



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Valtteri Ala-Fossi

Kokoonpanoajan määrittäminen Teamcenter ympäristössä

Diplomityö

Teknologian ja innovaatiojohtamisen
yksikkö
Diplomityö
Energia- ja Informaatiotekniikan
koulutusohjelma

Vaasa 2022

Alkusanat

Tämä diplomityö on tehty Wärtsilä Finland Oy:n toimeksiannosta. Haluan kiittää Wärtsilää mahdollisuudesta tehdä diplomityöni juuri heille. Toivon, että työstäni on hyötyä tulevaisuudessa Wärtsilän työntutkimuksessa.

Haluan myös kiittää erikseen Wärtsilän puolella työtäni ohjannutta Marko Myllykangasta, Yliopiston puolella ohjaajanani tässä työssä ollutta Time Manteretta, sekä kaikkia haastateltavina ja muuten työssä mukana olleita henkilöitä.

Vaasassa, syyskuussa 2022

Valtteri Ala-Fossi

VAASAN YLIOPISTO**Teknologian ja innovaatiojohtamisen yksikkö**

Tekijä:	Valtteri Ala-Fossi		
Tutkielman nimi:	Kokoonpanoajan määrittäminen Teamcenter ympäristössä : Diplomityö		
Tutkinto:	Diplomityö		
Oppiaine:	Energia- ja informaatiotekniikka		
Työn ohjaaja:	Timo Mantere, Marko Myllykangas		
Valmistumisvuosi:	2022	Sivumäärä:	61

TIIVISTELMÄ :

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, pystyykö Teamcenteriä käyttämään Wärtsilän työntutkimuksen työvälineenä, ja siten osana prosessinohjausta sekä kehitystä. Työn toisena tavoitteena oli havainnollistaa, miten Teamcenter ympäristöä voidaan käyttää ja kuinka työntutkimuksen kirjaus ja havainnointi voidaan toteuttaa. Lisäksi verrattiin työkalun käytettävyyttä aikaisemmin käytettyyn Microsoft Exceliin.

Työn teoriaosassa on käytetty useita kirjallisuuslähteitä ja teemahaastattelut on toteutettu teorian ja Teamcenter ohjelmistoympäristöön tehdyn havainnollistavan työn pohjalta. Tutkimusmenetelmänä on käytetty kvalitatiivista menetelmää analysoimalla teemahaastattelun tuloksia ja muodostamalla siitä johtopäätökset tutkimuskysymyksiin. Haastateltavat henkilöt olivat työntutkimuksen, prosessien tai työmenetelmien kehityksen tai muutoin Teamcenterin kanssa työskenteleviä Wärtsilän työntekijöitä.

Diplomityön tuloksena voidaan todeta, että Teamcenter soveltuu Wärtsilän tarpeisiin, mutta toimiakseen tehokkaasti ja luotettavasti vaati se myös laadukasta ja jatkuvasti päivittyvää työntutkimusta. Sovellus toimii hyvänä alustana kirjata työnmittauksen tuloksia, jolloin asianmukaisella luokittelulla pystytään arvioimaan tuotteiden läpimenoaikoja luotettavasti, työntutkimuksen yleisiin periaatteisiin pohjautuen. Työkalu mahdollistaa myös erilaisten prosesseihin ja menetelmiin liittyvien epäkohtien havaitsemisen ja sitä kautta mahdollistaa työn tehokkaamman kehittämisen.

AVAINSANAT: Teamcenter, Manufacturing Process Planner, Työntutkimus, Työnmittaus

UNIVERSITY OF VAASA**School of Technology and Innovations**

Author: Valtteri Ala-Fossi
Title of the Thesis: Kokoonpanoajan määrittäminen Teamcenter ympäristössä :
Diplomityö
Degree: Master's Thesis
Programme: Energy- and information technology
Työn ohjaaja: Timo Mantere, Marko Myllykangas
Valmistumisvuosi: 2022 **Sivumäärä:** 61

ABSTRACT :

Goal of this thesis was to find out, if Teamcenter can be used as a tool for Wärtsilä's Workstudy, and as part of process control and development. Second goal was figure out how Teamcenter can be used for recording and visualization of workstudy measurements and results. Lastly Teamcenter was compared to the Microsoft Excel which has been used for recording workstudy measurements before.

In the theory there have been used multiple literature sources and the theme interview has been implemented based on theory and example measurement recordings made on Teamcenter. Qualitative methods have been used as a research method, by analysing results based on theme interviews. The interviewed were Wärtsilä's workers who worked with workstudy, process and method development or otherwise with Teamcenter.

The result of this master's thesis is that Teamcenter is adaptable for the needs of Wärtsilä, but to work efficiently and reliably it needs quality and constantly updated workstudy. Software acts as a good platform to collect the time study measurements, and with reasonable categorisation and based on basic workstudy principles, the lead times of the products can be estimated reliably. Teamcenter also enables to discover disturbances of the process and methods and by so enables more efficient development of the work.

KEYWORDS: Teamcenter, Manufacturing Process Planner, Work study, Work measurement

Sisällys

Alkusanat	2
1 Johdanto	9
2 Wärtsilä Finland Oy	12
2.1 Wärtsilän historia	12
2.2 Wärtsilä nykypäivänä	13
2.3 Tuotteet ja tuotanto Vaasassa	13
3 Lean- ajattelu ja Työntutkimus	16
3.1 Lean- ajattelu	16
3.1.1 Historiaa	16
3.1.2 Ajattelumalli	16
3.2 Muita käsitteitä	17
3.2.1 5S	18
3.2.2 Kanban	18
3.3 Työn tehokkuus	19
3.3.1 Tehokkuus	19
3.3.2 Jalostava työ ja työaika	20
3.3.3 Jalostamaton työ	20
3.4 Työn kehittäminen	21
3.5 Työntutkimuksen perusteet	22
3.5.1 Historiaa	22
3.5.2 Aikalajit	22
3.5.3 Harjaantuminen ja Joutuisuus	24
3.5.4 Apuaika ja Elpyminen	25
4 Työnmittaus	27
4.1 Työnmittaus käytännössä	27
4.1.1 Yleisesti	27

4.1.2	Työn mittaamisen vaiheet	28
4.2	Ajanmääritystavat	30
4.2.1	Havainnointitutkimus	30
4.2.2	Normaaliaikatutkimukset	30
4.2.3	Jatkuva ajankäyttötutkimus	31
4.2.4	Liikeaikatutkimukset	31
4.2.5	Aikalaskelmat	31
4.2.6	Standardiaikajärjestelmä	32
4.3	Työmittauksen tulosten sovelluskohteet	32
5	Siemens Teamcenter	36
5.1	Product lifecycle management	36
5.2	Teamcenter	37
5.3	Manufacturing Process Planner	38
5.4	Time, PERT ja TiCon Integraatio	40
6	Käytännön työ	41
6.1	Pohjustus	41
6.2	Toteutus	41
6.3	Teemahaastattelut	42
7	Tulokset	44
7.1	Vastaukset	44
7.2	Ensimmäinen tutkimuskysymys	45
7.3	Toinen tutkimuskysymys	46
7.4	Kolmas tutkimuskysymys	47
7.5	Omat havainnot ja pohdinta mittaukseen ja kirjaukseen liittyen	48
7.5.1	Havainnot työmittauksen kirjauksesta Teamcenteriin	48
7.5.2	Työntutkimukseen liittyvät havainnot ja pohdinta	49
8	Johtopäätökset	52
	Lähteet	55
	Liitteet	59

Liite 1.	59
Liite 2. (Salattu)	61

Kuvat

Kuva 1. Wärtsilä 31 V10. (Wärtsilä, 2022d)	14
Kuva 2. Henkilötyön aikalajit (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 13).	24
Kuva 3. Esimerkki täytetystä Henkilö-kone-kaaviosta (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 23).	34
Kuva 4. SAP:n kuvaus PLM:stä (SAP (2022)).	36
Kuva 5. Manufacturing Process Planner aloitussivu.....	39
Kuva 6. Manufacturing Process Planner (MPP) (Engineering USA ,2022).....	39
Kuva 7. Työntutkimus ja tulosten kirjaus prosessina.....	50

Taulukot

Taulukko 1. Haastattelujen vastaukset luokiteltuina	44
---	----

Lyhenteet

JIT	Just In Time
MOST	Maynard's Operation sequence Technique
MPP	Manufacturing Process Planner
MES	Manufacturing execution system
MTM	Methods Time Measurement
PERT	Program Evaluation Review Technique
PLM	Product Lifecycle Management
TPS	Toyota Production System

1 Johdanto

Diplomityön aihe tuli toimeksiantona Wärtsilä Finland Oy:n taholta. Wärtsilä on merenkulku- ja energiamarkkinoiden johtava kansainvälinen teknologian ja elinkaariratkaisujen toimittaja. Wärtsilällä on 200 toimipistettä yli 70 maassa ja 17 500 työntekijää. Wärtsilän suurin tytäryhtiö on Suomessa toimiva Wärtsilä Finland Oy (Wärtsilä, 2021). He halusivat selvittää, pystyykö Teamcenter ympäristöä käyttämään avuksi heidän työntutkimuksessaan.

Teamcenter on ollut jo jonkin aikaa yksi Wärtsilän käytössä olevista työkaluista, ja sen käyttö vakiintuu koko ajan uusillakin osa-alueilla, joten tämänkin osa-alueen mahdollisuuksista haluttiin ottaa selvää. Aikaisemmin työntutkimuksessa ja työnmittauksen tulosten kirjauksessa ja havainnollistamisessa on käytetty apuna Microsoftin Exceliä. Microsoft Excel on taulukkolaskennan työkaluna ja Teamcenter tuotteen koko elinkaaren hallintaan tarkoitettuna ohjelmistoalustana luonteeltaan jo lähtökohtaisesti hyvin erilaisia toimintaympäristöjä.

Työntutkimus sekä työn mittaaminen on itsessään tärkeä osa työn jatkuvaa parantamista. Kuinka työtä voidaan kehittää ja parantaa, jos ei ensiksi havaita kehityskohteita? Työtä mittaamalla eri tavoin ei vain standardisoida eri operaatioihin kuluvaan aikaan vaan voidaan myös esimerkiksi löytää ja poistaa turhia työvaiheita, parantaa työturvallisuutta ja työergonomiaa sekä standardisoida ja kehittää työmenetelmiä. Tapa mitata vaikuttaa paljon siitä saatavan datan määrään ja laatuun ja ajanmääritystapa onkin hyvä sovitaa yhteen tutkimuksesta haluttujen tavoitteiden kanssa.

Tämän tutkimuksen kannalta tärkeimmät kysymykset ovat: Pystyykö Teamcenter ympäristöä käyttämään Wärtsilän työntutkimuksessa? Miten työntutkimus olisi käytännössä toteutettavissa? Ja vielä kolmantena kysymyksenä: Mitkä ovat hyvät ja huonot puolet aiemmin käytettyyn Microsoft Exceliin? Yksi iso osa työtä on myös siis todentaa teoriaan pohjautuen, mikä ajanmääritystapa on juuri toimeksiantajan tuotteiden ja työskentelytapojen kannalta oleellisin, että käytännön työ voidaan siis toteuttaa tämän

hetken tietoon, materiaaliin ja mahdollisuuksiin suhteutettuna mahdollisimman relevantilla tavalla.

Työntutkimus on siis työväline yritysten toiminnan kehittämisessä esimerkiksi koskien työmenetelmien turvallisuutta ja tehokkuutta, tehokkaimpien menetelmien standardisointia ja opastusta, sekä työmittauksessa eli työhön tarvittavan ajan selvittämisessä (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 6-7). Tuottavuutta ja työntutkimusta käsitellään eritoten ensimmäisessä teorialuvussa. Työntutkimuksen tavoitteet ovat linjassa Lean -ajattelumallin kanssa ja juuri tämän ajattelumallin mukaisia käsitteitä ja periaatteita käydään läpi kattavasti toisessa luvussa.

Kolmannessa luvussa sekä käytännön osiossa perehdytään juuri työmittaukseen ja sen käytäntöihin käytännönläheisemmällä tasolla. Luvussa käsitellään asioita, joita pitää ottaa huomioon valittaessa esimerkiksi ajanmääritystapaa tai eri kohteiden mittausjärjestystä. Lisäksi käydään läpi työmittauksen eri työvaiheet. Ajanmääritystapoja on useita erilaisia ja osa niistä on keskenään hyvinkin erilaisia. On tärkeä erottaa mikä ajanmääritystapa sopii minkäkin työn mittaamiseen ja haluttujen tulosten saavuttamiseen parhaiten.

Kuten jo aikaisemmin mainittiin, Siemens Teamcenter on Product lifecycle management (PLM) eli tuotteen elinkaaren hallintaan tehty ohjelmistokokonaisuus. Teamcenter yhdistää käyttäjät ja prosessit erilaisten toiminnallisuuden, kuten esimerkiksi dokumentaation, hankintaketjun, tuotannon ja suunnittelun kautta (Teamcenter, 2021). Teamcenteriin yleisesti, sekä sen tämän työn kannalta oleellisiin toimintoihin perehdytään tarkemmin työn viidennessä luvussa.

Teemahaastatteluja varten ympäristöä havainnollistamaan ja ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastatakseni kirjasin Teamcenteriin työntutkimuksen yhden moottorimallin olemassa olevasta jatkuvan ajankäytöntutkimuksesta. Tähän liittyen sekä työntutkimukseen liittyen esitettiin teemahaastattelujen kysymykset.

Teemahaastattelujen vastaukset koottiin ja analysoitiin ja niistä muodostetut tulokset käydään läpi luvussa seitsemän. Liitteessä 1 on itse kysymykset eriteltyinä. Viimeisessä luvussa on esitetty työn johtopäätökset, niissä on pohdittu miten työ vastasi tutkimuskysymyksiin ja ehdotettu jatkotutkimusaiheita.

