



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mika Peltoniemi

TYÖAIKOJEN MÄÄRITTÄMINEN UUDEN
TUOTTEEN KOKOONPANOPROSESSIN
SUUNNITTELUSSA

Wärtsilä Finland Oyj

Tekniikka

2022

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mika Peltoniemi
Opinnäytetyön nimi	Työaikojen määrittäminen uuden tuotteen kokoonpanoaikojen suunnittelussa
Vuosi	2022
Kieli	suomi
Sivumäärä	41
Ohjaaja	Petri Saari, Markus Välimäki

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Wärtsilä Finland Oyj. Opinnäytetyön aiheena on työaikojen määrittäminen kokoonpanoprosessin suunnittelussa. Työn tarkoitus on tutkia, miten tarkasti työaikoja voidaan analysoida ja arvioida prosessitasolla, sekä vertailla aikoja tuotteen lopullisen valmistusajan kanssa. Miten tarkasti kokemuksen perusteella on mahdollista arvioida tuotannon valmistusaikoja.

Analysoitu aika halutaan liittää prosessiin Manufacturing Process Plannerilla (MPP) ennen tuotannon aloitusta ja tuotannon lopetusajalle on määritettävä jokin paikka, minne tiedot tallennetaan vertailua varten. Työssä käytettäviä ohjelmistoja ovat Excel-pohjainen MOST-työnmääritysjärjestelmä, Teamcenter, MES ja M-Files.

Analysoimalla MOST-työnmääritysjärjestelmän avulla voidaan määrittää asennukseen kuuluva aika muutaman minuutin tarkkuudella. Työhön kuluva aikaa on aikaisemmin analysoitu prosessitasolla MOST-työnmääritysjärjestelmällä. MES-järjestelmä on aikaisemmin kerännyt tietoa avatuista ja suljetuista aktiviteeteista. Uuden MES-järjestelmän avulla valmistusaikoja voidaan mitata tarkemmin kehittyneempien toimintojen avulla. Näin pystytään pitkällä aikavälillä selvittämään tuotannon pullonkaulat ja kehittämään niitä. Tuotannon valmistusaikojen ohjaaminen vertailua varten, sekä poikkeamien vaikutukset läpimenoaikaan vaativat lisää tutkimista.

ABSTRACT

Author	Mika Peltoniemi
Title	Determining of Working Times in Planning of a New Product Configuration Process.
Year	2022
Language	Finnish
Pages	41
Name of Supervisor	Petri Saari, Markus Välimäki

The thesis was commissioned by Wärtsilä Finland Oyj. The topic of the thesis is the determining of working hours in the planning of the assembly process. The purpose of the work was to examine how accurately working hours can be analysed and evaluated at the process level and to compare times with the final manufacturing time of the product. The aim was also to see how accurately experience makes it possible to estimate the manufacturing times of production.

There is a need to allocate the analyzed time to the process using the Manufacturing Process Planner (MPP) before the production starts and specify a location for the end of production time where the data will be stored for comparison. The software used for the job includes the Excel-based MOST job definition system, Teamcenter, MES, and M-Files.

By analyzing, the MOST job definition system could be used to determine the installation time with an accuracy of few minutes. The time spent on the work was analyzed at the process level with the MOST job definition system. The MES system has previously collected information on opened and closed activities. With the new MES system, manufacturing times can be measured more accurately with the help of more advanced functions. This will enable the identification and elimination of production bottlenecks in the long term. The control of production times for comparison, as well as the effects of deviations on lead time, require further investigation.

Keywords Working time, assembly process, planning, and definition

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	WÄRTSILÄ OYJ.....	9
	2.1 Wärtsilä Energy Business	10
	2.2 Wärtsilä Marine Business	11
3	TUTKIMUSTEORIAA	12
	3.1 Teamcenter Manufacturing Process Planner	12
	3.2 AVIX.....	13
	3.3 Työn tutkimus	14
	3.4 MOST-Työnmäärittäjäjärjestelmä	16
4	TUTKIMUSOSUUS	18
	4.1 PowerPack.....	18
	4.1.1 Mittasuhteet	19
	4.1.2 Valmistusprosessi.....	19
	4.1.3 Kokoonpano	20
5	ASENNUSAIKOJEN MÄÄRITTÄMINEN PROSESSEILLE	21
	5.1 MOST analysointi	21
	5.2 Tietojen kirjaaminen	21
	5.2.1 Tietojen kirjaamisen nopeuttaminen.....	22
	5.3 Asiantuntijoiden aika-arviot.....	23
	5.4 Asiantuntija-arvioita PERT - ja kolmiojakaumilla	25
	5.5 Asentajien aika-arvio PERT - ja kolmiojakaumilla	26
	5.6 Asennusaika käytännössä	28
6	TEAMCENTER.....	31
	6.1 Time-toiminto	32
	6.1.1 Ticon	33
	6.2 Tiedonsiirto	33

7	TULOKSET	35
7.1	Kehitysehdotukset	35
7.2	Työajan määrittäminen uuden tuotteen kokoonpanoprosessista.....	35
7.3	MOST-analysointi uuden tuotteen aikoja määritettäessä.....	35
7.4	Aika-arviot uudella tuotteella	36
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTUTKIMUKSIA VARTEN	37
8.1	Analysointi tavan valinta.....	37
8.1.1	Nopein tapa arvioida aikoja	37
8.2	MES-järjestelmän käyttö.....	38
8.3	Jatkokehitys ideoita	38
8.4	Loppusanat.....	39
	LÄHTEET	40

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Wärtsilän Smart Technology Hub ja logistiikkakeskus.....	10
Kuva 2. W31 moottoreita.	11
Kuva 3. Manufacturing Process Plannerilla tehty prosessi.....	12
Kuva 4. Näkymä AVIX-ohjelmasta.....	13
Kuva 5. Suorituskyvyn mittaus.....	15
Kuva 6. Työn sujuvuuden mittaustason määrittely.....	16
Kuva 7. Maxi-MOST laskentaa.	17
Kuva 8. Maxi-MOST-arvotaulukko.	17
Kuva 9. Powerpack-animaatio.	18
Kuva 10. Havainnollistava prosessikaavio.	19
Kuva 11. Vaasassa sijaitseva tuotetehdas (DCV).	20
Kuva 12. Cognex DataMan.....	22
Kuva 13. DataMatrix-koodi lisätietoineen.....	22
Kuva 14. Asiantuntijoilla arvioitujen aikojen vertailua.....	24
Kuva 15. MOST-analysointia kuvaava tummempi pylväs.....	25
Kuva 16. Aikavertailua.	28
Kuva 17. MES-järjestelmän toimintoja.	29
Kuva 18. Prosessikohtainen ajan määrittely.....	32
Kuva 19. Havainnollistava kuva TiCon-integroinnista.	34

LYHENTEET JA MÄÄRITELMÄT

STH	Smart Technology Hub
DFM	Design for manufacturability
3D	Three dimensional
MES	Manufakturing Execution System
MPP	Manufacturing Process Planner
MTC	Manufacturing technology Center
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
MT	Methods time
MTM	Methods Time Measurement
PLM	Product Lifecycle Management
PPS	Performance Pyramid System
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
DCV	Delivery Centre Vaasa
UII	Unique Item Identifier

1 JOHDANTO

Toimintatapojen tutkiminen ja kehittäminen uusilla tuotteilla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja vertailla miten nykyistä arviointi menetelmää voidaan käyttää luotettavasti uuden tuotteen kokoonpanoprosessin suunnittelussa. Työssä tutkitaan, miten valmistusaikojen määrittäminen onnistuu prosessirakenteen perusteella, sekä arvioidaan prosessin kestoaikaa ja suoritetaan vertailua. Aikaisemmin tuotteen valmistusaikaa on analysoitu MOST-mittatietojärjestelmällä 3D-mallin ja tuoterakenteen avulla.

Työn tilaajan toivomuksesta tutkittiin valmistusaikojen linkitystä Teamcenteriin prosessin suunnitteluvaiheessa ja arvioitiin asennusaikoja ammattilaisilla ennen tuotantoa, sekä tarkasteltiin, miten laatujärjestelmästä saadaan valmistusaikoja ja pystytään vertaamaan niitä Teamcenterissä analysoitujen valmistusaikojen kanssa.

Työssä tarkastellaan TeamCenteriin Manufacturing Process Plannerilla luodun prosessin operaatiokohtaista ajan lisäämistä integroidun Time toiminnon avulla, sekä tutkitaan, miten MES-järjestelmän aktiviteetin kautta saadun valmistusajan linkittäminen prosessiin onnistuu. Uusi MES-järjestelmä tuo mahdollisuuksia toimintojen kehittämiseen ja prosessien optimoimiseen uusilla tuotteilla ennen sarjatuotantovaihetta.

2 WÄRTSILÄ OYJ

Wärtsilä on vuonna 1834 perustettu suomalainen yritys, joka on listattu Helsingin Pörssissä. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Wärtsilä Finland Oy on Wärtsilän suurin tytäryhtiö. Yhtiö työllistää Suomessa noin 3 700 ammattilaista ja maailmanlaajuisesti 17 500 työntekijää yli 70 maassa¹.

