



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Viljam Ämmälä

LÄPIMENOAIKOJEN JA HUKKA-AJAN ANA- LYYSI OSAKOKOONPANOPROSESSISSA

Tekniikka
2024

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Viljam Ämmälä
Opinnäytetyön nimi	Läpimenoaikojen ja hukka-ajan analyysi osakokoonpano- prosessissa
Vuosi	2024
Kieli	suomi
Sivumäärä	60 + 3 liitettä
Ohjaaja	Sami Elomaa (VAMK), Mikko Ketonen (Wärtsilä Finland Oy)

Tutkimuksen tarkoitus oli pyrkiä selvittämään tuotantoprosessin haasteita ja kehityskohteita erilaisten havainnointien, kyselytutkimusten ja arviointien avulla. Tavoitteena oli tunnistaa nykyiset ongelmat, ja luoda suunnitelma jatkuvaan parantamiseen.

Tutkimuksessa hyödynnettiin Lean-filosofian periaatteita ja arviointityökaluja. Keskeisiä käsitteitä olivat esimerkiksi ajoitettu havainnointi, kyselytutkimus ja arviointi. Teoreettisena viitekehystenä toimi Lean-filosofian opiskelu, ja sen soveltaminen tuotantoprosessiin.

Tutkimuksen tuloksena tunnistettiin useita kehitysehdotuksia, jotka koskivat prosessin eri osa-alueita. Tuloksissa korostui hukka-ajan merkitys osakokoonpanoprosessissa. Tutkimuksen avulla tunnistettiin useita hukka-ajan aiheuttajia, mitkä vaikeuttavat prosessin tehokasta etenemistä. Näiden havaintojen perusteella suunniteltiin ja aloitettiin toimenpiteitä hukka-ajan vähentämiseksi ja prosessin virtaviivaistamiseksi. Lisäksi tutkimus tarjosi arvokasta tietoa siitä, miten prosessia voidaan optimoida, ja mitkä tekijät vaikuttavat merkittävimmin tuotannon sujuvuuteen. Tällainen tieto voi auttaa organisaatiota parantamaan toimintansa tehokkuutta ja kilpailukykyä.

ABSTRACT

Author	Viljam Ämmälä
Title	Analysis of Lead Times and Waste Times in Subassembly Process
Year	2024
Language	Finnish
Pages	60 + 3 Appendices
Name of Supervisor	<u>Sami Elomaa (VAMK), Mikko Ketonen (Wärtsilä Finland Oy)</u>

The thesis aimed to identify challenges and improvement areas in the production process through various observations, surveys, and assessments. The goal was to pinpoint current issues and devise a plan for continuous improvement.

Drawing upon Lean philosophy principles and assessment tools, the study utilized concepts such as timed observation, survey research, and evaluation. The theoretical framework revolved around studying Lean philosophy and its application to the production process.

As a result of the study, several development suggestions concerning various aspects of the process were identified. The findings underscored the significance of waste time in the sub-assembly process. The study revealed numerous causes of waste time that impede the efficient progression of the process. Based on these observations, initiatives were planned and initiated to reduce waste time and streamline the process. Additionally, the study provided valuable insights into how the process can be optimized and which factors most significantly impact production flow. Such information can assist the organization in enhancing its operational efficiency and competitiveness.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	8
2	YRITYSESITTELY.....	9
	2.1 Wärtsilän moottorit.....	9
	2.2 Turboahtimet.....	10
3	LEAN-FILOSOFIA.....	12
	3.1 Hukan poisto.....	13
	3.2 Tehokkuusparadoksi.....	14
	3.3 Työkalut.....	15
	3.3.1 5S.....	15
	3.3.2 Value- vs. Effort-matriisi.....	16
	3.4 Work in progress.....	17
4	NYKYTILANNE.....	18
	4.1 Asiakkaat.....	18
	4.2 Työntekijät.....	18
	4.3 Työpisteet.....	20
	4.4 Turboalueen WIP.....	22
	4.5 Tavoitteet.....	23
5	REITITYSAJAT JA LÄPIMENOAJAT.....	24
	5.1 Reititysajat.....	24
	5.2 Läpimenoajat.....	27
	5.3 Laskuvirheet.....	28
6	TIEDONKERÄYSMENETELMÄT.....	29
7	TUTKIMUSTULOKSET.....	32
	7.1 Ajoitettu havainnointi.....	32
	7.2 Kysely työntekijöille.....	37

7.3	Arvovirtakartoitus	40
7.4	DotConnector-historia	45
7.5	Yhteenveto.....	49
8	KEHITYSEHDOTUKSET	50
8.1	Ohjeistuksen lisäys.....	50
8.2	Seurannan lisäys	51
8.3	5S-kehitys.....	51
8.4	MMA TC BUFFER.....	51
8.5	Materiaalikutsujen ohjeistus	52
8.6	Bulk-materiaalit kokoonpanopiirustuksiin.....	52
8.7	Kaikkien materiaalinumeroiden lisääminen bulk-hyllyihin.....	52
8.8	SQA:n SAP-tehtäviin vastuullinen henkilö	53
8.9	Luotettavammat tarkastukset SQA:ssa	53
8.10	Laatuosaston roolit ja vastuut	53
8.11	Riskitason nostamisesta käytäntö ja juurisyyanalyysi	54
8.12	Aluepalvelun laajennettu vastuu poikkeamiin	54
8.13	Aluepalvelulle pääsy varastoon	54
8.14	Moduulituotannon heikko toimitusvarmuus	55
8.15	EWM/ECC-saldojen tarkastus	55
8.16	Kulutuskoulutus	55
8.17	Eristelaatikot	56
8.18	Revisiomuutokset	56
8.19	”Kuinka tehdä DotConnector issue” -ohje.....	56
8.20	Value- vs. Effort-matriisi	56
9	YHTEENVETO	59
	LÄHTEET	60

KUVALUETTELO

Kuva 1. Wärtsilä W2031DF-moottori [4].	10
Kuva 2. Asentajia osastoittain.	19
Kuva 3. Työpisteitä osastoittain.	21
Kuva 4. Turboalueen layout [7].	22
Kuva 5. Turbomoduulien mallikohtaiset reititysajat taulukoituna.	24
Kuva 6. Mallikohtaiset reititysajat.	24
Kuva 7. Reititysajan mukainen läpimenoaika mallikohtaisesti.	25
Kuva 8. Työntekijöiden jakautuma.	26
Kuva 9. Reititysajan mukainen viikoittainen output.	26
Kuva 10. Tarvittava tehokkuus suhteessa reititysaikoihin.	27
Kuva 11. Tuotannosuunnittelussa käytettävät läpimenoajat.	27
Kuva 12. Valmiit turbomoduulit viikoilla 42–9.	28
Kuva 13. Ajoitettu havainnointitaulukko.	33
Kuva 14. Osastokohtaiset tulokset (Value added/no value added).	33
Kuva 15. Koko alueen tulokset.	34
Kuva 16. Ongelmien hajonta.	35
Kuva 17. Yleisimmät ongelmat ajoitetussa otannassa.	35
Kuva 18. Kaikki ongelmat ajoitetussa otannassa.	37
Kuva 19. Yleisimmät kyselyn vastauskategoriat.	38
Kuva 20. Kaikki kyselyn vastauskategoriat.	40
Kuva 21. Arvovirtakartta [7].	41
Kuva 22. Kaikki arvovirtakartoituksella löydetyt ongelmat.	45
Kuva 23. Poikkeamatyyppien jakautuma kategorioittain.	47
Kuva 24. Poikkeamien jakautuma asiakkaittain.	48
Kuva 25. Tutkimuksen aikana luodut poikkeamat päiväkohtaisesti.	49
Kuva 26. Poikkeamien ratkaisuaajat.	49
Kuva 27. Kehitysehdotukset.	57
Kuva 28. Value- vs. Effort-matriisi.	58

LIITELUETTELO

LIITE 1. LÄPIMENOAIKOJEN JA HUKKA-AJAN ANALYYSI OSAKOKOONPANOPROSESSISSA, sisäinen dokumentti

LIITE 2. "Miksi turbojen läpimenoajat ovat niin pitkiä", Excel

LIITE 2. "Miksi turbojen läpimenoajat ovat niin pitkiä", Powerpoint

1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena oli optimoida turbomoduulien tuotantoa Lean-menetelmien avulla. Turbomoduulien reititysajalla ja läpimenoajalla on suuri ero, ja tämän työn aikana selvitettiin, mitkä tekijät vaikuttavat tähän eroon. Reititysaika tarkoittaa laskennallista aikaa, jonka työn suorittaminen vaatii, kun taas läpimenoaika kuvaa todellista aikaa, joka kuluu työn aloittamisesta sen valmistumiseen. Tavoitteena oli tunnistaa ne ongelmat, jotka aiheuttavat hukkaa tuotannossa, ja selvittää niiden vaikutus reititysaikaan ja läpimenoaikaan.

Tutkimus pyrkii käsittelemään tuotantoprosessin haasteita ja kehityskohteita, erityisesti keskittyen hukan etsintään ja sen tunnistamiseen erilaisin havainnoin, kyselytutkimuksin, sekä arvioinnein. Analysoinnin avulla pyritään ymmärtämään hukan juurisyitä, ja löytämään tehokkaita ratkaisuja prosessin virtaviivaistamiseksi ja suorituskyvyn parantamiseksi.

Työ toteutettiin Wärtsilä Finland Oy:lle Vaasan Smart Technology Hub:in, Production Delivery:lle. Wärtsilä on vuonna 1834 perustettu suomalainen yritys, joka on listattu Helsingin pörssissä. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Wärtsilä Finland Oy on Wärtsilän suurin tytäryhtiö [1].

2 YRITYSESITTELY

Wärtsilä on suomalainen teknologiayhtiö, joka keskittyy kestäväan energiaan ja meriteollisuuden ratkaisuihin. Yhtiö tarjoaa laajan valikoiman tuotteita ja palveluita, kuten voimalaitoksia, merimoottoreita, huoltopalveluita ja digitaalisia ratkaisuja. Wärtsilä pyrkii edistämään ympäristöystävällisiä ratkaisuja, kuten vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttöä ja energiatehokkuuden parantamista. Lisäksi se on vahvasti mukana digitalisaatiossa ja älykkäissä järjestelmissä, jotka tehostavat asiakkaiden toimintaa, ja vähentävät ympäristövaikutuksia.

Wärtsilän henkilöstömäärä oli viimeisimpien tietojen mukaan noin 18 000 työntekijää eri puolilla maailmaa, ja merkittävä osa heistä työskentelee Suomessa. Yhtiön liikevaihto oli noin 5,2 miljardia euroa vuonna 2023, ja liikevoitto noin 450 miljoonaa euroa. Wärtsilä on listattu Helsingin pörssissä, ja se kuuluu Suomen suurimpiin pörssiyrityksiin. Yhtiön vahva tekninen osaaminen ja laaja globaali verkosto ovat tehneet siitä merkittävän toimijan, niin energiateollisuudessa kuin merenkulussakin. Wärtsilä jatkaa kehitystään kohti kestävämpiä ratkaisuja ja digitaalista innovaatiota vahvistaakseen asemaansa alalla [1].

2.1 Wärtsilän moottorit

Wärtsilän monipuoliseen tuotevalikoimaan kuuluvat diesel-, kaasu-, ammoniakki-, metanoli- ja kaksoispolttoainemoottorit, jotka on suunniteltu vastaamaan erilaisiin tarpeisiin merenkulussa ja voimalaitoksissa. Dieselmoottorivalikoimaan sisältyvät W20-, W26-, W31-, W32- ja W46-mallit, kun taas kaksoispolttoainemoottorivalikoimaan kuuluvat W20DF-, W31DF-, W34DF-, W46DF- ja W50DF-mallit. Kaasumoottorivalikoimaan kuuluvat W31SG-, W34SG- ja W50SG-mallit. Lisäksi valikoimaan on tullut W32M-metanolimoottorit. Moottorit, joissa on kaksivaiheinen turboahdinmalli, liitteen eteen tulee TS. Poikkeuksellisesti kaikki W31-moottorit ovat kaksoisahdettuja ilman etuliitettä [2].

Moottorien nimeämisessä "W"-kirjain kertoo Wärtsilän valmistamasta moottorista. Numero "W":n jälkeen viittaa sylinterin halkaisijaan senttimetreinä. Mootto-reita on saatavana sekä L- että V-mallisina. "L" tarkoittaa rivimallia, jossa sylinterit ovat yhdessä rivissä, ja "V" tarkoittaa V-mallia, jossa sylinterit ovat viistosti vierekkäin V:n muotoisesti. Ennen "L" tai "V" -merkintää oleva numero ilmaisee sylinterien lukumäärän [3, s. 11].

Esimerkiksi "W12V46TSDF" viittaa Wärtsilän kahdentoista sylinterin V-moottoriin, jonka sylinterien halkaisijat ovat 460 mm, moottorissa on kaksivaiheinen turboahdin, ja moottoria pystytään käyttämään kaasulla ja dieselillä. Näin Wärtsilä tarjoaa asiakkailleen valinnanvaraa erilaisten moottoriratkaisujen suhteen, mitkä sopivat erilaisiin tarpeisiin ja sovelluksiin [3, s. 11].



Kuva 1. Wärtsilä W2031DF-moottori [4].

2.2 Turboahdit

Wärtsilä käyttää kaikissa moottoreissaan turboahdimia useista syistä. Turboahdimien avulla moottorit voivat tuottaa enemmän tehoa ja parantaa suorituskykyä.

Tämä johtuu siitä, että turboahtimet mahdollistavat moottorille paremman ilmanoton ja polttoaineen palamisen, mikä lisää moottorin hyötysuhdetta ja polttoainetaloudellisuutta. Lisäksi turboahtimien avulla moottorit voivat vähentää päästöjä, mikä tekee niistä ympäristöystävällisempiä. Turboahtimien ansiosta moottorit voivat toimia tehokkaasti myös suurilla korkeuksilla, missä ilmanpaine on alhaisempi. Turboahtimet ovat olennainen osa Wärtsilän moottoreita, ja ne edistävät niiden suorituskykyä, taloudellisuutta ja ympäristöystävällisyyttä monin eri tavoin.

3 LEAN-FILOSOFIA

Lean-filosofia juontaa juurensa Toyota Motor Corporation:in kehittämästä tuotantosysteemistä, jota kutsutaan nimellä Toyota Production System (TPS). Tämä tuotantosysteemi luotiin Japanissa 1900-luvun puolivälissä. Toyota oli tuohon aikaan kohtaamassa resurssien rajallisuutta, ja halusi kehittää järjestelmän, mikä mahdollistaisi tehokkaamman tuotannon ja paremman kilpailukyvyn [5, s. 63–69].

Lean-ajattelun perustana olevat periaatteet, kuten arvonnisa asiakkaalle, hukan eliminointi ja jatkuva parantaminen, jotka kehitettiin alun perin TPS:ssä. Toyota oli erityisen hyvä tunnistamaan ja vähentämään hukkaa tuotantoprosesseissaan, mitkä antoivat sille kilpailuetua muihin autovalmistajiin verrattuna [5, s. 63–69].

Termi "lean" alkoi saada suosiotaan, kun kirjailija James P. Womack ja tutkija Daniel T. Jones julkaisivat kirjan nimeltä "The Machine That Changed the World" vuonna 1990. Tämä kirja toi Lean-ajattelun laajemman yleisön tietoisuuteen, ja levitti sitä globaalilla tasolla [5, s. 63–69].

