksessä kokeiltaisiin aukkojen tekemistä valmiiksi. Aukot sijoitettaisiin valmistumisen jälkeen pystyyn vierekkäin ja niihin kirjoitettaisiin isolla aukon mitat, jotta tekijä helposti löytää omansa. Puuseppä kiinnittäisi aukkoon myös mahdolliset viisteet.

Laitamateriaalina, sekä vakiokokoisissa oviaukoissa tulisi käyttää paksua vaneria, jotta ne kestäisivät mahdollisimman monta valua. Mikäli käytetään riittävän paksua vaneria, laitojen tukipuiden tarve vähenee. Tukipuiden tarve poistuu kokonaan mikäli siirryttäisiin käyttämään kokonaisuudessaan alla olevan kuvan mukaisia muottilaitoja sekä paksumpaa vaneria.



Kuva 35. Laitamagneetti, jonka käyttöönottoa ehdotetaan



Kuva 36. Tällä hetkellä käytössä oleva laitamagneettimalli

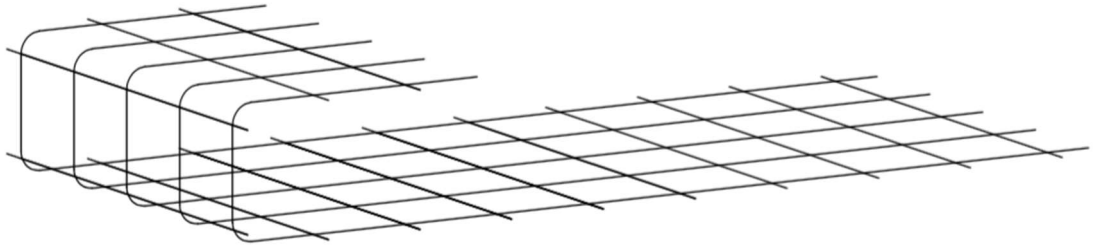
Yllä olevassa kuvassa 36 esitettynä laitamagneettimalli, jota tehdas nykyisellään käyttää. Sen kiinnittäminen vaatii muotin laitojen vahvistamista laudalla. Kuvassa 35 esitetyn ehdotetun magneetin kanssa lautavahvikkeita ei tarvita. Kuvan 35 mukaisen laitamagneetin kanssa käytettäväksi suositellaan 32 mm paksua vaneria, jotta muotin laidat eivät pääse taipumaan. Paksun vanerin käyttö lisää laitojen ja aukkojen painoa, joka hankaloittaa niiden liikuttamista. Siirtymällä kuvan 35 mukaisten magneettien käyttöön voitaisiin vähentää vuodessa käytettävän vanerin määrää jopa puolella. Samalla poistui-

si tukipuiden käyttö, joten käytettävän laudan määrä olisi vain murto-osa nykyisestä. Myös laita kohti tehtävän työn määrä vähenisi merkittävästi, joten läpimenoaika pieneni.

Tuotannon ohjauksella voidaan merkittävästi vaikuttaa hukan syntymiseen. Koko elementtituotanto perustuu siihen, että elementtitehtaan täytyy päästä tekemään elementtejä sarjana alakerroksista ylös saakka. Tällöin samoja muotteja voidaan käyttää monena päivänä peräkkäin. Standardisoinnin maksimoimiseksi tuotannonjohdon tulisi tarkkaan suunnitella tehtävät elementit ja hyödyntää samanlaisien elementtien laitoja.

Tutkimuksessa havaittiin, että sähkö-osien valmisteluun käytettiin paljon aikaa. Muottipintaan kojerasiat on helppo kiinnittää magneetilla, hiertopintaan kiinnittäminen aiheuttaa enemmän ongelmia. Hiertopintaan rasiat voidaan kiinnittää käyttäen puisia ylityksiä, joihin rasiat kiinnitetään. Tehtaalla yleisin tapa on kuitenkin magneettiin asennettava koroke, johon sähkörasia kiinnitetään. Tämä tapa on huomattavasti nopeampi ja lopputuloksena siistimpi. Kaikkien työntekijöiden tulisi alkaa käyttää korotuspala ja magneettia myös hiertopinnan varauksille. Sähköputkia sahattiin normaaleilla käsisahoilla tai käytiin katkaisemassa vannesahalla. Putkia joudutaan katkaisemaan usein isojakimääriä, joten sähköputkien katkaisupihtien hankkimista jokaiselle muottimiehelle suositellaan. Muoviputken taivutusjousten käyttö vähentäisi liitosten määrää, joka vaikuttaisi suoraan tukosten määrään. Tehtaalle suositellaan hankittavaksi taivutusjousia. Työntekijät tulee aina muistaa perehdyttää huolellisesti uusien tapojen ja työvälineiden käyttöön, jotta muutokset tapahtuu tehokkaasti ja turvallisesti.

