



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Efe Ates Juhani Korkmaz

SIMULOINNIN HYÖDYT TUOTANNON SUUNNITTELUSSA

Tutkimus simuloinnin nykytason ja mahdollisten käyttökohteiden
kartoittamisesta

Tekniikka
2021

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Efe Ates Juhani Korkmaz
Opinnäytetyön nimi	Simuloinnin hyödyt tuotannon suunnittelussa
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	73 + 3 liitettä
Ohjaaja	Osku Hirvonen

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Danfoss Drivesin toimesta tämänhetkisen tuotannon simuloinnin kyvykkyys, kartoittaa mahdollisia simulointikohteita tehtaalla ja hahmotella ideaalia organisoitumista simuloinnin ympärillä.

Työssä kartoitettiin ensin projektia ja siihen liittyvää simulointitarvetta, josta tavoitteet simuloinnille hahmotettiin. Työssä käytettiin Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmaa. Konseptointivaiheessa tutkittiin eri tuotantolinjakonsepteja, joita tuettiin simuloinnilla. Työssä esitellään osaa tuotantolinjakonseptien simulointimalleista, joihin tutkimustyö perustui.

Tutkimuksen kohderyhmään kuului Danfoss Drives Vaasan tehtaan henkilöstöä. Aineistot kerättiin kyselylomakkeilla tutkimukseen. Ensimmäinen aineisto kerättiin henkilöiltä, jotka olivat mukana simuloitavan projektityön konseptointivaiheessa. Tutkimusjoukko oli määrällisesti 3. Toinen aineisto kerättiin laajemmalla tutkimusjoukolta tehtaan henkilöstöstä. Tutkimusjoukko kokonaisuudessaan muodostui 81 henkilöstä. Kyselyyn vastasi 48 henkilöä.

Tutkimuksessa havaittiin hyötyä simuloinnin käytöstä datan perusteella. Projektissa odotettiin kuitenkin simuloinnilta kokoonpanolinjan avustavissa tehtävissä hieman enemmän tukea, joka ei konseptointivaiheen simuloinneissa onnistunut. Tutkimuksessa myös havaittiin, että ymmärrys tuotannon simuloinnista oli jakautunut suhteellisen tasaisesti henkilöstöllä. Suurin osa henkilöstöstä oli tietoinen tai osittain tietoinen tuotannon simuloinnista käsitteenä. Simuloinnin mahdollisten käyttökohteiden selvittämisessä havaittiin, että suurin osa vastaajajoukosta painottaisi simulointia tuotantolinjan layouteihin, erityisesti muutos- ja kehitystöihin. Sisälogistiikka muodostui toiseksi suurimmaksi kohdealueeksi. Tutkimuksessa enemmistö koki simuloinnille tarpeen muodostaa oma erillinen tiimi, joka suorittaisi simulointia paikallisen tarpeen mukaan. Koettiin tarpeelliseksi myös luoda globaalitasolla yhteistyötä, jolloin kehitys olisi tehokkaampaa.

Avainsanat Simulointi, mallintaminen, tuotannosuunnittelu, layout

ABSTRACT

Author	Efe Ates Juhani Korkmaz
Title	Benefits of simulation in production design
Year	2021
Language	Finnish
Pages	73 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

This thesis was created for Danfoss Drives to determine the current level of ability to simulate production, map out possible simulation targets at the factory, and outline ideal organization around simulation work.

During this thesis the project and the related needs for simulation were first mapped. The Siemens Tecnomatix Plant Simulation program was used for the simulation work. Different production line concepts were studied during the project concept phase, which were supported by simulations. This thesis presents some of the simulation models of production line concepts on which the research was based.

The target group of study included Danfoss Drives Vaasa plant personnel. Data were collected through questionnaires. The first material was collected from project workers who were involved in the concept phase of the project work simulations. The number of respondents in this study was 3. The second material was collected from a wider research population from the plant personnel. Total study population was 81 persons. 48 of them responded to the survey.

The study found benefits in simulation usage based on data. However, the project expected simulations to provide slightly more support in the assembly line supporting tasks. The study also revealed that the understanding of production simulation was relatively evenly distributed among respondents. Most of the staff were aware of production simulation as a concept. In identifying of possible uses for the simulation, it was discovered that majority of respondents would emphasize simulation on production line layouts, especially on modification and development work. Internal logistics was the second largest target area. In the study the majority felt the need to form a separate team to perform simulations for local need. It was also seen necessary by respondents to create cooperation on the global level to make development more effective.

Keywords Simulation, modeling, production design, layout

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	10
1.1	Taustaa.....	10
1.2	Tutkimusongelma ja tavoitteet.....	12
2	TUOTANNONSUUNNITTELU	13
2.1	Tuotannonsuunnittelu käsitteenä	13
2.2	Osa-alueet tuotannonsuunnittelussa	13
2.3	Historiaa tuote- ja tuotannonsuunnittelun toiminnasta	15
2.4	Tuotteen ja tuotannon samanaikainen suunnittelu	16
2.4.1	Suunnittelu tavoiteparametrien mukaan	16
2.5	Tuotannon layout.....	17
2.5.1	Hyvän tuotannon layoutin piirteet	17
2.5.2	Layout tyypit.....	18
3	LEAN.....	20
3.1	Resurssitehokkuus	21
3.2	Virtaustehokkuus	21
3.3	Prosessi	22
3.4	Työkalut.....	22
4	SIMULOINTI	24
4.1	Simulointi käsitteenä	24
4.2	Tuotannon simulointi.....	25
4.3	Tapahtumapohjainen simulointi.....	25
4.4	Milloin simulointia voidaan käyttää.....	26
4.5	Simulointi tutkinnan vaiheet.....	27
4.6	Siemens Tecnomatix Plant Simulation.....	28
4.6.1	Simulointimallit ja analyysi.....	29

4.6.2	Plant simulation käyttöliittymä.....	30
5	PROJEKTIN JA SIMULOINNIN TILANNEKARTOITUS.....	32
5.1	Simuloinnin lähtötaso	32
5.2	Simuloinnin kohteet.....	33
5.2.1	U-solu konsepti	35
5.2.2	Matriisi tuotantokonsepti	36
5.2.3	Vaiheistettu tuotelähtöinen layout.....	37
6	KONSEPTIEN SIMULOINTI	38
6.1	U-Solu-skenaario	39
6.2	Matriisi tuotantoskenaario	43
6.3	Vaiheistettu tuotelähtöinen layout-skenaario	46
6.4	Safety-testauksen simulointi	47
6.4.1	Simulointimallin luonti	48
7	TUTKIMUSMENETELMIEN VALMISTELU JA IMPLEMENTOINTI	52
7.1	Avoin kysely projektin konseptivaiheen simuloinneista.....	52
7.1.1	Kyselyn sisällön laatiminen	52
7.1.2	Aineiston analyysi.....	54
7.2	Kysely simuloinnista tehtaalle	55
7.2.1	Kyselyn sisällön laatiminen	55
7.2.2	Aineiston analyysi.....	56
8	TUTKIMUSTULOKSET	57
8.1	Tutkimukseen perustuvan simuloinnin nykytila projektin konseptointivaiheessa	57
8.1.1	Tutkimusjoukon kuvaus	57
8.1.2	Tutkimuskyselyn vastaukset ja analysointi	58
8.2	Tutkimukseen perustuva simulointikohteiden kartoitus paikallisesti....	64
8.2.1	Tutkimusjoukon kuvaus	64
8.2.2	Tutkimuskyselyn vastaukset ja analysointi	65
9	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	69

9.1 Tutkimustulosten tarkastelu ja johtopäätökset projektin konseptointivaiheen simuloinnista	69
9.2 Tutkimustulosten tarkastelu ja johtopäätökset tehtaen simulointikohteiden kartoituksesta.....	70
9.3 Kehittämisehdotukset ja jatkotutkimusehdotukset	71
9.3.1 Jatkotutkimusehdotukset	71
9.3.2 Kehittämisehdotukset.....	72
LÄHTEET	74
LIITTEET	76

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Tuotannonsuunnittelun prosessikuvaus. (Logistiikan maailma: tuotannon suunnittelu ja ohjaus.)	15
Kuva 2. Simuloinnin prosessikuvaus.	33
Kuva 3. U-solun ensimmäistä konseptia havainnollistava piirros.	35
Kuva 4. Matriisi tuotantokonseptia havainnollistava piirros.....	36
Kuva 5. Vaiheistettua linjaa havainnollistava piirros.....	37
Kuva 6. Vaasan tehtaan U-solu-skenaario.....	39
Kuva 7. Materiaalivirtaus statistiikkaa Vaasan U-solu-mallista.....	40
Kuva 8. Yksityiskohtaista tilastotietoa laitetyypeistä, jotka ovat poistuneet Drain-objektin kautta.	41
Kuva 9. Kiinan tehtaan U-solu-malli.	42
Kuva 10. Vaasan tehtaan matriisituotantoskenaario.	43
Kuva 11. Vaasan simulointimallin materiaalin virtaus-statistiikkaa.	44
Kuva 12. Kiinan tehtaan matriisituotantoskenaario.....	45
Kuva 13. Vaiheistettu neljään työvaiheeseen perustuva skenaario.....	46
Kuva 14. Vaiheistetun tuotelähtöisen simulointimallin materiaalivirtaus statistiikkaa kolmella työntekijällä.....	47
Kuva 15. Simulointimalli luotuna Vaasan tehtaan safety-testauksen erilleen kokeilulle.	48
Kuva 16. Kiinan tehtaan safety-testausta simuloiva 2D-malli.	49
Kuva 17. Materiaalivirtauksen ominaisuuksien raportti Vaasan tehtaan safety-testausmallista.	50
Kuva 18. Statistiikkaa asemien tilojen osuuksista simulointimallissa.	50
Kuva 19. Avoimen kyselyn kysymykset projektin konseptivaiheen simuloinneista.	58
Kuva 20. Vastaajajoukon kokemus tämänhetkisen simuloinnin kyvykkyydestä..	60
Kuva 21. Vastaajajoukon näkemys simuloinnin käytöstä tulevaisuudessa projektityössä.....	61

Kuva 22. Vastaajajoukon arvostelumuuttujat simulointien onnistumiselle asteikolla 1 – 5.....	64
Kuva 23. Simuloinnin tietoisuusmuuttujan jakauma (n=48).	65
Kuva 24. Simuloinnin hyötykohdemuuttujat vastaajajoukossa (n=48).	66
Kuva 25. Simuloinnin hallinnointimuuttujat vastaajajoukossa (n=48).	67

LIITELUETTELO

LIITE 1. Kysely simuloinnista tehtaalle

LIITE 2. Tehtaan simulointi kyselyn vastausjakaumat

LIITE 3. Kysely projektin simuloinneista konseptointivaiheessa

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Danfoss Drives Vaasan tehtaalle SC (Supply Chain) Technology -osaston tarpeesta tulevaisuuden tuotannonkehittämisen tueksi. Vuonna 2019 Danfoss Drivesilla käynnistettiin henkilöstölle koulutusta simuloinnista, jossa todettiin olevan potentiaalia tehostaa tuotannon kehittämistä, sekä sen suunnittelua. Opinnäytetyö pohjautuu Danfoss Drivesin projektin tuotannon suunnitteluvaiheeseen, johon on ensimmäisen kerran käytetty simulointityökaluna Siemensin Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmaa. Tavoitteena on tutkia simuloinnin ulosantia projektille konseptivaiheessa, sekä tutkia mahdollisia hyötyjä tulevaisuuteen nähden. Ymmärtääksemme simuloinnin hyötyjä, meidän täytyy ymmärtää mitä tarkoitetaan simuloinnilla ja tutustua siten Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmaan. Tässä työssä aloitetaan perehtymällä tuotannosuunnitteluun. Työssä avataan tuotannosuunnittelun käsitettä, sen osa-alueita, historiaa, sekä tuotteen ja tuotannon samanaikaista suunnittelua. Tämän jälkeen tutustutaan tuotannon layouteihin, sekä niiden tyyppeihin. Työssä käymme läpi myös leania ja sen ominaisuuksia, kuten tehokkuusmuotoja, prosesseja, työkaluja. Siirtyessä simulointiin, esitellään kyseisessä työssä käytettävä ohjelma Siemens Tecnomatix Plant Simulation, sekä simulointiin liittyviä prosesseja. Tämän jälkeen esitellään tuotannosuunnitteluun kohdistuvan simuloinnin ominaisuuksia, tarpeita, sekä simuloinnista todettuja hyötyjä. Tässä työssä tutkitaan projektiin perustuvaa simulointia tuotantolinjakonseptointiin liittyen, mitä simuloinneissa todettiin tässä vaiheessa, sekä mitä tulevaisuudessa Danfoss voi simuloinnilla hyödyntää. Lopuksi implementoidaan tutkimusmenetelmää liittyen nykytilan kartoitukseen simuloinnin osalta, sekä sen mahdollisiin implementointikohteisiin.

1.1 Taustaa

Danfoss Drives on tanskalainen taajuusmuuntajien tuotantoyritys vuodesta 1968. Yrityksen toimintaan kuuluu taajuusmuuntajien kehittäminen, valmistus ja toimit-

taminen. Yritykselle on erityisen tärkeää toimia innovatiivisen tekniikan kehittäjänä, sekä kyetä jatkuvaan kehitykseen johtaakseen markkinoilla. Uusien tuotteiden kehittäminen, sekä tuotannon suunnittelu tehokkaalla ja innovatiivisella tavalla on entistä suuremmissa asemassa. On säilytettävä megatrendien ymmärrys, sekä niiden huomioon ottaminen päätöksenteossa. Näiden tukeminen teknologialla auttaa ratkaisemaan haasteita liittyen ilmastoon, energiankulutukseen ja nopeaan kaupungistumiseen. On kyettävä valmistamaan tuotteita laajasti useisiin eri tarpeisiin asiakkaiden ja käyttökohteiden mukaan.

”Lupauksemme sinulle, asiakkaillemme ja kumppaneillemme on auttaa teitä luomaan kestävämpää maailmaa toimittamalla tuotteita, palveluja ja ratkaisuja, jotka erottuvat edukseen laadullaan, luotettavuudellaan ja innovatiivisuudellaan.¹”

Tämän lisäksi kustannuksien on pysyttävä toiminnan kannalta kohtuullisina, sekä laadun ja toimintavarmuuden on oltava erinomaista. Tuotannon on oltava monipuolista, taitavaa ja erittäin tehokasta. Markkinoiden asettamat vaateet luovat yrityksille mainittuja tavoitteita, jotta liiketoiminta-alueilla säilytään vahvana.

Projektien elinkaareen sisältyykin useita eri vaiheita ja näiden vaiheiden läpäisemiseen muodostuu tavoitteita ja vaatimuksia, jotka tukevat mainittuja periaatteita. Nämä samat periaatteet ilmenevät täten myös suunnittelun ja kehityksen puolella. Konseptien on oltava monipuolisia ja innovatiivisia, sekä tutkiminen, validointi, verifiointi ja mahdollisten muutoksien toteuttaminen on oltava ketterää ja tehokasta. Virstanpylväiden saavuttamiseen vaaditaan ymmärrystä laaja-alaisesti, siksi teknologian ja digitaalisten työkalujen hyödyntäminen on tarpeellista kehityksessä, kun hyödyt ovat todetut.