Lean:in tarkoitus on parantaa organisaation tehokkuutta, laatua ja asiakastyytyväisyyttä poistamalla hukkaa, ja virtaviivaistamalla prosesseja. Lean-filosofia pyrkii saavuttamaan tämän tavoitteen useiden keskeisten periaatteiden avulla:

1. Arvonnisa asiakkaalle: Organisaation tulisi pyrkiä ymmärtämään asiakkaidensa tarpeet, ja tuottamaan tuotteita tai palveluita, jotka lisäävät suoraa arvoa asiakkaille. Kaikki toiminnot ja prosessit, jotka eivät lisää tätä arvoa, pyritään minimoimaan tai eliminoidaan.
2. Hukan eliminointi: Lean keskittyy tunnistamaan ja poistamaan kaikenlaisen hukan, kuten ylitarjonnan, varaston kertymisen, odotusajat, ylityöt ja virheet. Hukkaa vähentämällä organisaatio voi parantaa tehokkuuttaan, ja säästää kustannuksia.

3. Jatkuva parantaminen (Kaizen): Lean kannustaa jatkuvaa parantamista pienin askelin. Organisaatiota kehoitetaan etsimään jatkuvasti uusia tapoja tehostaa prosessejaan, ja parantamaan toimintansa laatua.

4. Jouston ja vastaavuuden tavoittelu: Organisaation tulisi olla joustava ja kykenevä sopeutumaan muuttuviin markkinaolosuhteisiin, sekä asiakastarpeisiin. Jouston avulla voidaan paremmin vastata nopeasti muuttuviin tilanteisiin.

5. Työntekijöiden osallistaminen: Lean korostaa työntekijöiden osallistamista päätöksentekoon ja jatkuvan parantamisen prosesseihin. Työntekijät, jotka ovat lähellä työntekoa, voivat tarjota arvokasta tietoa ja ehdotuksia prosessien parantamiseksi.

Nykyään Lean-ajattelua sovelletaan monilla eri aloilla ja organisaatioissa ympäri maailmaa, ja se on laajentunut alkuperäisestä tuotantoympäristöstä muihin liiketoiminta-alueisiin, kuten palveluihin, terveydenhuoltoon ja julkiseen sektoriin.

3.1 Hukan poisto

Kun halutaan nopeuttaa tuotannon virtausta, on välttämätöntä eliminoida ne vaiheet ja toiminnot, jotka eivät suoraan tai välillisesti lisää tuotteelle tai palvelulle arvoa. Tämä tarkoittaa, että nämä toiminnot luokitellaan hukaksi, ja Lean-kirjallisuudessa hukka jaetaan yleisesti seitsemään eri kategoriaan:

1. Ylituotanto: Tarkoittaa valmiiden tuotteiden tai osakokoonpanojen liian suurta tuotantoa varastoon. Varastointi tuotannon sisällä vaatii ylimääräisiä rahallisia ja tilallisia resursseja ilman välitöntä lisäarvoa.

2. Odottelu ja viivästykset: Aiheuttaa kustannuksia yritykselle ilman välitöntä lisäarvoa. Prosessien seisokit ja viivästykset hidastavat tuotantoa, ja lisäävät kustannuksia.

3. Tarpeeton kuljettaminen: Ei lisää arvoa tuotteelle. Liittyy ylituotantoon, kun ylimääräistä tuotantoa täytyy siirtää varastoon ilman välitöntä kulutusta.

4. Laatuvirheet: Eivät ole pelkästään tuottamattomia, vaan myös lisäävät kustannuksia, ja heikentävät asiakastytyväisyyttä. Laatuongelmat vaativat ylimääräistä työtä ja resursseja korjaamiseksi.

5. Tarpeettomat varastot: Lisäävät kustannuksia ylimääräisillä kuljetuksilla ja tilatarpeella. Ylimääräiset varastot aiheuttavat hukkaa, ja hidastavat tuotannon virtausta.

6. Ylikäsittely: Tarkoittaa ylimääräistä työtä, vaikka tuote olisi jo valmis, tai kun tuotetta rakennetaan epäoptimaalisessa järjestyksessä. Turha käsittely lisää kustannuksia ilman lisäarvoa.

7. Tarpeettomat liikkeet työskentelyssä: Jos työn aikana täytyy tehdä ylimääräisiä liikkeitä, kuten etsiä materiaaleja tai työkaluja. Turhat liikkeet voivat hidastaa tuotannon virtausta, ja lisätä väsymystä työntekijöissä.

3.2 Tehokkuusparadoksi

Organisaatiossa liiallinen keskittyminen resurssitehokkuuteen virtaustehokkuuden kustannuksella saattaa aiheuttaa ylimääräisiä tarpeita. Tyypillisiä ongelmia tähän liittyen ovat pitkät läpimenoajat, lukuisat keskeneräiset työt, ja tarve käynnistää tehtävät uudelleen. Esimerkiksi jos halutaan varmistaa korkea resurssitehokkuus varmistamalla, että töitä on aina saatavilla, se saattaa vaatia lisää työpisteitä, mikä puolestaan edellyttää tilaa, ylimääräistä ohjausta ja työpisteiden vaihtelua. Työpisteiden vaihtelu voi aiheuttaa ylimääräistä selvitystyötä, työpisteiden välillä siirtymistä ja mahdollisen työnkeskeytyksen, mikä puolestaan voi johtaa laatuvirheisiin. Laatuvirheet saattavat edellyttää uusien osien tilaamista ja käynnistää korjaustoimenpiteitä. Korjaustoimenpiteet saattavat aiheuttaa ylitöitä [5, s. 45–62].

Tehokkuusparadoksi paljastaa, että täydellisen resurssien hyödyntämisen tavoittelu voi itse asiassa lisätä työmäärää, ja synnyttää tarpeita, joita virtaustehokkaampi organisaatio ehkä välttäisi. Tämä paradoksi korostaa tarvetta tasapainottaa resurssitehokkuutta ja virtaustehokkuutta organisaation toiminnassa.

Resurssitehokkuuteen keskittyminen voi johtaa myös siihen, että organisaatiolla ei ole riittävästi vapaata kapasiteettia, kun kuorma nousee. Vaikka resurssien tehokaskäyttö saattaa vaikuttaa tehokkaalta, se tuo mukanaan haittoja toiminnan näkökulmasta.

3.3 Työkalut

Lean-filosofiaan liitetään myös useasti Toyotan kehittämiä "lean-työkaluja", kuten muun muassa 5S, Andon, Kanban, arvovirtakartoitus. On tärkeää huomata, että Lean:in tavoitteena ei ole sokeasti ottaa käyttöön kaikkia Toyotan autotehtaalla käytettyjä työkaluja, vaan ymmärtää, että prosesseja voidaan ja pitäisi kehittää jatkuvasti. Vaikka kaikki työkalut eivät välttämättä sovi kaikille organisaatioille, monet Lean-työkalut ovat osoittautuneet toimiviksi, ja niitä voidaan soveltaa eri toimialoilla. Tämä jatkuva parantaminen auttaa organisaatioita virtaviivaistamaan toimintaansa, ja lisäämään resurssien tehokasta käyttöä.

3.3.1 5S

5S on työkalu, jolla varmistetaan, että työskentelytila on siisti, ja kaikki tarvittavat työkalut ovat saatavilla ja siellä missä pitää. Kun kaikki tarvittava on omilla paikoillaan, vähennetään tarpeettomien liikkeiden aiheuttamaa hukkaa, ja mahdollisen etsinnän aiheuttamaa vaihtelevuutta. Nimi 5S muodostuu japaninkielisistä sanoista seiri, Seiso, Seiton, Seiketsu ja Shitsuke [4, s. 104], ja siihen kuuluu viisi eri osaa:

1. Sortteeraus: Ensimmäinen askel on poistaa tarpeeton materiaali ja työkalut työympäristöstä. Tämä auttaa vapauttamaan tilaa, ja tehostamaan toimintaa poistamalla esteitä, ja vähentämällä hukkaa.
2. Systematisointi: Seuraavaksi keskitytään järjestämään tarvittavat työkalut ja materiaalit siten, että ne ovat helposti saatavilla, ja että työntekijät voivat käyttää niitä tehokkaasti. Tähän tyyppisiä keinoja ovat työkalujen värikoodaaminen ja työkalujen paikkojen tarroittaminen.

3. Siivous: Tämä vaihe keskittyy ylläpitämään puhtautta ja järjestystä työympäristössä. Puhtaus on tärkeää paitsi esteettisistä syistä, myös työturvallisuuden ja tuottavuuden kannalta.

4. Standardisointi: Tarkoittaa standardien luomista ja ylläpitämistä, jotta järjestys ja puhtaus säilyvät. Tähän sisältyy prosessien ja työhöjien luomista.

5. Seuranta: Viimeinen vaihe liittyy järjestelmän jatkuvan parantamisen periaatteeseen. Viimeinen vaihe korostaa koulutusta, sitoutumista ja jatkuvaa kehitystä varmistukseksi, että 5S-periaatteet ovat osa organisaation kulttuuria, ja että niitä noudatetaan jatkuvasti.

3.3.2 Value- vs. Effort-matriisi

Value- vs. Effort-matriisi on työkalu, jota käytetään päätöksenteossa ja priorisoinnissa erilaisten tehtävien, hankkeiden tai ideoiden arvioinnissa. Matriisin avulla voidaan visualisoida ja vertailla eri vaihtoehtojen välisiä hyötyjä ja vaivannäköä [4, s. 76–86].

Matriisi sijoittuu kahdelle akselille: y-akselilla on arvo tai hyöty, ja x-akselilla on vaivannäkö tai työmäärä. Kukin vaihtoehto arvioidaan sen tarjoaman arvon ja siihen tarvittavan työmäärän perusteella, ja se sijoitetaan matriisiin sopivaan neljännekseen. Yleensä matriisin neljä neljänneistä ovat:

1. Korkea arvo, matala vaivannäkö: Näitä vaihtoehtoja pidetään ensisijaisina, koska ne tarjoavat suuren arvon suhteessa niiden toteuttamiseen tarvittavaan työmäärään. Nämä tehtävät tai hankkeet tulisi toteuttaa ensimmäisenä.

2. Korkea arvo, korkea vaivannäkö: Nämä vaihtoehdot voivat olla houkuttelevia, koska ne tarjoavat suuren arvon, mutta niiden toteuttaminen vaatii myös paljon työtä. Niitä tulisi harkita huolellisesti, ja niiden toteuttaminen voi vaatia resurssien huolellista hallintaa.

3. Matala arvo, matala vaivannäkö: Nämä vaihtoehdot ovat yleensä vähäpätöisiä, ja niiden toteuttaminen voi olla helppoa. Ne eivät välttämättä ole ensisijaisia, mutta ne voidaan silti toteuttaa, jos aikaa ja resursseja on käytettävissä.

4. Matala arvo, korkea vaivannäkö: Nämä vaihtoehdot ovat yleensä vähiten houkuttelevia, koska ne tarjoavat vähän arvoa suhteessa niiden toteuttamisen tarvittavaan työmäärään. Niitä tulisi välttää, ellei niiden toteuttamiseen ole välttämättöntä syytä.

Value- vs. Effort-matriisin avulla organisaatiot voivat tehdä tietoon perustuvia päätöksiä, ja priorisoida resurssien käyttöä parhaalla mahdollisella tavalla.

3.4 Work in progress

Work in progress (WIP) eli keskeneräinen työ on termi, jota käytetään kuvaamaan työtä, mikä on aloitettu, mutta ei ole vielä valmistunut. Kun halutaan selvittää optimaalinen WIP, eli pienin mahdollinen WIP, millä täytetään kaikki mahdolliset tarpeet, täytyy miettiä ainakin seuraavia seikkoja:

1. Kysynnän ja kapasiteetin tasapaino: WIP:n tulisi olla sellainen, että se vastaa asiakkaiden kysyntää, muttei turhaan ylitä kapasiteettia.
2. Jouston tarve: Joissakin tilanteissa tarvitaan joustavuutta vastaamaan muuttuviin tarvejärjestyksiin, osastojen välisiin kuormansiirtoihin, tai pidempiaikaisiin pysähdyksiin.
3. Resurssitehokkuus ja virtaustehokkuus: Jos virtaustehokkuus on yleisesti huono, voidaan ongelma kiertää lisäämällä WIP:n määrää, mikä laskee virtaustehokkuutta, mutta nostaa resurssitehokkuutta. Tässä myös hyvä esimerkki tehokkuusparadoksista.
4. Liian suuri WIP: Liian suuri WIP johtaa virtaustehokkuuden heikkenemiseen, lisää tuotannon tilantarvetta, ja saattaa aiheuttaa laaduttomuutta.

4 NYKYTILANNE

4.1 Asiakkaat

Turboalueella on kolme asiakasta, joilla jokaisella on omat tarpeensa. Turboalueen tavoitteena on tuottaa 100 % toimitusvarmuudella heidän haluamansa moduulit. Turboalueen tuotanto on jaettu asiakaskohtaisesti, eli jokaista asiakasta palvelee oma turboalueen sisäinen osasto. Tietenkin isossa kuvassa kuormaa asiakkaiden ja osastojen välillä tasapainotetaan tarvittaessa. Turbomoduurien lisäksi osasto valmistaa powerpack-moduuleita silloin, kun niille on tarvetta. Asiakkaat ovat:

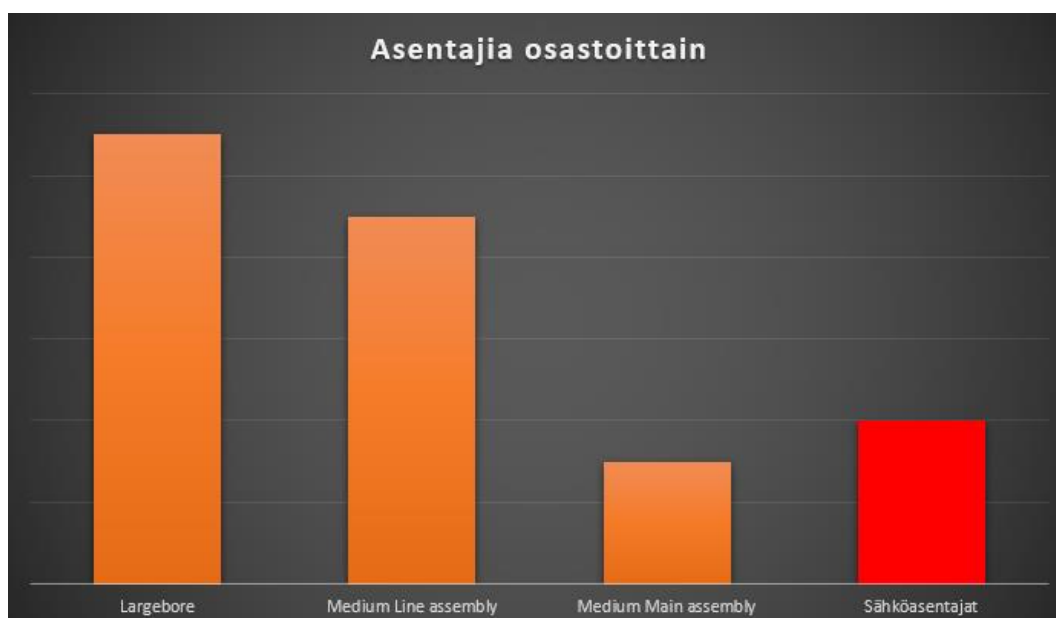
1. Large bore:
 - Kymmenpaikkainen solutuotanto. Solupaikat on jaettu kuuteen esikoonpanopisteeseen (HPA), ja neljään pääkoonpanopisteeseen (HMA)
 - Osastolla on myös mahdollisuus käyttää väliaikaisia solupaikkoja
 - Valmistaa pääsääntöisesti vain W46- ja W50-moottoreita.
2. Medium Line Assembly (MLA):
 - Kahdeksanvaiheinen tuotantolinja
 - Valmistaa 34V ja 31V -moottoreita.
3. Medium Main Assembly (MMA):
 - Kuusipaikkainen tuotantosolu
 - Valmistaa W3X-rivimoottoreita.