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava innovatiivisen teknologian ja elinkaariratkaisujen toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Yhtiö panostaa kestävä teknologian ja palveluiden innovaatioihin auttaaksemme asiakkaitamme huomioimaan ympäristön ja parantamaan taloudellista suorituskykyään. Vuonna 2020 Wärtsilän liikevaihto oli 4,6 miljardia euroa. Wärtsilän osakkeet on listattu Nasdaq Helsingissä².

Vaasaan Vaskiluotoon on valmistunut uusi Smart Technology Hub innovaatio- ja tuotantokeskus (Kuva 1.)³. Smart Technology Hub (STH) on tulevaisuuden tähtäävä askel Wärtsilän älykkään merenkulun ja älykkään energia-alan visioissa⁴.

¹ Wärtsilä 2022 a.

² Wärtsilä 2022 b.

³ Wärtsilä 2022 c.

⁴ Wärtsilä 2022 d.



Kuva 1. Wärtsilän Smart Technology Hub ja logistiikkakeskus.

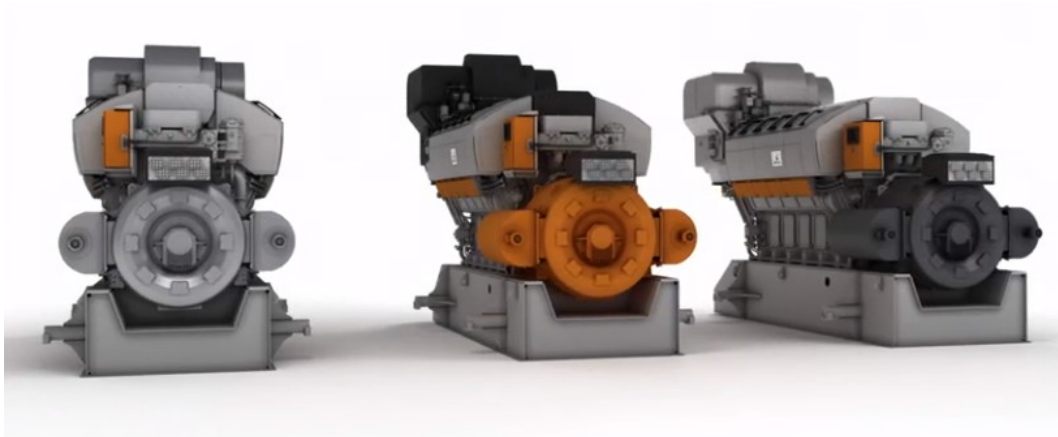
2.1 Wärtsilä Energy Business

Wärtsilä Energy johtaa muutosta kohti tulevaisuutta, jossa sähkö tuotetaan sataprosenttisesti uusiutuvalla energialla. Wärtsilä auttaa asiakkaita irtautumaan hiilenkäytöstä kehittämällä markkinoiden johtavia teknologioita. Näitä ovat nykyisillä ja tulevaisuuden polttoaineilla toimivat sähköjärjestelmää tasapainottavat voimalaitokset, hybridiratkaisut sekä energian varastointi- ja optimointiteknologia, mukaan lukien GEMS-energianhallintajärjestelmä. Wärtsilä Energyn elinkaaripalvelut tukevat laitosten tehokkuutta, luotettavuutta ja suorituskykyä. Wärtsilä on toimittanut 74 GW voimalaitoskapasiteettia ja yli 80 energian varastointijärjestelmää yhteensä 180 maahan⁵.

⁵ Wärtsilä 2022 e.

2.2 Wärtsilä Marine Business

Wärtsilä Marine Power johtaa meriteollisuutta kohti hiilineutraalia ja kestäväää tulevaisuutta. Kattava valikoima moottoreita (Kuva 2.)⁶, propulsiojärjestelmiä, hybriditeknologioita ja integroituja voimansiirtojärjestelmiä tarjoaa sellaista tehokkuutta, luotettavuutta, turvallisuutta ja ympäristömyötäisyyttä, jota asiakkaamme edellyttävät. Tarjoamme asiakkaillemme suorituskykyyn perustuvia sopimuksia, elinkaariratkaisuja ja yliveraisen maailmanlaajuisen merenkulkualan asiantuntijaverkoston⁷.



Kuva 2. W31 moottoreita.

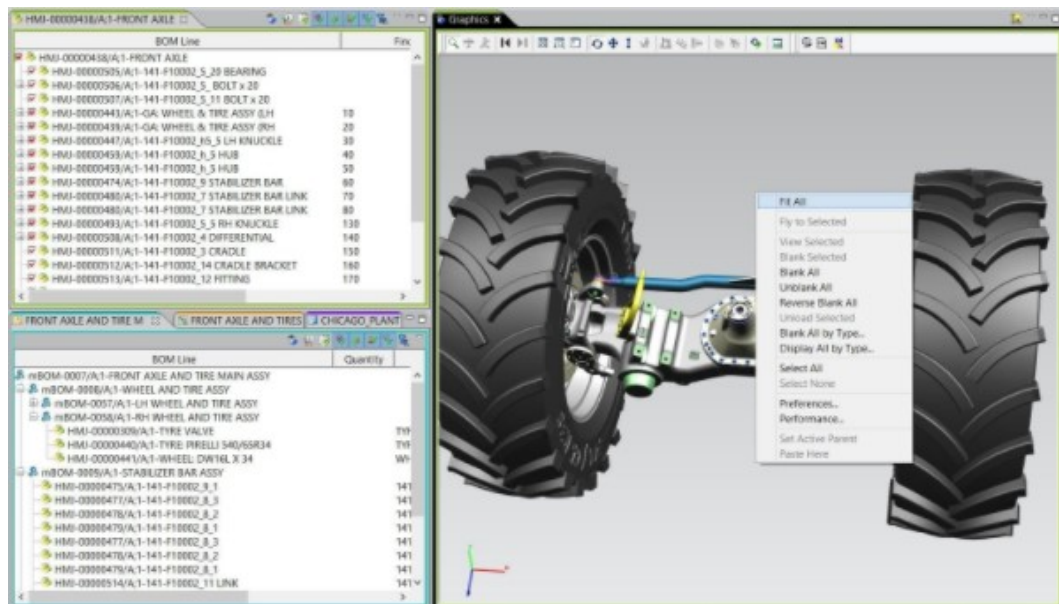
⁶ Tietoa.fi. 2022.

⁷ Wärtsilä 2022 f.

3 TUTKIMUSTEORIAA

3.1 Teamcenter Manufacturing Process Planner

Manufacturing Process Planneria käytetään kokoonpanon valmistusprosessien suunnitteluun (kuva 3.)⁸. Prosessin luominen aloitetaan tekemällä ylätaso, jossa on koko prosessi ja sen alapuolelle muodostetaan pienempiä aktiviteetteja ja operaatioita. Operaatiotasolle luodaan prosessiaktiviteetit, johon voidaan eritellä tarvittaessa työssä käytettävät nostoapuvälineet ja työohjeet. Tavallisesti prosessisuunnittelua ja ajoitusta on pidetty eri tehtävinä, vaikka ne on mahdollista integroida toisiinsa ja tutkia tuottavuutta, sekä suorituskykyä⁹.



Kuva 3. Manufacturing Process Plannerilla tehty prosessi.

⁸ Engusa. Siemens Teamcenter manufacturing. 2022.

⁹ [Sciencedirect](#). Article. 2022.

3.2 AVIX

AVIX on ohjelmisto työmenetelmien kehittämiseen. AVIX havainnollistaa manuaalisesti tehtävän työn vaiheet ja ohjelmaa on helppo käyttää (Kuva 4.)¹⁰. Toimiakseen AVIX tarvitsee videoidun työsuorituksen, jonka avulla työ voidaan näyttää kokonaan tai jos työvaihe on kriittinen, voidaan työ pilkkoa pienempiin vaiheisiin¹¹. Ohjelma soveltuu opetuskäyttöön uusille työntekijöille ja vaikeiden työvaiheiden opetteluun, jotka toistuvat harvoin tai vaativat erityistä tarkkuutta.

The screenshot displays the AVIX software interface. The main window is titled 'Task' and shows a video of a worker performing a task. The video is titled 'Visualisation' and shows a person using a tool to mount a sensor on a casing. The video player has a progress bar and a play button. Below the video is a 'Method Tree' showing a hierarchy of tasks: Industrial Metals Inc. > Assembly line 1 > Station 01 > [01-01] Mount temp. sensor on casing. The 'Task' panel on the right shows the task name 'Mount temp. sensor on casing', number '01-01', time '28.6 s', and frequency '100.0%'. It also shows a 'Film sequence' with 'Assembly Industrial Metals station 1' and a 'Used parts' table. The 'Method Result' panel shows a pie chart and a table of results for the task '[01-01] Mount temp. sensor on casing':

Category	Time (s)	Percentage
Loss:	6.4 s	22%
Wait:	0.0 s	0%
Required:	17.8 s	62%
Non-value-adding:	24.2 s	84%
Value-adding:	4.5 s	16%
Total time:	28.6 s	
of which bad ergonomics:	0.7 s	2%

Kuva 4. Näkymä AVIX-ohjelmasta.

¹⁰ Asseco-ceit. Avix. 2022.

¹¹ Promaintlehti. Työmenetelmät. 2022.