Verkkojen jatkaminen on turhaa työtä, mikäli verkot olisivat oikean mittaisia, ei jatkamisia tai leikkaamisia tarvitsisi tehdä. Nykytilassa lähes jokaista käytettävää verkkoa joudutaan leikkaamaan. Verkot leikataan paineilmasaksilla. Mikäli halutaan minimoida verkoista jäävää hukkaa, joudutaan verkkoja yleensä myös jatkamaan. Jatkokset tehdään siten, että 2 verkonsilmää on aina päällekkäin ja joka toisesta silmästä liitetään verkot rautalangalla toisiinsa kiinni. Markkinoilta on mahdollista tilata kilpailukykyiseen hintaan valmiiksi oikeaan kokoon leikattuja verkkoja. Tämä olisi hyödyllistä erityisesti raskaasti raudoitetuissa elementeissä, kuten massiivi- ja parvekelaatoissa, joissa on kaksi paksua verkkoa. Kaikkiin elementteihin ei kannata ottaa valmiiksi leikattuja verkkoja, sillä niiden järjestely ja varastointi vaatisivat paljon tilaa ja resursseja. Ehdotetaan, että tehtaalla kokeiltaisiin tilata johonkin erään laattoja valmiiksi leikatut verkot. Usein kerrostaloissa kaikki parvekkeet ja käytävät ovat saman levyisiä kellarista ylös saakka. Laattaraidoiteisiin voisi tilata myös jo valmiiksi J-muotoon taivutettuja verkkoja, kuten seuraavassa kuvassa.



Kuva 37. Ehdotus tilattavista verkkoraidoiteista

Yllä olevan kuvan 37 mukaiset verkkoraidoitteet helpottaisivat raudoitustyötä merkittävästi. Asentamalla yläpinnan raudoiteverkon toisin päin yllä esitetyn verkon päälle, muodostuu hakaset kahdelle sivulle ja raudoitustyö vähenee huomattavasti.

Tutkimuksessa hakasten kiinnittäminen laskettiin arvoa tuottavaksi toiminnoksi sillä se jalostaa tuotetta, siihen käytettiin huomattava määrä aikaa ja myös jalostavan työn osuutta voidaan pienentää kehittämällä prosessia nopeammaksi. Normaalisti raudoiteverkoista jää aina hukkaa, tällä hetkellä kun mitään verkkoja ei tilata määrämittäisenä hukkaa syntyy päivittäin satoja kiloja. Verkkotaivuttimen avulla nämä hukkapätkät voitaisiin hyödyntää pienissä laatoissa ja väliseinissä hakasten sijaan.

Robottiikan kehittyessä myös automaattiset raudoittamot tulevat yleistymään. Tällöin valmis raudoitehäkki voitaisiin tehdä koneellisesti valmiiksi ja sijoittaa valmiiksi tehtyyn muottiin. Tällöin muotilla tehtävä raudoitetyö vähenisi murto-osaan nykyisestä ja tuotteen virtausnopeus paranisi merkittävästi. Haasteena valmiissa raudoitteissa tulisi olemaan lisävarastoinnin tarve, sillä valmiit raudoitteet pitäisi varastoida jossakin. Myös ylimääräisiä siirtoja ja kuljetuksia tulisi lisää. Mikäli raudoittamo saataisiin tehtaan yhteyteen, voitaisiin välivarastointi saada järkeväksi ja siirtelyiden määrä minimoitua.