¹ Danfoss Drives verkkosivut

1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Tällä hetkellä tehdassimulointia käytetään ensimmäisiä kertoja tuotantolinjasuunnittelussa. Danfoss haluaa selvittää, että mitkä ovat saatavat hyödyt tuotannon simuloinnista tällä hetkellä? Entä tulevaisuudessa? Onko muita alueita tehdastalossa, jossa mahdollisesti simulointia voisi hyödyntää? Osalle yrityksen sisällä tuotannon simulointi on täysin vieras asia työympäristössä ja sen ymmärtäminen, sekä tuominen eri tiimien käyttöön saattaa merkitä Danfossille digitalisaation aikakautena merkittävää hyötyä esimerkiksi uusien tuotteiden tuotannon suunnittelussa. Simuloinnin käyttäminen tai sen datan ulosannon suuntaaminen siitä hyötyville organisaatiossa työskenteleville tuotannon kehittämisen, suunnittelun tai ohjauksen osastoille vaatii perehtymistä tuotannon simulointiin, Danfossin organisaatioon, osastojen vastuualueisiin, aikaisempiin menetelmiin, sekä tämänhetkisten töiden luonteeseen. Näiden kohteiden ymmärrys, potentiaalisten kehityskohteiden ja vaatimuksien havaitseminen, tilanteiden ja tarpeiden kartoitus, sekä projektityössä tapahtuneiden simulointien tulosten tarkastelu tässä työssä antaa pohjaa mahdolliselle tuotannon simuloinnille Danfossilla, josta pitkällä aikajännteellä saadaan lisää tehokkuutta, joustavuutta, sekä innovaatiota tuotantoon.

Tämän työn tavoitteena on asettaa Danfoss Drives -organisaatiolle näkemys tuotannon simuloinnista ja Siemens Tecnomatix Plant Simulation -työkalun käytöstä. Kartoittaa tilannetta tuotannon simuloinnista, sekä selvittää jos Danfoss Drivesin Vaasan tehtaalla simuloinnin hyödyntäminen voisi tuoda lisäarvoa. Myös tämänhetkisen tilanteen kartoituksen tavoitteeksi Vaasan tehtaalla selvitetään mahdolliset hyödyt, vaatimukset ja haasteet tuotantolinjojen simuloinnista perustuen tuotantolinjasuunnitteluvaiheessa olevan projektin työn tuloksista pohjautuvaan tiedonkeruuseen. Kun selvitetään tilanne tehtaalla tasolla simulointiin liittyen, voidaan näiden tulosten perusteella hahmotella ideaalia organisoitumista simuloinnin käytön osalta, miten kompetenssien jako kannattaisi tehdä ja kuinka niitä ylläpidetään.

2 TUOTANNONSUUNNITTELU

2.1 Tuotannonsuunnittelu käsitteenä

Tavoitteena tuotannonsuunnittelussa on asiakastarpeen pohjalta suunnitella ja ohjata materiaalien ja kapasiteettien tarpeita, jolloin tuotannossa voitaisiin laadullisesti, sekä tehokkaasti saavuttaa asiakkaiden tarpeet yhdessä muiden yritysten tarpeiden kanssa. Tuotannonsuunnittelu itsessään perustuu siis kysyntään. Nykyisin toiminnan aikana suunnittelua toteutetaan yhdistämällä ennusteisiin erilaista informaatiota tulevaisuuden näkymistä kysynnän puolesta, että tulevaisuuden toimet perustuisivat yhteisiin informaatioihin. Prosessi tunnetaan nimellä SOP-prosessi, joka juontaa nimensä englantilaisesta termistä Sales and Operation Planning. Kysynnän suunnittelun lisänä SOP-prosessissa katetaan myös kysynnän ja tarjonnan balanssia, jolloin voidaan käsittää tuotannonsuunnittelu tärkeäksi ”yhteistyöprosessiksi” SOP-prosessille, tai käsittää tuotannonsuunnittelu jopa osaksi sitä.²

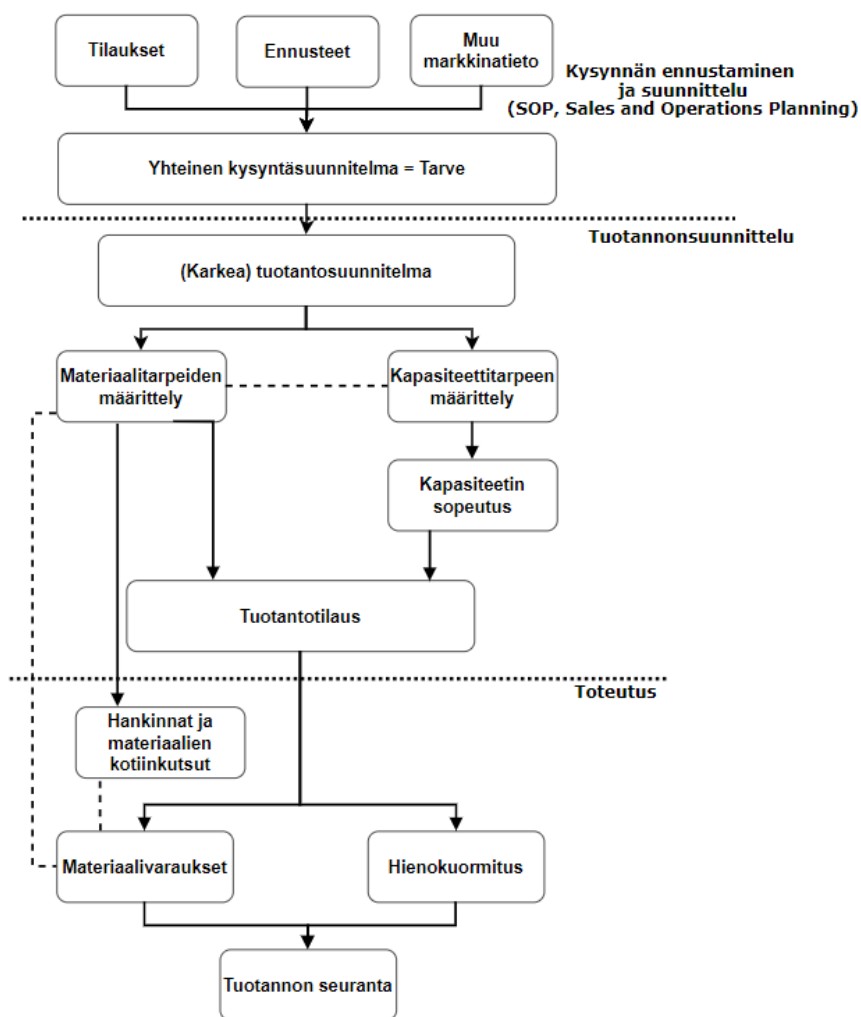
2.2 Osa-alueet tuotannonsuunnittelussa

Tärkeimpiin osa-alueisiin tuotannonsuunnittelussa kuuluu suunnittelu liittyen materiaaliin ja kapasiteettiin. Kysyntäsuunnitelman perusteella, joka yhteisesti on sovittu, luodaan tuotantosuunnitelma karkealla tasolla. Karkean tason tuotantosuunnitelmasta lasketaan materiaalit tarpeet huomioimalla nykyiset varastot ja tulevat toimitukset toimitusputkessa. Tämä tieto toimii pohjana materiaalihankinnalle ja kotiinkuljetuksille. Tuotannon kapasiteettitarpeet määritellään materiaalit tarpeiden lisänä. Joskus kapasiteettitarpeita voidaan joutua tarkastelemaan suuremmissa mittakaavassa ulkopuolella tuotannosta, jos pullonkauloja on riskinä

² Logistiikan maailma: tuotannon suunnittelu ja ohjaus. 2021.

muodostua. Kapasiteettia saatetaan muuttaa lisäten tai vähentäen kapasiteettia henkilöiden tai koneiden keskuudessa esimerkiksi käyttäen alihankintaa. Tarkempien tuotantosuunnitelmien tai tuotantotilauksien kautta yleensä tuotantosuunnitelma voi tarkentua hienokuormituksiin yksittäisien kuormituspisteiden kapasiteettitasoilla ja materiaalivarauksiin. Toiminnan alkupuoli tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa toimii käytännöllisesti katsoen jonkinlaisessa tietojärjestelmässä. Tehdastason ohjaaminen saattaa olla visuaalisesti toteutettua, paikallista ohjausta tai tietojärjestelmässä toimivaa tai näiden kombinaatiota.³

³ Logistiikan maailma: tuotannon suunnittelu ja ohjaus. 2021.



Kuva 1. Tuotannosuunnittelun prosessikuvaus. (Logistiikan maailma: tuotannon suunnittelu ja ohjaus.)

2.3 Historiaa tuote- ja tuotannosuunnittelun toiminnasta

”Takavuosien tuotekehityksen ongelmana oli irrallisuus yrityksen muusta toiminnasta. Tuotekehitysprojektit toimivat hyvin itsenäisinä ja keskittyivät nimenomaan tuotteen ominaisuuksien kehittämiseen, ottamatta juuri huomioon sitä, miten tuote tullaan valmistamaan ja miten se tullaan toimittamaan asiakkaille. Puhuttiin niin sanotusta ”over-the-wall” -mentaliteetista, jolla kuvattiin tuotekehityksen ja tuotannon välillä olevaa muuria. Tuotekehitys työskenteli muurin turvassa, ja kun se sai kehitystyönsä valmiiksi, työn tulokset ”heitettiin muurin yli” tuotannon ihmeteltäviksi. Tähän toimintatapaan liittyi luonnollisesti useita ongelmia. Olemassa olevaa tuotanto-osaamista ei otettu huomioon tuotteen suunnittelussa, joten saattoi olla, että uuden tuotteen valmistaminen edellytti uusien tuotantolinjojen rakentamista ja uutta osaamista.

Tämä aiheutti merkittäviä viiveitä tuotteen saamisessa markkinoille. Parhaimmillaanhan tuotesuunnittelussa otetaan huomioon olemassa oleva tuotantojärjestelmä ja suunnitellaan uudet tuotteet siten, että tuotantojärjestelmä ja siihen liittyvä osaaminen pystytään mahdollisimman pitkälti hyödyntämään, mikä vähentää investointien tarvetta ja nopeuttaa uusien tuotteiden ottamista tuotantoon. Toisaalta, mikäli uudet tuotteet tarvitsevat uusia ratkaisuja tuotannossa ja toimitusverkostossa, on nämä muutostarpeet hyvä tietää jo mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tuotekehitysprosessia, jotta uudet ratkaisut pystytään kehittämään tuotekehitysprosessin aikana.⁴

2.4 Tuotteen ja tuotannon samanaikainen suunnittelu

Concurrent Engineering (CE) kehitettiin käsitteeksi, jossa tuotetta ja tuotantoa suunnitellaan samaan aikaan. Määritelmänsä mukaan CE toimii järjestelmällisenä lähestymistapana tuotteiden suunnittelussa, joka sisältää myös laitteiden valmistuksen, asennuksen, varastoinnin, kuljetuksen, jakelun ja kierrätyksen suunnittelua. CE tavoittelee tuotesuunnitelman optimointia ulkoisten tarpeiden (esimerkiksi hinta ja laatu), sekä sisäisten vaatimusten osalta (esimerkiksi valmistettavuus ja kustannukset). CE sisältää laajasti strategisia, työskentelyprosesseihin liitännäisiä, teknisiä ja organisatorisia integraatiomekanismeja käytännön kehittämisessä. Nämä mekanismit tähtäävät mahdollisimman aikaiseen ja tiiviiseen yhteistyöhön eri toimintojen kanssa, kuten tuotekehityksen ja tuotannon välillä.⁵

2.4.1 Suunnittelu tavoiteparametrien mukaan

”Käytännössä CE on toteutunut useimmissa tapauksissa erilaisina suunnitteluohjeina, joissa tuote suunnitellaan ottaen huomioon yrityksen tuotantoosaaminen ja yrityksessä olevat tuotantoresurssit tai jokin erityinen tavoitteeksi asetettava suunnitteluparametri, kuten kustannukset tai laatu. Tämän perusteella on syntynyt sarja suunnitteluohjeita, joiden kaikkien ideana on

⁴ Heikkilä, Ketokivi. 2005.

⁵ Heikkilä, Ketokivi. 2005.

tuotteen suunnittelu ottaen huomioon jokin tietty tavoiteparametri: suunnittelu valmistettavuuden mukaan (DFM, Design-for-Manufacturing), asennettavuuden mukaan (DFA, Design-for-Assembly), tavoitekustannusten mukaan (DFC, Design-for-Cost), ja tavoitelaadun mukaan (Design-for-Quality) sekä lopulta suunnittelu kaikkien ominaisuuksien mukaan, jotka ovat oleellisia tuotteen menestyksen kannalta (DFX, Design-for-eXcellence). DFX:n tavoitteena on ottaa yhtäaikaaisesti huomioon useita muiden DF-ohjeiden tavoitteita.⁶

2.5 Tuotannon layout

Tuotannon layout käsitetään tuotantotilan järjestyksenä. Se, miten laitteistot, työpisteet, varastot ja kaikki muu tuotannon fyysinen kokonaisuus on järjestelty. Layoutien muuttaminen on vaikeaa ja siihen kuluu useimmiten resursseina aikaa, rahaa ja työtä. Kun tuotanto on sujuvaa ja tehokasta, on layout tärkeässä asemassa.⁷

2.5.1 Hyvän tuotannon layoutin piirteet

Hyvä tuotannon layout omaa turvallisen työympäristön työntekijöille ja muille samassa tilassa oleville. Se on optimoitu materiaalivirtauksen kannalta tehokkaaksi, ettei materiaalien tai tuotteiden kuljettelu synny suuria määriä. Hyvässä layoutissa valmistettavan tuotteen läpäisy aika, sekä työntekijöiden turhat liikkeet täytyisi olla mahdollisimman pientä. Layoutin kuuluisi avustaa hyvän laadun luonnissa ja sen kuuluisi käyttää tila mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi.⁸

⁶ Heikkilä, Ketokivi. 2005.

⁷ Logistiikan maailma: tuotannon layout. 2021.

⁸ Logistiikan maailma: tuotannon layout. 2021

2.5.2 Layout tyypit

Layoutit voidaan hajauttaa erilaisiin tyyppeihin jakamalla ne prosessi- ja tuotelähtöisiksi.

Prosessilähtöinen layout tai funktionaalinen layout yhdistää samankaltaisia prosesseja. Omiksi osastoiksi voidaan jaotella esimerkiksi muoviosien valmistus ja kokoonpano. Tämän tyyppisessä layoutissa voidaan ajaa laajempia tuotevariantteja, joka puolestaan vaatii layout myös enemmän tuotannonohjausta johtuen kompleksisista materiaaliirroista. Tämän takia myös läpimenoajat tuotteilla ovat yleensä pitkiä.

Kun suunnitellaan layout, joka tukee valmistettavien tuotteiden valmistusjärjestystä, kutsutaan sitä tuotelähtöiseksi layoutiksi. Tuotelähtöinen layout on sopiva ratkaisu varsinkin tuotantoon pienemmillä volyymeilla, kuten solutuotannot, jossa on sisällytetty puolivalmisteen ja tuotteen valmistukseen tarpeelliset prosessit.

Tuotelähtöisiin layouteihin lasketaan mukaan myös tuotantolinja. Kun pakkotahtisessa linjassa, kuten autotehtaassa on samankaltaista tuotetta valmistuksessa, se toimii suurilla volyymeilla ja voidaan luoda erityisen tehokkaaksi. Vapaatahtinen linja tarkoittaa taas sitä, ettei materiaalin siirto ole pakkotahtinen työpisteiden välillä. Vapaatahtisella linjalla voidaan valmistaa kattavammalla vaihtelevuudella erilaisia tuotteita, kun taas pakkotahtisessa linjassa ei ole joustavuutta tuotevariaatioiden välillä.