3.3 Työn tutkimus

Työntutkimusteoria viittaa kansankielessä perinteisesti tuotannossa tapahtuvaan työajan tutkimiseen. Työn tehokkuutta voidaan mitata erilaisilla mittareilla ja seurantajärjestelmillä (Kuva 5.)¹², joilla saadaan käsitys, miten tehokkaasti yrityksen resursseja käytetään¹³. Mittaustapojen perusteella voi olla vaikeaa päätellä miten tuotannossa olevat asiat etenevät.

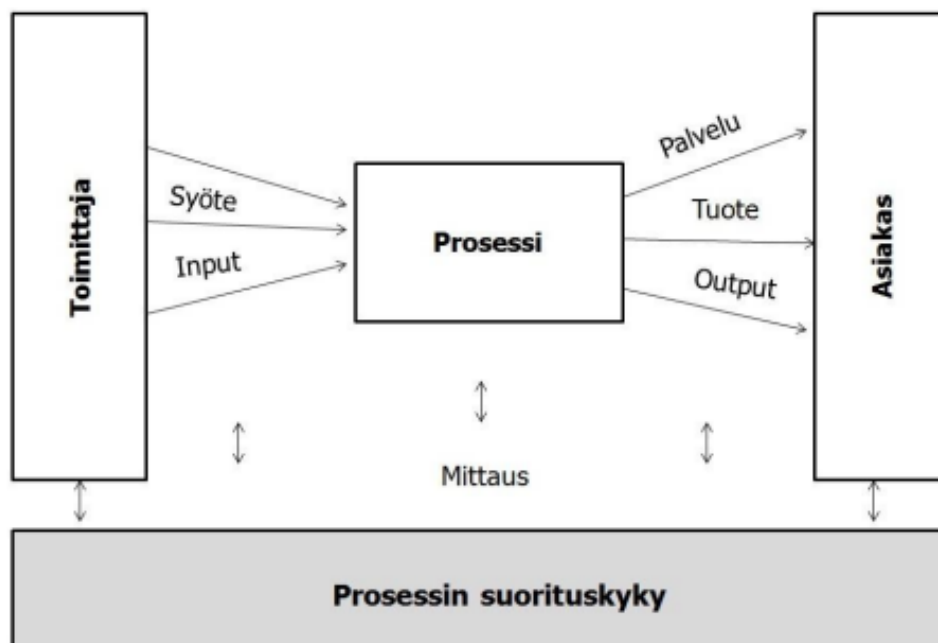
Pelkällä ajan mittaamisella voidaan pitkällä tähtäimellä saada aikaan enemmän haittaa kuin hyötyä¹⁴. Tässä kohtaa turvaudutaan arviointiin. Tapoja ovat mittaaminen, sekä arviointi ja näillä molemmilla tavoilla yritetään seurata prosessien tilaa. Mittaamalla pystytään todentamaan tuotannon sujuvuus ja sitä voidaan käyttää apuna päätöksenteossa¹⁵. Arvioimalla prosessin mahdollinen valmistusaika operaatioiden ja aktiviteettien perusteella saadaan tietoa valmistettavasta kohteesta.

¹² Finna. Record. 2022

¹³ Materiaalit. Jotbar. Työn tehokkuuden mittaus. 2022.

¹⁴ Researchgate. 2022.

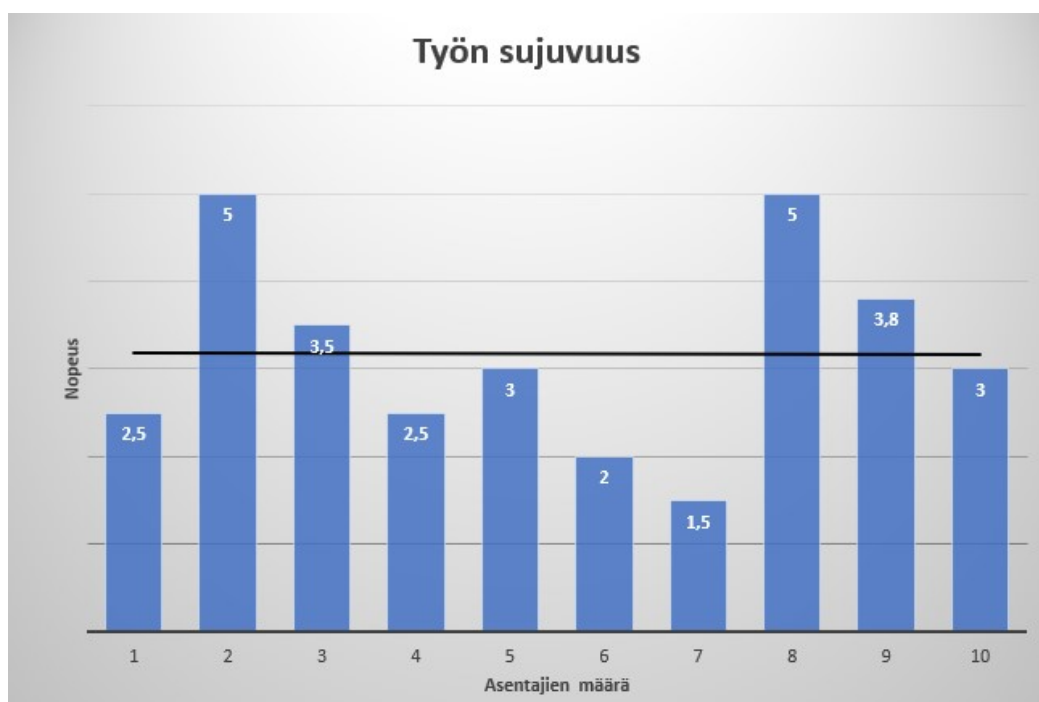
¹⁵ Tritonia. finna. 2022



Kuva 5. Suorituskyvyn mittaus.

Tehokkuuteen vaikuttaa myös optimaalisesti luotu valmistusprosessi, joka on otettu huomioon tuotetta suunniteltaessa. Tuotannon tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi inhimilliset tekijät, konehäiriöt ja materiaaliviat. Kokoonpano- tai asennustyössä saattaa työntekijöiden välillä esiintyä vaihtelevuutta työn sujuvuudessa¹⁶ (Kuva 6.). Ainoastaan robotit pystyvät ylläpitämään 100 % työtehon joka päivä. Näin ollen sopivana mittausnopeutena voidaan pitää näkyvää mustaa viivaa eli 3,3 on taso, jolla tuotannon nopeutta on järkevää mitata (kuva 6.). Taso on määriteltävä realistisesti niin, että siihen on mahdollisuudet päästä.

¹⁶ Materiaalit. Jotbar. 2022



Kuva 6. Työn sujuvuuden mittaustason määrittäminen.

3.4 MOST-Työnmääritysjärjestelmä

MOST (Maynard Operation Sequence Technique) menetelmä on kehitetty Ruotsissa vuonna 1967. Menetelmää voidaan käyttää minkä tahansa työn, tapahtuman tai toiminnan mittaamiseen¹⁷. Järjestelmää käytetään nykyisin tuotannon menetelmien kehitykseen. MOST-työnmääritysjärjestelmällä mitataan liikeaika, joka perustuu MT (MethodsTime) mittaukseen ja tunnetaan nimellä MTM (Methods- time Measurements)¹⁸. MTM-tekniikka on maailmanlaajuinen standardi. Tekniikalla analysoidaan miten paljon aikaa kuluu määriteltyjen prosessien läpiviemiseen¹⁹. Analysoinnin jälkeen ohjelma laskee kaikki arvioidut

¹⁷ Emeraldgrouppublishing. 2022

¹⁸ MTM.org. 2022.

¹⁹ Youtube. 2022.

kohteet yhteen ja lisää määritetyn apuajan kokonaisuikaan (Kuva 7.)²⁰. Ohjelma sisältää erilaisia toimintoja, joiden avulla määrittäminen tapahtuu (Kuva 8.)²¹.

Nosturin haku ja kiertokangen asennus jigiin	A	T	K	T	P	T	A						0
	1	6	3	6	10	6	1						1,98
Kiertokangen laakerin rasvaus	A	B	T										0
	0	1	2										0,18
Asennustason kääntö jigissä	A	B	T										0
	1	1	6										0,48
Nosturin haku ja männän nosto/asennus	A	T	K	T	P	T	A						0
	1	6	3	6	10	6	5						2,22
Männäntapin asennus	A	B	P										0
	1	1	5										0,42
Retaining ring asennus x2	A	B	T										0
	1	3	10										1,68
Männänrenkaan asennus ja voitelu	A	B	P										0
	1	3	6										0,6
Männänrenkaiden kohdistus ja puristusrenkaan asennus	A	B	T										0
	1	3	20										2,88
Männän voitelu	A	B	P										0
	1	3	6										1,8
Nosturin haku/sylinteriholkin nosto/voitelu ja asennus	A	T	K	T	P	T	A						0
	1	8	24	8	16	8	2						4,02

Kuva 7. Maxi-MOST laskentaa.

