

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Lappeenranta  
Insinööri  
Rakentaminen YAMK

Anssi Soininen

**Tuotannon tehostaminen ontelolaattatuotannossa  
betonielementtitehtaalla Lean-menetelmien mukaisesti**

Opinnäytetyö 2018

## TIIVISTELMÄ

Anssi Soininen

Tuotannon tehostaminen ontelolaattatuotannossa betonielementtitehtaalla

Lean-menetelmien mukaisesti, 88 sivua, 1 liite

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakentamisen koulutusohjelma

Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Opinnäytetyö 2018

Ohjaajat: Yliopettaja Tuomo Tahvanainen, Saimaan ammattikorkeakoulu,

toimitusjohtaja Tapio Pitkänen, Betonimestarit Oy

Lean-ajattelu perustuu arvoa tuottavan työn maksimointiin ja hukan eliminointiin.

Opinnäytetyössäni tutkin Betonimestarit Oy:n Nastolan tehtaan ontelolaattatuotantoa lean-ajattelun näkökulmasta. Tutkimuksen tavoitteena oli havaita prosessin suurimmat hukkatekijät ja antaa kehitysideoita, joilla suurimmista hukkatekijöistä päästään eroon ja saadaan tuotantoa tehostettua.

Tutkimus toteutettiin aikavälillä marraskuu 2017- helmikuu 2018. Marras-, joulujä tammikuussa suoritin havaintotutkimusta omasta asemastani tuotannon työnohtajana ja helmikuussa suoritin gemba-kävelyn, jossa seurasin viikon ajan sahaus- ja purkuprosessia sekä viikon ajan varustelu- ja valuprosessia.

Havainnointitutkimuksessa selvisi, että suurimmat hukkatekijät prosessissa johtuvat vääristä toimintatavoista, työn johtamisesta ja suunnittelusta sekä koneista ja laitteista. Gemba-kävelyn tuloksena havaittiin, että laukaisuaika määrittää pitkälti sahaus- ja purkuprosessin onnistumisen. Varustelutyön aikaa vievin työvaihe, kavennettujen laattojen kamipalojen ajo, määrittää useasti varustelun keston. Valuprosessin suurin vaikuttava tekijä on massan saanti ja ennakointi valun aloituksessa ja lopetuksessa.

Lean-ajattelun termein työtavoissa ilmenee liikaa hajontaa, josta syntyy hukkaa. Vääristä työtavoista suurimmat vaikuttavat tekijät olivat mittavirheet ja valukoneen huono pesu. Valukoneen huono pesu ja likaisella koneella valaminen myötävaikuttivat konerikkoihin, jotka muodostivat ison osan tutkimuksen hukka-ajasta. Työn johtaminen muodostuu juurisyyksi siinä vaiheessa, kun väärät toimintatavat jatkuvat.

Hukkatekijöitä saadaan eliminoidua vakioimalla oikeita toimintoja. Tällä tarkoitetaan valukoneen huolellista pesua, tarkastustoimintaa sekä työnjohdon systemaattista epäkohtiin puuttumista. Koneista- ja laitteista tulevaa hukkaa saadaan eliminoidua ennakoivalla kunnossapidolla ja tarkastustoimenpiteillä. Tuotantoprosessia saadaan parhaiten tehostettua lyhentämällä laukaisuaikaa.

Asiasanat: lean-ajattelu, tuotannon kehitys, ontelolaatta, betoni

## **Abstract**

Anssi Soininen

Developing hollow core slab-production by Lean-methods in precast factory, 88 pages, 1 appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Construction engineering

Master thesis 2018

Instructors: Principal Lecturer Tuomo Tahvanainen, Saimaa University of Applied Sciences, CEO Tapio Pitkänen, Betonimestarit Oy

The core idea in lean thinking is to maximize customer value while minimizing waste.

This thesis focuses to find the biggest reasons which cause waste in hollow core slab-production in precast factory. Research was made in Betonimestarit Oy's Nastola factory. The main goals for research were to find biggest reasons for waste and give tools to eliminate these reasons and development production.

The research was made in November 2017 – February 2018. In November 2017- January 2018 I was doing observational study on my position as production supervisor. In February 2018 I made gemba-walk which I were studying sawing and lifting process in one week and preparing and casting process another week.

In observational study I found out that biggest reasons for waste were wrong working habits, poor production management and machine maintenance. In gemba-walk I found out that the main thing which causes waste in sawing and lifting process is curing time. In preparing process the biggest waste was lifting the concrete waste pieces from production line. In casting process biggest waste comes from gap between concrete portions. Also anticipation in the beginning and end of cast was important in effective production.

The waste which comes in wrong working habits occurs in sloppy cleaning in casting machine and measurement errors in cast. Sloppy cleaning of casting machine and casting with dirty machine cause machine breakup. The poor production management causes waste because sloppy cleaning has not found and wrong working habits continue.

The best way for eliminate waste is to standardize function for example machine cleaning and inspection. Production management need to do more systematic checks that everything is done properly.

The waste which comes from machines can be eliminated by preventive maintenance. Maintenance should change parts before they break up and made checkups in every week.

The best way to improve production process is to shorten concrete curing time.

Key words: lean thinking, production development, hollow core slab, precast

# SISÄLTÖ

1	Johdanto .....	5
2	Yritysesittely ja Nastolan tehtaan nykytila .....	6
	2.1 Ontelo- ja kuorilaattatuotanto .....	8
	2.2 Muut tuotanto-osastot .....	11
	2.3 Muut osastot .....	13
3	Lean-tuotanto .....	15
	3.1 Lean-työkaluja .....	21
	3.2 Lean Construction .....	30
	3.3 Lean betonielementtitehdas-ympäristössä .....	36
4	Tutkimusmenetelmät .....	38
	4.1 Havainnointitutkimus .....	38
	4.2 Gemba-kävely .....	40
	4.3 Tutkimuksen toteutus .....	41
5	Tutkimusaineisto .....	41
	5.1 Havainnointitutkimus .....	41
	5.2 Gemba-kävely .....	53
6	Tutkimusaineiston yhteenveto ja analysointi .....	61
	6.1 Havainnointitutkimus .....	61
	6.2 Gembakävely .....	67
7	Kehityskohteet .....	68
8	Arviot toimenpiteiden vaikutuksesta tuotantoon .....	78
9	Päätelmät .....	80
10	Kuvat .....	84
11	Taulukot .....	85
12	Lähteet .....	86

Liitteet

Liite 1 Valuajat ja lisämäärän vaikutus 5.2. – 23.2.2018

# 1 Johdanto

Työn tavoitteena on saada Nastolan ontelo- ja kuorilaattatuotannon tehokkuutta parannettua lean-tuotannon periaatteiden avulla. Tutkimuksen tavoitteena on löytää prosessin suurimmat hukkatekijät, poistaa ne ja tällä tavalla saada toivottua tuottavuuden kasvua. Tavoitteena on löytää kehitysideoita, joilla saataisiin suurin mahdollinen hyöty tuotannolle. Tutkimus tehdään ontelolaattatuotannon näkökulmasta, mutta tutkimustuloksia voidaan hyödyntää myös muiden osastojen tuotannon kehittämässä soveltuvassa osin.

Tutkimus on rajattu ontelolaattatuotantoon, mutta muut ryhmät, jotka vaikuttavat päivittäin ontelolaattatuotantoon, ovat myös tutkimuksen kohteena. Esimerkiksi kunnossapito, betoniasema ja laattojen varastointi ovat tällaisia ryhmiä. Näitä muita ryhmiä ei tarkastella yhtä suurella tarkkuudella kuin ontelolaattatuotantoa, vaan siitä näkökulmasta miten kyseessä oleva ryhmä vaikuttaa ontelolaattatuotantoon.

Tutkimus toteutetaan kahdella tutkimustavalla, havainnointitutkimuksella ja gemba-kävelyllä. Näiden lisäksi tutkitaan muun muassa valuaikoja ja betonimassan sekoitusaikoja, jotka saadaan ulos toiminnanohjausjärjestelmistä. Tutkimus on rajattu niin, ettei työntutkimusta eikä varsinaista kellonaikatutkimusta tehdä.

Tutkimuksen tulokset kootaan hypoteeseiksi, miten muutokset konkreettisesti vaikuttavat ja hukka-aikaa saadaan pienennettyä.

Opinnäytetyö koostuu kahdeksasta luvusta. Ensimmäisessä luvussa kuvataan tutkimuksen tavoitteet ja rajaus sekä työn rakenne. Toisessa osassa esitellään Betonimestarit yrityksenä ja Nastolan tehdas tuotantolaitoksena. Nastolan tehtaalla esittelyssä keskitytään ontelolaattatuotannon yksityiskohtaiseen esittelyyn.

Muut osastot esitellään pääpiirteittäin sillä ajatuksella, miten niiden toiminta vaikuttaa ontelolaattatuotantoon. Tavoitteena on, että lukija ymmärtää tehtaalla toiminnan kokonaisuutena.

Kolmas luku on tutkimuksen teoreettinen osa, jossa kerron leanista tuotantofilosofiana, lean-tuotannon tärkeimmistä työkaluista, leanista rakennusalalla (Lean Construction) ja lean-tuotannosta betonielementtitehdas-ympäristössä.

Neljännessä luvussa esitellään tutkimusmenetelmiä, joita käytän tutkimuksessa. Samalla kerron kuinka tutkimus suunniteltiin ja toteutettiin.

Viidenteen lukuun on koottu tutkimusaineisto, jonka sain selville tutkimuksessani. Tässä luvussa käydään läpi havainnot suoraan ontelolaattatuotannosta sekä havainnot muiden ryhmien vaikutuksesta ontelolaattatuotantoon.

Kuudennessa luvussa kokoan yhteen kehitysideat tutkimusaineistosta saadun tiedon avulla. Kehitysideat on myös jaoteltu ontelolaattatuotantoon ja muihin ryhmiin.

Seitsemännessä luvussa analysoin korjaustoimenpiteitä sillä ajatuksella, millaisia vaikutuksia niillä on tuotantoprosessiin tuotannollisesti, laadullisesti sekä taloudellisesti.

Kahdeksannessa luvussa kokoan tutkimuksen kasaan ja käyn läpi tutkimuksen aikaansaannokset sekä päätelmät millä tavalla päästäisiin parhaaseen tulokseen tuottavuuden kehittämisen näkökulmasta.

## **2 Yritysesittely ja Nastolan tehtaän nykytila**

Betonimestarit Oy:n toiminta alkoi vuonna 1988. Tällöin yrityksessä työskenteli kymmenen henkilöä. Yritys kasvoi määrätietoisesti kymmenen vuoden aikana tehden investointeja uusiin tehdashankkeisiin, koneisiin sekä laitteisiin. Osaava henkilökunta oli menestyksen avain yrityksen kasvaessa. [1]

Toiminnan kasvaessa yrityksen liikevaihto nelikymmenkertautui kymmenessä vuodessa ja vuonna 1998 Betonimestarit Oy oli jo Suomen kolmanneksi suurin betonielementtien toimittaja 34,5 miljoonan euron liikevaihdollaan. Henkilöstön määrä oli kymmenessä vuodessa kasvanut 200 työntekijään. Vuonna 2000 Betonimestarit toteutti yrityskaupat myyden Vantaan, Turun ja Uuraisten

tehtaat, samalla tehden sukupolvenvaihdoksen sekä omistajakunnan uudelleenjärjestelyyn. [1]

Keväällä 2003 Betonimestarit perusti uuden ontelolaattatehtaan Nastolaan turvatakseen kokonaistoimitukset asiakkailleen. Vuonna 2004 aloitettiin laajamittaiset tehdasinvestoinnit Nastolan ja Iisalmen tehtaille. Haapaveden tehdas hankittiin vuonna 2005 ja Oulaisten tehdas vuonna 2006. Samalla perustettiin markkinointiyhtiö Oy Betongmästarna Ab hoitamaan kasvavaa Skandinavian myyntiä. Betonimestareiden tuotantolaitokset muodostavat yhdessä BM-ryhmän. [1]

BM-ryhmä teki yhden suurimmista betonielementtikaupoista vuonna 2006, kun LKAB rakennutti pellettitehtaan ja rikastamon Kiirunaan, Ruotsiin. Rakentajina projektissa toimi NCC Construction Sverige Ab ja Peab AB. Kaupan arvo oli noin 30 miljoonaa euroa ja tuotteita Ruotsiin toimitettiin 70 000 tonnin edestä. [1]

BM-ryhmä haki jalansijaa Ruotsin markkinoilta keväällä 2006 ostamalla Skanska Sverige Ab:lta Piteåssa sijaitsevan betonielementtitehtaan sekä Sundvallissa sijaitsevan suunnitteluyksikön. Vuoden 2007 alussa BM-ryhmä osti Abetong Ab:lta Hallsbergissa sijaitsevan betonielementtitehtaan. Tämä vahvisti BM-ryhmän asemaa Ruotsin markkinoilla. [1]

Vuonna 2012 Betonimestarit Oy keskitti toimintansa valmistuksen osalta kokonaan Suomeen. Vienti Ruotsiin jatkuu ja yhtiö etsii uusia vientimahdollisuuksia mm. Intiasta. [1]

Kesällä 2016 Betonimestarit Oy teki kaksi uutta tehdasinvestointia hankkimalla osuuden Turun Mures Oy:n betonielementtitehtaasta sekä Hartela Oy:n Paraisten elementtitehtaasta. Turun ja Paraisten tehtaat muodostavat yhdessä BM Turku Oy:n. [1]

Syyskuussa 2016 Betonimestarit-konserni fuusioitui eestiläiseen betonielementtitoimittaja AS TMB:hen. Fuusion seurauksena Betonimestarit on osa konsernia, jonka vuosiliikevaihto on lähes 100 miljoonaa euroa ja tehtaita on Suomessa, Virossa ja Latviassa. [1]

Betonimestarit Oy:n liikevaihto oli 42 miljoonaa euroa vuonna 2016 ja yritys työllisti 179 henkilöä. Betonimestareiden toimintaa ohjaavat arvot ovat asiakaslähtöisyys, turvallisuus, kannattavuus ja hiilijalanjäljen pienentäminen toiminnoissa. [1]

## **Nastolan tehdas**

Nastolan tehdas sijaitsee Lahden kaupungin Nastolassa ja koostuu kahdesta erillisestä tuotantorakennuksesta sekä valmiiden elementtien varastotiloista. Tuotantorakennuksia kutsutaan ylä- ja alahalleiksi. Työntekijöitä Nastolassa työskentelee 79 henkilöä ja toimihenkilöitä tehtaalla on 8.

Ylähalli sijaitsee osoitteessa Elementintie 12, 15550 Nastola. Ylähallin tuotantorakennus koostuu kahdesta tuotantohallista, joista toisessa hallissa tapahtuu ontelolaattatuotanto ja toisessa hallissa seinäelementti- ja jännepalkkituotanto. Hallit on nimetty tuoteryhmien mukaan ontelolaatta- ja runkohalliksi. Ontelohallissa sijaitsee myös hakastaivutin sekä kunnossapidon verstaas. Runkohallissa sijaitsee seinätuotannon tasopöytien ja jännepalkkilinjoiden lisäksi teräsbetonirauhoittamo ja muottiverstaas. Betoniasema sijaitsee ylähallin kaakkoispäässä. Ylähallin piha-alue on ontelolaattavarastoa ja rakennuksen yhteydessä on siltanosturilla varustettu seinä- ja runkoelementtivarastossa.

Alahallin tuotantorakennus sijaitsee osoitteessa Harjuviidantie 1, 15550 Nastola. Alahallissa valmistetaan ripalaattoja sekä valetaan teräsbetonielementtejä. Alahallin pihaa käytetään ripalaattojen varastointiin.

Nastolan tehtaalla elementtikuljetuksista vastaa aliurakoitsija

### **2.1 Ontelo- ja kuorilaattatuotanto**

Nastolan ontelolaattatuotannossa työskentelee kymmenen työntekijää ja kaksi työnjohtajaa. Tuotantotilat koostuvat yhdestä tuotantohallista, jossa on neljä 140 metrin pituista valualustaa ja noin 120 metriä pitkä purkualue. Nastolassa valmistetaan kuutta eri ontelolaattatyyppiä (200, 265, 320, 370, 400 ja 500 mm korkeita) ja 7 eri tyyppiä kuorilaattaa (80, 100, 120, 150, 180, 200 ja 220 mm



korkeita). Normaalitytilanteessa ja -miehityksellä valmistetaan viikossa 16–20 linjaa ontelolaattaa tilauskannasta riippuen.

Valuajat riippuvat pitkälti laattatyypistä ja vuorokauden ajasta. Matalimmat laattatyypit (200, 265) valetaan alle kahdessa tunnissa, kun taas korkeimman laattatyypin (500) valussa saattaa mennä jopa viisi tuntia. Valuaikoihin vaikuttaa merkittävästi se, valetaanko muilla osastoilla samaan aikaan kuin ontelossa. Nastolan tehtaalla ontelolaattaa valmistetaan 15 tunnin laukaisuajalla, joten kaikki yhtenä päivänä valettavat linjat laukaistaan, sahataan ja puretaan vasta seuraavana päivänä.

Työntekijöistä kaksi henkilöä tekevät kiinteää aamuvuoroa kello 4 – 12.30. Heidän työtehtävänsä ovat edellisenä päivänä valmistettujen tuotantolinjojen sahaaminen ja purkaminen. Muut kahdeksan työntekijää on jaettu kahteen vuoroon, josta aamuvuoro on kello 6 – 14.30 ja iltavuoro 14.30 – 23.00. Työnjohtajien työvuorot ovat kello 6.00 – 14.00 ja 10.00 – 18.00. Valuaika ontelo- ja kuorilaattatuotannossa on normaalisti kello 6.30 – 22.

Merkittävästi ontelolaattatuotantoon vaikuttaa myös valmiiden kuormien varastoinnista vastaavat varastointilukin kuljettajat. Lukkikuskien työaika on kello 6.00 – 14.00 ja 13.00 – 21.00.

Ontelo- ja kuorilaattatuotannon tuotantoprosessi voidaan jakaa neljään päätehtävään: sahaukseen, purkuun, varusteluun ja valuun. Aamuvuorossa tehtävät jakautuvat selkeästi henkilöittäin kuka tekee mitään tehtävää, mutta iltavuorossa kunkin tehtävän suorittaja voi olla kuka tahansa vuorosta osaamisen rajoitteissa. Näiden niin sanottujen päätehtävien lisäksi prosessiin kuuluvat myös lisätyöt kuten nostolenkkien valu, valukoneen pesu sekä punoskelojen vaihto.

Sahaus koostuu valupeitteen poistamisesta edellisenä päivänä valetun linjan päältä, laukaisusta, alkuliukuman mittauksesta, laattojen tarkistusmittauksesta ja sahauksesta. Sama prosessi toistuu jokaisen valettavan tuotantolinjan osalta. Aamuvuoron sahuri tulee töihin kello 4 aamulla ja päivittäin prosessi alkaa. Sahurin tehtäviin kuuluvat laadunvalvonnalliset tehtävät, kuten alkuliukuman mittaus, laattojen tarkistusmittaus ja laattojen silmämääräinen tarkastus.

Normaalitilanteessa, jossa valetaan normaalimittaista laattaa ja laukaisuaika sallii, niin aamuvuoron sahuri ehtii sahata ainakin kolme petiä. Sahaus on tuotannon läpimenon kannalta kriittinen päätehtävä.

Sahauksen alettua alkaa myös tuotantolinjan purku. Purkajan tehtävä on purkaa pedillä sahatut laatat kuormakirjojen mukaisiin laattanippuihin. Purkaja myös huolehtii, että laatoissa on asianmukaiset vesireiät, jotka porataan joko pora- asemalla tai porapuomilla. Nastolassa valmiit laatat puretaan vaunuilla oleville pankoille valmiiksi rekkakuormiksi, jotka tulpataan, merkitään kuormanumerolla ja ajetaan vaijerivetoisella ulosvetolaitteella ulos, josta lukkikuski ajaa tuotteet lopputuotevarastoon. Aamuvuoron purkajan työvuoro alkaa kello 4.00 aamulla ja normaalitilanteessa hän ehtii purkamaan 3-4 tuotantolinjaa työvuoronsa aikana. Purkajan tehtäviin kuuluu purkamisen lisäksi laadunvalvonnalliset tehtävät, kuten laattojen pohjan sekä kuormien silmämääräinen tarkastus sekä eristettyjen ontelolaattojen eristystyö. Purkajan työn aloituksen lähtökohta on, että muutama laatta on saatu sahattua valetulta linjalta. Purkaja ei pysty suorittamaan mitään tehtäviään, jos sahaus ei toimi kuten pitäisi.

Varusteluun kuuluu valettavan tuotantolinjan puhdistus ja varustelu. Ensimmäiseksi poistetaan punoslukot laukaistavan pedin (peti = tuotantolinja) aktiivi- ja passiivipäästä. Aloitus- ja lopetuspalat poistetaan pediltä siltanosturilla kuten myös muut mahdolliset kami- ja kavennuspalat. Varsinainen varustelu alkaa petien ja petivälien puhdistuksella varustelukoneella. Puhdistuksen jälkeen peti öljytään muottiöljyllä, vedetään punokset pedille ja jännitetään punokset. Kuorilaattaa valmistettaessa punosten jännittämisen jälkeen sidotaan laattojen päätyteräkset ja tarvittaessa ansaat. Aamuvuorossa varustelijan työt alkavat kello 5. Varustelijan työsaannos on suoraan riippuvainen sahausesta ja purusta; jos petiä ei saada tyhjäksi, niin varustelija ei pääse tekemään tehtäviään. Varustelijan työt alkavat periaatteessa heti linjan laukaisun jälkeen. Varustelija pystyy irrottamaan punoslukot edellisen päivän valusta heti laukaisun jälkeen. Varustelija pystyy aloittamaan myös aloitus- ja lopetuspalojen poisajon heti, kun ne on saatu sahattua. Tämän jälkeen varustelijan työ pysähtyy; kamipalojen ajon jälkeen varustelija ei pääse jatkamaan tehtäväänsä ennenkuin koko peti on tyhjennetty valmiista laatoista.

Valumiehen tehtävä on huolehtia lopputuotteen valutyöstä valukoneella. Yleensä tuotantolinjasta riippuen valumiehiä valussa on yksi, kaksi tai kolme henkilöä. Aamun ensimmäinen tehtävä valumiehillä on tarkastaa valukoneen puhtaus ja koota kone kasaan. Koottu kone öljytään ja nostetaan valualustalle, jossa punokset laitetaan koneen punosohjureihin. Tämän jälkeen punokset jännitetään, lasketaan linjalle petivesi ja valutyö voi alkaa. Valutyössä valumiehet säätelevät koneen ajoarvoja massan kosteusvaihteluiden mukaan huolehtien, että valmistuva laatta pysyy tasalaatuisena. Valukoneen ajamisen lisäksi valumiehet mitoittavat valusuunnitelman mukaiset laatat pedille ja kaivavat vaaditut syvennykset ja reiät. Kavennettuihin laattoihin valetaan nostolenkit, jonka valureiät valumiehet kaivavat valuun. Iltavuorossa, aamulla valetun laatan kovettuttua, nostolenkit valetaan märällä massalla. Valun jälkeen valumiehet pesevät ja piikkaavat valukoneen siihen kuntoon, että sillä voidaan valaa taas seuraavana päivänä.

Kokonaisuutta tarkasteltaessa huomataan, että päätehtävistä sahaus on tuottavuuden kannalta kriittinen tehtävä ja jokaisen tehtävän vakiointi niin suorituksen kuin ajoituksen suhteen varmistaa betonin kovettumisvauhdin siten, että vuorokaudessa saadaan maksimi tuotos. Prosessissa ei ole yhtään osaa, jolla ei olisi suoraa riippuvaisuus-suhdetta johonkin toiseen osaan ja näitä suhteita tarkastellaan tutkimuksessa.

## **2.2 Muut tuotanto-osastot**

Ontelo- ja kuorilaattatuotannon lisäksi Nastolan elementtitehtaalla valmistetaan seinäelementtejä, teräsbetonisia runkoelementtejä kuten pilareita ja palkkeja, jännepalkkeja sekä ripalaattoja.

### **Seinätuotanto**

Nastolan seinätuotannossa työskentelee 22 työntekijää ja yksi työnjohtaja. Työnjohtaja huolehtii työnjohdosta, laadunvalvonnasta sekä tuotannon suunnittelusta. Näistä 22 työntekijästä 1-2 henkilöä työskentelee timpureina, 2-3 elementtien viimeistelijöinä ja loput elementtityöntekijöinä tasomuoteilla.

Seinätuotannon alustoina on 8 pöytämuottia, joista seitsemän pöytää (tasomuotit 1-7) valetaan siten, että massa pudotetaan myllystä valukuoppaan

ja ajetaan siltanosturilla suoraan pöydälle. Tasopöytä kahdeksan joudutaan valamaan betoniautolla hallirakenteen takia (massa haettava hallin toisesta päästä, tämä halvaannuttaisi kaiken muun nosturiliikenteen hallissa).

Seinätuotannossa valetaan jokainen pöytä päivittäin ja työskentely tapahtuu kello 4 – 18. Valuajat ovat yleensä sellaiset, että sandwich-elementtien ulkokuoret valetaan aamulla kello 9-11 ja muut valut sekä sandwich-elementtien sisäkuoret kello 12–16. Elementit valetaan 3 kuution valujassikoilla, joten kaksi betoniannosta mahtuu yhteen jassikkaan.

### **Runkotuotanto (teräsbetoni)**

Runkotuotanto tapahtuu Nastolassa sekä ylä- että alahallilla. Ylähallilla sijaitsee teräsbetoniraudoittamo, jossa valmistetaan runkoelementtien (palkit ja pilarit) raudoitukset, jotka ajetaan traktorilla alahallille, jossa sijaitsee muottikalusto. Muottikalusto teräsbetonituotannolla on 5 pilarimuottia.

Raudoittamossa työskennellään päivittäin kello 4 – 16 ja muoteilla kello 4 – 19. Tuotantotilanteesta riippuen teräsbetonituotannossa työskentelee keskimäärin 14 henkilöä, joista 6 työskentelee raudoittamossa ylähallilla, 7 henkeä muoteilla alahallilla ja yksi henkilö muottimiehenä. Normaalitylanteessa kaikki muotit valetaan päivittäin. Raudoitusten siirrosta ylähallista alahallille huolehtii tarvikevaraston varastomies.

Betoni alahallin valuja varten ajetaan betoniautolla ylähallista. Betoniautoon mahtuu maksimissaan 6 kuutiota betonia.

Teräsbetonituotannossa työskentelee kaksi työnjohtajaa kello 7 – 18 välillä. Työnjohto huolehtii tuotannonsuunnittelun, työn johtamisen sekä laadunvarmistuksen tuotannossa.