2 Wärtsilä Finland Oy

2.1 Wärtsilän historia

Wärtsilä on omilla sivuillaan olevassa aikajanassa ja videossa The history of Wärtsilä (2022e) kertonut kattavasti vaiherikkaasta historiastaan. Wärtsilä on alun perin perustettu 1834 Tohmajärven kuntaan. Alkujaan se oli saha, kunnes vuonna 1851 sen tilalle rakennettiin Wärtsilän Rautatehdas. 1900-luvun alkupuoliskolla yrityksen nimeksi tulee Ab Wärtsilä Oy ja se ostaa ja fuusioituu useiden eri telakoiden, valimoiden ja konepajojen kanssa. Näitä olivat esimerkiksi Pietarsaaren konepaja ja Vaasalaisen Onkilahden Konepajan, jonka Wärtsilä osti vuonna 1938.

Dieselmoottoreiden aika Wärtsilässä alkoi kun Turun tehtaalla alettiin valmistamaan saksalaisen Friedrich Krupp Germania Werft AG:lta ostetulla lisenssillä dieselmoottoreita. Ensimmäiset moottorit valmistuivat marraskuussa 1942. 1954 Wärtsilän päättää aloittaa omien moottoreiden valmistuksen, ensimmäinen kolmesylinterinen Vasa 14 moottori käynnistetään 1959.

1970-luvulta eteenpäin Wärtsilä käy läpi useita yrityskauppoja ja organisaatiomuutoksia, sekä investointeja aina nykypäivään saakka, näistä merkittävinä esimerkkeinä on kun 1974 Wärtsilä aloittaa rakennuttamaan uutta laivatelakkaa Turun Pernoon ja 1978 se ostaa enemmistön ruotsalaiselta Boforsilta sen NOHAB dieselmoottoritoiminnastaan. 1986 Wärtsilä ja Valmet yhdistävät telakkateollisuutensa, jonka seurauksena syntyy Wärtsilä Marine Oy.

Wärtsilä fuusioituu Lohjan kanssa 1990, jolloin yrityksen nimeksi tulee Metra Oy Ab. Wärtsilä Diesel, jo Wärtsilästä 1980-luvulla eriytetty tytäryhtiö, nousee suurten dieselmoottorivalmistajien joukkoon kun 1997 New Sulzer Dieselin oston ja fuusion seurauksesta syntyy Wärtsilä NSD. Vuonna 2000 Metra vaihtaa nimensä takaisin Wärtsiläksi ja Wärtsilä NSD:n ulkopuoliset suuromistajat ostettiin pois ja yritys liitettiin emokonserniin.

2.2 Wärtsilä nykypäivänä

Wärtsilä on nykypäivänä merenkulku- ja energiamarkkinoiden johtava kansainvälinen teknologian ja elinkaariratkaisujen toimittaja. Wärtsilällä on 200 toimipistettä ja 17 500 työntekijää yli 70 maassa. Wärtsilän suurin tytäryhtiö on Suomessa toimiva Wärtsilä Finland Oy (Wärtsilä, 2021). Wärtsilä on perustettu 1834 Suomessa ja se on listattu Helsingin pörssissä. Tänä päivänä toiminta Suomessa sijoittuu Vaasaan, Turkuun ja Helsinkiin, jossa yrityksen pääkonttori sijaitsee (Wärtsilä, 2022a).

Wärtsilä konsernin alle mahtuu useita eri liiketoimintoja. Wärtsilä Energy toimittaa voimalaitoksia ja energian varastointijärjestelmiä, sekä erilaisia hybridiratkaisuja. Wärtsilä Marine Power, Marine Systems ja Voyage keskittyvät meriteollisuuteen, eli muun muassa moottoreihin, laivojen toimintaan liittyviin tekoälyohjelmistoihin, vedenalaisiin huoltopalveluihin ja integroituihin voimansiirtojärjestelmiin. Lisäksi on myös itsenäisesti johdettava Wärtsilä Portfolio Business. (Wärtsilä, 2022b)

2.3 Tuotteet ja tuotanto Vaasassa

Vaasan Vaskiluotoon on 2022 avattu Wärtsilän uusi Teknologiakeskus Sustainable Technology Hub, jossa yhdistyy tutkimus, tuotekehitys ja tuotanto, sekä yhteistyö näiden välillä. Uusissa tiloissa on tarkoitus tehdä entistä enemmän tutkimustyötä vaihtoehtoisten polttoaineiden hyödyntämiselle. Näitä ovat Ylen Artikkelin(2022a) mukaan ainakin vety ja ammoniakki. Wärtsilä on keväällä 2022 Ylen artikkelin (2022b) mukaan ilmoittanut keskittävänsä nelitahtimoottoreiden tuotantoaan vielä enemmän Vaasaan.



Kuva 1. Wärtsilä 31 V10. (Wärtsilä, 2022d)

Wärtsilän aikaisempi Vaasan tuotantolaitos, DCV (Delivery Center Vaasa), sarjatuottaa neljällä eli sylinterihalkaisijalla olevia Wärtsilän nelitahtisia moottorimalleja. Näitä malleja ovat olleet W20, W32, W34 ja W31. Jokaisesta W3X mallista on eri kolme eri versiota perustuen polttoainetyyppiin. Näitä ovat Diesel, monipolttoaine ja kaasu. Monipolttoaineella tarkoitetaan mahdollisuutta ajaa kevyellä- ja raskaalla polttoöljyä, sekä nestemäistä maakaasua. W20:sta on diesel- ja monipolttoaineveriot. (Wärtsilä, 2022c)

Edellä mainituista tuotteista on eri malleihin ja sylinterimäärään liittyen tarjolla vaihtelevasti rivi ja V- koneita. W20 moottorimallia on vain rivikoneita sylinterimääriin 6-9 . W32/34 on niin ikään rivikoneita sylinterimäärillä 6-9, mutta myös V-moottorina sylinterimäärien ollessa 12-20. W31 sylinterihalkaisijalla olevia moottoreita on vain V-moottoreina 8-20 sylinterimäärillä(Wärtsilä, 2022c). Kuvassa 1 on esitelty W31 V10 malli.

Näiden sarjatuotanto moottorimallien lisäksi Vaasassa on myös tehty myös muita moottorimalleja pienemmässä mittakaavassa, esimerkiksi W46 ja W25 sylinterihalkaisijalla olevia moottorimalleja.

3 Lean- ajattelu ja Työntutkimus

3.1 Lean- ajattelu

3.1.1 Historiaa

Lean-ajattelumallin on usein viitattu lähteneen Toyota Production System:stä (TPS), kun Toyota yrityserhe muuttui kutomakoneiden valmistajista autonvalmistajiksi. Japanin toisen maailmansodan jälkeinen resurssipuute vaati tuotannon olevan Lean-mallin mukaista, kun piti työskennellä minimaalisella varastolla, tehtaalla, tiloilla, työkaluilla ja työvoimalla ja samaan aikaan kuitenkin maksimoida tuotantoa. (Bradley, J.R., 2012, s.3 & Bicheno, J. & Holweg, M., 2009, s. 279)

TPS jäi pitkään vähälle huomiolle länsimaissa. Vasta vuoden 1973 öljykriisin aikaan se alettiin noteeraamaan, kun Japanin tuonti uhkasi länsimaisia valmistajia. TPS ajatusmallin rinnalle tuli vastaava, siitä matkittuja tuotantomalleja, nimeltään Just-In-Time (JIT) tai joskus siitä käytetty ”Zero-Inventory” tuotanto. (Bicheno, J. & Holweg, M., 2009, s. 281)

Lean-ajattelumallin filosofiaa lähdettiin tutkimaan tarkemmin 80-luvulla länsimaissa MIT- pohjaisessa International Motor Vehicle Program (IMVP) tutkimusohjelmassa. Suunniteltuja metodeja testattiin aluksi 1986 Renaultin Flinsin tehtaalla. Termiä ”Lean production” käytettiin ensimmäistä kertaa 1988 tässä tutkimusohjelmassa mukana olleiden John Krafcikin ja Jim Womackin toimesta. (Bicheno, J. & Holweg, M., 2009, s. 281-282)

3.1.2 Ajattelumalli

Haverila, M. ja muut näkevät, että Lean-ajattelun perustana on ”japanilaiset johtamisperiaatteet” joiden ytimenä on tehokas JIT-tuotanto, teoksessaan Teollisuustalous (2009. s. 361-362). Tuotteita tai osia valmistetaan vain välittömän

tarpeen verran. Toimintamalli perustuu tuotteen nopeaan läpimenoaikaan sekä korkeaan laatuun. Ominaista tällaiselle tuotannolle on pienerävalmistus.

Erittäin oleellinen osa Lean- ja JIT- tuotantoa on turhan varastoinnin välttäminen. Materiaalivirrat pidetään ohuina ja nopeina päinvastoin perinteiseen massatuotantoon verrattuna, jossa valmistus ja hankinnat pyritään tekemään mahdollisimman suurissa erissä. Muuttuviin asiakastarpeisiin pystytään reagoimaan nopeammin ja tuoteperheen muutokset on helpommin hallittavissa JIT-tuotannossa.

Voimakas panostus toiminnan laadun kehittämiseen on yksi JIT- ja Lean ajattelumallin keskeisimpiä piirteitä, koska eri toimintojen ja valmistusprosessien virheet pysäyttävät tehtaan nopeasti. Kaikkien tuotannon osapuolien, työntekijöiden toimittajien ja alihankkijoiden on oltava selvillä virheiden vaikutuksista ja pyrkiä viimeiseen asti estämään virheiden syntymistä, jotka toisaalta tulevat JIT- tuotannossa nopeasti esille, jolloin niiden syytkin ovat nopeasti selvitettävissä.

JIT- tuotanto vaatii toiminnalta korkeaa laatua ja henkilöstön sitoutumista sen kehittämiseen. JIT-tuotannon massatuotantoa parempi tuottavuus perustuu korkeaan laatutasoon, turhien työtehtävien poistamiseen, tuotantoprosessien jatkuvaan parantamiseen sekä pääoman sitoutumiseen pieniin kokonaisuuksiin.

3.2 Muita käsitteitä

Lean ajattelumallin lisäksi on myös paljon muita käsitteitä, jotka liittyvät vahvasti Lean ajattelumalliin tai muuten työn kehittämiseen ja laadun jatkuvaan parantamiseen. Monet näistä juontavat juurensa myös japanilaisesta teollisuudesta ja Toyota Production Systemistä.

3.2.1 5S

5S on ehkä suosituimpia Lean työkaluja. Sen tavoitteena on hukan ja variaatioiden poistaminen ja tuottavuuden parantaminen. Monet kuitenkin saattavat mieltää usein 5S:n tavoitteen väärin, lähinnä vain paikkojen siistinä pitämiseksi. 5S tulee englanninkielisistä sanoista Sort, Simplify, Scan, Standardise ja Sustain, tai lähes samaa tarkoittavien s-alkuisten sanojen variaatioista, joilla kuitenkin tarkoitetaan samaa perusajatusta käsitteen takana. Jotkut yritykset lisäävät myös kuudennen s-alkuisen sanan, Safety, korostamaan työturvallisuutta. (Bicheno, J. & Holweg, M., 2009, s. 78-79))

Bicheno, J. ja Holweg, M. kirjassaan *The Lean Toolbox: The Essential Guide To Lean Transformation*(2009) ja tätä myötäillen George, L. M. ja muut teoksessaan *Lean Six Sigma Pocket Toolbook* ovat koonneet tiiviin yhteenvedon kunkin s- kirjain alkuisen sanan takana. Sort, eli järjestää, tavoitteena on poistaa työpisteeltä kaikki tarpeeton, jota ei käytetä. Simplify, Set-In-Order tai Straighten, eli yksinkertaistaa, tarkoituksena on järjestää tarvittavat välineet työrytmyksen mukaan helposti havaittaviksi ja käytettäviksi.

Scan, Sweep, Shine tai Scrub, tarkoittaa siistimistä. Tavoitteena on pitää työalue puhtaana. Tätä varten työpaikoilla saattaa olla erilaisia proseduureja tai rutiineja tehdä visuaalista tarkistusta kaikille työpisteille ja korjauttaa epäkohdat. Standardise, Stabilise tai Secure, eli standardisoinnin tavoitteena on löytää tapa tehdä päivittäiset, hyviksi havaitut asiat, oikealla tavalla, oikeaan aikaan, joka kerta. Sustain tai Self-discipline tarkoittaa ylläpitoa. 5S toimintoja täytyy pitää yllä, että se toimisi.

3.2.2 Kanban

Kanban on japania ja tarkoittaa taulua tai mainoskylttiä. Kanban-imuohjaus järjestelmä on oma imuohjaustekniikkansa, joka perustuu omanlaiseen viestinantomekanismiin. Perinteisessä Toyota Production Systemin mukaisessa tuotannossa on käytössä kaksi

erilaista merkinantokorttia, joita kutsutaan tässä järjestelmässä kanbaneiksi. On kuljetuskanban ja valmistuskanban. Valmistuskanban kortti kulkee valmistusprosessin alkupäästä loppuun ja tuote-erän mukana aina varastoon asti. Kun tuote-erä otetaan varastosta, palautuu valmistuskanban prosessin alkuun signaaliksi aloittaa kanbanin ilmoittaman ja ohjeistaman tuote-erän valmistus. Kuljetuskanban on komponenttilaatikon kyljessä ja se välitetään laatikon tyhjentyessä komponenttien toimittajalle signaaliksi siitä, että komponentteja tarvitaan kanbanin ilmoittama määrä kanbanin ilmoittamassa paikassa. (Haverila, M. & muut, 2006, s. 423 ja Bicheno, J. & Holweg, M., 2009, s. 151)

Bicheno, J. & Holweg, M. Mainitsevat teoksessaan *The Lean Toolbox: The Essential Guide To Lean Transformation* (2009, s. 151) myös yhden kortin kanban systeemit. Yhden kortin kanban ovat kanban systeemeistä yleisempiä sekä helpoja ymmärtää ja ottaa käyttöön. Yksinkertaisimmillaan kanban kortti toimii signaalina korvata kutsuttu tuote.

