

Nikolas Kurki

JUST-IN-TIME VALMISBETONIKULJETUKSISSA

Opinnäytetyö

Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto

Logistiikan koulutus

2023



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Liiketalouden ammattikorkeakoulututkinto
Tekijä/Tekijät	Nikolas Kurki
Työn nimi	Just-in-time valmisbetonikuljetuksissa
Toimeksiantaja	Lujabetoni oy
Vuosi	2023
Sivut	41 sivua, liitteitä 5 sivua
Työn ohjaaja(t)	Jouni Ropponen ja Olli Markkanen

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli havaita Just-In-Time-periaatteen mukaista hukkaa Lujabetonin valmisbetonin toimitusprosessissa Espoon tehtaalta. Havaintojen pohjalta opinnäytetyö pyrkii esittämään kehityssuuntia prosessin parantamiseksi. Ennen opinnäytetyön aloitusta tutkimukselle määritettiin kaksi avainkysymystä: mikä on Lujabetoni asiakkaiden näkemys oikea-aikaisesta toimituksesta sekä onko Lujabetonin toimitukset pysyneet näiden raja-arvojen sisällä?

Opinnäytetyö alkaa teoriaosuudella, jossa ensin perehdytään Lean-filosofiaan ja sen sisältämään Jidokan- ja Just-In-Time-periaatteisiin. Tämän jälkeen teoriaosuutta jatketaan perehtymällä paikallavalurakentamiseen pääpiirteittäin. Näiden kahden teoreettisen osa-alueen tarkoitus on luoda yleiskuva tutkimuskohteesta.

Opinnäytetyössä toteutettiin kysely- sekä kenttätutkimus. Kyselytutkimuksen tavoitteena oli hahmottaa Lujabetonin toimitusten nykytila sekä mahdolliset ongelmakohdat asiakkaan näkökulmasta. Kenttätutkimuksessa perehdyttiin erityisesti kyselytutkimuksessa esiin nousseisiin kolmeen kohtaan: toimitus-
syklit, työmaan ja tehtaan välinen kommunikaatio sekä betoniauton kuljettajien toiminta. Toimitussyklejä mitattiin kellottamalla betoniautojen saapumista, siirtymiä työmaalla sekä tyhjennysaikaa. Tämän lisäksi kenttätutkimuksessa tehtiin yleisiä havaintoja toiminnasta.

Opinnäytetyössä ilmenee, että toimitussyklit olivat pääpiirteittäin oikea-aikaisen toimituksen rajoissa, mikä kyselytutkimuksen perusteella on ± 10 minuuttia. Ymmärrys oikea-aikaisen toimituksen merkityksestä asiakkaalle tärkeänä arvona tulisi olla valmisbetonitoimittajan yksi toiminnan kehityksen kulmakivistä. Työmaan ja tehtaan välisessä kommunikaatiossa on parannettavaa. Kommunikaatiota parantamalla voidaan muun muassa vähentää sekä betoniautojen että valuporukan turhaa odottelua. Kommunikaatiota ja avoimuutta voidaan parantaa lisäämällä vierailuja niin työmaalla kuin tehtaallakin sekä painottamalla informaation kulun nopeuden hyötyjä toiminnassa.

Asiasanat: lean, just-in-time, rakennusteollisuus, betoniteollisuus

Degree title	Bachelor of Business Administration
Author	Nikolas Kurki
Thesis title	Just-in-time in ready-mixed concrete transport process
Commissioned by	Lujabetoni oy
Time	2023
Pages	41 pages, 5 pages of appendices
Supervisor	Jouni Ropponen and Olli Markkanen

ABSTRACT

The aim of this study was to detect waste in accordance with the Just-In-Time principle in the Lujabetoni ready-mixed concrete delivery process from the Espoo plant. The thesis aims to present trends to improve the process. The main research questions were: What is Lujabetoni's customers' view of timely delivery and whether Lujabetoni's deliveries have remained within these limits.

The thesis begins with a theoretical framework about the Lean philosophy and the principles of Jidokan and Just-In-Time that it contains. Then the theoretical framework focuses on the main aspects of on-site casting construction. The purpose of these two theoretical areas is to create an overview of the research topic.

Both customer survey and field study were conducted in the thesis. The aim of the customer survey was to outline the current state of Lujabetoni's deliveries as well as possible problems from the customer's point of view. The field study examined the three points raised in the survey: delivery cycles, communication between the construction site and the factory, and the operations of the concrete truck drivers. Delivery cycles were measured by checking the arrival of concrete trucks, transitions at the site, and emptying time. Moreover, the general observations of the concrete delivery process activities were made in the field study.

The thesis shows that delivery cycles were mainly within the limits of timely delivery, which on the basis of the customer survey was ± 10 minutes. Understanding the importance of timely delivery to the customer as an important value should be one of the cornerstones of the development of the finished concrete supplier's operations. By improving communication between the factory and the site, unnecessary waiting can be reduced for both concrete trucks and casting crews. Communication and transparency between Lujabetoni and the customer can be improved by increasing visits to both the site and the factory, as well as by emphasizing the benefits of the speed of information flow in operations.

Keywords: lean, just-in-time, construction industry, concrete industry

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset	5
1.2	Analyysimenetelmät ja teoreettinen viitekehys	5
1.3	Lujabetoni oy	6
2	LEAN	7
2.1	Jidoka ja Just-in-time	9
2.1.1	Virtausyksikkö, arvo ja tarpeet	9
2.1.2	Jidoka	10
2.1.3	Just-in-time	11
2.2	Resurssi- ja virtaustehokkuus / työntö- ja imuohjautuva prosessi.....	14
3	BETONITEOLLISUUS	15
3.1	Betonin laatu ja luokittelu	17
3.2	Paikallavalurakentaminen.....	19
4	TILAUS- JA TOIMITUSPROSESSI	23
5	KYSELYTUTKIMUS	25
6	KENTTÄTUTKIMUS	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	37
7.1	Tutkimuksen luotettavuus.....	39
7.2	Jatkotutkimus.....	39
	LÄHTEET.....	40

LIITTEET

Liite 1. Taulukot toimitusprosessin vaiheista työmaakäynneiltä

Liite 2. Kyselytutkimuksen kysymykset

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä perehdytään Lujabetonin valmisbetonin toimitusprosessiin Leanin näkökulmasta pyrkimyksenä löytää ja vähentää hukkaa prosessista sekä tuottaa asiakkaalle lisäarvoa. Opinnäytetyön alussa tutustutaan tarkemmin Leanin alkuperään ja sen peruseräotteisiin. Tämän jälkeen luodaan kuvaus betonirakentamisesta toimintaympäristönä erilaisine betoninsiirtotapoineen sekä betonilaatuineen. Tällä tavoin luodaan ymmärrys mahdollisista asiakkaiden tarpeista työmaalla. Opinnäytetyössä toteutettiin kysely- sekä kenttätutkimus. Kyselytutkimuksen tarkoitus oli luoda kuva tutkittavan aiheen nykytilanteesta asiakkaan näkökulmasta. Kyselytutkimuksen pohjalta havaituista avainkysymyksistä muodostettiin runko kenttätutkimuksen pohjaksi. Kenttätutkimuksessa muun muassa kelloitettiin siirtymiin sekä pumppaukseen kuluva aikaa sekä tehtiin yleisiä havaintoja toiminnasta pääpainona kyselytutkimuksesta esiin nousseet kolme ongelmakohtaa.

1.1 Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää Lean oppien mukaisesti hukkaa Lujabetonin Espoon tehtaan toimitusprosessista sekä antaa toimenpide-ehdotuksia hukan vähentämiseksi. Tutkimuskysymyksiä muodostui tämän tavoitteen saavuttamiseksi neljä:

1. Onko Lujabetonin Espoon tehtaan toimitusprosesseissa hukkaa?
2. Minkä tyyppistä mahdollinen hukka on?
3. Miten hukkaa tulisi pyrkiä vähentämään?
4. Mitkä ovat Lujabetonin asiakkaiden mukaan oikea-aikaisen toimituksen rajat?

1.2 Analyysimenetelmät ja teoreettinen viitekehys

Tutkimus on kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus. Kvalitatiivisen tutkimuksen menetelmiksi on perinteisesti luettu kyselyt, haastattelut sekä kenttätutkimus, jossa tutkija pyrkii tarkkailijana mahdollisimman lähelle tutkittavaa kohdetta kuitenkin puuttumatta tapahtumien kulkuun. Nämä tutkimusmuodot eivät

niinkään ole numeraalisia, joihin kvalitatiivinen tutkimus on tyypillisesti mielletty perustuvan. (Eskola & Suoranta 1998.)

Kuten johdannossa esiteltiin, tässä opinnäytetyössä on toteutettu niin kysely- kuin kenttätutkimuskin. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli luoda rajausta kenttätutkimuksessa tutkittaville asioille ja ilmiöille. Osana tätä rajausta määritettiin asiakkaiden näkemys oikea-aikaisen toimituksen rajoista mallilla, kuinka paljon kuorma voi olla etuajassa tai myöhässä ollakseen vielä riittävän oikea-aikainen asiakkaan tarpeisiin. Kyselytutkimuksen kysymyksistä muodostettiin kuvaajia vastausten havainnollistamiseksi. Nämä kuvaajat ovat avattuna luvussa viisi. Kyselytutkimuksen avoimet kysymykset jaettiin teemoihin, joista kolme valikoitui osaksi kenttätutkimusta vastausmäärien perusteella.

Kenttätutkimuksessa pyrittiin keräämään aineistoa kuljetusprosessin eri vaiheista työmaalla hukan havaitsemiseksi. Kustakin tutkimukseen valikoituneesta kolmesta valusta on muodostettu oma taulukkonsa. Nämä ovat esiteltynä luvussa 6.

Teoreettinen viitekehys on jaettu kahteen pääosa-alueeseen: Leanin teoriaan sekä valmisbetonirakentamisen teoriaan. Aineistonkeruussa on hyödynnetty Leanin osalta aihekohtaista kirjallisuutta. Leanin osalta tutkimuksen kannalta on merkityksellistä ymmärtää Just-in-time-periaatteiden mukaisen hukan muodot ja merkitys hukan tunnistamiseksi tutkittavasta kohteesta. Valmisbetonirakentamisen teoreettinen osuus nojautuu vahvasti kahteen rakentamisen normistoon: BY 65 2021 sekä BY 71/RIL 149-2019.

1.3 Lujabetoni oy

Lujabetoni oy on vuonna 1953 perustettu suomalainen perheyrittys. Lujabetoni työllistää 1 000 henkilöä 27 tehtaalla ympäri Suomea sekä Ruotsia. Sen liikevaihto on 211 miljoonaa euroa. Lujabetoni tuottaa betonituotteita niin talo- kuin infrarakentamiseen, maatalouteen sekä paikallavalurakentamiseen. Tässä opinnäytetyössä perehdytään Espoon valmisbetonitehtaan toimituksiin. Toisin kuin esimerkiksi Järvenpään tehdas, joka on pääasiassa betonielementtiteh-

das joka kykenee toimittamaan myös valmisbetonia paikallavalukohteisiin, Espoon tehdas keskittyy vain palvelemaan paikallavalurakentajia. Lujabetonin referensseistä löytyykin esimerkiksi Helsingin Raidejokeri sekä Tikkurilan Dixi Vantaalla. (Lujabetoni s.a.)

Lujabetoni on osa Luja-yhtiötä, joka koostuu Lujabetonin lisäksi Lujatalo oy:stä sekä Fescon oy:stä. Lujatalo on rakennusliike, joka on keskittynyt taloja toimitilarakentamiseen. Fescon sen sijaan on keskittynyt betonikuivatuotteiden kehittämiseen ja valmistamiseen. Näitä ovat esimerkiksi erilaiset laasti- ja pinnoitetuotteet. Yhdessä Luja-yhtiöt työllistävät yli 1 900 henkilöä. Liikevaihto on 840 miljoonaa euroa. (Luja s.a.)

2 LEAN

Lean juontuu alun perin japanilaisen Toyota Motor Corporationin toimintamallista, jolla se pyrki kasvattamaan omaa tuottavuuttaan auton valmistuksessa maailmansotien välisessä taloustilanteessa. Tuotannon tehostamisessa pääpaino asetettiin virtauksen kehittämiseen, jonka seurauksena tuotantoa ohjattiin imuohjautuvaan malliin. Tämä erosi esimerkiksi Ford Motor Company:n strategiasta, joka keskittyi työntöohjautuvaan tuotantoon etenkin alkuaikoinaan vuonna 1913 onnistuneesti käyttöön otetun kokoamislinjaston ansiosta ja joka laski radikaalisti auton valmistuksen hintaa (Ford s.a.). Työntöohjautuvassa tuotannossa pyritään resurssitehokkuuteen, jonka seurauksena tuotteita valmistetaan valmiiksi valmistuotevarastoon, ennen kuin tuotteen varsinaista asiakasta on tiedossa. Imuohjautuvassa tuotannossa tuotteet valmistetaan asiakkaan tekemästä tilauksesta, jolloin varsinaisia valmistuotevarastoja ei pitäisi syntyä. Näihin kahteen tuotannon malliin perehdymme tarkemmin alaluvussa 2.2. Toyotan ajatuksena oli nopeutta prosessia asiakkaan tekemästä tilauksesta maksun saamiseen asiakkaalle toimitetusta autosta sekä tässä yhteydessä vähentämään tuotannosta hukkaa. Tähän prosessin hukkaan perehdymme alaluvussa 2.1. (Moding & Åhlström 2016.)

Myöhemmin tämä toimintamalli lanseerattiin nimellä Toyota Production System (TPS), joka on vielä tänäkin päivänä yksi Toyotan toiminnan peruspilareista. TPS esiintyi julkisesti Toyota Production System -nimellä ensi kertaa

vuonna 1978 ilmestyneessä Taiichi Ohnon kirjoittamassa kirjassa *Toyota Production System: Beyond Large Scale Production*. Tässä vaiheessa toki TPS on ollut jo vuosikymmenten kehitysprojekti Toyota Motor Corporationin sisällä, sillä Toyota Production Systemsin isänkin pidetty Taiichi Ohno oli ollut yhtiön palveluksessa jo vuodesta 1932. (Moding & Åhlström 2016.)