### **Jännepalkkituotanto**

Nastolan tehtaassa jännepalkkituotanto sijaitsee runkohallissa. Jännepalkki koostuu kolmesta tuotantolinjasta, josta jännelinja 1:n pituus on 50 metriä, jännelinja 2 pituus 92 metriä ja jännelinja 3 on 30 metriä pitkä. Tällä hetkellä jännepalkkituotannossa työskentelee 10 henkilöä, joista yksi hoitaa jännepalkkien viimeistelyn. Jännepalkkituotannon linjasuunnittelusta ja

työnjohdosta huolehtii nimetty työnjohtaja. Työntekijöiden työaika on kello 4 – 17. Jännepalkkilinjan kierto on kolme päivää.

### **Ripalaattatuotanto**

Ripalaattoja valmistetaan alahallilla 78 metriä pitkällä muotilla, jossa työskentelee 4 työntekijää. Ripalaattatuotanto on päiväkierrossa. Samat työnjohtajat huolehtivat ripalaattatuotannon tuotannosuunnittelusta ja työnjohdosta kuin teräsbetonituotannosta. Ripalaattatuotanto vaikuttaa ontelolaattatuotantoon lähinnä betonimassan saannin suhteen. Ripalaattatuotannossa työskennellään kello 5 – 15.

### **2.3 Muut osastot**

Muilla osastoilla tarkoitetaan tuotantoa tukevia osastoja, jotka eivät itsessään varsinaisesti valmista mitään tiettyä lopputuotetta. Muut osastot ovat betoniasema, kunnossapito, tarvikevarasto sekä muu tehtaan sisäinen logistiikka.

#### **Betoniasema**

Nastolan tehtaalla on kaksi kaksoisakselisekoitinta, joista toista käytetään ontelolaattamassan valmistukseen ja toista seinä- ja runkoelementtien betonimassan valmistukseen. Molemmat sekoittimet saavat kiviainekset saman kiviainesvaa'an kautta. Molemmat sekoittimet pystyvät tekemään maksimissaan 1,5 m<sup>3</sup> annoksia. Valettaessa pelkästään tiettyä tuotanto-osastoa kerrallaan, saadaan massaa keskimäärin 1 annos 4,5 minuutissa. Kahden tuotanto-osaston valaessa samaan aikaan yhden annoksen valmistumisessa menee keskimäärin 6 minuuttia. Kiviainesvaa'an nopeus määrittelee pitkälti tämän ajan.

Tehtaalla työskentelee kolme prosessinvalvojaa, joista yksi toimii myös laboranttina tehden vaaditut laadunvalvonnalliset toimenpiteet betonin koekappaleille. Laborantti huolehtii myös betoninäytteistä, jotka testataan muualla kuin Nastolan tehtaalla. Tuotekohtaisista testeistä huolehtii kunkin osaston työnjohtaja. Betoniaseman henkilöstö työskentelee normaalisti kello 4 – 23.

## **Kunnossapito**

Kunnossapidossa työskentelee kolme kunnossapitoasentajaa, sähköasentaja ja työnjohtaja. Kaksi kunnossapitoasentajaa työskentelee aamuvuorossa kello 6 – 14.30 ja kolmas iltavuorossa kello 12 – 20.30. Käytännössä kunnossapito on aina paikalla kun betoniasema on käytössä. Mekaanisen puolen henkilöiden lisäksi tehtaalla työskentelee sähköasentaja kolmena päivänä viikossa. Hän huolehtii kiinteistön ja koneiden sähkötöistä. Kunnossapidon työnjohtaja huolehtii työnsuunnittelusta, kunnossapidon työnjohdosta sekä toimenpiteiden aikataulutuksesta.

Kaikki tehtaan tuotantokoneet ja laitteet huolletaan omalla henkilöstöllä poislukien nostureiden kunnossapito. (luvanvarainen työ) Ontelokoneiden huoltotoiminta työllistää kunnossapitoa suhteessa eniten. Koneiden kuntoa seurataan ennakkohuoltotoimenpitein sekä valettujen neliöiden mukaan, jotka saadaan tuotannonohjausjärjestelmästä.

## **Tarvikevarasto ja tehtaan sisäinen logistiikka**

Tehtaan sisäinen logistiikka toimii nimetyn henkilön vetämänä. Hänen lisäksi tarvikevarastossa työskentelee kaksi varastomiestä ja kaksi pyöräkonekuskia. Varastomiehet tekevät päivätyötä ja pyöräkonekuskit tekevät aamu- ja iltavuoroa.

Pyöräkoneen kuljettajien työajat ovat 6 – 14.30 ja 11.30 – 20.00. Heidän työtehtävänsä koostuu materiaalin vastaanotosta, pyöräkonekuormien järjestelystä, ontelokuormien lastauksista (alle 4 metrin pituiset ontelokuormat lastataan pyöräkoneella), roska-astioiden tyhjennyksestä, ontelotuotannon kamipalojen ajosta. Pyöräkoneen kuljettajat ajavat myös betoniautoa, joilla valetaan alahallin sekä 8-pöydän valut.

Varastomiesten työaika on kello 6 – 15.30. Varastomiehiä on kaksi, joista toinen trukkikuski ja toinen varustelija. Trukkikuskin tehtäviin kuuluu materiaalin vastaanotto ja järjestely, materiaalin siirrot, traktorikuormien vienti alahallille ja materiaalien seuranta. Trukkikuski toimittaa myös hakaset hakastaivuttimelta runkohalliin.

Varustelija huolehtii nimensä mukaisesti runko- ja seinäelementtien tarvikkeiden toimittamisesta seuraavan päivän elementtejä varten. Normaalisti varustelija toimittaa alahallin tarvikkeet aamulla kello 6-8 ja ylähallin tarvikkeet kello 8 eteenpäin. Varustelun lisäksi varustelija huolehtii pientarvikkeiden vastaanotosta, niiden järjestelystä ja siirroista sekä seurannasta.

Tehtaan sisäistä logistiikkaa koordinoi nimetty henkilö. Hänen työaikansa on kello 8 – 16.30. Kyseinen henkilö huolehtii runkoelementtien valmistuskuvien siirrosta tuotannonohjaus-järjestelmään, elementteihin menevien materiaalien tilaamisesta ja seurannasta, varastomiesten ohjauksesta, materiaalin siirtojen organisoinnista sekä laskujen tarkastuksesta että pientarvikkeiden seurannasta ja tilaamisesta.

### **Valmistuotevarasto**

Valmistuotevarastossa työskentelee 6 henkilöä, joista kaksi toimivat lukkikuskeina aamu- ja iltavuorossa (työaika kello 6 – 21) ja neljä henkilöä ulkonosturilla aamu- ja iltavuorossa (työaika kello 6 -22). Ulkonosturin käyttäjät käyttävät myös piha-autoa yksittäisten elementtien siirtelyyn ylähallilla.

Ylähallilla sijaitsee erillinen ontelolaattavarasto sekä seinä- ja runkoelementeille tarkoitettu siltanosturilla varustettu elementtivarasto. Siltanosturilla varustettua ulkovarastoa käytetään myös vajaiden ontelokuormien varastointiin.

Alahallilla varastoidaan ripalaattaelementtejä. Ripalaatat varastoidaan jaloille alahallin pihalle. Laattojen ulosajosta, jaloituksesta ja varastoinnista vastaa aliurakoitsija, joka huolehtii myös Nastolan tehtaan kuljetuskaluston järjestämisestä.

### **3 Lean-tuotanto**

Lean-tuotanto tuli yleiseen tietoisuuteen James Womackin ja Daniel Roosin kirjasta ”The Machine that Changed the World” vuonna 1990. Kirja kertoo siitä, kuinka japanilaiset autonvalmistajat kehittivät tuotantofilosofian, jolla pystyisivät kilpailemaan länsimaalaisten autonvalmistajien kanssa. Lean on lähtöisin valmistusparadigmasta, jota Toyota aloitti käyttämään autotuotannossaan (Toyota

Production System, TPS). Lean-filosofia perustuu alun perin Toyotan Taiichi Ohnon ajatuksille. [2]

Lean on prosessijohtamisen filosofia, joka perustuu ajatukseen, jossa pyritään maksimoimaan virtausta ja minimoimaan hukkaa. Tämä tarkoittaa kokonaisuuden optimointia, joka perustuu asiakastyytyväisyyden (virtaustehokkuus) ja tuottajatytytyväisyyden (resurssitehokkuus) maksimointiin. Jatkuva parantaminen on myös olennaisessa osassa leania; prosesseja pyritään parantamaan jatkuvasti tunnistamalla niissä esiintyvät ongelmat sekä hukan aiheuttajat. [3]

Läpimenoaika on yksi avaintekijöistä, jota tarkastellaan lean-tuotannossa. Läpimenoajalla tarkoitetaan kokonaisaikaa, joka alkaa asiakkaan tilauksen saannista aina lopputuotteen toimittamiseen asiakkaalle. Läpimenoaika pitää sisällään kaikki arvoa tuottavat ja ei tuottavat vaiheet. Leanissa pyritään lyhentämään läpimenoaikaa, joka tarkoittaa nopeuden kasvattamista prosessissa. Samalla, kun lyhennetään läpimenoaikaa, myös prosessissa oleva hukka vähenee. Läpimenoajan lyhentämisen seurauksena on taloudellinen parannus. [4]

Leaniin kuuluu olennaisena osana useita työkaluja, jolla prosessien välistä hukkaa voidaan pienentää ja arvovirtaa tehostaa. Näitä työkaluja ovat esimerkiksi 5S, Value Stream Mapping (VSM), suomeksi arvovirtakuvaus, ja PDCA-sykli. Kyseisiä työkaluja tarkastellaan tarkemmin myöhemmissä luvuissa. Näiden työkalujen lisäksi Leaniin kuuluu myös tilastollisia työkaluja, kuten esimerkiksi prosessikuvaus ja prosessien suorituskykyanalyysit. [4]

Työkalut ovat osa Leanin johtamissysteemiä. Työkalujen tarkoituksena on muuttaa ihmisten tapaa ajatella prosessia. Monesti ymmärretään väärin, että lean-työkalut itsessään ratkaisisivat ongelmia, mutta näin ei ole. Työkalujen ideana on kaivaa prosessien ongelmat esiin ja näiden ongelmien ratkaiseminen jää yritysten työntekijöiden tehtäväksi. Tässä tarvitaan esimiesten tietotaitoa, että ongelmat saadaan ratkaistua. [3] [4]



Lean voidaan tiivistää arvoketjun määrittämiseen, hukan tunnistamiseen ja eliminointiin, läpimenoajan lyhentämiseen, kustannusten pienentämiseen ja laadun parantamiseen (Kuva 1). Tällöin luodaan virtaus, jota ylläpidetään standardisoimalla toimivia työtapoja ja poistamalla toimintatapoja mitkä eivät toimi. Työtapoja tarkastellaan ja kehitetään jatkuvan parantamisen filosofialla.

Hukka johtuu vioista ja virheistä, jota vaihtelu aiheuttaa. Minimoimalla vaihtelu, hukan syntyminen vähenee. [4]



Kuva 1. Lean-tuotannon periaatteet [1]

## **Virtaus**

Lean-tuotanto perustuu ajatukseen virtauksen kasvattamisesta ja hukan poistamisesta. Hukan poistoa tärkeämpänä on ymmärtää, että lean-tuotannon perimmäinen ajatus on prosessin nopeuden kasvattamista, toisin sanoen läpimenoajan lyhentämistä. [2]

Läpimenoaika voidaan laskea Littlen lain avulla (1). Littlen laki on olennainen osa tuottavuuden parantamista Lean-tuotannossa. Kaava alkuperäisessä muodossaan on:

$$L = \lambda W \quad (1)$$

jossa

L - jonossa olevien yksiköiden lukumäärää

$\lambda$  - keskimääräinen jonoon saapumisnopeus aikayksikössä

W - keskimääräinen jonotusaika.

Kaavasta nähdään, että läpimenoaika on yhtä kuin jonossaolevien yksiköiden määrä kerrottuna yksittäisen asian käsittelyn jaksoajalla.

Nykyisin kaavaa käytetään myös muodossa (2):

$$WIP = TH \times CT \text{ tai } CT = WIP/TH. \quad (2)$$

jossa

WIP - varastot (Work In Process = WIP)

TH – läimeno (Troughput =TH)

CT – jaksoaika (Cycle Time = CT)

Kaava sitoo yhteen valmistus- ja palveluprosessin toiminnan ymmärtämisen kannalta kolme tärkeää elementtiä: varastot, läpimenon ja jaksoajan. Kaavan käyttämisen edellytyksenä on stabiili systeemi, esim. yksittäinen tehdas tai toimitusketju.

Läpimenoajan lyhentämisen lähtökohtana on, että yrityksellä on päätavoite (Aim). Virtauksen kasvamisen työkaluna käytetään arvovirtakuvausta, joka käsitellään myöhemmin työssä. Perusajatus arvovirtakuvauksessa on se, että virtauksen kasvamisen este pitää tunnistaa ja priorisoida, jonka jälkeen tehdään tarvittavat toimenpiteet esteen poistamiseksi. Toiminnassa pyritään kokoajan saavuttamaan annettu päätavoite (Aim). [4]

Virtaus tarkoittaa prosessin todellista kapasiteettia. Virtausta tarkastellessa puhutaan vuosta (ER, Exit Rate), jolla tarkoitetaan prosessin tuottamien suoritteiden määrää tietyssä aikayksikössä. [4]

Virtaus on ajan ja kapasiteetin yhteen sitomista. Virtaus saadaan, kun yhdistetään läpimenoaika, eli materiaalin virtausaika, jossa huomioidaan raaka-aine-, in-prosessi- ja lopputuotevarasto (WIP) sekä vuo eli suoritteiden määrä tietyssä aikayksikössä. [4]

Betonielementtituotannossa betonin sitoutumisnopeus tahdistaa jalostavan työn ajallisesti. Sitoutumisnopeus on ajan, lämpötilan ja sementin ominaisuuksien funktio.

## **Hukka**

Hukalla tarkoitetaan sitä prosessin osaa, joka ei ole arvoa lisäävää työtä. Tällä tarkoitetaan kaikkea työtä, joka lisää kustannuksia tai vie aikaa antamatta lisäarvoa tuotteelle tai asiakkaalle. Hukka on menetettyä aikaa. Leanissa

vaihtelu rinnastetaan vahvasti hukkaan; kun saadaan poistettua vaihtelua, niin myös hukkan määrä vähenee. Hukka on aina seuraus jostakin, ei syy jollekin. [4]

Hukkaa määritellään Leanissa seitsemässä muodossa. Monesti seitsemännen hukkan lisäksi on olemassa myös niin sanottu kahdeksas hukka, joka on mainittu alla muiden seitsemän hukkan ohella.

### **1. Ylituotanto**

Ylituotannolla tarkoitetaan sitä, kun tuotetaan enemmän kuin välitön asiakastarve on tai jotakin tuotetaan enemmän kuin sitä tarvitaan. Niin sanotusti ylimääräisesti tuotetut tuotteet vievät varastotilaa, sitovat pääomaa ja henkilöstöä, jolloin syntyy hukkaa. Ylituotannolla on myös sellainen vaikutus, että se vaikeuttaa todellisten ongelmien havaitsemista ja lieventää niiden vaikutusta. Ylituotannosta on seurauksena myös muita hukkan muotoja, esimerkiksi varastot. [3] [4]

### **2. Odotus ja viivästykset**

Kaikki mahdollinen alhaallaoloaika, minkä ihmiset käyttävät materiaalin, informaation tai toisten ihmisten odottamiseen. Tämä on hukka-aikaa, joka lisää läpimenoaikaa tuottamatta lisäarvoa asiakkaalle. Esimerkkinä tuotannon pullonkaulat. [3] [4]

Betonielementtituotannossa betonin sitoutumisen viivästys voi johtaa jopa seuraavan työvuoron menetykseen.

### **3. Kuljetus**

Mikä tahansa materiaalin, paperin tai informaation liikkuminen mukaan lukien lähetys, siirto, kuljetus tai nosto. Johtuu usein huonosta layoutista. Esimerkiksi tuotteiden siirtely varastoon ja pois varastosta on tarpeetonta kuljettamista. [3] [4]

#### **4. Yliprosessointi**

Tehdään enemmän tuotteelle tai prosessille kuin asiakas vaatii. Yliprosessoinniksi luetaan esimerkiksi ylilaatuiset tai väärillä tuotteilla ja menetelmillä tehdyt vialliset tuotteet. [3] [4]

#### **5. Tarpeettomat varastot**

Mikä tahansa määrä osia tai materiaalia, jota pidetään systeemissä, jota ei työstetä. Tähän lasketaan myös keskeneräinen työ prosessissa (WIP = work in process).

Varastointi, kuten myös ylituotanto, estää havaitsemasta tuotannon heilahteluja, myöhästyneitä tavarantoimituksia, vikatilanteita ja muita ongelmia. [3] [4]

#### **6. Tarpeeton liike**

Mikä tahansa ihmisten liike mukaan lukien kävely, taivuttaminen ja kurottaminen mitkä eivät suoraan liity arvoa lisäävään työhön.

Tarpeetonta liikettä on esimerkiksi työkalujen etsiminen ja materiaalin hakeminen oman työpisteen ulkopuolelta. [3] [4]

#### **7. Laatuvirheet**

Kaikki prosessi-, tuote- tai palveluvirheet. Kaikki asiat, joita ei ole saatu ensimmäisellä kerralla oikein. Viallisten tuotteiden korjaaminen on hukkaa. [3] [4]

Ontelolaattatuotannossa valun aloituksen onnistuminen on virhekustannusten kannalta merkittävin tekijä.

#### **8. Käyttämättömät taidot**

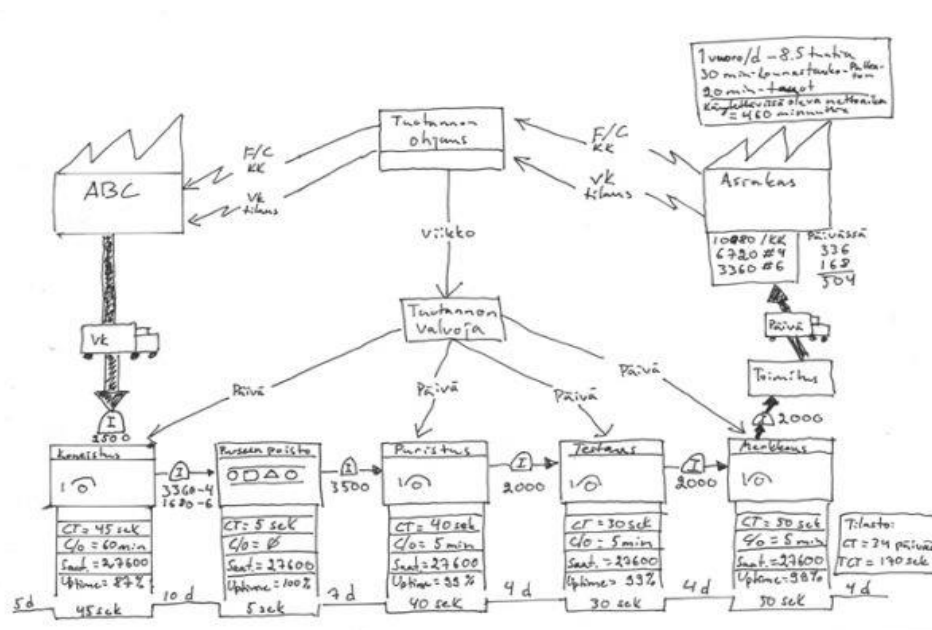
Kaikki organisaation käytössä oleva taito ja resurssi, mitä yritys ei käytä hyväksi. [3] [4]

### 3.1 Lean-työkaluja

#### Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping (VSM), suomeksi käännettynä arvovirtakuvaus, pitää sisällään kokonaisjaksoajan (tai läpimenoajan), joka kuluu, kun asiakas esittää tilauksensa ja saa tilaamansa tuotteen tai palvelun käyttöönsä. Arvovirtakuvauksella pyritään saamaan kokonaisprosessin läpimenoaika mahdollisimman lyhyeksi. Arvovirtakuvausta käytetään virtauksen esteen tunnistamiseen ja priorisointiin. Arvovirtakuvaus pitää sisällään kaiken virtauksen ja hukkan, mitä prosessissa on aina tilauksen teosta lopputuotteen toimittamiseen asiakkaalle asti (Kuva 2). [6]

Arvovirtakuvausta käytetään nykytilan kuvaamiseen. VSM:n ajatuksena on auttaa ymmärtämään prosessin toimintaa tehtaan lattiatasolta katsottuna ja nostaa hukkan konkreettisesti esiin. VSM:n avulla nähdään materiaalin ja informaation virtaus tilaus-toimitusprosessissa. Arvovirtauskuvauksen pohjalta voidaan lähteä kehittämään prosessia, jolla saadaan hukkaa pienemmäksi ja virtausta sulavammaksi. Nykytilan kaavion tekemisen jälkeen arvovirtakuvauksessa tehdään tulevaisuuden tilan kuvaus, jossa on tavoittila, jossa hukkaa on poistettu ja läpimenoaika on lähtötilannetta lyhyempi. [5][6]



Kuva 2. Arvovirtakuvaus yrityksessä X. [6]

## **5S ja visualisointi**

5S on yksi Lean-tuotannon tärkeimmistä työkaluista. 5S on yksinkertainen työkalu, jolla pidetään työpaikka siistinä, tehokkaana ja turvallisena. Toimintojen ja työtapojen vakiointi onnistuu parhaiten 5S-työkalun avulla. Tällä työkalulla voidaan tehdä myös johtamisesta näkyvämpää ja visualisoida yrityksen toimintoja. [3]

5S:n avulla pystytään organisomaan työpisteen tavaroita ja järjestystä sekä työtapoja. 5S muodostuu japaninkielisistä sanoista seiri, seton, seiso, seiketsu ja shitsuke. Nämä viisi sanaa ja niiden merkitykset muodostavat työkalun viisi vaihetta (Kuva 3). [3]

Ensimmäinen vaihe, Seiri, tarkoittaa työpisteen järjestelyä uudestaan. Tässä vaiheessa tarkastellaan kriittisesti mitä esineitä työpisteellä oikeasti tarvitaan. Kaikki esineet, mitä tässä vaiheessa prosessia ei tarvita, poistetaan työpisteeltä. [3]

Seiton tarkoittaa asioiden järjestämistä. Tässä vaiheessa kaikille tarpeellisille työkaluille ja muille esineille määritellään paikka. Esineiden paikkojen määrittelyssä huomioidaan ergonomia, että esineet ovat helposti saatavilla ja sellaisissa paikoissa, joissa niitä tarvitaan. [3]

Seuraavassa vaiheessa työpiste puhdistetaan perusteellisesti, niin että esimerkiksi laitteet näyttävät siltä kuin olisivat uusia. Lattiapinnat puhdistetaan myös kaikesta liasta. Tätä vaihetta kutsutaan 5S:ssä japanin kielellä sanalla seiso. [3]

Seiketsu tarkoittaa asioiden vakiointia. Tämä on seuraava askel 5S:ssä. Tällä varmistetaan, että kolme edellä mainittua toimenpidettä vakioituvat ja niistä tulee kiinteä tapa toimia. Asioiden vakiointi on yksi Lean-tuotannon pääperiaatteita. [3]

Viimeinen vaihe, Shitsuke, on ylläpitovaihe. Tässä vaiheessa varmistetaan, että yrityksen toiminnot jatkavat kehitystään edellisten neljän vaiheen tavoin. Samalla huolehditaan siisteydestä ja järjestyksestä. 5S:ää ylläpidetään tekemällä auditointeja ja valvomalla, että toiminta on 5S:n mukaista. [3]

5S nähdään ajoittain pelkkänä siisteystyökaluna, mutta tämä ajattelutapa on väärä. 5S on ennen kaikkea vakiointityökalu, jolla vakioidaan sekä tapaa toimia, että järjestellä työpaikan esineistöä. 5S:n suurin vaikutus on vaihtelun vähentäminen, jolla vähennetään suoraan hukkaa.



Kuva 3. 5S ja sen osa-alueet [12]

5S on iso osa visualisointia, joka on merkittävä osa lean-tuotantoa. Visualisointi tai toisin sanoen visuaalinen johtaminen tarkoittaa sitä, että asiat tehdään mahdollisimman selkeiksi ja helppolukuisiksi, että saadaan mahdollisimman paljon tietoa mahdollisimman lyhyellä katselukerralla tai vaivalla. [7]

Visuaalisuus tulee esille muun muassa erilaisen datan esittämisessä. Halutaan esimerkiksi näyttää tuottavuuksia tai tietyn tuotteen läpimenoaikoja. Visuaalisuus on sitä, että ei näytetä pelkkiä numeerisia taulukoita, jotka vaativat lähempää tarkastelua, että nähdään miten tuottavuus on mennyt, vaan käytetään selkeitä graafeja ja värejä, mistä näkee onko tuottavuus ollut vaaditulla tasolla. Tällaisista näkee jo nopealla vilkaisulla millä tasolla tuottavuus on. [7]

Visuaalisuus on tärkeässä osassa erilaisten asioiden merkkäamisessä. Näitä ovat esimerkiksi henkilökohtaisista suojaamista kertovat kyltit, ensiapukyltit ja erilaiset kemikaalimerkinnot. Tämän lisäksi visualisointi Leanissa on sitä, että esimerkiksi astioissa on kirjoitettu isolla mitä mikäkin sisältää ja tietyt alueet on merkattu eri värisillä lattiamaaleilla varastoitavan tavaran mukaan. [7]

5S on esineiden säilytyksen visualisointia. Jokaiselle esineelle on merkattu selkeä paikka ja esineet ovat täten nopeasti löydettävissä ja ne on helppo palauttaa paikalleen nopeasti. [7]

Visualisointia käytetään myös prosessin eri vaiheiden kuvauksissa. Prosessi voidaan esittää selkeänä kaaviona, jossa esimerkiksi valmiit vaiheet on esitetty vihreällä värikoodilla ja keskeneräiset punaisella koodilla. Samalla voidaan osoittaa, jos jossain prosessin vaiheessa on jotakin häiriötä. [7]

### **Plan, Do, Check, Act (PDCA) ja vaihtelu**

Liian vaihtelun poistaminen prosessista on olennainen osa lean-tuotantoa. Vaihtelun vähentäminen on paras tapa vähentää myös hukkaa. Voidaan sanoa, että vaihtelun kasvaminen laskee aina tuotantosysteemin suorituskykyä. [4]

Lean-tuotannossa pyritään prosessin stabilointiin, jolla tarkoitetaan tilan vakiointia. Tämä tarkoittaa, että tilasta poistetaan kaikki turha vaihtelu. Seurauksena on stabiili normaalitila. Kaikki normaalitilasta poikkeava on epästabili ja tätä tilaa kutsutaan epästabiilitilaksi. Täytyy ymmärtää, että epästabiilitila ei ole normaalia ja se pitää osata tunnistaa. [4]

### **Vaihtelun pienentäminen**

Vaihtelua voidaan pienentää keskittymällä kolmeen avaintekijään: kysyntään, valmistukseen ja toimittajiin.