6.4 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Betonielementtien tekeminen on käsityötä aidoimmillaan. Työn vaihtelevuuden ja monimuotoisuuden vuoksi tuotannon koneistaminen ja käsillä tehtävän työn vähentäminen vaatii suuria investointeja ja muutoksia nykyiseen tuotantolinjastoon. Nykyisellä teknologialla ei vielä ole mahdollista tulostaa elementtejä, mutta robottiteknologia kehittyy kovaa vauhtia. Tulevaisuudessa yksinkertaisille elementeille voitaneen kehittää robotti joka ihmisen avustuksella sijoittaa osat paikalleen ja valaa elementin.

Kohdeyrityksen nykyisiin toimintamalleihin voidaan helposti luoda lisää tehokkuutta pienillä muutoksilla, jotka helpottavat jokapäiväistä työtä. Muutoksen johtaminen on tärkeä osa kaikissa kehitystoimenpiteissä. Uusien prosessien tai toimintamallien käyttöönotto tulee suunnitella huolellisesti jotta vältetään suurimmat ongelmat.

Suurimmat hyödyt työn tuottavuuden kasvattamiseen uskotaan saavutettavan siirtymällä työsuorituksen mukaiseen palkkaukseen. Suurin haaste urakkatyössä on työn sekä suunnitelmien laadun varmistaminen. Kohdeyrityksen on suotavaa kehittää detaljikirjastoa ja panostaa suunnitelmien tarkastamiseen. Oman suunnittelupalvelun tarjoaminen voisi lisätä tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta, sekä sitä kautta tehdas voisi itse vaikuttaa suunnitelmien laatuun.

Tehtaan materiaalien käytössä havaittiin huomattava määrä hukkaa, josta kertoo suuri määrä jätettäkin. Tehtaan tulisi tutkia materiaalien hukkaprosentteja ja pohtia keinoja materiaalihukan pienentämiselle. Esimerkiksi eristeet ovat arvokkaita ja työntekijät käyttävät usein mielellään kokonaisia levyjä, eivätkä optimoi eristeiden käyttöä. Eristeiden käytön optimointi tulisi mahdollisesti suunnitella jo elementtikuvan yhteyteen.

Kohdeyrityksen suositellaan kehittävän tuotannonohjausta ja tuotannonohjausjärjestelmää vielä enemmän standardisointia suosivaksi. Standardisoinnin avulla voisi olla mahdollista saavuttaa nopeampia läpimenoaikoja, sekä parempaa laatua pienemmillä resursseilla.

Tutkimustulokset osoittivat hukkaa olevan niin paljon, että tuotantoa kehittämällä olisi mahdollista valmistaa keskiverto elementti alle kuudessa tunnissa. Kun muotipurkulujuus saavutetaan arviolta 7-10 tunnin välillä, voitaisiin heti aloittaa uuden elementin teko. Nykyinen kapasiteetti voisi tällöin nousta 130%-170%. Tämä edellyttäisi työvuorojen muuttamista nykyisestä yhdestä työvuorosta useampaan vuoroon. Jotta tiedetään tarkasti milloin muotipurkulujuus on saavutettu, tulisi tehtaan suorittaa tarkempia tutkimuksia betonin lujuuden kehityksestä. Mahdollisesti jopa mitata jokaisen elementin lujuudenkehitystä erikseen.

7. POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa merkittävimmät arvoa tuottamattomat toiminnot elementin valmistusprosessissa, sekä tarjota ratkaisuja tuotannon kehittämiseksi tehokkaammaksi poistamalla hukkaa. Arvoa tuottamattomia toimintoja löydettiin paljon ja niistä merkittävimpiin etsittiin mahdollisia ratkaisuja. Tutkimus koettiin hyödylliseksi ja siitä saatiin paljon uusia toimintatapoja jotka aiotaan ottaa tehtaalla käyttöön. Tutkijan arvion mukaan leanin periaatteet soveltuvat kohdeyrityksen tarpeisiin erinomaisesti. Toimiessaan ehdotetuilla tavoilla yrityksen tuotantoprosessiin on mahdollista saada huomattavasti lisää tuottavuutta.

Tutkittavien elementtien otanta oli päivässä valmistettavien elementtien määrään nähden hyvin pieni. Tarkempi tutkimustulos olisi saavutettu ottamalla isompi otanta. Tällöin olisi mahdollisesti löydetty myös lisää hukkaa. Tutkimuksen työn mittaamisessa vaihe aikana käytettiin minuuttia, joten kaikkea pientä turhaa tekemistä ja pieniä viiveitä jäi havainnoimatta tutkimustuloksissa. Pienistäkin hukista muodostuu helposti merkittävä hukatekijä jos hukkaa tapahtuu usein ja monella työntekijällä. Epäilemättä suurimmat hukan lajit kuitenkin löydettiin tutkimuksessa käytetyillä metodeilla.