TPS koostuu kahdesta päätoimintamallista, Jidokanista ja Just-in-time-periaatteesta. Jidokan voidaan vapaasti suomentaa muotoon ”automaatiota inhimillisellä kosketuksella”. Tässä perusajatuksena on automatisoitu tuotanto, jonka kuka tahansa tehtaan henkilöstöstä pystyy pysäyttämään tuotannon missä tahansa tuotannon vaiheessa. Just-in-time-periaate puolestaan perustuu tuotannon jatkuvaan virtaukseen, jossa muun muassa pyritään minimoimaan varastointia osien oikea-aikaisella toimittamisella tuotantolinjastolla. Näihin kahteen periaatteeseen palaamme vielä tarkemmin alaluvussa 2.1. (Toyota s.a.)

1980-luvulla Toyotan tapa toimia herätti myös länsimaaisissa tutkijoissa mielenkiinnon kipinän. Vuonna 1988 John Krafcik toikin alan tietoisuuteen TPS:n prosessikehittämisen mallina artikkelissaan *Triumph of the Lean Production System*. Kyseisessä artikkelissa Krafcik kuvaa Toyotan TPS:n virtaustehokasta prosessia ilmauksella *lean production system*. (Krafcik 1988.) Tämän artikkelin sekä *International Motor Vehicle Program* -tutkimusohjelman pohjalta James P. Womack, Daniel T. Jones ja Daniel Roos kirjoittivat kirjan *Machine that Changed the World*. Tässä kirjassa kuvattiin tarkasti mitä Lean tuotantoprosessi tarkoittaa. (Moding & Åhlström 2016, 79.)

Tämän jälkeen Lean onkin ollut prosessikehittämisen vahvimista suuntauksista länsimaissa ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta on julkaistu valtavat määrät. Tuotannon prosessien lisäksi Leaniä on myös pyritty hyödyntämään hieman abstraktimmissa prosesseissa, kuten palveluprosessin kehittämisessä. Nykyään Lean onkin paisunut hyvin suureksi ja abstraktiksi kokonaisuudeksi, jota voi olla hankala ymmärtää. Tällöin myös Leanin jalkauttaminen päivittäisiin prosesseihin ontuu. Leanin kulmakivien ymmärtäminen, Jikoda ja JIT, sekä selkeä arvon hahmottaminen prosessissa auttavat merkittävästi leanien prosessien kehittämisessä. (Moding & Åhlström 2016.)

2.1 Jidoka ja Just-in-time

TPS ja sitä kautta myös Lean lähtevät liikkeelle kahdesta toisiaan tukevasta peruspilarista, Jidokasta ja JIT:sta (Just-in-time). Näistä JIT on käytännölläheisempi ajattelutapa, joka pyrkii suoraviivaisesti poistamaan muun muassa odottamisen tuottama hukkaa virtaustehokkaasta prosessista. Jidoka puolestaan on abstraktimman tason ajatusmalli, jossa hieman yksinkertaistaen pyritään siihen, että kaikki prosessin osat näkevät koko prosessin. Tämän pyrkimyksenä on ohjata kaikkia prosessiin osallistuvia osia pyrkimään yhteen ja samaan päämäärään yhteistyöllä.

2.1.1 Virtausyksikkö, arvo ja tarpeet

Ennen kuin perehdymme tarkemmin Leanin kahteen peruspilariin, Jidokaan ja JIT:hen, on hyvä avata kolme asiaan oleellisesti liittyvää käsitettä. Nämä käsitteet ovat virtausyksikkö, arvo ja tarpeet.

Virtausyksikkö on esimerkiksi auton runko, joka kulkee tuotantoketjun läpi. Tuotantoketjun aikana tähän lisätään suunnitelman mukaisesti osia, jotta tuotantoketjun loppupäässä olisi valmis auto. Virtausyksikkö on siis prosessin läpi kulkeva subjekti, jolle prosessi antaa arvoa. (Moding & Åhlström 2016.)

Arvon voi määritellä prosessista riippuen hyvin monella tavalla. Esimerkiksi palveluprosessissa arvo voi olla hyvin erilaista kuin esimerkiksi auton tuotantoprosessissa. Pääpiirteissään virtausyksikkö saa arvoa, kun se on prosessin osan käsiteltävänä. Monesti tähän liittyy jonkin lisäämistä virtausyksikköön, kuten esimerkiksi autotehtaalla auton runkoon lisätään peilit yhdellä tuotantolinjan pisteellä. Psykologin palveluprosessiin puolestaan ei välttämättä kuulu minkään konkreettisen lisääminen virtausyksikköön, eli tässä tapauksessa henkilöön. Tämänkaltaisessa prosessissa virtausyksikkö saa arvoa, kun hän on kontaktissa psykologiin, joka on tässä tapauksessa prosessin arvoa tuottava osa. (Moding & Åhlström 2016.)

Arvoa tuottamattomat hetket prosessissa puolestaan ovat hetkiä, jolloin virtausyksikkö odottaa pääsyä prosessin arvoa tuottavalle osalle. Leanin oppien mukaan tällaiset hetket tulisi poistaa kokonaan, vaikkakaan realistisesti tämä ei täysin mahdollista olekaan, sillä prosesseihin vaikuttaa pullonkaulojen laki (Moding & Åhlström 2016, 37–39). Pullonkauloja syntyy, koska prosesseissa on vaihtelua ja monesti prosessit pitää suorittaa tietyssä järjestyksessä. Pullonkauloja syntyy siis kahden prosessin vaiheen väliin, joiden läpimenoaika on eri. Läpimenoaika on aika, jonka virtausyksikkö kulkee tietyn mittausjakson läpi. Tämä voidaan määritellä ja mitata koko prosessiketjusta tai esimerkiksi vain tietyistä prosessin vaiheesta. Pullonkauloihin liittyy myös se haaste, että niillä on taipumus syntyä uusiin paikkoihin sitä mukaan, kun niitä saa purettua muualta prosessista.

Prosessin virtaustehokkuutta parannettaessa on syytä aluksi tiedostaa, mitkä asiat tuottavat asiakkaalle arvoa. Tässä yhteydessä on määritettävä asiakkaan tarpeet. Tarpeet voidaan jaotella varsinaisiin tarpeisiin ja toissijaisiin tarpeisiin. Varsinainen asiakkaan tarve voisi olla tuotteen saaminen tiettyyn aikaan mennessä. Tähän tuotteen odotusaikaan voi liittyä toissijaisia tarpeita, jotka saattavat johtua odottamisen tuottamasta epävarmuudesta. Esimerkiksi sähköauton ostaja joutuu tällä hetkellä odottamaan autoaan hyvin pitkiä aikoja. Maailmalla vallitseva puolijohdekomponenttipula aiheuttaa omalta osaltaan toimitusaikoihin vaihtelua ja epävarmuutta. (Kokkonen 2021.) Tänä odotusaikana asiakas ei saa virtausyksikön ominaisuudessa arvoa, vaan odottaa seuraavaan prosessin vaiheeseen pääsyä. (Moding & Åhlström 2016.)

2.1.2 Jidoka

Jidokan juuret yltävät Toyota Motor Corporationin perustajan Kiichiro Toyodan isään Sakichi Toyodaan, joka kehitti vuonna 1896 automatisoidut kangaspuut. Näihin kangaspuihin oli rakennettuna ainutlaatuinen toiminto, joka pysäytti kangaspuut, jos lanka katkesi. Tämän ansiosta laatuvirheet voitiin kitkeä heti niiden ilmaantuessa. Myöhemmin Toyota Motor Corporation teki samalla periaatteella tuotantolinjastolleen ”langan”, jolla kuka tahansa tuotannossa työskentelevä kykenee pysäyttämään tuotannon laatuvirheen havaittuaan. (Moding & Åhlström 2016, 70.)

Sittemmin Jidoka on filosofiana laajentunut käsittämään isompaa ja hieman abstraktimpaa kokonaisuutta prosessissa. Jotta laaturvirheet kyetään havaitsemaan ja poistamaan heti niiden ilmaantuessa, on kaikkien prosessin osien tiedettävä jatkuvasti missä mennään. Toisin sanoen koko prosessi on kyettävä visualisoimaan, jotta poikkeamat voidaan havaita. Tällä tavalla koko tuotantotai palveluketjut kykenevät toimimaan yhdessä yhtenä organisaationa tavoitteen saavuttamiseksi ja välttämään haitalliselta osaoptimoinnilta. (Moding & Åhlström 2016.)

2.1.3 Just-in-time

Just-in-time on toimintamalli, jolla pyritään luomaan prosessiin virtaustehokkuutta. Ihanne tilanteessa juuri oikea-aikaisilla toimituksilla ja toiminnoilla saadaan maksimoitua arvovoyksiköiden saama arvo ja resurssien käyttöaste sekä kyetään luopumaan muun muassa varastoista. JIT:n lähtökohtana on ymmärtää arvon ja hukan merkitys prosessissa. Tätä varten on ensin syytä määrittellä prosessin arvoa ja hukkaa tuottavat kohdat. Esimerkiksi tuotannossa eri kokoonpanopisteet tuottavat arvoa kokoonpanemalla irrallaan olevat osat yhdeksi osaksi. Tämän jälkeen koottu osa jatkaa seuraavalle pisteelle, jossa osa liitetään osaksi isompaa kokonaisuutta. Prosessin arvoa tuottamattomat osat ovat muun muassa hetkiä, jolloin tuotantolinjan osat odottavat kokoonpanopaikalle pääsemistä. JIT:ssä pyritään minimoimaan näitä hetkiä poistamalla hukkaa prosessin virtauksesta. (Moding & Åhlström 2016.)

JIT:n ymmärtämiseksi ja hukan etsimiseksi onkin määritetty prosessin seitsemän hukkaa, jotka ovat:

1. tarpeeton tuotanto
2. turha odottelu
3. tarpeettomat materiaalien ja tuotteiden kuljetukset
4. tarpeeton työ
5. tarpeeton varastointi
6. tarpeettomat työntekijöiden liikkumiset ja liikkeet
7. tarpeettomat virheet, työn tekeminen uudelleen ja päällekkäinen työ.
(Moding & Åhlström 2016.)

Tarpeettomalla tuotannolla tarkoitetaan ylituotantoa. Tällöin tuotetaan tuotteita enemmän kuin on tilattu, jolloin ylimääräiset tuotteet päätyvät varastoon määrittämättömäksi ajaksi, toisin sanoen siihen asti, kunnes ne ovat myyty ja voidaan toimittaa asiakkaalle. (Liker & Convis 2012.)

Turhaa odottelua voi olla prosessissa hyvin monessa vaiheessa. JIT:n kohdalla tämä tulee kuitenkin käsittää arvoa tuottamattomana odottamisena, jolloin virtausyksikkö odottaa lisäarvon saamista. Toisin kuin resurssitehokäydessä tuotannossa pyritään maksimoimaan resurssien käyttö, virtaustehokäydessä tuotannossa pyritään maksimoimaan virtausyksikön saama arvo.

Tarpeettomia materiaalien ja tuotteiden kuljetuksia pyritään Leanissa prosessissa vähentämään esimerkiksi keskittämällä koko tuotteen kasaus samaan tehtaaseen. Tällöin vältetään eri työvaiheessa olevien tuotteiden kuljettaminen eri tehtaiden välillä. Tähän esimerkkitapaukseen liittyy myös merkittävässä määrin tehtaan pohjaratkaisu, jonka tulisi olla virtauksen kannalta optimaalinen, jotta turhaa kuljettamista ja siirtelyä pystyttäisiin välttämään. (Moding & Åhlström 2016.)

Turhalla työllä tarkoitetaan Leanin kohdalla lisätyön tekemistä. Tällainen työ ei varsinaisesti täytä alkuperäistä tarvetta, vaan täyttää lisätarpeita, joita on muodostunut esimerkiksi jonkin virheen vuoksi. Moding ja Åhlström (2016, 60–64) tuovat kirjassaan Tätä on LEAN esille erinomaisen esimerkin kuittien kirjanpidollisesta käsittelystä käsitellessään lisätyötä ja sen vaikutuksia. Tässä esimerkissä, lyhyesti referoituna, arvoa lisäävä työ on kuittien kirjaaminen ja arkistointi kirjanpitoon. Koska työtä ei ole tehty ajallaan ja käsiteltävien kuittien määrä on päässyt kasvamaan pitkällä ajanjaksolla, on kuitit ensin organisoitava jollain tavalla virheiden välttämiseksi ja kokonaiskuvan hahmottamiseksi. Tämä organisointi on kuitenkin Leanin mukaan lisätyötä, koska se ei tuota varsinaista arvoa, vaan paikkaa lisätarpeita, joita on syntynyt varsinaisen tarpeen jäätyä täyttymättä. Tämä työvaihe olisi voitu välttää suorittamalla kuittien käsittely ajallaan.

Varastointi on kaiken kaikkiaan hyvin tehotonta. Sen kulut ovat arvoonsa nähden valtavat ja ne vain kasvavat, mitä pidemmälle jalostettuja tuotteita varastoidaan. Tämä johtuu muutamasta tekijästä. Varastolla on omat kiinteät kustannuksensa riippumatta sen sisällöstä. Sen sisältö on myös usein yrityksen omistuksessa, jolloin varastoon on sitoutunut pääomaa, jota yritys voisi investoida muualle. Erilaiset välivarastot myös peittävät prosessin todellisia ongelmakohtia toimimalla puskureina. Nämä ongelmakohdat tulisi Leanin mukaan havaita ja purkaa välittömästi. Vaikka JIT:n ihanteellinen tavoitetilä olisikin varastoista luopuminen täydellisen oikea-aikaisilla toimituksilla ja toimenpiteillä, ei varastoista kuitenkaan kokonaan kyetä luopumaan. Varastoinnilla on kuitenkin oma arvonsa epävarmuuden ja toimitus- ja laatuvirheiden aiheuttamien kustannusten minimoimisessa. (Liker & Convis 2012.)