Tuotanto voidaan toteuttaa myös yhdistelmänä erilaisista layouteista. Monivaiheiset tuotannot soveltuvat erityisesti yhdistelmä layouteihin. Kun kehitetään tuotannon olemassa olevaa layoutia, on alussa järkevää luoda nykyisistä materiaaliirroista ja työntekijöiden liikkeistä piirroskaavio (spagettikaavio). Myös kolmiulotteisen mallin (3D-mallin) rakentaminen layoutista on hyväksi havaittu keino analyysiä varten. Simulointimallit kolmiulotteisina voivat tuottaa lisäarvoa layoutin

toimivuuden ymmärtämisessä suurempien investointien kohdalla. Erityisesti silloin, jos mallista voidaan simuloida erilaisia skenaarioita hyödyntämällä olemassa olevaa kysyntää, sekä mahdollista tulevaa kysyntää. Viime vuosien aikana kustannukset simulointimallien toteutuksista ovat tippuneet ja ne voivat olla kannattavia siten jopa pienemmän mittakaavan projektitöissä.⁹

⁹ Logistiikan maailma: tuotannon layout. 2021.

3 LEAN

”Termi ”Lean” on lyhenne käsitteestä Lean Production, joka puolestaan esiteltiin vuonna 1990 Yhdysvalloissa kirjan ”The Machine that Changed the World”-kirjan julkaisun yhteydessä. Kirja on länsimainen kuvaus siitä, kuinka Toyota teki Japanissa töitä onnistuakseen ohittamaan muut autonvalmistajat laadussa ja tehokkuudessa. Sana ”Lean” tarkoittaa suomeksi jotakuinkin samaa kuin ohut ja joustava.

Leanin käyttö on näiden vuosien aikana levinnyt entistä laajemmalle ympäri maailmaa. Leanin parissa tehdään töitä miltei kaikilla mahdollisilla toimialoilla. Vaikka Lean löi itsensä läpi laajalla rintamalla 1990-luvun alussa, Leanin taustalla olevat ajatukset eivät suinkaan ole mitään uusia. Tosiasiassa tietyt Leanin ajatusmallit alkoivat muotoutua jo niinkin varhain kuin 1900-luvun alussa.

Kaksi autonvalmistajaa, Toyota Japanissa ja Ford Yhdysvalloissa, ovat pääasiassa vastuussa Leaniksi nykyään kutsumamme kehittämisestä. Ajattelumalleja on tämän jälkeen kehitetty edelleen, strukturoitu ja ryhdytty soveltamaan eritoten Toyotalla. Tämä on merkittävässä määrin edesauttanut Toyotan nousua yhdeksi maailman johtavista autonvalmistajista.¹⁰”

Lean on lyhkäisyydessään virtaustehokkuutta korostava toimintasuunnitelma. Se voidaan käsittää näin ollen strategiaksi, jossa tavoitteena on kasvattaa tehokkuutta.¹¹

Lean sisällyttää tuottamiseen laatujohtamisperiaatteita. Sen tavoitteena on keskittyminen kokonaisuuden optimointiin. Sen päämääränä on parhaan mahdollisen arvon tuottaminen asiakkaalle yhdessä valmistajan tarpeiden kanssa. Tällä tavoin saavutetaan äärimmäisin asiakas- ja tuottajatytyväisyys, toisin sanoen virtaus- ja resurssitehokkuus.¹²

¹⁰ Petersson, Olsson, Lundström, Johansson, Broman, Blücher & Alsterman. 2018. 13.

¹¹ Modig & Åhlström. 2013, 117.

¹² Six Sigma: Lean. 2021

3.1 Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuudella tarkoitetaan resurssien maksimaalista hyödyntämistä perinteiseen tapaan. 200 vuoden ajan teollisuuden kehityksen aikana on panostettu resurssitehokkuuden kehitykseen. Perusteellisena näkemyksenä mittakaavaetujen tavoittelemisen lisäksi toimi teollisuuden kehityksessä se, että prosessit pilkottiin pienemmiksi, jolloin voitiin yrityksen eri funktioissa hoitaa niiden toteutus. Kun kootaan yhteen pieniä tehtäviä siten, että ihmiset tekevät jatkuvasti samaa työtä, resurssitehokkuutta on kyetty tehostamaan. Tällaisella toiminnalla on vaikutettu suuresti myös tuotteiden yksikkökustannuksiin. Resurssitehokkuuden hyötykäyttö on ollut kauan tavanomaisin tehokkuustarkastelun lähtökohta ja on sitä vieläkin. Se on ensisijainen toimintaperiaate eri aloilla yritysten muodostumisessa, johtamisessa ja ohjauksessa.

Resurssitehokkuudessa huomio pääosin kohdistuu tuotteen tai palvelun tuottamiseen tarvittaviin resursseihin, kuten henkilöstö ja koneet. Resurssitehokkuudessa mitataan, kuinka paljon hyötyä saadaan resurssista tietyssä ajassa. Taloudellisessa näkökulmassa on erityisen hyvä asia tavoitella resurssien käyttöä mahdollisimman tehokkaasti. Tämä johtuu vaihtoehtoiskustannuksesta. Vaihtoehtoiskustannus tarkoittaa tappiota siitä, kun resursseja ei käytetä äärimmilleen. Jos resursseja ei käytetä äärimmilleen, osan resurssien investointirahasta voidaan silloin käyttää muualla.¹³

3.2 Virtaustehokkuus

Toisin kuin resurssitehokkuudessa, virtaustehokkuudessa keskitytään jalostettavaan yksikköön. Teollisuudessa jalostetaan materiaaleilla tuotteita, palvelualalla

¹³ Modig & Åhlström. 2013, 9, 10, 11.

yleensä asiakas on yksikkö, jonka tarpeita palvellaan. Virtaustehokkuudessa siis painopiste on ”virtaavassa” yksikössä läpi organisaation, jota kutsutaan virtausyksiköksi. Virtaustehokkuudessa mitataan virtausyksikön jalostumisastetta tietyssä ajassa. Aikavälinä on tarpeen tunnistamisen ja tyydytyksen välinen aika. Kun tarkastellaan virtaustehokkuutta, määritellään se ajan mukaan, jolloin virtausyksikölle tuotetaan arvoa. Se, miten hyvin yritys jalostaa virtausyksiköitään, kertoo yrityksen virtaustehokkuuden tasosta. Tuotetaanko yksiköille arvoa, vai ei.¹⁴

3.3 Prosessi

Prosessi (latinaksi *processus* ja *procedere*) tarkoittaa kutakuinkin eteenpäin viemistä. Prosessi tarkoittaa asian jalostamista eteenpäin viemisellä. Tätä eteenpäin vietävää yksikköä kutsutaan virtausyksiköksi. Useissa yrityksissä määritellään prosessi siten, että se määräytyisi toiminnan eri funktioilla. Prosessia tulisi katsoa aina virtausyksikön kautta, jos todella tahdotaan hallita virtaustehokkuutta. Täten virtausyksiköiden kautta on tärkeää määritellä prosessit.¹⁵

3.4 Työkalut

Leanin avulla on kehitetty useita työkaluja vuosien aikana, joiden tavoitteena on hukkan havaitseminen ja poistaminen. Näihin työkaluihin kuuluu esimerkiksi 5S, VSM (Value Stream Mapping), imuohjaus, Poka-Yoke ja Kanban.

Nämä työkalut luovat johtamisen järjestelmän, jossa ajattelemisen tapa vaikuttaa näkymättömästi. Lean projekteissa tavoitteena on uusia käyttäytymiseen ja johtamiseen liittyvien tapoja uudistaen toimintatapoja, kehittämällä mentaalista vakautta ja toimintatapaa. Näkymättömät rutiinit toiminnassa ja ajattelussa toimivat pohjana Toyotan organisaatiossa työkaluille ja tekniikoille. Parhaiten se huomataan

¹⁴ Modig & Åhlström. 2013, 13,14.

¹⁵ Modig & Åhlström. 2013, 19.

johtamistavoissa, kun verrataan moniin länsimaisiin yrityksiin ja niiden rutiineihin.¹⁶

¹⁶ Six Sigma: Lean-työkalut. 2021.

4 SIMULOINTI

4.1 Simulointi käsitteenä

Yksinkertaistettuna, tietokonesimulointi on prosessi, jossa laitetaan tietokone käyttäytymään lehmän, lentokoneen, taistelukentän, sosiaalisen järjestelmän, terroristin, HIV-viruksen, kasvavan puun, tuotantotehtaan, mekaanisen järjestelmän, sähköisen kentän, osakemarkkinan, galaksin, molekyylin tai minkä muun tahansa tavoin. Tämä tehdään tietyllä tarkoituksella, pääasiassa jotta voidaan suorittaa ”mitä jos?” kokeita tietokonemalleilla aidon järjestelmän sijaan. On monia määritelmiä tietokonesimuloinnista. Esimerkiksi, A. Alan B. Prisker (1984) kuvailee simulointia dynaamisen käytöksen esityksenä järjestelmästä liikuttamalla sitä tilasta toiseen hyvin määriteltyjen käyttösääntöjen mukaisesti. Bernard P. Zeigler kirjassaan (1976) kirjoittaa: Me voimme siten määritellä simuloinnin tekniikkana, jolla ratkaistaan ongelmia tarkkailemalla esitystä, ajallisesti, järjestelmän dynaamisesta mallista. Järjestelmällä tarkoitamme kokoelmaa komponenteista, jotka liittyvät ja vaikuttavat toisiinsa. Nämä liitännäiset ja vaikutukset erottavat järjestelmän sen ympäristöstänsä. Järjestelmän on tarkoituksena olla organisoituna siten, jotta voidaan suorittaa yhden tai useamman toimenpiteen tai saavuttaa yhden tai usean täsmällisen tavoitteen.¹⁷

Simulointi on toimenpide, jossa aitoa prosessia tai järjestelmää imitoidaan ajallisesti. Simulointiin kuuluu järjestelmän historian luominen keinotekoisesti, sekä sen havainnointi, jotta tehdään johtopäätöksiä koskien oikeaa järjestelmää, jota kuvataan.¹⁸

¹⁷ Raczyński. 2006, 1.

¹⁸ Banks. 1996, 3.

Simulointi on välttämätön ongelmanratkaisumenetelmä monien oikean maailman ongelmien ratkaisemiseksi. Simulointia käytetään kuvaamaan ja analysoimaan järjestelmää, kysymään ”mitä jos” kysymyksiä oikean maailman järjestelmistä, sekä auttamaan oikeiden järjestelmien suunnittelemista.¹⁹

4.2 Tuotannon simulointi

Tuotantojärjestelmän tietokonesimuloinnilla tarkoitetaan sitä, kun jäljitellään ajassa olemassa olevaa tai suunniteltavaa järjestelmää. Simuloinnilla saadaan teknistä ja taloudellista dataa tuotannonohjauksesta, investointien suunnittelusta ja tuotteiden kustannuslaskennasta. Simuloinnissa voidaan myös hyödyntää kolmiulotteista animaatiota nopeuttaen ja helpottaen tulosten tarkastelua. Simulointimalleja voidaan hyödyntää samassa muodossa tuotannon johdossa, markkinoinnissa ja työntekijöiden keskuudessa. Simuloinnilla voidaan suunnitella tuotantojen hienokuormitusta, tutkia ohjausmenetelmien ja muunnelmien käyttökelpoisuutta organisaatioissa. Ohjelmistolla voidaan tarkastella työvoiman tarvetta, pullonkaulojen ilmaantuvuutta, laitteiston hyödyllisyyttä, vikatilanteiden ja keskeneräisen tuotannon vaikutusta.²⁰

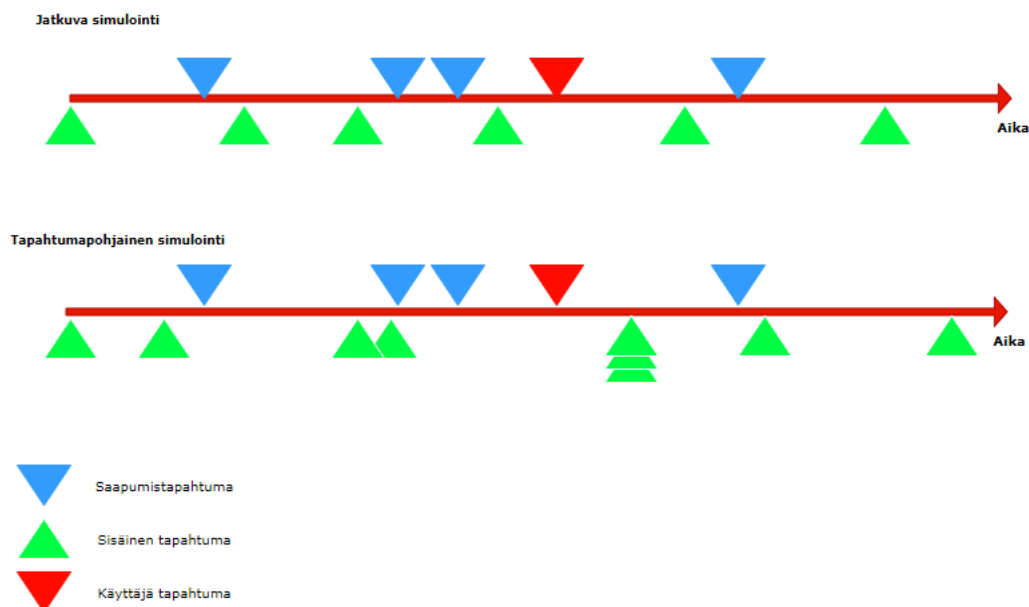
4.3 Tapahtumapohjainen simulointi

Tapahtumapohjainen simulointi (Discrete-event simulation) jäljittää tilanmuutoksia simulointimallin komponenteissa siihen aikaan, kun muutos ilmenee. Toisin kuin jatkuva simulointi, jossa aika etenee jatkuvalla tavalla, tapahtumapohjaisessa simuloinnissa aika hyppää tapahtumasta seuraavaan määritettyyn tapahtumaan.

¹⁹ Banks. 1996, 3.

²⁰ Delfoi.

Tapahtumat voivat määrittää toisiaan, kuten osa, joka saapuu koneeseen, joka puolestaan määrittää tapahtuman samalle osalle poistua koneesta.²¹



Kuva 3. Havainnollistava kuva jatkuvan simuloinnin ja erillisen tapahtumapohjaisen simuloinnin erosta.

4.4 Milloin simulointia voidaan käyttää

Erillisten simulointikielien saatavuudet, massiiviset laskentakyvykkyudet laskevin operaatiokustannuksin, sekä simulointien menetelmäoppien kehitys on tehnyt simuloinnista yhden laajemmin käytetyistä ja hyväksytyistä työkaluista tutkimuksissa ja systeemien analysoinneissa.

Simulointeja voidaan käyttää seuraaviin tarkoituksiin:

1. Simulointi mahdollistaa tutkimisen ja kokeilun monimutkaisten systeemien tai sen alisysteemien sisäisistä vuorovaikutuksista.

²¹ Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 2016.

2. Informatiiviset, organisatoriset ja ympäristölliset muutokset voidaan simuloida ja tarkastella näiden muutoksien vaikutuksia simulointimallin käyttäytymisessä.
3. Simulointimallin suunnittelun aikana saatu tieto voi tuottaa arvoa tutkittavan järjestelmän kehityksessä.
4. Simuloinnin tietoja muuttamalla ja niiden tuloksia tarkastelemalla voi saada arvokasta tietoa siitä, mitkä muuttujat ovat tärkeimpiä ja kuinka ne vaikuttavat toisiinsa.
5. Simulointia voidaan käyttää opetuksellisena keinona vahvistamaan analyttisten ratkaisujen menetelmäoppia.
6. Simulointia voidaan käyttää uusien suunnitelmien tai käytäntöjen implementoinnin kokeiluun. Näin voidaan valmistautua siihen, mitä voi tapahtua.
7. Simuloinnilla voidaan verifioida analyttisiä ratkaisuja.²²

4.5 Simulointi tutkinnan vaiheet

Kolme vaihetta (VDI direktiivi 3633 ja ASIM tuotannon- ja logistiikan simulointikäyttäjien ohjeistuksen, 1997 mukaan):

1. Valmistelu
 - Tee päätös onko kohde simuloinnin arvoinen
 - Määrittele vaatimukset ja tavoitteet
 - Arvioi työnkuorma
 - Hanki, valmistele ja synkronoi data
 - Luo karkea analyttinen arvio
 - Luo ja validoi simulointimalli

²² Banks. 1996, 4.