Maxi-MOST -arvokortti														P -KAPPALEIDEN KÄSITTELY 1(2)				
kappaleiden siirrot vapaasti ilmassa																		
kappaleiden käsittely										kappaleiden käsittely lisätoiminnoin								
ARVO	pien- osat		pienet tai kevyet keskikokoiset osat			keskipai- noiset tai raskaat		raskaat/ suuret/ hankalat	raskaat +	raskaat hankalat	pienet tai kevyet keskisuuret osat		keskipai- noiset tai raskaat		raskaat/ suuret/ hankalat	raskaat +	raskaat hankalat	ARVO
	ottaa/ laittaa pois	kerätä + siirtää	siirtää	aset- taa	sijoittaa	asentaa	sovittaa	kerätä + siirtää	siirtää	aset- taa	sijoittaa	asentaa	sovittaa	liikkeiden lukumäärä	kappaleiden lukumäärä	liikkeiden lkm.	kappaleiden lukumäärä	
1	2	2	3	2	1						1							1
3		8	10	6	3	2	1	6	7	4	2	1						3
6		17			6	4	2	15	16	10	5	3	2					6
10					10	7	4				10	7	3					10
16						12	6						11	6				16

Kuva 8. Maxi-MOST-arvotaulukko.

²⁰ Wärtsilä Oyj sisäinen tietokanta. 2022.

²¹ Theseus. 2022.

4 TUTKIMUSOSUUS

4.1 PowerPack

PowerPack on moottoriin asennettava osakokoonpano (Kuva 9.)²², jonka avulla voidaan nopeuttaa pääkokoonpanon läpimenoaikaa useita tunteja. PowerPack kokoonpannaan osakokoonpanossa, pääkokoonpanon läheisyydessä ja valmiit tuotteet siirretään välivarastoon, josta tavaroiden ja palveluiden toimitusketjun hallintaa hoitava logistiikka tarpeen vaatiessa siirtää materiaalit asennuspaikalle. Ajan säästöllä voidaan kompensoida materiaalikustannuksia. Modulaarisuus on



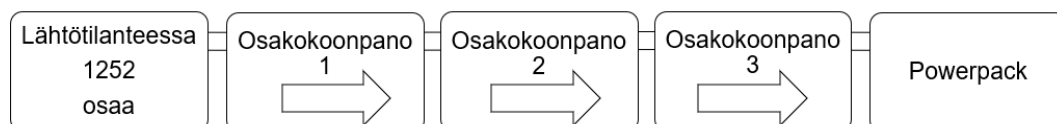
Kuva 9. Powerpack-animaatio.

²² Tietoa.fi. 2022.

otettu huomioon tämän kokonaisuuden valmistuksessa. Wärtsilän tuotteissa PowerPackia on käytetty aikaisemminkin ja nopean asennettavuutensa ansiosta nyt myös uudella tuotteella. Hieman aiempaa moottorin kokoluokkaa pienempi versio on nopeampi kokoonpantava, koska osakokoonpano vaiheessa ei suoriteta lainkaan tiiveystarkastusta. Uudella tuotteella PowerPackin tiiveystarkastus onnistuu vasta moottoriin asennuksen jälkeen osana koko vesipuolen tiiveystarkastusta.

4.1.1 Mittasuhteet

Powerpack koostuu yhteensä 1 252 osasta, joista valmistetaan pienempiä moduuleja ja lopputuloksena on moottoriin asennettava osakokonaisuus. Powerpackissa tarvittavat moduulit kokoonpannaan useassa eri työvaiheessa (Kuva 10.). Pienemmät moduulit 26 kg–450 kg kuljetaan osakokoonpanoon lopullista kokoonpanoa varten. Powerpackin fyysiset mitat ovat 1 147 mm*414 mm*1 509 mm ja painoa on 675kg.



Kuva 10. Havainnollistava prosessikaavio.

4.1.2 Valmistusprosessi

Sarjatuotanto vaiheessa Wärtsilän kiertokankitehtaalla koneistetaan kiertokanget ja kiertokanget alaosat. Joitakin tärkeitä ja kiireellisiä komponentteja valmistaa MTC (Manufacturing Technology Center). Osa komponenteista koneistetaan Wärtsilän omalla tehtaalla (Kuva 11.)²³ ja pääosin valmistus on siirretty alihankintaan. Alihankkijat lähettävät valmistetut komponentit Wärtsilän

²³ Wärtsilä Oyj sisäinen tietokanta. 2022.

vastaanottotarkastukseen hyväksyttäväksi, jonka jälkeen logistiikka hyllyttää ne varastoon.



Kuva 11. Vaasassa sijaitseva tuotetehdas (DCV).

Ennen kuin PowerPack-kokoonpano voi alkaa, osat asennetaan pieniksi moduuleiksi eripuolilla tehdasaluetta, jonka jälkeen ne toimitetaan osakokoonpanoon. Kaikki komponentit eivät tarvitse esikokoonpanoa vaan ne kerätään logistiikan toimesta lavoille ja kuljetetaan PowerPack-osakokoonpanoon.

4.1.3 Kokoonpano

Kokoonpano tapahtuu asennusjigissä, jota voidaan hyödyntää myös muilla moottorityypeillä. Aiemmin käytössä olleeseen jigisiin on integroitu uudet vaihdettavat lisäosat, joiden ansiosta säästetään työkalukustannuksissa ja tuotantovolyymien vaihdellessa, voidaan pienillä muutoksilla käyttää samaa asennusjigiä kahdella eri moottorityypillä. Ratkaisu lisää tuotannon joustavuutta muunneltavuutensa ansiosta ja vähentää odotusaikoja. Asennusjigiä voidaan liikutella työpisteeltä työntämällä bufferiin ja siitä eteenpäin trukilla pääkokoonpanoon. Tulevaisuudessa volyymin kasvaessa osakokoonpanon layout on järkevää rakentaa niin, että osat ovat asennuspisteestä katsottuna optimaalisella etäisyydellä. Näin vältetään turhan apuajan muodostumista ja työ on sujuvaa.

5 ASENNUSAIKOJEN MÄÄRITTÄMINEN PROSESSEILLE

5.1 MOST analysointi

Analysoinnissa käytettiin apuna Manufacturing Process Plannerilla (MPP) tehtyä prosessipohjaa ja moottorin 3D-mallia, sekä kokemusta asennustyöstä. MOST-työnmääritysjärjestelmällä analysoitiin PowerPack-osakokoonpanon kokoonpanoaika. Kokoonpanoaika myös kelloitettiin ja voidaan todeta että kelloitettu aika on 3 minuuttia nopeampi. Kelloitetussa ajassa ei ole mukana apuaikaa, joten aikaa ei voida suoraan käyttää työajan laskemiseen. Voidaan kuitenkin todeta analysoidun ajan olevan suoraan verrannollinen todellisuuden kanssa. Työhön kulunutta aikaa on tarkasteltu tekemiseen kuluvan ajan osalta. Tietojen kirjaamista on tässä osakokoonpanossa niin paljon, ettei MOST-ohjelman tarjoama apuaika kerroin riitä.

Apu aika on myös työaika ja muodostaa kustannuksia, kuten työn tekeminenkin. Apuajat tulee huomioida kokonaismäärässä, ettei analysoidessa tuotantoon kuluvaa aikaa, anneta liian optimistista vaikutelmaa, joka ei ole linjassa lopullisen ajan ja niistä muodostuneiden kustannusten kanssa. Läpäisy aikaan vaikuttaa pääosin odottelu, joka johtuu materiaali puutteista tai laatu ongelmista²⁴.

5.2 Tietojen kirjaaminen

Tietojen kirjaamista on mahdollista nopeuttaa UII-lukulaitteella (Kuva 12.)²⁵, jolla luetaan materiaaleissa oleva koodi (Kuva 13.)²⁶. Näin voidaan vähentää tietojen manuaaliseen kirjaamiseen kuluvaa aikaa. Kaikkiin kohteisiin leimaustekniikka ei

²⁴ Finna.fi. Record. 2022.

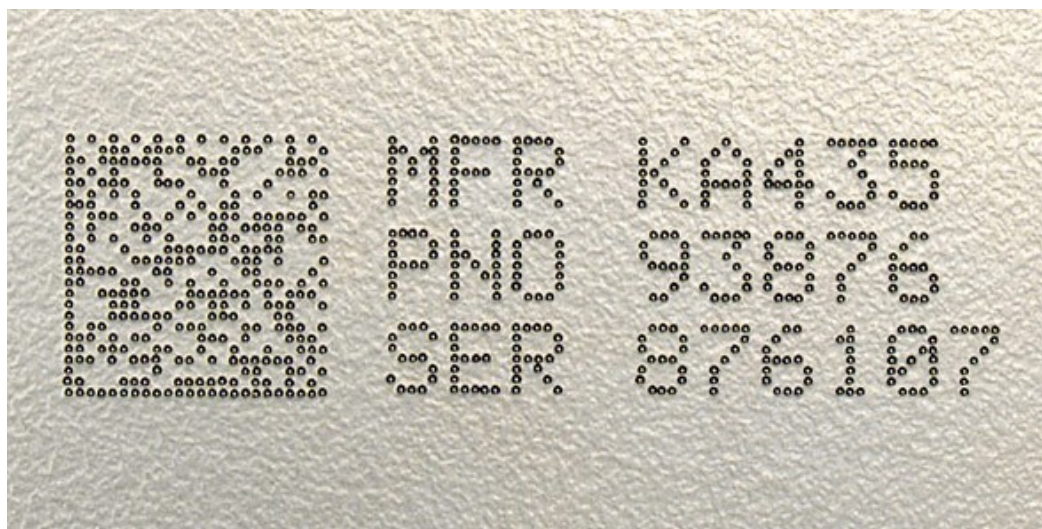
²⁵ Cognex. Barcode. 2022.