Kysynnän vaihteluun olennaisesti vaikuttaa asiakkaalle tarjottavat ratkaisut; mitä monimutkaisempia ja erilaisia vaihtoehtoja asiakkaalle tarjotaan, sitä enemmän se vaikuttaa tehtaan vaihteluun. Toinen olennainen osa kysynnän vaihtelua ovat niin sanotut kiiretilanteet. Näistä tilanteista huolehditaan tasaamalla tuotantoa. Pyritään koko ajan stabiiliin normaalitilaan. [4]

Valmistuksen vaihtelulla tarkoitetaan toimenpiteitä, jotka kohdistetaan tuotteesta ja toiminnasta tulevan vaihtelun pienentämiseen. [4]

Toimittajien vaihteluun vaikuttaa se, että toimittajilta otetaan vain se, mikä tarvitaan eikä yhtään ylimääräistä. Toimittajien pitää tehdä itse toimenpiteitä tuotteesta ja toiminnasta tulevan vaihtelun pienentämiseen ja toimittajatkaan eivät saa pitää bufferivarastoja. [4]



## **Kapasiteettibufferi**

Kapasiteettibufferilla tarkoitetaan sitä, että tuotannon koko kapasiteettia ei käytetä vuoron aikana, vaan vuoron lopussa tehdään valmistelevia töitä, joilla huolehditaan, että tuleva vuoro pääsee aloittamaan työt suunnitellusti. [4]

## **Varasto- ja aikabufferi**

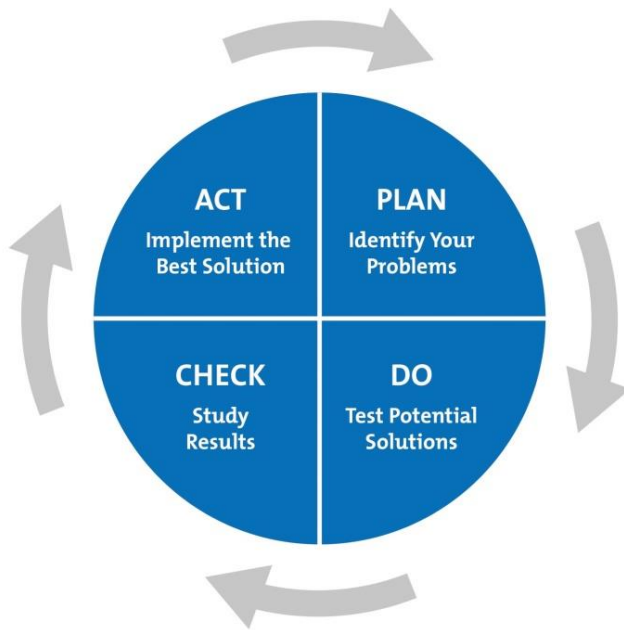
Lopputuotevarastot ja keskeneräinen työ on ajettu alas. Varastot ovat systeemin sisällä ja ylikapasiteetilla varmistetaan ennustettava vasteaika. [4]

## **PDCA**

Vaihtelun vähentämisen yhteydessä puhutaan myös PDCA-syklistä. PDCA tulee sanoista plan, do, check, act. Jossain yhteyksissä puhutaan PDSA-syklistä (plan, do, study, act) tai Demingin laatuympyrästä, jotka tarkoittavat samaa työkalua (Kuva 4). PDCA-sykli on ongelmanratkaisumalli ja prosessin kehittämismenetelmä, joka perustuu ympyrän kiertämiseen. PDCA on myös niin sanottu kehäoppimisen malli. [8][9]

PDCA:ssa tekeminen nähdään kehityksen pyörteenä, joka on päättymätön prosessi. PDCA-sykli toimii seuraavalla tavalla. Ensimmäisenä on tunnistettava parannettava prosessi. Tätä vaihetta kutsutaan tunnistamisvaiheeksi. Vastuulliset työntekijät ja johto päättävät yhdessä kehitettävän prosessin. Prosessin valinnan jälkeen tarkastellaan tämän prosessin tiettyä osa-aluetta. Tunnistusvaiheessa havaituille ongelmille suunnitellaan korjaustoimenpiteet, jolla toivotaan saatavan ongelmat ratkaistua (plan). Suunnitelmien pohjalta toteutetaan kyseiset korjaavat toimenpiteet (do). Toimenpiteiden jälkeen tarkastellaan lopputulosta; päästiinkö ongelmista odotetusti eroon vai oliko lopputulos jotakin ihan muuta (check). Lopputuloksesta valitaan toimenpiteistä toimivat osat (act) ja tältä pohjalta aloitetaan kehän kiertäminen uudestaan ja kehää kierretään siihen asti, kunnes prosessin ongelma on poistettu. PDCA-sykli on olennainen osa Leanin jatkuvan parantamisen mallia, josta enemmän seuraavassa kohdassa. [8][9]

Figure 1: The Plan-Do-Check-Act Cycle



Kuva 4. PDCA-sykli [20]

### **Kaizen – Jatkuva parantaminen**

Kaizen on japanilainen filosofia, joka tarkoittaa jatkuvaa kehittymistä tai parantamista koko elämän ajan. Työssä kaikkia toimintoja voidaan parantaa Kaizenin opeilla, aina toimitusjohtajan tehtävistä linjatason työntekijöiden tehtäviin. Kaizenissa pyritään poistamaan kaikki hukka yrityksen toiminnan joka tasolta parantamalla vakioituja prosesseja. [10]

Kaizenin päätavoite on tuottavuuden parantaminen, mutta siinä pyritään myös tekemään työpaikasta parempi tekijöilleen, poistetaan turhan raskasta työtä ja koulutetaan ihmisiä löytämään ja poistamaan hukkaa prosesseista. Kaizen voidaan jakaa seitsemään vaiheeseen, jotka ovat parannuskohteen tunnistaminen, prosessin analysointi, optimaalisen ratkaisun kehittäminen, ratkaisun implelementointi prosessiin, tulosten analysointi, ratkaisun vakiointi ja tulevaisuuden suunnitteleminen. [10]

Kaizen kehittää jatkuvasti pieniä kehitysaskleita tuloksena kaikkien työntekijöiden työpanoksesta. Samalla Kaizen yhdistää ja sitouttaa työntekijät ja johtajat valmistusprosessiin. [10]

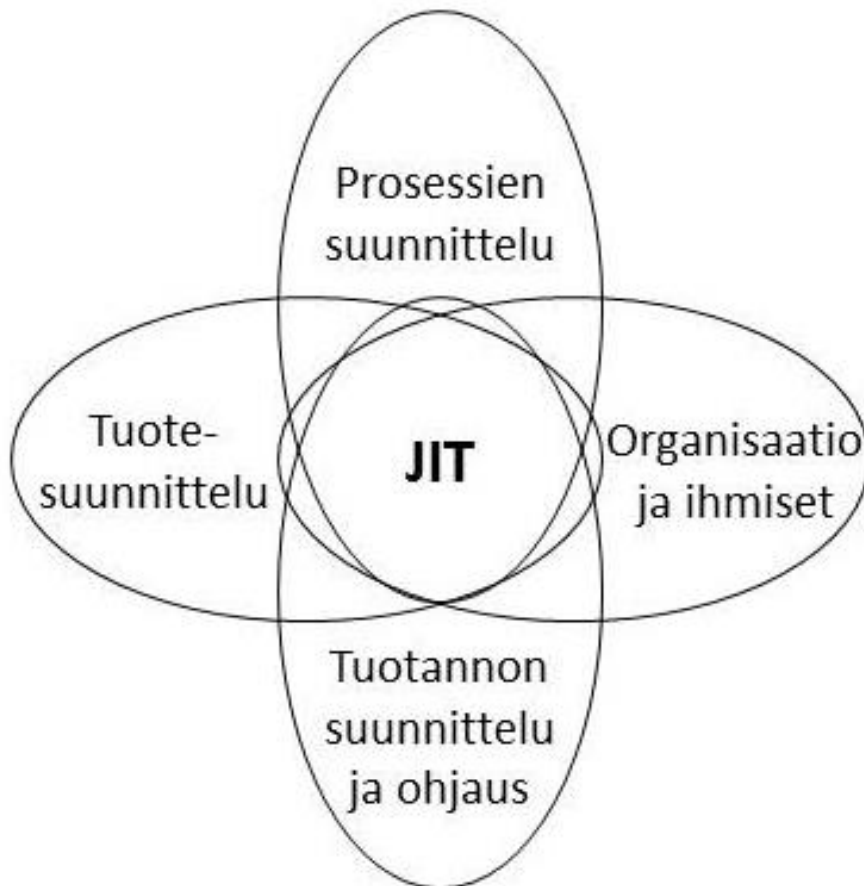
Jatkuva parantaminen, Kaizen, näkyy laadussa, kustannuksissa, toimituksissa, johtamisessa sekä turvallisuudessa. Tuotteet ovat laadukkaampia, kustannukset ovat pienempiä, toimitusajat lyhyempiä, tuotannon prosessit parempia ja vaaratilanteet harvinaisempia. [10]

### **Just-in-time (JIT) ja imuohjaus**

Just-in-time-periaate juontaa juurensa jo aikaan ennen Lean-ajattelua. Suomeksi käännettynä JIT kääntyy muotoon JOT, joka tarkoittaa Juuri Oikeaan tarpeeseen. JOT tarkoittaa sitä, että materiaaleja valmistetaan, siirretään ja kuljetetaan vain todellisen tarpeen mukaan (Kuva 5). Kuten lean-tuotannossa, mitään ei tehdä varastoon vaan toimenpiteet tulevat asiakaskysynnän mukaan. Suppeasti sanottuna JIT on käytännössä sama asia kuin imuohjaus. [11]

JIT tavoittelee kysynnän nopeaa tyydyttämistä täydellisellä laadulla ja ilman hukkaa. Tämä on lean-tuotannon pääperiaate. Tavoitteena JIT:ssa on nollavarastot, äärimmäisen nopea läpäisy aika, virheettömyys, virtautettu ja joustava tuotanto ja kaiken tuhlauksen eliminointi. Nämä asiat muodostavat lean-tuotannon filosofian. [11]

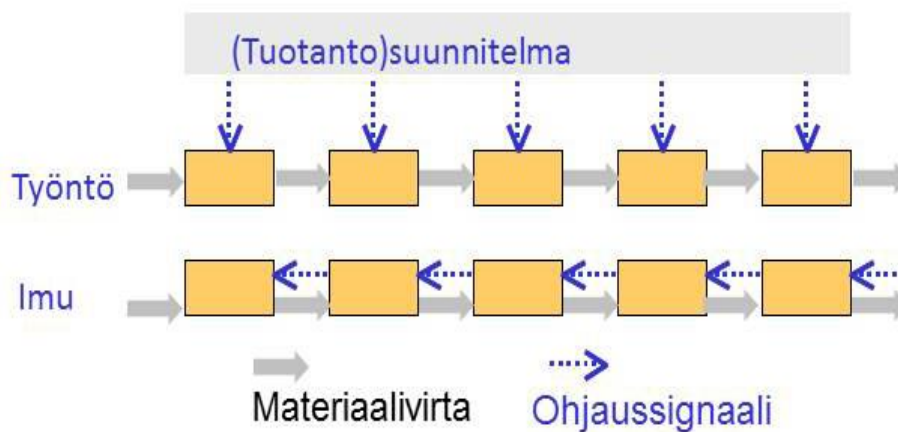
JIT vaikuttaa kaikkiin yrityksen toiminnan osa-alueisiin. Esimerkiksi tuotesuunnittelussa ajatellaan tuotteiden soveltuvuutta eri tuotantosoluissa, käytettävien osien vakiointi tai samantyyppisen modulaarirakenteen käyttöä. Prosessien suunnittelussa taas pyritään asetusajojen vähentämiseen, eräkokojen pienentämiseen ja keskeneräisen tuotannon vähentämiseen. Lisäksi JIT vaikuttaa ihmisiin ja tuotannon suunnitteluun. Ihmisiä koulutetaan monipuolisuuden työtehtävien osaamiseen ja käytetään työnkiertoa. Tuotannon suunnittelussa pyritään imuohjaukseen ja sopivaan suhteeseen tuotannon määrien ja eri tuotetyyppien välillä. [11]



Kuva 5. Osakokonaisuudet, joista JIT koostuu [11]

Imuohjaus on yksi pääperiaatteista materiaalivirran kehittämisessä. Imuohjauksen yhteydessä puhutaan usein myös työntöohjauksesta, joka tarkoittaa imuohjauksen vastakohtaa. Imu- ja työntöohjauksen suurin ero on mikä ohjaa materiaalivirtaa (Kuva 6).

Työntöohjauksessa ennalta tehty suunnitelma työntää tilaukset tuotannon läpi, imuohjauksessa seuraava vaihe imee tarpeen mukaan materiaaleja edeltävältä tasolta. Imu- ja työntöohjaus tunnetaan englannin kielessä pull ja push. [11]



Kuva 6. Imu- ja työntöohjauksen ero [11]

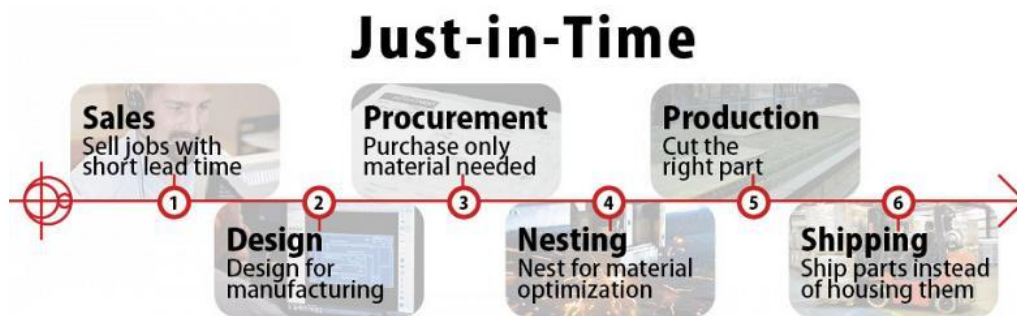
Imuohjauksen perusajatus on sama kuin ylituotannon ja ylimääräisten varastojen hukissa: ylituotannosta aiheutuvat ylimääräiset varastot aiheuttavat kustannuksia ja piilottavat prosessin ongelmia. Lean-tuotannon ajatusten mukaan nämä hukat pitää pyrkiä poistamaan. [3][4][11]

Tuotannonohjausjärjestelmänä imuohjaus perustuu asiakastarpeen tahtiin, jossa varastojen ja keskeneräisen tuotannon määrä on rajoitettu. Tuotteita ja puolivalmisteita valmistetaan ja siirretään eteenpäin ainoastaan jos niillä on todellinen tarve. Ketjun viimeinen vaihe on asiakas, jonka tarve todellisuudessa ohjaa edellisiä vaiheita. (Kuva 7) [11]

Imuohjauksessa materiaalivirtauksia voidaan ohjalla Kanban-ohjauskorttien avulla. Ajatus Kanban-korteissa on, että kukin kortti antaa luvan valmistaa tai siirtää tiettyä osaa tai tuotetta kortissa määritellyn määrän. Ilman korttia ei ole lupaa valmistaa. Korttien määrä määrittelee tuotannon ja varastomäärien ylärajan. Keskeneräistä tuotantoa ja varastomääriä voidaan siis vähentää vähentämällä tuotannossa olevia Kanban-kortteja. Toinen toteutustapa on kaksilaatikkojärjestelmä, jossa osaa kulutetaan yhdestä laatikosta ja tyhjä laatikko kertoo täydennystarpeesta.

Imuohjaus ei toimi kaikissa tilanteissa. Imuohjaus on vahvimmillaan sellaisissa materiaaliirroissa tai niiden raaka-aineissa tai osissa, jossa tarve on kohtuullisen tasaista ja täydennyksiä on saatavissa nopeasti. Haasteeksi

muodostuvat tilanteet, jossa kysyntä vaihtelee voimakkaasti tai täydennysajat ovat pitkiä ja vaihtelevia esimerkiksi kaukana sijaitsevan toimittajan takia. [11]



Kuva 7. Kuvaus JIT-prosessista [12]

### 3.2 Lean Construction

Lean Construction tunnetaan Suomessa termillä lean-rakentaminen. Lean-rakentaminen tarkoittaa lean-tuotannon ajatusten sopeuttamista rakennusalalle; asiakasarvoa pyritään maksimoimaan parantamalla jatkuvasti prosessien virtaustehokkuutta. [13]

Lean-rakentaminen on räätälöity projektiperusteiseen liiketoimintaan, jota rakentaminen on. Tämä tarkoittaa sitä, että lean-rakentamisen työkalut keskittyvät projektin eri vaiheisiin, osapuolten integrointiin ja toimijoiden aikaiseen osallistumiseen. Toimijoiden aikaisella osallistamisella mahdollistetaan asiakasarvon määrittely sekä lopputuotteen että sen tuotantosysteemin yhdenaikainen suunnittelu. Lean-rakentamisen yksi tavoite on virtaustehokkuuden parantaminen yhtenäisillä prosesseilla, johon pyritään eri vaihiden ja toimijoiden integroinnilla. Tällä pyritään lopputulosten ennustettavuuteen. [13]

Lean-rakentamisen eri vaiheissa on eri työkalut, jolla leania implementoidaan rakentamiseen. Näitä työkaluja ovat esimerkiksi hyötyihin perustuva valintamenettely (CBA), kannustavat aliurakkasopimukset, käännetty vaiheaikataulu (KVA) ja Last Planner-menetelmä. [13]

## Hyötyihin perustuva valintamenettely - CBA

Hyötyihin perustuva valintamenettely – Choosing by Advantages (CBA) on työkalu, jolle on käyttöä läpi rakennusprosessin. CBA on päätöksentekomenetelmä, joka perustuu vaihtoehtojen ja niiden välisten eroavaisuuksien ja hyötyjen arvioimiseen. CBA soveltuu käytettäväksi yhteistoiminnallisissa suunnitteluprosesseissa, joissa valintapäätös tehdään konsensustyyppisesti. [13]

CBA-menettelyssä on tietty terminologia, jolla pyritään parantamaan ymmärrettävyyttä ja läpinäkyvyyttä. Käytettäviä termejä ovat vaihtoehdot, tekijät, kriteerit, ominaisuudet, hyödyt ja tärkein hyöty. Vaihtoehdoilla tarkoitetaan tarkasteluun otettuja valintamahdollisuuksia. Tekijöillä tarkoitetaan päätökseen vaikuttavia osatekijöitä. Kriteerit tarkoittavat ominaisuuksien arvoimiseen luotavia sääntöjä. Ominaisuus on tietyn vaihtoehdon suorituskyky tietyn tekijän avulla. Hyöty tarkoittaa kahden ominaisuuden välistä eroa. Tärkein hyöty on päätöksenteon kannalta merkittävin hyöty.[13]

Ensimmäisessä CBA:n vaiheessa tunnistetaan ja valitaan arvioitavat vaihtoehdot. Niiden pohjalta määritellään tekijät ja kriteerit. Tämän jälkeen kuvataan ominaisuudet ja määritellään vaihtoehtojen hyödyt vertaamalla vaihtoehtoja ominaisuudeltaan huonoimpaan vaihtoehtoon. Seuraavaksi määritellään tärkein hyöty ja annetaan sille lukuarvo 100. Tämän pohjalta määritellään muiden hyötyjen suhde tähän asteikolla 0-100. Viimeisessä vaiheessa vaihtoehtoja arvioidaan suhteessa niiden kustannuksiin. [13]

Kustannusadata tulee mukaan vasta siinä vaiheessa, kun kaikki muut vaihtoehtojen hyödyt on pisteytetty. Tässä vaiheessa tarkastellaan budjettia ja tehdään valinta sen mukaan, mikä on paras vaihtoehto kyseiselle budjetille. Samalla tarkastellaan kokonaisyötyjen suhdetta kustannukseen; missä vaihtoehdossa saadaan parhain hyöty kustannukselle. [13]

CBA-menetelmän tavoitteena on tehostaa päätöksentekoa, jotta tehtävät päätökset olisivat viisaampia ja läpinäkyvämpiä. Yhteisymmärrys on tärkeässä

osassa CBA-menetelmää. CBA-menetelmässä pyritään siihen, että kustannushyöty ei ole se, joka yksistään määrittää valittavan vaihtoehdon. [13]

### **Kannustavat aliurakkasopimukset**

Kannustinjärjestelmien tarkoituksena on tehostaa yrityksen ja henkilöiden toimintaa. Kannustimilla pyritään myös ohjaamaan henkilöstöä kokonaisuuden kannalta oikeisiin asioihin. Ongelmana nykyisissä kannustinjärjestelmissä on se, että ne eivät ulotu kaikkiin urakoitsijaryhmiin. [13]

Tavoitteena yhteiselle alihankintojen kannustejärjestelmälle on muodostaa projektin kaikille osapuolille yhteinen motivaatio toimia hankkeen parhaaksi. Samalla halutaan aliurakoitsijat tuomaan oma osaamisensa mukaan suunnitelmien kehittämiseen ja osallistumaan koko työmaan yhteisiin innovaatioprosessiin. [13]

Projektin alussa valitaan kannustinjärjestelmän piiriin kuuluvat urakoitsijat mielellään yhteistyössä tilaajan kanssa. Kannustinjärjestelmälle muodostetaan työmaalla yhteiset pelisäännöt ja sopimusmallit, joita voidaan jonkin verran soveltaa urakoitsijakohtaisesti esimerkiksi bonus/sanktiomittarien osalta. Kannustinjärjestelmästä sovitaan jo urakkaneuvotteluvaiheessa ja urakoitsijan on sitouduttava siihen ennen sopimuksen tekemistä. [13]

Kannustinjärjestelmänä voidaan käyttää tavoitehintamallia. Tämä malli kannustaa kustannusten minimointiin, josta hyötyy pääurakoitsijan lisäksi myös aliurakoitsija, jos tavoitehinta alitetaan. Tavoitehintamallin ongelmana on kustannusrakenteen avaamisesta johtuva suuri hallinnollinen työ. [13]

Suoriteperusteinen ”puoliavoin” kokonaishintainen sopimusmalli on tältä osin parempi, koska siinä ei muodostu ylimääräistä hallinnollista työtä. Tässä mallissa alkuvaiheessa kustannuksia käsitellään avoimesta ja määritellään yhteisesti sovittu riskivaraus. Tätä riskivarausta ei sisällytetä urakoitsijan urakkasummaan vaan se lisätään urakan ”bonuspooliin”. Kustannusten alittuessa riskivaraus hyvitetään, ylittyessä se taas käytetään kustannusnousun peittämiseen. [13]



Kannustinjärjestelmänä voidaan käyttää myös laadullisiin mittareihin perustuvaa bonus/sanktiojärjestelmää. Tällöin urakalle määritellään tavoitteita ja mittareita, josta maksetaan bonuksia tai sanktioita urakoitsijalle. Tavoitteita voivat olla esimerkiksi ajallinen säästö, tuotelaatu tai työturvallisuus. [13]

### **Käännetty vaihe aikataulu (KVA)**

Rakennushankkeelle annetaan yleisaikataulu, jolla voidaan tarkastella hankkeen etenemistä. Yleisaikataulu ei ole kuitenkaan tarpeeksi tarkka eri töiden ohjaamiseen, vaan on tehtävä vaihe aikataulu, jossa rakentamisen eri vaiheet on aikataulutettu tarkemmin. [13]

Nykymallissa pääurakoitsija laatii aikataulut yksin ja mitoittaa tehtävät oman tietotaitonsa mukaan. Monesti vuorovaikutus urakoitsijoiden kanssa on heikkoa ja aikataulut eivät ole realistisia. Nykymalli ei myöskään sitouta työntekijöitä aikatauluun. [13]

Käännetty vaihe aikataulu (KVA) perustuu kaikkien projektiin osallistuvien osaamiseen hyödyntämiseen. Lähtökohtana KVA:n laatimiseen onkin, että se tehdään yhdessä kaikkien osapuolten (esimerkiksi suunnittelijat ja alihankkijat) kanssa. Tällä menetelmällä lisätään eri sidosryhmien ymmärtämistä heidän töidensä riippuvuudesta muihin töihin. Lopputuotteena on yksityiskohtainen ja toimiva aikataulu. [13]

Käännetyn vaihe aikataulun muodostus alkaa yhteisellä KVA-tilaisuudessa, jonka järjestää perinteisesti pääurakoitsija. Osapuolet kokoontuvat yhteen ja laativat suunnitelman käänteisesti välitavoitteesta kohti nykyhetkeä. Tilaisuutta varten osapuolet ovat tehneet valmistelemaa työtä: tilaisuuden järjestäjä on valmistellut neuvotteluhuoneen seinälle kalenterin, jossa näkyvät tavoite, sijainnit ja viikonpäivät tai viikot tietylle ajanjaksolle. Tilaisuuteen osallistujat taas ovat valmistelleet omat tehtävänsä valmiiksi, eli selvittäneet määrät, resurssitarpeen ja työsaavutukset. Suurin hyöty saadaan, jos tilaisuuteen osallistuvat aliurakoitsijoiden nokkamiehet, jotka konkreettisesti tekevät työn. [13]

Tilaisuudessa käytetään PostIt-lappuja, joita osapuolet täyttävät omien töidensä osalta. Voidaan sopia, että yksi lappu vastaa yhtä päivää aikataulussa. Täytettyjä lappuja kiinnitetään seinälle välitavoitteesta taaksepäin. Mallin ajatuksena on kysyä mikä on viimeisin työtehtävä, että välitavoite täyttyy. [13]

PostIt-laput muodostavat taululle riippuvuusketjun. Näitä aikoja tarkastellaan kriittisesti ja säädetään oikeiksi, että työt ja resurssit saadaan optimoitua suunnitellulle aikavälille. (Kuva 8) [13]

Tilaisuuden lopuksi taululla on valmis vaiheaikataulu, johon osallistujat sitoutuvat. Tämä aikataulu tehdään vielä sähköiseen muotoon, jona se on helppoa jakaa projektin eri osapuolille ja sitä on helppo valvoa. Aikatauluohjelman avulla aikataulu viimeistellään poistamalla resurssihiikit ja varmistetaan, että työt etenevät yhtenäisesti vaiheesta toiseen. [13]

KVA-tilaisuudella täytyy olla vetäjä, kuka huolehtii että tilaisuuden tarvoitteet täyttyvät, aikataulu saadaan laadittua ja välitavoitteet saadaan täytettyä. Tilaisuudesta on hyvä laatia pöytäkirja, mihin kirjataan tärkeimmät käsitellyt asiat ja päätökset. [13]



Kuva 8. Havainnekuva KVA-aikataulusta [13]

## Last Planner

Last Planner on menetelmä, joka on kehitetty tuotannon ohjaukseen. Last Planner kehitettiin 1990-luvulla Yhdysvalloissa. Lähtökohtana oli huomio, että

vain noin puolet viikkosuunnitelman tehtävistä saadaan keskimäärin tehtyä kyseisen viikon aikana. Menetelmän tavoitteena on tehdä työn kulusta ennustettavampaa sekä oppimisen kautta parantaa tuotannon ohjauksen systeemiä. [13]

Last Planner pyrkii häiriöttömään tuotantoon. Häiriötön tuotanto pyritään saavuttamaan osallistamalla avainhenkilöitä yhteiseen aikataulusuunnitteluun, keskittymällä esteiden poistamiseen, lupaamalla toteuttaa viikkosuunnitelmiin asetetut aikataulutehtävät sekä mitata viikkosuunnitelmien luotettavuus ja analysoida poikkeamat, jotta tuotannon ohjauksen systeemiä voidaan parantaa ja kehittää. [13]

Last Plannerissa tehtävien toteutumisastetta mitataan PPC-luvulla (Percent Plan Complete), joka kertoo kuinka suuri prosentuaalinen osa viikkosuunnitelman tehtävistä on saatu kokonaisuudessaan tehtyä. PPC-luku kertoo vaan täysin valmiiksi saadut tehtävät. Mitä suurempi PPC-luku, sitä korkeampi tuottavuus. Rakennustyömaan ohjauksessa alle 60% PPC tarkoittaa huonoa suoritustasoa, yli 80 % hyvää ja yli 85 % erinomaista suoritustasoa. Huomioitavaa PPC-luvussa on se, että vertailukohtana on aina alkuperäinen viikkosuunnitelma. Esimerkiksi tilanteessa, jossa viikkosuunnitelman tavoitteena on valmistaa 10 kappaletta tuotetta A, mutta todellisuudessa valmistetaan tuotetta B 50 kappaletta, niin PPC-luku on 0, vaikka tuottavuus alkuperäiseen suunnitelmaan olisi viisinkertainen. [13][14][15]

Last Planner koostuu viidestä vaiheesta.