4.2 Työntekijät

Koko turboalueella on tietty määrä työntekijöitä, työntekijät tekevät kaksivuorotyötä, jossa joka kolmas viikko on iltavuoro. Osailmoitetuista työntekijöistä on pitkäaikaisesti poissa, joten laskelmissa käytetyt määrät saattavat vaihdella. Työntekijät ovat jaettu asiakaskohtaisiin osastoihin, ja osastot on nimetty asiakkaiden mukaan. Sähköasentajat eivät ole jaettuna erillisiin osastoihin, vaan palvelevat kaikkia turboalueen osastoja, kun työlle on tarve. Powerpack-osaston kuormitus on erittäin vaihtelevaa, kun osastolla ei kuormaa, he siirtyvät auttamaan muita

osastoja. Työntekijät eivät saa erillistä työnjohtoa, vaan toimivat itseohjautuvasti, tavoitteet itseohjautuvalle työlle annetaan viikoittain. Tavoitteiden saavutettavuuden varmistamiseksi osastoittain tehdään viikoittain myös tasausta osastojen välillä, jos sille on tarvetta [6].

- Large bore – 41 % asentajista
- Medium Line Assembly – 33 % asentajista
- Medium Main Assembly – 11 % asentajista
- 15 % Sähköasentajia.



Kuva 2. Asentajia osastoittain.

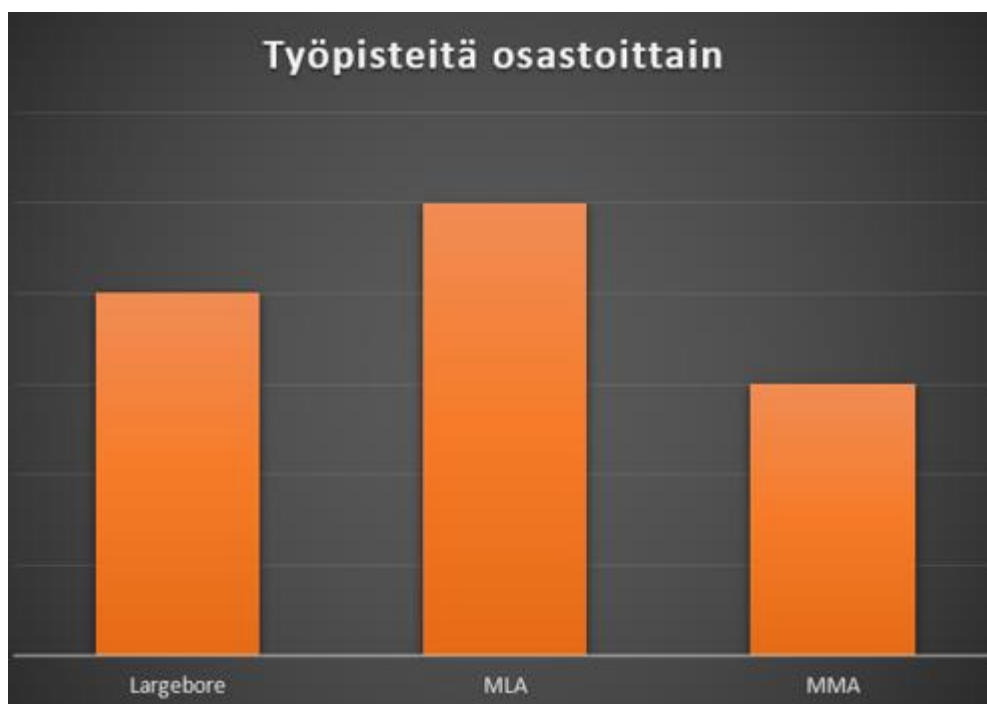
Yksittäisellä työpisteellä työskentelee tällä hetkellä muuttuva määrä työntekijöitä, ja eri mallien osalta optimaalinen ja maksimaalinen työntekijämäärä vaihtelevat. Oma lähestymistapani on keskittyä yksittäisen työntekijän tehokkuuteen. Kun työntekijä työskentelee yksin, hänen tehonsa on todennäköisesti alhaisempi. Kun hänellä on työpari, kummankin tuottavuus nousee. Optimaalisen työntekijämäärän määrittäminen edellyttää harkintaa siitä, kuinka monta asentajaa voidaan lisätä niin, että kaikkien tuottavuus saavuttaa huippunsa. Maksimaalinen työnteki-

jämää, taas tarkoittaa suurinta mahdollista asentajamäärää, mikä lisää tuottavuutta yli annetun parametrin. Oma määritykseni tälle on ollut noin 50 % lisäystä optimaaliseen määrään.

4.3 Työpisteet

Koko osastolla on yhteensä tietty määrä asennuspisteitä, ja jokaisella osastolla on omat työpisteensä. Osa turboista kasvaa kokoonpanon aikana niin korkeiksi, että tehokkaan ja turvallisen työnteon edellyttämiseksi käytämme säädettäviä asennustelineitä. Maantasolla olevissa työpisteissä käytämme kääntöpöytiä, joissa voimme vaihdella moduulin kaltevuutta tehokkaan tekemisen, ja hyvän työergonomian saavuttamiseksi. Osastoiden työpisteet ovat seuraavanlaisia:

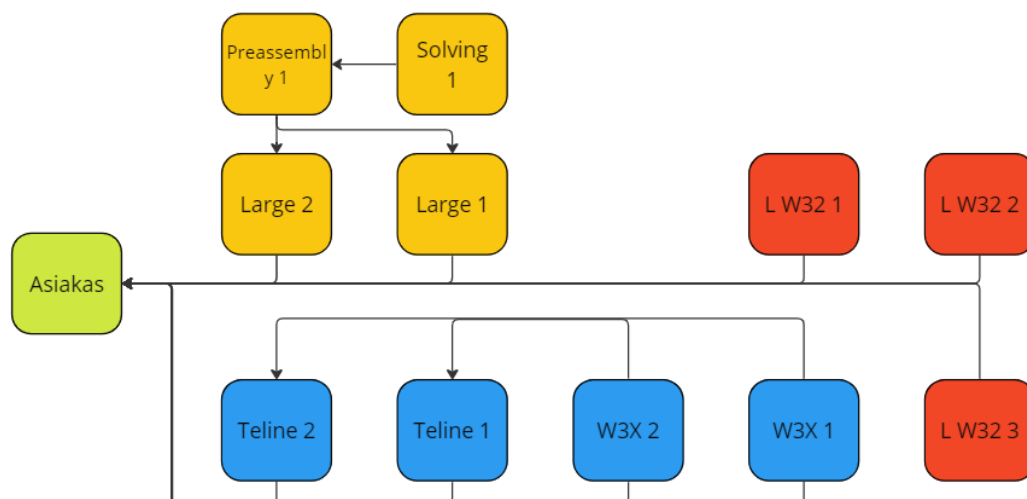
1. Large bore:
 - Telinepaikkoja
 - Lattiapaikkoja
 - Kääntöpöytä paikkoja.
2. Medium Line Assembly:
 - Telinepaikkoja
 - Kääntöpöytä paikkoja.
3. Medium Main Assembly:
 - Kääntöpöytä paikkoja.



Kuva 3. Työpisteitä osastoittain.

Large borella valmistettavat V50-turbot aloitetaan kääntöpöytä paikalla, mistä ne siirretään lattiapaikalle, jonka jälkeen ne siirtyvät telinepaikalle, missä turbot tehdään loppuun. V46-turbot aloitetaan suoraan lattiapaikalle, mistä ne siirtyvät telinepaikalle. Suurin osa ajasta, noin 70–80 % kuluu telinepaikoilla, sillä turbot ovat niin suuria, että niiden kokoonpanoon tarvitaan telineitä, mikä tekee telinepaikoista pullonkaulan valmistusprosessissa.

Kaikki medium-turbot aloitetaan kääntöpöytä paikoilla. V31-turbot täytyy kuitenkin siirtää telinepaikoille, missä turbon voi valmistaa loppuun. V31-turboissa työt jakautuvat tasaisesti, eli noin 50 % ajasta tehdään kääntöpöydällä, ja 50 % ajasta telineellä.



Kuva 4. Turboalueen layout [7].

4.4 Turboalueen WIP

Large borelle valmistavissa soluissa pyrin pitämään telinepaikoilla mahdollisimman korkean käyttöasteen. Tämän lisäksi koitan täyttää lattiapaikan ja mahdollisen kääntöpöytä paikan mahdollisimman nopeasti V46- ja V50-turbojen kannattimien erittäin suuren toimitusvaihtelun takia. Optimaalisen WIP:n näkökulmasta telinepaikkoja on oltava vähintään kaksi, koska suurin osa töistä tehdään telineiltä.

Medium Line Assemblylle valmistavissa soluissa pyrin pitämään lattiapaikoilla 100 % käyttöasteen. Tämä tarkoittaa sitä, että aina kun turbo siirtyy telinepaikalle tai valmistuu lattiapaikalta, seuraava tulee sisälle. Virtaustehokkuuden näkökulmasta nämä vaativat vain tietyn määrän lattiapaikkoja ja tietyn määrän telinepaikkoja, koska yhden V34-turbon valmistaminen kestää reititysajan mukaan tietyn ajan, ja V31-turbon valmistaminen tapahtuisi tietyssä ajassa, joista puolet olisi lattialla ja puolet telineellä. Virtaustehokkuuden ollessa tällä tasolla paikat ovat kuitenkin tuplattu, jotta pullonkauloja ei muodostuisi telineille, ja osastolla olisi enemmän joustoa.

Medium Main Assemblylle valmistavissa soluissa pyrin pitämään 100 % käyttöasteen. Tällä takaan sen, että töitä on aina tarjolla. Töitä ei ole kuitenkaan tarkoitus tehdä ristiin, mutta jos yhdellä paikalla työt pysähtyvät, on mahdollista aloittaa

välittömästi työt viereisellä pisteellä. Optimaalisen WIP:n näkökulmasta nämä vaatisivat vain tietyn määrän paikkoja, koska jos katsomme reititysaikaa, yhden turbon läpimenon pitäisi kestää vain tietyn aikaa tietyllä määrällä asentajia, eli nykyisellä resurssilla tietyn aikaa. Kun tavoitteemme on valmistaa tietty määrä turboja viikossa, meidän optimaalinen WIP on silloin tietty määrä.

4.5 Tavoitteet

Osaston tavoitteena on tuottaa asiakkaiden haluamat moduulit niin, että ne ovat aina saatavilla, kun he niitä haluavat. Asiakkaat harvoin pystyvät ennustamaan omia tarpeitansa, mutta seuraamalla heidän tavoitteitaan, saamme myös itsellemme tavoitteet. Asiakkaiden tavoitteet ovat seuraavat:

1. Large bore, V50- ja V46-turbot. Yksi vaihtoehtoista:
 - V50 tietty määrä viikossa
 - V46 tietty määrä viikossa
 - Yhdistelmä molempia.
2. Medium Line Assembly, V31- ja V32/V34-turbot. Yksi vaihtoehtoista:
 - V31 tietty määrä viikossa
 - V32/V34 tietty määrä viikossa
 - Yhdistelmä molempia.
3. Medium Main Assembly, L32/L34-turbot:
 - L32/L34 tietty määrä viikossa.

5 REITITYSAJAT JA LÄPIMENOAJAT

5.1 Reititysajat

Meidän työnkestoamme eri malleille on joskus mitattu, joten meillä on tarkat reititysajat turboille. Kyseiset reititysajat on mitattu ilman hukka-aikoja, eli ne eivät sisällä muun muassa odotus- ja siirtoaikoja, tai laaduttomuuden aiheuttamia ongelmia. Yhdellä turbotyyppillä on useita eri malleja, eri malleilla on eri reititysaikoja. Mallikohtaiset reititysajat ovat kuitenkin lähellä toisiaan, ja tulevissa laskuissa käytetään pisimpiä tyyppikohtaisia aikoja. Kuvasta selviää reititysajat [8].



Kuva 5. Turbomoduurien mallikohtaiset reititysajat taulukoituna.



Kuva 6. Mallikohtaiset reititysajat.

Reititysajat ilmoitetaan tuntimäärinä yhdellä asentajalla, käytännössä voimme kuitenkin työllistää yhdellä työpisteellä useampia asentajia kerrallaan. Jakamalla

reititysajat optimaalisella määrällä työntekijöitä, saamme selvitettyä kuinka pitkiä yksittäisen turbon läpimenoajat pitäisi olla:

- V46 tietty aika
- V50 tietty aika
- V32/V34 tietty aika
- V31 tietty aika
- L32/L34 tietty aika.



Kuva 7. Reititysajan mukainen läpimenoaika mallikohtaisesti.

Optimaalisen työntekijämäärän käyttö on resurssitehokkuuden kannalta paras vaihtoehto, mutta jotta voimme saavuttaa mahdollisimman hyvän virtaustehokkuuden, täytyy meidän useassa tilanteessa poiketa siitä, tämä on selkeintä large bore- osastolla, missä suurin osa työstä tehdään tietyillä pisteillä. Large bore- turboissa maksimaalinen määrä työntekijöitä on myös korkeampi. Optimaalisella määrällä työntekijöitä voidaan tehdä töitä:

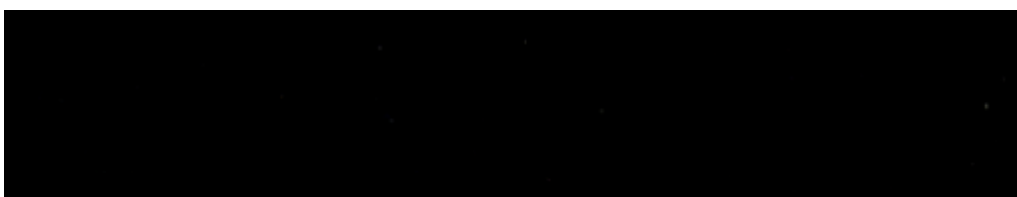
1. Large bore:
 - Aamuvuorossa tietty määrä työpisteitä
 - Iltavuorossa tietty määrä työpisteitä
2. Medium Line Assembly:
 - Aamuvuorossa tietty määrä työpisteitä
 - Iltavuorossa tietty määrä työpisteitä
3. Medium Main Assembly:
 - Aamuvuorossa tietty määrä työpisteitä
 - Iltavuorossa tietty määrä työpisteitä.



Kuva 8. Työntekijöiden jakautuma.