3.3 Työn tehokkuus

3.3.1 Tehokkuus

Työn tehokkuutta voidaan tarkastella esimerkiksi George M.L. ja muiden kirjoittamassa *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook* (2005, s. 201) kirjassa esitetyllä prosessisyklin tehokkuuden kaavalla (1).

$$\textit{Prosessisyklin tehokkuus} = \frac{\textit{Jalostava työaika}}{\textit{Prosessin läpimenoaika}} \quad (1)$$

Tässä muuttujina ovat jalostava työaika, sekä prosessin läpimenoaika, jotka tullaan käymään läpi seuraavissa alaluvuissa. Tehokkuus on yksinkertaistetusti siis jalostavan työn ja läpimenoajan välinen suhdeluku.

3.3.2 Jalostava työ ja työaika

Operaatiot voidaan luokitella niihin, jotka lisäävät tuotteen arvoa, eli ovat jalostavia, ja niihin, jotka eivät lisää tuotteen arvoa (Shingo, S. 1989, s.76). Jalostavalla työllä tarkoitetaan niitä työvaiheita, joilla asiakkaan tilaaman tuotteen jalostusarvo nousee. Tällä voidaan tarkoittaa esimerkiksi osien liittämistä yhteen, valamista, hitsausta tai vaikkapa hiusten leikkuuta. Jalostava työaika on näihin työvaiheisiin kuuluva työaika. Viime kädessä asiakas maksaa vain tästä ajasta (Ahokas, P. ja muut, 2011, s.8).

3.3.3 Jalostamaton työ

Jalostamattomaksi työksi luetaan ne työt, jolloin tuotteen jalostusarvo ei lisääny. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi erilaiset häiriötilanteet ja niiden korjaukset. Nämä voivat johtua huonolaatuisista ja usein huoltoa tai korjausta vaatimista työkoneista tai tuotteen tai osien laatuvirheistä (Shingo. S., 1989, s.76).

Tuotteen valmistuksen kannalta on monesti myös muita kriittisiä työvaiheita kuten erilaiset tarkastukset, apuajat ja tuotteen tai materiaalin siirrot ja kuljetukset. Vaikkakin nämä ovat monissa tapauksissa pakollisia, eivät ne nosta tuotteen jalostusarvoa ja ovat siksi jalostamatonta työtä (Ahokas, P. ja muut, 2011, s.8). Shingon kuvaa teoksessaan Toyota Production System (1989, s.78) tuotantoprosessin muodostuvan neljästä eri osasta: Prosessoinnista, tarkastuksista, siirroista ja viiveistä, näistä kuitenkin vain prosessointi on jalostavaa työtä. Hän korostaa kuitenkin, että oikeanlaisella kehityksellä esimerkiksi prosessien ja layout ratkaisujen kanssa näistä jalostamattomista työvaiheista on mahdollista irtautua.

Harrington J.H. kuvailee hyvin kirjassaan Business Process Improvement(1991, s.78) Kuinka ongelmatilanteen kohdatessamme lisäämme helposti tarkastuksia tai muita vaiheita prosessiin ja opimme elämään sen kanssa. Tämä tekee huonontaa työn tuottavuutta ja se voi olla hankala havaita. Sen vuoksi on hyvä jaotella prosessin eri

työvaiheita, että voimme havainnoida ja yrittää minimoida jalostamattomia ja maksimoida jalostavaa työtä.

3.4 Työn kehittäminen

Kuten aikaisemmassa kappaleessa käytiin läpi. Jalostamattomien työvaiheiden poistaminen ja sitä kautta läpimenoajan pienentäminen on yksi tapa kehittää työtä tuottavammaksi. Mynott, C. muistuttaa kirjassaan *Lean Product Development* (2012, s. 48) että, pelkästään jalostavia työvaiheita lisäämällä ei välttämättä lisätä tuotteeseen asiakkaan näkökulmasta mitään käytännöllistä vaan kasvatetaan vain kuluja.

Kaavaa yksi (1) tarkastelemallakin voimme todeta, että tehokkuutta voidaan parantaa vain lisäämällä jalostavien työvaiheiden osuutta koko prosessin läpimenoajasta. Työvaiheiden lisääminen, vaikka ne olisivatkin jalostavia, lisää myös läpimenoaika. Työn ja toiminnan kehittäminen Lean periaatteiden mukaisesti on erityisesti turhien tehtävien poistamista ja työn jatkuvaa parantamista sekä voimakasta panostusta laadun kehittämiseen (Haverila, M. ja muut, 2009,. s. 361).

Työn kehittäminen ei ole kuitenkaan ole aina vain yksinomaan läpimeno- tai vaiheajan pienentämistä ja jalostamattomien työvaiheiden etsimistä ja poistamista. Yksi osa työn kehittämistä on esimerkiksi vaiheajojen tasaaminen, työn standardisointi ja ylipäätään Lean työkalujen, jatkuvan parantamisen ja ajatusmallien, kuten 5S, mukaisten asioiden käyttöönotto ja ylläpito työympäristössä. Aina työn kehittäminen ei välttämättä ole suoranaista tehokkuuden parantamista. Myös esimerkiksi työturvallisuuden ja ergonomian lisääminen on työn kehittämistä.

3.5 Työntutkimuksen perusteet

3.5.1 Historiaa

Ihminen on etsinyt aina parempaa tapaa tehdä eri asioita. Pyöränkin keksimisen takana oli halu helpottaa asioiden raskasta kuljetusta paikasta toiseen. Oli ihmisen oman edun mukaista löytää tehokkaampia, vähemmän kuluttavia, työtapoja. Delmar, K. ja Franklin, B. selittävät teoksessaan *Engineered Work Measurement* (1987, s. 3), että kiinnostus valmistusmenetelmien parantamiseen on ollut läsnä teollisessa tuotannossa sen alkuaajoista lähtien.

Menetelmien kehittämiseksi löytyi aina kiinnostusta silloin kun kilpailu oli kovaa ja kuluja piti pienentää. Silloin kun tuotot olivat yleisesti hyvällä tasolla, saatettiin tyytyä vallitseviin olosuhteisiin, eikä jatkuvaa parantamista nähty tärkeänä. Osasyynä tälle ilmiölle Delmar, K ja Frankil, B kritisoivatkin amerikkalaista tyyliä maksaa vuosittaisia bonuksia ylimmälle johdolle liian lyhyen aikavälin palkintona, kun mietitään motivaatiota kehittää työtä pitemmällä aikavälillä.

M. Coulomb on tehnyt esimerkin työntutkimuksesta kellottamalla työhön vaadittavia aikoja jo 1760. 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alussa muiden muassa herrat nimeltä Taylor, Gantt, Emerson ja Gilbreth loivat työntutkimuksen konseptille tieteellistä pohjaa. 1910-luvulta aina 1930-luvulle oli Taylorin ja Gilbrethin välillä kaksi kilpailevaa konseptia, aikatutkimus ja liikeaikatutkimus. Myöhemmin ryhmien peruseriaatteiden välisten erojen nähtiin kuitenkin olevan varsin pieniä, jolloin voitiin lähteä yhdistämään molempien parhaita puolia.

3.5.2 Aikalajit

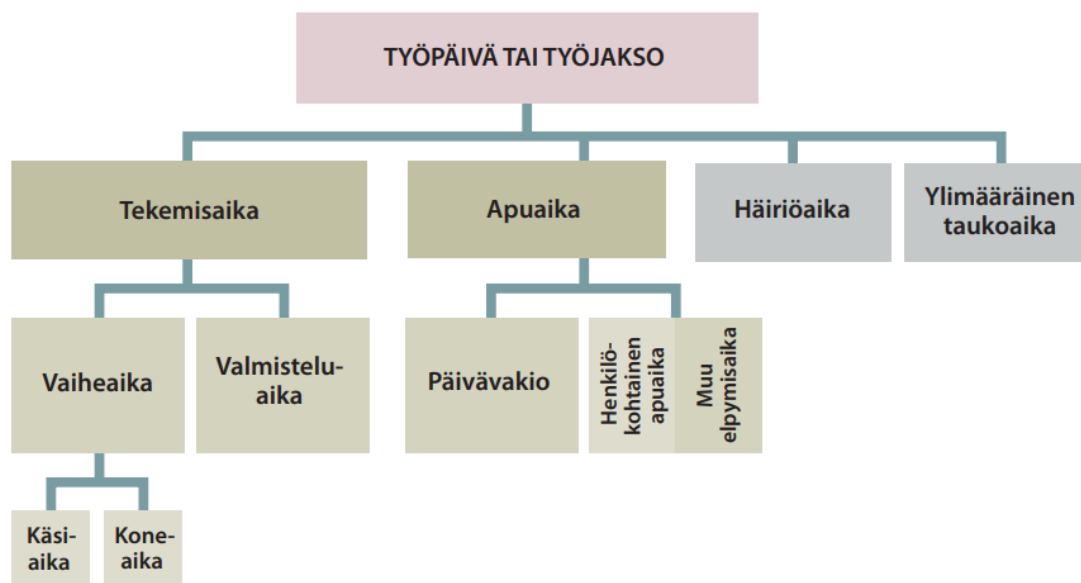
Aikalajit ovat henkilön ovat henkilön työajan muodostavat erilaiset kokonaisuudet. Ahokas, P. ja muut ovat kuvanneet teoksessaan *Työnmittauksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita* (2011, s. 11-13) hyvin seikkaperäisesti.

Työnmittaukseen kuuluu jakaa työpäivä erilaisiin aikalajeihin. Nämä aikalajit ja niiden keskinäiset suhteet on esitelty kuvassa 2.

Jalostusarvoa kasvattavaa työaika kuvataan tekemisajaksi, tämä voidaan jakaa valmistelu-aikaan ja vaihe-aikaan. Nämä voidaan edelleen jakaa käsi-aika ja kone- tai prosessi-aikaan. Niiden työtehtävien tekemiseen kuluva aika, joka ei kasvata jalostusarvoa, mutta on muuten välttämätöntä, kutsutaan apuajaksi. Apu-aikaan sisältyy myös henkilökohtaiset taudit ja muu elpyminen. Ylimääräinen tauko-aika johtuu esimerkiksi työn liian aikaisesta lopettamisesta ennen kuin työvuoro on vaihtunut.

Häiriö-aika kuvaa erilaiset odottamattomat keskeytykset, apuajat, korjaukset tai odotukset. Näiden pituutta tai taajuutta ei ole voitu ennalta tietää, mutta häiriö-aika voi kuitenkin olla säännöllisesti toistuva, esimerkiksi kun joudutaan toistuvasti odottamaan työvaiheiden epätasapainon takia. Ylimääräinen tauko-aika eroaa häiriö-aajan odottelusta siten että häiriö-aika ei ole työntekijästä riippumattomista syistä.

Päivävakioon kuuluu välttämättömät työt ylläpitämään työntekemisen edellytyksiä, jotka eivät liity suoraan mihinkään yksittäiseen tuotteeseen. Päivävakioon kuuluu esimerkiksi tuntikortin täyttäminen ja työpisteen siivous päivän päätteeksi.



Kuva 2. Henkilötyön aikalajit (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 13).

3.5.3 Harjaantuminen ja Joutisuus

Ihmisen työn tuottavuuteen vaikuttavat monet eri tekijät. Delmar, K. & Franklin B. kuvailevat teoksessaan *Engineering Work Measurements* (1987) työntekijän suorituksen liittyvän ensinnäkin työmetodit ja toiseksi "Motion speed", joka vastaa Ahokkaan ja muiden teoksessaan *Työntutkimuksen* käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita (2011) kuvailemaa Joutisuutta eli työn etenemisvauhtia. Jälkimmäisen alle kuuluu työntekijän työhalukkuus (Effort, intensiteetti), sisältäen muun muassa motivaation ja asenteen. Lisäksi Joutisuuden alle kuului taito tai paremminkin harjaantuneisuus sekä olosuhteet.

Harjaantuneisuus tai taito suoriutua työstä kasvaa työntekijän kokemuksesta kyseisen työtehtävän parissa, sekä alkuperäisen taitotason mukaan. Työntutkimuksessa on tärkeää arvioida tutkittavan kohteen harjaantuneisuutta kyseiseen tehtävään mittaushetkellä, että pystytään arvioimaan normiaikoja ja keskiarvoistamaan mittaustuloksia. Työn tehokkuuden ja tuottavuuden parantaminen perustuu

työnvakiinnuttaminen ja standardisointiin, jolloin toistokerrat ja harjaantuneisuus lisäänty.

Harjaantuneisuus on osa isompaa kokonaisuutta, Joutuisuutta, jota pidetään työn tuloksellisuuden mittana, kun työ on suoritettu tunnetulla menetelmällä. Joutuisuus vaikuttaa siis suoraan työn tuottavuuteen. Normaalijoutuisuudella tarkoitetaan tilannetta, kun työntekijä työskentelee keskinkertaisella taidolla ja intensiteetillä, normaaleissa olosuhteissa ja normaalimenetelmillä. Myös työn joutuisuus on työntutkimuksessa määriteltävä, jotta havaitut ajat voidaan niin ikään normalisoida.

Ahokas, P. ja muut (2011, s. 16) muistuttavat kuitenkin, että usein työhön liittyy paljon joutuisuudesta riippumattomia osia eli niin sanottuja sidottuja työnosia, joka käsittää koneen tietyllä nopeudella suorittamat työt. Myös työhön kuuluvat odottelut, esimerkiksi lämpötilan lasku tai yleensäkin odotukset ja tauot on sidottua työnosaa.