1. Ensimmäinen vaihe on tuotannon yleissuunnittelu. Yleissuunnitelma tehdään neljän – kuuden viikon jaksolle, jolloin mahdolliset puutteet ja tuotannon esteet huomioidaan riittävän ajoissa.
2. Toisessa vaiheessa laaditaan tarkempi aikataulusuunnitelma. Suunnitelma tehdään sillä ajatuksella, että tehtävät tulee suoritettua mahdollisimman myöhään. Tarkempi aikataulusuunnitelma tehdään käänteisen vaiheaikataulun (KVA) mukaisesti.

3. Kolmannessa vaiheessa laaditaan keskipitkän tähtäimen suunnitelma, jossa ennustetaan tehtävien toteuttamisen olosuhteet. Tässä vaiheessa kartoitetaan ja eliminoidaan tehtävien suorittamista rajoittavat tekijät.
4. Neljäs vaihe on konkreettisen viikkosuunnitelman laatiminen. Viikkosuunnitelmaan hyväksytään ainoastaan sellaiset tehtävät, joiden suorittamisen edellytykset ovat varmasti kunnossa.
5. Viidennessä vaiheessa toteutuneita tehtäviä tarkastellaan suhteessa viikkosuunnitelmaan. Tätä suhdetta kuvataan PPC-luvulla. PPC-luvun määrittämisen avulla on tarkoitus oppia virheistä ja kehittää toimintaa sellaiseksi, että viikkosuunnittelman tehtävät tulisi suoritettua aina ajallaan. PPC-luvut ja poikkeamien syyt kannattaa esittää visuaalisesti, että korjaaviin toimenpiteisiin ryhdyttäisiin välittömästi.

Last Plannerista on eniten hyötyä silloin, kun työmaalla on useita työryhmiä tekemässä toisiinsa riippuvuussuhteessa olevia töitä. [15]

### **3.3 Lean betonielementtitehdas-ympäristössä**

Lean-tuotanto on nykyisin yleinen toimintamalli betoni-elementtiteollisuudessa. Case-tutkimuksia lean-tuotannosta betonielementtitehtailla on tehty niin Yhdysvalloissa kuin Singaporessa sekä Suomessa.

Yhdysvalloissa lean-tuotannon hyötyjä tutkittiin vuonna 2006. Jo tuolloin kahdeksan kymmenestä 150 Yhdysvaltojen betonielementtivalmistajasta hyödynsi lean-tuotantoa päivittäisessä tekemisessään. Tutkimuksissa kerrotaan, että lean-tuotannon hyödyt olivat jopa 20 prosentin nousu työntekijän tehokkaassa työajassa vuodessa, 50 % nousu työn tuottavuudessa ja 50 prosentin lasku työn virheissä ja korjauskustannuksissa. Samassa tutkimuksessa kerrottiin tehtaasta, jossa märkien massojen tuotteissa tuottavuutta saatiin parannettua 48 prosenttia ja ontelolaattatuotannossa 18 prosenttia lean-tuotannon ansioista. Erään toisen tehtaan palkkituotannossa saatiin jopa 50 prosentin tuottavuuden kasvu. [21]

Singaporessa tehdyssä tutkimuksessa tutkittiin voidaanko betonielementtitehtaan tuottamia hiilipäästöjä pienentää käyttämällä lean-

tuotantoa prosessissa. Tulos oli, että hiilijalanjälkeä saadaan laskettua selkeästi, jos lean-tuotanto saadaan vakioitumaan tuotantoon. Hiilipäästöt putoaisivat muun muassa raaka-aineiden tehokkaammalla käytöllä, raaka-ainehukan pienennyksellä, lopputuotteen laadun parantamisella, ja tätä kautta korjauksista johtuvien raaka-aineiden kulutuksen pienennyksellä, sekä kaikkien suunnittele mattomien tuotantojärjestelyjen poistumisen takia. Tutkimuksessa todettiin, että hiilipäästöjä voitaisiin laskea jopa 8,3 prosenttia pelkästään toimintatavan muutoksilla. [22]

Suomessa lean-tuotannon mahdollisuuksia tuotannonkehityksessä on tutkittu opinnäytetöiden ja diplomitöiden saralla. Alla muutama case-esimerkki.

Joonas Mäkiranta on tutkinut opinnäytetyössään betoniputkituotantolinjan kehittämistä Lean 5S-menetelmän avulla Ruskon Betoni Oy:n tehtailla. Tutkimuksen tuloksena todettiin, että 5S-menetelmän käyttöönotolla voitaisiin saavuttaa tehtailla parempaa työturvallisuutta, toimintojen suunnitelmallisuutta, parantunutta tuottavuutta ja laatua sekä parempaa henkilöstön työmoraaalia ja motivaatiota. [23]

Niko Oksman tutki opinnäytetyössään tuotannonkehitystä lean-menetelmillä Pielisen Betoni Oy:n elementtiehtaalla. Tärkeimmät havainnot työstä olivat muun muassa koneiden ennakkohuollon tärkeys prosessin toimivuuden kannalta ja 5S-menetelmän hyödyt tuotannon hukan poistossa. [24]

Panu Ruokokoski tutki betonielementtitehtaan tuottavuuden kehittämistä Betonimestareiden Nastolan tehtaalla. Suurimpia ongelmia olivat odotusajat ja vaihtelu sekä vaihtelusta johtuvat häiriöt. Ongelmien poistamiseen suositeltiin leanin mukaisesti muun muassa visualisointia ja PCB-työkalua (Production Control Board), joka on Last Plannerista jalostettu työkalu. [15]

Lean-menetelmien implementoinnista löytyy paljon tutkimuksia, opinnäytetöitä sekä diplomitöitä. Lähes poikkeuksetta lean-tuotannon työkalut nähdään suureksi kehitystyökaluksi jokaisessa työn kohteessa.

Lean-menetelmillä betoniteollisuudessa voidaan vähentää jätteen määrää, alentaa kustannuksia, lyhentää valmistus- ja toimitusaikaa, helpottaa työtä,

kasvattaa tuottavuutta, parantaa laatua, kasvattaa asiakkaan kokemaa arvoa, vähentää tilantarvetta sekä kehittää turvallista toimintaa ja kestäväää kehitystä. Leanin käyttöönotto nähdään helpommaksi betonielementtitehtailla kuin esimerkiksi rakennustyömailla. Tämä johtuu siitä, että tehdasympäristö muistuttaa enemmän kokoonpanotuotantoa. Betonielementti-teollisuuden haaste on kuitenkin se, että tuotteet ovat yleensä yksilöllisiä eikä läheskään kaikkea voida tehdä sarjatuotantona. [15]

## **4 Tutkimusmenetelmät**

Tutkimuksessa käytettiin kahta menetelmää, jotka olivat havainnointitutkimus ja lean-työkalu nimeltä Gemba-kävely. Havainnointitutkimus keskittyi kokonaisuuden havainnointiin, kun taas gemba-kävelyssä tarkasteltiin yksittäistä prosessin osaa kerrallaan.

### **4.1 Havainnointitutkimus**

Havainnointi on käyttäjätutkimuksessa käytetty menetelmä, jossa havainnoidaan ihmisiä tai asioita luonnollisissa tilanteissa ja aidoissa ympäristöissä (Kuva 9). Tämän tutkimuksen havainnointiympäristönä toimii työpaikka, betonielementtitehdasympäristö, tarkemmin ottaen ontelolaattatuotannon tilat. [17]

Havainnoinnin tavoitteena on ymmärtää ihmisten toimintaa ja sen sisältämiä merkityksiä tietyssä ympäristössä. Tässä tutkimuksessa havainnoidaan myös koneiden ja laitteiden toimintaa osana prosessia. [17]

Havainnointia voidaan myös kutsua etnografiaksi, observoinniksi tai kenttätutkimukseksi. Havainnoinnissa yhdistyvät sekä tiedollinen ja taidollinen osaaminen tuottamaan sellaista tietoa, jota ei tavoiteta pelkästään kirjallisin perustein. Havainnointi voi olla kvantitatiivista ja kvalitatiivista tutkimusta. Havainnointi on tiedonkeruuta ja on tärkeää havaita mitä todellisuudessa tapahtuu. Tieteellinen havainnointi ei ole satunnaista katselemista vaan systemaattista tarkkailua. [18][19]

Havainnointi voidaan jakaa osallistuvaan ja ei-osallistuvaan, suoraan havainnointiin. Erona näissä muodoissa on tutkijan rooli, onko hän aktiivinen

toiminnassa vai pitäytyykö pelkkänä havainnoijana prosessin ulkopuolella. Tarkemmin tutkijan rooli voidaan jakaa täysin osallistuvaan, osallistuja havainnoitsijana, havainnoitsija osallistujana tai täysin havainnoitsijana. Tässä tutkimuksessa toimin osallistujan havainnoitsijana roolissa, osaston työnjohtajana. [17][18]

Tutkittavat tapahtuvat voivat kohdistua tapahtumiin, käyttäytymiseen tai fyysisiin kohteisiin. Havainnointitekniikassa voi olla variaatiota. Tutkimus voi olla systemaattista ja standardoitua (erittäin pitkälle strukturoitua ja jäseneltyä) tai ei-systemaattista (joustavaa ja väljää). Systemaattinen havainnointi edellyttää, että tutkija jäsentee ongelmansa ennen havainnointia ja laatii sitten tutkimuksessaan tutkimusongelmasta riippuvia luokitteluja. Tutkittavasta alueesta täytyy olla jo ennestään sellaista tietoa, että voidaan päättää ja milloin havainnoidaan. [17]

Tutkijan täytyy ymmärtää prosessia, että hän saa tarkan käsityksen mitä hänen tekemänsä havainnot todellisuudessa kertovat. Havainnot eivät välttämättä suoraan osoita asioita, vaan ne on osattava yhdistää osaan prosessia.

Havainnointimenetelmiä arvostellaan siitä syystä, että havainnoija saattaa häiritä tutkittavaa tilannetta läsnäolollaan tai jopa muuttaa tutkittavaa tilannetta. Tätä ongelmaa voidaan helpottaa esimerkiksi käyttämällä videokameraa, ettei havainnoitsijan tarvitse olla samassa tilassa tutkittavien kanssa. Tässä tutkimuksessa ei muodostu ongelmaa havainnoinnista, koska olen itse luontainen osa työympäristöä, joten varsinaisesti mitään ulkopuolista tekijää ei ole häiritsemässä työn suorittamista. [17][18]



Kuva 9. Havainnointi aineistonhankintamenetelmänä.

## 4.2 Gemba-kävely

Gemba-kävely voidaan tulkita sekä tutkimusmenetelmäksi, että lean-työkaluksi. Yksinkertaistettuna Gemba tarkoittaa henkilökohtaista työn tarkkailua. Gemba tulee japanin kielen sanasta gembutsu, joka tarkoittaa joko todellista asiaa tai todellista paikkaa. [16]

Gemba-kävelyn tarkoitus on pitää johto mukana lattiataason työssä. Tämä tarkoittaa sitä, että johdon on aina ajoittain jalkauduttava tuotantoon tarkkailemaan prosessia. Tällä halutaan varmistaa, että kaizenin mukainen jatkuva parantaminen oikeasti tapahtuu muuallakin kuin johtajien visioissa. [16]

Gemba-kävely vaatii johdolta irrottamaan aikataulustaan 10-15 minuuttia tasaisin väliajoin tapaamaan tuotannon työntekijöitä. Ajatuksena on, että kierroksella keskustellaan linjojen esimiesten ja nokkamiesten kanssa kuinka prosessi toimii ja kuinka se suoriutuu. Ajatuksena on, että prosessien nokkamiehet ovat oman prosessinsa asiantuntijoita ja heidän tietoaan pitää käyttää hyväksi prosessin kehittämisessä. [16]

Gemba-kävelyn tarkoitus on ennen kaikkea tarkkailla prosessia ja sen toimintaa. Se ei tarkoita, että pitäisi puhua prosessin ongelmista ja tarjota ratkaisuja tai kritisoida prosessia tai kuunnella työntekijöiden valituksia. Kävelyn päätarkoituksena on pidettävä prosessin tarkkailu ja sen syvempi oppiminen. [16]

Tärkeää on nähdä tuotanto toiminnassa normaalitilassa. Gemba-kävelyssä on oltava mahdollisuus seurata prosessia myös ilman häiritsevää keskustelua muiden kanssa. Tästä voi seurata uusia ideoita ja innovaatioita, kun prosessia saa seurata rauhassa. [16]

Gemba-kävely sotketaan ajoittain MBWA- kävelyyn (management by wandering around), jossa johto jalkautuu tuotantoon. Erona tässä on se, että MBWA-kävelyssä pyritään ratkaisemaan prosessin ongelmia, kun taas Gemba-kävelyssä keskitytään prosessiin tutustumiseen ja tutkimiseen. [16]



Gemba-kävely on tuotantoon jalkautumista. Tärkeää on nähdä miten työ oikeasti tapahtuu, ymmärtää tapahtuvaa työtä, kysyä kysymyksiä ja oppia. Gemba-kävelyssä kiteytyy lean-johtaminen. [16]

### **4.3 Tutkimuksen toteutus**

Tutkimus toteutetaan havainnointitutkimuksena sekä gembakävelynä. Tutkimusaika on marraskuu 2017 – Helmikuu 2018. Marras-, joului- ja tammikuu seuran prosessia omasta asemastani osaston työnjohtajana ja teen viikkotasolla havaintoja suurimmista hukun aiheuttajista. Helmikuussa teen gembakävelyn, jossa vietän yhden viikon purkajan ja sahurin tehtäviä seuraten sekä yhden viikon varustelijan ja valurin tehtäviä tarkastellen.

## **5 Tutkimusaineisto**

Tutkimusaineisto koostui havainnointitutkimuksen havainnoista yhteensä seitsemän viikon ajalta ja gembakävelyn havainnoista kahden viikon ajalta.

### **5.2 Havainnointitutkimus**

Havainnointitutkimus suoritettiin aikavälillä 4/2017 – 5/2018. Tutkimuksen tuloksia koottiin päivittäin postit-lapuille, joista kokosin havainnot viikoittain taulukkoon. Kaikkia mahdollisia pieniä häiriöitä ei taulukoissa ole, mutta kaikkein suurimmat hukatekijät on kirjattu ylös.

Hukatekijät on jaoteltu seitsemään eri luokkaan: laitteisiin ja koneisiin, väärin työntapoihin, työn suunnitteluun, työn johtamiseen, materiaaleihin, lastaukseen ja kuormien ulosajoon sekä tuotannon infrastruktuuriin. Yksi häiriö/hukka voi johtua useasta luokasta, joten se voi olla merkittynä useampaan kuin yhteen luokkaan.

Havaintoja on tehty työvuorojeni mukaan, joten työskennellessäni aamuvuorossa havainnot ovat väliltä kello 6 – 14 ja iltavuorossa 10 -18. Havainnoiksi olen merkannut ainoastaan omat havainnot eli työaikani ulkopuolella olleet ongelmat eivät ole tutkimuksessa mukana.

## Viikko 48

Viikko 48: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
4	4	1	3	0	3	2
23,5	23,5	5,9	17,6	0,0	17,6	11,8 %
Havaintoja yhteensä		17				

Viikon 48 suurimmat häiriötekijät olivat laitteet ja koneet sekä lastaus ja kuormien ulosajo.

Konehäiriöitä olivat maanantain 500- ja 320-valukoneen rikkoutumiset, lukin huolto keskiviikkona ja porapuomin sähkövika perjantaina. Tiistain häiriötekijänä oli kamipalojen (linjan aloitus- ja lopetuspalat sekä kavennetusta laatasta jäävä jätepala) ajo, joka johtui ontelovalukoneiden toimimattomuudesta sekä työn johtamisesta, että valuja ei lopetettu aiemmin, kun koneet eivät tehneet laattaa.

Lastaus ja kuormien ulosajo vaikutti suoraan linjojen purkuun ja tätä kautta linjojen varusteluun sekä valujen aloitukseen. Tiistaina heikon ulosajon syynä oli lukin huolto, torstaina ja perjantaina hallin tyhjentäminen ei onnistunut pääosin autojen lastausten takia. Autojen lastauksiin voidaan vaikuttaa suuresti lastausten aikataulun suunnittelulla.

Vääriin työtapoihin kuului 320-koneen hierontapalkiston heikko pesu edelliseltä viikolta, joka myötävaikutti koneen rikkoutumiseen. Yhtä lailla koneen tarkastamatta jättäminen ennen valua ei ole oikean toimintatavan mukaista. Vääriin työtapoihin kuului myös valumiesten samaan aikaan tauolle lähtö, josta syystä tuotantoprosessi pysähtyi hetkeksi (toinen valumies olisi voinut ryhtyä koneen kääntöön ja seuraavan valun aloittamiseen).

Ontelohallin myllyn päässä on käytössä yksi siltanosturi, jota parhaillaan pyrkii käyttämään varustelija, sahuri ja kunnossapidon työntekijä. Työn suunnittelu onkin tärkeää varsinkin kunnossapitotöiden osalta, milloin nosturi on käytettävissä ja milloin se häiritsee vähiten tuotantoprosessia.

Tuotannon infrastruktuuriin vaikutti raskaimmille laatoille tarkoitetut keinusakset, joita käytetään linjan purussa. Nostosaksien ketjut ovat niin pitkät, ettei pitkiä ja raskaita 500-laattoja pysty purkamaan välikuljettimen yli. Tästä syystä torstain kolmannen tuotantolinjan purku viivästyi.

Juurisyyinä konerikoille voidaan pitää heikkoa koneen pesua sekä tarkastustoiminnan puutteellisuutta. Työnjohdon pitäisi tarkastaa koneen puhtaus joka aamu edellisten illan valujen jälkeen, mutta tässä tapauksessa tarkastus oli jäänyt tekemättä. Yhtä lailla valumiesten kuuluisi tarkastaa koneen puhtaus ennen valun aloitusta.

Lastauksen ja kuormien ulosajolta suurin juurisyy on lastausten ajoituksen suunnittelun puute ja lukin huollon huono ajankohta. Lastausten ajoituksella myös huollolle olisi saatu suunniteltua sellainen väli, jossa se ei olisi häirinnyt tuotantoa.

Myllyn päässä olevalla nosturilla on jatkuvasti useampi käyttäjä, joten nosturin käyttöä olisi optimoitava hyvällä työnsuunnittelulla. Kunnossapidon pitäisi suunnitella enemmän nosturia tarvitsevat työvaiheet siten, etteivät ne häiritse tuotantoprosessia.

Liian pitkillä ketjuilla olevat keinusakset ovat väärä nostoväline näissä tuotantotiloissa.

## Viikko 49

Viikko 49: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
1	0	2	1	0	1	3
5,9	0,0	11,8	5,9	0,0	5,9	17,6 %
Havainnot yhteensä		8				

Tuotannollisesti viikko 49 oli huomattavasti parempi edellisviikkoon nähden ja tästä syystä häiriöhavainnot tuli vähemmän. Mitään yksittäistä osa-aluetta ei voida nostaa tällä viikolla ylitse muiden.

Kone- ja laiterikkoja tuli viikolla vain yksi. Välikuljettimen annossuppilon tukirauta katkesi maanantaina. Tästä seurasi lyhyt katko valuissa, jolla ei ollut suurempaa vaikutusta kyseiseen tai tuleviin päiviin.

Maanantaina yhden tuotantolinjan purku myöhästyi, koska linjaa ei päästy täysin purkamaan siitä syystä, että raskaita 500-laattoja ei pysty ajamaan välikuljettimen yli. Tämän seurauksena päivän neljäs valu alkoi normaalia myöhemmin ja kyseisen linjan laukaisu myöhästyi sen verran, että sahausprosessi pysähtyi tiistaina. Tähän ongelmaan juurisyynä oli väärä nostoväline, sama syy kuin edellisellä viikolla.

Tiistaina ensimmäiset kolme linjaa oli saatu sahattua kello 10 mennessä, mutta viimeistä linjaa jouduttiin odottamaan niin kauan, ettei aamuvuoron sahuri ehtinyt sahata linjaa loppuun. Sahausprosessi pysähtyi edellisten päivien ongelmien sekä laukaisuajan pituuden takia. Tiistaina lukkikuski tuli töihin vuoronsa mukaisesti kello 6, mutta talvisesta säästä johtuen hän joutui tekemään valmistelevia töitä noin tunnin, ennen kuin pääsi ajamaan kuormia ulos hallista. Paremmalla lukkitoiminnan ennakoimisella tämäkin oltaisiin voitu estää.

Läpi viikon oli havaittavissa, että aamuvuoron purkajan ja sahurin lähdettyä töistä, ei kukaan jatkanut automaattisesti heidän tehtäviään. Tässä korostuu työnjohdon tärkeys työn ohjaamisessa; työnjohdon on huolehdittava prosessin jatkuvuudesta tehtäviä jakamalla ja niitä valvomalla.

## Viikko 50

Viikko 50: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
5	2	1	4	1	1	3
29,4	11,8	5,9	23,5	5,9	5,9	17,6 %
Havaintoja yhteensä		17				

Viikolla 50 suurimmat hukan aiheuttajat olivat laitteet ja koneet sekä työn johtaminen.

Konkreettisia konerikkoja olivat maanantaina ontelolaattasahan vesiletkun rikkoutuminen, 370-valukoneen epäkunto, porapuomin sähköviat sekä porakoneen istukan hajoaminen ja 500-koneen rikkoutuminen. Näistä rikoista ainakin sahan vesiletkun korjaaminen menee myös työn johtamisen piikkiin, koska sahaa ei vaihdettu ajoissa, vaikka tiedettiin, että vesiletkun korjaamisessa menee useampi tunti. 500-koneen rikkoutumiseen myötävaikutti huonosti suoritettu koneen pesu, joka menee vääriin työtappoihin ja johtamiseen, koska koneen puhtautta ei oltu tarkastettu työnjohdon toimesta.

Työn johtamisen osalta jo viime viikolla havaittu sahauksen ja purun jatkuminen aamuvuoron henkilöstön lähdettyä töistä. Tämän hukkatyyppin toistuessaa on toimittava sillä oletuksella, ettei töiden jatkaminen ei suju omatoimisesta vaan vaatii työnjohdon ohjausta. Työn suunnittelun osalta keskiviikkona valettu sekapeti hidastaa purkua. Sekapeti jouduttiin valamaan tilanteen pakosta, koska tilauskannasta ei löytynyt toista laattatyyppiä ja nämä laatat oli valettava ennen joululomataukoa.

Materiaalien osalta punosten loppuminen vaikuttaa varustelun kestoon negatiivisella tavalla. Ongelman juurisyynä on punoksen markkinatilanne, ettei punosta saada tällä hetkellä vaikka tilattaisiin hyvissä ajoin ennen toimitusta. Tuotannon materiaaleista punosten osalta pitäisi aina pyrkiä siihen, että punoskeloja tuotannossa on sen verran, että kaikki punostukset voidaan suorittaa maksimissaan kahdella vedolla. (11 kela oltava käytössä)

Tuotannon infrastruktuuriin hukaksi tulee tilanne, jossa purkaja alkoi tehdä kuormaa uloimmille vaunuille ja viimeistä laattaa nostaessaan huomattiin, että laatta on poikki. Tämä tapahtui maanantaina ja kyseessä oli kutistumiskatkeama. Normaalitilanteessa kuorma olisi laitettu vajaana ulos, mutta tässä tapauksessa kuorma oli lähdössä työmaalle seuraavana päivänä ja uusi laatta piti saada tilalle. Kuormien ulosajo pysähtyi siksi aikaa, kunnes saatiin uusi laatta tehtyä.

## Viikko 51

Viikko 51: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
0	3	1	2	0	0	1
0,0	17,6	5,9	11,8	0,0	0,0	5,9 %
Havaintoja yhteensä		7				

Viikko 51 oli vajaa viikko, joten havaintoja on vain kolmelta päivältä. Suurimmaksi hukaksi muodostuivat mittavirheet, joita oli kolmena päivänä viikon aikana. Mittavirheistä seurasi sahausprosessin pysähtyminen, koska sahuri joutui mitoittamaan linjaa uudestaan. Tämä vaikutti suoraan myös tuleviin työvaiheisiin. Pahimmassa tapauksessa jouduttiin ajamaan vajaita kuormia varastoon siitä syystä, että uudelleenmitoituksellakaan ei pystytty pelastamaan kaikkia laattoja ja saatu täysiä kuormia. Mittavirheisiin pystytään vaikuttamaan hyvällä valaistuksella, selkeillä kuvilla ja tarpeeksi isolla fontilla esitetyillä numeroilla. Näistä ainakin valaistus valukoneen yhteydessä vaatii parannusta. Työnjohto huolehtii valmistuskuvien tulostuksen yhteydessä, että kuvat ovat selkeitä ja helposti ymmärrettäviä.

Toinen selkeä hukkatekijä oli yhden iltavuoron työntekijän poissaolo. Tämän juurisyynä on varamiesten puute, joita voitaisiin hyödyntää esimerkiksi sairauslomatilanteissa. Hyvällä työn suunnittelulla ja johtamisella voidaan estää tällaiset tilanteet tulevilta päiviltä.