2. Toimeenpano

- Suunnittele simulointikokeet
- Simulointikokeiden toimeenpano
- Simulointikokeiden validointi

3. Arviointi

- Muodosta tulokset
- Tulkitse tulokset
- Dokumentoi tulokset.²³

4.6 Siemens Tecnomatix Plant Simulation

Tecnomatix Plant Simulation on osa tehdas suunnittelun ja optimisoinnin ratkaisua Siemensin PLM-ohjelmistolta.²⁴

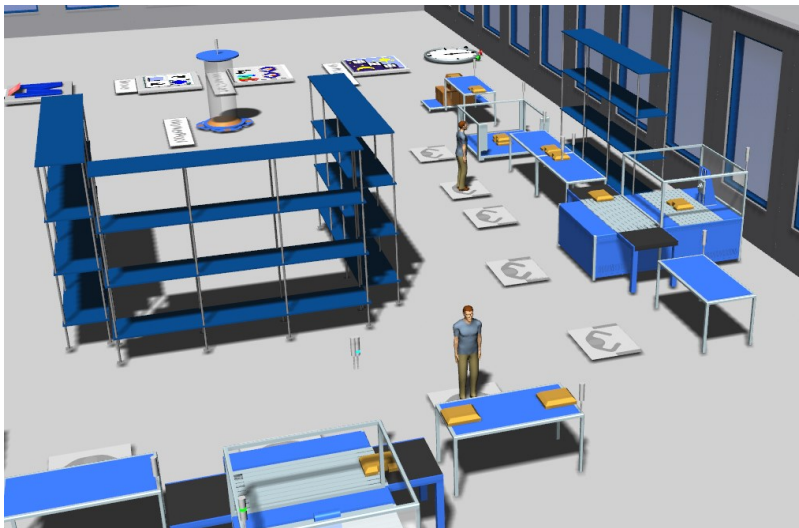
Plant Simulation toimii simulointityökaluna, jossa tuotetaan diskreettiä tapahtumapohjaista simulointia. Ohjelmalla voidaan tehdä tuotannon ympäristöstä ja prosesseista virtuaalisia malleja. Simulaatiot tuottavat dataa läpimenoajoista, -kapasiteeteista ja määristä, joita visuaalisella prosessikuvauksella voidaan tehostaa. Simulointimallit mahdollistavat tilanteiden testaamisen sellaisissa olosuhteissa, jotka eivät olisi mahdollista tai toivottavaa aidossa tuotannossa. Digitaaliset mallit mahdollistavat testaamisen ennen varsinaista toimintaa suunnitteluvaiheessa. Tuotantoprosessien vertailua varten voidaan käyttää erilaisia analyysityökaluja, kuten tilastoja, taulukoita ja pullonkaula-analyyseja. Optimointiin tarkoitetuilla työkaluilla voidaan kehittää prosessien tehokkuutta.²⁵

²³ Siemens PLM Software Inc. 2016.

²⁴ Siemens SW Tecnomatix Plant Simulation Runtime Fact Sheet.

²⁵ Ideal PLM: Materiaalivirtojen ja logistiikan suunnittelu ja simulointi. 2017.

Tecnomatix Plant Simulation -sovelluksen avulla voi mallintaa, simuloida, tutkia ja opimoida logistiikkajärjestelmiä ja niiden prosesseja. Mallit mahdollistavat materiaalivirran, resurssien käytön ja logistiikan analysoinnin kaikilla valmistussuunnittelutasoilla globaaleista tuotantolaitoksista paikallisiin tehtaisiin ja tarkoin määritettyihin linjoihin ajoissa ennen tuotannon toteuttamista.²⁶



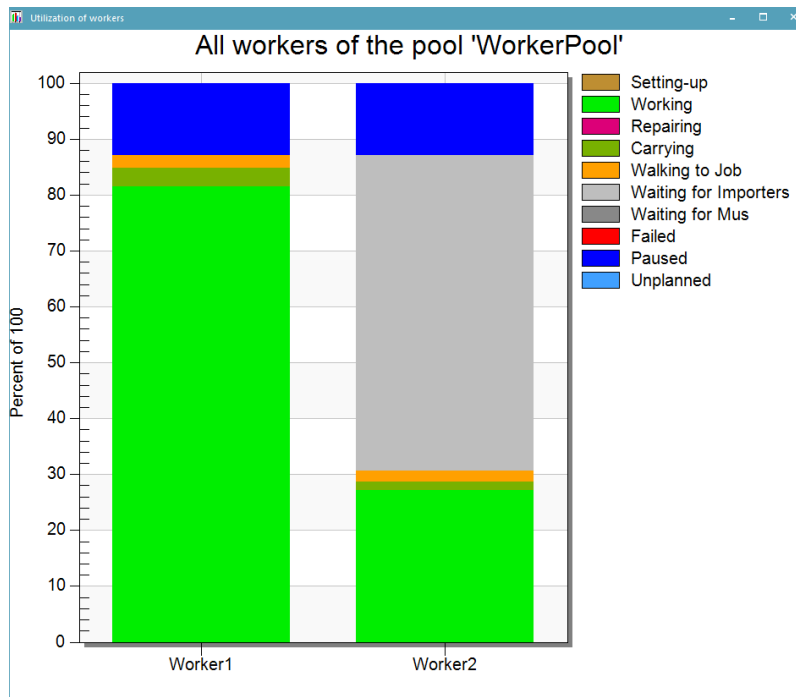
Kuva 4. Tecnomatix Plant Simulation -ohjelman 3D-tila.

4.6.1 Simulointimallit ja analyysi

Plant Simulation malleja käytetään suoritustehon optimointiin, pullonkaulojen poistamiseen ja KET:in (kesken eräinen työ) minimoimiseen. Simulointimalleissa otetaan huomioon sisäiset ja ulkoiset toimitusketjut, tuotantoprosessit ja liiketoimintaprosessit mahdollistamalla erilaisten tuotantovariaatioiden analysoinnin. Tilastollinen analyysi, kuvaajat ja kaaviot esittävät puskurien, koneiden ja henkilös-

²⁶ Siemens PLM Automation kotisivu. 2021.

tön käyttöasteen. Kykenet tuottamaan kattavia tilastoja ja kaavioita suorituskyvyyden dynaamisen analysoinnin tukemiseen sisällyttäen linjan työkuorman, vikatilat, tyhjäkäynnit ja korjausajat, sekä keskeiset suorituskykytekijät.²⁷



Kuva 5. Tecnomatix Plant Simulation työkalun Assembly Chart analyysikaavio työ-
asemista simulointimallissa.

4.6.2 Plant simulation käyttöliittymä

Plant Simulation käyttöliittymä seuraa Microsoft-standardeja tehden siitä helpomman tullessa nopeasti tuottavaksi. Simulointimallit voidaan luoda nopeasti käyttämällä ohjelman erityisiä yritysprosesseja kuvaavia objektikirjaston komponentteja. Voit laajentaa kirjastoa omilla objekteilla tehokkaan ohjelmointiympäristön

²⁷ Siemens SW Tecnomatix Plant Simulation Runtime Fact Sheet.

avulla simulointikyvykkyyksien edistämistä varten. Työkalut automaattiseen optimointiin, simulointien tulosten analyysiin ja mallien 3D-visualisoimiseen ovat myös käytössä. Laajat analyysityökalut, tilastot ja kaaviot avustavat käyttäjiä arvioimaan erilaisia valmistus skenaarioita ja tekemään nopeita, luotettavia päätöksiä tuotannon suunnittelun alkuvaiheessa.²⁸

²⁸ Siemens SW Tecnomatix Plant Simulation Runtime Fact Sheet.

5 PROJEKTIN JA SIMULOINNIN TILANNEKARTOITUS

Projektin tavoitteena oli suunnitella uusia tuotteita pitkäaikaiselle asiakkaalle. Asiakkaalle on aikaisemmin valmistettu dedikoidusta kokoonpanolinjasta taajuusmuuntajia ja tässä projektissa tuodaan uusi tuotekokoelma asiakkaalle, sekä useampi tuotantolinja. Tuotantolinjat sijoitetaan Kiinaan ja Suomeen.

Projektin läpivientiin oli määritetty kuusi vaihetta virstanpylväineen. Jokainen portti määrittelee tiettyä kypsyystasoa, jolloin projekti kokonaisuutena kypsyy ylös-ajo vaiheeseen, jonka jälkeen täyden tuotannon toimintaan. Ensimmäisessä vaiheessa Supply Chainin vastuualueisiin kuuluu konseptointivaihe, joka sisältää karkean tuotantosuunnitelman laatimisen. Kyseinen projekti valmistaa yhdelle asiakkaalleen ja heidän tarpeilleen tuotteita, josta on muodostettu yhteinen kysyntäsuunnitelma, eli tarve. Supply Chainin karkean tuotantosuunnitelman laatimiseen tahtotilana on ollut implementoida tuotannon simulointia Siemensin Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmistolla. Työn simuloinnit muodostuvat täten projektin konseptointi vaiheesta.

5.1 Simuloinnin lähtötaso

Simulointia oli aikaisemmin käytetty ainoastaan koulutusten merkeissä, joten kompetenssin tason määrittäminen oli tärkeää. Oli tiedostettava se alkuun ja asennoiduttava simuloinnin implementoinnissa siten, että projektin aikaiset simuloinnit saattavat viedä aikaa, koska niiden toteuttaminen vaatii alkuun itsenäistä opiskelua aiheesta. Päättävänä alkuun simuloinnille oli kuitenkin konseptien ja skenaarioiden ajaminen simuloinnissa, jolla kyetään mahdollisesti tukemaan tai vastustamaan ehdotelmien toimivuutta. Projektin edetessä kompetenssi simuloinnissa oletettavasti kasvaa. Sitä saatetaan testata asettamalla tehtäviä simuloinnille, joiden onnistumisesta ei ole täysin varmuutta.

5.2 Simuloinnin kohteet

1 Valmistelu

Tee päätös onko kohde simuloinnin arvoinen

Määrittele vaatimukset ja tavoitteet

Arvioi työnkuorma

Hanki, valmistele ja synkronoi data

Luo karkea analyttinen arvio

Luo ja validoi simulointimalli

2 Toimeenpano

Suunnittele simulointikokeet

Simulointikokeiden toimeenpano

Simulointikokeiden validointi

3 Arviointi

Muodosta tulokset

Tulkitse tulokset

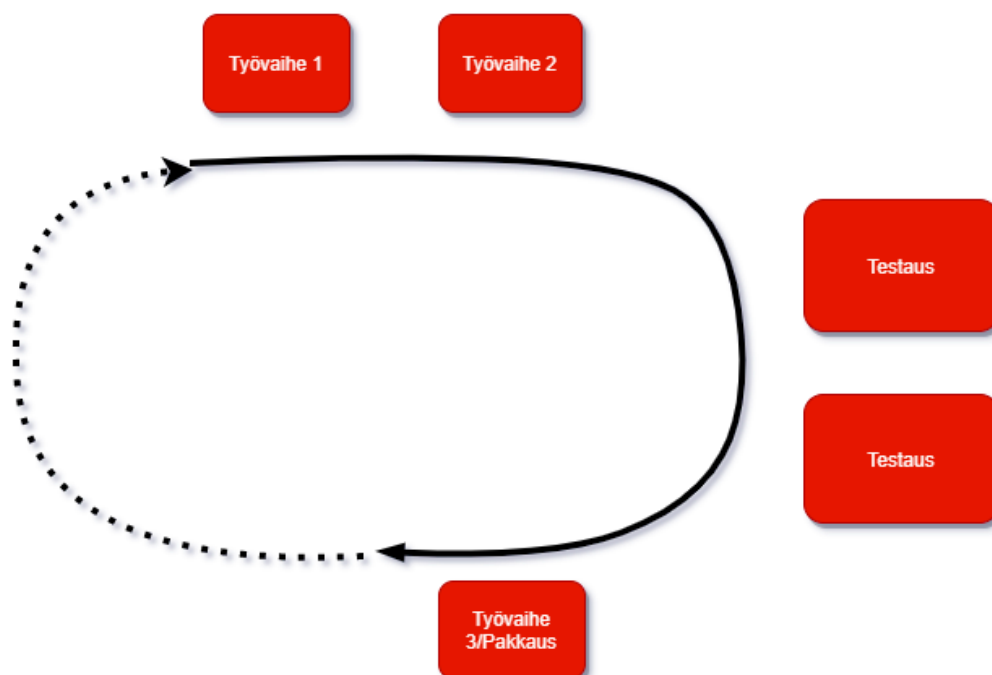
Dokumentoi tulokset

Kuva 2. Simuloinnin prosessikuvaus.

Simuloinnin kohteiksi muodostui Suomen ja Kiinan tehtaan tulevat layout-konseptit. Järjestettävissä workshoppeissa ja ideointi palaverieissa tutkittiin Suomen ja Kiinan tehtaan mahdollisia tarpeita ja niiden perusteella muodostettiin useita skenaarioita, joita Kiinan ja Suomen tehtaalla voitaisiin käyttää. Alkuun todettiin, että projektissa on laatuaspektien kannalta ajettavana peruseriaate siitä, että molempien tehtaiden maantieteellisestä sijainnista huolimatta tuotteen valmistusprosessin tulee noudattaa samaa kaavaa. Simuloinnin prosessikuvauksen mukaisen valmistelu osion aikana päädyttiin usein tarkentamaan dataa ja kokeilemaan erilaisia vaihtoehtoja.

Tuotevolyymi oli hajautettu Suomen ja Kiinan tehtaiden välillä. Se on olennainen tieto simuloinnissa, sillä erilaisten mahdollisten layoutien simulointimallit täytyy luoda Suomen ja Kiinan volyymivaatimuksille kykeneviksi. Jotta pystytään linjalla tuottamaan oikea määrä laitteita ei yksinomaan ole ainoastaan layoutiin sidonnainen, mutta konsepteja simuloimalla voidaan tarkastella vaiheiden kuormitustasoja, havaita pullonkauloja, resurssien tehokkuutta ja hajautusta. Näiden perusteella voidaan päätellä, onko konseptilla potentiaalia alkuunkaan. Seuraavat konseptit kuvaavat pääosin projektin aikana muodostuneita ajatuksia tuotannon layouteista. Ne voivat myös muodostua manuaalisesta, puoli automaattisesta, sekä automaattisesta tuotannosta. Näitä konsepteja, sekä muita sovellettavia ajatuksia ja niistä syntyneitä lisätutkimusta vaativia kohteita simuloitiin projektin aikana.