²⁶ Dapramarking. 2022.

sovellu materiaalien pintavaatimusten vuoksi ja sen sijaan voidaan käyttää tarraa, joka poistetaan tietojen luvun jälkeen.



Kuva 12. Cognex DataMan.



Kuva 13. DataMatrix-koodi lisätietoineen.

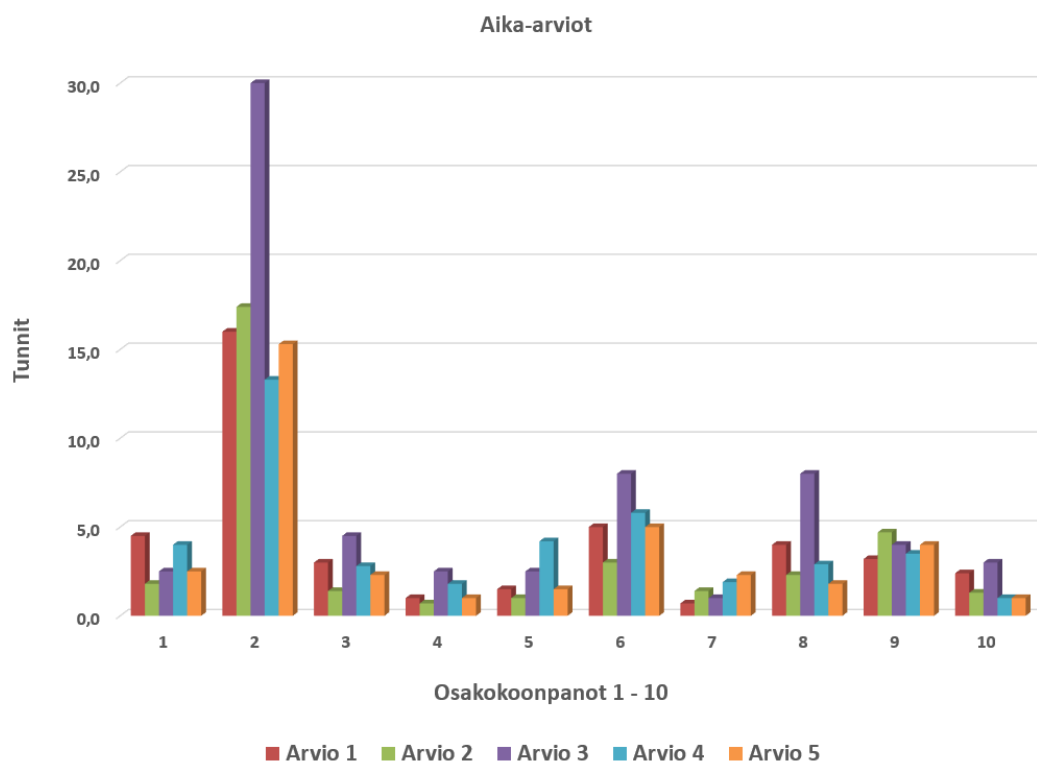
5.2.1 Tietojen kirjaamisen nopeuttaminen

Nykytilanteessa mittatietojärjestelmä vaatii kirjautumisen Data-Matrix koodia luettaessa UI-lukijalla. Pelkkä kirjautuminen järjestelmään ei vielä riitä, vaan on

valittava oikea tietokenttä, minne tiedot halutaan syöttää. Tulevaisuudessa lukulaitteen käytettävyys nopeutuisi huomattavasti laitteen ollessa toimintavalmiina, eikä erillistä kirjautumista laatujärjestelmään tarvita. Aktiviteetin avaaminen MES-järjestelmässä aktivoisi Cognex DataMan -tietojen lukijan ja laatujärjestelmän. Järjestelmä on aktivoitu ja Cognex DataMan pysyy aktiivisena, niin kauan kun aktiviteetti on auki, mikäli tietojen lukemista edellytetään kyseisellä työvaiheella. Tämä toimenpide nopeuttaa UII-koodien lukemista ja vähentää tuotannon apuaikaa huomattavasti kirjaamista vaativissa työvaiheissa. Tuotannon valmisteluun kuluvaa aikaa on kannattavaa pyrkiä vähentämään, koska valmistelu ei ole tuottavaa työtä.

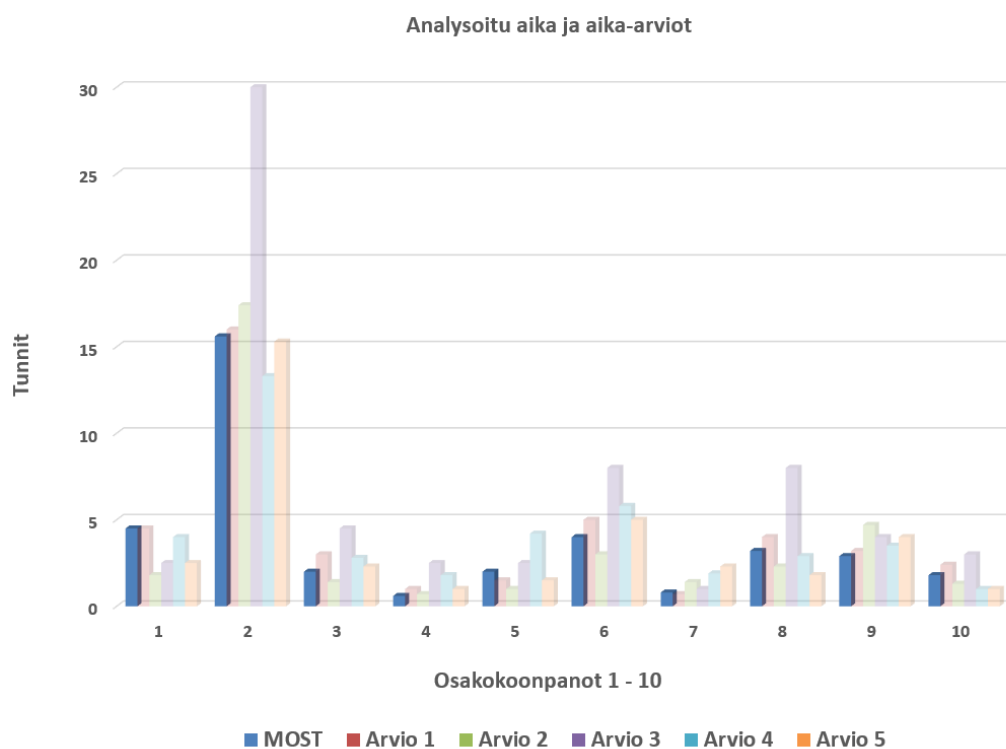
5.3 Asiantuntijoiden aika-arviot

Uuden tuotteen kokoonpanossa osakokoonpanoja on kaikkiaan 15 kappaletta ja 10 otettiin mukaan asiantuntijoiden arvioitavaksi. 5 asiantuntijaa arvioi valmistusajat Manufacturing Process Plannerilla tehdyn prosessin perusteella. Tuotteen ollessa valmis, lopullinen aika saadaan MES-aktiviteetin sulkemisen jälkeen ja voidaan vertailla, miten arvioidut ja MOST-työnmääritysjärjestelmällä analysoidut ajat ovat linjassa todellisuuden kanssa. Tämä edellä mainittu aktiviteetin sulkeminen ja aikavertailu pystytään toteamaan vasta uuden tuotteen valmistumisen jälkeen. Arvioitujen aikojen vertaaminen (Kuva 14.) analysoituihin aikoihin onnistuu ennen tuotannon aloitusta ja osoittaa kannattaako asiantuntijoilla (Arvio 1, Arvio 2, Arvio 3, Arvio 4, Arvio 5) arvioituttaa aikoja tulevaisuudessa uusilla tuotteilla.



Kuva 14. Asiantuntijoilla arvioitujen aikojen vertailua.

Kuvassa 14 on asiantuntijoiden arvioimia aikoja ja voidaan todeta neljän arvion olevan melko lähellä toisiaan. Arvio 3. poikkeaa muista arvioista sen verran paljon, että sitä voidaan pitää pessimistisenä. Optimistista arviota on vaikeampi määrittää pelkän kaavion perusteella ja laskukaavaa varten on valittava arvio 2, joka on ajallisesti pienin. MOST-työnmääritysjärjestelmällä analysoituja aikaa verrattiin asiantuntijoiden tekemään arvioon (Kuva 15.).



Kuva 15. MOST-analysointia kuvaava tummempi pylväs.

5.4 Asiantuntija-arvioita PERT - ja kolmiojakaumilla

Aikojen tarkistamiseen voidaan käyttää laskukaavana kolmen pisteen jakaumaan perustuvaa arviota²⁷. Kohteeksi valikoitui yksi osakokoonpano kymmenestä ja viiden asiantuntijan aika-arviot (Kuva 16.), joista valittiin laskutoimitukseen optimistinen, pessimistinen ja todennäköinen aika. Aika-arvioihin on lisätty apuajat valmiiksi, joten laskennan jälkeen niitä ei tarvitse lisätä lopulliseen tulokseen.