Edellisinä viikkoinakin ilmennyt myllynpään nosturin usea käyttäjä muodosti pullonkaulan useana päivänä tällä viikolla.

### Viikko 3

Viikko 3: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
7	2	1	4	1	0	2
41,2	11,8	5,9	23,5	5,9	0,0	11,8 %
Havaintoja yhteensä		17				

Viikolla kolme selvimmiksi hukan aiheuttajaksi tai häiriötekijöiksi voidaan nimetä koneet ja laitteet, väärät työtavat sekä työn johtaminen. Viikoilla 52, 1 ja 2 ei ollut tuotantoa ja tästä syystä ei myöskään havaintoja.

Joulupyhien yhteydessä ontelolaattatuotannon betoniaseman sekoitin vaihdettiin ja ensimmäisissä uudella sekoittimella valetuissa tuotantolinjoissa aiheutui joitakin häiriöitä. Ennen varsinaisen tuotannon aloitusta suoritettiin yksi testivalu viikolla kaksi.

Kaksi kertaa myllätty betonimassa oli niin kuivaa, että massa holvaantui valukoneeseen ja tätä tukosta jouduttiin selvittämään. Keskiviikkona kiviainekset holvaantuivat siiloon. Maanantaina valukoneen virtapistoke rikkoutui, mutta se itsessään ei pysäyttänyt valua tai aiheuttanut katkoa tuotannossa. Valun jälkeen valukoneen virtapistoke vaihdettiin, mutta sähköjohdot kytkettiin väärinpäin, jolloin seuraavan valun alussa valukoneen ruuvit pakkasivat massaa väärään suuntaan ja holvasivat betonimassan ontelokoneeseen. Tältä olisi vältytty, jos ruuvien pyörimissuunta olisi tarkastettu vielä ennen valun aloitusta. Tilanteen jälkeen päästiin valamaan, mutta kone ei tehnyt enää tässä vaiheessa laattaa vaan valu oli jätettävä kesken. Massan holvaannuttua koneeseen hiertopalkiston ketju rikkoutui koneesta, jota korjattiin illalla.

Tiistaiamuna valukone oli saatu kuntoon ja jatkettiin kesken jäänyttä valua, mutta jo valun aloituksen yhteydessä ongelmaksi muodostui se, että iltavuorossa punosohjurikelkka oli jätetty siihen mihin valu oli edellisenä iltana

jäänyt ja tästä syystä se piti piikata irti betonista ja siirtää ensimmäisenä aamulla. Tämä häiriö menee vääriin työtapoihin sekä johtamiseen.

Uudesta sekoittimesta johtuen betonimassa oli jälleen niin kuivaa, että se holvaantui valukoneen kuoppaan. Valukoneen kuoppaa tyhjennettäessä kuoppa laskettiin pyöräkoneen kauhan päälle, jolloin yksi tukirauta petti. Valua päästiin jatkamaan tukiraudan hitsauksen jälkeen.

Maanantain ja tiistain ongelmien takia petien laukaisu viivästyy sen verran keskiviikkona, ettei sahuri pääse sahaamaan ennen kello 6. Kaikki muut työvaiheet pysähtyvät myös tästä syystä. Pitkä laukaisuaika aiheuttaa sen, että nykymallilla ensimmäisen valun viivästyminen vaikuttaa paljon kaikkiin tuleviin päiviin. Keskiviikkona illalla 500-valu ei onnistu, koska kone rikkoo kantta.

Torstiaamuna yritetään jatkaa 500-valua ja kone saadaan tekemään laattaa. Ongelmat ilmestyvät jälleen, mutta valumieheltä ei tule tietoa työnjohdolle eikä myllylle ennen kuin ollaan valettu yli kymmenen metriä huonolaatuista laattaa. Valu epäonnistuu. Syynä betonimassan vaihtelu ja valukoneen säädöt, joita piti muuttaa uudelle betonimassalle.

Vallitsevana toimintapana on ollut, että valun alussa pyydetään kaksi annosta myllyltä ja tämän jälkeen korjataan massan kosteutta tarpeen mukaan. Havaittiin, että massan laatu heittelee niin paljon, että muutetaan toimintatapa aloituksessa yhteen annokseen, josta valumies informoi myllyä ja muutokset tehdään välittömästi toiseen annokseen.

Torstaina suunnitellaan kolmea 370-valua, mutta näistä ei voida valaa kuin kaksi, koska päätykampeja ei riitä kuin kahdelle linjalle.



## Viikko 4

Viikko 4: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
2	3	5	4	1	0	1
11,8	17,6	29,4	23,5	5,9	0,0	5,9 %
Havaintoja yhteensä		16				

Viikolla 4 ontelolaattatuotannossa otettiin käyttöön uusi työaikamalli, jossa valuaikaa lyhennettiin neljällä tunnilla. Ennen valuaika oli kello 6 - 22, kun nykyisin valetaan kello 6 -18. Työntekijöiden määrä laskettiin yhdeksästä työntekijästä seitsemään.

Maanantaina kaksi työntekijää oli poissa töistä, joista toinen oli poissa iltavuorosta. Valut jäävät tästä syystä kahteen, koska illalla ei ole kuin yksi työntekijä töissä.

Tiistaina yritetään valaa 370-laattaa, mutta valaminen ei onnistu. Havaitaan, että valukoneen ruuvit ovat erittäin kuluneet ja massakourut täysin loppu. Massakourut määrätään vaihdettavaksi. Illalla huomataan, ettei tehtaalla ole 370-koneelle tarkoitettuja massakouruja, vaan on otettava matalammalle laatalle tarkoitettuja kouruja ja muokattava näistä sopivat. Aamulla yritetään valaa 370-laattaa, ei onnistuta. Konetta säätämällä ja betonireseptiä muutamalla saadaan lopulta valu onnistumaan. Juurisyynä väärä betoniresepti, ennakkohuollon puute ja tarpeellisten varaosien varastoinnin puute.

Keskiviikkona valetut nostolenkit on valettu väärin. Nostolenkkimassaa on nostolenkkirei'issä liian vähän. Nämä joudutaan korjaamaan torstaina. Syynä hukalle on väärä työtapa.

Tuotannon infrastruktuuriin tulee edellisillä viikoillakin esiintynyt laukaisuaikojen vaikutus päiväkiertoon ja yksittäin 500-koneen punosohjurikelkka.

Tuotannon suunnittelun osalta perjantain kolmannen valun varustelu viivästyy, koska varusteltavalla pedillä on paljon kamipaloja kavennetuista laatoista johtuen. Tuotannon suunnittelulla ja jakamalla kavennetut laatat tasaisemmin valettavien linjojen kesken.

Perjantaina kolme henkilöä olivat valamassa samaan aikaan reiätöntä petiä, kun yksi olisi voinut alkaa purkamaan seuraavaa linjaa ja toinen valmistelemaan toista valukonetta seuraavaa valua varten. Tällaisesta hukasta päästään aktiivisella työn johtamisella.

Perjantai-iltana purkajalta tulee tieto välipuiden loppumisesta. Uudet välipuut saadaan nopeasti, joten tämä ei vaikuta merkittävästi tuotantoon. Loppuvasta materiaalista, tai tässä tapauksessa jo loppuneesta materiaalista, tuli tieto liian myöhään, joten tämä hukka menee materiaaleihin sekä vääriin toimintatapoihin.

## Viikko 5

Viikko 5: Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
2	6	9	7	1	1	6
11,8	35,3	52,9	41,2	5,9	5,9	35,3 %
Havaintoja yhteensä		32				

Maanantaina hukan aiheuttajiksi muodostuivat viikonlopun jäljiltä tulleet kutistumiskatkeamat, perjantaina valetuista kavennetuista laatoista tulleet kamipalat sekä vinopäälaattaa nostaessa irronnut nostolenkki.

Kutistumiskatkeamat johtuivat siitä, että perjantaina valetut linjat sahataan vasta maanantaina. Linjoihin oli tehty asianmukaiset petikatkot ja lauantaina linjat laukaistiin ajoissa, mutta silti kutistumiskatkeamia oli ilmestynyt. Ongelmana kutistumiskatkeamista päästäisiin eroon joko sahaamalla pedit jo lauantaina tai sillä, että saataisiin hyväksytyt korjaustapa tällaisiin tapauksiin esimerkiksi injektoimalla tai umpeenvalulla. Nykyisin kutistumiskatkenneista laatoista sahataan lyhyempiä laattoja, josta seuraa vajaita kuormia varastoon.

Irronnut nostolenkki johtui vääränlaisesta nostolenkkimassasta. Tutkittaessa nostolenkin kohtaa, huomattiin, että karkeampi kiviaines puuttui nostolenkkimassasta kokonaan. Nostolenkkejä valaneelta valurilta kysyttäessä selvisi, että nostolenkkimassa oli ollut aivan liian notkeaa, mutta silti nostolenkki oli päätetty valaa sillä massalla. Juurisyynä väärä toimintatapa; liian märkä massa olisi pitänyt ajaa jäteastiaan ja valaa nostolenkki kunnollisella massalla. Tässäkin tapauksessa tästä laatasta sahattiin lyhyempi laatta.

Kavennettujen laattojen määrä oli ollut kahdessa pedissä suuri, johtuen kuormista, joissa oli paljon nostolenkkilaattoja. Nykyisin kamipalat ajetaan siltanosturilla linjan päähän yksi kerrallaan. Kamipalojen ajoa voitaisiin nopeuttaa niin, että kaikki palat nostettaisiin esimerkiksi lavalle ja ajettaisiin sitten yhdessä pois pediltä. Hyvällä tuotannosuunnittelulla voidaan estää liian monen kamipalan keskittymistä yhdelle linjalle.

Tiistaipäivän suurin hukka oli nostolenkkikoe, joka söi sekä miesresursseja että aikaa. Tämän lisäksi tiistaina ontelosaha hajosi viimeisen linjan sahauksen jälkeen ja kuorilaattakoneen havaittiin olevan epäkunnossa. Saha ja kuorilaattakone eivät aiheuttaneet kuitenkaan tuotantomenetyksiä kyseiselle päivälle.

Nostolenkkikokeessa jouduttiin valamaan kuusi kavennettua laattaa ja kaivamaan niihin nostolenkkireiät, lisäämään nostoapuvälineet sekä lisäraudoitukset. Työ itsessään vei aikaa melko paljon ja tämän lisäksi nostoapuvälineisiin ei päästy sitomaan lisärautoja kunnes tutkija oli mitannut nostolenkit. Lisäraudoitteiden sitominen tapahtui iltapäivästä, jolloin työntekijöitä ei ollut töissä enää kuin kolme, joten valua lukuun ottamatta muu prosessi pysähtyi.

Viikon alussa kuorilaattavalua suunniteltiin tälle viikolle sillä oletuksella, että kuorilaattakone on juuri huollettu toisella tehtaalla ja on täydessä valukunnossa. Kunnossapidon tarkastuksessa havaittiin, että kone ei ollut kunnossa ja moni osa vaati huoltoa, korjausta tai oli vaihdettava kokonaan. Kuorilaattavalun aloitus siirtyi viikolla eteenpäin.

Ontelosahasta hajosi teräkelkan noston hammasrattaat. Tämä ei itsessään aiheuttanut tuotantomenetyksiä, koska päivän sahaukset oli saatu jo tehtyä ja kone saatiin kuntoon keskiviikolle. Hammasrattaat oli vaihdettu neljä kuukautta sitten, joten niiden ei normaalitilanteessa olisi pitänyt rikkoutua vielä tässä vaiheessa. Rikkoutumiseen paljon myötävaikuttaa sahaustekniikka; liian nopealla ja aggressiivisella sahauksella osat rikkoutuvat nopeammin. Tätä voidaan pitää seurauksena väärästä toimintatavasta.

Keskiviikkona havaitut hukkatelijät olivat kavennettujen laattojen kamipalat, väärin varastoitujen eristelaattojen eristeiden repeytyminen, eristelaattojen väärästä kuormaustavasta johtuneet eristeiden irtoamiset sekä kylpyhuonelaatat.

Eristelaatat eivät aiheuttaneet tuotantomenetyksiä mutta aiheuttivat lisäkustannuksia työmaalta. Ensimmäisessä tapauksessa lukkikuski oli varastoinut kuorman väärin siten, että alimpien eristelaattojen eristeet olivat jäätyneet kiinni kuorman alla oleviin betoniporsaisiin. Kuormaa nostaessa eristeet repeytyivät. Uudet eristeet toimitettiin työmaalla, missä aliurakoitsija liimasi eristeet paikalleen. Toisessa tapauksessa eristelaatat oli tehty hallissa valmiiksi kuormaksi laittamatta kitkamuovia laattojen väliin. Tästä seurauksena ylemmän laatan eriste oli jäänyt ja liimautunut alempaan laatta siten, että se repeytyi laattaa nostaessa. Uudet eristeet toimitettiin työmaalle seuraavana päivänä seuraavan kuorman mukana. Molemmat hukkatilanteet johtuivat väärästä työtavasta ja toinen menee myös lastaukseen ja kuormien ulosajoon.

Keskiviikkona valussa oli kylpyhuonesyvennyksillä olevia ontelolaattoja, joita harvemmin valetaan Nastolassa. Kylpyhuonelaatat aiheuttivat sekaannusta työntekijöissä, koska aamuvuoron työnjohtaja ei ollut paikalla ohjaamassa työtä. Kylpyhuonelaatoista ei myöskään ole tehty työohjetta, joten tämän puolesta ei voitu tarkistaa oikeaa toimintatapaa työnjohtajan puuttuessa. Lisäksi kylpyhuonesyvennyksiin tarvittavia muotteja ei ollut tehty tarpeeksi aikaisin. Kylpyhuonelaattojen kaivaminen vie aikaa sekä työntekijäresurssia, mitä ei ollut otettu huomioon päiväsuunnittelussa. Lisäksi kaksi kuudesta kylpyhuonelaatasta oli mitoitettu väärin. Kylpyhuonelaattojen aiheuttamat hukkatyypit olivat työn suunnittelu, työn johtaminen sekä väärät työtavat.

Kylpyhuonelaattojen lisäksi edellispäivän kavennettujen laattojen kamipalat hidastivat varustelua.

Torstaina varustelija oli sairaana ja kukaan ei ollut alkanut varustelemaan ensimmäistä petiä ennen kuin valumies tuli töihin kello 6. Tämä johtui ohjeistuksen puutteesta, koska ei ole toimintamallia että esimerkiksi purkaja menisi varustelemaan jos varustelija on äkkinäisesti poissa.

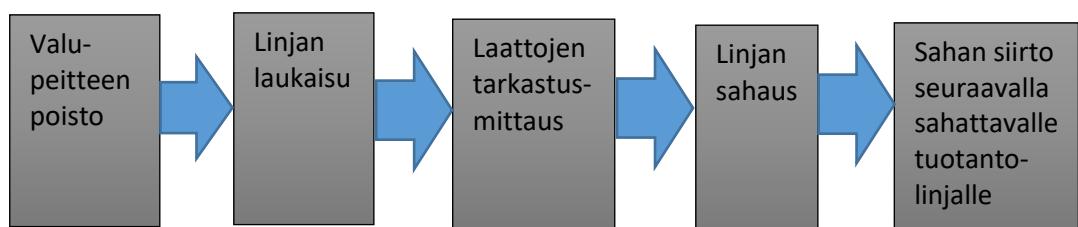
Ensimmäisen valun alussa betonimassa holvaantui valukuoppaan, koska kuoppa oli ajettu täyteen betonia vaikkei kone ollut vielä päällä. Tästä seurasi lyhyt katko valun alussa. Kyseessä oli väärä toimintatapa.

### 5.3 Gemba-kävely

Gemba-kävely toteutettiin siten, että sahurin ja purkajan työtä seurasin viikolla 7 ja varustelijan ja valurin työtä viikolla 8. Tässä luvussa kerrotaan kunkin työvaiheen etenemisestä ja toiminnasta ja myöhemmässä luvussa kirjaan ylös kunkin työvaiheen kriittiset vaiheet onnistumisen kannalta.

#### Sahaus

Sahaus on päiväkierrossa ensimmäinen ja tästä syystä tärkein työvaihe. Sahurin työvuoro alkaa kello 2 yöllä. Sahausprosessi ja sen aputyöt voidaan jakaa valupeitteen poistoon, linjan laukaisuun, laattojen tarkastusmittaukseen, linjan sahaukseen sekä sahan siirtoon seuraavalle sahattavalle tuotantolinjalle. (Kuva 10) Sama prosessi toistuu jokaisen sahattavan tuotantolinjan osalta.



Kuva 10. Sahausprosessi

Normaalitilanteessa ontelosaha on nostettu edellisenä päivänä ensimmäiselle sahattavalle pedille, joten sahaa ei tarvitse nostella linjalta toiselle päivän aluksi.

Saha on myös normaalitilanteessa toimintakunnossa heti vuoron alusta alkaen. (virtajohto kytketty, vesiletkut paikallaan, vedonpoisto paikallaan yms.)

Työpäivän aluksi sahuri poistaa valetun linjan päältä olevan peitteen ja laukaisee linjan. Tutkimuksen aikana sahuri poisti aluksi osan peitosta, että pääsi tekemään ensimmäisen leikon mahdollisimman nopeasti. Ensimmäinen leikko päästään leikkaamaan yleensä jo viiden minuutin kuluttua työvuoron alusta.

Sahuri tarkastaa valumiehen merkkamat laatan pituudet ja sahaa laatat oikeaan mittaansa. Tarvittaessa sahuri mitoittaa laatan uudestaan, jos laatta on mitattu väärin. Pahimmillaan sahuri joutuu mittaamaan useamman laatan uudestaan, jos mittavirhe on keskellä petiä. Joissain tilanteissa sahurin on odotettava työnjohdon töihin tulemistä, jos mittavirheen takia jostakin laatasta täytyy sahata lyhyempi laatta jota ei valuohjelmassa ole.

Sahuri pystyy tehokkaimmillaan sahan sahatessa poistamaan osan valupeitteestä laataston päältä ja samalla tarkistusmittaamaan seuraavan laatan, jolloin hän leikon sahauksen jälkeen pystyy ajamaan sahan seuraavalle leikkopaikalle ja sahaus jatkuu tehokkaana. Tarkastusmittauksen kesto nousee sahausajan määrittäväksi tekijäksi siinä vaiheessa, kun laattoja on linjassa enemmän kuin 15 kappaletta.

Linjan konkreettisen sahausajan keston määrittää laattatyyppi, laattojen lukumäärä ja kavennettujen ja vinopäälaattojen määrä. Tutkimuksen aikana sahattavat linjat olivat maksimissaan 15 laatan linjoja muutamalla kavennuksella. Tällaiset linjat saadaan normaalisti sahattua alle tunnissa. Tutkimuksen aikana sahattavia laattatyyppejä olivat ontelolaatoista BM40 ja kuorilaatoista KL120. BM40-laatat sahataan normaalisahauksella tai tuplasahauksella. Tuplasahausta joudutaan käyttämään, kun valettavassa linjassa on punoksia vähintään 10 kappaletta. BM40 laatan normaalisahaus kestää noin 1,5 minuuttia/leikko, kun taas tuplasahauksella leikon kesto on 2,5 minuuttia. KL120-laatan leikon sahaus kestää 1,5 minuuttia. Tähän lisätessä 30 sekuntia sahan siirtoaikaa leikosta toiselle saadaan arvioitu sahaus aika, kun lasketaan leikkomäärä ja kerrotaan leikon kestolla. Tarkempaa linjan

sahausaikaa aputöineen voidaan arvioida lisäämällä peitteen poistosta, linjan laukaisusta ja tarkastusmittauksesta 20 minuutin lisä laskettavaan sahausaikaan.

Tutkimuksessa havaittiin, että sahausprosessi pysyy normaalisti tehokkaana kahden ensimmäisen sahattavan pedin ajan. Tämä siitä syystä, että molemmat linjat ovat sahauskypsiä heti siinä vaiheessa, kun niitä päästäisiin aikaisimmillaan sahaamaan. Toisen ja kolmannen sahattavan pedin välille muodostuu odotusaikaa, kuten myös kolmannen ja neljännen sahattavan linjan välille. Sahauksen myöhästyessä myös purku myöhästyy.

Sahaus on tuotantoprosessin ensimmäinen vaihe ja sahaus onnistumiseen vaikuttaa ainoastaan linjan kypsyyden eli laukaisuaika, ontelosahan kunto ja toimivuus sekä valumiehen mitoittamien laattojen pituusmittojen oikeellisuus.

## **Purku**

Purkajan työ alkaa kello 2.30. Työ alkaa purkulistoihin tutustumalla ja omien merkintöjen lisäämisellä listoihin. Merkinnöissä voi olla esimerkiksi mitä laatoista siirretään tuotantohallin sivuun odottamaan kuorman täyttymistä tai tuleeko kuorma täyteen useasta valusta. Merkinnöillä tehostetaan purkua. Normaalisti purkaja tarkastaa listat noin kymmenessä minuutissa ja itse purku alkaa noin kello 2.45.

Purkajan tehtävänä on nostaa sahatut ontelolaatat purkualueella olevien vaunuparien päällä olevien pankkojen päälle ja kuormata valetuista laatoista rekkakuormia. Kuormat ajetaan ulosajovinsillä ulos, josta varastointilukki nostaa vaunujen päältä olevan kuorman pankkoineen ja vie lopulliseen elementtivarastoon.

Purku tapahtuu kahdella nosturilla tandem-nostona joko porapuomilla tai irtosaksilla. Pääsääntöisesti purku tapahtuu porapuomilla lukuun ottamatta pisimpiä ja raskaimpia laattoja, mihin porapuomin kapasiteetti ei riitä. Purkaja vastaa vesireikien poraamisesta laattoihin. Vesireiät porataan laattoihin joko porapuomilla tai pora-asemalla. Porapuomilla purkaessa vesireikien poraus tapahtuu osana nostoprosessia, pora-aseman kanssa laatat joudutaan erikseen

käyttämään pora-asemalla ja vasta tämän jälkeen laatat siirretään vaunuille. Porapuomilla purkaminen on tästä syystä tehokkaampaa kuin pora-aseman kautta purkaminen.

Kuorman tekeminen alkaa nostamalla kuormalistan mukainen alin laatta linjalta ja ajamalla se purkualueelle. Purkaja ajaa nosturia apuna käyttäen vaunut sopivalle etäisyydelle toisistaan, että pankot ovat noin 30 senttimetriä laatan päistä. Pankkojen päälle lisätään välipuut, jonka päälle lasketaan laatta. Seuraavaksi nostetaan toinen laatta edellisen viereen. Tämän jälkeen laattoja nostetaan päällekkäin kuorman mukainen määrä. Laattojen väliin laitetaan välipuut. Kuorman valmistuttua purkaja merkitsee kuormatunnuksen kuorman kylkeen, josta lukkikuski tietää että kuorman voi tulpata ja ajaa varastoon.

Tutkimuksen aikana havaittiin, että kahden ensimmäisen pedin purkaminen on tehokasta ja purkunosturi liikkuu koko ajan. Normaalitylanteessa lukkikuskin tullessa töihin kello 4, hallissa on jo kahdesta-kolmeen kuormaa jotka pystytään ajamaan varastoon. Tutkimuksen jokaisena päivänä kaksi linjaa oli saatu purettua aamukuuteen mennessä.

Purkajalla on käytössään 18 vaunua, joka tarkoittaa, että purkutilan riittäessä purkaja pystyy tekemään 9 kuormaa vaunuille. Tämä 9 kuormaa tarkoittaa keskimäärin kahta tuotantolinjallista laattoja. Toisen linjan purun jälkeen ulosajon tärkeys korostuu; saadaanko tyhjät vaunut pankotettua ja palautettua sisälle kuinka nopeasti, ettei linjan purkamisessa muodostu viivästyksiä.

Tutkimuksessa havaittiin, että ensimmäisen kahden tuotantolinjan purkamisen tehokkuuteen vaikuttaa ainoastaan sahauksen etumatka ja purkulaitteiston toimivuus. Laitteistolla tarkoitetaan porapuomia ja -asemaa. Tutkimuksen aikana porapuomi toimi moitteetta, mutta useasti juuri porapuomin viat hidastavat purun onnistumista.

Lukkikuskin toiminnan eli kuormien ulosajon vaikutus alkaa näkyä vasta kolmannen ja neljännen pedin purun aikana. Huonosti onnistunut kuormien ulosajo muodostaa tilanteen, että purkajalla ei ole vaunuja johon purkaa



kuormia ja pahimmillaan joudutaan vaan siirtelemään laattoja valettujen linjojen päälle. Tästä seuraa turhaa nostelua ja hukkaa.

Ajallisesti tutkimuksessa havaittiin, että porapuomilla purettaessa yhden laatan nostoon menee minimissään 3 minuuttia. Tämän ajan määrittää vesireikien poraus porapuomilla, joka päästään aloittamaan heti kun laatta on nostettu pedistä. Lisäksi purkumatka vaikuttaa noston keston, lyhyimmillään nosto kestää 3 minuuttia, mutta aivan tuotantolinjan alkupäässä olevien laattojen nosto vaunuille kestää 4 minuuttia laattaa kohden.

On huomiotava, että tutkimuksessa mitatut nostoajat ovat erittäin kokeneen työntekijän suorituksia, johon todennäköisesti muut purkajat eivät pääse. Tästä huolimatta tuotantolinjan purun pituutta voidaan arvioida kertomalla nostettavien elementtien määrä 4 tai 5 minuutilla/laatta, niin saadaan arvioitu purkuaika.

Tuotannon suunnittelulla on myös suuri vaikutus purkamisen tehokkuuteen. Tuotannon suunnittelulla on pyrittävä siihen, että kuorman laatat ovat oikeassa järjestyksessä peräkkäin valuohjelmassa. Tuotannonohjausjärjestelmä Eliplan syöttää laatat kuormausjärjestyksessä ohjelmaan purkamisen tehostamiseksi. Joissakin tilanteissa tuotantosuunnitelmat voivat olla sellaisia, joissa kuormat eivät valmistu yhdestä tuotantolinjasta, vaan on odotettava seuraavan linjan kypsymistä, että kuorma saadaan valmiiksi. Purkamisen kannalta tällaisia kuormia ei saisi tulla montaa kappaletta yhdestä pedistä. Tämä vaikuttaa purkamisen lisäksi kuormien ulosajoon.

## **Varustelu**

Varustelijan työvuoro alkaa kello 4. Tässä vaiheessa normaalitilanteessa ensimmäinen sahattava linja on sahattu ja purettu, joten varustelija pääsee aloittamaan varustelutyön välittömästi työvuoronsa alettua.