Tarpeettomista työntekijöiden liikkumisista ja liikkeistä onkin loistava esimerkki aivan Toyotan autonvalmistuksen kehittämisestä Yhdysvalloissa sijaitsevassa General Motorsin ja Toyotan yhteisessä NUMMI-tehtaassa (New United Motor Manufacturing, Inc). Tämän tehtaan toimintaa johti Toyota, joten sitä kehitettiin Toyotan mallin mukaan, jota länsimaissa kutsutaan Leaniksi. Tässä tehtaassa perustettiin työryhmä, jonka tehtävänä oli kehittää tehtaan virtaustehokkuutta keskittymällä JIT:hen. Sen lisäksi, että työryhmä pureutui siirrettävien osakonttien liikutteluun tehtaan sisällä, se paneutui myös tapaan, jolla osat asetellaan kyseiseen konttiin. Tavoitteen oli tuoda osat asennuspaikalle sellaisessa asennossa, jossa asentajan ei tarvitse käännellä tai tehdä muitakaan turhia liikkeitä asettaessaan osaa paikalleen. (Liker & Convis 2012, luku 4.)

Tarpeettomat virheet ja työn tekeminen uudelleen kertovat jo itsessään, että kyseessä on hukka, jota tulisi välttää. Kaikista seitsemästä hukasta tämä on lähimpänä Jidokan ja JIT:n liittymäpintaa, koska Jidokan avulla tätä hukkaa pyritään minimoimaan havaitsemalla ja poistamalla laatuongelmat mahdollisimman tehokkaasti.

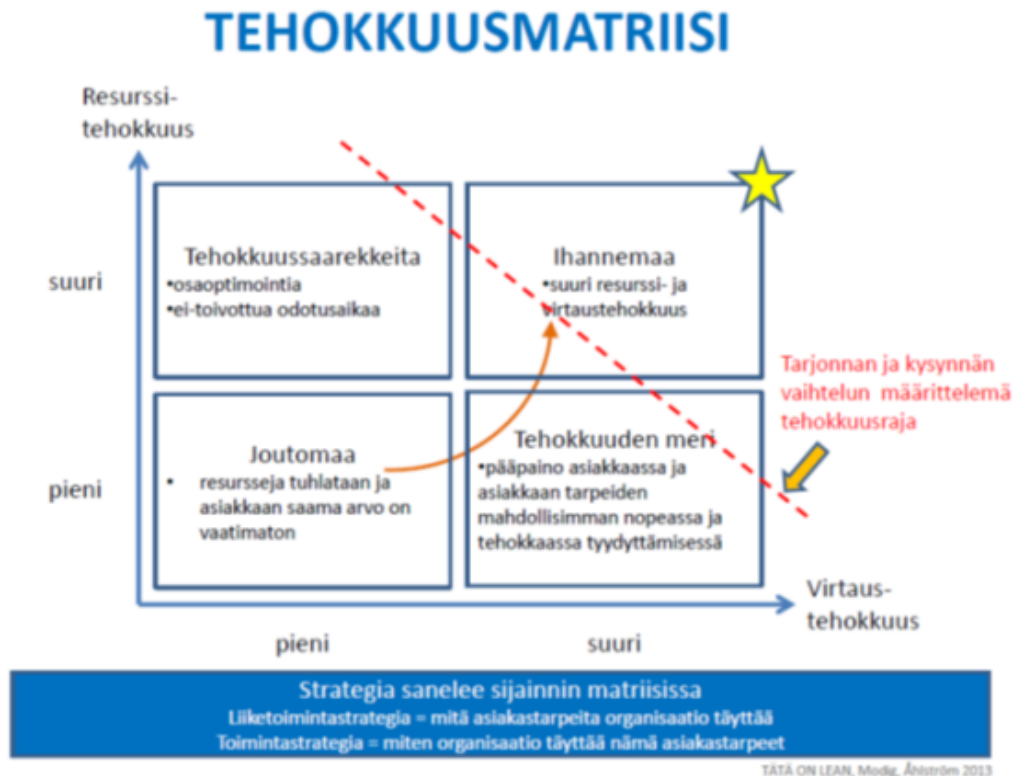
2.2 Resurssi- ja virtaustehokkuus / työntö- ja imuohjautuva prosessi

Tuotannossa on perinteisesti ollut kaksi tavoitteellista tehokkuuden mallia, joita ohjaavat kaski eri ohjausmallia. Näistä resurssitehokas prosessi on perinteisempi ja entisaikaan myös selvästi yleisempi. Resurssitehokkaasta mallista hyvä esimerkki on Henry Fordin kehittämä tuotantolinjasto autotehtaalleen Highland Parkiin. Tässä mallissa jokaisen prosessin osan käyttöaste maksimoidaan. Käyttöaste on laitteen tai palvelun käyttöaika mittausjaksolla. Mikäli laite on käyttämättä mittausjakson aikana, laskee se käyttöastetta. Resurssitehokkaaseen tuotantoon liittyy myös vahvasti työntöohjautuva prosessi. Tällöin tuotteita valmistetaan riippumatta siitä, onko niille tehty tilausta. Tämä johtuu siitä, että tuotannossa pyritään maksimoimaan tuotannon resurssien käyttöaste. Tällöin tavoitetilana on, että enemmän virtausyksikkö odottaa kuin tuotannon resurssi. (Ford s.a.)

Virtaustehokkuus on toinen tuotannon malleista, joka on yleistynyt Leanin myötä. Tässä pyritään maksimoimaan virtausyksikön saama arvo. Tähän tuotannon malliin liittyy voimakkaasti imuohjautuva prosessi, jossa tuotetta aletaan valmistaa vasta tilauksesta. Virtaustehokkaalle tuotannolle on ominaista, että prosessin resurssien käyttöaste on matalampi kuin resurssitehokkaassa prosessissa, mutta virtausyksikön saama arvo on korkeampi, koska niille on resursseja vapaana prosessissa. (Moding & Åhlström 2016.)

Todellisuudessa monen organisaation toiminta on jossain virtaus- ja resurssitehokkuuden välillä. Tätä havainnollistaa Modingin ja Åhlströmin (2016) kirjaan esittämä tehokkuusmatriisi (kuva 1). Kuvassa 1 on esitetty vaakakselilla virtaustehokkuus ja pystyakselilla resurssitehokkuus. Oikeassa ylänurkassa on tähdellä merkitty ihannemaa, joka on ihannetila, johon tulisi pyrkiä. Tällöin organisaation kaikki resurssit ovat jatkuvasti käytössä, mutta samalla organisaation toiminta on ihanteellisen virtaustehokasta. Tämä tilanne on kuitenkin utopistinen, sillä jokaisessa prosessissa on luontaisesti jonkin verran vaihtelua. Tämän takia organisaation sijaintia kaaviossa kuvaa punainen jana, joka leikkaa kaavion pisteestä A pisteeseen B. Tämä jana kuvaa organisaation tehokkuusrajaa, joka organisaation on mahdollista tavoittaa. Tämä raja tyypillisesti painuu lähemmäs vasenta alanurkkaa, joutomaata, kysynnän ja

tarjonnan vaihtelun kasvaessa. Todellisuudessa organisaatiot sijoittuvat jonkin harmaalla alueella tehokkuusrajan alapuolella, joka tarkoittaa sitä, että organisaatiolla on vielä parantamisen varaa tavoitetilan saavuttamiseksi.



Kuva 1. Modingin ja Åhlströmin kuvaaja organisaation tehokkuudesta (Moding & Åhlström 2016, Tuure 2014 mukaan)

3 BETONITEOLLISUUS

Tässä luvussa käsitellään betoniteollisuutta valmisbetonin valmistuksen näkökulmasta. Tarkemman käsittelyn ulkopuolelle jätetään betonielementit sekä muut betonituotteet. Tämän näkökulman on rajattu, koska tässä tutkimuksessa käsitellään nimenomaan valmisbetonitoimituksia, jotka eroavat merkittävästi muiden betonituotteiden kuljettamisesta, johtuen valmisbetonin ominaisuuksista tuotteena.

Betoni on maailman yleisimmin käytetty rakennusmateriaali ja sitä käytetäänkin pelkästään Suomessa vuosittain noin viisi miljoonaa kuutiometriä. Esimerkiksi talonrakentamisessa betonin osuus runkomateriaaleista on 50 % ja julkisivuista 15 %. Sitä käytetään monipuolisesti rakennuksien osissa, silloissa,

padoissa sekä muissa infrakohteissa, vain muutaman mainitakseni. Betonista valmistetaan myös monenlaisia tuotteita, kuten ratapölkkyjä sekä viemäri-putkia. Etenkin infrakohteissa betoni sopii erinomaisesti käytettäväksi rakennusmateriaaliksi, sillä se kestää kosteutta ja säärasitusta, mekaanista kulutusta sekä korkeita lämpötiloja. Betoni myös vaimentaa ääntä ja tasaa lämpötilavaihteluja. (Betoni s.a.)

Tuomas Palolahti (2011, 8) kuvaa betonia oppaassaan Pienrakentajan betoniopas seuraavalla tavalla: ”Betoni on tekokiveä, joka syntyy sementin, runkoaineen (kiviaines), veden ja mahdollisten lisäaineiden muodostaman seoksen kovettumisreaktion seurauksena.”. Betoni on siis kemiallisen reaktion seurauksena syntyvää kiveä. Näitä edellä mainittuja aineksia eri lailla suhteuttamalla pystytään vaikuttamaan betonin eri ominaisuuksiin, kuten muun muassa massan lopulliseen lujuuteen, lujuuden kehityksen nopeuteen ja notkeuteen sekä hierrettävyyteen. Myös esimerkiksi pakkasenkestävyyttä voidaan parantaa erillisellä lisäaineella (huokostimella), joka voidaan sekoittaa betonimassaan valmistusvaiheessa. Näin ollen betoni on hyvin monipuolinen rakennusmateriaali mitä monipuolisimpiin rakenteisiin, kuten kuvasta 2 voidaan havaita. Kuva on vuoden 2021 betonirakenteeksi valitusta Taideopiston uudesta rakennuksesta Myllystä.



Kuva 2. Perinteisiä porras- ja pilarirakenteita sekä haastavia holvirakenteita (Uusheimo s.a.)

3.1 Betonin laatu ja luokittelu

Tässä alaluvussa käydään läpi yleisimpiä betonin laatuun liittyviä arvoja. Lähdeaineistona toimii pääasissa Suomen Betoniyhdistys ry:n julkaisemaa normistoa By 65 vuodelta 2021 (By 65 2021).

Rekenne suunnitelmassa esitetään betonin laatuvaatimukset. Tästä tulisi ilmetä vähintään betonirakenteen suunniteltu lujuus, käytettävän kiviaineksen maksimiraekoko sekä rasitusluokat, jotka betonin tulee täyttää. (By 71/riI 149 2019).

Betonin notkeuden luokitteluun on olemassa kolme eri standardia. Näiden arvot on esitetty taulukossa 1. SFS-EN 12350-2 määrittää painuman arvot millimetreinä. SFS-EN 12350-5 määrittää leviämän millimetreinä. SFS-EN 12350-8 määrittää itsestään tiivistyvän betonin painuma-leviämän millimetreinä. Näistä valmisbetonituotannossa pääasiassa käytetään standardia SFS-EN 1235-2, jossa betonin notkeus ilmaistaan painumana, eli kuinka monta millimetriä näyte-erä painuu heti näytemuotin poisnostamisen jälkeen (taulukko 1).

Luokittelussa S1 vastaa painumaltaan maakostea betonია ja S5 vastaa itses-
tään tiivistyvää betonია. (By 65 2021.)

Taulukko 1. Betonin notkeusluokat (By 65 2021)

Taulukko 2.4. Standardien SFS-EN 12350-2 ja SFS-EN 12350-5 mukaisesti testatut betonimassan notkeusluokat.

Luokka	Standardin SFS-EN 12350-2 mukaisesti määritetty painuma [mm]
S1	10...40
S2	50...90
S3	100...150
S4	160...210
S5 ^{a)}	≥ 220

Luokka	Standardin SFS-EN 12350-5 mukaisesti määritetty leviämä [mm]
F1 ^{a)}	≤ 340
F2	350...410
F3	420...480
F4	490...550
F5	560...620
F6 ^{a)}	≥ 630

^{a)} Koska tiettyjen notkeusarvojen ulkopuolella testausmenetelmät eivät ole tarkkoja, suositellaan käytettäväksi muita menetelmiä.

Taulukko 2.5. Standardin EN 12350-8 mukaisesti testattu itse tiivistyvän betonin painuma-leviämä. Luokitus ei sovi betonille, jonka kiviaineksen ylänimellisraja ylittää 40 mm.

Luokka	Painuma-leviämä [mm]
SF1	550...650
SF2	660...750
SF3	760...850

Betonin oikea notkeus on valun sujuvan toteutuksen kannalta merkittävä tekijä. Esimerkiksi tiheä rauditus voi aiheuttaa ongelmia, jos betoni toimitetaan rauditukseen nähden liian jäykkänä. Lattiavaluissa puolestaan liian notkea betoni pidentää valutyön kestoa, koska notkealla betonilla sitoutumisprosessi, riittävän kovaksi pinnan hiertoa varten, kestää pidempään. Notkealla betonilla on myös haastavampaa saada aikaan halutut kaadot esimerkiksi luiskissa. (By 71/ril 149 2019).