Yrityksen on helppo ottaa käyttöön yksittäisiä lean periaatteita ja saada niistä hyötyä toiminnassaan. Kokonaisvaltainen lean filosofian käyttöönotto vaatii kuitenkin suurta muutosta koko työpaikan kulttuurissa. Oleellisimmat asiat lean filosofiassa ovat jatkuva parantaminen, ihmisten todellinen yhteistyö, asiakkaan arvontuoton maksimoiminen sekä hukan minimointi. Leanissa pyritään optimoimaan koko prosessia, eikä vain yhtä osaa siitä. Pelkkä lean työkalujen käyttäminen ei tee yrityksestä lean yritystä.

Kuitenkin tärkeintä on, että yritys löytää itselleen sopivan ja toimivan toimintamallin. Ei ole tarpeellista noudattaa vain yhtä ja tiettyä toimintatapaa. Tärkeintä on tunnistaa omat vahvuudet ja kehityskohdat, joiden valossa kehittää organisaatiota vahvemaksi ja tuottavammaksi. Tutkimuksen tekijä uskoo, että suomalainen maalaisjärki ja sisu ovat kohdeyritysten kaltaisten pienten ja keskisuurten yritysten parhaita valttikortteja.

LÄHTEET

K.Tuominen , Tehoa ja laatua hukan vähentämiseen, Readme, 2010, 118 s.

J. P.Womack, D.T. Jones, D.Roos, The Machine That Changed The World, Free Press, 1990, 339 s.

I. Kouri, Lean taskukirja, 2009, Teknologiateollisuus ry, 38 s.

K.Tuominen, Lean Käytännössä, Readme, 2010, 303 s.

J.P. Womack, D.T. Jones, Lean Thinking, Simon Schuster Ltd, 1996, 400 s.

N. Mådig, P. Åhlström, Tätä on lean, Rheologica, 2016, 167 s.

L. Merikallio, H. Haapasalo, Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla, Rakennusteollisuus, 2009, 41 s.

J. Hannus, Prosessijohtaminen, Logiga, 2003, 368 s.

Merikallio, Rakentajan kalenteri 2011, Rakennustieto Oy, 2010, 700 s.

B. Karlöf, H. Levingsson, Johtamisen näkökulmat – Peruskäsitteitä ja – malleja, Edita Publishing oy, 2004, 382 s.

W. Hopp, M. Spearman, Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management, McGraw-Hill Higher Education, 2004, 698 s.

Elementtirakentamisen historia viitattu 12.9.2018, Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>

A. Paavola, O.Hämäläinen, K.Kaskiari, J.Kauko, H.Mäkinen, T.Venho, I. Vänskä, A. Suikka, Betonivalmisosatoimitusten toimintamalli, Betoniteollisuus ry, 2012, 16s

A. Kronlöf, H. Aapro, M. Leivo, P. Oja, A. Suikka, J. Luhanka, Betonijulkisivujen materiaali- ja valmistustekniikka, Rakennusteollisuus RTT ry, 1998, 96 s