Varustelija tarkastaa valettavan laattatyypin ja punostuksen päivän valuohjelmista. Ennen varsinaisen varustelun alkua peti täytyy tyhjentää kamipaloista (aloitus- ja lopetuspalat, kavennetuista laatoista jääneet kavennuspalat) ja puhdistaa peti. Kamipalojen nosto tapahtuu siltanosturilla. Normaalisti jännityspäässä on nostettavana pelkästään lopetuspala, mutta

passiivipäässä nostettavana on aloituspala sekä mahdolliset kavennuspalat. Kamipalojen noston jälkeen alkaa varsinainen pedin puhdistaminen.

Varustelija puhdistaa tuotantolinjan ja sen viereiset petivälit varustelukoneella. Varustelukoneella ajetaan peti harjaten ja kaavarit petien välejä putsaten aktiivipäästä passiivipäähän päin. Ensimmäisen ajon jälkeen varustelija lapioi pediltä ja petien välistä tulleen betonijätteen ja lietteen betonijäteastiaan. Varustelijan on ajettava betonijäteastia linjan päähän purkunosturilla ja lapioinnin jälkeen ajettava astia pois pediltä. Peti täytyy puhdistaa vielä toisen kerran vedellä, että pedistä saadaan tarpeeksi puhdas. Tässä vaiheessa peti on puhdistettu ja varsinainen linjan varustelu alkaa.

Tuotantolinja öljytään tarkoituksenmukaisella muottiöljyllä. Myöttiöljy ruiskutetaan pedille varustelukoneella ja varustelukoneen takakumilla öljy levitetään tasaisesti pedille. Öljyämisen jälkeen varustelija asettaa oikean laattatyyppin päätykammatt tuotantolinjan päihin ja aloittaa punosten vedon. Varustelija vetää punokset varustelukoneella ja asettaa ne paikalleen päätykampoihin ja jännityspakkoihin. Punosten vedon jälkeen varustelija jännittää pedin ja tässä vaiheessa linja on valukunnossa. Normaalisti sama kierto jatkuu välittömästi seuraavan tuotantolinjan kohdalle.

Tutkimuksen aikana havaittiin, että tilanteessa, jossa laukaisu aika mahdollistaa petien sahauksen ja purun ajallaan, juuri varustelu on työvaihe, joka mitoittaa valun alkamisen ajankohdan. Varustelun onnistumiseen vaikuttaa suuresti kavennetuista laatoista jäävät kamipalat pedille. Varustelun suurin aika menee näiden kamipalojen ajoon.

Kamipalojen ajosta hankalaa tekee se, että ensimmäisen linjan varustelun jälkeen valu ja välikuljetin häiritsee kamipalojen nostoa. Tutkimuksessa havaittiin, että jos varustelija varustelee systemaattisesti kaksi petiä ja tämän jälkeen alkaa ajamaan kamipaloja pois seuraavan varusteltavan pedin päältä, niin valu ja välikuljetin ovat monesti juuri silloin edessä. Tästä syystä tehokkaan varustelun varmistamiseksi kamipalojen poiston pediltä voisi tehdä sahuri tai toinen valumies.

Varustelun kestoa on helppo arvioida ajallisesti tilanteissa, joissa pedillä ei ole aloitus- ja lopetuspalan lisäksi kamipaloja. Aloitus- ja lopetuspalojen poistoon menee 10 minuuttia, pedin puhdistamiseen 30 minuuttia, öljyämiseen 5 minuuttia ja punosten vetoon 15 minuuttia/veto. Tämän lisäksi punosten jännittämiseen menevä aika on 1 minuutti/punos. Tämä aika tarkoittaa vain esi- tai loppujännitystä, joten esi- ja loppujännitys yhdessä kestävät 2 minuuttia/punos.

Kamipalojen poiston arvioinnissa voidaan käyttää 3 minuutin aikaa jokaista kamipalaa kohden. On kuitenkin huomiotava, että valukoneen ja välikuljettimen ollessa kamipalojen noston tiellä, muodostuu odotusaikaa, joka on huomioitava varusteluajan arvioinnissa.

## **Valu**

Ensimmäisen tuotantolinjan valu on suunniteltu alkamaan heti kello 6 aamulla. Ensimmäisen valajan työvuoro alkaa kello 6.

Normaalitilanteessa ensimmäinen valettava linja on varusteltu aamulla tai edellisenä iltana valmiiksi ja valu päästään aloittamaan heti kun kone on koottu, öljytty ja nostettu valettavalle tuotantolinjalle. Valukoneen kokoaminen, öljyminen ja asetteleminen tuotantolinjalle vievät aikaa noin 10 minuuttia.

Ontelolaattojen valu suoritetaan valukoneella, jota hallitaan koneen ohjauspaneelista vetoa ja jarrua säätämällä massan kosteuden mukaan. Kuorilaatat valetaan koneellisesti liukuvalutekniikalla, jota ohjataan valunopeutta säätämällä.

Ontelo- sekä kuorilaatan valussa massa toimitetaan valukoneeseen samalla tavalla välikuljettimen kautta. Betonimassa tuodaan välikuljettimelle sukkularataa pitkin, jolloin sukkula kulkee rataa pitkin valukoneen luo ja pudottaa massan välikuljettimen annossuppilon. Annossuppilosta valaja annostelee massan valukoneeseen.

Valutyöhön osallistuu normaalisti yhdestä kahteen työntekijää. Työntekijätarve määräytyy laattojen vaikeuden mukaan. Reiättömät täysleveät laatat ovat yksin valettavia.

Valutilanteessa valaja annostelee betonimassan valukoneeseen, säätää koneen ajoarvoja massan kosteuden mukaan, mitoittaa laatat valettavalle pedille ja lisää valetun pedin päälle peitteen. Tämän lisäksi valajan pitää kaivaa laattoihin tulevat varaukset ja suorittaa myöhemmin jälkivalut. Valukoneen peseminen päivän lopuksi kuuluu myös valajan tehtäviin.

Eriyisen tärkeää onnistuneen valun kannalta on jatkuva yhteys betoniasemalle, koska massamuutoksista täytyy välittömästi informoida betoniasemaa. Valajalla on käytössä radiopuhelin yhteydenpitoa varten.

Valun tehokkuuteen vaikuttavat asiat ovat massansaanti, valun aloitus sekä valun lopetus. Massansaantiin vaikuttaa muiden tuotanto-osastojen valutilanne. Valettaessa pelkästään ontelolaattaa saadaan massaa yksi annos keskimäärin 4 minuutissa. Toisen tuotanto-osaston valaessa samaan aikaan annosväli nousee 7 minuuttiin. Kolmen tuotanto-osaston valaessa annosväli nousee 10-13 minuuttiin.

Valun aloituksessa tapana aiemmin oli ottaa yksi tai kaksi annosta, jonka jälkeen informoida betoniasemaa millaisella betonimassalla jatketaan. Tästä seurasi se, että ensimmäisten annosten väli nousi 10-15 minuuttiin, joka on hukka-aikaa sekä koneen että valajien odottaessa uutta massa-annosta. Käyttöön otettiin malli, jossa myllärit itse käyvät varmistamassa massan oikealaatuisuuden lumipallokokeella. Tällä käytännöllä saadaan varmuus massan oikeasta kosteudesta turhaa hukka-aikaa tulematta.

Yksittäinen iso valajista johtuva aikatauluhukka on aloitus- ja lopetusmassan tilaaminen. Aloitusmassa tilataan normaalisti vasta siinä vaiheessa, kun petivesi on jo laskettu ja kaikki on valmista valua varten. Aloitusmassan tilaaminen voitaisiin tehdä siinä vaiheessa, kun valukone nostetaan pedille. Tällä säästettäisiin hukka-aikaa noin 10 minuutta valettavaa linjaa kohden. Lopetusmassalla taas tarkoitetaan lisämassaa, joka on viimeinen vajaa annos,

että tuotantolinjaan saadaan mahtumaan kaikki suunnitellut laatat. Normaalisti betoniasema lähettää täysiä annoksia arvioidun valupituuden mukaan ja mahdollisesti tämän jälkeen valaja pyytää lisämassaa tietylle valupituudelle. Tämä hukka syntyy siitä, että viimeisen täyden massan valmistumisen jälkeen massa ajetaan koneen läpi, jonka jälkeen aletaan vasta arvioida lisää tarvittavaa massaa ja sitten informoidaan myllyä. Annosraportteja tutkiessa havaittiin, että lopetusmassaan menee keskimäärin noin 20 minuuttia tuotantolinjaa kohden. Prosentuaalisesti kaikesta ontelotuotannon valuajasta lopetusmassan odottelu on yli 10%.

Lisämassasta syntyvää aikahukkaa voitaisiin vähentää ennakoimalla ja parantamalla valajien ja betoniaseman kommunikaatiota. Jokaiselle laattatypille voidaan suurella varmuudella arvioida valumäärä, mitä koneella pääsee valamaan silloin, kun kone pysähtyy massanpinta-anturin takia. Betoniasema voisi ilmoittaa valajalle esimerkiksi toisiksi viimeisen täyden annoksen kohdalla tilanteesta ja valaja voisi tässä vaiheessa arvioida lisämassan määrän. Tällä menettelyllä pudotetaan helposti 20 minuutin odotusaika normaaliin annosten väliseen 4 minuutin aikaan.

## **6 Tutkimusaineiston yhteenveto ja analysointi**

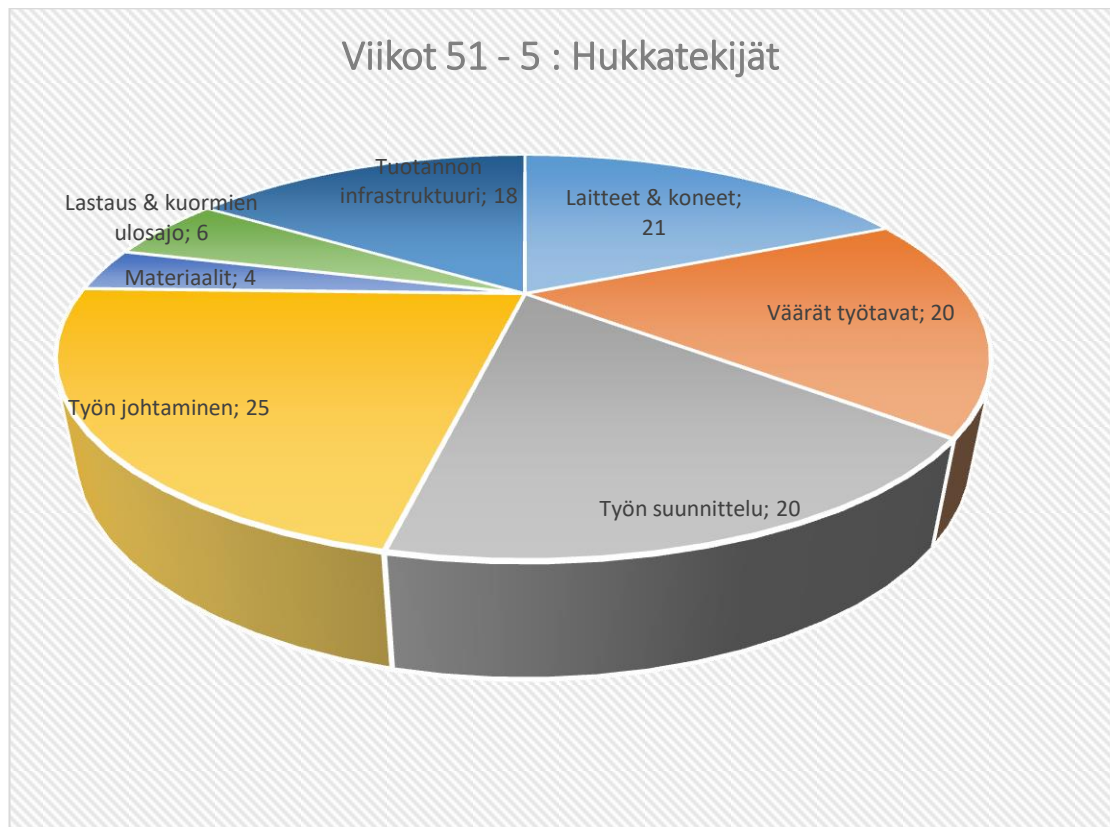
Tutkimusaineisto jaettiin erilleen siten, että havainnointitutkimuksen tulokset tutkittiin omana kokonaisuutenaan ja gemba-kävelyn tulokset tutkittiin ominaan. Havainnointitutkimuksen tuloksia tarkasteltiin erilaisten alaluokkien mukaan, joita olivat koneet ja laitteet, väärät työtavat, työn suunnittelu, työn johtaminen, materiaalit, lastaus ja kuormien ulosajo sekä tuotannon infrastruktuuri. Gemba-kävelyn tuloksia analysoitiin siten, että jokaista työvaihetta tarkasteltiin siitä näkökulmasta, miten vaihe vaikuttaa koko tuotantoprosessin läpimenoon. Gemba-kävelyn aineistosta pyrittiin löytämään niin sanottu pullonkaula tuotannossa, joka määrittää tämän hetkisen tuotannon maksimitehokkuuden.

### **6.1 Havainnointitutkimus**

Tutkimuksessa hukcatekijät jakautuivat tasaisesti tuotannon infrastruktuuriin, laitteisiin ja koneisiin, väriin työtapoihin, työn suunnitteluun sekä työn

johtamiseen. Huomioitavaa havaituissa hukkatekijöissä on se, että monesti yksittäinen häiriö johtui useammasta tekijästä ja tästä syystä sama ongelma näkyy esimerkiksi koneissa ja laitteissa, väärissä työtavoissa sekä työn johtamisessa.

Viikot 51 - 5 : Hukkatekijät						
Laitteet & koneet	Väärät työtavat	Työn suunnittelu	Työn johtaminen	Materiaalit	Lastaus & kuormien ulosajo	Tuotannon infrastruktuuri
21	20	20	25	4	6	18
18,4	17,5	17,5	21,9	3,5	5,3	15,8 %



Kuva 11. Hukkatekijät

Hukkatekijöitä tarkastellessa väärät työtavat, laitteet ja koneet, työn suunnittelu ja johtaminen muodostavat kehän, joka vaikuttaa kuhunkin osaan negatiivisesti; jos esimerkiksi huonosti pesty valukone johtaa konerikkoon ja epäonnistuneeseen valuun, niin tästä seuraa alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeaminen, uusi nopeasti tehty suunnitelma ja heikko työn johtaminen,

koska työnjohtoresurssi menee ongelmien ratkomiseen samaan aikaan kun väärillä työtavoilla muodostetaan sama ongelma uudestaan. Lähtökohtaisesti väärät työtavat vaikuttavat kaikkiin muihin osa-alueisiin heikentävästi ja monesti juuri tämä syy on ongelmien taustalla. Leanin termein voidaan sanoa, että työtavoissa ilmenee liian paljon vaihtelua ja vaihtelu on suurin hukan aiheuttaja.

### **Koneet ja laitteet**

Koneista ja laitteista johtuvasta hukasta osa menee laitteiden käyttäjästä johtuvaan väärään käyttöön tai esimerkiksi valukoneiden heikkoon pesuun, mutta tämä ei poista juurisyytä tietyille koneongelmille, joka on kunnossapidon ennakkohuollon ja tarkastustoiminnan puute. Moni väärästä työtavasta johtuva hukka oltaisiin saatu poistettua oikea-aikaisella tarkastustoiminnalla.

Tutkimuksessa havaittiin konerikkojen sattuessa, että kunnossapito on enemmän reagoivaa kun ennakoivaa. Tämä tarkoittaa sitä, että koneet korjataan siinä vaiheessa kun jotakin on rikki tai ongelma on jollain tapaa ilmennyt. Kirjallista dokumentaatiota huollosta tai tarkastuksista ei ole tiedossa. Juuri tästä ennakkohuollon ja tarkastustoiminnan puutteesta johtuen moni valu keskeytyi, koska esimerkiksi kuluvia osia ei oltu vaihdettu ajoissa ja yritettiin valaa liian kuluneella koneella. Kunnossapidon tarkastusten puuttumisesta johtuen monesti oltiin myöhässä myös varaosien tilaamiseen suhteen.

Ennakkohuollon ja tarkastustoiminnan puutteesta seurasi myös tilanteita, joissa valun alussa vasta huomataan ettei koneella voi valaa tai siinä on esimerkiksi sähkövikaa.

Valukoneen heikosta kunnosta johtuen valu on entistä tarkemmin massan kosteudesta ja laadusta. Kuluneessa kunnossa oleva valukone tehostaa ilmenevää massanvaihtelua.

### **Väärät työtavat**

Vääriä työtapoja oli useita ja eri vaiheissa prosessia. Monesti väärät työtavat johtuvat enemmän huolimattomuudesta kuin osaamisesta tai tiedon puutteesta. Esimerkkinä heikko koneen pesu, mittavirheet sekä väärin valetut nostolenkit.

Kylpyhuonelaattojen valmistuksessa ilmenneet väärät työtavat johtuivat myös ohjeistuksen puutteesta.

Väärät työtavat jäävät kiinni monesti vasta seuraavana päivänä. Vääristä työtavoista huomautetaan tekijöitä ja korjataan virheet, mutta väärin työtapojen suuresta määrästä ja toistuvuudesta päätellen asioita ei oteta vakavasti.

Väärät työtavat ilmenivät tutkimuksessa monesti kokeneiden työntekijöiden toimesta. Näyttää siltä, että monessa tapauksessa työt tehdään ohjeiden vastaisesti tietoisesti. Ohjeiden vastainen toiminta johtuu usein siitä, että halutaan tehdä työvaihe mahdollisimman nopeasti ja tästä syystä oikaistaan tietyissä työvaiheissa.

Juurisyynä ohjeiden vastaiselle toiminnalle voidaan nähdä se, että työntekijät eivät ole sitoutuneet työhön ja työohjeisiin vaaditulla tavalla. Vaikuttavana tekijänä voi olla myös se, että työntekijät eivät saa riittävän tehokasta sanktioita väärästä toiminnasta ja siitä syystä jatkavat toimintaa. Ongelma saadaan poistumaan sillä, että työnantaja saa työntekijät sitoutettua työhönsä riittävällä vakavuudella ja alkaa puuttumaan näihin laiminlyönteihin tarpeeksi ankaralla tavalla. Työnantaja voi myös pyrkiä poistamaan laiminlyöntejä palkitsemalla oikeanlaisia työtapoja esimerkiksi tuotantopalkkion tavoin.

## **Työn suunnittelu**

Työn suunnitteluun lastausten ja hallin ulosajon suunnittelun puute näkyi selkeästi purkamisessa kolmannen ja neljännen pedin purkamisessa. Heikosti suunniteltu lastausaikataulu pysäyttää pahimmillaan linjan purkamisen kokonaan.

Tuotannon osalta muun muassa useat kavennetut laatat ja sekapedit ovat asioita, jotka vaikuttavat heikentävästi tuotantoon. Kavennetut nostolenkkilaatat tulee suunnitella siten, että yhdelle pedille ei jää kohtuuttoman paljon kamipaloja, jotka hidastavat seuraavan päivän varustelua. Nostolenkkilaatat pitäisi pyrkiä suunnittelemaan päivän kahteen ensimmäiseen valuun, että nostolenkit päästään valamaan ajoissa.



Kunnossapidon töiden suunnittelu on myös olennainen osa työn suunnittelua. Ennakoivat huollot on suunniteltava valettavien laattatyypin mukaan. Päivätasolla kunnossapidon pitää suunnitella nosturia tarvitsevat toimensa siten, että työt eivät häiritse tuotannon töitä.

### **Työn johtaminen**

Työn johtaminen hukatekijänä on selkeitä havaittavissa väriä toimintatapojen ilmenemisenä, henkilöstön resursointina sekä äkillisten poissaolojen tuurauskäytännön puutteena. Lisäksi kylpyhuonelaattojen valmistuksen virheet menevät työn johtamiseen huonon ohjeistamisen takia.

Juurisyynä työn johtamisesta johtuvalle hukalle on työnjohtoresurssin keskittyminen väriin asioihin. Monet häiriöistä oltaisiin saatu vältettyä työnjohdolla, jossa oikeisiin asioihin oltaisiin puututtu välittömästi. Työnjohdon kuuluu olla tuotannon parissa valvomassa, että työt tehdään ohjeidenmukaisesti ja tehokkaasti. Työn johdon tehokkaammalla jalkautumisella tuotantoon varmistetaan myös oikeanlainen henkilöresurssi kullekin työvaiheelle.

### **Materiaalit**

Materiaalit olivat hyvin pieni kokonaisuus hukatekijöissä. Suurin materiaalista johtuva hukka johtui punoskelojen vähästä määrästä. Materiaaleihin menee myös valukoneen varaosat, joita olisi saanut olla tehtaan omassa varastossa yleisimpiä konerikkoja varten.

### **Lastaus ja kuormien ulosajo**

Lastaus ja kuormien ulosajo oli pieni osa kokonaisuutta. Tämä hukkatyyppi tuli lähinnä hallin heikosta ulosajosta johtuen.

Sekä hallin tyhjennys että autojen lastaus on riippuvainen varastointilukista, joten kun lastataan autoja, niin hallin purku pysähtyy ja myös toisin päin. Tästä syystä on erittäin tärkeää suunnitella autolastaukset niin, että lukilla voidaan purkaa hallia ainakin neljä tuntia ilman lastausten alkua.

## Tuotannon infrastruktuuri

Tuotannon infraan suurimmat hukkatekijät ovat myllyn pään nosturi, raskaiden laattojen nostosakset sekä laukaisuaika ja yksittäinen 500-koneen punosohjurikelkka.

Myllyn pään nosturille ei infran puolesta pysty tekemään mitään, mutta sen ongelmaksi muodostumista voidaan estää hyvällä suunnittelulla ja toiminnan ennakkoinnilla. Tämä esimerkiksi koneen huoltoja tai toisen koneen pedille laiton osalta. Hyvällä suunnittelulla ja työntekijöiden kommunikoinnilla nosturi ei muodostu ongelmaksi. Varustelussa kamipalojen ajolla on suurin vaikutus tuotantoon puhuttaessa kyseisen nosturin käytöstä.

Raskaiden laattojen nostosakset muodostavat pullonkaulan siinä vaiheessa, kun puretaan pitkiä ja raskaita laattoja ja samaan aikaan valetaan linjaa, jolloin välikuljetin on tiellä. Helpoin ratkaisu on hankkia nostosakset lyhyemmillä ketjuilla, niin valun ajalla ei ole mitään väliä linjan purkamisen kannalta.

Normaalisti tehtaan valukoneissa on punoskoukut, joilla punokset saadaan oikeaan asemaan valmiissa laatassa. BM50-laatassa on kuitenkin oma punoskuvionsa, joka toteutetaan erillisellä punoskelkalla, joka sijoitetaan koneen alle.

Tutkimuksen alkuvaiheessa BM50-laattaa oli valettavana kohtuullisen paljon, vähintään kaksi linjaa päivässä. Tässä vaiheessa käytössä oli vain yksi punosohjurikelkka, josta seurasi se, että seuraavaa linjaa ei päästy jännittämään ennenkuin edellinen linja oli loppunut ja punoskelkka saatiin uudelle pedille. Tästä seurasi jatkuvasti puolen tunnin-tunnin tauko valujen välille. Tästä syystä olisikin tärkeää, että ohjurikelkkoja olisi vähintään kaksi, mielellään kolme.

Tuotannon infraan meneviin hukkiin kuuluvat myös 370-laattatyyppin päätykamat sekä ohuen punostyyppin (9,3) lukkokiilat. Päätykampeja on vain kaksi kappaletta, vaikka niitä pitäisi olla vähintään neljä.

Pienen punoksen kiiloja ei tuotannossa ole käytössä kuin kahdelle valettavalle linjalle vaikka näitäkin olisi oltava neljälle valettavalle tuotantolinjalle.

## **6.2 Gemba-kävely**

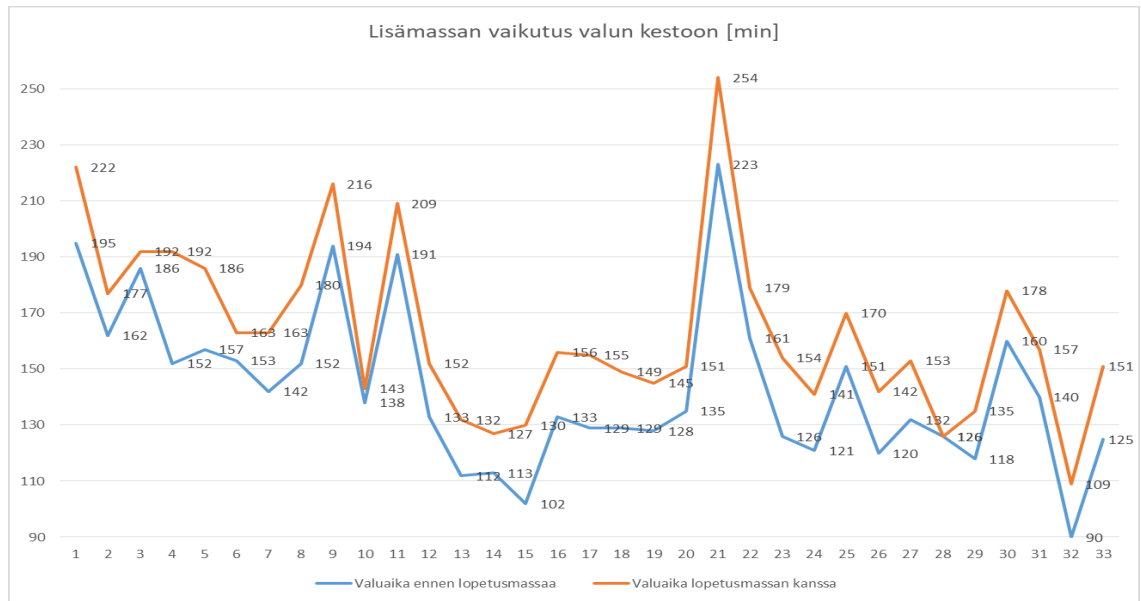
Gemba-kävelyn osalta havaittiin, että laukaisuajan salliessa sahauksen ja purkamisen osalta ei muodostu ongelmia prosessin jatkuvuuden kannalta. Ei ainakaan tilanteessa, kun sahattavien ja purettavien linjojen laattamäärä pysyy maksimissaan 15 laatassa.

Varustelu ja valu muodostuvat pullonkaulaksi päiväkierrossa. Varustelu muodostuu mitoittavaksi tekijäksi tilanteessa, jossa kavennettujen laattojen kamipaloja on paljon yksittäisessä pedissä. Varustelun tehokkaana pitämisessä olisi huolehdittava siitä, että varustelukone liikkuu jatkuvasti. Tästä syystä kamipalojen nosto pitäisi suunnitella siten, että sen suorittaisi esimerkiksi valumies tai sahuri siinä vaiheessa, kun varustelija puhdistaa petiä tai vetää punoksia varustelukoneella.

Valun myöhästyessä myöhästyvät kaikki työvaiheet seuraavana päivänä. Myöhästyminen ei yleensä näy vielä ensimmäisessä sahattavassa linjassa, mutta toisen kohdalla voi muodostua jo odotusaikaa kaikille muille työvaiheille.