Betonin lujuus ilmoitetaan megapascalina. Rakennesuunnitelmiin tulisi olla merkittynä betonin vähimmäislujuus jokaisessa rakenteessa. Tämän määrittää rakennesuunnittelija. Betoninäytteen puristuslujuus määritetään puristuskoekappaleista. Puristuskoekappale voi olla joko kuutio, joka on särmältään 150 mm, tai mitoiltaan olevan 150 mm x 300 mm lieriö. Nämä koot ovat standardoituja ja keskenään verrattavissa muuntotaulukon avulla. Puristuskoekappaleita otetaan sekä tehtaalla että työmaalla. Puristus suoritetaan kalibroituissa puristimissa, jotka antavat tuloksen kilonewtoneina (kN), joka muunnetaan megapascaliksi (MPa). Rakennussuunnitelmaan on merkittynä kuitenkin betonirakenteelle minimi lujuus, jonka alle rakenneosan puristuslujuus ei saa jäädä. Yleisimmin käytössä olevat betonilaadut ovat lujuusluokiltaan C25/30–C50/60. Puristuslujuudet arvioidaan 7,28 ja/tai 91 vuorokauden ikäisenä. Yleisimmin työmaat haluavat puristustulokset 28 vuorokauden iässä, mutta esimerkiksi rapid-sementillä tehdyissä betoneissa betonirakenteen tulisi saavuttaa nimellislujuus jo seitsemän vuorokauden iässä, jolloin näistä yleensä puristetaan tulokset myös työmaille tässä iässä. Tehtaan omalaadunvalvontaa varten yleensä otetaan kaksi puristuskoekappaletta, jotka puristetaan seitsemän ja 28 vuorokauden ikäisinä. Aika-ajoin tehdään omalaadunvalvontaan otetaan 91 vuorokauden iässä puristettava koekappale. (By 65 2021.)

Betonin lopulliseen puristuslujuuteen työmaalla pystytään vaikuttamaan merkittävimmin valun aikana betonin oikeaoppisella tiivistämisellä sekä valun jälkeen huolellisella jälkihoidolla. Etenkin talviaikana valun huolellinen peittäminen on tärkeää, jotta betonissa tapahtuvan kemiallisen reaktion kriittisesti tarvitsema lämpö ei pääse karkaamaan. Hyvin kylmillä säillä esimerkiksi kuumen ilman puhaltaminen peitteen alle on suositeltavaa. (Sahlstedt ym. 2013.)

3.2 Paikallavalurakentaminen

Paikalla valaminen on yleisesti käytössä oleva vaihtoehto elementtien asentamiselle rakentamisessa. Paikalla valaminen mahdollistaa muun muassa monipuolisemmat muodot sekä betonirakentamisen paikkoihin, joihin elementtien asentaminen on haastavaa tai peräti mahdotonta. Tällaisia paikkoja on esimerkiksi erilaiset tunnelirakenteet, joita rakennetaan louhimalla. Tällaisesta ra-

kennuskohteesta oivallinen esimerkki on Helsingin keskustaan rakentuva kevyen liikenteen alikulkuväylä Kaisantunneli, joka kulkee Helsingin päärautatieasemalle johtavien raiteiden alitse. (Destia s.a.) Tällä työmaalla tunnelin seinä ja holvirakenteet ovat suoritettu pääasiallisesti paikalla valamalla. Etenkin tunnelin itäpäädyn valut ovat olleet haastavia, koska seinät ja holvi on rakennettu hyvin ahtaissa olosuhteissa louhittuun tunneliin. Tässä alaluvussa käytän pääasiallisena lähteenä Suomen Betoniyhdistys ry:n sekä Suomen Rakennusinsinööriliitto RIL ry:n yhdessä julkaisemaa opasta BY 71/RIL 149-2019 Betonirakenteiden työmaatoteutus (By 71/ril 149 2019).

Jotta valmisbetoni saadaan muovattua haluttuun muotoon halutuksi rakenneosaksi, on se pumpattava tai muulla tavalla siirrettävä ensin muottiin, joka vastaa halutun rakenteen mittoja. Muotin rakentamisesta lähtee liikkeelle paikallavalurakentamisen käytännön toteuttamisen prosessi. Tätä on toki edeltänyt suunnitteluvaihe, jossa on määritetty muun muassa betonilta vaadittavat ominaisuudet. Muottien pääasiallisena rakennusmateriaalina käytetään puuta, terästä sekä alumiinia. Käytettäviä materiaaleja valitaan muun muassa muottiin kohdistuvan paineen sekä halutun valupinnan mukaan. Mikäli valupinnan halutaan olevan siisti, esimerkiksi näkyviin jäävät pilarit, on syytä kiinnittää huomiota muotin pintamateriaaliin, joka tulee betonipintaa vasten. Esimerkiksi laattavalussa, joka on vaakarakenne, betonin muodostama hydrostaattinen paine kohdistuu melko tasaisesti koko muotille. Seinävalussa, joka on pystyrakenne, betonin muodostama hydrostaattinen paine kohdistuu pääasiassa muotin alempiin kerroksiin. Tästä syystä pystyrakenteissa valulle on määritetty nostonopeus. Tällöin pohjalla oleva betoni ehtii aloittamaan sitoutumisprosessin, jolloin muottiin kohdistuva paine ei enää kasva määrätyn valukorkeuden jälkeen. Muottiin kohdistuvat voimat myös määrittävät sen tarvitsemat tukirakenteet. (By 71/ril 149 2019.)

Muotin ja sen tukirakenteiden lisäksi muottiin on rakennettava raudoitus. Vaikka betonin puristuslujuus onkin suuri, noin 30–60 MPa, on sen vetolujuus heikko. Tästä syystä betonirakenteisiin lisätään terästankoja tai/ja -verkoja ottamaan vastaan betonirakenteeseen kohdistuvaa vetojännitettä. Terästä

käytetään myös osittain puristuslujuuden parantamiseen tilanteissa, joissa pyritään hoikkiin rakenteisiin. Raudoituksen onnistumiseksi on se suunniteltava ja toteutettava huolellisesti. Kuvassa 3 on esitetty hyvin yksinkertainen tapa anturamuotin raudoituksen suorittamiseksi. Kuvassa 3 on Formexin anturamuotti, jossa raudotteet ovat muottielementeissä valmiina, jolloin rakennusvaiheessa ei tarvitse kuin asettaa muotit piirustusten mukaisesti paikalleen. (By 71/ril 149 2019.)



Kuva 3. Yksinkertainen Formex anturamuotti (Netrauta s.a.)

Betonin siirto muottiin voidaan suorittaa erilaisilla betonipumpuilla tai nosturiin kytketyllä valuastialla (ns. jassikalla). Betonipumppuna toimii yleisimmin betonipumppuauto, mutta myös pienempiä esimerkiksi perävanumallisia betonipumppuja löytyy markkinoilta. Pienemmissä valuissa käytetään myös esimerkiksi betoniauton valukourua (ns. ränniä), jolla betoni pystytään purkamaan betoni autosta aina yhdeksän metrin päähän. (By 71/ril 149 2019.)

Valutavasta riippuen on huomioitava betonilaadun sopivuus kyseiseen valutapaan. Esimerkiksi rännillä valettaessa betonin on valuttava ränniä pitkin painovoiman vaikutuksesta, joten tällöin betonin on syytä olla mahdollisimman löysää, jotta vältetään turhalta lapiointityöltä. Mitä kauemmas rännillä valetaan,

sitä loivemmassa kulmassa ränni on suhteessa muotin ja betoniauton perässä olevan purkuaukon korkeuteen nähden. Jassikalla valettaessa tilanne on hyvin vastaava, vaikkakin tällöin betoni pudotetaan suoraan jassikan alapuolelle. Tässä oikean notkeuden lisäksi on syytä kiinnittää huomiota massan karkeuteen, jotta se kulkisi ongelmitta suppilomaisen jassikan kapeimmasta kohdasta.

Betonin pumppaus betonipumpulla on yleisin Suomessa käytetty betonin siirtotapa. Yli 80 % valuista suoritetaan betonipumpulla. Betonipumpun läpi lähtökohtaisesti kulkee myös jäykimmän S2-notkeusluokan betoni. Betonipumppujen kohdalla ammattikielessä puhutaankin betonin pumpattavuudesta, jolla tarkoitetaan betonimassan suhteuttamista niin, että se ensinnäkin kestää betonipumpun siihen kohdistamat rasitukset, että betoni kulkee sujuvasti purkupuistikoa ja linjastoa pitkin. Pumpatessa on syytä kiinnittää erityistä huomiota oikean kokoisen letkun tai putken käyttöön, sillä läpimitaltaan liian kapeaan letkuun pumppauksella on vaarana betonin erottuminen. Erottuminen tarkoittaa sitä, että betonimassassa oleva ns. sementtiliima ei kykene pitämään kiviainesta ja vettä koossa homogeenisena betonimassana, vaan eri ainesosat erottuvat toisistaan. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty betonipumppauksessa käytettävän putkiston vähimmäishalkaisija eri kivikoilla. (By 71/riI 149 2019.)

Taulukko 2. Betonipumpun vähimmäisputkikoot eri betonimassatyypeillä sekä maksimirae-koolla (By ril 2019)

Betonilaatu	Betonin kiviaineksen maksimirae koko (mm)			
	# 8 mm	# 12 mm	# 16 mm	# 32 mm
Rakennebetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Säänkestävä rakennebetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Korkealujuusbetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)
Teräskuitubetoni	3" (75 mm)	3" (75 mm)	4" (100 mm)	
Lattiabetoni	2,5" (63 mm)	3" (75 mm)	3" (75 mm)	
Saumaus-, juotos- ja harkkobetoni	2,5" (63 mm)	3" (75 mm)		

Notkeuden ja muunkin massan laadun lisäksi työmaalle on tärkeää valutahdin ylläpitäminen. Tämä tarkoittaa sitä, että kuormat saapuvat työmaalle sovitulla syklillä. Betonimassassa kemiallinen reaktio alkaa heti ainesosien sekoituttua keskenään. Tämä on kuitenkin melko hidas reaktio, jota pystyy suhteutuksella

hieman säätämään. Karkeasti betonilla on työstettävyyssäikää noin kaksi tuntia. Tähän voidaan vaikuttaa reaktiota kiihdyttävillä sekä hidastavilla lisäaineilla. Suurin riski epätasaisessa kuormasyklissä on valusauman muodostuminen. Tällöin kahden eri kuorman betoni ei sekoitu homogeeniseksi massaksi muotissa, koska edeltävä kuorma on jo ehtinyt sitoutumaan liiaksi, jotta sekoittuminen olisi mahdollista. Riskeiltään pienempi, mutta kuluiltaan merkittävä, toinen haitta on valun venyminen. Mitä pidempään valu kestää, sitä suuremmat ovat siihen sisältyvän työn kustannukset. Tällä voi olla myös seurannaisvaikutuksia, esimerkiksi betonipumppuauton myöhästymisen seuraavasta samalle päivälle varatusta valusta. Tällöin valumiehet joutuvat odottamaan tällä seuraavalla työmaalla, josta myös muodostuu turhia kuluja. (Syvälä 2022.)

Kun betoni on saatu kuljetettua työmaalle, siirrettyä muottiin sekä tiivistetty ja tasoitettu, on jälkihoiton aika. Betonin jälkihoitoa suositellaan tehtävän taulukossa 3 esitetyn ajanjakson ajan. Taulukossa 3 myös havaitaan, että jälkihoitolle on määritetty eri luokitukset, joka tulee olla merkittynä rakennussuunnitelmaan. Jälkihoitoon kuuluu muun muassa valun suojaus sekä betonimassan lämmittäminen tai jäähdyttäminen lämpötilasta riippuen. Jälkihoito jää suuremmin käsittelemättä, koska se sivuaa tämän opinnäytetyön aiheen ulkopuolelle, koska betonin toimittajana Lujabetoni ei voi varsinaisesti vaikuttaa työmaan vastuulla olevaan jälkihoiton toteuttamiseen muutoin kuin suosituksin.

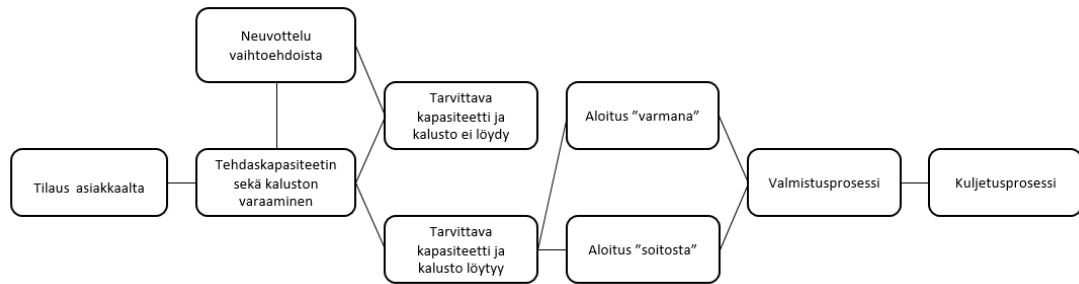
Taulukko 3. Betonin jälkihoitoluokat sekä niiden vaatima jälkihoitoaika (By ril 2019)

	Jälkihoitoluokka 1	Jälkihoitoluokka 2	Jälkihoitoluokka 3	Jälkihoitoluokka 4
Aika (h)	12*	Ei käytetä	Ei käytetä	Ei käytetä
Kovettumisaste prosentteina määritellystä 28 vrk:n ominaispuristuslujuudesta	Ei käytetä	35 %	50 %	70 %

* Edellyttäen, että sitoutuminen kestää korkeintaan 5 tuntia ja betonin pintalämpötila on vähintään + 5°C

4 TILAUS- JA TOIMITUSPROSESSI

Tässä kappaleessa esitellään Lujabetonin tilaus- ja toimitusprosessi (kaavio 1). Prosessikuvauksessa ei paneuduta tarkemmin valmistusprosessin vaiheisiin. Kappaleessa avataan ensin prosessikaavion vaiheet kuvan 4 mukaisesti. Tämän jälkeen paneudutaan hieman tarkemmin kuljetusprosessiin.



Kaavio 1. Prosessikaavio Lujabetonin tilaus- ja toimitusprosessista valmisbetonikuljetuksissa Pääkaupunkiseudulla

Prosessi alkaa asiakkaan tekemällä tilauksella, joka voidaan tehdä puhelimitse tai sähköpostilla. Lujabetonin tilauskeskus tarkistaa, onko tilaus toteutettavissa ja tarpeen vaatiessa neuvottelee asiakkaan kanssa valun suorittamisesta muuna ajankohtana tai toisenlaisella aikataululla. Valun onnistumisen esteenä, asiakkaan haluamana ajankohtana, voi olla esimerkiksi aiemmin varatut valut, jotka ovat täyttäneet tehtaan tuotantokapasiteetin kyseisenä ajankohtana.