3.5.4 Apuaika ja Elpyminen

Apuajalla tarkoitetaan erilaisia työn suorituksen kannalta välttämättömiä toimia. Nämä eivät kuitenkaan edistä itse työtä. Ahokas, P. ja muut (2011, s.11) ovat listanneet tähän kolme eri osaa, päiväväkio, henkilökohtainen apuaika ja muu elpymisaika.

Päiväväkio tarkoittaa välttämättömiä töitä työn edellytysten ylläpitämiseksi, jotka eivät kuitenkaan liity minkään tuotteen valmistukseen. Päiväväkioksi voidaan lukea esimerkiksi koneiden säännölliset huollot, työpisteen siivoaminen päivän päätteeksi tai tuntikortin täyttäminen.

Henkilökohtainen tauko aika käsittää sovitut kahvi- ynnä muut tauot. Tähän sisältyy myös siirtymiset taukotilan ja työpisteen välillä. Lisäksi henkilökohtaista apuaikaa kuten myös tarvittaessa muu elpymisaika kuuluu työn rasituksesta elpymiseen.

Elpymisen tarpeen vähentäminen paremmilla työnmenetelmillä voi olla yksi työntutkimuksen tavoitteesta. Elpymisajat pystytään ajoittamaan silloin kun tulee työkulun mukaisia ennalta tiedossa olevia, säännöllisiä ja tarpeeksi pitkiä keskeytyksiä, joiden aikana elpyminen on mahdollista.

Ahokas, P. ja muut (2011, s.17) korostavat erityisesti, että työarvolaskennassa käytetty kokonaiselpymisaika liittyy ainoastaan palkkaustekniseen laskentaa, ei taukojen ohjeistuksiin. Tauot ja työarvolaskennan elpymisaika ovat täysin erilliset asiat, eikä niillä ole mitään tekemistä keskenään.

4 Työnmittaus

Työnmittauksella tarkoitetaan tarvittavan ajan määrittämistä, joka kuuluu tiettyyn työtehtävään tietyllä työmenetelmällä. Näiden aikatietojen avulla ja eri vaihtoehtojen vertailulla voidaan suunnitella, optimoida ja ohjata muun muassa koneinvestointeja, layoutia, materiaalinkäsittelyä, menetelmiä, työkaluja, työpisteitä, resursseja, tuotteita ja tuotantoa, sekä asettaa tuotannolle tavoitteita.

4.1 Työnmittaus käytännössä

4.1.1 Yleisesti

Lean ajattelumallin tavoitteena on pienentää prosessin läpimenoaikaa, joten ensimmäisenä askeleena sen toteuttamiseksi on mitata prosessin läpimenoaika toteutuksen yhteydessä (Bradley, R., 2012, s.32). Työnmittauksen tavoitteena on työhön tarvittavan ajan määrittäminen. Aikaan voidaan määrittää arvioimalla kokemukseräisesti, työaikakirjauksilla tai sitten työnmittauksen menetelmillä. Työnmittauksen tuloksilla on yrityksissä monenlaisia eri käyttökohteita aina palkkauksesta menetelmäkehitykseen asti. Erilaisia sovelluskohteita käydään läpi myöhemmässä luvussa.

Ennen kuin voidaan lähteä mittaamaan, on prosessi aluksi jaettava sopivan kokosiin osiin, jonka jälkeen voidaan valitulla tavalla lähteä mittaamaan kutakin osaa kerrallaan. Erilaisia ajanmäärittäytapoja käydään läpi seuraavassa luvussa. Mittausten jälkeen voidaan muodostaa analyysiä ja, ajanmäärittäytavasta riippuen, standardiaikoja. (Institute of management services (2022))

Ahokas, P. ja muut ovat keränneet kattavat suomenkieliset ohjeet liittyen työnmittaukseen teoksessaan Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita (2011, s.20,24). Kun mitataan työtä, on tarkoituksena selvittää aika, joka kuuluu tietyn työtehtävän suorittamiseen tai tuotteen läpimenoaikaan. Työhön käytettävä aika riippuu paljon työtä suorittavan henkilön joutuvuudesta ja itse työssä käytettävistä

menetelmistä. Näissä on luonnollisesti vaihtelua, jolloin läpimenoaika ei tule olemaan sama, mutta työnmittaus tulosten normalisoinnilla pystytään antamaan keskinkertainen aika, jonka keskinkertaisen taitotason omaava henkilö tarvitsee työn suorittamiseen normaali joutuvuudella, normaaleissa olosuhteissa ja määritellyllä työmenetelmällä.

Työnmittauksessa oleellista on se, että työsuoritus ja siihen vaikuttavat tekijät on riittäväällä tarkkuudella kuvattu. Lisäksi tulosten on edustettava normiksi hyväksyttyä työvauhtia eli joutuisuustasoa. Kun mitattu aika muutetaan normaalijoutuisuutta vastaavaksi, puhutaan normalisoinnista.

Yksi osa laajempaa kokonaisuutta ennen kuin voidaan aloittaa työntutkimus, on mitattavien kohteiden päättäminen. Prosessin kriittisimmät kohteet eivät aina ole yksiselitteisiä. Anil, M. ja muut listasivat kirjassaan *Fundamentals of work measurement, What Every Engineer Should Know* (2017. s.11-12), selkeät kohdat jotka antavat prioriteetteja tutkittavien kohteiden päättämiseen. Näitä ovat taloudellinen, teknologinen ja itse työhön liittyvä harkinta.

Taloudellisista tekijöistä pitää miettiä esimerkiksi, mitkä työt ovat kalleimmat tai tuottavimmat tai missä on suurin volyyymi. Teknologisissa tekijöissä voi ottaa prioriteetiksi tutkia ensimmäiseksi vanhinta, epäluotettavinta tai huonoimman energiatehokkuuden teknologiaa omaavat prosessit. Itse työhön liittyvät esimerkiksi ergonomiset tekijät, missä operaatioissa esiintyy eniten toistuvuutta tai työturvallisuusriskejä.

4.1.2 Työn mittaamisen vaiheet

Kuten itse tuotteiden valmistusprosessissakin, on työn mittaamisessa omat vaiheensa. Ahokas, P. ja muut esittivät teoksessaan *Työnmittauksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita* (2011, s.25-26), kuten myös Limble CMMS yritys omassa artikkelissaan

How To Conduct A Time Study On A Plant Floor (2021), osittain samanlaisia perustyövaiheita ja periaatteita, jotka kuuluvat työnmittaukseen.

Aikaisemmassa luvussa käytiin läpi joitain tekijöitä millä mitattavat kohteet voidaan päättää. On siis sanomattakin selvää, että mitattavat kohteet täytyy määrittää ennen kuin niitä voidaan mitata. Mitattava työ pitää ositella tai olla jo valmiiksi sopivan kokoisissa mitattavissa osissa. Ajanmäärittävät ja työmenetelmät pitää myös määrittää. Nämä käydään seuraavassa alaluvussa tarkemmin. Valintaan vaikuttaa oleellisesti työnmittauksen tavoitteet, kuinka tarkat työn erät tai kuvaukset itse työstä ja olosuhteista vaaditaan. On hyvä huomioida tulosten kirjaustarkkuutta miettiessä, että niitä voi jatkossa olla tarve hyödyntää eri tavoitteet omaavaan työntutkimukseen.

Institute of management services on käynyt Work measurement(2022) artikkelissaan lisäksi joitain tekijöitä, jotka pitää ottaa huomioon ajanmäärittämissä valitessa. Näitä ovat:

1. Mittauksen tarkoitus/ Haluttu lopputulos
2. Tarvittava yksityiskohtaisuus
3. Käytössä oleva aika
4. Jo käytössä oleva data
5. Mittauksen hinta

Jos halutaan tehdä kaiken kattava, yksityiskohtainen työaikamittaus, on siihen panostettava aikaa ja rahaa. Resurssit kannattaa siis kohdistaa aluksi kriittisimpien prosessien mittaamiseen joiden löytämiseen annettiin Työnmittaus käytännössä luvun yleisesti alaluvun lopussa. Lisäksi voidaan tarkastella, onko pienemmän prioriteetin prosessit mitattavissa resursseja vähemmän kuluttavilla mittauksilla. Tähän oleellisesti liittyy myös olemassa oleva data, onko aikaisemmat laskelmat johdettavissa nykyisille pienemmän prioriteetin prosesseille.

Mittauksessa käytettävät työkalut on päätettävä, käytetäänkö perinteistä kelloa, vaiko esimerkiksi jotain modernimpaa ohjelmistoa työn tarkasteluun. Peruseriaatteena

työnmittauksessa on, että se on avointa. Mitattavia työntekijöitä kuuluu olla tiedotettu mittauksesta, menetelmistä ja sen tavoitteista, sekä mahdollisista käyttötarkoituksista. Työn mittaajan pitää olla koulutettu tehtävään ja mitattavat työntekijät, työaika ja olosuhteet kuuluisi olla mahdollisimman lähellä normijoutuisuutta vastaavat.

Kun nämä vaiheet on huomioitu, voidaan aloittaa työn osiin kuluvan ajan mittaus, sekä joutuisuuskertoimien määrittäminen. Ajat lasketaan, tulokset esitetään ja taltioidaan. Tuloksien perusteella voidaan luoda esimerkiksi töille oma standardiaikajärjestelmä.

4.2 Ajanmäärittäytavat

4.2.1 Havainnointitutkimus

Havainnointitutkimuksella tarkoitetaan tapahtumien ja aikalajien esiintymistä ja niiden havainnointia. Eri tapahtumat erotellaan pienempiin osakokonaisuuksiin, kuten esimerkiksi häiriöaikoihin, tekemisaikoihin tai apuaikoihin. Tutkija havainnoi ja kirjaa määrävälein työtä kullakin havainnointihetkellä.

Tutkimuksessa voidaan seurata useaa eri työpistettä ja -vaihetta samanaikaisesti. Havainnointitutkimus on nopea ja laaja-alainen. Havainnoita voidaan tehdä ajankäytön lisäksi mm. työturvallisuudesta, ergonomiasta ja ihmisen ja koneen vuorovaikutuksesta. (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 24)

4.2.2 Normaaliaikatutkimukset

Normaaliaikatutkimus tarkoittaa normaaliajan määrittäystä jollekin työlle. Määrittäys tehdään mittaamalla kellolla tiettyyn toistuvaan työhön kuluva aika, kun se tehdään vakio-olosuhteissa. Työ jaetaan sopiviin mitattaviin eriiin. Tutkimukseen kuuluu myös joutuisuusmäärittäys. Joutuisuuskertoimella kerrotaan keskiarvoinen havainnoitu aika, että saadaan normaaliaika. Tutkimus sopii suhteellisen

lyhytkestoisten, toistuvien ja käsin tehtävien töiden tutkimiseen. (Limble CMMS, 2021, ja Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 24-25)

4.2.3 Jatkuva ajankäyttötutkimus

Jatkuvassa ajankäyttötutkimuksessa tiettyä työtä seurataan ja sen tapahtumia rekisteröidään pidemmällä ajanjaksolla. Eri tapahtumat eritellään, kuten havainnointiaikatutkimuksessakin, tutkimuksen käyttötarkoituksen mukaan eri osakokonaisuuksiin ja aikalajeihin.

Jatkuvalla ajankäyttötutkimuksella saadaan hyvä yleiskuva työn aikana tapahtuvien tapahtumien esiintymisjärjestyksestä ja niiden limittymisestä toisiinsa. Sellaisissa töissä, jossa työtapauksien järjestys ei ole tunnettu on jatkuva ajankäyttötutkimus havainnointitutkimuksen ohella ainoa tapa rakentaa standardiaikoja. (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 25)

4.2.4 Liikeaikatutkimukset

Liikeaikatutkimukset, kuten MTM tai MOST, perustuvat taulukoituihin vakioaikoihin. Työ perustuu yksityiskohtaiseen analyysiin, jossa työ on eritelty niin pieniin osiin, että niihin kuluva aika on vakioitu taulukkoaika. Liikeaikatutkimuksessa ei siis käytetä kelloa vaan valmiita aikastandardeja. Menetelmää käytetään nykyään lähinnä työmenetelmien kehittämiseen. (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 25)

4.2.5 Aikalaskelmat

Aikalaskelmat ovat prosessin tai koneen suoritusarvojen perusteella tehtyjä laskelmia. Vakioiduista aikatekijöistä saadaan laskettua työajan kesto (Ahokas, P. ja muut, 2011, s.

25). Aikalaskelmat sopivat automaattisten koneiden työaikoihin ja ne saadaan selville yksinkertaisesti laskemalla työkiertoon kulunut aika (Haverila, M. ja muut, 2009, s.493).