Kun olemme laskeneet, kuinka usealla työpisteellä pystymme oikeasti tehdä tehokkaasti töitä, voimme laskea meidän reititysaikamme mukaisen outputin. Reititysaikojen mukaisesti meidän pitäisi pystyä valmistamaan nykyisellä resurssilla:

1. Large bore:
 - V50 tietty määrä, tai
 - V46 tietty määrä, tai
 - Yhdistelmä molempia.
2. Medium Line Assembly:
 - V32/V34 tietty määrä, tai
 - V31 tietty määrä, tai
 - Yhdistelmä molempia.
3. Medium Main Assembly:
 - tietty määrä.



Kuva 9. Reititysaajan mukainen viikoittainen output.

Reititysaikojen mukaiset outputit ovat korkeammat kuin asiakkaiden tarpeet. Voimme kuitenkin verrata reititysaikojen mukaista viikoittaista outputtia tavoitteisiin, jotta näemme tarvittavan tehokkuuden. On huomioitava, että meidän

osastomme täytyy skaalata osaston suurimman yksittäisen reititysaikamallin mukaisesti. Suurimmat vaaditut tehokkuustasot ovat:

- Large bore V50 68 %
- Medium Line Assembly V31 85 %
- Medium Main Assembly 78 %.



Kuva 10. Tarvittava tehokkuus suhteessa reititysaikoihin.

5.2 Läpimenoajat

Opinnäytetyön tarkoitus on tutkia miksi reititysajat ja todelliset läpimenoajat eroavat toisistaan. Läpimenoajat, joita käytetään tuotannonsuunnitteluun, pohjautuvat menneisiin läpimenoaikoihin. Kaikista paikkansa pitävin ja riippumattomin tapa ennustaa tulevia läpimenoaikoja, on katsoa millä tahdilla olemme historiallisesti turboja tehneet. Tällä hetkellä tuotannonsuunnitteluun käytetään seuraavia läpimenoaikoja:

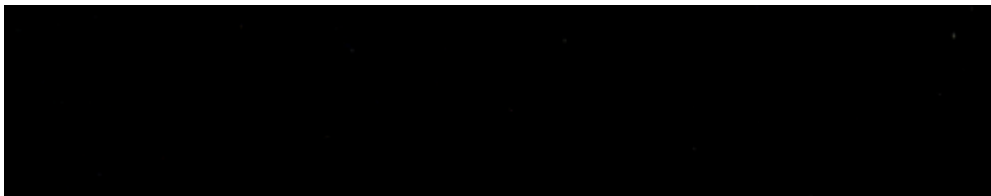


Kuva 11. Tuotannonsuunnittelussa käytettävät läpimenoajat.

Viimeisen 20 viikon aikana (viikot 42–9, vuonna 2023–2024) olemme tehneet tietyn määrän turbomoduuleita, jotka jakautuvat seuraavasti [9]:

- L32/L34 43 %
- V31 21 %
- V34 13 %
- V25 2 %

- V46 10 %
- V50 10 %.



Kuva 12. Valmiit turbomodulit viikoilla 42–9.

Tämä tarkoittaa sitä, että viimeisen 20 viikon aikana olemme tehneet yhteensä tietyn määrän tunteja arvoa lisäävää työtä. Tietyllä määrällä työntekijöitä normaali työaika on ollut kyseiseltä ajalta tietynmäärän, mikä tarkoittaa sitä, että koko osastomme tarvittu tehokkuus on ollut 34,5 % [6; 9].

5.3 Laskuvirheet

Aiemmissa laskutoimenpiteissä käytettiin kaikista isoimpia mahdollisia reititysai-koja, joten todellinen virtaustehokkuustarve ei ole aivan niin suuri. Suurin ero tulee medium line assemblystä, jossa saatetaan tehdä pitkiä sarjoja V34-mootto-reita. Tämänhetkisellä miehityksellä tarvittava resurssitehokkuus olisi silloin vain tietyn määrän.

Esimerkissä käytetyt reititysajat on otettu SAP:sta, mutta on myös olemassa työ-aikamittaustuloksia tietyille turbotyypeille, missä on todettu, että työmäärä olisi vieläkin pienempi.

Koska asiakkailamme ei ole ollut odotusten mukaisia tarpeita, emme ole voineet ylittää turbojen valmistumista liiallisesti. Tämä johtuu siitä, että meillä on vain rajallinen määrä kierrätettäviä kääntöpöytiä, joihin kokoamme turbot.

Myös oletus normaalille työajalle on haastava koska, jokaisella työntekijällä on käytössä työajanvähennykset. Tietenkin myös kaikki poissaolot vaikuttavat tähän laskelmaan.

6 TIEDONKERÄYSMENETELMÄT

Aikaisemmissa kappaleissa olemme todenneet, että tuotantomme virtausaika on heikko, varsinkin jos niitä vertailee reititysaikoihin. Tuotannon suunnittelussa käytän menneiden moduulien läpimenoaikojen keskiarvoa ennustaakseni tuotannon etenemistä mahdollisimman tarkasti. Usein ennusteissa näkyy merkkejä siitä, että turbomoduuli viivästyisi. Lisäksi emme ole kyenneet toimittamaan moduuleita asiakkaille erittäin korkealla toimitusvarmuudella. Tämä on herättänyt minussa ja muissa kysymyksen miksi?

Vastatakseni kysymykseen mahdollisimman kattavasti ja aukottomasti, täytyy asiaa tutkia mahdollisimman monesta eri näkökulmasta. Valitsin viisi toisistaan täysin poikkeavaa tiedonlähdetä, jotka olivat:

1. Ajoitettu havainnointi, kahden viikon ajan kävin kahden tunnin välein tuotannossa havainnoimassa. Havainnoin lisätäänkö työlle arvoa, jos ei, niin miksi? Havainnoin tulokset ja jaoin ne yksiselitteisiin kategorioihin, jotka olivat:

- Value added – Työntekijä on töissä ja hänellä on kaikki tarvittava, Tuotteelle lisätään arvoa.
- Missing material – Työntekijältä puuttuu jotain, joka estää työn etenemisen.
- Waiting recourse – Määritettyä työntekijää ei ole työpisteellä.
- Defects – Laaduttomuuden aiheuttanut ongelma, joka estää työntekijää jatkamasta työntekoa.
- Transportation – Turbo odottaa kuljetusta.

Yksiselitteisten kategorioiden lisäksi jokaiseen ei-”value added” -kohtaan kirjasin mistä tämä arvoa tuottamaton tilanne johtui. Erilaisia ”non value added” -kohtia oli yhteensä 37. Ajoitettu havainnointi antaa visuaalisesti helppolukuisen käsityksen, siitä miten tuotanto on edennyt. Havainnoinnista selviää missä suhteessa tiettyjä tilanteita on ollut, ja kuinka pitkään niitä on jatkunut.

Ajoitetusta havainnoinnista ei huomata kuinka tehokasta "value added" -aika on. Prosessimme on myös laajempi kuin pelkkä lattiataason tuotanto, mitä ei huomioida kyseisessä tutkimuksessa. Tutkimuksen aikana käytössä oli myös iltavuoro- ja viikonloppuylityöt, joita ei huomioitu tutkimuksessa.

2. Kysely työntekijöille, työntekijöille teetettiin kysely, jossa oli 2 kysymystä:

- "Mikä tekisi työnteostasi helpompaa tai tehokkaampaa? Onko jotain, jonka voimme parantaa tai muuttaa, jotta voit työskennellä sujuvammin?"
- "Voitko luetella viisi paikkaa, joissa koet hukkaavasi eniten aikaa työtehtävissäsi?"

Kyselyn tarkoituksena oli saada näkökulmaa suoraan asentajilta, jotka ovat päivittäin tekemässä turbomoduuleita. Ensimmäisen kysymyksen tarkoitus on saada kehitysideoita suoraan ihmisiltä, joiden työtä olisi tarkoitus helpottaa. Toisen kysymyksen tarkoitus oli löytää ongelmakohtia, joiden kanssa he ovat päivittäin.

3. Haastattelut ja arvovirtakartoitus: Työn aikana haastattelin useita prosessissa olevia henkilöitä, jotta saisin mahdollisimman monta eri perspektiiviä sekä yleisesti, että arvovirtakartoitusta varten. arvovirtakartoituksen tarkoitus oli saada mahdollisimman laaja käsitys meidän prosessistamme ja kaikista sen sidosryhmistä, jotta saisin visuaalisen esimerkin ongelmista, jotka vaikuttavat meidän tuotantomme, vaikka olisivatkin erittäin kaukana.

Tekemäni arvovirtakartoitus poikkeaa normaalista arvovirtakartoituksesta, koska sen tarkoitus ei ollut kuvata läpimenoaikoja ja vaiheajoja yksityiskohtaisesti, eikä sitä tehty yhdessä sidosryhmien kanssa.

4. DotConnector-poikkeamat: Tuotannossa käytämme Manufacturing Execution System (MES) -järjestelmää, joka mahdollistaa poikkeamien tekemisen. DotConnector on sisäinen tuotenimi tälle järjestelmälle. Sen avulla muun muassa seurataan tuotantoa ja ohjataan materiaaleja varastosta tuotantoon. DotConnectorin

avulla luodaan poikkeamailmoitus, jos tuotannossa ilmenee jokin normaalista poikkeava tilanne.

Hukka-ajan selvitykseen tutkin ajoitetun havainnoin ajanjakson aikana tehtyjä poikkeamia ja niiden tietoja. DotConnector-poikkeamat antavat hyvän käsityksen siitä, kuinka usein poikkeavia tilanteita syntyy, ja kuinka kauan niiden selvittämisessä kestää.

5. Turboalueen tuotantosuunnitelma -Excel: Ylläpidän turboalueen tuotanto suunnitelmaa, mistä selviää läpimenoajat v. 2023 keväästä tähän päivään ja hieman eteenpäin.

7 TUTKIMUSTULOKSET

7.1 Ajoitettu havainnointi

Ajoitetun havainnoinnin tarkoituksena oli selvittää, kuinka suuri osa työajasta käytetään tuotteen arvonlisäämiseen eri työpisteissä. Tämä tapahtui päivittäisillä käynneillä tuotannossa kello 7, 9, 11 ja 13 välillä 26.2.–8.3.2024. Jokaisen käynnin aikana tarkasteltiin, lisättiinkö tuotteelle arvoa, ja sen perusteella merkittiin Excel-taulukon tilanne seuraaviin kategorioihin:

- V: Arvonlisäys (Value added)
- MM: Materiaalin puuttuminen (Missing material)
- WR: Odotus resurssien saatavuudelle (Waiting recourse, assemblers)
- D: Laatuvirheet (Defects)
- T: Kuljetus (Transportation).

Jos tilanteeksi merkittiin mikä tahansa muu kuin "V" (Value added), ongelma numeroitiin ja kirjattiin kyseisen kategorian alapuolelle. Projektit olivat värikoodattuja asiakkaan mukaan:

- Sininen: Medium Main Assembly
- Vihreä: Medium Line Assembly
- Keltainen: Large bore.

Station	Project	26.2 MA	27.2 TI	28.2 KE	29.2 TO	1.3 PE	2.3 LA	3.3 SU	4.3 MA	5.3 TI	6.3 KE	7.3 TO	8.3 PE	Value added %	
MTA6	ICDAS	mmT	T	EOA										0 %	
MTA6	Vallianz p111	5	5						EOA					65 %	
MTA6	CHI p114	8	2	2	1	2		1	Soa	mmwr	mmwr	mmwr	mmwr	30 %	
MTA7	Austal p111	wr	V	T	EOA									50 %	
MTA7	CHI p113	1							EOA					35 %	
MTA7	DSME p111	8	1	11	11	11	14	1	2	1				60 %	
MTA2	Austal p112	wr	V	V	wr	wr	V	V	V	V	T	T	T	EOA	73 %
MTA2	Vallianz p112	1	1	1					31	31	31	31		50 %	
MTA2	Vallianz usp p111													0 %	
MTA1	Wheaton p111	wr	V	V	V	V	V	V	EOA					88 %	
MTA1	Wheaton p113	2												56 %	
MTA1	Wheaton p115													58 %	
MTA3	Wheaton p112	V	V	V	V	V	V	V	V	D	V	V	V	EOA	95 %
MTA3	Wheaton p114													22 %	
MTA3	Scarabeo p111													0 %	
MTA4	Dee sun p112	mm	mm	mm	mm	wr	V	V	V	V	wr	V	V	EOA	50 %
MTA5	MT 9L TS	2	9	9	2	23	1							67 %	
Lattia	CD4 p112	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	3 %	
Telline 1	CD4 p111	D	D	D	D	D	V	V	V	V	D	D	D	30 %	
Solving	Teco Macdill	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	57 %	
Telline 2	Mullilo p122	mm	mm	mm	mm	V	V	V	V	T	EOA			60 %	
Telline 2	Mullilo p123	6	6	6	6									69 %	

Kuva 13. Ajoitettu havainnointitaulukko.

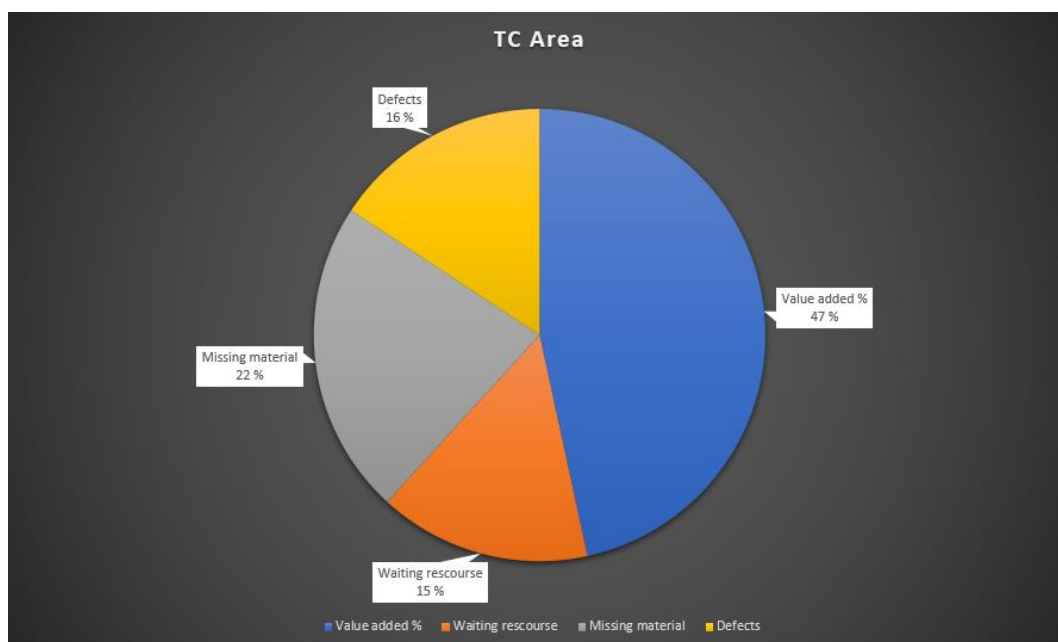
Jokaisen projektisarakkeen sivulla nähdään mikä oli projektin kokonais-”value added” -suhde. Taulukon alapuolelle laskettiin missä suhteessa eri kategoriat esiintivät jokaisella osastolla.