Kun valuajankohdasta on päästy yhteisymmärrykseen, sovitaan aloitus ns. soitosta tai ns. varmana. Molemmissa vaihtoehtoissa on hyötynsä sekä haittansa. Ns. varmana sovittu aloitus tarkoittaa sitä, että ensimmäinen kuorma saapuu työmaalle sovittuna aikana. Haittapuolena kyseisellä aloitustavalla on, että ongelmatilanteen sattuessa työmaalla esimerkiksi pumpun tai valuporukan myöhästymisen johdosta betoni joutuu odottamaan työmaalla, jolloin sen työstettävyyttä kääntyy. Valmisbetonin työstettävyyttä massan suhteutuksesta sekä vallitsevasta ilmatilasta riippuen noin kaksi tuntia, mikä rajoittaa merkittävästi aikaa esimerkiksi myöhässä olevan pumpun odottamisen osalta. Ongelmatilanteissa vaarana on siis monesti se, että betoni joudutaan lähettämään kaatopaikalle.

Ns. soitosta aloittamalla voidaan valun ensimmäisten haasteiden vaikutusta vähentää, sillä tällöin valmistusprosessi aloitetaan vasta, kun työmaalta soiteaan työmaan olevan valmis ottamaan betonia vastaan. Tämän vaihtoehdon haittapuolena on, että soiton jälkeen työmaa saattaa joutua odottamaan kuormaa vielä tovin, joka puolestaan venyttää valun suunniteltua kestoja. Tämä

johtuu siitä, että kyseisellä valutavalla aloitettujen valujen aloitusta on hyvin vaikea ennakoida tuotannon suunnittelussa, jolloin saattaa syntyä tilanteita, joissa tehtaan tulisi valmistaa useammalle työmaalle betonia samanaikaisesti, eli tehtaan tuotantokapasiteetti ylittyy hetkellisesti ja prosessiin muodostuu pullonkaula.

Valmisbetonin kuljetusprosessi käynnistyy lähes samaan aikaan valmistusprosessin kanssa. Koska yhden betonimyllyllisen sekoittaminen kestää 60–150 sekuntia, on lastattavan ajoneuvon siirryttävä betonimyllyn alle mahdollisimman pian valmistuksen aloituksen jälkeen. Lujabetonilla on pääsääntöisesti ajossa kahdeksan kuutiometrin sekoitussäiliöllä varustettuja kuorma-autoja. Tämä tarkoittaa Espoon aseman kolmen kuutiometrin betonimyllyllä, että betoniauton täyteen lastaaminen vaatii kolme sekoituskertaa. Kolmen annoksen ainesten siirto myllyyn, betonimassan sekoittaminen ja autoon laskeminen kestääkin 10–15 minuuttia betonimassan laadusta riippuen. Valmistuksen jälkeen betonista otetaan mahdollisesti vielä näytteet laskemalla pieni osa kuormasta kottikärryihin. Tämän jälkeen betoniauton kuljettaja yleensä huuhtelee täyttösuppilon, jotta sinne mahdollisesti jäänyt betoni ei tipu ajomatkan aikana liikenteessä.

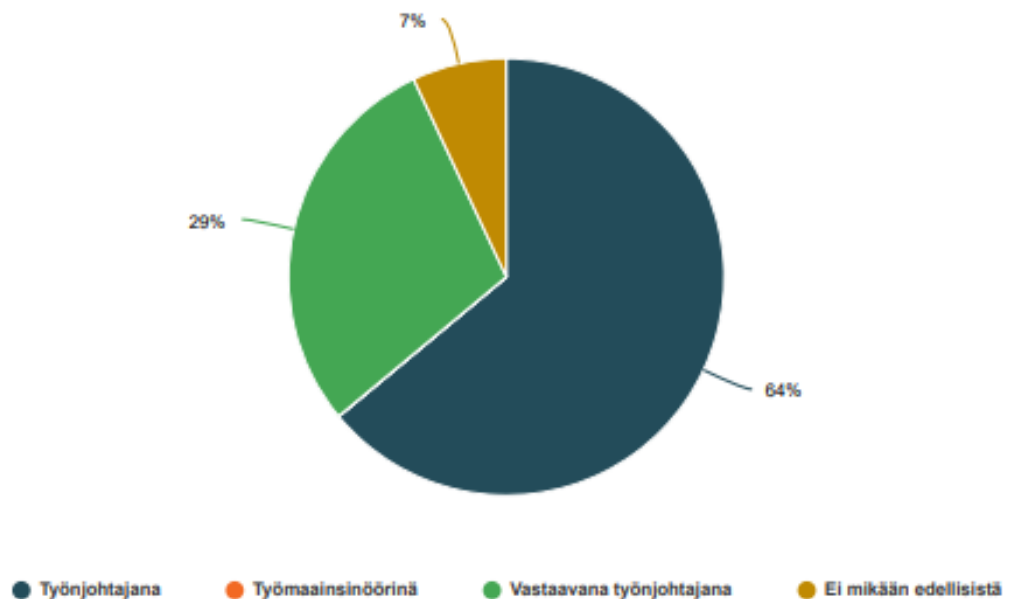
Kuorman saavuttua työmaalle valua johtavan työnjohtajan tulisi silmämääräisesti tarkistaa kuorma tilatun laadun varmistamiseksi. Tämän jälkeen annetaan purkulupa pumppuun, jassikkaan tai muuhun betonin siirtoon tarkoitettuun välineeseen. Sekoitussäiliön tyhjennyttyä kuljettaja siirtyy pois pumpun luota ja huuhtelee purkusuppilon jälleen välttääkseen betonin päätyminen liikenteen sekaan sekä ottaa betonityönjohtajalta allekirjoituksen kuormakirjaan. Tämän jälkeen kuljettaja yleensä suuntaa takaisin betonitehtaalle, jolta sai viimeisimmän kuorman.

5 KYSELYTUTKIMUS

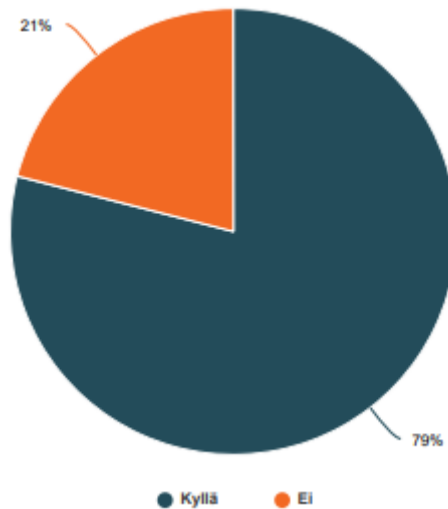
Helmikuussa 2023 toteutettiin osana opinnäytetyötä kyselytutkimus, jonka tavoitteena oli kartoittaa Lujabetonin valmisbetonitoimitusten nykytilaa pääkaupunkiseudun asiakastyömailla. Kyselytutkimus toteutettiin Webropol-ohjelmalla. Kyselytutkimus lähetettiin 159 henkilölle Lujabetonin asiakasyrityksiin

päätaavoitteena tavoittaa mahdollisimman monta betonityönjohtajaa. Kyselyyn vastasi 14 henkilöä, joista yhdeksän toimii työnjohtajana ja neljä vastaavana työnjohtajana. Yksi vastanneista ei lukeutunut mihinkään kyselytutkimuksen kohderyhmään. Vastausprosentti (9 %) oli heikko, mutta vastausten perusteella voitiin saada riittävän kuvan nykytilanteesta tutkimuksen jatkamisen kannalta. Kyselytutkimuksen kysymykset ovat liitettynä opinnäytetyön liitteeseen 2.

Kysymyksissä 1 ja 2 pyrittiin selvittämään, kuinka hyvin kysely onnistuttiin kohdentamaan kyselytutkimuksen tavoiteasiakasryhmään. Tavoitteena oli tavoittaa mahdollisimman monta työnjohtajaa sekä vastaavaa työnjohtajaa, jotka tilaavat pääsääntöisesti betonin Lujabetonilta sekä osallistuu aktiivisesti betonointitöihin. Vastanneista 93 % osui tähän kohderyhmään (kaavio 2) sekä heistä 79 % osallistuu aktiivisesti betonointitöihin (kaavio 3).



Kaavio 2. Vastajan asema työmaalla



Kaavio 3. Osallistuuko vastaaja aktiivisesti betonointitöihin

Kysymyksessä 3 pyrittiin selvittämään, kuinka tyytyväisiä Lujabetonin asiakkaat ovat yhteistyön eri osa-alueisiin päivittäisessä operoinnissa (taulukko 4). Pääsääntöisesti asiakkaat ovat tyytyväisiä, mutta kuljettajien kohdalla on havaittavissa tyytymättömyyttä. Tämä johtunee siitä, että käytössä olevien kuljettajien kielitaito on paikoittain puutteellinen. Pääkaupunkiseudulla rakennusala on hyvin monikansallinen. Suomen lisäksi työmailla kuulee pääasiassa balttialaisia kieliä ja venäjää. Myös Lujabetonin käytössä olevista kuljettajista osa on viron- ja venäjän kielisiä, ja etenkin venäjänkielisten kesken suomen kielen taito on vaillinainen. Toinen merkittävä kehittämisen kohde, tämän kysymyksen pohjalta, on mylläreiden toiminnan parantaminen asiakaskontakteissa. 23 % vastaajista on tyytymättömiä mylläreiden palvelun ja kommunikaation sujuvuuteen.

Taulukko 4. Vastaajan tyytyväisyys palvelun ja kommunikaation sujuvuuteen

	Erittäin tyytyväinen	Tyytyväinen	Tyytymätön	Erittäin tyytymätön	Keskiarvo	Mediaani
Tilauskeskuksen palvelu ja kommunikaation sujuvuus	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	1,5	1,5
Myllärien palvelu ja kommunikaation sujuvuus	30,8%	46,1%	23,1%	0,0%	1,9	2,0
Kuljettajien palvelu ja kommunikaation sujuvuus	7,2%	57,1%	28,6%	7,1%	2,4	2,0
Pumppareiden palvelu ja kommunikaation sujuvuus	38,5%	61,5%	0,0%	0,0%	1,6	2,0
Yleinen tyytyväisyys yhteistyöhön	14,3%	85,7%	0,0%	0,0%	1,9	2,0

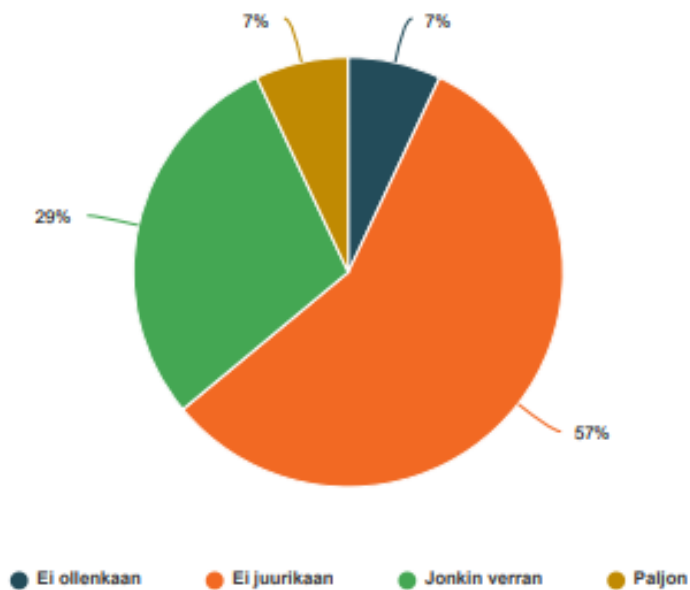
Kysymyksessä 5 ja 6 pyrittiin hahmottamaan valussa tapahtuvien häiriöiden toistuvuutta sekä löytämään merkittävimmän häiriön, joka häiritsee työmaan

toimintaa. Merkittävimmäksi häiriöksi nousi kuorman myöhästyminen (64 % vastanneista) (taulukko 5). ”Jokin muu, mikä?” -kohdan vastaus liittyy myös kuorman myöhästymiseen, mutta tässä on kerrottu syyksi se, että kuljettajat eivät löydä valupaikalle. Tämä ei kuitenkaan toistu kuin 1–2 kertaa valun aikana, mikä ilmenee seuraavan kysymyksen vastauksista. Muista vaihtoehdoista vain massan laadun ongelmat ovat nousseet merkittävimmäksi häiriöksi valun aikana. Tämän vaihtoehdon valitsi 29 % vastanneista. Kysymyksen 6 vastauksissa tulisi kiinnittää erityistä huomiota kohtaan ”Useamman kerran valun aikana”, sillä nämä haittaavat toistuvasti työmaan toimintaa. 29 % vastanneista on kertonut, että kuormat ovat toistuvasti myöhässä. 7,1 % vastanneista puolestaan on kertonut, että kuormat ovat toistuvasti etujassa.

Taulukko 5. Häiriöiden toistuvuus valun aikana

	Ei juuri koskaan	Harvoin	1-2 kertaa valun aikana	Useamman kerran valun aikana	Keskiarvo	Mediaani
Kuorma myöhässä	0,0%	7,1%	64,3%	28,6%	3,2	3,0
Kuorma etujassa	21,4%	42,9%	28,6%	7,1%	2,2	2,0
Pumpun häiriöt	21,4%	78,6%	0,0%	0,0%	1,8	2,0
Massan laatu	7,2%	57,1%	35,7%	0,0%	2,3	2,0
Massan tasalaatuisuus	14,3%	57,1%	28,6%	0,0%	2,1	2,0
Ongelmat muotissa	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	1,5	1,5
Valuporukan ongelmat	50,0%	50,0%	0,0%	0,0%	1,5	1,5
Mainitsemasi muu häiriö	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	3,0	3,0

Kysymyksissä 7 ja 8 pyrittiin hahmottamaan, kuinka paljon valun aikana kuormien välillä betonimassassa on eroja sekä kuinka helppoa betonimassan laatuun, kuten notkeuteen, on vaikuttaa valun aikana. Vastaajista suurin osa (57 %) vastasi, että betonimassassa ei juurikaan esiinny eroja. 29 % vastanneista kertoo, että eroja löytyy jokin verran (kaavio 4). Massan laadun osalta toiminta on hyvällä pohjalla, sillä kysymyksen kahdeksan vastauksista ilmenee, että massan laatuun on helppoa tai melko helppoa vaikuttaa (kaavio 5).