²⁷ Web-s-ebscohost. 2022.

- Kolmikulmainen arvio:

$$\frac{O+ML+P}{3}, \text{ jossa}$$

O = Optimistinen

ML = Todennäköinen (most likely)

P = Pessimistinen.

- $\frac{0.7+1+2.3}{3} = 1.33h$

- Beta-arvio / PERT-arvio:

$$\frac{O+4*ML+P}{6}$$

- $\frac{0.7+4*1+2.3}{6} = 1.17h$

- Keskiahajonta:

$$\frac{P-O}{6}$$

- $\frac{2.3-0.7}{6} = 0.27h$

5.5 Asentajien aika-arvio PERT - ja kolmiojakaumilla

Uusille tuotteille ei ole vielä määritetty tuotannosta tulevia kestoajoja vaan ajat perustuvat aika-arvioihin ja analyysiin. Tuotannossa päivittäin työskentelevät asentajat osaavat vuosien kokemuksella arvioida valmistusajat melko tarkasti. Uusilla tuotteilla voidaan käyttää aikojen arvioinneissa asentajien tietämystä ja ammattitaitoa? Kohderyhmäksi valittiin kokeneita asentajia ja heille kerrottiin tapa, miten kokoonpano suoritetaan ja heidän tehtävänä oli arvioida paljonko tähän kuluu aikaa. Asentajien ja asiantuntijoiden arvioita vertailtiin toisiinsa (Kuva 16).

- Kolmikulmainen arvio:

$$\frac{O+ML+P}{3}, \text{ jossa}$$

O = Optimistinen

ML = Todennäköinen (most likely)

P = Pessimistinen.

- $\frac{1.5+2+3}{3} = 2.16h$

- Beta-arvio / PERT-arvio:

$$\frac{O+4*ML+P}{6}$$

- $\frac{1.5+4*2+3}{6} = 2.08h$

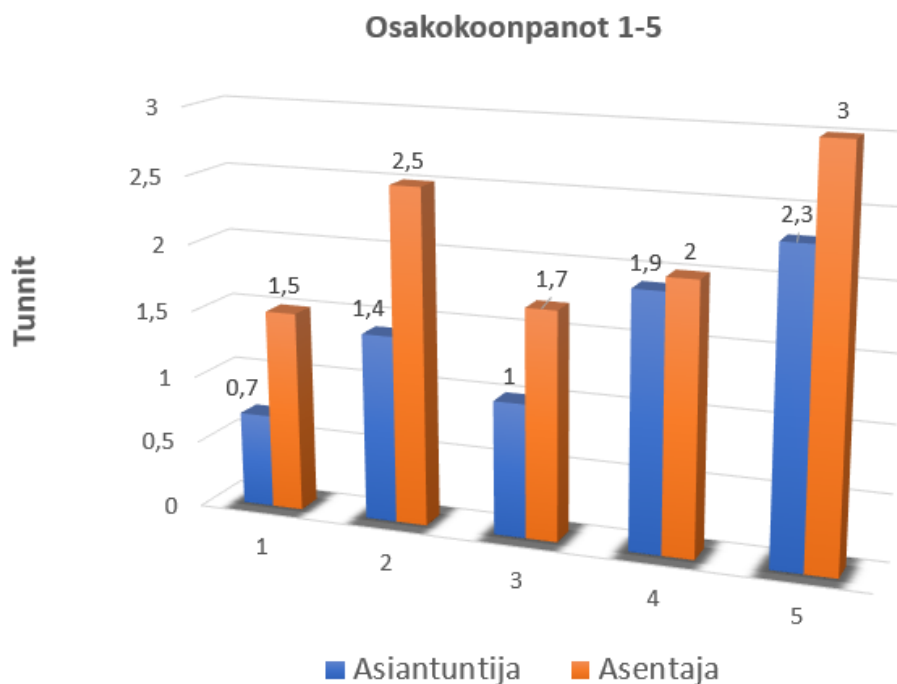
- Keskihajonta:

$$\frac{P-O}{6}$$

- $\frac{3-2}{6} = 0.17h$

Voidaan todeta että:

- Asentajan aika-arviot ovat hieman suurempia.
- Tätä selittää se, että asentajat eivät ole myöskään perehtyneet prosessiin yhtä tarkasti kuin prosessin tekijät.
- Heiltä kuitenkin saadaan tarvittaessa melko luotettavia arvioita uuden tuotteen kokoonpanoaikoja analysoitaessa.



Kuva 16. Aikavertailua.

5.6 Asennusaika käytännössä

MES-järjestelmä (Kuva 17.)²⁸ kommunikoi tuotannon eri toimintojen kanssa, kuten ohjaa materiaalivirtaa ja sen määrää oikea-aikaisesti. Myös laatu järjestelmä on integroitu MES-järjestelmän kanssa. Tuotannon asennusaika saadaan MES-järjestelmän aktiveettien kautta. Ohjelmaan on luotu erillinen taso minne tieto kirjautuu automaattisesti mutta sitä ei ole vielä otettu käyttöön.

²⁸ Google. 2022.



Kuva 17. MES-järjestelmän toimintoja.

Työvaihetta aloitettaessa asentaja painaa aktiviteetin play-painiketta, joka aktivoi järjestelmän sisään rakennetun laskurin ja kuittaa työvaiheen tehdyksi painamalla done painiketta. Aktiviteetille muodostunut aika on pystyttävä totemaan vertailukelpoiseksi ja siihen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- Poikkeavat tilanteet tuotannossa
- Materiaalipuutteet
- Laatuviat.

Näiden takia esimerkiksi kahden asentajan aloittama työ voi muuttua yhden asentajan työksi. Edellä kuvatussa tilanteessa asentaja 2 siirtyy tekemään seuraavaa työvaihetta ja avaa uuden aktiviteetin. Ratkaisuna tähän järjestelmää voidaan kehittää seuraavalla tavalla ja kerätä tarkempaa dataa:

- Järjestelmä tunnistaa käyttäjän toimet paremmin
- Järjestelmä ehdottaa pause-toimintoa
- Järjestelmä osaa erotella poikkeamat valmistusajoista.

Kirjautuessa MES-järjestelmään henkilökohtaisilla käyttäjätunnuksilla, ohjelma tunnistaa käyttäjän avatessa uutta aktiviteettia edellisen ollessa vielä kesken. Ohjelma ehdottaa pause-toimintoa, jolla saadaan aikaisemmin avattu aktiviteetti tauolle asentajan 2 osalta. Ongelmatilanteessa järjestelmään luodaan poikkeama,

joka kertoo tuotannossa olevasta häiriöstä. Pitkällä tähtäimellä järjestelmästä pystytään tunnistamaan ja laskemaan häiriötilanteen vaikutus kokonaisaikaan.

6 TEAMCENTER

TeamCenter tarjoaa mahdollisuuden yhdistää tuotantoprosessissa tarvittavien työvaiheiden valmistamiseen tarvittavan työn eli aikaresurssien määrän. Näitä tietoja yhdistämällä automatiikan avulla saadaan suoraan SAP-toiminnanohjausjärjestelmään yhdellä integraatiolla:

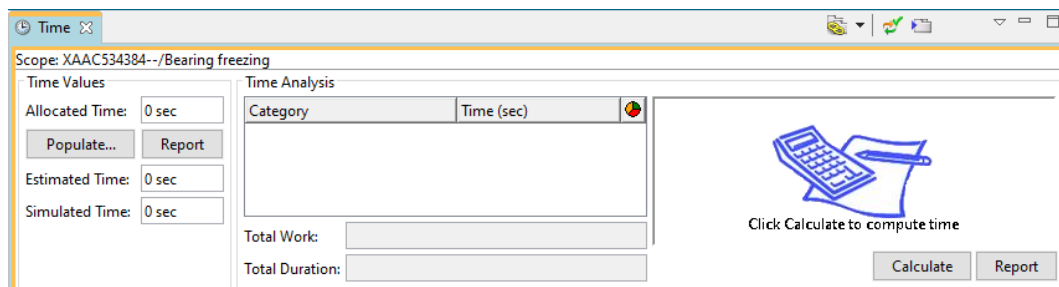
- Työvaiheiden ajoitus
- Tarvittava työaika
- Materiaalit.

Järjestelmä tarjoaa tulevaisuutta ajatellen entistä dynaamisemmin tuotettua työaikatutkimustietoa. Työaikojen jatkuvaan kirjaamiseen TeamCenter ei tarjoa mitään työkaluja vaan ennalta suunnitteluun ja ylläpitoon. TeamCenterissä ei ole tällä hetkellä mitään työaikaseurannan ominaisuutta, jolla pystyttäisiin aktiviteettien sulkemisen jälkeen laskemaan valmistamiseen kuluva aikaa. Työajan kerääminen ja analysointi voidaan hoitaa MES-järjestelmän avulla ja tämän jälkeen tieto siirretään TeamCenteriin. Tulevaisuuden tarpeet toteutuvat helpommin, tosin eri tavalla kuin ennen, kun siirrytään Excel-pohjaisesta aikojen ylläpidosta TeamCenter maailmaan.