Näistä tuloksista voidaan päätellä esimerkiksi, että Medium Line Assemblyllä on korkein arvonnalisäyssuhde, mutta myös korkea määrä puuttuvaa materiaalia. Medium Main Assemblyssä on usein työpiste ilman asentajia, ja korkea määrä puuttuvaa materiaalia. Large borella oli tutkimuksen aikana 91 % prosenttia koko osaston laatuvirheistä.

	Value added %	No value added	Waiting recourse	Missing material	Defects
MMA	46 %	54 %	29 %	25 %	0 %
MLA	57 %	43 %	12 %	29 %	3 %
HPA	42 %	58 %	9 %	19 %	30 %
TC area	47 %	53 %	15 %	23 %	16 %

Kuva 14. Osastokohtaiset tulokset (Value added/no value added).

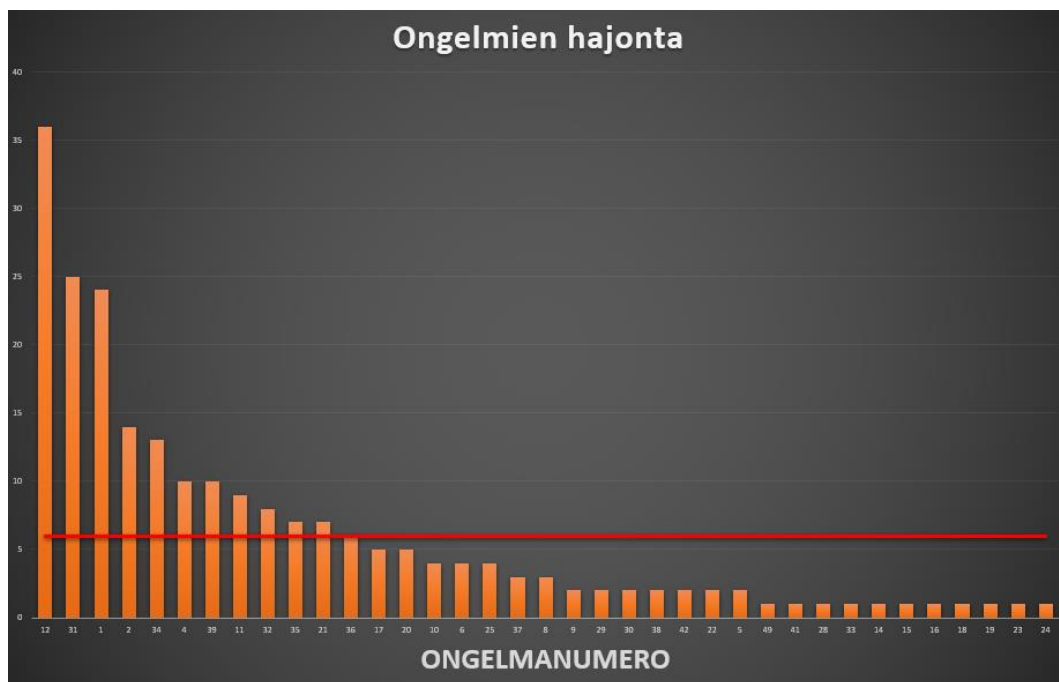
Koko osastolla 47 % työajasta oli arvoa lisäävää työtä. Eniten työtä esti materiaalin puuttuminen, mitä esiintyi 22 % ajasta, toisena oli laatuvirheet, mitä esiintyi 16 % ajasta, ja viimeisenä asentajien puuttuminen, mitä esiintyi 15 % ajasta.



Kuva 15. Koko alueen tulokset.

Ajoitetun havainnoinnin perusteella voidaan todeta, että arvoa lisäämätöntä aikaa yksittäiselle projektille esiintyi satunnaisesti, määrä vaihteli 3 % ja 95 % välillä. Laatuun liittyvät virheet olivat kestoiltaan huomattavasti pidempiä kuin muut ongelmat, mikä johtuu siitä, että ne edellyttävät ylimääräistä työtä, ja mahdollisesti materiaalin puuttumista.

Numeroituja ei-arvoa lisääviä ongelmia oli yhteensä 222, joista uniikkeja ongelmia oli 37. Yleisin ongelma toistui 36 kertaa, ja vain kerran esiintyneitä ongelmia oli 11 kappaletta. Ongelmista vain 11 ylitti keskiarvon (kuusi kappaletta).



Kuva 16. Ongelmien hajonta.

Q	desc
36	Väärä air inlet piece
25	Ei vapaata solvingia
24	asentajat töissä, mutta eivät työmaalla
14	asentajat eivät vielä töissä
13	Materiaali vielä toimittamatta
10	Kannatin case
10	Kuljetus rauta hukassa
9	Ei riittävästi tekijöitä
8	Ei riittävästi sähköasentajia
7	materiaali kutsumatta
7	Wastegate moduuli puuttuu

Kuva 17. Yleisimmät ongelmat ajoitetussa otannassa.

Väärä ilmansyöttöosa (36 kpl): Työpisteelle toimitettu ilmansyöttöosa oli toimitettu väärällä revisiolla. Wärtsilän ohjesäännössä lukee, että jos materiaalille tehdään revisiomuutos, sen täytyy olla yhteensopiva aiempien revisioiden kanssa. Ohjesääntöä ei ollut kuitenkaan noudatettu, ja toimitettu materiaali ei ollut yhteensopiva muun kokoonpanon kanssa. Uusi komponentti jouduttiin tilaamaan Kiinasta, ja sen toimitusaika oli erittäin pitkä. Odotusaikana töitä ei voitu jatkaa.

Ei vapaita solvingeja (25 kpl): Solving on kääntöpöytien valmistaja, sillä kuvataan puhekielessä kääntöpöytiä. Jokainen Medium Main Assemblyyn tai Medium Line Assemblyyn valmistettava turbo täytyy kasata kääntöpöydällä. Välillä moottorikoonpano ei pysy tahdissa mukana, jolloin he eivät pysty asentamaan turboa moottoriin, mikä estää turbokoonpanon aloittamisen. Toisaalta vapaiden kääntöpöytien puuttuminen tarkoittaa, että välivarastossa on turboja, mutta Medium Main Assembly on kuusipaikkainen solutuotanto, jossa useampi moottori saattaa olla samassa vaiheessa. Jos useampi moottori tarvitsee turbomodulin samaan aikaan, saatamme myöhästyä seuraavan toimituksen kanssa, vaikka välivarasto olisi ollutkin juuri täynnä. Kuljetusaluustoja on yhteensä 11 Medium Main Assemblyn ja Medium Line Assemblyn käytössä.

Asentajat töissä, mutta eivät työpisteellä (24 kpl): Asentajat saattavat pitää liian pitkiä tai ylimääräisiä taukoja, jolloin tuotanto ei edisty.

Asentajat eivät vielä töissä (14 kpl): Aamuseitsemältä osa asentajista ei ollut saapunut vielä töihin. Tämä on sallittua työajan puitteissa.

Materiaali vielä toimittamatta (13 kpl): On olemassa useampi syy miksi alihankkija ei pysty toimittamaan materiaalia.

Turbon kannatinongelma (10 kpl): Varastoitu kannatin on ollut väärin varastoituna Italian varastossa. Kyseinen komponentti on erittäin monimutkainen, mutta tarkemmin tutkimalla huomataan, että kyseessä on eri komponentti. Työn aloituksen jälkeen moduuli täytyi purkaa, ja lähettää kannatin koneistukseen.

Ei riittävästi tekijöitä (9 kpl): WIP on nostettu hieman korkeammalle kuin todellinen tarve on. Jos osastolla ei ole muita ongelmia, saatetaan päästä siihen tilanteeseen, ettei asentajia ole tietyllä hetkellä riittävästi.

Ei riittävästi sähköasentajia (8 kpl): Sähköasentajien työkuorma on erittäin vaihteleva, ja se jakaantuu kaikille 11 työpisteelle. Osastolla voi olla tilanne, että he joutuvat odottamaan vapaita sähköasentajia.

Materiaali kutsumatta (7 kpl): Asentajien täytyy kutsua materiaalit työpisteelle tuotannonohjausjärjestelmästä. Välillä tarvittava materiaali on kerätty, mutta asentaja ei ole tilannut sitä itselleen, jotta työt voisivat jatkuu.

Wastegate-moduuli puuttui (7 kpl): Riippuen turbomodulin tyylistä, sillä saattaa olla alikokoonpanossa valmistettuja moduuleita.

Q	↓	desc
36		Väärä air inlet piece
25		Ei vapaata solvingia
24		asentajat töissä, mutta eivät työmaalla
14		asentajat eivät vielä töissä
13		Materiaali vielä toimittamatta
10		Kannatin case
10		Kuljetus rauta hukassa
9		Ei riittävästi tekijöitä
8		Ei riittävästi sähköasentajia
7		materiaali kutsumatta
7		Wastegate moduuli puuttuu
6		Merkitty vapautus exceliin ilman vapautusta
5		Epäselvä ohjeistus kannattimen nostossa jigiin
5		Pakari moduuli oli puutteellinen asiaan ei oltu reagoitu modulissa ja nyt meidän täytyy reagoida materiaali ongelmaan.
4		Cooler moduuli puuttui
4		Kotasen myöhäinen kuljetus
4		Kannattimesta löytyi liisää virheitä
3		Tarvittava materiaali ei varaudu orderille
3		Kuutio puuttuu
2		Kammio väärässä asennossa
2		Materiaali toimitetaan JLK ja unohtettu tilata ajoissa
2		Eristeiden muutokse vaativat hyväksyntää
2		Odottaa solvingin kuljetusta
2		Kotiinkutsut puuttuu
2		Kannatin on viallinen, vaatii räjäköintiä alihankkijoilla
2		varastointi virhe
1		Teline huollossa
1		VKB tilaukset tilattu tarpeeseen eli liian myöhään Dot connector
1		Sähköboxi kuljetettu väärään paikkaan
1		Metallipölyä napier ahtimessa
1		sähkötyöt muilla moduuleilla mahdollisesti töiden aloittamisen
1		Kotiinkutsut hukassa
1		Pakarimoduuli puuttuu
1		Uuuden moduulin aloituksessa osat puuttuivat
1		Kannattimessa oleva öljynpaluunmittausreikä on vajaa
1		Resurssit lainassa centrica p114
1		Teline hajosi

Kuva 18. Kaikki ongelmat ajoitetussa otannassa.

7.2 Kysely työntekijöille

On mahdollista, että työntekijöillä ei ole puitteita tehdä 100 % tehokkuudella töitä. Kyselyn oli tarkoitus selvittää mitä ongelmia asentajat kohtaavat silloin, kun he te-

kevät töitä. Kysely suoritettiin antamalla kyselylomakkeet tunnin kestoisen palaverin alussa, vastaukset kerättiin palaverin päätyttyä. Kyselyyn vastasi 11 asentajaa. Kyselyssä oli kaksi kysymystä, jotka olivat:

- ”Mikä tekisi työnteostasi helpompaa tai tehokkaampaa? Onko jotain, jonka voimme parantaa tai muuttaa, jotta voit työskennellä sujuvammin?”
- ”Voitko luetella viisi paikkaa, joissa koet hukkaavasi eniten aikaa työtehtävissäsi?”

Vastaukset eriteltiin kategorioihin, että selviäisi kuinka moni asentajista kokee saman asian ongelmaksi. Vastauksista nousi 22 eri aihetta, jotka hidastivat tekemistä tai niissä olisi potentiaalia helpottaa tekemistä. Kategoria, johon vastauksissa viitattiin eniten, sai kahdeksan vastausta, ja yksittäisiä vastauskategorioita oli yhdeksän. Vastauksien kategoriakohtaisten tiheyden keskiarvo oli 2,6.

Määrä	Otsikko
8	bulkkien etsintä
7	osapuutteet
7	Työkalut
6	Puutteellinen työnjohto
3	myöhäiset rellaukset
3	Ylimääräinen ATK työ (SQS, DC)
3	Liikaa osia lattialla

Kuva 19. Yleisimmät kyselyn vastauskategoriat.

Bulk-materiaalien etsintä (kahdeksan vastausta): Bulk-materiaaleina käytösämme ovat esimerkiksi pultit ja mutterit. Niitä ei erikseen kerätä, vaan hyllyt pidetään täytettyinä, mistä asentajat hakevat niitä tarpeen mukaan kokoonpanoa varten. Kyselyyn vastanneista vain kolme ei maininnut bulk-materiaaleista aiheutuneita ongelmia. Syitä bulk-materiaalien etsinnälle oli useampi. Osa kertoi kuinka bulk-materiaalia ei ollut saatavilla oman osaston bulk-hyllystä. Toiseksi yleisin

bulk-vastaus oli, kun kokoonpano kuvissa ei ole ilmoitettu onko kuvan mukaiset osat bulk-materiaalia vai kerättäviä osia.

Osapuutteet (seitsemän vastausta): Useat vastaajat nostivat osapuutteet esille tavalla tai toisella. Osapuutteen juurisyitä on useita, joihin paneudutaan tarkemmin value stream mapping:ssä. Osan puuttuminen tarvehetkellä tarkoittaa ylimääräistä työtä, jotta ongelman selvitys lähtee käyntiin.

Työkalut (seitsemän vastausta): Suuri osa vastaajista kommentoi työkaluihin viitattavia ongelmia jollain tavalla. Ongelmakohtina mainittiin muun muassa, että työkaluille ei ole omia paikkoja, ja jos on, niin ne eivät palaudu sinne. Tiettyjen työkalujen laadusta ja soveltumattomuudesta saatiin muutama vastaus. Myös työkalujen puuttumisesta oli mainintoja.

Puutteellinen työnjohto (kuusi vastausta): Osasto toimii niin sanotulla itseohjautuvalla menetelmällä. Puutteellisella työnjohdolla tarkoitetaan epäselviä tavoitteita, yksittäisten henkilöressurssien tehokkuuden seurannanpuutetta ja työnjohdollisen tuen puutetta.