Valusta itsestään johtuva hukka muodostuu heikosta valun aloituksen ennakoinnista ja lopetuksesta. Tutkimuksen aikana tarkasteltiin valun kestoa kolmen viikon ajalta 5.2. – 23.2.2018. Tuolloin valettiin 40 täyttä tuotantolinjaa ja lisämässan kesto vaihteli 6 minuutista 40 minuuttiin. Keskimäärin lisämässaa odotettiin 20,6 minuuttia linjaa kohden. Lisämässasta johtuva aika on viikkotasolla 12,7 prosenttia kaikesta valuajasta. (Kuva 12)

Tutkimuksen tarkemmat tulokset ovat liitteessä 1.



Kuva 12. Lisämäärän vaikutus valun kokonaiskestoön

Valun tehokkuuteen vaikuttaa kriittisesti betoniasemalta saatava massa. Kaikista tehokkaimmillaan massaa saadaan 4 minuutin välein, kun mikään muu osasto ei vala. Toisten osastojen alkaessa valaa samaan aikaan annosväli kasvaa keskimäärin 7 minuuttiin.

## 7 Kehityskohteet

Tutkimuksessa ilmeni selkeitä ongelmia, joita korjaamalla tuotannon tehokkuutta voidaan parantaa merkittävästi. Kehityskohteet ovat muun muassa työn parempaa suunnittelua ja johtamista, oikeiden toimintatapojen vakiointia, kunnossapidon ennakkohuollon kehittämistä sekä laukaisuajan lyhentämistä.

### Prosessin uudelleenaikataulutus

Vanhan työaikamallin mukaan sahuri ja purkaja tulevat töihin samaan aikaan kello 4. Tästä seuraa, että purkaja ei pääse aloittamaan linjan purkua heti vuoronsa alettua vaan hänen on odotettava, että sahuri saa sahattua ainakin muutaman leikon, kunnes pääsee purkamaan laattoja vaunuille. Vanhassa aikataulumallissa varustelija tulee töihin kello 5 ja monesti neljän valun päivän jälkeen hän ei pääse aloittamaan varustelua tehokkaasti hänen työvuoronsa alettua. Sama ongelma koskee myös valumiehiä, jotka tulevat töihin kello 6.

Neljän valun päivän jälkeen valuri pääsee tuskin koskaan aloittamaan valutyötä heti kello 6. Vanhassa työaikamallissa hukkaa syntyy odottelun muodossa jokaiselle muulle työryhmälle paitsi sahurille. Vanhassa työaikamallissa purku voi alkaa aikaisintaan kello 4.30 ja täten ensimmäiset kuormat valmistuvat aikavälillä 5-6. Lukkikuski tulee vanhassa mallissa töihin kello 6. Tämä tarkoittaa sitä, että lukkikuskillla on aikaa tyhjentää hallia kaksi-kolme tuntia, kunnes alkavat iltapäiväkuormien lastaukset, jotka sotkevat hallin ulosajoa. Tämän lisäksi välikuljetin häiritsee purkua ja varustelua, kun valu on samaan aikaan käynnissä.

Uudessa aikataulumallissa sahurin työ alkaa kello 2.00 ja purkajan 2.30. Tästä seuraa, että sahuri on purkajaa puoli tuntia edellä, joten lähtökohtaisesti purkajalla pitäisi olla purettavaa heti hänen työvuoronsa alettua. Lukkikuskin työaika on aikaistettu alkamaan kello 4, josta seuraa, että hänellä on kaksi tuntia enemmän aikaa tyhjentää hallia ennen iltapäiväkuormien lastausten alkamista. Varustelijan työaika on muutettu alkamaan kello 4, joten normaalitilanteessa hänen pitäisi pystyä aloittamaan varustelemaan ensimmäistä linjaa heti työvuoronsa alettua. Valurin tultua töihin kello 6 ensimmäisen pedin pitäisi olla valmiina valua varten.

Uusi työaikamalli antaa lisää aikaa sahauskelle, purulle ja varustelulle. Tämän seurauksena valuprosessi pysyy jatkuvana, koska aina seuraava linja on ehditty varustella ennen kuin edellinen valu on maalissa.

### **Työn johtaminen ja henkilöstön resursointi**

Tutkimuksessa yksi merkittävimmistä tekijöistä hukan aiheuttajana on väärät työtavat. Tähän puuttuminen työnjohdollisesti voi olla jopa suurin yksittäinen asia, jolla prosessissa ilmenevää vaihtelua ja hukkaa saadaan poistettua.

Valukoneen huolimaton pesu, nostolenkkien vääränlainen valu sekä mittavirheet ovat kolme suurinta yksittäistä asiaa, jotka aiheuttavat hukkaa. Tällä hetkellä väärästä toiminnasta ei olla puututtu huomautusta ankarammin. Vääriä työtapoja saadaan poiskitkettyä sillä, että sanktioita viedään pidemmälle ja työntekijöille tehdään selväksi heidän vastuunsa työtehtävien oikein

suorittamiselle. Tietyn henkilön väärin toimimisen tietoisesti jatkuttua voidaan tehdä johtopäätös, että henkilö ei ole sitoutunut toimimaan yhteisten pelisääntöjen mukaan ja viime kädessä hänet on siirrettävä pois tuotantoprosessista.

Valukoneen pesun yhteyteen kannattaa tehdä lista, johon henkilö kuittaa pestyään koneen tietyinä päivinä. Lista voi olla hyvinkin yksinkertainen, johon täytetään päivämäärä, valettava konetyyppi sekä koneen pesijän puumerkki. Tällä on voidaan oletettavan positiivinen vaikutus koneen puhtauteen, kun henkilö itse kuittaa työnsä hyväksytyksi.

Väärin valettuihin nostolenkkeihin ja mittavirheisiin työnjohdon on puututtava ankarammin. Mittavirheiden osalta inhimilliset virheet ovat luonnollisia, mutta niiden toistuessa ilman hyväksyttävää syytä on työnjohdon puututtava asiaan kurinpidollisin toimin.

Näitä ongelmia voidaan pyrkiä korjaamaan myös kehittämällä palkitsemisjärjestelmää siten, että oikein tehdyistä asioista palkitaan. Palkkajakson aikana työnjohto tarkastaa valukoneen puhtauden päivittäin ja merkitsee ylös kuinka puhdistuksessa on onnistuttu. Puhtauden ollessa kunnossa tarpeeksi usein voitaisiin maksaa esimerkiksi tiettyä korotuskerrointa tuotantopalkkiossa. Samaa logiikkaa voidaan käyttää mittavirheiden ja väärin valettujen nostolenkkien kanssa; mittavirheet ja muut työvirheet merkataan ylös ja tarkastellaan kokonaisuutta palkkajaksoa kohden. Virheprosentin ollessa tarpeeksi alhainen voitaisiin maksaa tulospalkkiossa korotusta hyvästä työstä.

Toinen suuri työnjohdollinen asia on prosessin jatkumisesta huolehtiminen. Tutkimuksessa havaittiin, että esimerkiksi aamuvuoron sahurin ja purkajan lähdettyä sahaus ja purku ei jatku itseohjautuvasti vaan vaatii työn johtamista. Työnjohto voi oman työnsä helpottamiseksi tehdä työntekijöistään resurssisuunnitelman, johon päivittäin suunnitellaan tuleva tuotanto, tarvittava miesmäärä valutilanteessa ja muu tarvittava resurssi. Resurssisuunnitelma tehdään selväksi työntekijöille, jolloin jokainen tietää oman tehtävänsä myös siinä vaiheessa kun prosessin tiettyä vaihetta tehneen työntekijän päivä päättyy ja kyseinen prosessin osa ei ole valmis.

Resursoinnin osalta tutkimuksessa havaittiin, että valukoneen yhteyteen tahtoo kerääntyä useampi työntekijä, vaikka kyseessä olisi reiätön peti ja kyseisen linjan voitaisiin valaa yhdellä työntekijällä. Tässä vaiheessa työnjohdon on ohjattava ylimääräinen resurssi tuottavaan tehtävään, kuten varustelun ja purkamisen auttamiseen tai vaikka hallin siivoukseen.

Äkillisiin poissaoloihin ei tällä hetkellä ole mitään tiettyä varamiesjärjestelmää, vaan tuotantoa pitää muuttaa nopeasti tilanteen mukaan. Jonkinlainen varamiesjärjestelmä olisi hyvä olla olemassa, jossa joltakin tuotantoa tukevalta osastolta (mylly, varasto, kunnossapito) voitaisiin irrottaa henkilö edes muutamaksi tunniksi paikkaamaan puuttuvaa henkilöä. Tämä kuitenkin vaatii sen, että kyseiset varamiehet perehdytetään esimerkiksi valukoneen käyttöön.

### **Työn suunnittelu**

Ontelolaattatuotantoa ollaan suunniteltu nykymallilla lähinnä muutama päivä eteenpäin siitä syystä, että epävarmuustekijöitä kullekin päivälle on olemassa paljon. Varmuudella ei ole voitu sanoa pystytäänkö valamaan kolme vai neljä petiä. Tästä huolimatta suunnittelu pitäisi saada viikkotasolle, että tiedetään esimerkiksi viikon valut etukäteen. Tämä mahdollistaisi kunnossapidon työn suunnittelun.

Vaatumuksena tällaiselle niin sanotulle lukitulle tuotannolle on se, että työmaatilauksia ei oteta kuin aikaisintaan viikon tilausajalla. Lisäksi tuotanto pitäisi suunnitella maksimituotannolle joka päivä ja tavoitteesta jäädessä tiedetään miten seuraavana päivänä jatketaan. Tässä tilanteessa voitaisiin hyödyntää myös Last Planner-työkalua, niin päästäisiin näkemään suunnitellun ja toteutuman suhdetta.

Yksittäinen suunnittelullisesti haasteita aiheuttava työvaihe on kavennettujen laattojen nostolenkkivalut sekä mahdolliset ontelon umpeenvalut. Kyseiset valut toteutetaan määrällä massalla ja niitä päästään tekemään vasta siinä vaiheessa, kun valettu laatta on jonkin aikaa kovettunut ja kestää valua. Lisäksi kavennetuista laatoista jää kamipaloja pedille, joista seuraa lisätyötä varustelijalle tulevana päivänä.

Nostolenkkilaatat pitäisi pyrkiä suunnittelemaan päivän toiseen tuotantolinjaan siitä syystä, että nykysysteemillä päivän ensimmäisen valun on oltava helppo, koska valajia on vain yksi ja myöhemmin valettavissa pedeissä taas laatat eivät ehdi kovettua tarpeeksi, jos tavoitellaan nostolenkkien valun tapahtuvan päiväsaikaan (ennen kello 14.30), kun työntekijäresurssia on kaikista eniten. Kavennettujen laattojen määrä vaihtelee kohdekohtaisesti ja voi olla mahdotonta keskittää kavennetut laatat yhteen valuun, mutta tähän pitäisi pääsääntöisesti pyrkiä. Tärkeää on myös huolehtia, ettei kavennettuja laattoja ole liikaa yhdessä linjassa, ettei varustelu myöhästy kavennuspalojen ulosajon takia. Optimaalisessa tilanteessa kavennetut laatat laitetaan valuohjelmaan vierekkäin siten, että kavennuspalaa ei jää.

### **Laukaisuaajan lyhentäminen**

Nykyisellä käytössä olevalla ontelolaattojen betonireseptillä saavutetaan vaadittu laukaisulujuus varmuudella 15 tunnissa. 15 tunnin laukaisuaika muodostuu ongelmaksi ongelmatilanteissa, missä valujen aloitus viivästyy, mutta myös normaalitilanteessa kolmannen ja neljännen valun laukaisun suhteen, kun halutaan pitää sahaus- ja purkuprosessi jatkuvana.

Normaalitilanteessa 15 tunnin massa ei tuota ongelmia ensimmäisen kahden linjan laukaisun suhteen, sahaus ja purku pysyy jatkuvana. Kolmannen linjan laukaisun kohdalla sahaus pysähtyy, koska linjaa ei päästä normaalisti laukaisemaan siinä vaiheessa kun toinen linja on sahattu. Sahauksen pysähtyminen vaikuttaa vielä radikaalimmin purkuun, koska sahauksen etumatka määrittää purkamisen onnistumisen.

Alla oleva taulukko kuvastaa tilannetta, jossa kaikki valut ovat alkaneet ajallaan ja sujuneet ongelmitta. Pääsääntöisesti alle 15 laatan linjoissa sahuri ehtii sahata linjan tunnissa, maksimissaan puolessatoista tunnissa, kun huomioidaan sahauksen lisäksi muut työvaiheet. Tämä huomioiden sahurin työajan alkaessa kello 2, hän on sahannut ensimmäisen linjan viimeistään 3.30 ja toisenkin kello 5.00. Sahaus pysähtyy siis kolmannen linjan kohdalla puoleksi tunniksi ja kolmannen ja neljännen linjan välille muodostuu vielä pidempi tauko (Taulukko 1).



Laattatyyppi	Valun aloitus [klo]	Valu lopussa [klo]	Laukaisu-aika [h]	Valun laukaisu [klo]
BM50	6.30	9.30	15	00.30
BM32	10.00	12.00	15	03.00
BM32	12.30	14.30	15	05.30
BM32	15.00	17.00	15	08.00

Taulukko 1. Linjojen laukaisuajat 15 tunnin laukaisulla

Taulukosta myös nähdään, että jos valut viivästyvät jostakin syystä, niin jo toisen linjan laukaisun kohdalla voi muodostua katkos sahaus- ja purkuprosessiin.

Laukaisuaikaa pitäisi saada lyhennettyä sillä ajatuksella, että yhden linjan sahaus kestää puolitoista tuntia ja prosessi on jatkuva. Tästä seuraa se, että ensimmäinen linja olisi oltava laukaistavissa kello 2.00, toinen 3.30, kolmas 5.00 ja neljäs 6.30.

Kaikista selkein järjestelmä saataisiin siten, että ensimmäiset kaksi linjaa valettaisiin kuten nykyisinkin 15 tunnin massalla. Kolmas ja neljäs valu voitaisiin valaa 13 tunnin laukaisuajalla (Taulukko 2). Tämä antaa pelivaraa myös sille, että valut myöhästyvät hieman normaalitilanteesta.

Laattatyyppi	Valun aloitus [klo]	Valu lopussa [klo]	Laukaisu-aika [h]	Valun laukaisu [klo]
BM50	6.30	9.30	15	00.30
BM32	10.00	12.00	15	03.00
BM32	12.30	14.30	13	03.30
BM32	15.00	17.00	13	06.00

Taulukko 2. Linjojen laukaisuajat 15 ja 13 tunnin laukaisulla

Laukaisuajan lyhentämiseen kannattaa lähestyä vakioimalla ontelopedeille menevä lämpötila. Tällä hetkellä pedeille menevä vesi on riippuvainen ulkolämpötilasta siten, että mitä kylmempää ulkona on, sitä lämpimämpää pedeille tuleva vesi on. Pedeille tulevaa lämpötilaa voinee vakioida tietyin teknisin ratkaisuin.

## **Valun aloituksen ja lopetuksen ennakointi, oikeiden työtapojen vakiointi**

Aloitus- ja lopetusmassan ennakoinnilla säästetään tuotantolinjaa kohden jopa yli 30 minuuttia. Neljän valun päivänä aikasäästö on kaksi tuntia, joka on 17% lasku päivittäisessä valuajassa, kun valuaikana pidetään aikaväliä 6-18.

Aloitusmassan ennakoitiin voitaisiin vakioida työtapaa betoniasemalle. Voituaisiin sopia esimerkiksi siten, että kun betoniasema huomaa, että valukonetta nostetaan pedille, niin he alkaisivat automaattisesti sekoittamaan aloitusmassaa. Sama toimintatapa voitaisiin ottaa käyttöön myös valujen välisessä tilanteessa. Valumiehen ajaessa nosturilla valukonetta valun aloituspäähän, betoniasema voisi alkaa sekoittamaan ensimmäistä annosta. Tämä olisi normaalitilanne ja jos valua ei jostakin syystä päästäisikään aloittamaan välittömästi edellisen valun päätyttyä, valumies ilmoittaisi tästä radiopuhelimella betoniasemalle.

Lopetusmassan ennakoinnissa korostuu valurin ja betoniaseman kommunikoinnin toimivuus. Parhaiten ennakointi saataisiin toimimaan sillä tavalla, että betoniasema ilmoittaisi valurille, milloin lähettää toiseksi viimeisen täyden annoksen. Tässä vaiheessa valuri pystyy ilmoittamaan betoniasemalle tarkan metrimäärän, kuinka paljon on vielä valettava, että kaikki linjan laatat saadaan ohjelmaan. Betoniasemalla voidaan tästä metrimäärästä laskea tarvittava massamäärä ja myllätty massa saataisiin ajoissa valukoneelle ilman pitkää viivästystä.

Edellä mainitut oikeat toimintatavat pitäisi saada vakioitua prosessiin samalla tavalla kuten esimerkiksi aloitusvasteen käyttö, valun aloituksen tulppaaminen tai jätebetonivaunun mukana pito. Toimintatavat saadaan vakioitumaan ainoastaan tavalla, jossa muita toimintamalleja ei hyväksytä. Oikeiden toimintatapojen vakioitumisessa työnjohdon valvonta on kriittisessä osassa.

## **Koneiden tarkastukset kunnossapidon toimesta sekä ennakkohuolto**

Ennakoivan huoltotoiminnan suunnittelulla voitaisiin estää monta konerikkoa ja epäonnistunutta valua.

Ennakoiva huoltotoiminta voitaisiin aloittaa kunnossapidon tarkastuksista valukoneille. Tarkastustoiminnan voisi toteuttaa siten, että iltavuoron kunnossapitoasentaja tarkastaa valukoneen osien kunnon, kokoaa valukoneen ja koekäyttää kyseisen koneen toiminnot. Näiden tarkastusten pohjalta voitaisiin luoda tarkastuslomake, johon asentaja merkitsee havaintonsa koneesta. Esimerkiksi massakourujen tai ruuvien kuluneisuus voitaisiin laittaa tarkastuslistalle. Tarkastuslista palautettaisiin kunnossapidon työnjohtajalle, joka havaintojen pohjalta itse tarkastaa tilanteen ja tilaa tarvittavat varaosat. Tällä varmistettaisiin koneen toimivuus seuraavana päivänä sekä varaosien oikea-aikainen tilaaminen. Lisäksi jos asentaja huomaa koekäytössä esimerkiksi jonkinlaisen sähkövian, mitä ei itse pysty korjaamaan, niin informoimalla työnjohtoa seuraavan päivän valuja voitaisiin muutta siten, että vika ei häiritse tulevaa päivää ja se voidaan korjata rauhassa ilman kiirettä.

### **Varaosien ja materiaalien varastointi**

Ontelolaattaan meneviä materiaaleja ovat betonin lisäksi jännepunos ja ontelotulpat. Erityisesti jännepunos määrittelee varustelun tehokkuutta ja tarkemmin ottaen käytössä olevat punoskelat.

Maksimipunostetussa BM50-linjassa on 21 punosta. Tämän enempää punoksia ei linjoihin voi tulla. Materiaalien osalta pitäisi pyrkiä siihen, että kaikki linjat saadaan varusteltua maksimissaan kahdella punosten vedolla. Käytössä on siis oltava vähintään 11 punoshäkkiä, josta vetää punosta. Huomioitavaa kuitenkin on, että ainoastaan BM50-laattaan tulee punoksia enemmän kuin 13 kappaletta. 13 kelan ollessa käytössä olisi siis mahdollista varustella kaikki muut laattatyypit yhdellä punoksen vedolla paitsi BM50. Varustelun tehostuksen lisäksi tämä pienentäisi riskiä punosten ristiinvedosta.

Näiden 13 häkin lisäksi hallissa voitaisiin pitää esimerkiksi kahta muutakin häkkiä, johon sijoittaa täydet punoskelat. Nämä häkit voisivat olla hallin sivussa erillään muista häkeistä. Näiden häkkien ajatuksena olisi se, että kun toinen häkki tyhjenee, niin voitaisiin siirtää tyhjä häkki sivuun ja täysi häkki samantien tilalle. Tämä antaa pelivaraa sille, että sivussa oleviin häkkeihin voidaan vaihtaa

täysi kela kaikessa rauhassa esimerkiksi illalla ja kelan vaihtoon ei tarvitse ryhtyä varustelun kannalta kiireellisimmissä vaiheissa.

### **Tuotannon infrastruktuurin parantaminen**

Tuotannon infrastruktuurin parantamisesta suurin yksittäinen muutos, jolla saataisiin tuotantoa tehostettua, on laukaisuajan lyhentäminen. Tämän lisäksi on muitakin asioita, jotka tutkimuksessa havaittiin ongelmallisiksi mahdollisimman tehokkaaseen tuotantokapasiteettiin pyrittäessä.

Tuotannon infrastruktuuriksi lasketaan valettavalla tuotantolinjalla olevat tarvikkeet kuten päätykammat ja punoslukot ja punoslukkojen kiilat. Lisäksi BM50-laatalla käytettävä punosohjurikelkka on osa tuotannon infrastruktuuria.

Ontelolaattatuotannossa on käytössä neljä tuotantolinjaa, joten lähtökohtaisesti punoslukkoja ja -kiiloja sekä kunkin laattatyypin päätykamppoja olisi oltava neljälle linjalle olemassa. Kuitenkaan esimerkiksi BM37-ontelolaatalle tai kuorilaatalla päätykamppoja ei ole kuin kahdelle linjalle. Ohuen punoksen punoslukkokiiloja ei myöskään ole kuin maksimissaan kahdelle tuotantolinjalle. BM50-laatan punosohjurikelkkoja ei ole kuin yksi kappale, mutta niitä ei käytännössä tarvita kuin kaksi tehokkaan tuotannon varmistamiseksi.

Näiltä osin tuotannon infraa on helppo parantaa hankkimalla jokaiselle laattatyypille päätykamppoja neljä kappaletta. Punoslukkoja tuotannossa on riittävästi, mutta ohuen punoksen kiiloja ei ole. Sopiva määrä ohuen punoksen kiilamääräksi voisi olla 15 kiilaa/linja ja kolmasosa lisää pesussa olevia kiiloja ja lukkoja varten. Yhteensä 80 kappaletta 9,3 mm punoksen kiilaa on siis riittävä määrä ontelotuotannon tarpeisiin.

BM50-laatan punosohjurikelkkoja olisi oltava jatkuvasti vähintään kaksi kappaletta tuotannon käytössä. Tästä syystä varastossa olisi hyvä pitää myös kolmatta kelkkaa, koska kelkka joutuu kovalle rasitukselle ja sitä on huollettava ja korjattava tasaisin väliajoin. Tällöin huollon aikana käytössä olisi edelleen kaksi kelkkaa tuotantoa varten. Punosohjurikelkka joutuu kovalle rasitukselle ja tietyn ajan kuluessa kelkan runko on siinä kunnossa, ettei sitä voi korjata vaan on rakennettava uusi kelkka. Tästä syystä olisi hyvä tehdä olemassa olevasta

kelkasta valmistuspiirrustukset, jolla teettää uusi kelkka jollakin aliurakoitsijalla vanhan rikkoutuessa. Samoilla valmistuspiirrustuksilla punosohjurikelkkoja voisi valmistaa myös muille tehtaille. Tämä nopeuttaisi prosessia ja sen lisäksi vapauttaisi tehtaan kunnossapitoasentajien työresurssia muihin töihin.

Laattojen purkamiseen vaikuttava tuotannon infrastruktuuriin liittyvä hukcatekijä on raskaiden laattojen nostosakset, joilla laattoja ei saada nostettua välikuljettimen yli. Tämä hukka on helppo korjata hankkimalla nostosakset, jossa ketjun pituus on lyhyempi, että laattoja saa nostettua välikuljettimen yli.

Kutistumiskatkeamat ovat ongelma, joka ilmenee viikonlopun jälkeen. Nykyisin tuotantoa on maanantaista perjantaihin ja lauantaina nimetty henkilö käy laukaisemassa linjat. Perjantaina valettaviin tuotantolinjoihin tehdään petikatkoja, mutta tästä huolimatta usein maanantaina vastassa on laattoja, joissa on kutistumiskatkeamia.

Kutistumiskatkeamia voidaan lähestyä sekä ongelman poistamisella että ongelman korjaamisella. Ongelman poistamiseksi keino olisi siirtää sahaus tiistaista-lauantaihin. Ongelman korjaamiseksi olisi hyvä olla hyväksytyt korjaustapa tiettyjen rajaehtojen täytyessä. Esimerkiksi kutistumiskatkeaman ollessa laatan keskellä tai päässä, mikä on hyväksytyt korjaustoimenpide. Tärkeää olisi tietää myös, mitkä katkeamat ovat korjattavissa ja missä tapauksissa katkenneesta laatasta on sahattava lyhyempi laatta. Nykykäytännössä jos halutaan korjata kutistumiskatkenut laatta, niin purkajan ja sahurin on odotettava työnjohton töihin tuloa, jonka jälkeen työnjohto selvittää asian punossuunnittelijalta, jonka jälkeen voidaan vasta ryhtyä korjaaviin toimenpiteisiin. Pahimmassa tapauksessa tässä syntyy monen tunnin odotusaika.

Lopputuotteen laatuun liittyvä suurin hukka on betonimassan tasalaatuisuudessa. Nykytilanteessa massan kosteus vaihtelee suuresti ja pahimmillaan kosteusheitosta johtuen laattoja joudutaan hylkäämään valusta. Tästä seuraa yleensä se, että koska valettava linja on suunniteltu sillä tavalla, että linjasta tulee täysiä kuormia, niin ainakin joku kuorma jää vajaaksi. Tästä seuraa joko se, että laattoja jätetään halliin tai kuorma ajetaan nosturille

vajaana kuormana. Kummassakin tapauksessa tästä seuraa ylimääräistä työtä myöhemmin.

Aloitusmassan tasalaatuisuutta pystytään vakioimaan ottamalla käyttöön lumipallokoe myllärin toimesta. Uudella sekoittimella on mahdollista pysäyttää mylläys ja testata massan koossapysyvyyttä käsin. Lumipallokokeen jälkeen mylläri pystyy vielä lisäämään vettä massaansa, jos tarvetta ilmenee. Massan ollessa taas aivan liian kosteaa mylläri voi ajattaa massan suoraan jäteastiaan. Tällä tavalla saadaan aloitusmassa varmasti sopivaksi valun aloitusta varten.

Massan laadun vaihtelu valun aikana on asia, jonka syy ei tutkimuksen aikana selvinnyt. Kehitystoimenpiteenä olisi suositeltavaa tutkia betonin valmistusprosessia systemaattisesti ja löytää mahdollisia syitä syntyvään vaihteluun. Nykytilanteessa massan vaihtelu ilmenee pahiten siinä vaiheessa, kun joku muu tuotanto-osasto valaa samaan aikaan kuin ontelolaattaa valetaan. Ontelolaattaa valettaessa yksinään massan laatuvariaatiot johtuvat lähinnä siitä, kun edellinen runkoaines vaihtuu uudempaan erään. Tästä johtuva laatuvariaatio saadaan myös poistettua myllärin tekemällä lumipallokokeella.