Prosessin suunnitteluvaiheessa aika lisätään manuaalisesti prosessiin osakokoonpanon tai pääkokoonpanon eri työvaiheiden rinnalle time toiminnon avulla. Linkitystä tarvitaan myöhemmässä vaiheessa, kun tuotannossa tehty työ on valmis ja MES-aktiviteetti suljetaan. Aktiviteetin sulkemisen jälkeen aika kirjautuu MES-järjestelmässä olevalle välilehdelle, josta ajan halutaan siirtyvän Teamcenteriin ja voidaan suorittaa aikavertailua.

6.1 Time-toiminto

Time-toiminto on mahdollista määrittää jokaiselle aktiviteetille ja operaatiolle prosessin suunnitteluvaiheessa (Kuva 18.)²⁹. TeamCenterissä voidaan valita operaatiot, joille halutaan määrittää arvot. Hyödyt tämänkaltaisessa suunnittelussa aikaisessa vaiheessa on operaatioihin kuluvan ajan tunnistaminen ja niiden kestoajan optimointi tuotantoa varten. Vaihekohtainen optimointi kannattaa, koska tällä tavoin pystytään jakamaan tuotannon kuormitus tasaisesti eri työvaiheiden kesken. Myöhemmässä vaiheessa voidaan tutkia tarkemmin tuotannosta tulleita aikoja.



Kuva 18. Prosessikohtainen ajan määrittely.

Time toiminnon avulla voidaan määrittää prosessin kestoajoja seuraavasti:

- Kohdennetaan operaation kesto aika
- Arvioidaan operaation kesto aika
- Asetetaan simuloitu kesto aika.

Arvojen määrittämisen jälkeen painetaan Calculate ja ohjelma laskee kokonaistyöajan ja kokonaiskestoajan.

²⁹ Wärtsilä Oyj sisäinen tietokanta. 2022.

6.1.1 Ticon

Ticon on ajanhallinta ohjelma, jonne voidaan määrittää ajat perustuen standardidatankortteihin. Ticon sallii prosessin tekijöiden arvioida prosessin valmistusaikoja ja työkustannuksia, sekä hallinnoida valmistuksen työkulkua. Ticon integrointi TeamCenterin kanssa mahdollistaa optimoidun työtehokkuuden. Ticon toimintoon pääsee helposti käsiksi Teamcenterissä ja siellä voidaan synkronoida aktiviteettien ajat ja mikäli materiaalien kappalemääriin tulee muutoksia prosessissa, voidaan ticon helposti päivittää ajantasalle³⁰. Time toiminnon käyttöä on mahdollista harjoitella QADC-harjoitusympäristön avulla mutta sen käyttö vaatii lisenssin Siemensiltä.

6.2 Tiedonsiirto

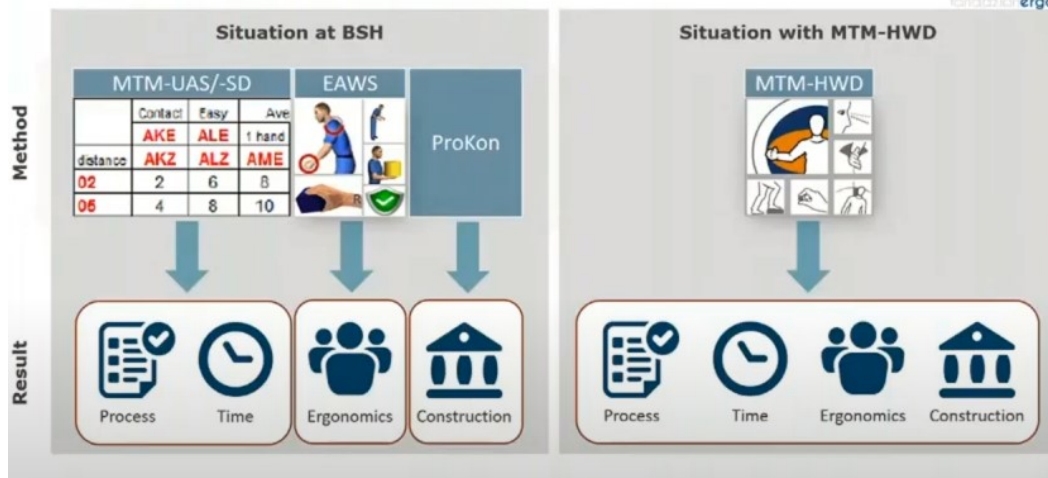
Staattinen tiedonsiirto tapahtuu XML-tiedostojen muodossa, jotka käyttöliittymän prosessorit luovat. Dynaaminen tiedonvaihto siirtää integroidut tiedot verkkopalvelujen avulla. Näissä verkkopalveluissa määritellään sovelluksen tulkitun mallin pyynnöt ja niihin liittyvät tietosodat, joita tehtaan ohjelmistot voivat vaihtaa keskenään. Ohjelmat keskenään toimivat toistensa palvelimena datan toimittamiseksi ja myös asiakkaana, joka kyselee tietoja muista järjestelmistä³¹.

Siemens PLM ja MTM Softwarehaus ovat kehittäneet yhteistyössä Teamcenter Manufacturing- ja TICON-järjestelmän integroinnin (Kuva 19.).

³⁰ Youtube. 2022.

³¹ Researchgate. 2022.

MTM-HWD – One process, four results



Kuva 19. Havainnollistava kuva TiCon-integroinnista.

7 TULOKSET

7.1 Kehitysehdotukset

Teamcenteriin integroitu TiCon-toiminto on myös mahdollista ottaa käyttöön mutta tällä hetkellä käyttöohjeita ei ole. Ohjeet ovat kuitenkin saatavilla MTM Softwarehouseelta. MTM toimii yhteistyössä Siemensin kanssa ja he järjestävät kurseja Ticon-toiminnon käytöstä³². TiCon luo läpinäkyvyyttä prosessiin, tuotelaskentaan ja tuotannonsunnitteluun. TiCon-toiminnon järjestelmä alustana toimii Windows, SAP ja Siemens TeamCenter. Ohjelmisto on mahdollista integroida myös PPS (Performance Pyramid System)- ja PLM (Product Lifecycle Management)-järjestelmien kanssa. Ticonin avulla voidaan analysoida MTM-rakennuspalikkajärjestelmillä tai vaihtoehtoisesti analysoiduilla ajoilla ja pysähtyneillä ajoilla³³.

7.2 Työajan määrittäminen uuden tuotteen kokoonpanoprosessista

Neljän asiantuntijan aika-arviot ovat sopusoinnussa toisiinsa nähden ja näin ollen, niitä voidaan pitää vertailukelpoisina arvioidessa aikoja uusille tuotteille. Prosessintekijät tuntevat prosessirakenteen niin hyvin, että heillä valmistusajan arviointi prosessirakenteen perusteella on nopeaa ja luotettavaa.

7.3 MOST-analysointi uuden tuotteen aikoja määritettäessä

MOST-työnmääritysjärjestelmällä osoitettiin asiantuntijoiden arviointitaidot luotettaviksi prosessirakenteen ja kokemuksen perusteella tehtävään ajan arviointiin. Järjestelmällä on hitaampaa arvioida aikoja kuin suoraan prosessista tosin arvioiden oikeellisuus tarkastettiin MOST-järjestelmän avulla. Tarkempi

³² MTM. About. 2022.

³³ MTM. Software.2022.

työvaihe analyysi ja kertoimien laskenta onnistuu MOST-järjestelmän avulla, josta on apua kun tehdään työvaihekohtaista aikakarttaa, jolla voidaan määrittellä tarkempi moottorikohtainen ajankäyttö.

7.4 Aika-arviot uudella tuotteella

Tarpeen vaatiessa asentajilla voidaan arvioituttaa asennusaikoja uuden tuotteen kokoonpanoaikojen suunnittelussa. Beta / PERT-arvion ero asiantuntijan ja asentajan viiden arvion välillä on 30,8 %. Prosessirakennetta luodessa on mahdollista, että kohteen valmistukseen kuluva kestoaika on haasteellista arvioida ajallisesti prosessin tai 3D-mallin perusteella ja näin ollen voidaan käyttää tukena asentajien arvioita.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET JATKOTUTKIMUKSIA VARTEN

Voidaan todeta, että UII-lukulaitteen käyttöä sujuvoittamalla tuotantoa on mahdollista nopeuttaa osakokoonpanoissa ja pääkokoonpanoissa, joissa kirjaamista on paljon. MES-järjestelmään tehdyt muutokset ennen seuraavan uuden tuotteen aloitusta tukevat tarkempien aikojen saamista aktiviteetin sulkemisen jälkeen. Pitkällä aikavälillä pystytään suorittamaan analysoitujen aikojen vertaamista tuotannon valmistusaikoihin ja paikallistamaan tuotannon pullonkaulat. Tätä kautta pystytään ratkaisemaan tuotannossa esiintyvät ongelmakohdat ja kehittämään niitä.