4.2.6 Standardiaikajärjestelmä

Kuten liikeaikatutkimuksessa ei standardiaikajärjestelmässäkään tarvita kelloa. Standardiaikajärjestelmän luonti onnistuu kuitenkin vain havainnointiaikatutkimuksella tai jatkuvan ajankäytöntutkimuksella, jotka vaativat kellon käyttöä ja yksityiskohtaisia mittauksia. Siihen vaaditaan kuitenkin, että työnosien sisältö, menetelmä ja aika on määritelty. Työnosiin vaadituista ajoista saadaan laskettua työhön kuluva aika. (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 25)

Limble CMMS yrityksen blogissa (2021) standardiajan laskemisissa kuvailtiin ensimmäiseksi työvaiheeksi keskiarvoisen ajan määrittämistä, joka muodostuu useasta havainnoidusta ajasta jonkun tietyn työn suorittamiseen. Tämä muutetaan sitten normaaliajaksi kertomalla aikaan arvioitu joutuisuuskerroin. Normiajasta saadaan standardiaika, kun sitä kerrotaan vielä apu- ja häiriöajoista saadulla kertoimella, eli on arvioitu mukaan kokonaisaikaan myös esimerkiksi tauot ja mahdolliset häiriöt. Ahokas, P. ja muut ovat myös kuvailleet teoksessaan Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita (2011, s. 25-26) normiajan määrittäystä valittujen aikahavaintojen ja joutuisuuskertoimien aritmeettisten keskiarvojen tulona (2).

$$t_n = \left(\frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n} \right) \times \left(\frac{k_{j1} + k_{j2} + k_{j3} + \dots + k_{jm}}{m} \right) \quad (2)$$

4.3 Työmittauksen tulosten sovelluskohteet

Ahokas, P. ja muut ovat käyneet teoksessaan Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita (2011, s. 21-23) hyvin kattavasti eri sovelluskohteet

joihin työmittauksen tuloksia voi käyttää. Ensinnäkin työntutkimus on LEAN-mallin mukaiselle työn jatkuvalla kehittämiselle tärkeä työkalu. Turhien työvaiheiden löytäminen, työmenetelmien parantaminen ja vakiinnuttaminen, tuotannon tasoittaminen ja turhien odotusten poistaminen ovat vain muutama kohde esimerkkinä, johon työntutkimusta voi hyödyntää. Keskeiset käsitteet kuten työn vakiointi ja turhan poistaminen liittyvät oleellisesti työmittauksen tavoitteisiin.

Oy YRITYS Ab, tuotantosolun työnkulku			
Laser ja Mori Seikin suunniteltu ajorytmi			
Aikajana h /min	laser	Mori Seiki	Henkilö
1	50	50	Koneiden käynnistys Tietokoneen käynnistys Työtilanteen tarkastus
2	50	50	
3	50	50	
4	50	50	Laserille uusien osien haku varastosta trukilla
5	50	50	
6	50	50	
7	50	50	
8	50	50	Laserille 1. kpleen kiinnitys jigiiin + käynnistys
9	53	50	
10	53	50	Mori Seikin ohjelmointi
11	70	53	
12	70	53	Asetteen vaihto
13	70	53	
14	70	53	Teräpalojen vaihto ja käynnistys
15	70	53	
16	70	53	
17	70	53	Laserilta valmiit osat varastoon
18	70	70	
19	70	70	
20	70	70	
21	70	70	Laserille kiinnitys toiselle paletille 2. ajoon
22	70	70	
23	70	70	Laserilla 1. ajon kpleen vaihto
24	70	70	
25	70	70	
26	70	70	
27	70	70	
28	70	70	
29	70	70	
30	70	70	
31	71	52	Mori Seikillä mittaus kpleen vaihto teräpalojen kääntö
32	71	51	
33	71	51	Laserilla 1. ajon kpleen viimeistely
34	71	51	
35	71	51	Mori Seikillä kpleen viimeistely ja varasto
36	71	70	
37	71	70	Laserilla 2. ajon kpleen vaihto mittaus ja viimeistely
38	71	70	
39	71	70	Mori Seikillä mittaus kpleen vaihto teräpalojen kääntö
40	71	70	
41	70	70	
42	70	70	
43	70	70	
44	70	70	
45	70	70	
46	70	70	
47	70	70	
48	70	70	Mori Seikillä mittaus kpleen vaihto teräpalojen kääntö
49	70	51	
50	70	51	Mori Seikillä kpleen viimeistely ja varasto
51	70	51	
52	70	70	
53	70	70	
54	70	70	
55	70	70	
56	70	70	
57	70	70	
58	70	70	
59	70	70	
60	70	70	

Kuva 3. Esimerkki täytetystä Henkilö-kone-kaaviosta (Ahokas, P. ja muut, 2011, s. 23).

Konetyön mittaus ja monikonekäyttö on yksi työnmittauksen tulosten käyttökohde. Kone työssä kone määrää tuotannon tahdin ja monikonekäytössä työntekijä hoitaa useampaa automaattista konetta yhtäaikaaisesti. Tutkimuksessa hyödynnetään henkilö-kone-kaaviota, josta joskus käytetään nimitystä toimintokaavio. Henkilön ja koneiden

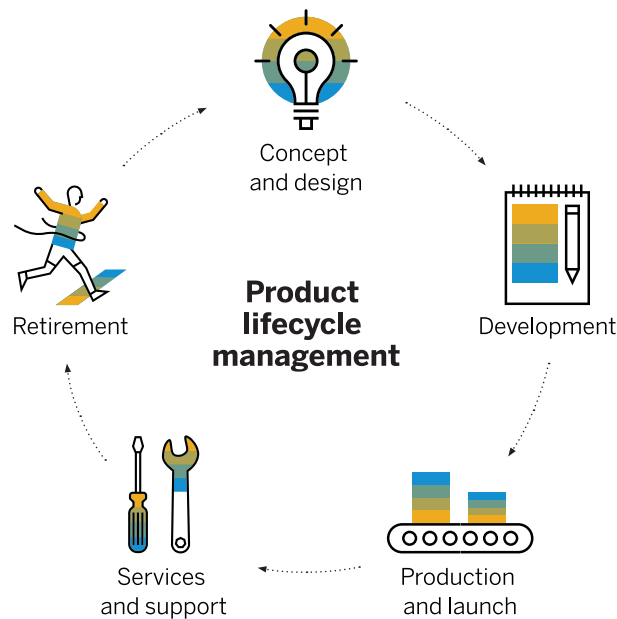
työvaiheita kuvataan rinnakkain ja tällä voidaan selvittää esimerkiksi vajaakuormituksesta syntyviä odotusaikoja. Kuvassa 3 on esitetty yksi esimerkki täytetystä Henkilö-kone-kaaviosta, jossa kuvataan henkilön ajorytmiä kahden koneen, Laserin ja Mori Seikin, kanssa.

Näiden sovelluskohteiden lisäksi Haverila, M. ja muut listasivat teoksessaan Teollisuustalous (2009, s. 492) työmittauksen, eli tuoteyksikköä kohden tehdyn työmäärän tutkimisen, tuloksien sovelluskohteita. Näitä olivat työmenetelmien vertailu, hinnoittelu, palkkaus, kuormitussuunnittelu ja valmistusmenetelmien kehittäminen.

5 Siemens Teamcenter

5.1 Product lifecycle management

Ennen kuin käydään läpi mitä kuuluu tuotteen elinkaaren hallintaan, niin on hyvä alustaa mitä kuuluu tuotteen elinkaareen. SAP on määritellyt sivuillaan (2022) viisi yleispätevää vaihetta tuotteen elinkaarelle: konsepti ja suunnittelu, kehitys, tuotanto, huolto ja ylläpito sekä viimeisenä, tuotteen poistuminen tuotannosta, sillä tuotteen poisvetäminen markkinoilta on oltava myös hallittua. SAP muistuttaa kuitenkin sivuillaan, ettei tuotteen elinkaaren eri vaiheille ole omaa teollista standardia ja se pystytään kuvaamaan tuotteen mukaan hyvinkin monella eri tavalla.



Kuva 4. SAP:n kuvaus PLM:stä (SAP, 2022).

Saaksjärvi ja Immonen määrittelevät kirjassaan Product Lifecycle Management (2002, s.9) ettei Product Lifecycle Management (PLM) ei viittaa mihinkään tiettyyn tietokoneohjelmistoon tai menetelmään, vaan se on tuotteeseen liittyvän tiedon systemaattista hallintaa. Se käsittää nimensä mukaisesti tuotteen koko elinkaaren kaikkine toiminnallisuuksineen. Ajatus on ohjata ja kontrolloida valmistus, käsittely,

jakelu ja tietojen tallennus prosesseja. Markkinoilla olevia PLM ohjelmistoja on muun muassa QA Wolf, Oracle Agile, Bamboo Rose ja Siemens Teamcenter (Aston, B.,2022).

PLM yhtenä tehtävänä on mahdollistaa vaadittavat olosuhteet, jotta voitaisiin yhdistää erilliset informaatiot, prosessit ja automaatiojärjestelmät. PLM:n pitäisi hallinnoida erillisiä datalähteitä ja luoda niistä näin integroitu kokonaisuus. Koko organisaation kattava prosessien ja informaation saumaton yhdistäminen tuo huomattavaa hyötyä yritykselle (Saaksjärvi ja Immonen, 2002, s. 13).

PLM systeemi pitää tyypillisesti sisällään osien, tuoterakenteen, käyttöoikeuksien, muutosten, konfiguraatioiden, tehtävien, tiedostojen ja varmuuskopioiden hallintaan omat toiminnallisuudet. Lisäksi mukaan kuuluu myös toiminnallisuudet dokumenttien ja tiedostojen ylläpidolle ja tallennukselle, historialokille ja tiedonhauille (Saaksjärvi ja Immonen, 2002, s. 15-16).

5.2 Teamcenter

Siemens kuvailee omilla sivuillaan (2022) Teamcenter ohjelmistoa moderniksi ja mukautuvaksi PLM alustaksi, joka yhdistää ihmiset ja prosessit. Informaatiota tuotteista saa yhdisteltä eri kokonaisuuksiin sisäisissä sovelluksissa, muun muassa valmistukseen, laatuun, kustannuksiin, suunnitteluun, palveluihin ja toimitusketjuun liittyen. Teamcenterissä on mukana myös NX-integraation mahdollistamat CAD 3D-mallit.

Teamcenterin sovelluksista yksi on Manufacturing Process Planner, jota käsitellään tarkemmin seuraavassa alaluvussa. Muita alustan sovelluksia ovat muun muassa Structure , Multi-Structure, Change Manager sekä lisäksi Part Planner.

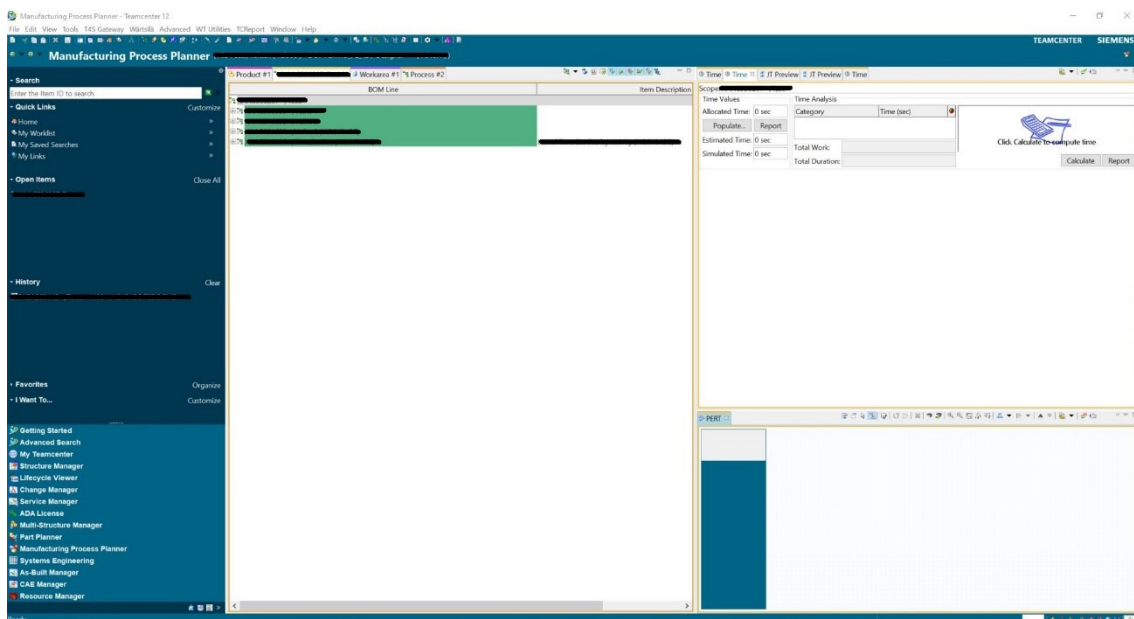
Siemens Teamcenterin ohje dokumenteissa (2019) kuvataan, että Structure manager ja Multi-Structure manager eli vapaasti suomennettuna rakenteen- ja monirakenteenhallintaan liittyvissä sovelluksissa tuotteen tuoterakennetta pystytään

muokkaamaan ja hallitsemaan. Multi-Structure manager:ssa pystytään hallinnoimaan mitä tahansa Teamcenter yhteensopivaa rakennetta, mukaan lukien tuotteen valmistusprosessin rakennetta.

Change manager eli muutoksia hallinnoivassa sovelluksessa pystytään luomaan, hallinnoimaan ja katselmaan tuotteen rakenteeseen ja rakenteen suunnitelmiin tehtyjä muutoksia. Part planner sovelluksessa voidaan luoda suunnitelma jonkun osan tuotannolle, ikään kuin normaalin valmistusprosessin ylätaso, johon sisältyy yksityiskohtaisempia kuvaus valmistusprosessista.