Kaavio 4. Betonimassan kuormien välisten erojen määrä



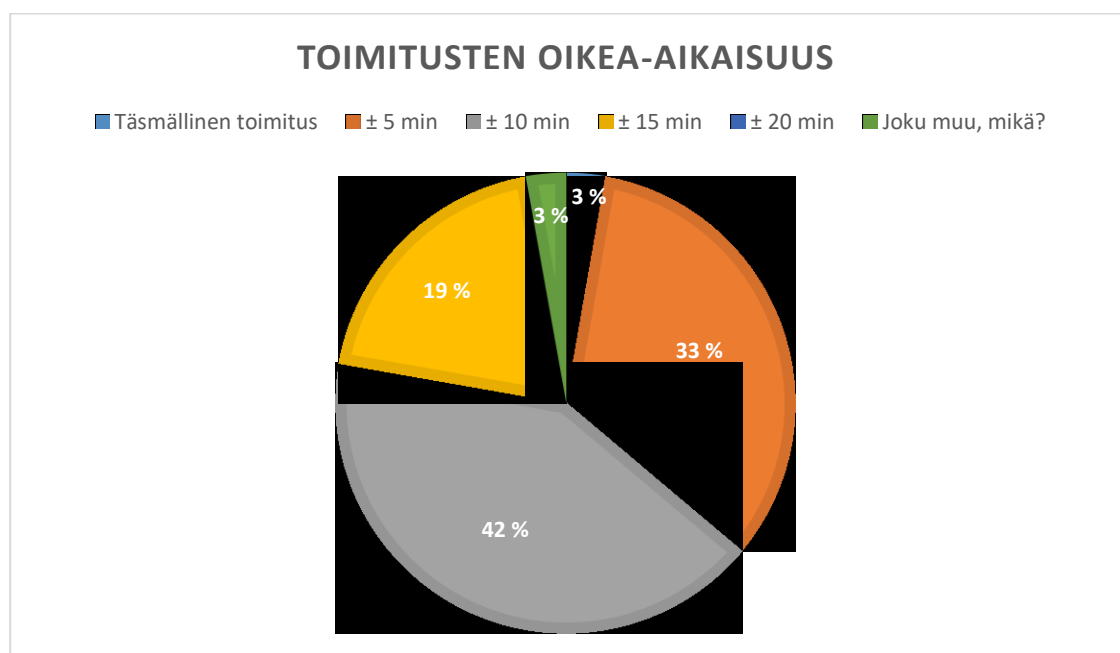
Kaavio 5. Betonimassan laatuun vaikuttamisen helppous valun aikana

Vaikka kuormien myöhästyminen nousi esille merkittävimpanä häiriönä valun aikana, kysymyksen 11 vastausten mukaan kuormat ovat kuitenkin pääsääntöisesti oikea-aikaisia. 50 % vastanneista kertoo, että kuormat saapuvat työmaalle pääsääntöisesti oikea-aikaisesti. Tämän kysymyksen osalta tulisi kiinnittää erityisesti huomiota 14 % vastanneista, jotka kertoivat kuormien olevan pääsääntöisesti väärään aikaan työmaalla (kaavio 6).

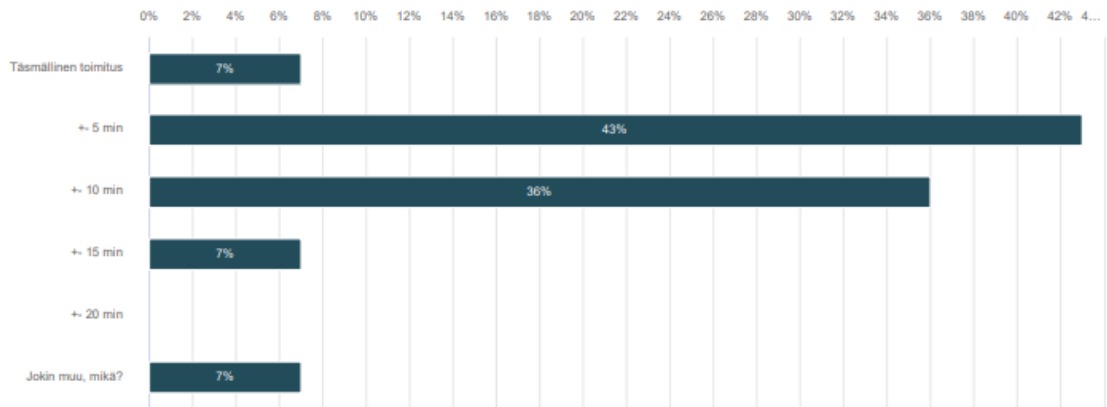


Kaavio 6. Vastaajan kokemus toimitusten oikea-aikaisuudesta tähän mennessä

Kysymyksessä 12 kysyttiin vielä: mitkä ovat toimitusten oikea-aikaisuuden rajat? Tähän valikoin vastausvaihtoehdot \pm -mallilla, koska realistisesti täsmällinen toimitus on hyvin haastavaa toteuttaa johtuen Pääkaupunkiseudun liikenteestä. Vastauksista käy ilmi, että kuorma on oikea-aikainen, kun sen saapuu työmaalle viiden minuutin tarkkuudella. Tämän vastausvaihtoehdon valitsi 43 % vastanneista. Vaihtoehdon ± 10 min. valitsi 36 % vastanneista (kaavio 8). Vastaavanlainen kysymys on asetettu aikaisemminkin Lujabetonin asiakasryhmälle osana lisa Syvälän (2022) diplomityötä. Tällöin 56 % vastanneista valitsi vastausvaihtoehdon ± 10 min (kuva 4). Näiden kahden kyselyn vastaajaryhmät eivät olleet identtisiä. Syvälän kyselyyn vastasi 18 henkilöä. Yhdistämällä näiden kahden kyselyn vastausvaihtoehtojen määrät, voidaan tehdä johtopäätös, että toimitukset ovat oikea-aikaisia, kun ne toteutuvat 10 minuutin tarkkuudella (kaavio 7). Kohtaan ”Jokin muu, mikä?” on vastattu, että oikea-aikaisuus riippuu valun toteutuksesta. Syvälän (2022) mukaan: ”... nopeatempoisissa valuissa kriittisempää, jos autojen myöhästely on jatkuvaa”. Tästä voidaan päätellä, että hidastempoisissa valuissa, kuten seinä- ja pilari valuissa, ei kuormien saapuminen täsmällisesti ole kovin kriittistä. Kuten kysymyksen 13 vastauksista ilmenee, toimitusten tulisi ennemmin olla etuajassa kuin myöhässä.

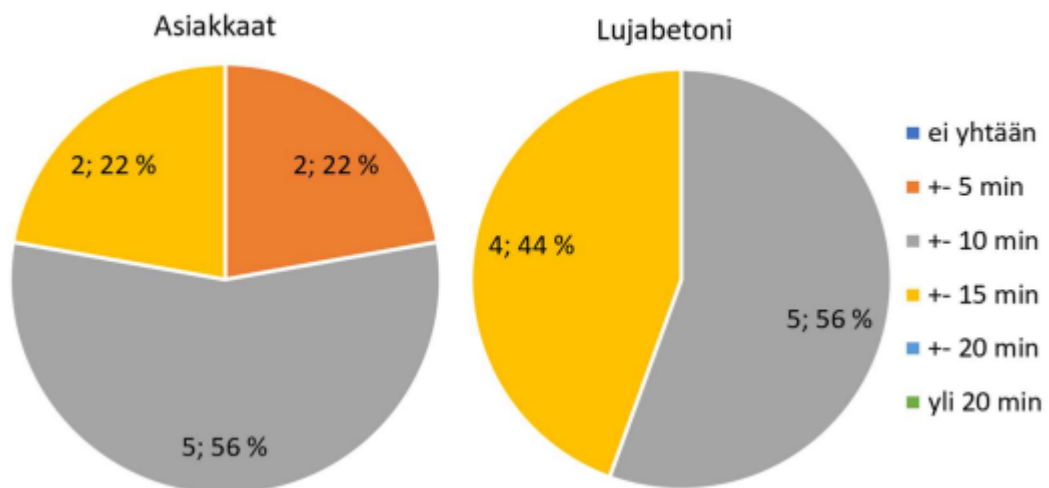


Kaavio 7. Kahden vastaavan kyselytutkimuksen yhdistetyt tulokset



Kaavio 8. Vastaajien näkemys täsmällisestä toimituksesta

Hyväksyttävä betonikuorman toimitustarkkuuden vaihtelu



Kuva 4. Hyväksyttävä betonikuorman toimitustarkkuus (Syvälä 2022.)

Kysymyksen 14 avoimet vastaukset ovat jaettu teemoihin. Tässä kysymyksessä kysyttiin: mikä on mielestänne syy toimitusten ongelmiin? Useimmiten esille nousi betoniautojen määrän vähyyks valunopeuteen nähden. Tähän on vaikuttanut merkittävästi voimakas betonitoimitusten määrän kasvu. Tämä on johtanut siihen, että kuljettamiseen käytettävissä olevan kaluston määrä ei ole kasvanut suhteessa tuotannon kapasiteetin kanssa. Tähän voi myös vaikuttaa asiakkaan näkemys betonitehtaan toiminnasta. Betonitehdas kykenee valmistamaan betonia vai tietyn määrä tunnissa. Valmisbetonituottajien asiakkaiden keskuudessa vallitsee usein mielikuva suuremmasta tuotantokapasiteetista

kuin mikä todellisuudessa on mahdollista tuottaa. Tästä syystä kuormien viiveet helposti asetetaan kuljetuskaluston riittämättömyyden syyksi. Monesti onkin tilanne, että tuotantomäärät ovat tuotantokapasiteetin ylärajalla. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että päivän valut sijoittuvat yleisimmin aikavälille 7–15. Tällöin päivän toimitukset tulee asettaa hyvin tiiviisti toistensa perään, jolloin paikallavalurakentamiselle tyypillisestä vaihtelusta johtuvat tuotannon viiveet aiheuttavat ketjureaktion viiveitä tehtaan muissa toimituksissa. Esimerkkinä toimii tilanne, jossa betoniauto lähtee keikalle, jossa valetaan ontelolaatta-saumoja jassikalla. Työmaalta on arvioitu, että yhden kuorman purku kestää yhden tunnin, jolloin seuraavan auton on odotettava työmaalla purkuvuoroa. Erinäisistä syistä kuorman purussa kestääkin puolitoista tuntia, jolloin ensimmäinen betoniauto on työmaalla puoli tuntia ylimääräistä aikaa, jonka seuraava työmaalle saapunut betoniauto joutuu myös odottamaan. Tämän tilanteen toistuessa rasittaa se myöhempiä päivälle sovittuja valuja, joihin tehtaan tuotanto- sekä kuljetuskapasiteettia on varattu.

Edellinen esimerkki liittyy myös vahvasti seuraavaan kysymyksessä 14 esiintulleeseen teemaan. Avoimissa vastauksissa yhtenä vastauksena toistui ”liikaa päällekkäisiä valuja”, mikä tarkoittaa sitä, että tehtaalla on liian monta samanaikaista työmaata toimitettavana tuotantokapasiteettiin nähden. Tämä liittyy sekä pyrkimykseen tuotannon käyttöasteen mahdollisimman korkeana pitämisestä sekä päivän mittaan vaihtelun aiheuttamaan viiveeseen tuotannossa verrattuna teoreettiseen tuotantokapasiteettiin. Myös Pääkaupunkiseudun liikenne sai yhtä monta mainintaa vastauksissa. Pääkaupunkiseudulla etenkin ruuhka-ajat vaikuttavat toimituksiin vaikeasti ennakoitavalla tavalla, jolloin näinä ajanjaksoina toimitukset saattavat olla joko myöhässä tai etuajassa oikea-aikaisen toimituksen rajojen ulkopuolella.

6 KENTTÄTUTKIMUS

Kyselytutkimuksen pohjalta toteutettiin kenttätutkimus, jossa tarkkailtiin Luja-betonin asiakkaiden valuja. Tutkimuksen kohdevalut rajattiin betonimäärän mukaan noin 100 m³. Tämä siitä syystä, että noin 100 m³ valut ovat noin puolen päivän töitä betonitehtaan näkökulmasta, jolloin tehtaan kapasiteetti sekä

kalusto ovat varattuna usein seuraavaan valuun. Nämä ovat myös sen kokoluokan valuja, jolloin erinäisistä laatuhäiriöistä, työmaan tai tehtaan ongelmista sekä muista poikkeamista johtuen saattaa kasaantua kerrannaisvaikutuksia, jotka heijastuvat seuraavaan asiakkaan valuun. Tutkimuksen ulkopuolelle rajattiin erikoisimmilla menetelmillä suoritettavat valut, kuten contractor-menetelmällä suoritettavat paikallavalurakenteet. Toimintaa tarkkailtiin Leanin mukaisen seitsemän hukan periaatteen kautta, kiinnittäen erityisesti huomiota kyselytutkimuksen tuloksen pohjalta nostettuun kolmeen kohtaan. Valmisbetonituotannossa sekä paikallavalurakentamisessa on luonnostaan jonkin verran vaihtelua, jolloin kaikkea tehottomuutta ei pystytä kitkemään pois, mutta tehostamisen varaa kuitenkin löytyi. Toimituksista on kasattuna kolme taulukkoa, joihin on kirjattuna toimituksen eri vaiheet. Tutkimukseen käytettävissä olevan ajan puutteesta johtuen aineistoa ei ole kerättyä mistään valusta koko valun ajalta. Aineistoa on kuitenkin riittämiin johtopäätösten vetämistä varten.