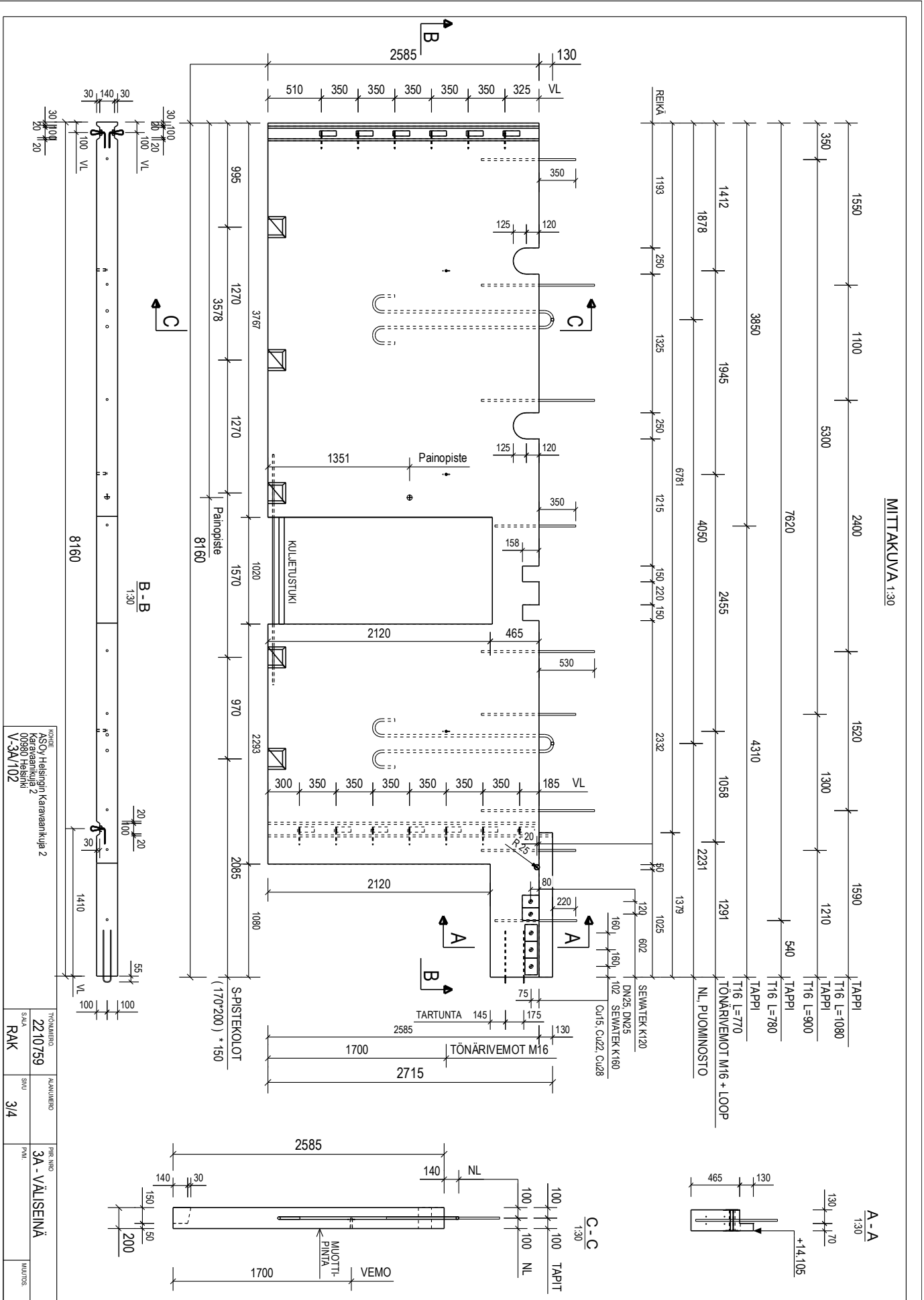
Suomen Betoniyhdistys r.y., BY 40 Betonirakenteiden pinnat/ luokitusohjeet 2003, Suomen rakennusmedia oy, 2003, 168 s

Elementtisuunnittelu.fi sivusto, viitattu 12.9.2018, saatavissa www.elementtisuunnittelu.fi