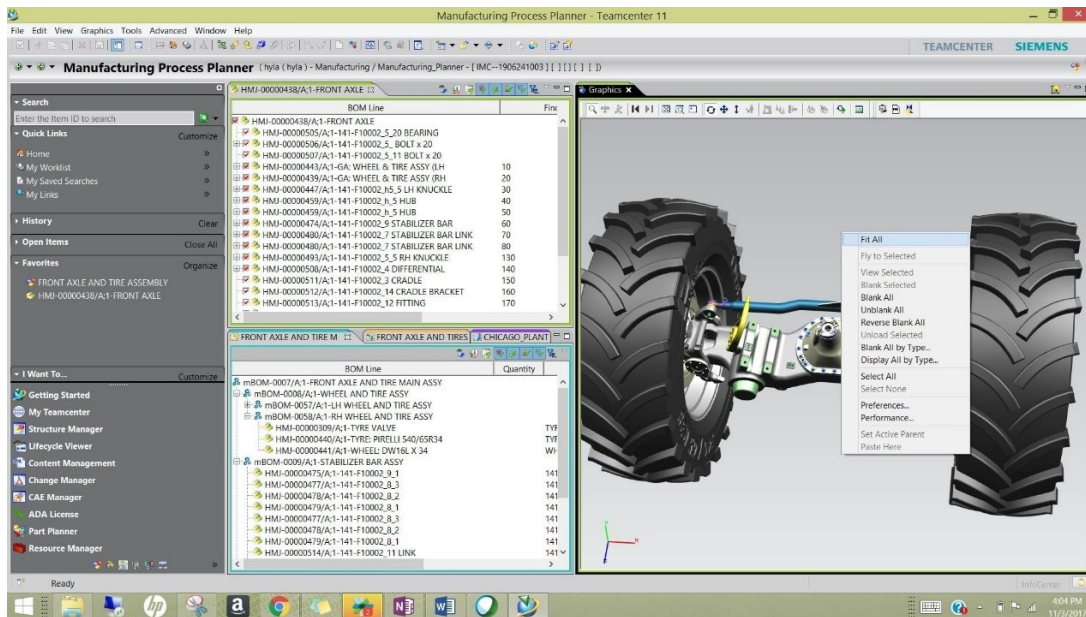
5.3 Manufacturing Process Planner

Manufacturing Process Planner (MPP) on sovellus Teamcenter alustassa, joka mahdollistaa tuotteen valmistusprosessin suunnittelun ja kehittämisen. MPP:ssä voidaan avata Structure managerissa luotu tuoterakenne ja luoda sitä vastaava prosessi. Datan luonti ja hallinta onnistuu MPP:ssä kuten Multi-Structure managerissa. (Siemens, 2019)



Kuva 5. Manufacturing Process Planner aloitussivu.

Kuvassa 5 on nähtävissä Manufacturing Process Plannerin aloitussivu, josta kaikki Wärtsilän koodit ja tunnukset on salattu. Oikealla puolella on Time ja PERT työkalujen ikkunat auki. Kuvassa 6 on kuva vastaavasta näkymästä, jossa esimerkkisisältöä.



Kuva 6. Manufacturing Process Planner (MPP) (Engineering USA, 2022).

Engineering USA (2022) on listannut sivuillaan olevassa artikkelissa MPP selviksi hyödyiksi hyväksi havaittujen prosessien uudelleen käytettävyyden ja kustannuksien pienentymisen virheiden aikaisen havaittavuuden vuoksi. Artikkelissa arvioitiin suunnittelun tuottavuuden kasvavan jopa 40 prosenttia ja että MPP lisää yhteistyötä tuote-, valmistuksen suunnittelu sekä itse valmistavan osapuolen kanssa. MPP ajanhallintatyökalut, joista puhutaan lisää seuraavassa alaluvussa, auttavat jalostavien ja jalostamattomien työvaiheiden analysoinnissa ja siten tukee Lean- ajattelua.

5.4 Time, PERT ja TiCon Integraatio

Time näkymässä voi luoda ja muokata aikadataa sisältäviä aktiviteetteja. Time aktiviteettejä pystyy lisäämään mille vain prosessin operaatiotasolle. Siemens Teamcenterin ohje dokumentitkin (2019) ehdottavat ensiksi ajan arviointia kullekin työkortille ja sitten myöhemmin jalostaen tätä aikatiedon sisältävien aktiviteettien luoden, jotka ovat siis prosessin tai operaation pienempiä osakokonaisuuksia.

Kuten aikaisemmassa luvussa jo mainittiin voi aktiviteetin luokitella jalostavaksi tai jalostamattomaksi työvaiheeksi. Lisäksi vaihtoehtoina on jalostamaton mutta pakollinen työvaihe, sekä luokittelematta jättäminen. Eri kategorioihin kuluvia aikoja pystytään operaatio ja prosessikohtaisesti eri tasoilla analysoimaan.

Teamcenter sisältää integraation TiCon integraation, joka mahdollistaa aktiviteettien aikatietojen hakemisen suoraan TiCon sovelluksessa. TiCon sovellukseen voi yritys luoda omat standardiaikajärjestelmän, jotka ovat myös hyödynnettävissä Teamcenterissä (MTM Association, 2022). Teamcenterissä pystytään käyttämään myös valmiita MTM ja MOST standardiaikajärjestelmien dataa Time -näkyvässä olevista datakorteista haettuna, mikäli ne ovat ladattuina. Datakortteja on mahdollista myös luoda itse (Teamcenter, 2019).

Program Evaluation Review Technique (PERT) näkymässä voidaan asettaa näkymässä avatun tason alatasen aktiviteetit suoritusjärjestykseen. Kukin aktiviteetti on esitetty laatikkona, joita voidaan näkymässä raahata ja joiden väliin voidaan vetää yhteyksiä. Operaation aikatiedoista muodostuva kokonaisaika määräytyy PERT näkymässä tehdyn suoritusjärjestyksen mukaan.

6 Käytännön työ

6.1 Pohjustus

Käytännön työn tarkoituksena on ollut havainnollistaa Teamcenterin käyttöä teemahaastatteluita varten, jotta haastateltavat saavat mahdollisimman hyvän kuvan siitä, miten ohjelmistoympäristöä voi käyttää työntutkimuksessa. Havainnollistava työ on tärkeä myös siksi että pystytään tekemään edes pintapuolista vertailua Microsoft Excelin kanssa. Käytettävyydestä ja ominaisuuksista saadaan myös kattava yleiskäsitys. Lisäksi havainnollistavaa työtä voidaan pitää mallina tulevaisuuden työntutkimuksia varten ja sille pystytään toteuttamaan erilaisia soveltavia testejä.

Mallina on ollut aikaisempina työntutkimuksissa tehtyjä havainnointiaikoja, jotka ovat olleet listattuna Microsoft Excelin taulukkoon. Tahtotilana on ollut muodostaa mahdollisimman käyttökelpoinen malli Teamcenteriin, jota on myös helppo soveltaa ja muokata tarvittaessa. Tämä on johtunut siitä, että tarkkoja määritelmiä ei ole ollut vielä sille, kuinka vaiheistus tai työnmittaus tullaan tulevaisuudessa suorittamaan.

Työ on pitänyt siis tehdä siltä pohjalta, että sen on oltava mahdollisimman ketterä muuttumaan ylempien rakenteiden muuttuessa. Siksi työntutkimus data on syötetty oman operaation alle. Tällöin pelkkää aikautkimus operaatiota voi muokata ja siirtää, riippumatta päärakenteessa olevien prosessien tai operaatioiden muutoksista. Pitää tietysti huomioida, että alarakenteisiin viedyt TimeStudy operaatiot siirtyvät ylärakenteiden mukana.

6.2 Toteutus

Kuten aikaisemmin jo kävimme läpi, käytännön työtutkimus luotiin silloisten vallitsevien prosessin rakenteiden pohjalle, mutta kuitenkin niin että se on helposti muokattavissa ja havainnollistettavissa mahdollisten muutostenkin ilmentyessä. Työntutkimuksessa

käytettiin hyväksi aikaisemmin toteutetusta jatkuvan ajankäyttötutkimuksesta saatuja oikeita tuloksia. Työn pohjaksi sain vapaasti muokattavan Teamcenterin MPP ”hiekkalaatikko” mallin, jonka toisen työvaiheen prosessit kopion erillisen prosessin alle. Prosessit olivat nimetty vanhoilla settikoodeilla ja aktiviteettinimikkeillä, lisäksi niissä oli MPP generoima koodi.

Prosessien sisällä oli mallissani myös materiaalit oman erillisen operaation alla. Tein näiden rinnalle oman TimeStudy operaation, joka kirjattiin kuten prosessikin, mutta lisäämällä nimen perään teksti ”TimeStudy” ja kyseessä oleva moottorimalli. Timestudy operaation lisäsin time työkalun avulla jatkuvan ajankäyttötutkimuksen aktiviteettikohtaiset tulokset. Time aktiviteetteihin täytin parametrit Unit time, name, frequency ja category. Muut parametrit eivät olleet tässä työssä välttämättömiä pois lukien description text parametri, johon voi kirjoittaa tarkempia huomioita mitattavaan kohteeseen liittyen. Asetin PERT työkalulla vaiheen operaatiot jonomaiseen työjärjestykseen. Käytännön työ on esitelty kuvina liitteessä 2 (liite salattu).

6.3 Teemahaastattelut

Teemahaastattelut toteutettiin lähtökohtaisesti kasvokkain tai mikäli tämä ei ollut mahdollista, Microsoft Teamsin välityksellä. Teemahaastattelujen kysymysten pohjalla oli kolme tutkimuskysymystä: Pystyykö Teamcenter ympäristöä käyttää Wärtsilän työntutkimuksessa? Miten työntutkimus olisi käytännössä toteutettavissa? Mitkä ovat hyvät ja huonot puolet aiemmin käytettyyn Microsoft Exceliin? Näistä oli kustakin johdettu neljästä viiteen kysymystä haastateltavilla, joilla saataisiin luotua mahdollisimman kattavat analyysit ja johtopäätökset näihin tutkimuskysymyksiin liittyen.

Liitteessä 1 on eriteltynä kaikki haastattelukysymykset. Ne ovat lueteltuna niin että ensimmäinen juokseva numero viittaa siihen, mihin tutkimuskysymykseen kysymys liittyy. Toinen juokseva numero viittaa kysymyksen järjestysnumeroon.

Teemahaastattelut toteutettiin puolistrukturoituna. Kysymykset olivat siis haastateltaville samat, mutta vastaus oli vapaamuotoinen.

Haastateltavina olivat kuusi Wärtsilän työntekijää, jotka ovat työssään paljon tekemisissä menetelmien tai prosessien kehityksen sekä työntutkimuksen kanssa. Lähes kaikille Teamcenterin MPP oli ennestään tuttu, mutta Time työkalu taas ei ollut tuttu kuin vain yhdelle. Kaikki olivat käyttäneet Microsoft Exceliä aikaisemmin. Jokaisen kanssa käytiin läpi työn sisältö Teamcenterissä ennen haastatteluja. Lisäksi jokaisen kanssa käytiin läpi erilaiset teamcenterin ominaisuudet, jota tässä työssä käsiteltiin ja jotka eivät olleet haastateltaville ennestään tuttuja.

Haastateltavia oli keskenään eriävistä sisäisistä organisaatiohaaroista ja sitä kautta eri työtehtävistä. Tämän vuoksi saatiin kattavasti huomioitua eri työntutkimuksen tarkoitusperät. Oli siis kattavasti huomioitu, että työntutkimuksen tulosten sovellutuskohteet tai tavoitteet saattavat vaihdella eri työtehtäviä ja osastoja kohti.

Haastattelujen tuloksien tavoitteena oli saada kattava analyysi, jonka pohjalta pystytään vastaamaan tutkimuskysymyksiin mahdollisimman perusteellisesti. Analyysissä käytettiin lähinnä vastatusten luokittelua suhteutettuna Teamcenterin käyttämiseen, niiden kysymysten osalta, jotka eivät olleet objektiivisia tämän suhteen. Ison osan analyysistä muodosti kuitenkin sanallinen pohdinta, jonka pohjalta voidaan tehdä kattavat johtopäätökset koskien tutkimuskysymyksiä, sekä antamaan hyvän yleiskuvan muihinkin tutkimuksen kannalta oleellisiin seikkoihin.

7 Tulokset

Vaikka tutkielman johtopäätösten kannalta tärkein on itse sanallinen sisältö, on kuitenkin johtopäätösten tueksi hyvä esittää lukumäärällisiä esityksiä. Ensimmäisessä alaluvussa on vastaukset analysoitu eri vastaustyyppien mukaan luokittelemalla ja laskemalla prosenttiosuudet kaikista vastauksista. Kaikkia kysymyksiä ei kyetty arvottamaan tällä tavoin niiden luonteeltaan objektiivisempien vastausten vuoksi. Seuraavissa alaluvuissa analysoin vastauksia sanallisesti sekä laskennallisesti kohdistuen analyysin ja tulokset eri tutkimuskysymyksiin.

7.1 Vastaukset

Teemahaastattelujen vastausten perusteella luokittelin vastaukset Teamcenterin käyttöönoton näkökulmasta ajatellen positiivisiin, negatiivisiin tai ei selkeiksi, joita voidaan pitää myös neutraaleina. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Haastattelujen vastaukset luokiteltuina

Kysymys:	Vastaus/suhtautuminen(%):		
	Positiivinen	Ei osaa sanoa/ei selkeä	Negatiivinen
1. Tutkimuskysymys			
1.1	100,00	0,00	0,00
1.2	100,00	0,00	0,00
1.4	100,00	0,00	0,00
yhteensä	100,00	0,00	0,00
2. Tutkimuskysymys			
2.1	50,00	16,67	33,33
2.2	83,33	16,67	0,00
2.3	100,00	0,00	0,00
yhteensä	77,78	11,11	11,11
3. Tutkimuskysymys			
3.2	83,33	16,67	0,00
yhteensä	83,33	16,67	0,00
Yhteenveto kaikista	88,10	7,14	4,76

Lukumäärällisiä vastauksia tulkitessa on kuitenkin hyvä muistaa, että otanta niin haastateltavien kuin kysymysten määrän osalta oli suhteellisen pieni. Haastateltavia oli kuusi kappaletta eikä luokiteltavia kysymyksiä ollut kuin yhdestä kolmeen jokaista tutkimuskysymystä kohden. Sanalliset tulokset ovat siis oleellisesti tärkeämpi osa tuloksia.