8.1 Analysointi tavan valinta

Tulevaisuudessa nopein tapa aikojen analysointiin on valmiin prosessin pohja, joka on exportattu TeamCenterissä mutta tämä edellyttää prosessin täydellistä tuntemista. Most analysointi kestää hieman kauemmin ja on lisäksi työläämpää. Tässä tapauksessa analysointiin käytettävän ohjelmiston valintaan uudella tuotteella on olemassa 2 vaihtoehtoa, joista toinen on nopeampi mutta kuormittaa prosessin tekijää enemmän. Toisaalta TeamCenterissä tapahtuva aikavertailu helpottuu kun prosessi on suunniteltu hyvin. Time-toiminto on mahdollista ottaa käyttöön prosessin luontivaiheessa mutta analysointi tällä tavoin ei ole yhtä nopeaa kuin Manufacturing Process Plannerista tuodun tiedoston kautta tapahtuva analysointi. Time-toiminnon käyttö vaatii vielä jatkotutkimuksia ja syvempää perehtymistä asiaan.

8.1.1 Nopein tapa arvioida aikoja

Nopein tapa valmistusaikojen arviointiin on kysyä sitä suoraan asentajalta mutta tehdyn kyselyn mukaan arviot ovat hieman isompia, kuin analysoidut ja asiantuntijoilla arvioidut. Asentajat saattavat ottaa huomioon myös mahdolliset ajoittain esiintyvät viivästykset eli on parempi luvata hieman pessimistinen aika

kuin sellainen aika mihin ei ikinä tulla pääsemään. Pessimistisen ajan alittaminen saattaa kuitenkin tulla kyseeseen. Uudella tuotteella on mahdollista kysyä aikoja tällä tavoin jos halutaan nopeasti alustavia arvioita valmistusajoista. Mikäli time toiminnon käyttö mahdollistetaan, valmistusajat tarkentuvat kun ensimmäinen tuote on saatu valmiiksi. Tuotteelle voidaan alustavasti laskea valmistusaika ja hieman tarkentaa sitä myöhemmässä vaiheessa kuitenkin ennen sarjatuotantovaihetta.

8.2 MES-järjestelmän käyttö

MES-aktiviteettien kuittaaminen reaaliaikaisesti on tärkeää mikäli halutaan prosessin valmistusajat kirjautuvan järjestelmään oikein. Työlle on hyvä määrittää tavoiteltava aikataso, jonka toteutuminen edellyttää aktiviteetin kuittaamista työn valmistuttua. Jos tavoiteltu aikaraja saavutetaan on työstä mahdollista saada tavoitepalkkio, joka toimii kannustimena työn suorittamiseen. Edellä mainittu toimintatapa saattaa edesauttaa järjestelmän käyttöä oikein ja mahdollistaa tarkemman aikavertailun. MES-järjestelmän keräämä actual-aika vaatii tutkimista miten edellä mainittu data saadaan siirtymään suoraan SAP-järjestelmään ja missä vaiheessa tämä on mahdollista toteuttaa.

8.3 Jatkokehitys ideoita

Työn valmisteluun kuluu aikaa, koska osat ovat pakkauksissa hyvin suojattuna eli olosuhteet ihanteellisen työajan tekemiseen vaatii valmisteluja ja näin ollen tuotteen valmistus ei ole kaikilta osin sujuvaa. Tuotteiden suojaamista kannattaa tarkastella lähemmin, onko tarpeellista paketoita komponentteja niin hyvin, kun tuotteet toimitetaan lähialueelta. Onko tuotteille kannattavaa tehdä kuljetuslaatikko, joka on hyvin suojattu?

Optimaalisen prosessin suunnittelu etukäteen uudella tuotteella vapauttaa yhtiön resursseja ja nopeuttaa tuotteen valmistusaikaa tulevaisuutta ajatellen. Mikäli prosessin optimointia vielä kehitetään uudella tuotteella mahdollisimman hyvin

ennen sarjatuotantovaihetta, on sillä merkittävät vaikutukset kustannussäästöihin.

8.4 Loppusanat

Lopuksi haluan kiittää Wärtsilä Finland Oyj:tä ja yhtiön puolelta ohjaajana toiminutta Markus Välimäkeä, sekä Vaasan ammattikorkeakoulun ohjaajaa Petri Saarta asiantuntevasta ohjauksesta ja rakentavasta palautteesta opinnäytetyötä kirjoitettaessa. Kiitokset myös kaikille työssä auttaneille tahoille.

LÄHTEET

Academic Search Elite EBSCOhost. Viitattu 8.2.2022. <https://web-s-ebsohost-com.ezproxy.puv.fi/ehost/search/advanced?vid=0&sid=dc2d34d6-0f3a-40b9-85c0-51bd60bac1b9%40redis>

Avix Software Solutions. Viitattu 18.3.2022. <https://www.asseco-ceit.com/en/products/avix/>

Dapra marking solutions. Viitattu 30.1.2022. <https://www.dapramark-ing.com/part-id-traceability/data-matrix-codes>

Dataman 8070 Series Handheld. Viitattu 27.1.2022. <https://www.cognex.com/en/products/barcode-readers/handheld-barcode-scanners/dataman-8070-series>

Emerald Publishing 2018. Viitattu 21.2.2022. <https://www-proquest-com.ezproxy.puv.fi/abicomplete/docview/2166046204/638E12A49AA7415BPQ/215?accountid=27304>

Establishing and improving manufacturing performance. (Ahmad & Dhafir 2002). Viitattu 11.2.2022. https://www.researchgate.net/publication/222610317_Establishing_and_improving_manufacturing_performance_measures

Google Scholar. Emerald publishing 2018. Viitattu 28.2.2022. <https://www.emeraldgrouppublishing.com/>

Integration der zeitwirtschaft in der digitalin fabrik. Viitattu 25.2.2022. https://www.researchgate.net/profile/Josip-Stjepandic/publication/276144895_INTEGRATION_DER_ZEITWIRTSCHAFT_IN_DER_DIGITALEN_FABRIK/links/5551294908ae956a5d25defd/INTEGRATION-DER-ZEITWIRTSCHAFT-IN-DER-DIGITALEN-FABRIK.pdf

Johda suorituskykyä tiedon avulla : ilmiöistä tulkintaan. (Laamanen 2005). Viitattu 21.3.2022. <https://www.finna.fi/Record/3amk.100404#versions>

JotBar. Viitattu 24.1.2022. <https://materiaalit.jotbar.fi/ajankohtaista/tyon-tehokkuuden-mittaaminen-eri-tyovaiheissa>

Keskiraskas ja raskas kokoonpanotoiminta 1998-2000. (Tekes 2001, s. 6-8; Ahokas et al. 2011, s. 9). Viitattu 1.2.2022. <https://finna.fi/Record/jykdok.858815>

Manufacturing Execution system. Viitattu 19.3.2022. <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.indiamart.com%2>

Fproddetail%2Fsmart-cities-manufacturing-execution-systems-20308745312.html&psig=AOvVaw3ms63ZbLzOCYaC1MpKme0V&ust=1647779147187000&source=images&cd=vfe&ved=0CAkQjhxqFwoTCND - WV0vYCFQAAAAAdAAAAABAI

MTM Time Measurement. Viitattu 21.3.2022.
<https://www.youtube.com/watch?v=j9fjr7rudVU>

MTM. Viitattu 2.3.2022. <https://mtm.org/en/about-mtm/mtm>

MTM. Viitattu 4.3.2022. <https://mtm.org/en/software/software>

Promaint. Viitattu 17.1 2022. <https://promaintlehti.fi/Kumppaniartikkeli/AVIX-videotyokalu-parhaiden-tyomenetelmien-kehittamiseen>

ScienceDirect. (Xinyu Li, Xinyu Shao, Liang Gao, Weirong Qian. Volume 126, Issue 2). Viitattu 18.2.2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527310001210>

Siemens Teamcenter for Manufacturing. Viitattu 18.3.2022.
<https://www.engusa.com/en/product/siemens-teamcenter-manufacturing>

Theseus Vaasan ammattikorkeakoulu. MAXI-MOST työnmääritysjärjestelmän käyttöönotto. (Jussi Saari, s. 14) Viitattu 7.3.2022.
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/148227/Saari_Jussi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tietoa – Referenssit – Wärtsilä Diesel-moottori W31 animaatio. Viitattu 19.3.2022.
<https://tietoa.fi/referenssit/wartsila-diesel-moottori-w31-animaatio/>

Tuottavuuden käsikirja. (Saari 2006, s. 130-131). Viitattu 28.2.2022.
<https://tritonfinna.fi/vamk/Record/tria.270319>

Wärtsilä Oyj kotisivut. Viitattu 14.1.2022 a, b, e.
<https://www.wartsila.com/fi/media-fi/liiketoiminnat-lyhyesti>

Wärtsilä Oyj kotisivut. Viitattu 14.1.2022 c, d.
<https://www.wartsila.com/fi/media-fi/uutinen/21-08-2018-wartsilalta-merkittava-investointi-suomeen---uuden-sukupolven-innovaatio--ja-tuotantokeskus-smart-technology-hub-vaasaan-2251771>

Wärtsilä Oyj. 2022. sisäinen tietokanta. Viitattu 13.3.2022.

Wärtsilä Oyj. 2022. sisäinen tietokanta. Viitattu 21.2.2022