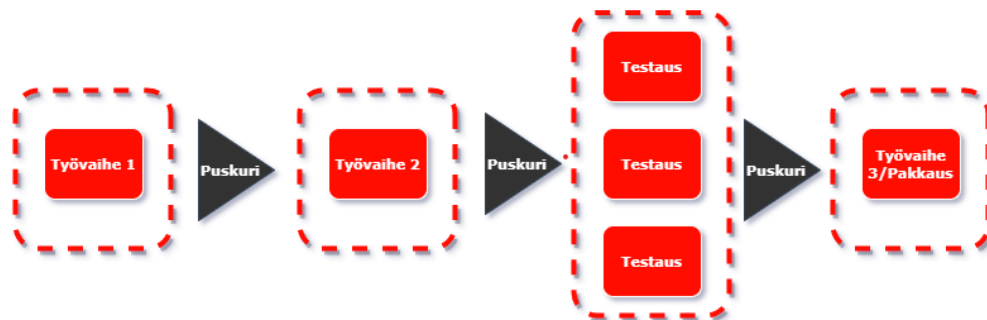
5.2.1 U-solu konsepti



Kuva 3. U-solun ensimmäistä konseptia havainnollistava piirros.

Ensimmäisien workshopien aikana todettiin tehtaan tilan, sekä projektin tuotteiden ominaisuuksien takia karkean tuotantosuunnitelman muodostuvan suhteellisen pienestä tilasta. Kokoonpanojen aika-arviot eivät olleet pitkiä, materiaalien määrät suhteellisen pienet, sekä ruuvien määrä hyvin rajattu. Avasimme mahdollisuuden u muotoiselle solumaiselle layoutille. Layout suunnitelma sille, että tuotteen materiaalit ovat sijoiteltuna hyvin lähelle kokoonpanoa mahdollistaisi sen, että turha liikkuminen materiaalin noutamiseen eliminoidaan ja operaattoreiden liikkuminen muodostuisi pääosin vaiheiden välisistä siirtymistä. U-solu konseptissa ajatuksena oli kyseisten solujen monistaminen tarpeen mukaisesti. Solu itsessään voitaisiin mahdollisesti luoda kompaktiksi, jolloin solujen tilantarve olisi pieni. Tarvittaessa soluja voitaisiin sijoitella vapaammin.

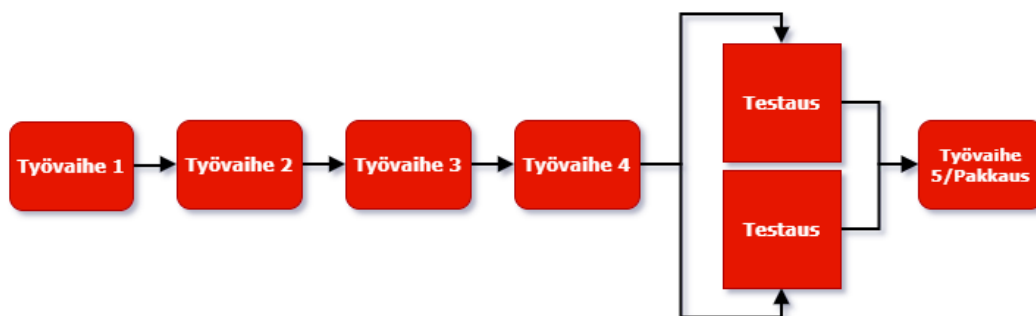
5.2.2 Matriisi tuotantokonsepti



Kuva 4. Matriisi tuotantokonseptia havainnollistava piirros.

Matriisi tuotantokonsepti perustuu monikäyttöisiin kokoonpanoasemiin ilman dedikoitua tuotekokonaisuutta. Konsepti muistuttaa funktionaalista eli prosessilähtöistä layoutia siinä, että samanlaisia toimintoja on ryhmitelty yhteen. Tätä voidaan osittain mieltää myös solu tuotannoksi. Ajatukset, jotka tukivat matriisi tuotantokonseptia, pohjautuivat pääosin monikäyttöisen layoutin tarpeeseen. Sen lisäksi, että itse linjasto ei muodostuisi sille dedikoidusta tuotekokonaisuudesta, testaus voitaisiin keskittää yhdelle alueelle irtautuneena linjasta. Asemien väliin asetettaisiin puskureita, jotka muodostuisivat tuotteiden kuljetuksesta AGV:llä (Automated Guided Vehicle) asemien välillä. Myös materiaalin käsittelyyn, virtaukseen ja hallintaan muodostettiin uusia toimintamalleja tavanomaiseen tehtaan materiaalin käsittelyyn verrattuna. Kyseinen asetelma voitaisiin toteuttaa siten, että työasemille tuodaan materiaali valmiina asennettavaksi. Materiaalit koottaisiin erillään tuotantotilasta setteihin, jotka tuodaan tuotantoon asemille käytettäväksi.

5.2.3 Vaiheistettu tuotelähtöinen layout



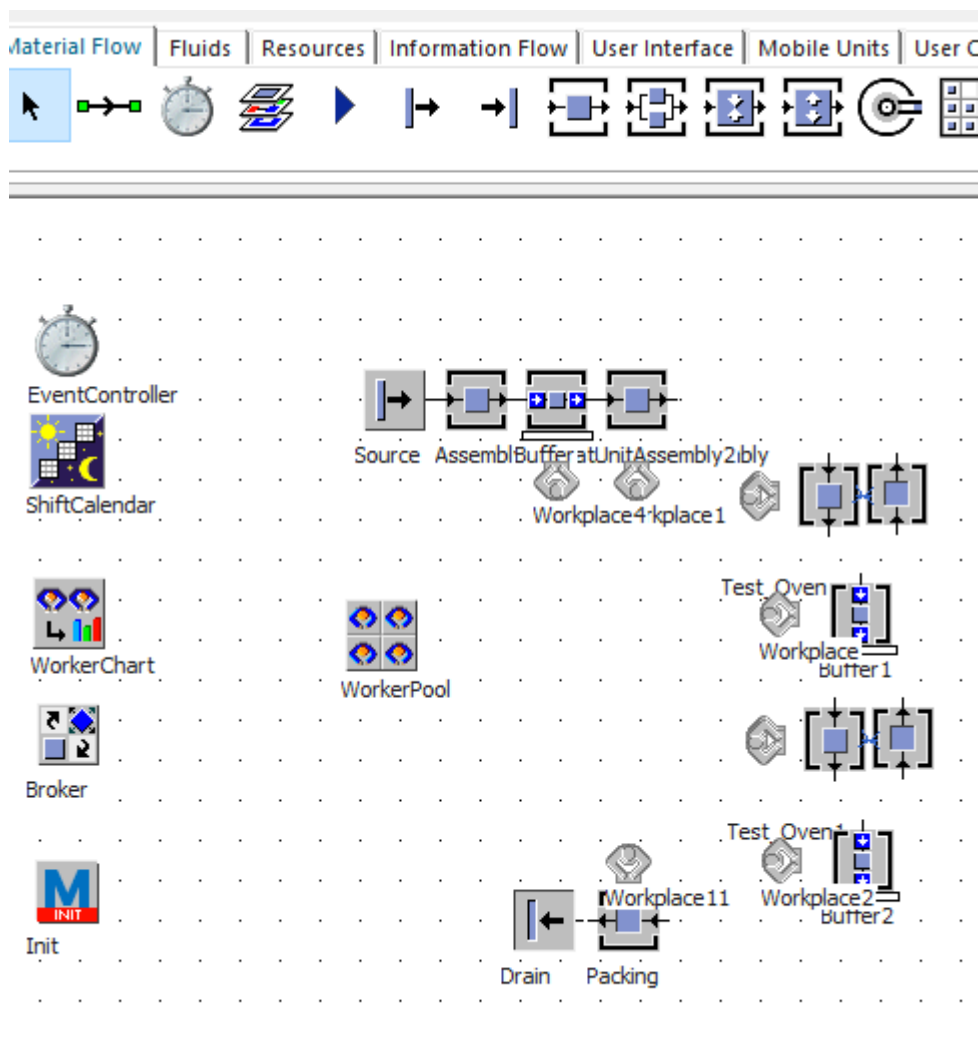
Kuva 5. Vaiheistettua linjaa havainnollistava piirros.

Tavanomaisin tuotantolinjamuoto tehtaalla on vaiheistettu tuotantolinja kiinteillä työpisteillä. Tästä muodostui myös konsepti projektille. Virtaustehokkuutta noudattava vaiheistettu tuotantolinja on yleensä hyvä vaihtoehto dedikoidulle tuotantolinjalle. Hyödyt muodostuvat vahvasti virtaustehokkuudessa, varsinkin kun linja on pakkotahtinen. Kun tuotekokonaisuus ja variaatiot eivät ole massiivisia, tuotantolinjan vaiheistaminen on hyvin mahdollista ja päästään hyviin tehokkuustuloksiin.

6 KONSEPTIEN SIMULOINTI

Seuraavassa käydään läpi konseptien simulointeja. Simuloinneista syntyi useita eri malleja liittyen konsepteihin. Vaihtelevaisuudet malleissa muodostuivat prosessien ajoista, työjärjestyksistä, manuaalisesti tehtävän työn tai automaation käytöstä, linjan sisäisen logistiikan käyttömenetelmistä, sekä testauksen mahdollisista muutoksista. Seuraavassa esitellään konseptien pääpiirteitä ja tuodaan esille yksi malli monista mahdollisista malleista.

6.1 U-Solu-skenaario



Kuva 6. Vaasan tehtaan U-solu-skenaario.

Simulointimallin luomisessa käytettävä data perustui sen hetkisiin kasausaika-arvioihin. Ensimmäinen työvaihe muodostettiin simulointimallissa automaattiseksi johtuen siitä, että projektissa ensimmäinen työvaihe sisälsi sellaista työtä, jonka tahtotila on tulevaisuudessa automatisoitava. Tästä syystä tahdottiin tarkastella ensimmäinen työvaihe automaationa ja katsoa tuoko sen implementointimalliin mitään huomioitavaa. Simuloinnin kannalta karkeassa arvioinnissa todettiin, ettei automaatio -tai manuaalinen vaihe muuta konkreettisesti työvaiheen vaikutusta

linjaan, sekä jos tarve on toteuttaa ensimmäinen työvaihe manuaalina simuloinnissa, se on täysin mahdollista. Mallin työasemien työajat määritettiin seuraavasti:

1. Työvaihe 1 (automaattinen) – 5 minuuttia 12 sekuntia.
2. Työvaihe 2 (manuaalinen) – 5 minuuttia.
3. Testiin liitántä työvaihe – 1 minuutti.
4. Funktionaalinen testaus työvaihe – 20 minuuttia.
5. Testistä pois liitántä työvaihe – 1 minuutti.
6. Työvaihe 3/Pakkaus – 3 minuuttia.

Simuloinnissa määritettiin tauot tehtaan taukojen mukaan ja mallia ajettiin yhtä vuoroa simuloimalla, joka tarkoittaa 7 tuntia 46 minuuttia.

Material Flow Properties

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
Assembly1_Heatsink_SubAssembly	58	57	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
UnitAssembly2	51	50	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
Packing	48	48	0	1	65.79%	-	34.21%	34.21%
Source	59	58	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
Drain	48	48	0	1	100.00%	-	0.00%	0.00%
Buffer	59	51	0	8	0.00%	77.54%	89.15%	89.15%
Buffer1	23	23	0	1	93.89%	6.11%	6.11%	6.11%
Buffer2	22	22	0	1	88.49%	11.51%	11.51%	11.51%

Kuva 7. Materiaalivirtaus statistiikkaa Vaasan U-solu-mallista.

Materiaalivirtaus statistiikassa nähdään objektista Drain, simuloitavasta linjasta poistuvien laitteiden määrän sarakkeesta Number of Exits. Tässä tapauksessa mallista ajettiin aamuvuoron aikana ulos 48 laitetta. Tästä huomataan, että mallissa tuotettiin yhdessä vuorossa lähes koko päivän kapasiteettivaatimus. Simulointimallia ajettiin kahdella työntekijällä, jolloin työntekijöiden työtahti oli suhteellisen hyvin tasapainossa toisiinsa nähden.

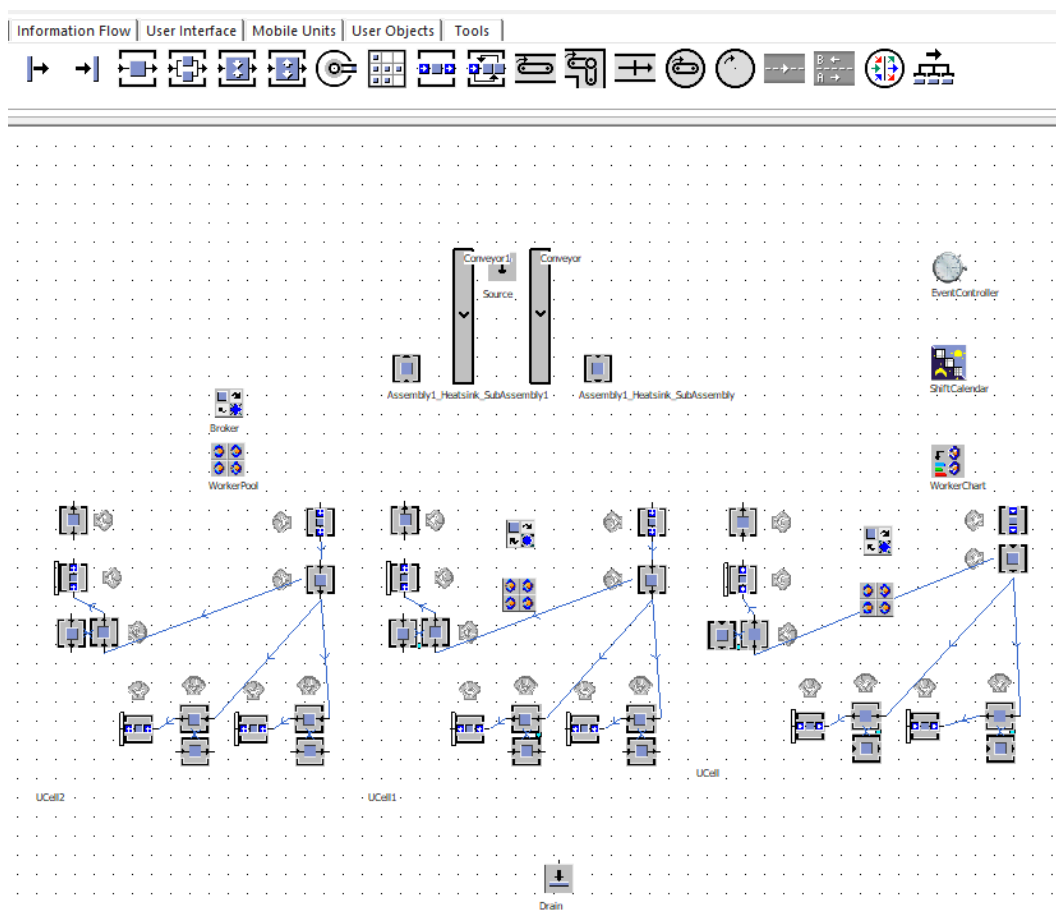
Detailed Statistics of the Part Types Which the Drain Deleted

Drain	Production						Transport						Storage								
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Sum	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Sum	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Sum
Part	25.59%	0.00%	24.64%	0.00%	0.00%	0.00%	50.23%	0.30%	0.00%	4.50%	0.00%	0.00%	0.00%	4.81%	0.00%	0.00%	44.96%	0.00%	0.00%	0.00%	44.96%

Drain	Life Time				Exit Time				Throughput	
	Mean Value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Mean Value	Standard Deviation	Minimum	Maximum	Total Per Hour	Per Day
Part	2:01:16.3336	51:58.9852	4:10.7557	3:09:38.4375	9:42.0878	10:06.3742	3:00.0000	44:23.1792	48	6.1802575148.32618

Kuva 8. Yksityiskohtaista tilastotietoa laitetyypeistä, jotka ovat poistuneet Drain-objektin kautta.