7.2 Ensimmäinen tutkimuskysymys

Ensimmäinen tutkimuskysymys diplomityössäni oli: Pystyykö Teamcenteriä hyödyntämään Wärtsilän työntutkimuksessa? Tähän kysymykseen vastatakseni, loin havainnollistavan käytännön työn Teamcenteriin, aitoon kelloitettuun jatkuvan ajankäytön tutkimukseen perustuen. Lisäksi esitin teemahaastatteluissa sarjan kysymyksiä, joilla pyrin vahvistamaan havainnollistavan työni toteutuskelpoisuuden oikeana työntutkimuksena. Havainnollistava työ esitelty tarkemmin liitteessä 2(Liite 2 salattu).

Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että tekemäni havainnollistava työ voisi olla toteutuskelpoinen työnmittaus. Lisäksi kaikki näkivät niin että tulokset olivat havainnollistettu riittävällä tasolla. Aikamuodon muuttaminen sekunneista minuuteiksi nähtiin tarpeellisena, sillä Wärtsilän tuotteet ovat kokonaisuudessaan läpimenoajaltaan niin pitkäkestoisia, ettei sekunnin tarkkuus ole enää tarkoituksenmukainen tai selkeä. Jokainen haastateltava uskoi esimerkkityön mukaisista tuloksista olevan hyötyä työssään. Tällaiseksi työksi mainittiin esimerkkinä prosessin kehitys ja vaiheiden tasapainottaminen.

Kaksi haastateltavaa mainitsi erikseen työn luokittelusta muodostuvan piirakkamallin mukaisen grafiikan hyväksi ominaisuudeksi, joka auttaa juuri tulosten havainnollistamisessa. Nähtiin hyvänä, että jalostavan, jalostamattoman ja jalostamattoman mutta pakollisen työn luokittelu on selkeä ja läsnä Teamcenterissä. Sen

nähtiin auttavan löytämään ja takertumaan juuri niihin ongelmallisimpiin prosessin osiin, sekä muistuttavan käyttäjää siitä että työhön kuluu aikaa paljon muuhun kuin itse jalostaviin työvaiheisiin.

Lisäksi yksittäiset haastateltavat mainitsivat erikseen jo näiden kysymysten yhteydessä Teamcenterissä hyvänä ominaisuutena, että osista pystyy heti näkemään 3D -kuvat, ja että data on jaettavissa käyttäjien kesken. Kehitettäviä asioita voisi olla hakutyökalu erilaisten häiriöiden etsintään ja luokitteluun.

7.3 Toinen tutkimuskysymys

Toinen tutkimuskysymykseni käsitteli sitä, miten työntutkimus olisi käytännössä toteutettavissa. Tätä kysymystä varten on haettu teoriasta pohjaa neljännen luvun alaluvussa ”Työnmittaus Wärtsilässä”. Lisäksi esitin haastateltaville aiheeseen liittyviä kysymyksiä.

Käytännön työni tähän diplomityöhöni liittyen on yhdenlainen tapa, jolla työntutkimusta voisi toteuttaa. Jatkuva ajankäytönmittaus ei kuitenkaan saanut yksimielistä kannatusta tapana, jolla mittausta kannattaisi suorittaa. Ja nekin, jotka tämän kaltaista mittaustapaa puolsivat, näkivät niin, että mittausta vaatii paljon resursseja. Mittausta suorittava henkilö ei voi käytännössä tehdä muuta.

Jatkuvasta ajankäytönmittauksesta saatavat tulokset ja yhteenvedot ovat arvokkaita juuri prosessin kehitystä ja tasapainotusta varten. Jalostamattoman, jalostava tai Jalostamaton, mutta pakolliseen työvaiheen kategorisointia tulee myös esille jatkuvan ajankäytön tutkimuksesta.

Jos työnmittauksen tarkoituksena on arvioida mahdollisimman tarkkaa läpimenoaikaa tai saada eri prosesseille mahdollisimman tarkka työhön kuluvaan aikaan perustuva hinta, niin voi olla tehokkaampiakin tapoja toteuttaa työnmittaus. Näihin saadaan aika

kyllä jatkuvalla ajankäytöntutkimuksella ja on mahdollista, että näitä tuloksia pystyy jalostamaan muiden moottorimallien operaatioiden suoritusaikojen arviointiin, mutta kuten aikaisemmin mainittiin, tämä vaatii resursseja.

Jatkuvalla ajankäyttötutkimukselle vaihtoehtoisiksi tavoiksi todettiin erilaiset järjestelmistä saatavat ajat tai asiantuntija arvioinnit, joiden on todettu olevan kokonaisuuden kannalta tarkkoja, kun prosessi on aluksi pilkottu tarpeeksi pieniin osiin. Tarkempi ja resursseja vaativa työnmittaus voidaan suorittaa myös vain kaikkein haastavimmille operaatioille ja helpommat voidaan mitata jollain muulla tavalla.

Kaikki haastateltavat kuitenkin totesivat, että myös pelkkä vaiheaikojen merkkaaminen Teamcenteriin olisi jollain tavalla hyödyllistä, kunhan se on vain oikein tuotettua, todellista dataa, juuri läpimenoaikojen arviointia ajatellen. Kritiikkiä kuitenkin esitettiin sillä tällä ei kuitenkaan päästä enää yksityiskohtaisemmille tasoille prosessissa.

Kaikki haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että MTM ja MOST tyyppiset valmiit standardiaikarekisteristä haettuihin aikoihin perustuvat ratkaisut eivät ole hyviä ratkaisuja Wärtsilän tuotteille, vaan tutkimuksen pitää perustua jollain tavalla havaittuun dataan. Olkoon se sitten käsin kelloitettu tai joistain järjestelmistä saatua, tai sitten niistä muodostettu standardiaikoja.

7.4 Kolmas tutkimuskysymys

Kolmannessa tutkimuskysymyksellä haettiin vertailua aikaisemmin kirjauksiin käytettyyn järjestelmään, Microsoft Exceliin. Haastateltavilta kysyttiin neljä tähän aiheeseen erityisesti valittua kysymystä.

Kaikki haastateltavat näkivät yleisesti vastausten perusteella siirtymän Excelistä Teamcenteriin positiivisessa valossa. Kaikki haastateltavat mainitsivat Teamcenterin yhdeksi vahvuudeksi kaiken oleellisen datan löytyminen yhdestä paikasta. Muita

mainittuja Teamcenterin vahvuuksia Exceliin verrattuna oli datan jaettavuus ja täydennettävyys käyttäjien kesken.

Työntutkimusta tehtäessä on prosessin runko ja sitä myötä työjärjestys jollain tasolla valmiina Teamcenterissä. Mahdollisuudet datan linkityksiin SAP sekä muiden järjestelmien kanssa ovat paremmat. Yksi asia mikä toistui useaan otteeseen haastatteluissa ja jo teoriassa nähtiin yhdeksi Teamcenterin erityisen hyväksi ominaisuudeksi, on NX-integraatio, eli 3D-kuvien käytettävyys järjestelmässä.

Microsoft Excelin selkeiksi eduiksi mainittiin järjestelmän keveys. Koulutus ja lisenssiasiat ovat jo kunnossa Excelin kanssa. Excelissä data on paljon laajemmin muokattavissa ja siitä pystyy muodostaa eri kaavojen, suodattimien ja grafiikkojen avulla paljon erilaisia kuvia, kun taas Teamcenterin time työkalu muodostaa vain yhdenlaisen piirakkamallin. Haastateltavat kuitenkin muodostivat huomioita siitä, että järjestelmien käyttö rinnakkain ei ole missään nimessä mahdotonta ja Teamcenterin data on vietävissä myös Exceliin.

7.5 Omat havainnot ja pohdinta mittaukseen ja kirjaukseen liittyen

7.5.1 Havainnot työmittauksen kirjauksesta Teamcenteriin

Työmittauksen ja sen tulosten kirjauksesta Teamcenteriin prosessimielessä tuli käytännön työn teon yhteydessä tehtyä joitain havaintoja, joista varmasti olisi hyötyä, kun lähdetään suunnittelemaan käytännön mittauksia ja niiden kirjausta laajemminkin tuotannossa. Teamcenteriin kirjaaminen voi alkuun vaikuttaa jäykältä ja hitaalta kun vertaa perinteisiin taulukkotyökaluihin. Microsoft Excel toimii varmasti jatkossakin hyvänä alustana tarvittaessa parsia tuloksia ennen niiden kirjausta Teamcenteriin. Teamcenter tarjoaa kirjauksille rakenteeltaan valmiin ja yhtenäisen alustan, joka on ulkoasultaan varsin siisti ja havainnollistava.

Teamcenterissä olevat prosessit ja niiden järjestys toimii luontaisena työlistana sille, kun lähdetään suunnittelemaan mittausta. Operaatio kerrallaan olisi käytävä läpi, miten kukin olisi syytä mitata ja onko aikaisempia mittauksia kyseessä olevalle operaatiolle saatavissa tai sovellettavissa. Eli kaiken pohjana on normaalin prosessinkin työjärjestys. Tämä on yksi Teamcenterin vahvuus, sillä prosessi näkyy siinä selkeänä ja kirjauksetkin tehdään suoraa tämän MPP näkymän taakse.

Teamcenterissä kirjaukset ovat jaettavissa käyttäjien välillä ja sitä kautta täydennettävissä ja jatkojalostettavissa useampien ihmisten kesken. Tämä yhdistettynä valmiiseen kirjauspohjaan tuotannon prosessinrakenteen taakse antaa mielestäni paremmat edellytykset luoda siistit ja johdonmukaiset kirjaukset, kuin että jokainen kirjaa ne vapaaseen Excel-pohjaan omalla tyyllillään.

7.5.2 Työntutkimukseen liittyvät havainnot ja pohdinta



Kuva 7. Työntutkimus ja tulosten kirjaus prosessina.

Oma näkemys työntutkimuksesta ja kirjauksista prosessina on kuvan 6 mukainen. Tarkan ja varmasti tärkeimmän vaiheen eli suunnittelun jälkeen seuraava vaihe olisi toteuttaa itse mittaus. Käytössä olevista MES-järjestelmistä saataisiin varmasti operaatioon tai aktiviteettiin käytetty aika. Tällöin tehtävä kirjaus olisi vain tämä paljas luku ja kirjaus teamcenteriin olisi nopeaa ja selkeätä. Mittaustuloksista saataisiin paljon enemmän otantaa, kun ei käytetä resurssimelessä kuluttavaa kelloa. Tällöin lähimpänä totuutta olisi kirjata operaation kuluvien keskiarvojen aika. Suuri hajonta joidenkin operaatioiden vaiheajoissa kielisi varmasti häiriöalttiista operaatiosta tai tarpeesta standardisoida siinä käytettäviä menetelmiä. Tällaisiin operaatioihin olisi syytä tehdä tarkempaa tutkimusta.

Toiminnanohjausjärjestelmistä, Wärttilässä nykyisin käytössä Dot Connector, saatavissa ajoissa on oleellista myös se, ettei työn joutuisuuskerroin ole arvioitavissa. On myös pohdittava, voidaanko olla täysin varmoja, että työ on aloitettu, tauotettu tai lopetettu juuri silloin kun niin on merkattu. Häiriöajoista olisi myös hankalempi saada tietoa ja vaikka ne olisi mahdollista saada järjestelmästä, voidaanko niiden aloittamisen tai ratkaisun merkkaukseen luottaa täysin oikea-aikaisena. Järjestelmä ei kerro myöskään montako asentajaa on ollut kutakin operaatiota suorittamassa.

Jatkuvasta ajankäytöntutkimuksesta, jonka pohjalta tein itse kirjaukset, antavat paljon laajemman kuvan yksittäisestä operaatiosta ja sen eri osista. Kirjauskin vie tällöin enemmän aikaa mutta näin ollen on saatu laajempi kuva ja data on myös sovellettavissa muihin malleihin tai samaan operaatioon, kun materiaalit vaihtuvat tai operaation työmenetelmät kehittyvät. Tällöin ei tarvita välttämättä uutta mittausta, vaan yksi mittauksen osa voidaan poistaa tai uuden osan tulos lisätä. Näistä tutkimuksista voidaan antaa myös täysin uusien mallien läpimenoajasta jotain arviota, ennen kuin niitä on edes tehty, kun meillä on tarkkaa ja pieniksi pilkottua tutkimustietoa samankaltaisista työoperaatioista.

Oma henkilökohtainen mielipiteeni on, että mittaus kuuluu sovittua työntutkimuksen lopulliseen tavoitteeseen. Jos tavoite on esimerkiksi saada mahdollisimman tarkkoja läpimenoaikoja ja niiden avulla ennustettavuutta tuotantoon, niin työhön kuluvan ajan ottaminen toiminnanohjausjärjestelmästä varmasti riittää. Jos tavoite on tämän lisäksi myös kehittää työtä ja menetelmiä, on jatkuva ajankäytön tutkimus, tai jotenkin muuten yhtä tarkasti toteutettu mittaus, paras vaihtoehto.

Mittaustavan valinnassa on oleellista huomioida, että kellotus vaatii resursseja huomattavasti enemmän kuin järjestelmiin kerääntyvät tiedot. Niille työoperaatiolle, joissa työmenetelmät ovat vakiintuneita ja joiden työ- ja häiriöajoissa ei ole suurta hajontaa ei ole välttämättä tarpeen suorittaa MES- järjestelmistä saatavien aikojen keskiarvoa tarkempaa tutkimusta. Ainakaan sen ei pitäisi olla työlistalla ennen niitä operaatioita, joissa esimerkiksi esiintyy suurta hajontaa läpimenoajoissa, vaihtelua työmenetelmissä, vakavia laatuongelmia tai normaalityöstä poikkeavia työturvallisuusriskejä.