Kyselytutkimuksen vastausten pohjalta kenttätutkimuksessa kiinnitettiin erityistä huomiota seuraaviin asioihin:

1. toimitussyklit
2. työmaan ja tehtaan välinen kommunikaatio
3. betoniauton kuljettajien toiminta työmaalla.

Kenttätutkimusvaiheessa käytiin tutustumassa kolmeen valuun, joista jokainen oli holvivaluja. Nämä valut suoritettiin 10.5., 2.6. ja 5.6. Jokainen työmaa oli kerrostalotyömaa. Betonin menekki asettui välille 80–150 m³. Toivottu valunopeus oli 24–32 m³/h, mikä tarkoittaa pääsääntöisesti 8 m³:n kalustolla ajettuna, että yhden auton tyhjentämiseen menisi 15–20 minuuttia. Tämä valunopeus lähentelee Espoon tehtaan maksimituotantokapasiteettia, joka on 36–54 m³/h valmistettavan massan laadusta riippuen. Suurimpana vaikuttavana tekijänä on betonilaadun vaatima sekoitusaika, joka on 60–150 sekuntia. Sekoitusaikaan vaikuttaa muun muassa huokostimen sekä esimerkiksi erilaisien muovikuitujen sekoittaminen betonin joukkoon. Tutkimukseen osallistuneissa valuissa käytettiin kahdessa rakennebetonia, jonka sekoitusaika on 60 sekuntia ja yhdessä käytettiin nopeasti kuivuvaa betonia, jonka sekoitusaika

on 120 sekuntia. Espoon tehtaalla on käytössä kolmen kuutiometrin betoni- mylly, jolloin jokaisella sekoituskerralla voidaan tehdä enintään kolme kuu- tiometriä betonia.

Osana tätä lukua esitellään kolme taulukkoa kenttätutkimukseen osallistu- neista valuista. Nämä taulukot löytyvät liitteestä 1. Näiden tarkoitus on avata kuljetusprosessin eri vaiheiden kestoa sekä koko prosessin läpimenoaikaa. Liitteen 1 taulukoihin on yläreunaan merkittynä mistä valusta on kysymys, sen aloitusaika sekä suunniteltu valunopeus. Työmaat on nimetty kirjaimilla A, B ja C Lujabetonin asiakastietojen salaamiseksi. Sarakkeisiin ”valmistusväli”, ”kuormaväli” ja ”purkuaika” on ehdollisella muotoilulla korostettuna prosessin osaan suunniteltua pidempään kulunut aika. Keksiarvorivillä näkyy kunkin pro- sessin vaiheeseen kulunut keskimääräinen aika. Taulukon sarakkeessa ”val- mistusväli” voidaan huomata, että valmistusprosessissa on jokaisen tutkimuk- seen osallistuneen työmaan kohdalla vaihtelua. Tämä vaihtelu voi johtua esi- merkiksi betonimassan valmistukseen tarvittavien raaka-aine erien kosteuden vaihteluista, jolloin betonilaadun varmistamiseksi tulee sitä sekoittaa pidem- pään. Tällöin prosessiin kuluva aika kasvaa. Toinen vaikuttava tekijä on muut päivälle suunnitellut toimitukset. ”Matka-aika”-sarakeesta ilmenee pääkau- punkiseudun liikenteen aiheuttama vaihtelu toimituksiin. ”Odotusaika”-sarak- keessa havainnollistetaan betoniauton odotusaikaa työmaalla ennen purkuun pääsemistä. Tämä sarake tulisi optimaalisessa tilanteessa olla hyvin lähelle nolaa.

Taulukosta huomataan myös, että purkuajoissa on hieman vaihtelua. Tämä voi johtua massan laadusta tai valettavasta kohdasta, joka on syytä valaa hi- taammin kuin muut valettavan muotin kohdat. Esimerkiksi työmaalla B toimi- tettu massa oli monessa kuormassa liian jäykkää valun kannalta, joten ky- seistä betonimassaa piti notkistaa työmaan päässä. Betonimassaa notkista- van lisäaineen sekoittumisen varmistamiseksi sitä tulisi sekoittaa noin kah- desta viiteen minuuttiin betoniauton sekoitussäiliössä ennen purun aloittamista uudestaan, mikä osaltaan pidentää purkuprosessin kestoa. ”Poistumisaika”- sarakkeessa on havainnollistettu betoniauton työmaalta poistumiseen kuluva

aika. Tähän vaikuttaa muun muassa se, miten työmaalle on järjestetty betonin purkusuupilon pesu. Työmailla A ja B tällaista mahdollisuutta ei ollut, joten poistumisaika näillä työmailla oli lyhyempi kuin työmaalla C. Työmaalla C pesupaikka oli kuitenkin järjestetty niin, että purkamassa ollut betonialtu pääsi pois seuraavana purkuvuorossa olevan betonialtu alta pumpun perästä. Tällöin valuun ei aiheudu turhia keskeytymisiä, vaan betonialtujen vaihto purkupaikalla onnistuu mahdollisimman nopeasti.

Työmaista kaksi, työmaat A ja B, sijaitsevat Helsingin Jätkäsaarella, joka on hyvin ahtaaseen rakennettua kerrostaloaluetta. Näille työmaille olikin ominaista hyvin ahdas tontti. Työmaalle B ei mahtunut valuun tarvittava kalusto, vaan valua varten oli kaupungilta varattava tiealue. Työmaalle A mahtui betonipumppu sekä yksi betonialtu. Purkuvuoroaan odottamaan saapuvat betonialtut joutuivat odottamaan vuoroaan tiealueella työmaan ulkopuolella. Espoossa sijaitsevalle työmaalle C puolestaan mahtui odottamaan useampikin altu purkuvuoroa. Tämä on kuitenkin harvinaista pääkaupunkiseudun alueella. Useamman kuin yhden altun seisominen työmaalla odottamassa purkuvuoroa ei myöskään ole kovin tehokasta, sillä tästä syntyy turhia kuluja työmaaodotuksen muodossa. Tämä saattaa myös viivästyttää betonitoimitusta toisella työmaalla. Tästä hyvä esimerkki sattui 5.6. valussa työmaalla C, jossa valuletku rikkoutui kesken valun. Tästä aiheutui noin puolen tunnin katkos nopeitempöisessä valussa, jolloin pahimmillaan työmaalla seisoivat neljä betonialtua odottamassa purkuun pääsemistä. Tehdas sai tiedon tapahtuneesta vasta katkoksen jo päätyttyä, jonka aikana se oli ehtinyt valmistaa jo kolme kuormaa. Mikäli altun rikkoutumisesta olisi saatu heti tieto tehtaalle, olisi tästä aiheutuneita odotuskustannuksia kyetty pienentämään. Toinen hieman vastaava esimerkki sattui 2.6. valussa työmaalla B, jossa keksimääräinen odotusaika työmaalla oli 12 minuuttia. Mikäli työmaalta olisi kulkeutunut tieto tehtaalle, että pitäisivät noin 15 minuutin tauon valmistuksessa, olisi tätä odotusaikaa kyetty pienentämään. Tässä tapauksessa tosin osasy purkuaikojen viivästymiseen oli valun kannalta liian jäykkä massa, jota jouduttiin notkistamaan työmaalla. Tieto massan laadusta ja sille toivotuista muutoksista kantautui tehtaalle asiaan kuuluvalla tavalla. Kulujen työmaalle B kannalta tällä ei kuiten-

kaan ole suurta merkitystä, sillä Lujabetonin hinnoittelussa betoniauton kuljetuspalkkioon kuuluu 30 minuuttia purkuaikaa, jonka jälkeen kuljetushinnan päälle kasaantuu viiden minuutin sykleissä palveluaikalisää.

Toimitussykliä osalta toimitukset ovat keksiarvallisesti kyselytutkimuksessa oikea-aikaisen toimituksen rajoissa, joka oli ± 10 min. Tässä on kuitenkin aina parannettavaa, kun tavoitteena pidetään Leanin mukaista oikea-aikaista toimintaa. Suurin syy toimitussyklin hajontaan on valmisbetonituotannolle luontainen vaihtelu. Tämän lisäksi toimitusten onnistumiseen päivittäisessä tuotannossa vaikuttaa tilauskanta, jonka vuoksi tehtailla aika-ajoin ylitetään tuotantokapasiteetti. Tähän voidaan puuttua ennakoivalla suunnittelulla sekä aikaisella tiedonvälityksellä työmaiden ja Lujabetonin välillä.

Työmaan ja tehtaan välisessä kommunikaatiossa puolestaan olisi parannettavaa. Aiemmin mainitussa esimerkissä 5.6. valussa letkun rikkoutumisesta ei tieto kulkeutunut tehtaalle asti riittävän nopeasti, jotta tästä aiheutunutta odoteltua oltaisiin voitu minimoida. Tämä tietokatkos johtui, mitä todennäköisimmin siitä, että valua johtanut työnjohtaja ei ollut valupaikalla letkun hajoamisen hetkellä. Holvivalua suorittamassa ei myöskään ollut riittävästi työntekijöitä, jotta yksi heistä olisi kiireessä ymmärtänyt soittaa tehtaalle. Myöskään betoniauton kuljettaja ei informoinut tapahtuneesta tehdasta. Jidokan mukaan jokaisen prosessin osan tulee olla jatkuvasti tietoinen tilanteesta. Tämän opin mukaisesti työmaan ja tehtaan välisen kommunikaation osalta toimintaa voi kehittää siihen suuntaan, että jokainen prosessiin osallistuva ottaa asiakseen pitää kommunikaatiota yllä. Tämä voisi esimerkiksi tarkoittaa sitä, että betoniauton kuljettaja tiedustelee, onko tehtaalle ilmoitettu ja tämän jälkeen soittaa tehtaalle. Toinen hyvä esimerkkitapaus sattui Lujatalon työmaalla. Tehtaalla prosessinohitaja havaitsi, että toimituksiin kyseiselle työmaalle tulee noin puolen tunnin viive. Prosessinohitaja ilmoitti tästä viipymättä työmaalle työnjohtajalle, joka lähetti tämän tiedon perusteella valuporukan ruokatauolle. Tällöin välttyttiin turhalta odottelulta työmaalla ja korvattiin se muulla toiminnalla.

Kuljettajien toiminta työmaalla oli moitteetonta, lukuun ottamatta kahta puutteellista henkilökohtaisten turvavälineiden käyttöä. Kommunikaatio pumpparin,

valuporukan sekä betoniauton kuljettajien välillä oli mielestäni riittävällä tasolla sujuvan työskentelyn saavuttamiseksi tilanteessa, jossa ei kohdata ongelmia, vaan valu sujuu suunnitellusti.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kokonaisuutena Lujabetonin toimitusprosessi on tehokas, ottaen huomioon paikallavalurakentamiselle ominaisen vaihtelun. Lujabetonin asiakkaiden työjohtajat kykenevät pääsääntöisesti arvioimaan riittävällä tarkkuudella betonointitahdin, jonka mukaan toimitukset suoritetaan. Tehtaan päivittäisen tuotannon suunnittelu toteutuu pääsääntöisesti niin, että tehdas kykenee suoriutumaan päivän toimituksista tämän tutkimuksen mukaisten oikea-aikaisten toimitusten rajojen puitteissa. Tuotannon suunnittelun merkittävin kehittämisen kohde on iltapäivällä alkavien valujen ajoittaminen niin, että asiakas ei joudu odottamaan pitkään aloitusta aamulla aloitetun valun venymisen johdosta.

Lujabetonin, kuten myös varmasti muidenkin valmisbetonin toimittajien, asiakkaat arvottavat oikea-aikaisen toimituksen prosessin kannalta merkitykselliseen arvoon. Tämä ilmenee myös Iisa Syväjän (2022) diplomityössä, jossa kaksi merkittävintä asiakkaalle arvoa tuovaa asiaa olivat betonin oikea notkeus sekä oikea-aikainen toimitus. Syväjä kuvaa diplomityössään myöhästymisen kustannuksia ja vetää johtopäätöksen, että Lujabetoni pystyy kasvattamaan tuottavuuttaan keskittymällä oikea-aikaiseen toimittamiseen samalla pienentämällä tuotantomääriä. Tämä johtuu myöhästymisen aiheuttamien reklamaatioiden kokonaiskustannuksista.

Myöhästyneisiin toimituksiin on kaksi pääsyytä: tuotannon vaihtelu ja tuotannon kapasiteetin ylittäminen. Vaihtelu aiheuttaa tuotannossa hetkellistä kapasiteetin ylittämistä, mutta tämä on hetkellistä ja toisinaan vaikeasti ennakoitavaa. Lujabetonin pääkaupunkiseudun tehtaat ovat olleet viime aikoina siinä onnellisessa tilanteessa, että kysyntä ylittää tarjonnan. Tämä on aiheuttanut toisinaan tuotantokapasiteetin ylittymistä. Tämä johtuu muun muassa siitä, että isommat valut ovat kokonaisuutena monimutkaisia toteuttaa, jolloin valuaikataulun muuttaminen työmaalla on toisinaan aikataulupaineen vuoksi haastavaa. Tämänkaltaiseen tuotantokapasiteetin ylittämiseen on myös helpompi

puuttua kuin vaihtelun seurauksiin, koska vaihtelu johtuu huomattavasti laajemmasta kokonaisuudesta, johon liittyy hyvin monta toimijaa. Oikea-aikainen toimitus on kuitenkin arvo, jota asiakkaat preferoivat. Tätä arvoa kohti on kuljettava keskustelemalla työmaan kanssa heidän tarpeistaan ja Lujabetonin mahdollisuuksista. Siirtämällä tuotantoa resurssitehokkaasta virtaustehokkaan huomioiden oikea-aikaisen toimituksen tuottama arvo, tehtaiden tuotantokapasiteettiin jää liikkumavaraa vaihtelulle ja sen seurauksille. Myös maineella luotettavana toimittajana on merkittävä arvo markkinoilla.