Määrä	Otsikko
8	bulkkien etsintä
7	osapuutteet
7	Työkalut
6	Puutteellinen työnjohto
3	myöhäiset rellaukset
3	Ylimääräinen ATK työ (SQS, DC)
3	Liikaa osia lattialla
2	Osien etsintä
2	Eristeet pakattu väärin
2	Työläät kuljetus pakkaukset
2	siisteys
2	Puutteellinen perehdytys
2	Vanhat ja uudet materiaali numerot eivät näy kuvissa
1	Sähköosat myöhäisellä vaiheella
1	Ilmoitus jos keräyksestä puuttuu osa
1	Automaatio ei tarkista ajoissa sähköbokseja
1	Laatuongelmien läpinäkyvyys
1	työvuorojen tasapainotus kokemuksen perusteella
1	Vesipisteen puuttuminen
1	Henkilöt tiimeihin
1	Pitkät odotus ajat tilauksesta
1	Huonot lavakärryt

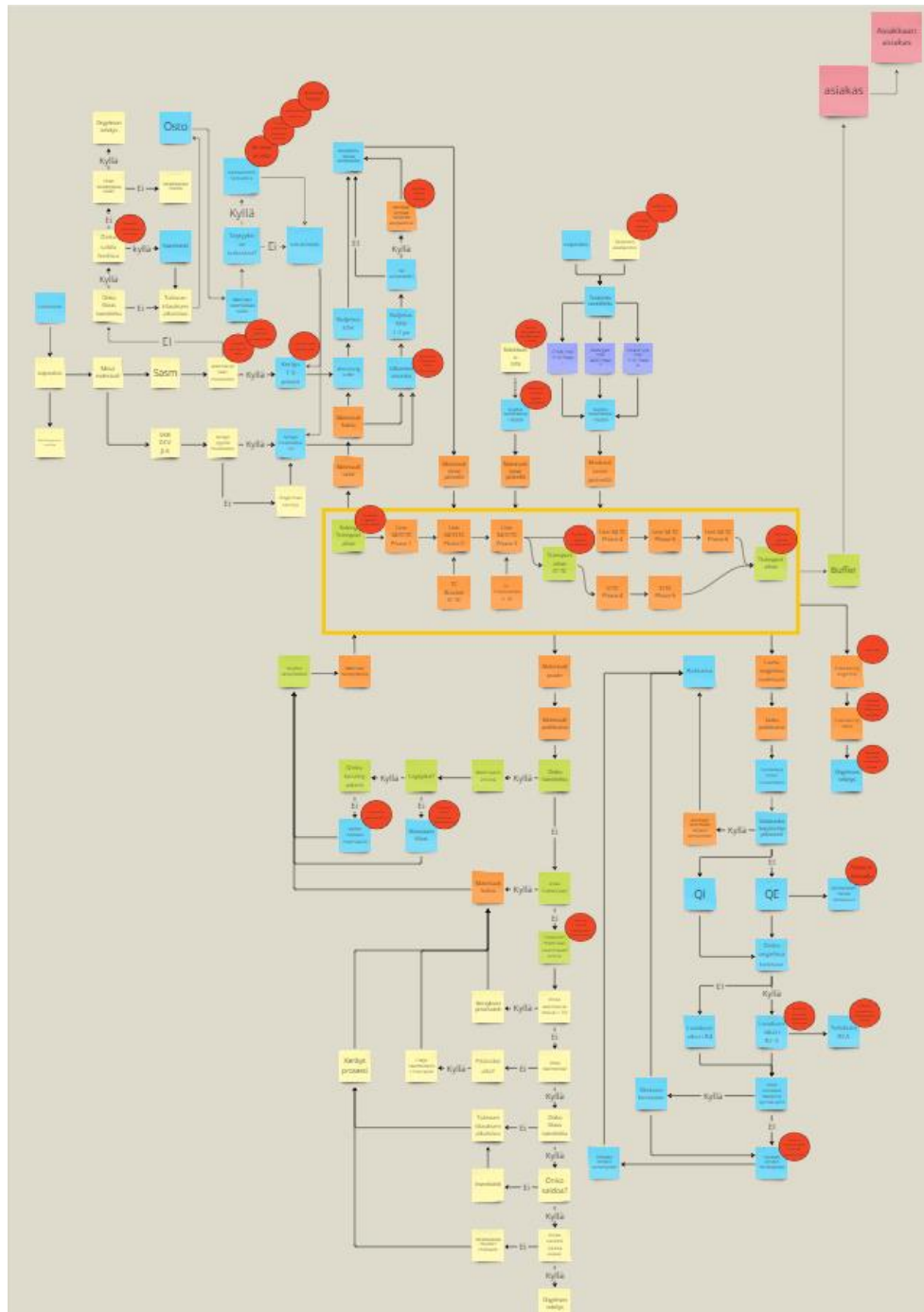
Kuva 20. Kaikki kyselyn vastauskategoriat.

7.3 Arvovirtakartoitus

Arvovirtakartoituksen (Value stream mapping) tarkoitus oli tutkia turboalueen ulkopuolisia tekijöitä, mitkä kuitenkin vaikuttavat turboalueen prosessiin. Tutkimus suoritettiin haastattelemalla eri osastojen henkilöstöä, ja yleisellä prosessitunteuksella. Kartoituksessa avattiin tietyt prosessit syvällisemmin, jotta ongelmakohtat pystyttäisiin avaamaan paremmin, ja osa prosesseista yksinkertaistettiin, jotta kartoitus olisi selkeämpi. Kartoitukseen merkityt vaiheiden vastuulliset ovat värikoodattuja:

- Oranssi: Turboalueen asentaja
- Keltainen: Turboalueen prosessin sisäinen
- Sininen: Turboalueen prosessin ulkopuolinen

- Vihreä: Aluepalvelu
- Punainen (Ympyrä): Ongelma prosessissa.



Kuva 21. Arvovirtakartta [7].

Arvovirtakartoituksesta löytyneitä ongelmia oli yhteensä 27, suurin osa ongelmista olivat sidonnaisia materiaalin saatavuuteen tai niiden laaduttomuuteen.

Hankinnan aiheuttamat haasteet jätettiin kartoituksesta, koska toimitusketjussa on loputtomasti mahdollisia haasteita, joita ei voi yksiselitteisesti ratkaista kaikilta alihankkijoilta. Prosessin ulkopuolella olevia toimintoja on useita, ja monella on useampia haasteita. Arvovirtakartoitus löytyy liitteistä.

Komponenttien vastaanottotarkastus, eli SQA (supplier quality assurance), vastaa komponenttien mahdollisesta laatu- ja tarkastuksesta materiaalin vastaanottamisen jälkeen. SQA aiheuttaa kuitenkin erittäin paljon haasteita tuotannolle. Vastaanotto- ja prosessiin on laskettu tietty aika (GR eli goods received), minkä sisällä komponentti täytyy saada toimituksesta varastoon. SQA ei kuitenkaan pysty toteuttamaan tarkastuksia näissä aikamääreissä. On myös erittäin yleistä, että tarkastuksen jälkeen materiaalit jäävät SQA:n hyllyyn, mikä ei ole vapaata varastoa, vaan kyseisten komponenttien kuljetusta vapaaseen varastoon täytyy erikseen pyytää. Tietty materiaalit käyvät läpi vastaanottotarkistuksen SAP:n dynaamisen tarkastusmallin ohjauksesta, ja tämän päätöksen takana vaikuttaa niiden kriittisyysluokittelu. Kriittisyysluokitteluun vaikuttavat erilaiset tekijät, kuten havaittu laaduttomuus tuotannossa, laaduttomuus toimittajalta, uuden toimittajan tuoma komponentti tai täysin uusi komponentti. Jos tiettyjä komponentteja joudutaan tarkastamaan vastaanottotarkistuksessa laadunpuutteiden vuoksi, voi tilanteita syntyä, joissa kyseinen ongelma jää havaitsematta. Vaikka vastuu olisi SQA-osastolla, tällä hetkellä ei ole henkilöä, joka valvoisi näiden toteutusta.

Kun tuotannossa todetaan laaduttomuus, tarkastaja luo siitä vikailmoituksen, vikailmoitukseen merkitään kriittisyys, kriittisyydeksi merkitään R1-R4:

- R4 – Low risk
- R3 – Medium risk
- R2 – High risk
- R1 – Very high risk.

Kriittisyydellä kuvataan kuinka paljon haittaa tai potentiaalista haittaa laaduttomuus aiheuttaa. Tuotannosta tehtävät vikailmoitukset ovat lähes aina merkitty

matalimmalla riskitasolla, eli R4. R4-vikailmoitukset eivät vaadi lisätutkimuksia, tai juurisyysanalyysiä (RCA). Monet laatuongelmat ovat kuitenkin toistuvia, ja matalan riskitason ansiosta juurisyitä ei ikinä tutkita, vaikka tarkastajalla olisikin hyvä käsitys mistä ongelma on peräisin. Tilanteissa, jossa toimitettu komponentti on laaduton, ja sitä on varastossa, tarkastajat lisäävät vikailmoitukseen varaston tarkastuksen, jonka vastuullinen on SQA, niitä ei seurata.

Turbomoduulin kokoamisen aikana on useita komponentteja, joiden sarjanumero, tyyppi, malli ja muut tiedot on kirjattava ylös. Kyseisiä tietoja tarvitaan, jos tulee tarve etsiä viallinen komponentti keskeneräisestä tai valmiista tuotannosta. Koeajon täytyy myös raportoida mitkä komponentit valmiissa moottorissa on. Prosessin ongelma on siinä, että tuotanto käyttää SQS (Smart quality system) -järjestelmää, ja koeajo QDMS (Quality Document Management System) -järjestelmää. Kyseiset järjestelmät eivät keskustele keskenään, vaan tiedot täytyy manuaalisesti siirtää järjestelmästä toiseen. SQS-järjestelmään ei välttämättä pysty kirjata tietoja tarvehetkellä, koska järjestelmä ei vielä pyydä tietoja, tai koska UII-koodinluku ei toimi. SQS -kehitys koeajoon on kesken ja valmis lähitulevaisuudessa.

Prosessin sisäisistä ongelmista vaikuttavin on mahdollisten saldoheittojen tunnistamisen vaikeus. Jotta materiaali saadaan oikea-aikaisesti tuotantoon, täytyy materiaalikeräykset ensin vapauttaa kerättäväksi. Vapautukset täytyy tehdä noin kaksi päivää ennen tarvetta. Vapauttamisen jälkeen pystytään varmistamaan, että muodostuuko jokaiselle komponentille keräyspyyntö, jos pyyntöä ei muodostu, materiaalia ei ole vapaassa saldossa. Mahdollisia syitä sille, että materiaalia ei ole vapaassa saldossa on useita, yleisimpiä ovat myöhästyneet toimitukset ja saldoheittot kahden SAP-järjestelmän välillä. Jos kyseessä on saldoheitto, täytyy komponentti tilata alihankkijalta, ja on hyvin todennäköistä, että materiaalia ei saada toimitettua tarvepisteelle haluttuna aikana.

Turboaluetta palvelee kolme logistiikan aluepalvelijaa. Aluepalvelun velvollisuus on täyttää kaikki asentajien logistiset tarpeet, joita ovat esimerkiksi materiaalin

kuljetus asennuspisteille varastosta tai välivarastosta, valmiiden moduulien kuljetus moottoriasennukseen, ja tyhjien kääntöpöytien palautus asennuspisteille. Aluepalvelu vastaa myös asentajien kysymyksiin, jos materiaali ei ole saatavilla. Suurimmat aluepalvelun ongelmat ovat epäselvä viestintä, milloin moduuli täytyisi kuljettaa pois turboalueelta. Aluepalvelulla ei ole lupaa mennä varaston puolelle, joten pienetkin ongelmat on siirrettävä eteenpäin, mikä hidastaa prosessia. Jos materiaalia puuttuu asennuspisteeltä, asentajat tekevät DotConnector-tuotannonohjausjärjestelmään materiaalipoikkeaman, aluepalvelu on ensimmäinen vastaaja materiaalipoikkeamiin. Aluepalvelun selvitystyö on hyvin pinnallinen, ja tehokkaamman prosessin luomiseksi olisi syytä kouluttaa aluepalvelijat tekemään syvällisempää tutkimusta, mikä mahdollistaisi ongelmien ratkaisun nopeammin.

Ongelma
SQA
Gr aika ei riitä
Stock inspection taskeja ei seurata
Tarkistuksiin ei voi luottaa
Osat jäävät hyllyyn
Laatu
QE vikari ei laita komponenttia tarkkailuun
toistuvat ongelmat eivät nosta riskitasoa R4>R3
Ei R3 vikareita, ei RCA
korjaus toimenpiteitä ei aina sovita loppuun
Traceability
puutteellinen RCA
epäselvä ohjeistus issue käytännössä
joudutaan jälkeinpäin palaamaan asiaan
Aluepalvelu
Epäselvä ohjeistus tyhjien solvingien siirroille
Epäselvä ohjeistus valmiiden turbojen kuljetuksille
Aluepalvelu ei saa mennä LC
Aluepalvelu eskaloi materiaali ongelmat liian nopeasti
Proactor module
Proactor module matala toimitus varmuus
Proactor module tarve bufferille
Materiaalit
Saldo heittoa ei ole mahdollista ennustaa
Varaston tarkastus prosessi alkaa 2h rellauksen jälkeen
Rellauksille liiallinen tarve optimoinnille
JLK Hitaat kuljetukset
Asentajat kyselevät materiaalia ennen kuin se on tilattu
MLA Kotiinkutsu tulevat myöhässä jos ollaan "liikaa" edellä
Kotiinkutsu materiaalit hukassa
ZVLmove ilman kulutusta = saldoheitto

Kuva 22. Kaikki arvovirtakartoituksella löydetyt ongelmat.

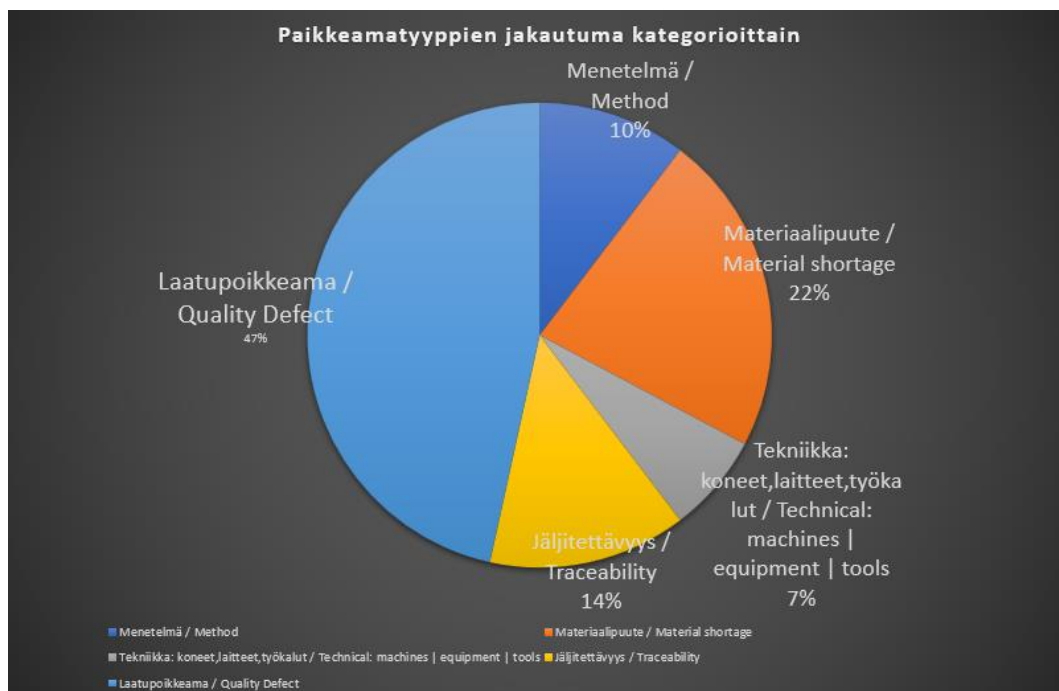
7.4 DotConnector-historia

Kokoonpanossa käytetään DotConnector-tuotannonohjausjärjestelmää. Asentajat näkevät järjestelmästä työohjeet, työvaiheet ja merkitsevät etenemän. Poikkeavissa tilanteissa asentajat tekevät poikkeaman järjestelmään. Poikkeamat on jaettu viiteen eri kategoriaan:

- Menetelmä
- Materiaali
- Tekniikka
- IT-järjestelmät ja laitteet
- Laatu.