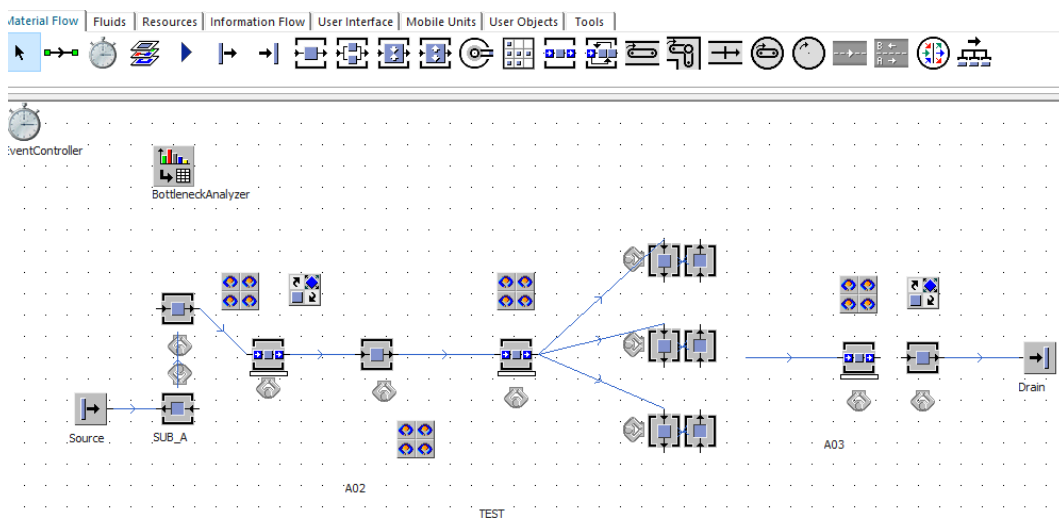
Huomattiin ensin, että mallin simuloinnin aikana tuotannossa työstettiin laitteita 25.59 % simuloitavasta ajasta 7 tuntia 46 minuuttia. 24.64 % ajasta laitteet odottivat toimenpiteitä. Simulointia tarkastellessa suurin osa odottelusta muodostuu puskureissa. Life time kertoo laitteiston elinajasta simuloitavassa linjastossa. Tarkemmin ottaen, life time kertoo ajan siitä, kun laite luodaan Source-objektista siihen, kun laite poistuu Drain-objektista.



Kuva 9. Kiinan tehtaan U-solu-malli.

Kiinan tehtaan U-solu-skenaario tuotettiin kolminkertaistettuna Vaasan tehtaan U-solu-skenaariosta. Muutoksena Kiinan tehtaan mallissa oli työajat, tauot, sekä henkilöstömäärä.

6.2 Matriisi tuotantoskenaario



Kuva 10. Vaasan tehtaan matriisituotantoskenaario.

Matriisi tuotantosimulointimallissa luotiin ensimmäisenä alikokoonpanoasema manuaalisena työnä Vaasan simulointimalliin. Alikokoonpanopisteen jälkeen asetettiin puskuri, josta työntekijä noutaa simuloinnissa valmistettavat osat seuraavalle työpisteelle. Työpisteen 2 ja testereiden välille sijoitettiin puskuri, johon työntekijä kykeni siirtämään valmistettavan laitteen, jotta työpiste 2 vapautuisi ja työtä voitaisiin jatkaa. Puskurilta siirrettiin manuaalisesti testereihin laitteet. Testerit luotiin siten, että testerikokonaisuus käsitti kolme työasemaa, liitäntäaseman, varsinaisen testausaseman ja liitäntöjen poistoaseman. Liitäntäasemassa, sekä liitäntöjen poistoasemassa työajaksi määritettiin 1 minuutti, joka oli manuaalista työtä. Testausasemalla työaika oli 20 minuuttia, joka oli automaattinen työvaihe. Testereitä luotiin malliin kolme, joka on yksi enemmän aikaisempaan konseptiin verrattuna. Tarkoituksena oli tarkastella testereiden määrällistä vaikutusta tuotettavuuteen. Testausprosessin jälkeen laitteet siirtyivät automaattisesti puskuriin, josta työntekijä poimi manuaalisesti pois laitteita viimeiselle työasemalle. Automaattinen siirto puskuriin ei ollut realistinen tapahtuma konseptissa. Tästä huolimatta puskuri kuvasti laitteen ottamista testistä, joka saatiin simuloitua puskurilla. Testerien molemmiin puolin sijoitettiin puskurit, joista kyettiin keräämään

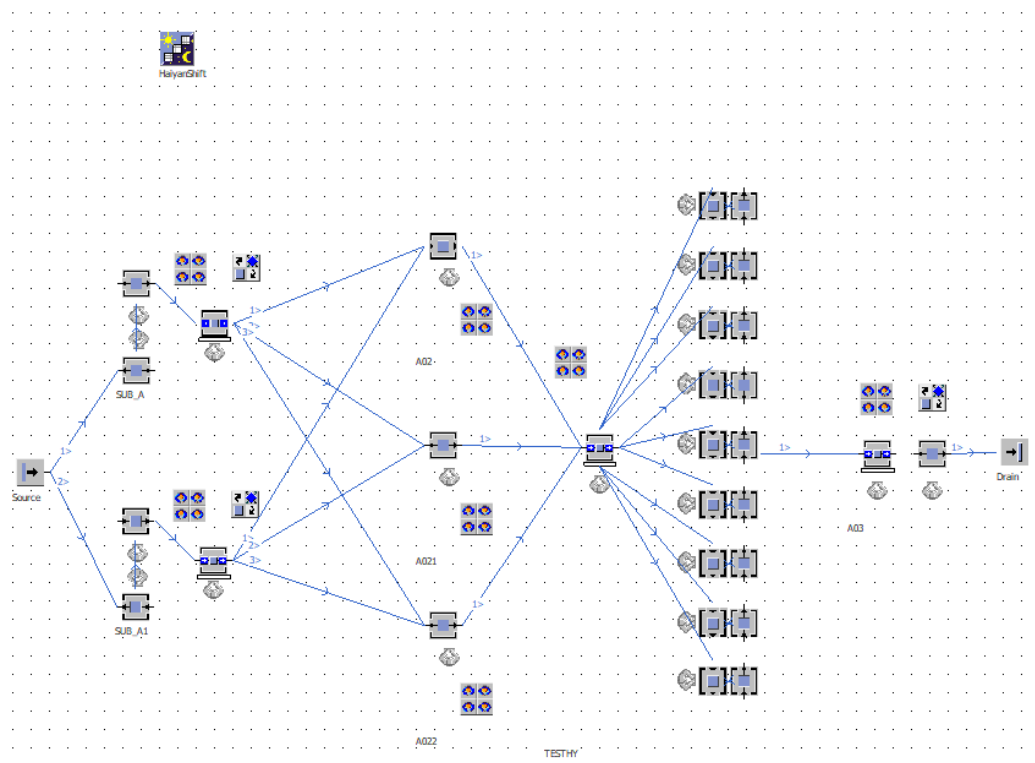
tarpeen tullen dataa testiin saapuneista ja poistuneista laitteista. Mallin työasemien työajat määritettiin seuraavasti:

1. Työvaihe 1 (manuaalinen) – 7 minuuttia.
2. Työvaihe 2 (manuaalinen) – 7 minuuttia 24 sekuntia.
3. Testiin liitääntä työvaihe – 1 minuutti.
4. Funktionaalinen testaus työvaihe – 20 minuuttia.
5. Testistä pois liitääntä – 1 minuutti.
6. Työvaihe 3/pakkaus – 3 minuuttia.

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
Pressfit	58	57	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
Heatsink	57	56	0	1	2.48%	-	97.52%	97.52%
Buffer	56	55	0	1	71.88%	0.00%	1.41%	1.41%
Assy2	55	54	0	1	11.69%	-	88.31%	88.31%
Buffer	54	54	0	1	97.68%	0.00%	0.29%	0.29%
TEST	18	17	0	1	23.21%	-	76.79%	76.79%
TEST	18	17	0	1	24.82%	-	75.18%	75.18%
TEST	18	17	0	1	26.44%	-	73.56%	73.56%
Buffer	51	51	0	4	85.13%	0.00%	3.19%	3.19%
Assy3	51	51	0	1	71.66%	-	28.34%	28.34%
Drain	51	51	0	1	100.00%	-	0.00%	0.00%

Kuva 11. Vaasan simulointimallin materiaalin virtaus-statistiikkaa.

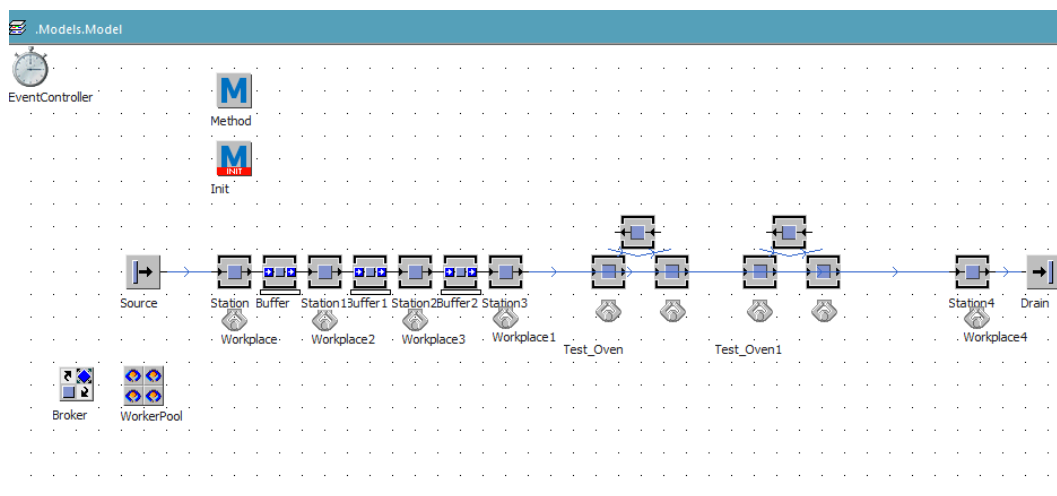
Mallissa työskenteli 3 työntekijää jaoteltuna eri asemiin. Ensimmäinen työntekijän alueeseen kuului ensimmäisen työvaiheen kokoonpano ja laitteen puskuriin vieminen. Toinen työntekijä määritettiin toiseen työpisteeseen ja laitteiden testiin kytkentään. Kolmas työntekijä toimi laitteiden testistä ottajana ja viimeisen työpisteen työntekijänä. Simulointimalli tuotti 51 laitetta vuoron päätteeksi. Matriisikonseptin mallissa ajettiin tuotantolinjaa yhdellä henkilöllä enemmän verrattuna u-solu konseptin malliin. Matriisikonseptissa alueet olisi sijoitettu kauemmas toisistaan, jolloin yhden työntekijän lisääminen oli tarpeellinen toimenpide, jotta ei muotoutuisi ylimääräistä kuljetusta pisteiden välillä. Viimeisellä työpisteellä toimivan kokoonpanijan työskentelykapasiteetti ei olisi prosentuaalisesti tehokkaalla tasolla. Mahdollisuutena voisi olla lisätä erilaisten tuotteiden pakkaustöitä samaan soluun, jolloin työntekijällä nousisi työskentelykapasiteetti.



Kuva 12. Kiinan tehtaan matriisituotantoskenaario.

Kiinan tehtaan simulointimalli luotiin samaa kaavaa noudattaen, kuten Vaasan tehtaan simulointimalli. Alikokoonpanopisteitä luotiin kaksi, joista alikokoonpanoja tuotettiin kolmelle erilliselle työasemalle. Kolmen työaseman jatkeena luotiin sama idea testerikokonaisuudelle, kuten Vaasan tehtaan mallissa, mutta testereitä luotiin yhdeksän kappaletta volyymin ja kiertoajan puolesta.

6.3 Vaiheistettu tuotelähtöinen layout-skenaario



Kuva 13. Vaiheistettu neljään työvaiheeseen perustuva skenaario.

Vaiheistettu tuotelähtöinen layout simulointimalli luotiin ensimmäisten työaikatutkimusten jälkeen, jolloin saatiin tarkempaa dataa työajoista, mitä mahdollisesti tuleva linja tulee sisältämään. Ensimmäisen työaikatutkimuksen jälkeen laskettiin myös datan perusteella, montako työpistettä tarvitaan, sekä kuinka monta henkilöä tarvitaan kuormittamaan työpisteitä vuoron aikana. Työaikatutkimuksesta muodostuvan datan perusteella luotiin myös simulointimalli, jolla voitaisiin vahvistaa oletettavia kyseisen layoutin kohdalla. Simulointimallissa luotiin neljä erinäistä työpistettä varsinaisessa kokoonpanossa. Jokaisen työpisteen väliin sijoitettiin puskuri. Mallissa käytettiin kahta testeriä. Loppuun sijoitettiin yksi loppukokoonpanopiste, jossa pääosin suoritetaan laitteiden pakkaus.

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
Station	46	45	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
Station2	44	43	0	1	0.68%	-	99.32%	99.32%
Station4	38	38	0	1	54.93%	-	45.07%	45.07%
Source	47	46	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%
Buffer	46	45	0	1	12.73%	87.27%	87.27%	87.27%
Buffer1	45	44	0	1	4.60%	95.40%	95.40%	95.40%
Station1	45	44	0	1	0.58%	-	99.42%	99.42%
Buffer2	44	43	0	1	3.61%	96.39%	96.39%	96.39%
Station3	43	42	0	1	0.52%	-	99.48%	99.48%
Drain	38	38	0	1	100.00%	-	0.00%	0.00%

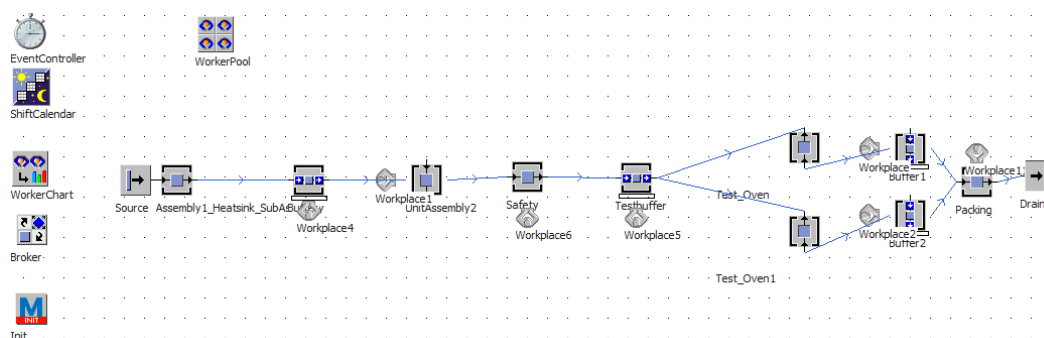
Kuva 14. Vaiheistetun tuotelähtöisen simulointimallin materiaalivirtaus statistiikkaa kolmella työntekijällä.

Simulointimallissa huomataan, että linja kykenisi valmistamaan päivittäisen tarpeen määrän erityisen hyvin keskiarvollisesti. Ottaen huomioon myös mahdollisesti asiakkaan tilattavien laitteiden määrien vaihtelun, kyseinen linjamalli kykenisi hoitamaan 30 % vaihtelun päivän kapasiteetissa.