Tutkimuksen pohjalta merkittävin kehittämisen alue hukan poistamiseksi on tiedonkulku työmaan ja valmisbetonitehtaan välillä. Tiedonkulkua parantamalla jokainen prosessin osa on tilanteen tasalla ja kykenee reagoimaan muuttuviin olosuhteisiin tehokkaammin. Tällä vältetään resurssien seisomisesta aiheutuva hukka ja tästä aiheutuvia kuluja. Tästä erinomainen esimerkki on edellisessä luvussa esitetty tilanne, jossa valuryhmä pitää ruokatauon viivästyneen toimituksen johdosta. Tällöin turha odottelu kyettiin korvaamaan tehokkaasti muulla toiminnalla. Vastaavasti työmaan suunnasta olisi toivottavaa saada tieto esimerkiksi erinäisistä valuun liittyvistä ongelmista heti niiden ilmaannuttua, jotta pystytään välttämään esimerkiksi betoniautojen turhan odottelu työmaan päässä sekä suuremmissa ongelmissa ilmoittamaan iltopäivällä aloittaville työmaille mahdollisesta viivästyisestä aloituksessa. Tiedonkulun parantamiseksi on kehitettävä Lujabetonin ja asiakkaan välille avoin ja helppo keskusteluyhteys. Tiedonkulun merkitystä prosessissa on korostettava etenkin työmaalla suoritettavissa palaverissa asiakkaan työnjohdon ja Lujabetonin edustajien välillä, koska nämä tahot ovat lähellä työtä suorittavaa porrasta ja näin ollen pystyvät vaikuttamaan eniten valujen suorittamiseen. Keskusteluyhteyttä voidaan parantaa esimerkiksi vastavuoroisilla vierailuilla työmaalla ja tehtaalla. Tämän lisäksi kehittämällä Lujabetonin sisäistä viestintää kykenisi Pääkaupunkiseudun kolme tehdasta tukemaan tehokkaasti toisiaan. Tällöin kaikille osapuolille muodostuu kuva toimintaedellytyksistä ja tarpeista Leanin prosessin onnistumiseksi.

Tutkimuksessa kyettiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Lujabetonin valmistusprosessissa pääsääntöinen hukka aiheutuu turhasta odotuksesta, jota kyetään vähentämään ensisijaisesti kommunikaatiota lisäämällä. Tutkimuksessa pystyttiin myös määrittämään asiakkaiden mieltämän oikea-aikaisen toimituksen rajat, joka oli ± 10 min. sovitusta toimitusajasta. Tutkimuksessa myös havaittiin, että toimitusprosessi on pääsääntöisesti tehokas eikä tehostamisen varaa ole kovinkaan paljon.

7.1 Tutkimuksen luotettavuus

Sekä kysely- että kenttätutkimuksen otanta on hyvin pieni. Kyselytutkimuksen vastasi vain 14 henkilöä. Vastausten jakauman huomioiden vastauksista tehtyjä johtopäätöksiä voidaan pitää oikean suuntaisina. Kenttätutkimuksen osalta valujen väliset erot ovat merkittäviä. Vaikka kyseessä on kolme samankaltaista holvivalua, ei tulokset ole täysin verrattavissa keskenään, koska työmaat sijaitsivat eri paikoissa ja valut suoritti kolme eri valuporukkaa. Tutkimuksen kannalta laajempi otanta työmailta sekä samalla työmaalla suoritettujen toisiaan vastaavien valujen seurannasta olisi mahdollisesti löytynyt tutkimuksen kannalta merkityksellistä tietoa. Kenttätutkimukseen osallistuneen kolmen työmaan valuista voidaan kuitenkin vetää johtopäätöksiä toimitusten tehokkuudesta sekä valmisbetonirakentamisen vaihtelusta ja sen vaikutuksista. Näitä tutkimuksessa esitettyjä johtopäätöksiä ja toimenpide-ehdotuksia voidaan pitää oikean suuntaisena.

7.2 Jatkotutkimus

Tämän tutkimuksen pohjalta jatkotutkimusta voisi tehdä kaatopaikkakustannuksista ja keinoista niiden vähentämiseksi. Tutkimuksen aikana havaittiin, että valun lopullisen määrän arvioiminen on haasteellista, jolloin betonia jää yli joistain sadoista litroista useampaan kuutiometriin. Kaatopaikkakustannuksien lisäksi tästä muodostuu hukkaa kaatopaikalle ajamisesta niin polttoaineen kuin hukatun ajankin muodossa. Tutkimuksessa voitaisiinkin perehtyä erilaisiin keinoihin minimoida kaatopaikkakäyntejä sekä kaatopaikalle päätyvän betonin määrän minimoimista.

LÄHTEET

Betoni s.a. Tietoa betonista. Betonin käyttö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://betoni.com/tietoa-betonista/betoni-rakennusmateriaalina/kaytto-infrarakentamisessa/> [viitattu 26.2.2023].

By 65 2021. BY 65 betoninormit 2021. Vaasa: Waasa Graphics Oy.

By 71/ril 149 2019. BY 71/RIL 149-2019. Betonirakenteiden työmaatoteutus. Grano Oy.

Destia s.a. Kaisantunneli. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.destia.fi/uutishuone/hankkeet/kaisantunneli/> [viitattu 26.2.2023].

Eskola, J. & Suoranta, J. 1998. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino Oy.

Ford s.a. The moving assembly line and the five-dollar workday. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://corporate.ford.com/articles/history/moving-assembly-line.html> [viitattu 8.1.2023].

Kokkonen, E. 2021. Moottori selvitti: Sähköautojen toimitusajoissa isoja eroja. *Moottori*. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/juut/moottori-selvitti-sahkoautojen-toimitusajoissa-isoja-eroja/> [viitattu 15.1.2023].

Krafcik, J. F. 1988. Triumph of the Lean Production System. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5373958/mod_resource/content/4/krafcik_TEXTO_INTEGRAL.pdf [viitattu 8.1.2023].

Liker, J. K. & Convis, G. L. 2012. Toyotan tapa Lean-johtamiseen. Eriomaisuuden saavuttaminen ja ylläpito johtajuutta kehittämällä. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.

Luja s.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.luja.fi/> [viitattu 6.8.2023.]

Lujabetoni s.a. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lujabetoni.fi/> [viitattu 6.8.2023].

Moding, N. & Åhlström P. 2016. Tätä on LEAN. Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. 5. painos. Tukholma: Rheologica publishing.

Netrauta s.a. Anturamuotti Formex 250x800x5000mm teräkset 3xT8. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.netrauta.fi/anturamuotti-formex-250x800x5000mm-terakset-3xt8> [viitattu 10.7.].

Palolahti, T. 2011. Pienrakentajan betoniopas. Tampere: Tammerprint Oy.

Sahlstedt, S., Koskenvesa, A., Lindberg, R., Kivimäki, C., Palolahti, T. & Lahtinen, M. 2013. Talvibetonointi. Sastamala: Vammalan Kirjapaino Oy.

Suomen Betoniyhdistys 2019. by 65. BETONINORMIT 2021. Helsinki: BY-Koulutus Oy.

Syvälä, I. 2022. Lean-filosofian hyödyntäminen valmisbetonituotannossa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202206194072> [viitattu 19.3.2023].

Toyota s.a. Toyota Production System. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://global.toyota/en/company/vision-and-philosophy/production-system/> [viitattu 8.1.2023].

Tuure, J. 2014. Yksinkertaista. Blogikirjoitus. Saatavissa: <https://osaamattomuusmaksaa.wordpress.com/2014/07/13/yksinkertaista-2/> [viitattu 3.7.2023].

Uusheimo, T. s.a. Vuoden Betonirakenne 2021: Taideyliopiston Mylly – tehtiin kestäväksi tuleviksi ajoiksi. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://betoni.com/tapahtumat/vuoden-betonirakenne/vuosi-2021/> [viitattu 3.7.2023].

2.6. Työmaa B. Aloitus 7:20. Kuormien tavoiteväli 20 min.											
auto	valmistettu	valmistusväli	saapuminen	matka-aika	kuormaväli	purun aloitus	odotusaika	purun lopetus	purkuaika	poistuminen	poistumisaika
35	6:46	0:00	7:15	0:29	0:00	7:30	0:15	7:48	0:18	7:50	0:02
34	7:26	0:40	8:04	0:38	0:49	8:05	0:01	8:28	0:23	8:30	0:02
25	7:37	0:11	8:13	0:36	0:09	8:34	0:21	8:58	0:24	9:02	0:04
JLB	8:12	0:35	8:53	0:41	0:40	9:04	0:11	9:33	0:29	9:34	0:01
35	8:43	0:31	9:17	0:34	0:24	9:36	0:19	9:51	0:15	9:53	0:02
34	9:06	0:23	9:44	0:38	0:27	9:55	0:11	10:21	0:26	10:22	0:01
25	9:31	0:25	10:17	0:46	0:33	10:28	0:11				
JLB	9:52	0:21	10:26	0:34	0:09						
keskiarvo		0:26		0:37	0:27		0:12		0:22		0:02
kuormat	8										

5.6. Työmaa C. Aloitus 7:30. Kuormien tavoiteväli 15 min.											
auto	valmistettu	valmistusväli	saapuminen	matka-aika	kuormaväli	purun aloitus	odotusaika	purun lopetus	purkuaika	poistuminen	poistumisaika
44	7:50	0:00	8:21	0:31	0:00	8:23	0:02	8:32	0:09	8:40	0:08
45	8:01	0:11	8:37	0:36	0:16	8:38	0:01	8:51	0:13	8:57	0:06
2	8:20	0:19	8:48	0:28	0:11	8:55	0:07	9:32	0:37	9:39	0:07
33	8:35	0:15	9:04	0:29	0:16	9:37	0:33	9:49	0:12	9:52	0:03
34	8:47	0:12	9:14	0:27	0:10	9:54	0:40	10:06	0:12	10:14	0:08
44	8:58	0:11	9:21	0:23	0:07	10:09	0:48	10:18	0:09	10:23	0:05
45	9:12	0:14	9:39	0:27	0:18	10:22	0:43	10:36	0:14	10:42	0:06
55	9:59	0:47	10:30	0:31	0:51	10:41	0:11	10:54	0:13	11:00	0:06
33	10:15	0:16	10:43	0:28	0:13	10:59	0:16	11:12	0:13	11:20	0:08
34	10:28	0:13	10:58	0:30	0:15	11:16	0:18	11:28	0:12	11:33	0:05
44	10:43	0:15	11:06	0:23	0:08	11:31	0:25				
45	10:55	0:17	11:25	0:28	0:16		0:22				
keskiarvo		0:19		0:27	0:18		0:28		0:12		0:06
kuormat	12										

Liite 2. Kyselytutkimuksen kysymykset

Valmisbetonitoimitusten laatu

1. Toimin työmaalla

- Työnjohtajana
 Työmaainsinöörinä
 Vastaavana työnjohtajana
 Ei mikään edellisistä

2. Vastuualueeni liittyy aktiivisesti betonointitöihin

- Kyllä Ei

3. Kuinka tyytyväinen olet seuraaviin yhteistyön osa-alueisiin?

	Erittäin tyytyväinen	Tyytyväinen	Tyytymätön	Erittäin tyytymätön
Tilauskeskuksen palvelu ja kommunikaation sujuvuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Myllärien palvelu ja kommunikaation sujuvuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kuljettajien palvelu ja kommunikaation sujuvuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pumppareiden palvelu ja kommunikaation sujuvuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Yleinen tyytyväisyys yhteistyöhön	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. Tilaatteko pumpun Lujabetonin kautta?

- Kyllä Ei

5. Mikä on yleisin häiriö valun aikana? *

- Kuorma myöhässä
 Kuorma etuajassa
 Pumpun häiriöt
 Massan laatu (mm. notkeus)
 Massan tasalaatuisuus (kuormien välinen ero)
 Ongelmat muotissa
 Valuporukan ongelmat
 Jokin muu, mikä?

6. Kuinka usein edellä mainitut häiriöt toistuvat? *

	Ei juuri koskaan	Harvoin	1-2 kertaa valun aikana	Useamman kerran valun aikana
Kuorma myöhässä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kuorma etuajassa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pumpun häiriöt	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Massan laatu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Massan tasalaatuisuus	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ongelmat muotissa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Valuporukan ongelmat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

7. Onko kuormien välillä eroja valun aikana?

- Ei ollenkaan
 Ei juurikaan
 Jonkin verran
 Paljon

8. Kuinka helppoa kuormien laatuun vaikuttaminen valun aikana on?

Helppoa Hankalaa

9. Kuka teillä hoitaa kommunikaation tehtaan kanssa valun aikana? *

- Työnjohtaja
 Valuporukan nokkamies
 Pumppari
 Joku muu, kuka?

10. Kuinka tämä toimintamalli toimii valuisanne? *

Toimii erittäin hyvin Toimii erittäin huonosti

11. Kokemuksesi toimitusten oikea-aikaisuudesta tähän mennessä *

Toimitukset ovat aina oikea-aikaisia Toimitukset saapuvat aina väärään aikaan

12. Mielestäsi oikea-aikaisen toimituksen rajat on *

- Täsmällinen toimitus
- +- 5 min
- +- 10 min
- +- 15 min
- +- 20 min
- Jokin muu, mikä?

13. Valun kannalta on parempi, että betonitoimitus on hieman *

- Etuajassa
- Myöhässä

15. Tuottaako riittävän tilan järjestäminen valuun liittyvälle kalustolle ongelmia työmaallanne?

Ei Toisinaan Kyllä

16. Mikä/mitkä on syy riittävän tilan puuteeseen?

Varastointitilan puute / ahdas tontti

Muut toimitukset

Muut samanaikaiset valut

Muut samanaikaiset työt

Muu, mikä?

17. Mahtuuko työmaallenne toimittamaan puoliperävaunuyhdistelmällä (rekalla)?

Kyllä Toisinaan Ei

18. Vapaa palaute Lujabetonille