8 Johtopäätökset

Tuloksista voidaan päätellä, että Teamcenter MPP soveltuu Wärtsilän käyttöön työntutkimuksen kirjauksiin, mutta tulosten todenmukaisuus riippuu tietenkin työntutkimuksen laadusta. Työkaluna Teamcenterin MPP muodostaa selviä etuja Microsoft Exceliin nähden. Työntutkimuksen tulokset ovat kiinteästi yhteydessä prosessien ohjaukseen ja niistä saadaan automaattisesti luotua johtopäätöksiä ja havainnollistavia kaavioita. Kaikki oleellinen informaatio löytyy siis yhdestä työkalusta.

Havainnollistava malli työntutkimuksen tulosten kirjauksesta ja käsittelystä luotiin käytännön osiossa, ja se on sovellettavissa myös muihin työntutkimuksen aikamalleihin. Esimerkkityö toimii kiinteänä osana prosessinhallintaa ja se mahdollistaa epäkohtien havainnoinnin kellottamalla saaduista mittauksista, sekä muistakin kirjatuista tuloksista.

Microsoft Excelin hyviä puolia on vapaus muokata taulukkojen esitystapoja ja mahdollisuus tehdä lisäsarakeita ja kaavioita. Myös käytännön työntutkimuksessa tulosten lomakemainen kirjaaminen ja niiden lukeminen sähköisestä järjestelmästä on helpompi toteuttaa Excelissä, johon ne voidaan asettaa kuin fyysisessä kirjauslomakkeessa. Teamcenterissä time työkalu luo automaattisesti grafiikkaa työn luokitteluun liittyen. MS Excelissä tämä grafiikka on itse luotava, mutta samalla on vapaus luoda juuri niitä muuttujia korostava grafiikka kuin itse haluaa.

Teemahaastattelun perusteella haastateltavat antoivat yhteneviä positiivisia havaintoja Teamcenterin tulosten jaettavuudesta ja päivitettävyydestä ja samasta alustasta prosessinohjauksen, sekä kaiken muun oleellisen datan kanssa. Ympäristössä toimimista tai tulosten luontia ei mielletty erityisen haastavaksi, vaikkakin sen todettiin uusien käyttäjien kohdalla vaativan koulutusta. Negatiiviseksi puoleksi havaittiin ympäristön jäykkyys verrattuna Microsoft Exceliin. Haastattelujen perusteella itse malli havaittiin käyttökelpoiseksi työkaluksi tulevaisuudessa myös keskenään hyvin eri lailla hankittujen tulosten kirjaamiseen.

Työnmittauksen toteuttamistavalle on olemassa useampi eri vaihtoehto niin haastattelujen kuin teoriankin perusteella. Jatkuvan ajankäytöntutkimukset, joita on jo aikaisemminkin toteutettu, luovat kattavan kuvan prosessista ja antavat paljon dataa eri aikalajeihin liittyen. Jatkuvan ajankäytöntutkimukset mahdollistavat prosessin tarkan jaottelun jalostamattomiin ja jalostaviin työvaiheisiin, sekä tarvittaessa luovat pohjan luoda oman standardiaikajärjestelmän tekemiseen, jota voidaan hyödyntää tulevien moottorimallien läpimenoaikojen arvioinnissa. Jatkuvan ajankäytöntutkimus, kuten muutkin kellolla tehtävät tutkimukset, kuluttavat kuitenkin huomattavan paljon resursseja. Mittaavan henkilön koko työpanos pitää käytännössä olla itse mittauksessa.

Wärtsilän tuotteet ovat läpimenoajoiltaan suhteellisen pitkäkestoisia, joten sekunti, saati yksittäisten liikkeiden tasolla tehtäviä mittauksia varten on työ jaoteltava kokonaisuutta ajatellen jopa suhteettoman pieniin osiin. Koska tuotteet ovat myös luonteeltaan vahvasti projektikohtaisia ja asiakkaan tarpeiden mukaan räätälöityjä, on MTM tyyppisellä tavalla toteutettu mittaus hyvin haastava tapa toteuttaa työntutkimusta. Korkeintaan se voisi sopia lyhytkestoisten ja samanlaisella kokoonpanoprosessilla ja usein toistuvalla tuoterakenteella tehtyjen alikokoonpanojen mittaukseen.

Toiminnanohjausjärjestelmistä (Dot Connector) saatavat ylös kirjattavat eri prosessien ja operaatioiden vaiheajat, sekä erilaisten häiriöiden ratkaisuun kuluvat ajat, ovat myös tehokas tapa mitata työhön kuluvia aikoja. Tällä tavoin kuitenkin saadaan vain yhdenlaista dataa, eikä mittauksista suorittava taho pääse arvioimaan esimerkiksi työn joutuisuuskerrointa tai kyseessä olevan mittauskerran prosessin toteutusta tai menetelmiä. Myös arviointia voidaan pitää yhtenä tapana saada työlle edes jonkinlainen läpimenoaika lyhyellä aikavälillä ja pienin resurssein. Kun työ on pilkottu tarpeeksi pieniin erillisiin osiin, jota arvioidaan, on tämäkin tapa tuottanut hyvin lähelle todellisuutta olevia tuloksia.

Tehokas tapa on varmasti käyttää eri prosesseihin kriittisyyden ja ongelmallisuuden pohjalta kaikkia edellä mainittuja tapoja. Vaativat ja hyvin suurta hajontaa vaihe aikoihin aiheuttavat operaatiot olisi varmasti hyvä mitata mahdollisimman tarkasti, että saadaan kehitettyä ja standardisoitua menetelmät ja läpimenoajat. Jo valmiiksi standardimaisissa operaatioissa, joissa ei ole suurta vaihtelua operaation läpimenoajassa, häiriöissä tai menetelmissä, mallista riippumatta, voitaisiin säästää työtä mittaavia resursseja ja mitata vähemmän resursseja kuluttavalla tavalla. Tai vähintään siirtää nämä operaatiot aikaa vievillä menetelmillä tehtävien mittausten loppupäähän.

Tutkimuksen johtopäätöksenä on siis todettu, että Teamcenterin MPP työkalulla on mahdollista toteuttaa työntutkimusta Wärtsilä Finland Oy:n tarpeisiin. Seuraava askel olisi luoda Wärtsilän sisäisesti työnmittauksen perusteella kattavat standardiajat tai toteuttaa työntutkimusta muuten tämän ympäristön koko potentiaalia hyväksikäyttäen. Mahdolliset jatkotutkimusaiheet voisivat keskittyä havainneaikojen tai muiden työaikamittausten kirjauksen helpottamiseen. Tähän liittyen myös tekoälyn hyväksikäyttö suurten datamäärien analysoinnissa, voisi olla hyvä tutkia.

Lähteet

Anil, M., Anoop, D. & Aashi, M. (2017). *Fundamentals of work measurement, What Every Engineer Should Know*. CRC Press. ISBN: 978-1-4987-4582-6. Noudettu 18.11.2021 osoitteesta <https://books.google.fi/books?id=uW4NDgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>

Ahokas, P., Tiihonen, J. Neuvonen, J. & Suikki, M. (2011). *Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita*. Teknologiateollisuus ry. ISBN ekirja: 978-952-238-088-3 (pdf).

Aston, B. (2022, 4. Tammikuuta) *10 Best Product Lifecycle Management (PLM) Software In 2022*. The Product Manager. Nuodettu 25.7.2022 osoitteesta <https://theproductmanager.com/tools/plm-software/>

Bicheno, J. & Holweg, M. (2009) *The Lean Toolbox: The Essential Guide To Lean Transformation*. PICSIE Books. Buckingham. ISBN: 978-0-9541244-5-8.

Bradley, J.R. (2012). *Improving Business Performance With Lean*. Business Express Press. New York. ISBN: 978-1-60649-264-2.

Delmar, K.W. & Franklin B.H. (1987). *Engineered Work Measurement*. Industrial Press Inc. New York. Noudettu 18.11.2021 osoitteesta <https://books.google.fi/books?id=K-JSTQ0tkkkC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Engineering USA. (2022). *Siemens Teamcenter For Manufacturing*. Noudettu 27.7.2022 osoitteesta <https://www.engusa.com/en/product/siemens-teamcenter-manufacturing>

George, M.L., Rowlands, D., Price, M. & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Tool-Book*. McGraw-Hill. New York. ISBN: 0-07-144119-0.

Haverila, M., Uus-Rauva, E., Kouri, I. & Miettinen, A. (2006). *Teollisuustalous*. Infacts Oy. Kuudes Painos. Helsinki. ISBN: 978-951-96765-6-2.

Harrington, J.H. (1991). *Business process improvement: the breakthrough strategy for total quality, productivity and competitiveness*. McGraw-Hill. New York. ISBN: 0-07-026768-5

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2008). *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki. ISBN: 978-952-495-073-2

Institute of Management Services (2022) *Work Measurement*. Institute of Management Services. Noudettu 21.7.2022 osoitteesta <https://www.ims-productivity.com/page.cfm/content/Work-Measurement/>

Limble CMMS. (2021, 16. heinäkuuta). *How To Conduct A Time Study On A Plant Floor*. Limble CMMS. Noudettu 19.7.2022 osoitteesta <https://limblecmms.com/blog/how-to-do-a-time-study/>

MTM Association. (2022). *TICON – The Standard Software For Industrial Engineering*. MTM Association e. V. Noudettu 27.7.2022 osoitteesta <https://mtm.org/en/software/software>

Mynott, C. (2012). *Lean Product development. A Manager's guide*. The Institution of Engineering and Technology. Lontoo. ISBN: 978-1-84919-671-0

Saaksvuori, A. & Immonen, A. (2010). *Product Lifecycle Management*. Springer. Berliini. ISBN: 978-3-642-09684-6.

- SAP. (2022). *What is product lifecycle management(PLM)?*. SAP Insights. Noudettu 25.7.2022 osoitteesta <https://www.sap.com/insights/what-is-product-lifecycle-management.html>
- Shingo, S. (1989) *A Study of the Toyota Production System*. Productivity Press. Portland. ISBN: 0-915299-17-8.
- Siemens. (2022). *Teamcenter*. Noudettu 27.7.2022 osoitteesta <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/teamcenter/>
- Siemens. (2019). *Siemens documentation: Teamcenter 12.3 Help*. Siemens Documentation center [Rajattu pääsy]. Noudettu 18.11.2021 osoitteesta <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/support/docs.html>
- Wärtsilä. (2021). *Tämä on Wärtsilä*. Noudettu 18.11.2021 osoitteesta <https://www.wartsila.com/fi/wartsila>
- Wärtsilä. (2022a). *Wärtsilä Suomessa*. Noudettu 24.3.2022 osoitteesta <https://www.wartsila.com/fin>
- Wärtsilä. (2022b). *Wärtsilän liiketoiminnat lyhyesti*. Noudettu 24.3.2022 osoitteesta <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/liiketoiminnat-lyhyesti>
- Wärtsilä. (2022c). *Engines and generating sets*. Noudettu 11.9.2022 osoitteesta <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets>
- Wärtsilä. (2022d). *Wärtsilä 31*. Noudettu 11.9. 2022 osoitteesta <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-31>

Wärtsilä. (2022e). *The History of Wärtsilä*. Noudettu 19.9.2022 osoitteesta <https://www.wartsila.com/about/history>

Yle. (2022a). *Wärtsilän uusi teknologiakeskus vihitään käyttöön Vaasassa – Sustainable Technology Hubissa yhdistyy tutkimus, yhteistyö, tuotekehitys ja tuotanto*. Yleisradio Oyj. Noudettu 2.8.2022 osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-12470380>

Yle. (2022b). *Wärtsilä aikoo ajaa alas tehtaansa Italiassa ja keskittää tuotantoa Vaasaan – työllisyysvaikutukset vielä auki*. Yleisradio Oyj. Noudettu 2.8.2022. osoitteesta <https://yle.fi/uutiset/3-12536232>

Liitteet

Liite 1.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Pystyykö Teamcenter ympäristöä käyttää Wärtsilän työntutkimuksessa?
2. Miten työntutkimus olisi käytännössä toteutettavissa?
3. Mitkä ovat hyvät ja huonot puolet aiemmin käytettyyn Microsoft Exceliin?

Näistä johdetut haastattelukysymykset:

- 1.1 Näyttikö esimerkkityö asialliselta työnmittaukselta?
- 1.2 Oliko tulokset selkeästi havainnollistettu?
- 1.3 Tuliko heti mieleen jotain kehitettävää itse ympäristössä? (3.1) Jotain, joka olisi valmiiksi Excelissä?
- 1.4 Koetko että tämän kaltaisista tuloksista voisi olla hyötyä sinun työssäsi tai jonkun muun työssä?
- 1.5 Herääkö jotain muita ajatuksia Teamcenteristä ja Työnmittauksesta/tutkimuksesta?
 - 2.1 Koetko että tällainen työaikamittaus voisi olla laajemmin (muihin moottorimalleihin) toteutettavissa nykyresurssein? Jos ei niin riippuuko se Teamcenteristä vai vain työnmittauksen haastavuudesta?
 - 2.2 Koetko että myös pelkkä vaihe/läpimenoaikojen kirjaus olisi hyödyllistä Teamcenteriin työssä kuvatulla tavalla?
 - 2.3 Pitäisikö työnmittauksen olla mielestäsi toisen kaltainen? Esimerkiksi MOST tyyppinen vai juuri enemmänkin tällainen mitattuihin havainneaikoihin perustuva standardiaikajärjestelmä?
 - 2.4 Tuliko mieleen jotain kehitettävää itse työssä tai sen rakenteessa?
- 3.2. Koetko että tulosten keräämisestä juuri Teamcenteriin olisi jotain merkittävää etua MS Exceliin verrattuna?

3.3. Onko jotain selkeitä ominaisuuksia mitä Teamcenterissä ei ole, mutta Excelissä on, mistä on hyötyä tämän kaltaisessa tulosten kirjauksessa ja analysoinnissa? Entä toisinpäin?

3.4. Tuleeko jotain muuta mieleen, kun verrataan Teamcenteriä ja MS Exceliä?

Liite 2. (Salattu)