NB-Seinä oy FPC manuaali 2012

Työntekijöiden ja työnjohdon haastattelut 13.2.2016

LIITE 1 VÄLISEINÄELEMENTTI

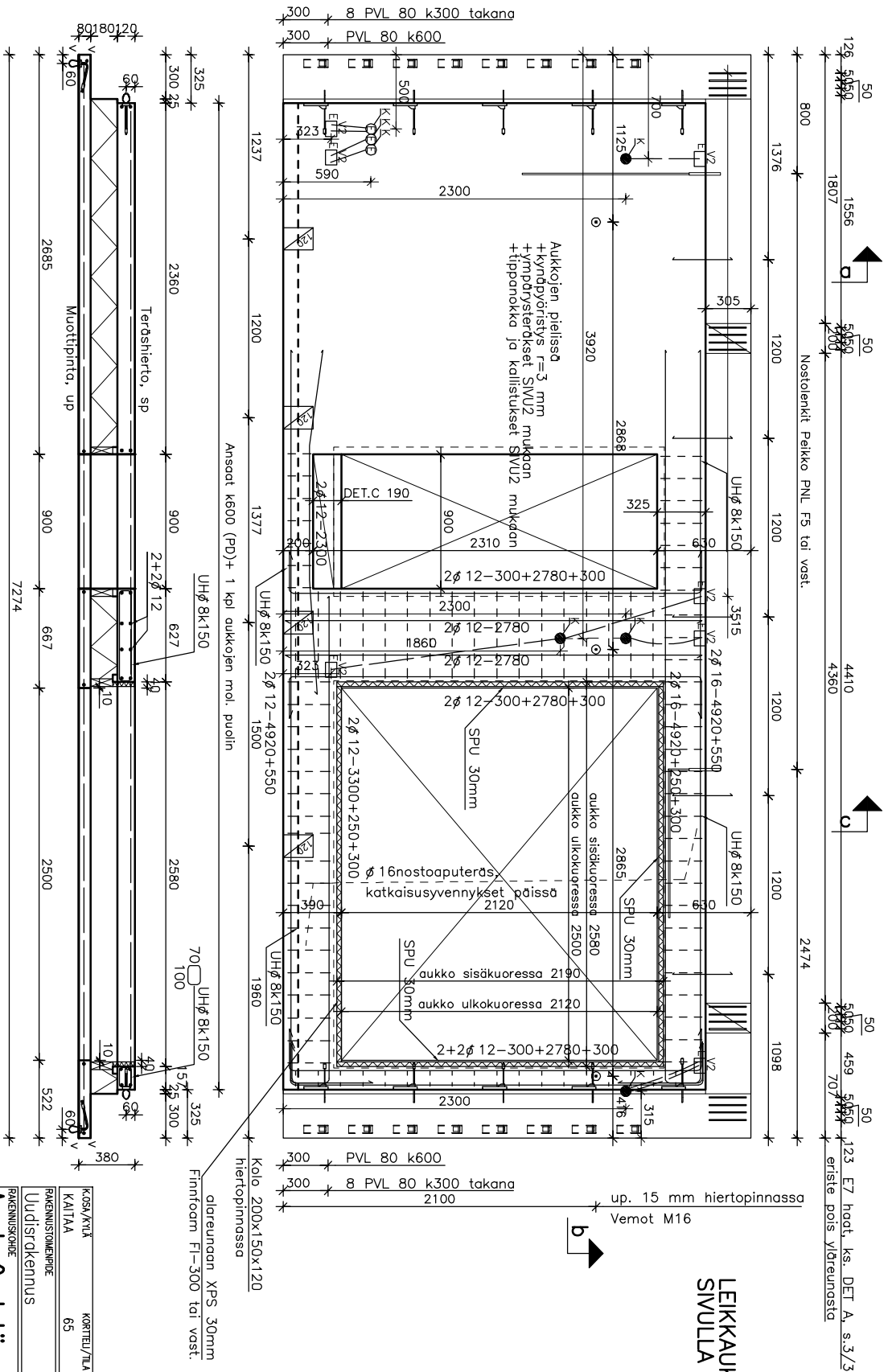


MITTAKUVA 1:30

KOVIK
 SOY Helsinki
 Karasankuja 2
 00980 Helsinki
 V-3A/102

TYÖNUMERO	22/10759	RAK
ALUE	3/4	
PROJEKTI	3A - VÄLISEINÄ	
MUUTOS		

LIITE 2 SANDWICH-ELEMENTTI



**LEIKKAUKSET a ja c
SIVULLA 3**