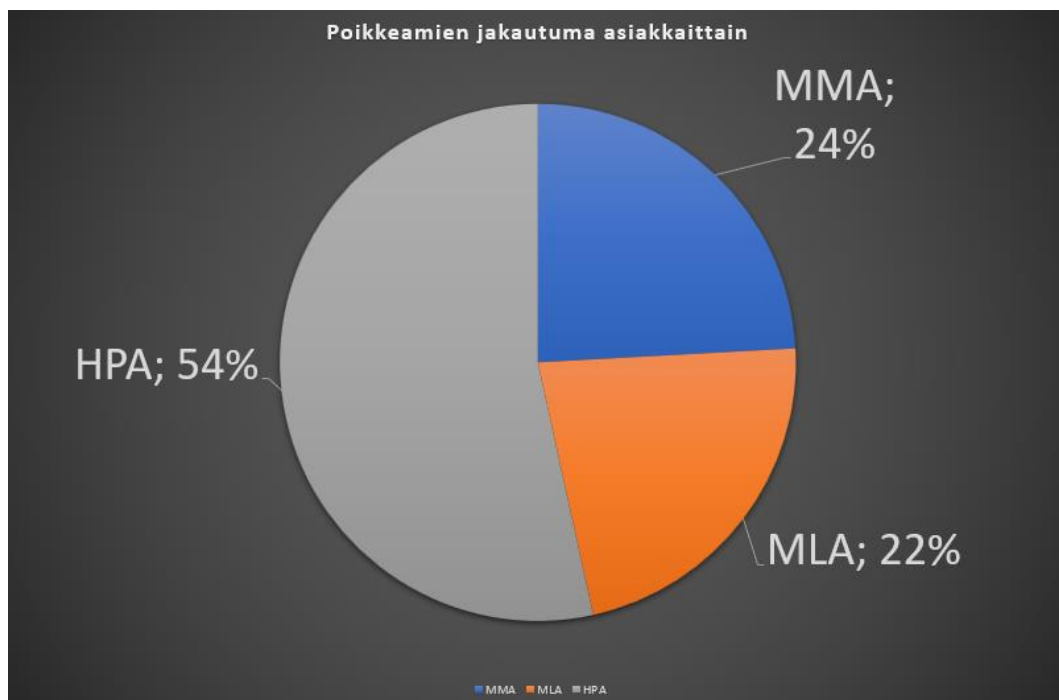
Menetelmäpoikkeamiin kuuluu kaikki ongelmat työntekotavoissa, esimerkiksi puutteelliset ohjeet, ja mahdollisuus käyttää parempaa kokoonpanojärjestystä. Materiaalipoikkeamiin kirjataan kaikki materiaalien toimitusongelmat. Tekniikka-poikkeamiin ilmoitetaan puuttuvat tai rikkiäiset työkalut. IT-järjestelmä- ja laite-poikkeamat luodaan, jos jossain järjestelmässä on ongelma, esimerkiksi SQS tai DotConnector. Laatu-poikkeamia luodaan aina, kun tuotannossa havaitaan laaduttomuutta.

Tutkimuksen aikana (26.2.–8.3.2024) aktiivisena oli yhteensä 58 eri poikkeamaa. Suurin osa poikkeamista olivat laatu-poikkeamia, joita oli yhteensä 27. Viimeisen vuoden aikana laatu-poikkeamien määrä on kasvanut suuresti, ja laatu-poikkeamien määrä on siirtynyt yleisimmäksi poikkeamakategoriaksi koko yrityksessä. Toiseksi eniten poikkeamia luotiin materiaaleista, joita luotiin yhteensä 13. Aikaisemmin materiaalipoikkeamat ovat aina olleet suurin poikkeamien lähde, mutta materiaali poikkeamien määrä on laskenut jatkuvasti. Jäljitettävyyspoikkeamia oli yhteensä kahdeksan. Jäljitettävyyden on työmäärällisesti erittäin pieni osa tuotannon tehtäviä, mutta suhteellisesti aiheuttaa erittäin paljon ongelmia. Vähiten poikkeamia luotiin tekniikasta (neljä kappaletta), ja toiseksi vähiten menetelmistä (kuusi kappaletta).



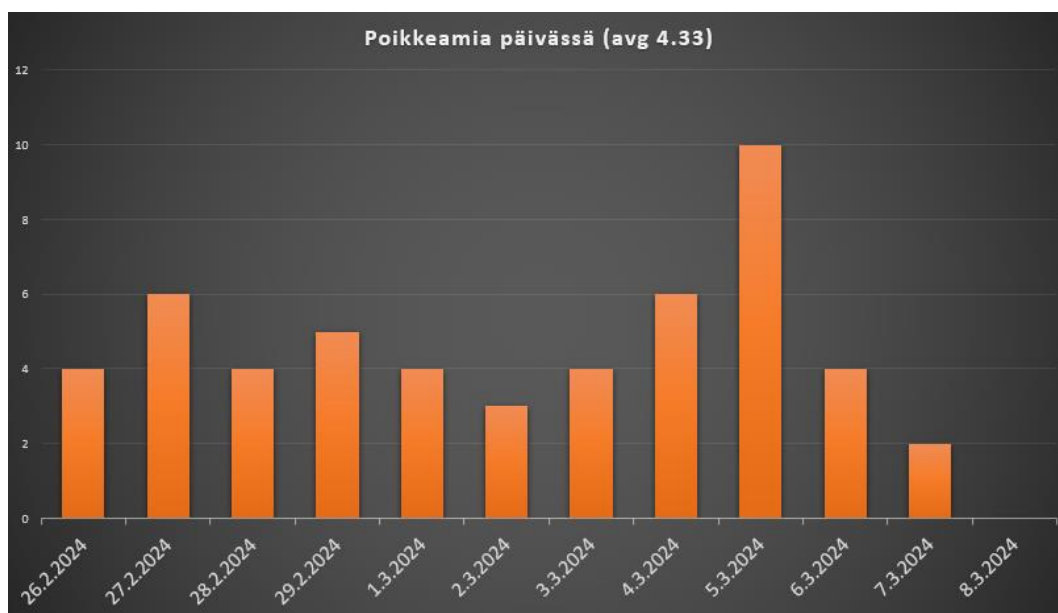
Kuva 23. Poikkeamatyyppien jakautuma kategorioittain.

Osastokohtaisesti Large borella luotiin 31 poikkeamaa, mikä on kaikista osastoista eniten. Large borella myös työskentelee suurin osa asentajista. Medium Line Assemblyssä tehtiin 13 poikkeamaa, mikä on kaikista vähiten suhteutettuna asentajamääriin. Medium Main Assemblyssä tehtiin 14 poikkeamaa, muihin osastoihin verrattuna poikkeamamäärä on kaksinkertainen suhteessa asentajamääriin.



Kuva 24. Poikkeamien jakautuma asiakkaittain.

Poikkeamia luotiin keskimäärin 4,33 päivässä, ja poikkeamien selvitysaikojen mediaani oli 24 h, 47 % poikkeamista selvitetään alle päivässä.



Kuva 25. Tutkimuksen aikana luodut poikkeamat päiväkohtaisesti.



Kuva 26. Poikkeamien ratkaisuaajat.

7.5 Yhteenveto

Monipuolisten tutkimusmenetelmien avulla tunnistettiin lukuisia kehityskohteita. Yhteensä 86 ongelmaa havaittiin otantatutkimuksen, kyselyn ja kartoituksen avulla. Näiden ongelmien pohjalta laadittiin yhteensä 19 kehitysehdotusta, ja lisäksi tunnistettiin tarve ohjeistukselle useissa eri asioissa.

8 KEHITYSEHDOTUKSET

8.1 Ohjeistuksen lisäys

Monet tuotannon ongelmat johtuivat huonosta tai puutteellisesta ohjeistuksesta. Tutkimuksen jälkeen turboalueelle luotiin päivittäinen aamupalaverikäytäntö, missä ohjeistetaan päivän kriittiset asiat. Monet asiat kuitenkin vaativat tarkempaa läpikäyntiä, joten päivittäisen palaverin lisäksi otettiin käyttöön kuukausipalaveri, missä käydään tarkemmin läpi monimutkaisemmat asiat. Asiat, joita tutkimuksen perusteella käytiin läpi ensimmäisessä kuukausipalaverissa olivat:

- Kuinka saadaan turbon nostotyökalut tarvepisteelle?
- Kuinka paljon tulee ennakoida materiaalikutsujen kanssa?
- Kuinka paljon tulee ennakoida ulkoisten varastojen materiaalikutsujen kanssa?
- Kuinka informoit aluepalvelua, että saat valmiin turbomodulin siirrettyä pois työpisteeltä?
- Miten tunnistat, onko turbon sähköosat toimitettu?
- Miten löydät kotiinkutsutut osat, ja miten tunnistat mitkä osat ovat kotiinkutsuttavia?
- Milloin tilaat osat uudelle aloitukselle, jotta uuden moduulin aloittaminen olisi sujuvampaa?
- Miten varmistat, että lattialla ei ole liikaa osia?
- Kuinka saat sähköosat tilattua aikaisemmassa vaiheessa?
- Kuinka teet oikeaoppisesti poikkeaman jokaisessa tilanteessa?

8.2 Seurannan lisäys

Käyttöön otetussa aamupalaverissa käydään päivittäin läpi päivän tavoitteet, jotta jokainen tietää mitä heidän täytyisi päivän aikana tehdä. Aamupalaveri käydään läpi asennuspisteellä. Tuotantoon vietiin näyttö, jossa näytetään jokaisen moduulin perustiedot, etenemä, mahdolliset materiaalihaasteet, tilattavien materiaalien määrä, ja aktiivisten poikkeamien määrä. Näyttö on jokaisen ohikulkijan nähtävillä, joten tulevaisuudessa pystyn vaatimaan esimiehiltä parempaa resurssitehokkuuden valvontaa. Ongelmakohtat ovat myös selkeämmin kaikkien nähtävillä.

8.3 5S-kehitys

Osastolla on 5S käytössä, mutta se on toteutettu erittäin huonosti, ja tarkoittaa lähinnä sitä, että torstaisin on siivouspäivä, jos esimies muistuttaa. Jatkossa olisi tarkoitus ottaa käyttöön 5S, jossa painotetaan erityisesti siisteyden ja järjestelmällisyyden jatkuvaa parantamista.

8.4 MMA TC BUFFER

Medium Main Assembly -turbojen kysyntä vaihtelee merkittävästi, ja joskus niiden tuotanto kohtaa tilanteen, missä suurin osa moottoreista on samassa valmistusvaiheessa. Tämä tarkoittaa sitä, että tarvittavien turbomodulien liikuteltavia kääntöpöytiä on saatavilla vain tietty määrä Medium Main Assembly -turbojen koonpanoon. Tämän seurauksena kuormituspiikki saattaa aiheuttaa toimitusten viivästymistä. On tapauksia, joissa kaikki alustalla olevat turbot ovat valmiita alkuviikosta, mutta seuraavan turbon toimitus viivästyy samana viikkona.

Vastaamaan tähän haasteeseen otetaan käyttöön kuljetusjigejä Medium Main Assembly -turboille. Jigeihin on tilattu adapterit, jotka mahdollistavat kaikkien L-mallisten turbonkannattimien käytön. Jigien avulla voidaan luoda suurempi puskuri vastaamaan vaihtelevaa kysyntää.

8.5 Materiaalikutsujen ohjeistus

Asentajat käyttävät DotConnector-tuotannonohjausjärjestelmää materiaalikutsujen tekemiseen, joilla he tilaavat tarvittavat valmiit keräyslavat tuotantoon. Lavojen toimitusajat vaihtelevat 15 minuutista 1,5 päivään, riippuen varastopaikasta ja satunnaisesta vaihtelusta. On äärimmäisen tärkeää ennakoida materiaalikutsujen tekeminen, jotta työ ei keskeydy, erityisesti uusien aloitusten yhteydessä. Muussa tapauksessa uuden moduulin aloitus voi viivästyä odottaessa tarvittavia osia, mikä pahimmillaan kestää 1,5 päivää.

8.6 Bulk-materiaalit kokoonpanopiirustuksiin

Kokoonpanopiirustukset eivät selkeästi osoita, onko kyseinen osa bulk-materiaalia, vai keräyksen mukana toimitettavaa materiaalia. Tämän seurauksena asentajan on kokoonpanovaiheessa ensin tarkastettava keräyslava, ja sen jälkeen bulkhylly ennen kuin hän voi jatkaa työtään. Pahimmassa tapauksessa tarvittavaa bulk-materiaalia ei ole edes asennuspisteen viereisessä hyllyssä, joten epävarman asentajan täytyy kirjautua tietokoneelle selvittääkseen, onko kyseessä bulk-materiaali ja, mistä materiaalin voi hakea.

Kokoonpanopiirustuksiin tulisi lisätä merkintä, mikä osoittaa, onko kyseessä bulk-materiaali vai keräysmateriaali.

8.7 Kaikkien materiaalinumeroiden lisääminen bulk-hyllyihin

Bulk-materiaaleilla on sekä vanha, että uusi materiaalinumero. Kokoonpanopiirustuksissa voi olla joko vanha, tai uusi numero, ja osassa hyllyissä olevista bulk-materiaaleista on vain toinen numero. Asentajan täytyy asennusvaiheessa kirjautua tietokoneelle selvittääkseen mikä on materiaalin toinen numero, ja mistä sitä on saatavilla.

Jotta asennus olisi sujuvampaa, molemmat materiaalinumerot tulisi näkyä kaikissa hyllyissä olevissa bulk-materiaaleissa. Lisäksi asennusta helpottaisi, jos kokoonpanopiirustuksissa käytettäisiin vain uusia materiaalinumeroita.

8.8 SQA:n SAP-tehtäviin vastuullinen henkilö

Tällä hetkellä, jos vikailmoituksessa mainitaan varastontarkastus, SQA on vastuussa siitä. Kuitenkin SQA ei seuraa SAP-työlistää, joten tarkastuksia ei suoriteta ilman erillisiä keskusteluja. Mikäli tarkastusta ei tehdä ennen seuraavan komponentin ottamista tuotantoon, joudutaan tuotannossa tekemään uusi vikailmoitus samasta ongelmasta, ja suorittamaan korjaavat toimenpiteet kesken tuotannon.

Kaikki ylimääräiset toimenpiteet tuotannossa hidastavat läpimenoaikoja, ja niitä tulisi välttää kaikin keinoin.

8.9 Luotettavimmat tarkastukset SQA:ssa

Viime aikoina olemme kohdanneet usein tilanteen, jossa tietylle osalle on tehty vikailmoitus, ja se on lähetetty suoraan SQA:lle, jossa ongelmallinen osa tarkastetaan. Muutaman päivän kuluttua osa on tarkistettu, ja se on palautettu varastoon. Kun kappale sitten otetaan varastosta tuotantoon, huomaamme, että se ei olekaan laadukas, ja kappaleessa on edelleen sama ongelma kuin silloin, kun se lähetettiin tarkastukseen.

Tarkastuksissa tulisi aina käydä läpi ne kohdat, joista on tehty vikailmoitus kyseisen komponentin osalta.

8.10 Laatuosaston roolit ja vastuut

Tuotannossa ilmenevissä laatupoikkeamissa havaitsemme, että tarkastajien toimintatavat ja vikailmoituksen käsittelykäytännöt vaihtelevat. Osa tarkastajista jättää korjaustoimet tuotannon vastuulle, osa siirtää ne materiaalin ostajalle, ja osa

sopii korjaustoimenpiteistä itse. Tämä vaihtelevuus kuitenkin hankaloittaa tuotannon ja prosessien ennakoitavuutta, erityisesti silloin, kun tuotantoa ei informoida ongelmista.