6.4 Safety-testauksen simulointi

Konseptien työstämisen aikana projektin puolesta nostettiin ajatus safety-testausosion erottamisesta varsinaisesta testauksesta. Ajatuksen periaatteena oli kyseisen testausosuuden lyhyt vaihe ja siihen kuluva aika verraten kyseisen testimekanismin kustannukseen per testauslaitteisto. Safety-testauksen vaiheajaksi määriteltiin 5 minuuttia. Kun projektissa muun testauksen arvioitiin olevan 20 minuuttia, tahdottiin tutkia olisiko mahdollista investoida erilliseen safety-testipisteeseen, jolla käyttöastetta saataisiin nostettua, kun safety-testausasema sijoitettaisiin varsinaista testausta ennen. Analysoidessa havaittiin, että safety-testauksen erottaminen varsinaisesta testauksesta voisi olla hyödyllistä, mutta tahtotilana oli selvittää, nousisiko jotain kokonaisuudessa esille simulointimallia ajamalla.

6.4.1 Simulointimallin luonti



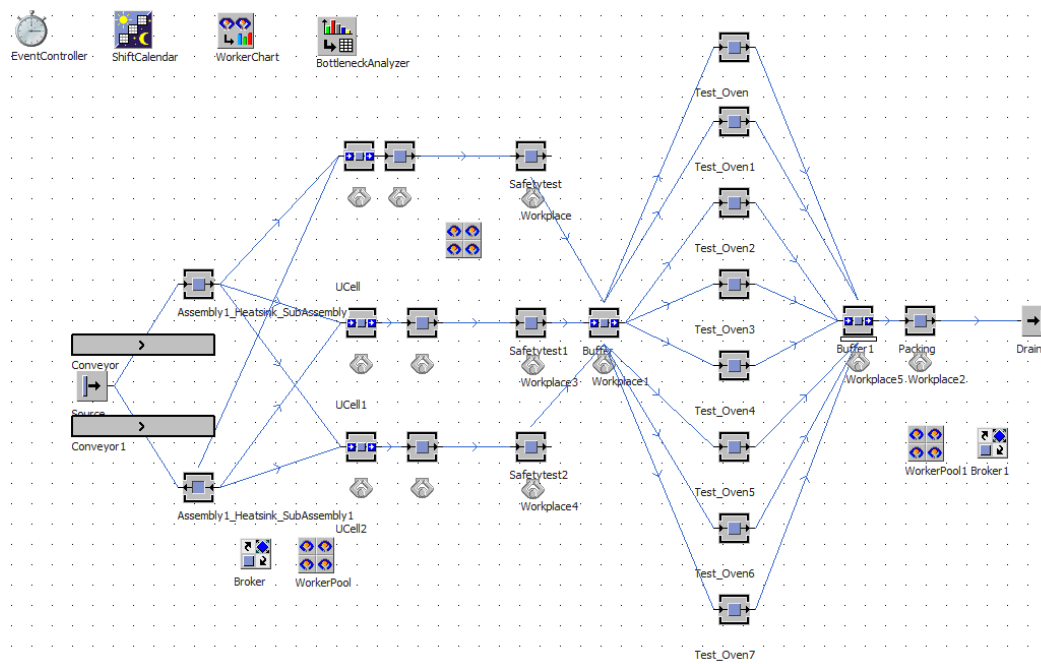
Kuva 15. Simulointimalli luotuna Vaasan tehtaan safety-testauksen erilleen kokeilulle.

Mallin valmistelun aikana datan keräyksessä todettiin, että Vaasan malli voidaan kokeilla kahden testerin kanssa. Safety-testaukselle asetettiin työajaksi 5 minuuttia ja funktionaalisen testauksen työajaksi määritettiin 20 minuuttia. Tämän jälkeen oli ohjelmoitava kokoonpanija niin, että henkilö siirtäisi safety-testauksesta laitteen oikealla puolella seuraavaan sijaitsevaan puskuri objektiin. Puskuri objektin kapasiteetiksi määritettiin Tecnomatixin standardi määrän mukainen 8 kappaaleen maksimikuorma. Testauksen puskurista laite siirtyisi vapaana olevaan testeriin automaattisesti, sillä tavoitteena mallille oli eritellyn testauksen tarkastelu, eikä varsinaisen työntekijöiden työkuorman tarkastelu. Mallin työasemien työajat määritettiin seuraavasti:

1. Työvaihe 1 (automaattinen) – 5 minuuttia 12 sekuntia.
2. Työvaihe 2 (manuaalinen) – 7 minuuttia 15 sekuntia.
3. Safety testaus työvaihe – 5 minuuttia.
4. Funktionaalinen testaus työvaihe – 20 minuuttia.
5. Työvaihe 3/Pakkaus – 1 minuutti 35 sekuntia.

Malliin luotiin kaksi työntekijää. Yhden työntekijän tehtävänä oli hoitaa ensimmäisen automaattisen työpisteen edessä olevan puskurin laitteiden noutaminen, työvaihe kaksi, safety-testaukseen siirto, sekä kuljetus safety-testauksen jälkeiseen

puskuriin. Toinen työntekijöistä luotiin hakemaan lopputestausten jälkeisestä puskurista testattavat laitteet ja työskentelemään viimeisessä työvaiheessa. Mallissa käytettiin Vaasan tehtaan virallisia vuoron työaikoja, eli 7 tuntia ja 46 minuuttia. Vaasan tehtaan kahvi -ja lounastauot sisällytettiin aamuvuoron työaikaan mallissa.



Kuva 16. Kiinan tehtaan safety-testausta simuloiva 2D-malli.

Material Flow Properties									
Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions	
Assembly1_Heatsink_SubAssembly	60	59	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%	
UnitAssembly2	52	51	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%	
Safety	51	51	0	1	7.71%	-	92.29%	92.29%	
TEST	22	21	0	1	3.92%	-	96.08%	96.08%	
TEST	23	22	0	1	0.00%	-	100.00%	100.00%	
Packing	45	45	0	1	84.71%	-	15.29%	15.29%	
Capacity	45	45	0	1	100.00%	-	0.00%	0.00%	

Kuva 17. Materiaalivirtauksen ominaisuuksien raportti Vaasan tehtaan safety-testausmallista.

Kuva 17 luotiin dokumentiksi simulointitulosten tarkastelua varten. Sarake, jossa ylhäällä ilmoitetaan Number of Entries (sisäänkäyntien lukumäärä) kertoo, montako objektia on saapunut riveissä ilmoitettuihin aseisiin. Alin rivi, joka on nimetty capacity (kapasiteetti)-kohdaksi, kuvastaa objektia Drain, jonka tarkoituksena on poistaa mallista Drain-objektiin saapuvat valmistettavat objektit, jotka kuvastavat mallissa valmistettavia laitteita. Kuvasta huomataan siis, että kyseisen aamuvuoro simuloinnin aikana on valmistettu 54 laitetta.

Portions of the States									
Object	Working	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
Assembly1_Heatsink_SubAssembly	66.95%	0.00%	33.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
UnitAssembly2	80.90%	15.25%	3.85%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Safety	54.72%	7.71%	37.57%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
TEST	93.48%	3.92%	2.60%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
TEST	97.77%	0.00%	2.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Packing	15.29%	84.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Drain	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Kuva 18. Statistiikkaa asemien tilojen osuuksista simulointimallissa.

Tarkasteltiin statistiikkaa simulointimallissa määritetyllä aikajanalla. Koska simulointimallissa on käytetty henkilöitä liikutteluun ja valmistukseen kaikilla muilla asemilla paitsi testaus osiossa, eikä simulointimallissa ole lisätty muita toimintoja kuin varsinainen työnteko ja liikuttelu, työasemilla ei ilmaannu powering up/down-, failed-, stopped-, paused-, unplanned-toimintaa. Raportista nähdään,

että varsinaisten testausten (TEST) käyttöasteet ovat 93.48 % ja 97.77 % simuloinnin ajamasta aamuvuorosta, mutta erotettu safety-testausosuus on 54.72%. Simuloinnin mukaan siis hieman yli puolet ajasta safety-testauksessa tapahtuu varsinaista työtä, kun taas 37.57 % ajasta on tukosta (blocked). Malli osoittaa, että kyseisellä kokonaisuudella eriytetty lyhyempi testausvaihe kykenee hoitamaan kahden testerin kuormittamisen.

7 TUTKIMUSMENETELMIEN VALMISTELU JA IMPLEMENTOINTI

7.1 Avoin kysely projektin konseptivaiheen simuloinneista

Simulointityötä käytettiin ensimmäistä kertaa projektityössä konseptointivaiheessa ja tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitkä ovat saatavat hyödyt tuotannon simuloinnista tällä hetkellä. Tutkimus oli kvalitatiivisen, sekä kvantitatiivisen tutkimuksen kombinaatio. Tutkimus tehtiin avoimena kyselynä, jossa oli avoimesti vastattavia- ja valintakysymyksiä. Aineisto kerättiin strukturoituna kyselylomakkeena sähköisessä muodossa.

Kohderyhmän muodostivat tässä tutkimuksessa simulointia käyttävän projektin henkilöstö Supply Chain -tiimistä. Konseptointivaiheen aikana henkilöitä oli 3, joiden voidaan todeta olevan kontaktissa simulointeihin säännöllisesti. Otoksen tavoiteltu koko oli 3.

7.1.1 Kyselyn sisällön laatiminen

”Kysymysten tekemisessä ja muotoilemisessa täytyy olla huolellinen, sillä kysymykset luovat perustan tutkimuksen onnistumiselle. Kysymysten muoto aiheuttaakin eniten virheitä tutkimustuloksiin, sillä jos vastaaja ei ajattele samalla tavalla kuin tutkija on kysymyksen tarkoittanut, tulokset vääristyvät. Sanamuodoissa tulee olla tarkkana: ne eivät voi olla häilyviä tai epämääräisiä. Kysymysten tulee olla myös yksiselitteisiä, eivätkä ne saa olla johdattelevia. Niitä ryhdytään rakentamaan tutkimuksen tavoitteiden ja tutkimusongelmien mukaisesti.²⁹”

Kysely luotiin sähköiseksi kyselyksi Microsoftin Forms-ohjelmalla. Yrityksellä on käytössään Microsoftin palvelut työympäristössä ja tästä syystä oli helpoin tapa toteuttaa kysely Microsoft Forms-ohjelmalla.

²⁹ Valli. 2018, 81.

Simuloinnin tämänhetkisiä hyötyjä selvittäessä kartoitetaan, miten on koettu ensimmäisten simulointien implementointi projektissa. Siitä muodostuu ensimmäiset konkreettiset palautteet simuloinnin ylös-ajosta, kun projektin henkilöstöä pyydetään refleктоimaan kokemuksiaan.

Kun tarkastellaan kysymyksiä ja niiden tarkkuustasoa, on määriteltävä, käytetäänkö avoimia kysymyksiä vai strukturoituja kysymyksiä, eli annetaanko kysymyksille vastausvaihtoehtoja. Jos perusteet ovat hyvät, voidaan lomakkeeseen luoda avoimia kysymyksiä. Avoimia kysymyksiä tulee kuitenkin käyttää harkinnanvaraisesti. Vastaajien keskuudessa heikosti vastataan avoimiin kysymyksiin postikyselyissä ja usein vastauksetkin ovat vaihtelevia, jolloin riskinä on informaation katavuus tutkijan odotuksia kohtaan. Jos vastaajajoukon puolestaan tiedostetaan olevan aktiivinen ja tuovan mielipiteensä esiin, on avointen kysymysten käyttö perusteltua.³⁰ Kyselystä muodostui osittain avoimeksi siinä mielessä, että kolme kyselyn kysymyksistä tehtiin muotoilultaan laajempaan käsittelyyn ohjaavia, missä vastaaja tarkentaa mahdollisia syitä ja puolet kysymyksistä muodostuvat luokitus- ja valintakysymyksistä. Kolmen kysymyksen vastausten tulee antaa yksiselitteistä dataa seuraavanlaisiin kysymyksiin:

1. Koetko nykyisen simuloinnin tason olevan tarpeeksi hyvä projektin tavoitteiden täyttämiseksi?
2. Näetkö simuloinnin tulevaisuuden työkaluna projektityössä?
3. Asteikolla 1-5 (1=Erittäin huono, 5=Erittäin hyvä), kuinka arvostelisit simulointien onnistumisen sille määritetyissä tehtävissä?

³⁰ Tietoarkisto.

Laajempaan käsittelyyn ohjaavat kysymykset taas antavat syy ja seuraus suhdetta aikaisemmin esiteltyihin kysymyksiin. Niissä pystytään avaamaan tarkemmalla tasolla syitä, miksi vastaus valittiin luokitus- sekä valintakysymyksissä. Kysymykset muodostuivat seuraavanlaisiksi:

1. Mitä odotuksia sinulla oli simuloinnista ennen sen käyttöönottoa ja ovatko ne täyttyneet?
2. Oletko kokenut simuloinnin hyödylliseksi? Miksi?
3. Näetkö mahdollisuuksia simuloinnin hyödyntämisestä muussa yrityksen toiminnassa? Jos näet, missä?

Lomakkeessa on tärkeää, että se on ulkoasultaan selkeä ja pituudeltaan sopiva. Tämä on hyödyllistä vastaajalle ja tietojen kerääjälle. Vastaamishalu vähenee liian pitkän kyselyn myötä. Keskimääräistä vastausaikaa pidetään posti- ja internet-kyselyissä 15 – 20 minuutissa, eikä sitä pitäisi ylittää.³¹

Kyselyyn täytyi vastata kahden viikon sisällä. Kyselylomake lähetettiin henkilöille sähköpostitse 8.3.2021 ja vastausaikaa annettiin 21.3.2021 saakka. Vastaukset saatiin kahden viikon aikana.

7.1.2 Aineiston analyysi

Kyselyn analysoinniksi päädyttiin kvantitatiivisissa menetelmissä graafiseen esitykseen, sekä kvalitatiivisissa kyselyn kohteissa, kuten avointen kysymysten vastauksien kohdalla suoritetaan laadullista sisällönanalyysia.

³¹ Tietoarkisto.

7.2 Kysely simuloinnista tehtaalle

Tämä tutkimus oli määrällinen eli kvantitatiivinen tutkimus. Tutkimuksessa muuttajat olivat pääosin dikotomisia.

Kun muuttuja on dikotominen, sillä on mahdollista saada kaksi eri arvoa. Arvo ilmoittaa ominaisuuden olemassaolon tilastoyksikössä tai sen, ettei sitä ole olemassa. Jos dikotomiaominaisuutta käytetään, muuttajat tulisi muuttaa 0-1-muuttujaksi (0=ei, 1=kyllä), jotka ovat käsitteeltään dummy-muuttujia.³²

7.2.1 Kyselyn sisällön laatiminen

Tämä kyselylomake perustui paikallisen tehtaan simuloinnin ymmärryksen ja mahdollisen hyödyntämisen kartoitukseen. Kyselyn kohderyhmä muodostui toimihenkilöistä, jotka työskentelevät tehtaalla tuotannossa, sen tukifunktioissa tai projekteissa. Tarkoituksena on saada tehtaan henkilöstön näkemystä siitä, voisiko tehtaalla käyttää tuotannon simuloinnin työkalua johonkin mahdolliseen kohteeseen. Tuotanto koostuu useista eri kokonaisuuksista ja siksi on tärkeää kartoittaa näiden kokonaisuuksien asiantuntijoiden näkemystä simulointityökalusta. On myös tärkeää kartoittaa ymmärrys simuloinnista. Jotta henkilö kykenee vastaamaan huolimatta siitä tietääkö simuloinnista aikaisemmin mitään, kyselyn alussa on kuvattu lyhyesti simulointia, sen tavoitteita ja kyvykkyyttä. Tästä syystä myös ensimmäinen kysymys muotoutui menneeseen aikamuotoon. Kyselyyn muodostui tarve luoda kysymys, joka viittaisi simulointifunktion hallinnoimiseen. Eri funktioissa toimivat toimihenkilöt muodostavat kannan siitä, kuinka yrityksen eri tiimit näkevät simuloinnin käytön hallinnoimisen ideaalin organisoitumisen kannalta. Ideaalilla organisoitumisella tarkoitetaan tässä kontekstissa asiantuntijuudesta muodostu-

³² <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/ominaisuudet.html>

van henkilöstön näkemystä. Kysymykset määriteltiin näiden perusteella täten kolmeen kysymykseen, jolla saataisiin lyhyesti ja ytimekkäästi tarvittava data kyselyistä:

1. Oletko aikaisemmin ollut tietoinen tuotannon simuloinnista?
2. Jos tehtaan toiminnan simuloiminen olisi täysin mahdollista, missä simuloimia voitaisiin mielestäsi hyödyntää?
3. Kuinka mielestäsi simuloinnin käyttöä tulisi hallinnoida?