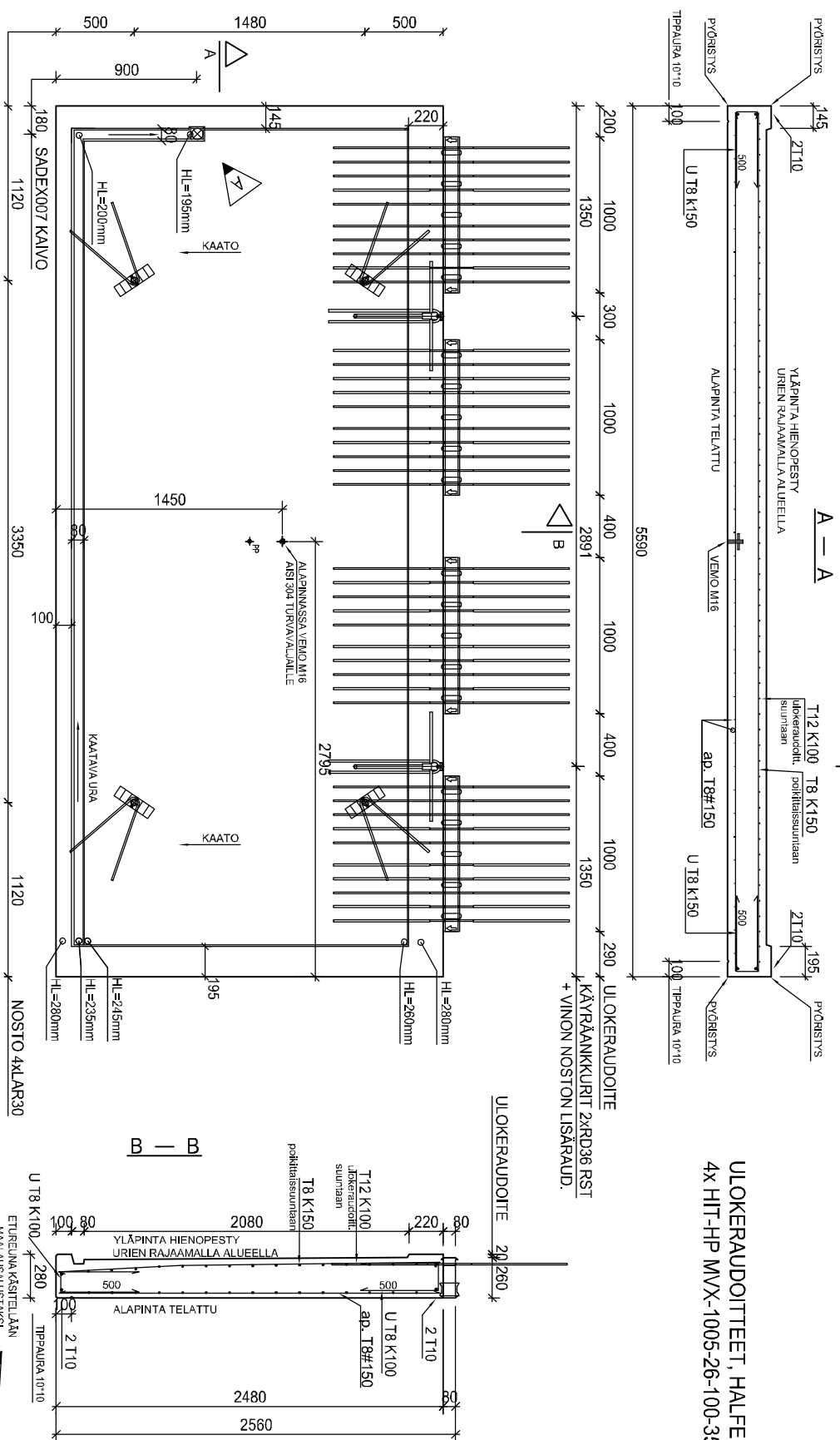
KOHDE: Asuinrakennus	SUOJA-BETONI	uk 35mm, sk 30mm
BETONI: K 35-2 (sädenkestävä uk)	TILAAVUUS	2,64 m ³
PIIRKAMÄSL.	15 MN/m ² KULJETUSL.	18 MN/m ²
VALMISTUS TOLERANSSI: SBK:n NORMAALILUOKKA (N)	MINIMITUKIPINTA	mm
MUOTTIPINTA: BY 40 LUOKKA 2	VIRSTEET	V=10x10 mm
RASITUSLUOKAT: sisdp, XC1 / ulkop. XC3, 4, XF1	ELEMENTIN PAINO:	66 KN
	TERÄS: A500H, B500K	