## **8 Arviot toimenpiteiden vaikutuksesta tuotantoon**

Vertailukohdaksi voidaan ottaa aikavälin 5.2. – 23.2.2018 tuotanto. Tuona ajankohtana valettiin yhteensä 40 tuotantolinjaa ontelolaattaa. Kyseisellä ajanjaksolla työskenneltiin 15 päivänä. Tämä tarkoittaa, että keskimäärin työpäivässä valettiin 2,7 linjaa.

Lähtötilanteessa tuotteiden laukaisuaika on 15 tuntia. Puhuttaessa laukaisuajasta, joka on maksimissaan 10 tuntia, voidaan pitää vuorokausikohtaisena maksimina neljää tuotantolinjaa. Tämä maksimi määrä tulee siitä syystä, että konkreettisia valualustoja on neljä kappaletta. Korjaavien toimenpiteiden ansiosta päästäisiin päivittäin neljään tuotantolinjaan, joten yhteensä 15 päivänä saataisiin valettua 60 linjaa, joka tarkoittaa 50 prosentin kasvua linjamäärissä.

Toimenpiteillä olisi vaikutusta teholliseen työaikaan. Korjaavien toimenpiteiden jälkeen saataisiin eliminoitua hukka-aikaa, jota muodostuu muun muassa aloitus- ja lopetusmassan odottelusta ja tuotantoprosessin pysähtymisestä erinäisistä syistä. Lopetusmassan odotteluun menee keskimäärin 21 minuuttia valettavaa linjaa kohden. Lopetusmassan ennakkoinnilla saadaan odotusaika 4 minuuttiin kuten muidenkin annosten välillä, joten jokaisen linjan osalta aikaa säästyy keskimäärin 17 minuutin verran. Neljän tuotantolinjan päivätuotannolla hukka-aikaa poistuu päivittäin 68 minuuttia ja viikkotasolla puhutaan 340 minuutista. Aloitusmassan ennakkoinnilla voidaan myös säästää useita minuutteja valettavaa linjaa kohden

Tarkastellessa tuotantoprosessin pysähtymistä voivat yksittäiset hukka-ajat olla vieläkin isompia. Tuotantoprosessin pysähtyessä siitä syystä, että edellinen työvaihe on kesken vaikuttaa poikkeuksetta ainakin puoli tuntia seuraavan linjan valun aloittamiseen. Tuotantoprosessin pysähtyminen konerikon takia taas aiheuttaa poikkeuksetta vähintään tunnin, mahdollisesti useamman, tauon prosessiin.

Koneiden ja laitteiden ennakkohuollolla on suuri vaikutus lopputuotteen laatuun, koneiden toimintavarmuuteen sekä itse tuotantoprosessin jatkuvuuteen ja luotettavuuteen. Kunnossa olevat valukoneet tuottavat laadukasta ontelolaattaa ja hyväkuntoiset koneet tasaavat myös betonimassan laadun vaihtelua. Lisäksi häiriöistä johtuvat tuotantokatkokset vähenevät radikaalisti. Valukoneiden toimintavarmuus vaikuttaa positiivisesti myös sillä tavalla, että valajat voivat keskittyä paremmin itse valuprosessiin, varsinkin laattojen mittaamiseen, eikä valukoneiden jatkuvaan säätämiseen.

Korjaustoimenpiteillä on suuri vaikutus myös taloudellisesti. Taloudellista nousua syntyy tuotantomäärän kasvusta kuin myös hukka-materiaalikustannuksien laskusta sekä alenevasta määrästä hylättäviä elementtejä. Lisäksi työkustannukset alenevat kun työaikaa kuluu vähemmän lopputuotteen valmistamiseen. Korjaustoimenpiteillä saadaan virhealttiutta vähemmälle, joka tarkoittaa ettei hylättävää betonia synny niin paljoa, valettavat tuotantosunnitelmat onnistuvat paremmin eikä synny esimerkiksi vajaita ontelolaattakuormia, joista seuraa lisätyötä myöhemmin. Tällä saadaan

vähennettyä myös turhaa yksittäisten laattojen ajoa nosturille sekä hylättävien elementtien murskaamisesta johtuvia kustannuksia.

Taloudellisia säästöjä tulee myös työmaapuolelta. Tuotteen laadun paranemisen johdosta reklamaatiot ja poikkeamat työmaalta vähenevät. Toimintojen vakioinnin ansiosta esimerkiksi mittavirheet vähenevät, jonka seurauksena työmaalta ei palaudu vääränmittaisia laattoja. Tästä taas seuraa yhden turhan työvaiheen poistuminen; väärin tehtyjen laattojen uudelleen valmistus mahdollisimman pikaisesti ettei työmaan aikataulu veny toimittajan virheestä. Tällä saadaan poistettua niin sanotut hätäiset korjaustoimenpiteet, jotka sotkevat alustavan viikkosuunnitelman.

Korjaustoimenpiden ansiosta tuotantoprosessin läpimenoaika lyhenee ja prosessista tulee nykytilannetta stabiilimpi. Virhealttius pienenee ja oikeat tehokkaat toimenpiteet ja työtavat vakioituvat merkittäväksi osaksi tuotantoprosessia.

## **9 Päätelmät**

Paras tapa vähentää hukkaa on vähentää tuotannossa ilmenevää vaihtelua. Tutkimuksessa on havaittavissa, että työtavoissa on erittäin paljon vaihtelua ja tästä seuraa suurin osa tutkimuksessa ilmenneestä hukasta. Kokonaisuutena voidaan sanoa, että kun tarkastellaan ontelolaattatuotantoa prosessina, niin prosessin joka vaiheessa on merkittävää vaihtelua, joka pitäisi saada poistettua. Ontelolaattatuotanto on hyvin prosessinomaista ja jokainen työvaihe kaikkine osavaiheineen on helposti vakioitavissa.

Vaihtelun poistamisessa ensimmäinen askel on saada vakioitua oikeat toimintatavat kullekin työvaiheelle. Suurimmat hukat tutkimuksen aikana muodostuivat valun aloituksen ja lopetuksen ennakoinnin puutteesta, laattojen mitoituksen, nostolenkkien valun sekä koneen puhdistamisen osalta. Toimintojen vakiointi voitaisiin aloittaa työohjeiden läpikäynnillä työntekijöille ja tekemällä selväksi, että kaikki muu paitsi työohjeiden mukainen toiminta on kiellettyä. Työohjeiden läpikäynnin jälkeen työnjohdon ja tehtaan johdon on



sitouduttava valvomaan ohjeiden mukaista toimintaa ja tarvittaessa puuttumaan vääriin toimintatapoihin kurinpidollisin toimin.

Tuotannon työntekijöiden lisäksi toimintatavat on vakioitava myös työnjohdolle sekä kunnossapidolle. Työnjohdon pitää sitoutua suorittamaan työn valvontaa ja puuttumaan kaikkeen työhöjeiden vastaiseen toimintaan. Työnjohdon on myös huolehdittava, että jokaisessa prosessin vaiheessa on oikea määrä työntekijöitä, että prosessin jokainen osa pysyy jatkuvana.

Kunnossapidossa on saatava ennakkohuolto ja tarkastustoiminta toimimaan. Ensimmäinen askel on kunnossapitoasentajien koneiden tarkastukset. Iltavuoron kunnossapitoasentaja voisi valujen jälkeen tarkastaa koneen kunnan, koota koneen ja tarkistaa, että kaikki toiminnot toimivat. Tällä tarkastustoiminnalla saadaan tieto osien kuluneisuudesta ajoissa. Lisäksi koneen kokoaminen ja tarkastus illalla nopeuttaa aamulla ensimmäisen valun aloitusta. Kunnossapito voisi ottaa toimenpiteekseen myös tarpeellisten varaosien varastoinnin. Tarpeellisia osia voisivat olla muun muassa valukoneen massakourut sekä syöttöruuvit.

Oikeiden toimintatapojen vakioinnin lisäksi on varmistettava tuotantoprosessin jatkuvuus. Tällä tarkoitetaan oikeanlaista työvuorojärjestyä, joissa jokaisella prosessin vaiheella on mahdollisuus suorittaa kyseisen osa-alueen työtä ilman pidempiä taukoja työvuoron aikana. Tämä varmistetaan sillä, että sahurin työvuoro alkaa ensimmäisenä, jolloin kun purkaja tulee töihin, hän voi välittömästi aloittaa tuotantolinjojen purkamisen. Varustelijan töihin tulo taas on suunniteltava siten, että ainakin yksi tuotantolinja on purettu, että hän pääsee välittömästi aloittamaan linjan puhdistus- ja varustelutyötä. Valajan työvuoro on taas mitoitettava sillä ajatuksella, että yksi tuotantoalusta on jo varusteltu ja valutyö voi alkaa välittömästi valajien tullessa töihin. Yleisesti sanottuna vuorot olisi suunniteltava siten, että sahaus-, purku- ja varusteluprosessilla on selkeä etumatka ennen valujen aloitusta. Toimiva vuorojärjestely voisi olla että sahuri aloittaa kello 2, purkaja kello 2.30, varustelija kello 4 ja valajat kello 6-7.

Suurin yksittäinen tekninen asia on betonimassan laukaisuaika. Tällä hetkellä käytössä oleva 15 tunnin laukaisuajalla oleva betoniresepti tekee prosessin

jatkuvuuden mahdolliseksi ja tekee tuotantoprosessista erittäin haavoittumisherkän häiriöistä johtuen. Parhaassakin tapauksessa sahaus ja purku pysähtyvät toisen linjan sahauksen ja purkamisen jälkeen 15 tunnin massalla. Toisen ja kolmannen linjan sekä kolmannen ja neljännen linjan sahaus- ja purkuprosessi pysähtyy betonin kypsymisen vuoksi. Tästä seuraa myös se, että aamuvuorossa olevat sahuri ja purkaja eivät saa kaikkia linjoja sahattua ja purettua. Odotusaika kasvaa entisestään, jos valut myöhästyvät esimerkiksi konerikon takia. Tästä syystä tuotantoprosessin jatkuvuuden kannalta olisi elintärkeää, että laukaisuaika saataisiin 13 tuntiin, mieluummin jopa 10 tuntiin.

Nykyisellä systeemillä, jos laukaisuaikaa ei huomioida, niin tuotannon mitoittavat vaiheet ovat varustelu- ja valuprosessi. Varustelu nousee mitoittavaksi tekijäksi siinä vaiheessa, kun varusteltavalla pedillä on paljon nosturilla nostettavia kamipaloja. Varustelun tehostamiseksi kamipalojen nosto pitäisi tehdä jonkun muun kuin varustelijan toimesta, että varustelukone liikkuu ja prosessi pysyy tehokkaana. Tuotannon suunnittelulla on iso vaikutus kamipalojen määrään ja tuotantolinjat olisi suunniteltava sillä tavalla, että kamipaloja tuotantolinjaa kohden tulisi maksimissaan viisi kappaletta. Nykyinen 15 tunnin laukaisuajalla oleva betoniresepti kuitenkin tekee tällaisen suunnittelun mahdolliseksi; vuorokauden kolmannen ja neljännen linjan nostolenkit eivät ehdi kovettua tarpeeksi ajoissa ja viimeistään tästä syystä sahaus- ja purku pysähtyy. Nostolenkimassan lujuuden kehitystä pitäisi tehostaa radikaalisti, että vaadittu lujuus saavutettaisiin esimerkiksi 8 tunnissa. Tällöin ei tulisi tilannetta, ettei laattoja voida nostaa puuttuvan lujuuden vuoksi.

Valuprosessissa massansaanti mitoittaa valuajan. Tutkimuksessa havaittiin, että ontelotuotannon valaessaan yksinään massa-annoksia saadaan 4 minuutin välein, toisen osaston valaessa 7 minuutin välein ja kolmen osaston valaessa annosten väli voi nousta jopa 12-15 minuuttiin. Pelkästään annosväliä tarkastellessa valuaika pitenee vähintään 75 prosenttia, kun verrataan tilannetta, jossa ontelotuotanto valaa yksin ja saa jatkuvasti massaa. Valukone pysyy käynnissä yhdellä annoksella keskimäärin 4 minuuttia, joten annosvälin ollessa maksimissaan 4 minuuttia, niin valu pysyy jatkuvana ja valukone ei

pysähtele. 7 minuutin annosvälillä valukone ehtii pysähtyä ja koneen on käynnistättävä valu jokaisen annoksen välillä. Tämä vaikuttaa negatiivisesti itse tuotteeseen ja myös valukoneen osien huoltoväliin. Kaikkien tuotanto-osastojen pitäisi mitoittaa valuaikataulunsa yhteistyössä siten, että ontelolaatan valaessa muut osastot eivät vala.

Massansaannin lisäksi valun aloituksella ja lopetuksella on tärkeä vaikutus valun keston; aloitusmassa on tilattava tarpeeksi ajoissa, että valu päästään aloittamaan ajoissa. Lopussa tilattava lisämassa on myös osattava ennakoida ajoissa, ettei synny hukka-aikaa. Aloitus- ja lopetusmassan ennakoinnilla voidaan saada aikasäästöä keskimäärin 30 minuuttia valettavaa linjaa kohden.

Yhteenvedona nykytilanteesta voidaan sanoa, että tuotantoprosessissa on merkittävä määrä epävarmuustekijöitä, jotka vaikeuttavat tuotannon läpimenoa päivittäin. Nämä epävarmuustekijät voidaan nimetä leanin mukaisesti vaihteluksi, joista syntyy hukkaa. Paras tapa lisätä varmuutta tuotantoprosessiin on ensimmäiseksi pyrkiä saamaan betoniresepti 10-13 laukaisuajalle sopivaksi. Tällä saadaan lisäaikaa seuraavan päivän prosesseille, vaikka valu syystä tai toisesta pysähtyisi jostakin syystä. Tällä varmistetaan se, että yksi pieleen mennyt päivä ei pilaa seuraavia päiviä linjojen laukaisun myöhästymisen takia. Laukaisuajan kuntoon saannin jälkeen kunnossapidon ennakkohuolto olisi saatava sille tasolle, että koneiden toimintavarmuus saadaan mahdollisimman varmaksi. Tuotannon infrastruktuurin ja laitteiston ollessa kunnossa voidaan suorittaa tuotannon työtehtävien vakiointi. Vakiointi voidaan suorittaa siinä vaiheessa, kun voidaan luottaa että prosessin tekninen puoli on kunnossa. Edellä olevien asioiden ollessa kunnossa prosessin pitäisi olla hyvin vakioitu ja tuotannon ennakoinnin pitäisi olla huomattavasti nykytilannetta helpompaa. Tuotantovarmuuden lisääntyessä tehokkuus lisääntyy, lopputuotteen laatu paranee ja kaiken ylimääräisen työn määrä vähenee.

## **Kuvat**

Kuva 1. Lean-tuotannon periaatteet, s. 18

Kuva 2. Arvovirtakuvaus yrityksessä X, s. 23

Kuva 3. 5S ja sen osa-alueet, s. 24

Kuva 4. PDCA-sykli, s. 28

Kuva 5. Osakokonaisuudet, joista JIT koostuu, s. 30

Kuva 6. Imu- ja työntöohjauksen ero, s. 31

Kuva 7. Kuvaus JIT-prosessista, s. 32

Kuva 8. Havainnekuva KVA-aikataulusta, s. 37

Kuva 9. Havainnointi aineistonhankintamenetelmänä, s. 43

Kuva 10. Sahausprosessi, s. 58

Kuva 11. Hukkatekijät, s. 67

Kuva 12. Lisämassan vaikutus valun kokonaisekseen, s. 73

## **Taulukot**

Taulukko 1. Linjojen laukaisuajat 15 tunnin laukaisulla, s. 79

Taulukko 2. Linjojen laukaisuajat 15 ja 13 tunnin laukaisulla, s.79

## Lähteet

[1] Betonimestarit. Luettu 13.1.2018.

<http://www.betonimestarit.fi/>

[2] Womack, James P. & Jones, Daniel T. & Roos, Daniel 2007. The machine that changed the world. Paperback edition. Free Press, New York.

[3] Dombrowski, U., Mielke, T. Lean Leadership – fundamental principles and their application. 2013. Luettu 13.10.2017.

[https://ac.els-cdn.com/S221282711300303X/1-s2.0-S221282711300303X-main.pdf?\\_tid=c0f5ade9-c37d-439d-b2e7-2fb2a793c232&acdnat=1528174046\\_c85146b783e500976666de4527f36f4d](https://ac.els-cdn.com/S221282711300303X/1-s2.0-S221282711300303X-main.pdf?_tid=c0f5ade9-c37d-439d-b2e7-2fb2a793c232&acdnat=1528174046_c85146b783e500976666de4527f36f4d)

[4] Bicheno J., Holweg, M. The Lean Toolbox – A handbook for Lean transformation. 2016. Luettu 13.10.2017.

[https://www.researchgate.net/profile/Matthias\\_Holweg/publication/309012216\\_The\\_Lean\\_Toolbox\\_5th\\_edition\\_A\\_handbook\\_for\\_lean\\_transformation/links/5847f44208aeda696825be7b/The-Lean-Toolbox-5th-edition-A-handbook-for-lean-transformation.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Matthias_Holweg/publication/309012216_The_Lean_Toolbox_5th_edition_A_handbook_for_lean_transformation/links/5847f44208aeda696825be7b/The-Lean-Toolbox-5th-edition-A-handbook-for-lean-transformation.pdf)

[5] Lean Six Sigma. Lean. Luettu 13.10.2017.

<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>

[6] Väisänen, J. 2013. VSM (Value Stream Mapping) – Arvovirtakuvaus. Luettu 13.10.2017.

<http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/vsm-value-stream-mapping-arvovirtakuvaus/>

[7] AllAboutLean. 2017. Visual Management. Luettu 17.10.2017.

<http://www.allaboutlean.com/category/visualization/>

[8] Moen, R., Norman, C. Evolution of the PDCA Cycle. Luettu 14.10.2017.

[http://www.uoc.cw/financesite/images/stories/NA01\\_Moen\\_Norman\\_fullpaper.pdf](http://www.uoc.cw/financesite/images/stories/NA01_Moen_Norman_fullpaper.pdf)

[9] Johnson, C. N. The Benefits of PDCA. Luettu 14.10.2017.

<https://search.proquest.com/openview/6fb24b731a9c0c8bafd90096fd751e76/1?pq-origsite=gscholar&cbl=34671>

- [10] Manos, A. The Benefits of Kaizen and Kaizen Events. Luettu 14.10.2017.  
<https://search.proquest.com/openview/9d2fe051fa4889fcd7cfd18f6cae1d2b/1?q-origsite=gscholar&cbl=34671>
- [11] Logistiikan maailma. JIT (Just-In-Time) ja imuohjaus. Luettu 2.10.2017.  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/tuotanto/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>
- [12] Brown, M. & Farrell, B. 2015. Adjusting to a just-in-time manufacturing environment. Luettu 2.10.2017.  
<http://www.thefabricator.com/article/cadcamsoftware/adjusting-to-a-just-in-time-manufacturing-environment>
- [13] Lean Construction Institute. Mitä on Lean-rakentaminen? Luettu 4.10.2017.  
<http://lci.fi/mita-on-lean-rakentaminen/>
- [14] Howell, G. A. 1999. What is Lean Construction? Luettu 5.10.2017.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.418.4301&rep=rep1&type=pdf#page=9>
- [15] Koskela, L. Last Planner- toimiva tuotannonohjaus työmaalla. Luettu 5.10.2017.  
<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040502.pdf>
- [16] Koskela, L. & Koskenvesa, A. 2003. Last Planner – tuotannonohjaus rakennustyömaalla. VTT tiedotteita 2197, Espoo, VTT, 106 s.  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2003/T2197.pdf>
- [17] Villanova University. Taking a Gemba Walk. Luettu 20.10.2017.  
<https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-gemba-walk/#.Wezf5VS0OUk>
- [18] Saaranen-Kauppinen & Puusniekka. Havainnointi. Luettu 20.10.2017.  
[http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_4.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_4.html)
- [19] Virtuaali ammattikorkeakoulu. Observointiin perustuvan tutkimuksen suorittaminen. Luettu 20.10.2017.  
<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464131489/1194289409557/1194290592851.html>
- [20] Routio, P. Toteava havainnointi ja koe. 2007. Luettu 20.10.2017.

<http://www2.uiah.fi/projects/metodi/062.htm>

[21] MindTools. Plan-Do-Check-Act (PDCA) Continually Improving, in a Methodical Way. Luettu 14.10.2017.

[https://www.mindtools.com/pages/article/newPPM\\_89.htm](https://www.mindtools.com/pages/article/newPPM_89.htm)

[22] Neal, D., Ray B. & Ripley P. 2006. Lean Manufacturing – A Systematic Approach to Improving Productivity in the Precast Concrete Industry. Luettu 29.10.2017.

[https://www.pci.org/PCI\\_Docs/Publications/PCI%20Journal/2006/January-February/Lean%20Manufacturing%20-%20A%20Systematic%20Approach%20to%20Improving%20Productivity%20in%20the%20Precast%20Concrete%20Industry.pdf](https://www.pci.org/PCI_Docs/Publications/PCI%20Journal/2006/January-February/Lean%20Manufacturing%20-%20A%20Systematic%20Approach%20to%20Improving%20Productivity%20in%20the%20Precast%20Concrete%20Industry.pdf)

[23] Low S.P. & Wu P. 2011. Lean production, value chain and sustainability in precast concrete factory – a case study in Singapore. Luettu 29.10.2017.

[https://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/2011/LCJ\\_10\\_007.pdf](https://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/2011/LCJ_10_007.pdf)

[24] Mäkiranta, J. 2017. Betoniputkituotantolinjan kehittäminen Lean 5S-menetelmää hyödyntäen. Case: Ruskon Betoni Oy. Lahden ammattikorkeakoulu. Liiketalouden ja matkailun ala. Opinnäytetyö.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125114/Makiranta\\_Joonas.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/125114/Makiranta_Joonas.pdf?sequence=1)

[25] Oksman, N. 2016. Tuotannonkehitys. Karelia-ammattikorkeakoulu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108417/Oksman\\_Niko.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108417/Oksman_Niko.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



# Liite 1

VALUAJAT JA LISÄMASSAN VAIKUTUS 5.2. - 23.2.2018										
Pvm.	Laatta- tyyppi	Valun alkuaika	Valun loppuaika	Valuaika	Aloitussmassa + seuraava massa [erotus]	Lisämassa [vii- täysi annos - lisämassa erotus]	Lopetus ennen lisämassaa	Valuaika [min]	Lisämassan osuus valuajasta [%]	
5.2.2018	370	6:33	10:15	3h 42 min	12 min	27 min	9:49	222	12,16	
	265K	11:25	14:18	2h 57 min	10 min	15 min	14:03	177	8,47	
	265	14:58	17:08	2h 10 min	6 min	0 min	ei lisämassaa	130	0,00	
6.2.2018	400	7:15	13:11	3h 4 min	25 min	0 min	ei lisämassaa	184	0,00	
	400	13:58	17:13	2h 54 min	6 min	0 min	ei lisämassaa	174	0,00	
7.2.2018	400	5:30	8:42	3h 12 min	13 min	6 min	8:36	192	3,13	
	400	10:13	13:25	3h 12 min	10 min	40 min	12:45	192	20,83	
	400	14:50	17:56	3h 6 min	7 min	29 min	17:27	186	15,59	
8.2.2018	400	6:09	8:52	2h 43 min	19 min	10 min	8:42	163	6,13	
	265K	10:04	12:47	2h 43 min	9 min	21 min	12:26	163	12,88	
	265K	13:25	15:52	2h 27 min	5 min	0 min	ei lisämassaa	147	0,00	
9.2.2018	400	6:33	9:33	3h 0 min	10 min	28 min	9:05	180	15,56	
	KL120	14:08	17:44	3h 36 min	18 min	22 min	17:22	216	10,19	
12.2.2018	400	6:23	8:36	2h 13 min	10 min	0 min	ei lisämassaa	133	0,00	
	400	9:34	11:57	2h 23 min	7 min	5 min	11:52	143	3,50	
	KL120	13:39	17:08	3h 29 min	29 min	18 min	16:51	209	8,61	
13.2.2018	KL120	8:19	10:51	2h 32 min	16 min	19 min	10:32	152	12,50	
	265	15:10	17:22	2h 12 min	6 min	20 min	17:20	132	15,15	
14.2.2018	KL120	7:00	9:07	2h 7 min	13 min	14 min	8:53	127	11,02	
	KL120	13:12	15:22	2h 10 min	3 min	28 min	14:53	130	21,54	
15.2.2018	400	5:46	8:22	2h 36 min	13 min	23 min	7:58	156	14,74	
	400	9:22	11:57	2h 35 min	14 min	26 min	11:32	155	16,77	
	400	13:12	15:41	2h 29 min	11 min	20 min	15:21	149	13,42	
	400	16:19	18:34	2h 25 min	7 min	17 min	18:17	145	11,72	
16.2.2018	400	7:33	10:12	2h 39 min	4 min	0 min	ei lisämassaa	159	0,00	
	400	11:18	13:49	2h 31 min	6 min	16 min	13:33	151	10,60	
19.2.2018	400	6:10	10:24	4h 14 min	5 min	31 min	9:53	254	12,20	
	400	11:27	14:26	2h 59 min	4 min	18 min	14:09	179	10,06	
	KL120	16:00	18:34	2h 34 min	11 min	28 min	18:06	154	18,18	
20.2.2018	400	7:08	9:29	2h 21 min	10 min	20 min	9:08	141	14,18	
	400	10:12	13:02	2h 50 min	5 min	19 min	12:44	170	11,18	
	KL120	16:14	18:36	2h 22 min	8 min	22 min	18:14	142	15,49	
21.2.2018	400	6:50	9:23	2h 33 min	9 min	21 min	9:02	153	13,73	
	400	10:11	12:17	2h 6 min	6 min	0 min	ei lisämassaa	126	0,00	
22.2.2018	400	6:40	8:55	2h 15 min	9 min	17 min	8:38	135	12,59	
	400	9:48	12:40	2h 58 min	9 min	18 min	12:22	178	10,11	
	400/265	13:14	15:52	2h 39 min	5 min	0 min	ei lisämassaa	159	0,00	
23.2.2018	400	6:48	9:25	2h 37 min	8 min	17 min	9:08	157	10,83	
	KL120	11:57	13:48	1h 49 min	7 min	19 min	13:30	109	17,43	
	400	16:51	19:22	2h 31 min	4 min	26 min	18:56	151	17,22	
<b>Keskiarvo</b>					<b>9,7 min</b>	<b>20,6 min</b>			<b>12,74 %</b>	