On selvää, että tuotannollisten paineiden vuoksi tuotanto saattaa selvittää laatuongelmia, mikä poikkeaa normaalista prosessin rakenteesta. Poikkeaviin tilanteisiin tulisi kuitenkin saada nopea ratkaisu, ja toimia annettujen prosessiohjeiden mukaisesti.

8.11 Riskitason nostamisesta käytäntö ja juurisyyanalyysi

Kaikki tuotannon aikana havaitut viat merkitään riskitasolle R4, mikä on perusteltua, sillä ne eivät yleensä aiheuta yhtä suurta vahinkoa kuin koeajossa havaitut ongelmat. Toistuvat ongelmat kuitenkin poikkeavat tästä logiikasta, koska ne voivat aiheuttaa suurempaa haittaa tuotannolle. Näissä tapauksissa riskitason tulisi olla korkeampi, esimerkiksi R3. R3-riskitason viat vaativat myös enemmän jatko-toimenpiteitä, kuten juurisyyanalyysin, mikä on erityisen tärkeää jatkuvien ongelmien ratkaisemisessa.

8.12 Aluepalvelun laajennettu vastuu poikkeamiin

Aiemmin aluepalvelulla oli merkittävä rooli asentajien tukemisessa poikkeustilanteissa. Käytäntö on kuitenkin muuttunut, kun aluepalvelun alihankkija vaihtui. Aluepalvelija on edelleen ensimmäinen kontakti, johon asentaja kääntyy, jos tarvittavat komponentit ovat hukassa. Siksi tuotannolle olisi suurta hyötyä, mikäli aluepalvelija pystyisi tarvittaessa syventymään poikkeamiin entistä tarkemmin, ennen ongelman eskaloitua eteenpäin.

8.13 Aluepalvelulle pääsy varastoon

Tällä hetkellä aluepalvelulla ei ole pääsyä DHL:n varastoon, mikä heikentää merkittävästi aluepalvelun tarjoamaa palvelutasoa.

8.14 Moduulituotannon heikko toimitusvarmuus

Turbomoduulin kokoonpanoon tarvitaan alihankkijan kokoamia alikokoonpanoja. Alihankkijalla on useita erilaisia moduuleita useille eri asiakkaille. Tällä hetkellä alihankkijalla on epäselvyyttä siitä, mitkä moduulit tarvitaan milloinkin tuotannossa. Tämän vuoksi heidän toimitusvarmuutensa turbomoduuleille on heikko.

Ratkaisuna järjestetään viikoittainen palaverikäytäntö alihankkijan kanssa, missä sovitaan tarkat toimituspäivät, ja keskustellaan mahdollisista viivästyksistä. Tavoitteena on parantaa tuotannon ennustettavuutta entisestään.

8.15 EWM/ECC-saldojen tarkastus

Tuotannossa käytetään kahta SAP-järjestelmää: EWM (Extended Warehouse Management) ja ECC (Enterprise Central Component SAP). Ostajat käyttävät ECC-järjestelmää, kun taas varastonhallintaan käytetään EWM-järjestelmää. On yleistä, että näiden kahden järjestelmän välillä on saldovaihteluita, joissa EWM-saldo on pienempi kuin ECC-saldo. Tämä saattaa johtaa tilanteeseen, jossa ostajan näkökulmasta varastosaldo vaikuttaa riittävältä, mutta vapautushetkellä selviää, ettei varastossa olekaan riittävästi saldoa. Tämän seurauksena joudumme tekemään alihankkijalle uuden ostopyynnön, ja on hyvin todennäköistä, että viime hetkellä tehty tilaus viivästyy. Tarvitsemmekin keinon, millä voimme tunnistaa nämä saldovaihtelut ennen keräyksen vapauttamista, jotta voimme varmistaa tuotannon sujuvan etenemisen.

8.16 Kulutuskoulutus

Tuotannossa käytetään SAP-transaktiota nimeltä "ZVLmove", minkä avulla voidaan kutsua materiaalia varastosta. Transaktion käytön haittapuoli on, ettei se automaattisesti kuluta saldoa ECC-puolelta, joten materiaali täytyy kuluttaa manuaalisesti ECC-puolelta, jotta saldot pysyvät oikeina. Henkilöillä, joilla on käytössään kyseinen transaktio, tulisi olla myös koulutus materiaalin kuluttamiseen, jotta saldot näyttäisivät oikein.

8.17 Eristelaatikot

Alihankkija toimittaa turbomoduulin eristelaatikot suuressa laatikossa, johon on pakattu useita eristepaloja. Valitettavasti laatikon pakkausjärjestys on erittäin epäkäytännöllinen, sillä ensimmäisenä tarvittavat eristeet ovat laatikon pohjalla. Tämä tarkoittaa sitä, että kun laatikko saapuu tuotantoon, kaikki eristeet täytyy poistaa laatikosta, jotta päästään käsiksi niihin eristeisiin, joita tarvitaan ensimmäisenä. Tästä aiheesta on käynnissä kehitystyö alihankkijan kanssa.

8.18 Revisiomuutokset

Jokaisella materiaalilla on oma materiaalinumero, mutta materiaaleilla saattaa olla useita revisioita. SAP ei kuitenkaan tunnista eri revisioita toisistaan, vaan ottaa varastosta keräykseen ensimmäisen vapaan. Ongelmatilanteita syntyy, kun revisiot poikkeavat toisistaan niin paljon, ettei materiaalia pystytä käyttämään, koska se on eri revisiota. Näissä tilanteissa tulisi tulevalle revisiomuutokselle luoda sen sijaan kokonaan uusi materiaalinumero. Tämä on jo virallinen sääntö, mutta poikkeuksia tulee jatkuvasti vastaan.

8.19 ”Kuinka tehdä DotConnector issue” -ohje

Joidenkin asentajien keskuudessa on epäselvyyttä siitä, miten poikkeamat tulisi luoda eri kategorioihin, ja mitä tietoja järjestelmään tulisi syöttää, jotta vastaanottajalla olisi kaikki tarvittavat tiedot ongelman selvittämiseksi. Jokaisesta poikkeamatyypistä tulisi laatia laminoitu ohje, mikä olisi saatavilla jokaiselle asentajalle, jotta ongelmanratkaisuprosessit sujuisivat helpommin.

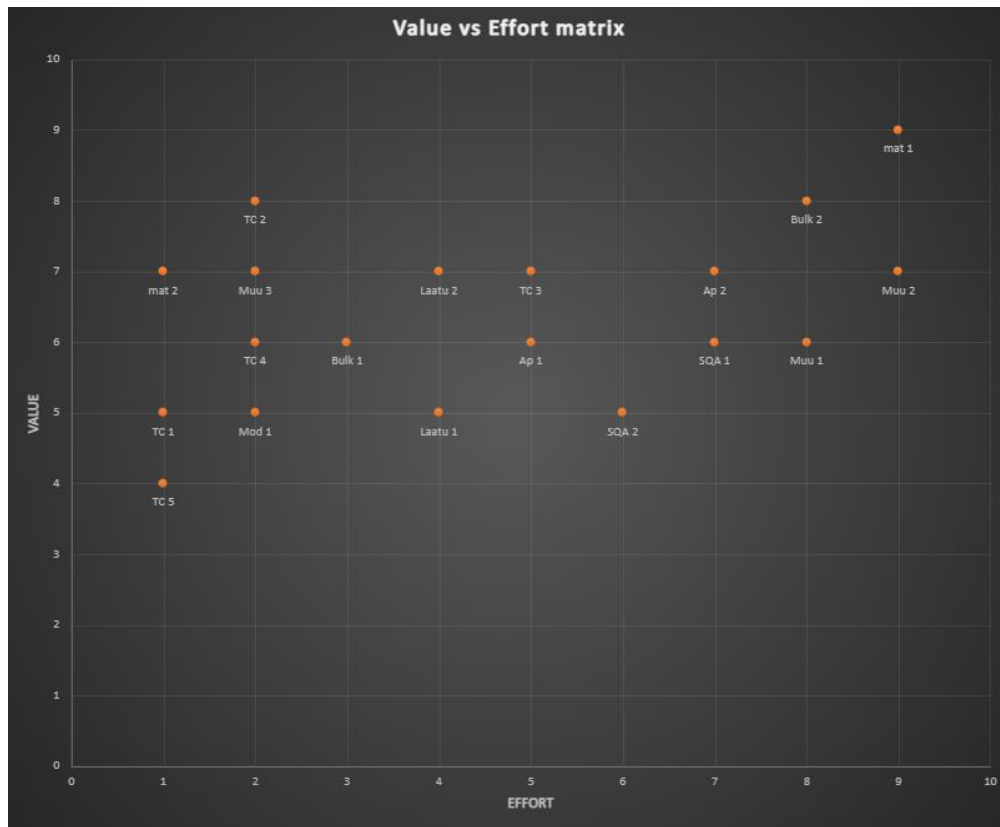
8.20 Value- vs. Effort-matriisi

Kaikki kehitysehdotukset kirjattiin value- vs. effort-matriisiin, mistä selviää kehityksen hyöty suhteessa tarvittuun vaivannäköön. Ensimmäisestä kuvasta selviää mistä kehitysehdotuksesta on kyse, kuinka paljon hyötyä siitä olisi, ja kuinka paljon

vaivaa sen suorittaminen vaatisi. Lisäksi kuvaan on merkitty lyhenteet, joilla ne ovat merkitty matriisiin.

Koodi	Aihe	Value	Effort	Vastuullinen	Tilanne
Turboalue					
TC 1	Ohjeistuksen lisäys	5	1	TC	
TC 2	Seurannan lisäys	8	2	TC	Työnalla
TC 3	SS	7	5	TC	
TC 4	MMA TC Buffer	6	2	TC	Työnalla
TC 5	Materiaalikutsujen ohjeistus	4	1	TC	
Bulk					
Bulk 1	Vanha ja uusi materiaali numero ei ole kaikissa bulkeissa	6	3	Bulk team	Työnalla
Bulk 2	Kokoonpano piirrustuksista ei selviä onko bulk	8	8	Bulk team	
SQA					
SQA 1	SAP täskeihin vastuullinen henkilö	6	7	Laatu V3	
SQA 2	Luotettavemmat tarkastukset	5	6	Laatu V3	
Laatu					
Laatu 1	Roolit ja vastuut	5	4		
Laatu 2	Riskitason nostamisesta käytäntö (RCA)	7	4		
Aluepalvelu					
Ap 1	Oikeus mennä LC	6	5		
Ap 2	Laajennettu vastuu poikkeamiin	7	7		
Proactor module					
Mod 1	Toimitus varmuus	5	2	TC	Valmis/Seurannassa
Materiaalit					
mat 1	EWM / ECC Saldojen tarkastus	9	9		
mat 2	Kulutus koulutus	7	1	TC	
Muu					
Muu 1	Promecon eristelaatikot	6	8	Promeco	Työnalla
Muu 2	Revisio muutokset	7	9		
Muu 3	"Kuinka tehdä dotconnector issue" ohje	7	2	TC	

Kuva 27. Kehitysehdotukset.



Kuva 28. Value- vs. Effort-matriisi.

9 YHTEENVETO

Kokonaisuudessaan tutkimukset onnistuivat. Ajoitettu havainnointi on täysin keksitty työkalu, mutta se osoittautui erittäin hyväksi. Havainnointitaulukon tutkiminen avasi erinomaisesti mihin kaikkiin ongelmiin törmäämme jokapäiväisessä toiminnassa. Yleisesti käsittelyyn nostetaan vain yksittäisiä asioita, vaikka totuus on aina huomattavasti monimutkaisempaa, taulukon lukeminen avasi kokonais kuvaa paremmin. Kyselytutkimus yllätti kaikista eniten; asentajien vastaukset olivat erittäin hyvin perusteltuja ja monipuolisia. Itse vastauksissakin oli yllätyksiä: bulk-kehityksestä on puhuttu pitkään, ja ongelmien vähentyessä bulk-team on saanut hyvää palautetta. Kuitenkin asentajien silmissä tämä on vieläkin isoin ongelma. Myös työnjohdollinen tarve yllätti, kun se tulee suoraan asentajien suusta, ja yli puolet vastaajista ovat samaa mieltä asiasta. Value stream mapping:iä varten käydyt keskustelut avasivat hyvän näkökulman koko prosessin toimintaan, ja sen haasteisiin myös turboalueen ulkopuolisissa prosesseissa.

Tutkimusten pohjalta saatiin yhteensä 19 kehitysehdotusta, joista osa on jo nyt työn alla. Value stream mapping:in pohjalta luodut kehitysehdotukset koskevat pääasiassa osaston ulkopuolisia prosesseja, joten niiden kehittämiseen täytyy si-toa myös osaston ulkopuolisia henkilöitä. Tutkimustyön päätyttyä on tarkoitus ot-taa muutama kehitysehdotus kerrallaan työn alle, kunnes suurin osa ehdotuksista on toteutettu. Tämän jälkeen olisi tarkoitus tehdä samat tutkimukset uudestaan, ja toteuttaa niiden kautta löytyneet kehitysehdotukset. Seuraavalla kerralla tutki-muksen voisi suorittaa useamman henkilön yhteistyöllä.

Lean-filosofian opiskelu työtä varten antoi uuden näkökulman tuotannon tarkas-teluun, vaikka en täysin ole valmis ottamaan "just in time" -käytäntöjä kaikkialle. Näen kuitenkin kuinka tärkeää jatkuva kehittäminen on, ja kuinka tärkeää olisi saada osastolle jatkuvan parantamisen ilmapiiri. Osastolla on jo nyt havaittavissa ajatusmallin muutos, kun asentajilta peräisin olevia kehitysehdotuksia otetaan va-kavasti, ja heidän arvokasta palautettaan kuunnellaan.

LÄHTEET

1. Etusivu. Wärtsilä. [Internet]. [Viitattu 6.4.2024]. Saatavilla: <https://www.wartsila.com/fin>
2. Engines and generating sets. Wärtsilä. [Internet]. [Viitattu 6.4.2024]. Saatavilla: <https://www.wartsila.com/marine/products/engines-and-generating-sets>
3. Santala MM. Best in its class Wärtsilä 31DF engine gets even more power. Wärtsilä. [Internet]. [Viitattu 6.4.2024]. Saatavilla: <https://www.wartsila.com/media/news/07-12-2020-best-in-its-class-wartsila-31df-engine-gets-even-more-power-2828036>
4. Modig N. Åhlström P. Toinen painos. Tätä on lean. ISBN, EPUB-Sähkökirja: 978-91-87791-03-1. Rheologiga publishing. 2013.
5. STH Production delivery. TC VSM. Miro. [Digitaalinen yhteistyöalusta]. Saatavilla: <https://miro.com/app/board/uXjVNHlwcaY=/>
6. STH COMPETENCE & CAPACITY MANAGEMENT. Miehistökalendareri. [Internal document]. [Viitattu 10.4.2024].
7. Rinnasto M. Automaatio-osakokoonpanon kehittäminen. [AMK-opinnäytetyö]. Vaasan ammattikorkeakoulu; 2019. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019051610195>
8. SAP SE. SAP ECC. 1972. [internal file]. [Viitattu 10.4.2024]
9. STH Production delivery. Turbojen työjono. [Internal document]. [Viitattu 10.04.2024].