**LMS-VARAUKSET
LMS-SUUNNITELMIEN MUKAAN**
REUNATERÄKSET
2T12 SK (JP700) + T10 UK (JP500)
S103
VALMISTUS YHT. 1 KPL

KOSK/KTL	KORTTEL/ALA	TOINTI/Rn:o
KÄITÄÄ	65	12
RAKENNUSOHJE Asuinrakennus Asuinnetite 4		
RAKENNUSOHJE Asuinrakennus Jyrkänetite 4 02360 ESP00		
PÄIVÄYS	ALUEPÄÄTÖS	SIVUIN
3.1.2017		13
POTIUS OY ON JÄSENYKÄÄ RAKENTAA ISOSTA KIVISTÄ. HL		Jouni Simola, P. p. 050 524 5166

Asunto Oy Jyrkänetite 4/talo B

LIITE 3 PARVEKELAATTAELEMENTTI



ULOKERAUDDITTEET, HALFEN:
4x HIT-HP MVX-1005-26-100-35

ULOKERAUDDOITE
KÄYRÄANKKURIIT 2xRD36 RST
+ VINON NOSTON LISÄRAUD.

TÄLLÄ PIIRUSTUKSELLE TEHTÄVÄT
ELEMENTIT:

- CL-203
- CL-303
- CL-403
- CL-603
- CL-703
- CL-903
- CL-1003
- CL-1203
- CL-1303
- CL-1503

ETUREUNAN PINTAKÄSTITTELY, KAIVO
Jumlyl 07.10.16

EL-PAINO	9,82 t	TILAVUUS	m ³	PINTA-ALA	13,9 m ²	10 kpl
KAIKISSA REUNOISSA PÖYRISTYS						
PINNAN LAATULUOKKA: B140, A						
RÄSTIUSLUOKAT: YP, XC1, XF3, AP, XC3, XF1						
TERÄS: T = A500HW, S = S235JR2, E = B500K VERKOT: B500K						
MÄX RAKENKO 12mm						
BETONI: C35/45						
RÄKENNELUOKKA: 2						
SUIJUNTELU KÄYTTÖKÄ						
VALMISTUSLOUKKA: LUOKKA IV (BETONIKESKUS RY: BETONIELEMENTTIEN TUOTERANSIT 2011)						
VALMISTUSLOUKKA: LUOKKA IV (BETONIKESKUS RY: BETONIELEMENTTIEN TUOTERANSIT 2011)						
KÄYTTÖSUUNNITTELU: YP: HENOPESTY						
PINTAKÄSTITTELY: AP: TELAAUS						
TERÄSTEN LÄTKÖSPITTELYT: T8 = 400 mm, T10 = 500 mm, T12 = 600 mm						
ELEMENTTI SAANOSTAA VANNUSTO-OSSISTA						

A		ETUREUNAN PINTAKÄSTITTELY, KAIVO		Jumlyl 07.10.16	
lunnus	muutos				
referenssinä on otettu huomioon AS OY VANTAAN ASTRUM					
A		ETUREUNAN PINTAKÄSTITTELY, KAIVO		Jumlyl 07.10.16	
lunnus	muutos				
referenssinä on otettu huomioon AS OY VANTAAN ASTRUM					
A		ETUREUNAN PINTAKÄSTITTELY, KAIVO		Jumlyl 07.10.16	
lunnus	muutos				
referenssinä on otettu huomioon AS OY VANTAAN ASTRUM					
A		ETUREUNAN PINTAKÄSTITTELY, KAIVO		Jumlyl 07.10.16	
lunnus	muutos				
referenssinä on otettu huomioon AS OY VANTAAN ASTRUM					

A-INSINÖÖRIT

Asiantuntijayhtiö
 Valtatie 3
 02070 Pajala
 Puh. 0207 911 880
 Fax 0207 911 881
 ainsin@ainsoo.fi

Asiantuntijayhtiö	Asiantuntijayhtiö	Asiantuntijayhtiö
Valtatie 3	Valtatie 3	Valtatie 3
02070 Pajala	02070 Pajala	02070 Pajala
Puh. 0207 911 880	Puh. 0207 911 880	Puh. 0207 911 880
Fax 0207 911 881	Fax 0207 911 881	Fax 0207 911 881
ainsin@ainsoo.fi	ainsin@ainsoo.fi	ainsin@ainsoo.fi



This document was created with the Win2PDF "print to PDF" printer available at <http://www.win2pdf.com>

This version of Win2PDF 10 is for evaluation and non-commercial use only.

This page will not be added after purchasing Win2PDF.

<http://www.win2pdf.com/purchase/>