Kysely lähetettiin 15.3.2021 ja vastausaikaa oli 2 viikkoa eli 29.3.2021 asti.

7.2.2 Aineiston analyysi

Kvantitatiivinen aineisto saatiin siirrettyä Excel-muotoon Microsoft Forms-ohjelman avulla. Aineiston analyysissa käytettiin frekvenssejä (f), sekä prosentteja (%). Otantajoukon päätelmien perusteella suoritetaan tarkastelu hyödyntäen frekvenssejä ja prosentteja graafisten esitysten kanssa. Jakaumien kuvailuun käytettiin graafisia kuvioita.

8 TUTKIMUSTULOKSET

Seuraavaksi käsitellään tutkimusjoukkoja, jolla tarkoitetaan tutkimukseen osallistuvia henkilöitä, sekä tutkimusten tulokset eli tutkimusjoukon vastaukset perustuen kyselyissä määritettyihin kysymyksiin. Tulokset ilmoitetaan frekvensseinä eli absoluuttisina lukuina, sekä prosentteina. Vastauksia esitellään graafisesti tarvittaessa.

8.1 Tutkimukseen perustuvan simuloinnin nykytila projektin konseptointivaiheessa

Seuraavaksi käydään projektin avoimen kyselyn tutkimustulokset ja kuvaillaan tutkimusjoukkoa.

8.1.1 Tutkimusjoukon kuvaus

Tutkimusjoukoksi muodostui projektin sisäinen Supply Chain-henkilöstö Vaasan tehtaassa Supply Chain-organisaatiosta, jotka olivat projektin konseptointivaiheessa aktiivisesti mukana. Vastanneita voidaan tulkita tässä työssä jatkossa simulointien sisäisiksi asiakkaiksi, sillä heille simuloinnit tuotettiin projektissa. Simuloinnit, joita projektissa luotiin ja tutkittiin ovat tässä opinnäytetyössä simuloinnin kohteet osi-
ossa mainittuja simulointeja. Näiden perusteella sisäiset asiakkaat vastasivat kyselyyn. Tutkimusotos muodosti 3 henkilöä, joista kaikki vastasivat tutkimuskyselyyn. Vastausprosentti oli täten 100.

8.1.2 Tutkimuskyselyn vastaukset ja analysointi

1	Mitä odotuksia sinulla oli simuloinnista ennen sen käyttöönottoa ja ovatko ne täyttyneet?
2	Koetko nykyisen simuloinnin tason olevan tarpeeksi hyvä projektin tavoitteiden täyttämiseksi?
3	Näetkö simuloinnin tulevaisuuden työkaluna projektityössä?
4	Oletko kokenut simuloinnin hyödylliseksi? Miksi?
5	Näetkö mahdollisuuksia simuloinnin hyödyntämisestä muussa yrityksen toiminnassa? Jos näet, missä?
6	Asteikolla 1-5 (1=Erittäin huono, 5=Erittäin hyvä), kuinka arvostelisit simulointien onnistumisen sille määritetyissä tehtävissä?

Kuva 19. Avoimen kyselyn kysymykset projektin konseptivaiheen simuloinneista.

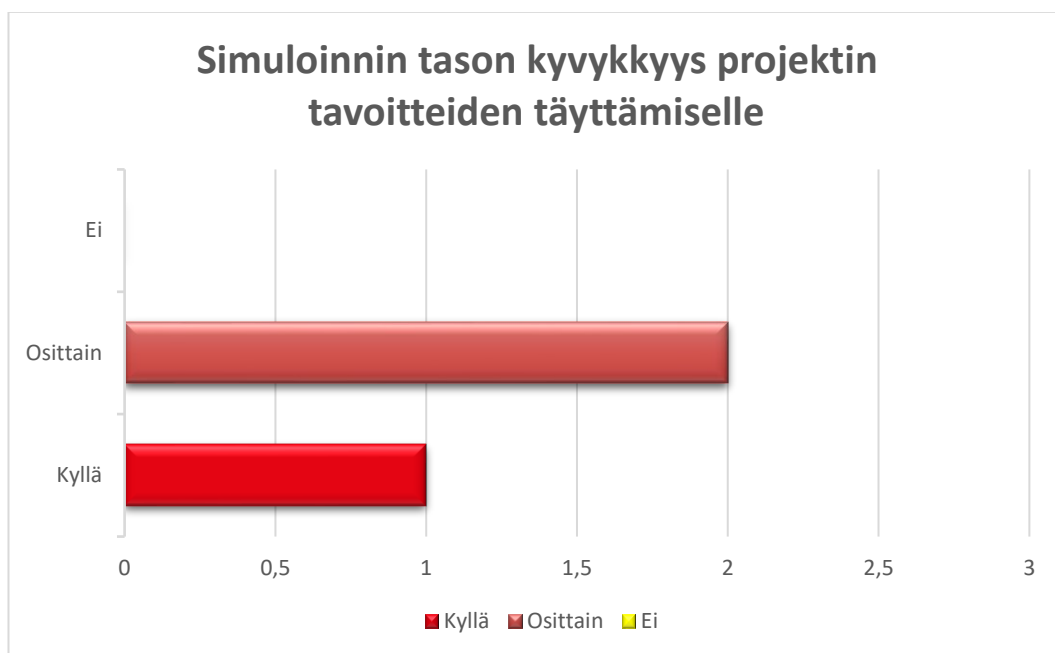
Kaikista vastauksista tulee ilmi, että odotuksena oli tuotannon layout- ja valmistuskenaarioiden tukeminen ja datan kautta konseptien vahvistaminen. Ensimmäisen vastaajan mukaan valmistuskonseptien verifioiminen asiakkaan kysyntään pyrkien onnistui teoreettisella tasolla. Kolmas vastaus kertoo, että odotukset ovat osittain toteutuneet. Sisäinen asiakas kokee, että onnistuneet kohteet simuloinnissa ovat olleet tahtiaikalaskelmien, henkilöstötarpeen ja työpistetarpeen analysointi, sekä testereiden vaiheajan vaikutus kokonaistuottavuuteen on onnistunut simulointimallien avulla. Vastaaja kokee layout suunnittelun ja kokoonpanon avustavien tehtävien analysoinnin ja tuen kuitenkin siten, ettei simulointi ole tarpeeksi tukenut näitä alueita. Vastauksessa kerrotaan, että syinä mahdollisesti vaikuttavat konseptointivaihe layout suunnittelussa, tarvittavan datan puute, simulointityökalun varhainen käyttövaihe, resurssointi varsinaiselle työlle, sekä avustavien tehtävien analysoinnin priorisointi simuloinnissa. Kysymykselle 1 annettiin seuraavat vastaukset:

”Odotus oli saada tuotannon kyvykkyyteen todennus eri valmistuskonsepti ajatusten verifioimiseksi siten, että pystymme vastaamaan asiakkaan kysyntään. Teoreettisella näkövinkkelillä tämä tuli todettua.”

”Antaa vastauksia liittyen erilaisiin tuotanto skenaarioihin ja mikä on saatu output kullakin konseptilla.”

”Odotin saavani tukea tahtiaikalaskelmille ja tarkempaa analyysia henkilöstötarpeesta tuotantolinjan kokoonpanoon ja avustaviin tehtäviin (tiiminvetäjä, korjaus-

henkilöstö, materiaalivastaava). Odotin myös simuloinnin tukevan layoutsuunnittelua perustuen edellä mainittuihin asioihin (mm. hakumatkat, materiaalisijoittelu, variaatioiden vaikutus) ja kertovan miten nämä asiat muuttuvat, kun layoutsuunnittelua viedään eteenpäin. Näkisin että odotukset ovat osittain toteutuneet. Tahtiaikalaskelmien ja henkilöstötarpeen analysointi on vastannut odotuksiini, esim. olemme saaneet esiin, miten monta työpistettä tarvitaan eri skenaarioissa, jotta työntekijät eivät ole toistensa tiellä. Testereiden vaiheajan vaikutus kokonaisuuttavuuteen on analysoitu ja määritelty tarvittava määrä kokoonpanijoita. Avustavien tehtävien tarpeellisuutta ei olla vielä syvällisesti tarkisteltu, mutta sen osuus kokonaisuudessa on arvioitu luultavammin pieneksi ja tarkastellaan myöhemmässä vaiheessa. Layoutsuunnittelun tueksi en ole mielestäni nähnyt vielä tarpeeksi tukea simuloinnista. Syitä tähän on varmasti monia kuten esimerkiksi että olen ollut hieman kaukana tästä yhteistyöstä, layoutsuunnittelu ei ole vielä sillä kypsyyssasteella, että simulointi on mahdollista ottaa työkaluksi tukemaan sitä, olemme vasta kokeilemassa työkalun käyttöä ja opettelemme samaan aikaan, tai resurssointi simuloinnin ja layoutsuunnittelun osalta saattaa asettaa haasteita työkalun kokonaisvaltaisen hyödyn saamiseksi, esim. layoutsuunnittelun saralla.”



Kuva 20. Vastaajajoukon kokemus tämänhetkisen simuloinnin kyvykkyudesta.

Kysymyksen 2 vastaukset vahvistavat ensimmäisen kysymyksen laajemmin käsitellyjä vastauksia. Vastaajista 33 % kokee nykyisen simuloinnin tason olevan tarpeeksi hyvä projektin tavoitteiden täyttämiseksi ja 67 % kokee tason osittain tarpeeksi hyväksi. Ensimmäisen kysymyksen vastaukset avaavat tarkemmin kysymyksen 2 prosentuaalisen jakauman syitä.



Kuva 21. Vastaajajoukon näkemys simuloinnin käytöstä tulevaisuudessa projektityössä.

Kysymyksen 3 vastaukset antavat yksiselitteisesti dataa siitä, että sisäinen asiakas näkee ensimmäisten simulointimallien implementointien jälkeen täysin, että simulointi olisi tulevaisuudessa projektityössä työkaluna.

Neljännessä kysymyksessä kysytään, onko vastaaja kokenut simuloinnin hyödylliseksi, sekä perustelua kokemuksiinsa. Tavoitteena on tarkastella tarkentavia selityksiä, mitkä ovat tutkimusjoukon keskuudessa hyötyjä, joita tähän mennessä simuloinnista on tutkimusjoukossa nähty. Vastauksissa tulee ilmi, että tutkimusjoukossa yhtenäisesti nähdään suunnitelmien todentaminen yhdeksi hyödyistä. Todentamisella käsitetään vastauksissa simuloinnista saatavia laskelmia, tilastoja ja niistä muodostettavaa analyysiä. Vastaajien keskuudessa erityisesti suurista investoinneista johtuvat kustannusten optimoinnit, projekteissa suunnitelmien varassa vietetyt pitkät ajanjaksot ja tarkempien analyysien tarve ovat esimerkkejä niistä hyödyistä, mitä simuloinneilla on saatu.

"Tähän pätee sanonta "mittaa kahdesti, leikkaa kerran". Elämme projekteissa yleisesti hyvin pitkään teorian ja laskelmien pohjalla. Mitä parempia työkaluja & tekoälyä meillä on laskemaan ja todentamaan erilaisia tapahtumia ketjussa, sen parempi. Tämä on vasta alkua, mutta uskon, että saamme hyödynnettyä tätä jat-

kossa vieläkin paremmin, kun osaaminen karttuu. Ja taas muutaman vuoden kulluttua toisaalta näemme ja pystymme vertaamaan alkuaikojen simuloiteja konkreettiseen todellisuuteen.”

”Investoinnit valmistukseen ovat suhteellisen kalliita, joten on hyvä simuloida erilaisia malleja kustannusten optimoimiseksi.”

”Simuloinnilla voi tehdä helpommin tarkempaa analyysia monelle muuttujalle kuin voisi tehdä Excelillä, esim. kuinka usein työpisteet ovat työntekijän käytettävissä eri kokoonpanoajoilla valmistettavien tuotteiden erilaisten volyyymi ennusteiden kautta.”

Kysymyksellä 5 kysytään, näkeekö tutkimusjoukko mahdollisuuksia simuloinnin hyödyntämisestä muussa yrityksen toiminnassa. Vastauksista saadaan ensimmäisten simulointien implementoinnista osallisten näkemys. Tätä voidaan myös verrata opinnäytetyön toisen kyselyn tutkimusjoukon vastauksiin simuloinnin mahdollisten hyötyjen kohteista ja tarkastella, ovatko näkemykset toisistaan erilaisia. Vastauksissa tulee ilmi, että tehtaan logistiikka kokonaisuudessaan, testauksen optimointi, tuotannon layout tyypit, pakkaus ja materiaalin hallinnointi ovat mahdollisia simuloinnin hyödyntämiskohteita. Myös vastaajien keskuudessa koetaan, että Tecnomatix Plant Simulation-ohjelmalla tuotetut simuloinnit tukevat vahvasti tuotannon suunnittelua sen kaikilla osa-alueilla. Vastauksissa myös mainitaan mahdollisuudet hyödyntää simulointia konttoreissa, tuotesuunnittelun tuessa ja myynnin apuvälineenä. Konttorien toimintaa voisi mahdollisesti simuloida sen tilantarpeen ja mahdollisten toimintojen kannalta. Jos konttoreilla on henkilöitä, joiden on tarve kulkea tehtaalla tiettyihin paikkoihin mahdollisimman helposti tai konttorien sijoittamisella tahdotaan tuoda ihmisten siirtymiin kokonaisuudessaan virtaustehokkuutta, voisi näitä simuloinnilla mallintaa. Tuotekehityksen tuki voitaisiin mahdollisesti antaa tuotteen ja tuotannon samanaikaisen suunnittelun aikana suunnitteluohjeiden luomisen, kuten DFA:n aikana. Myynnin apuvälineeksi

voitaisiin simulointia käyttää miellyttävien visuaalisten esitysten avulla tai osoittaakseen tuotannon kyvykkyyksiä myytävien laitteiden laadusta tai tehokkuuksista. Vastaukset tutkimusjoukolta olivat seuraavia:

”Miksi tätä ei voisi vaikka konttoreihinkin soveltaa? Ei tule juuri mieleen nyt.”

”Koko tehtaan logistiikan simulointi liittyen materiaali vastaanotto, materiaali kitting, matrix production, testing inline/centralized, pakkaus ja lähetys. Omasta mielestä tuota materiaali kittingiä ja siihen liittyvää logistiikka pitäisi kehittää enemmän ja simuloida.”

”Tecnomatix Plant Simulate kautta tehdyt simuloinnit tukevat vahvasti tuotannon suunnittelua kaikilla osa-alueilla (kapasiteetilaskelmat, layoutsuunnittelu, tuotannonohjaus jne.). Simulointi yleisesti voi tarjota tuotesuunnitteluun tukea ja toimia myös myynnin apuvälineenä.”

Kysymys 6, jossa kysytään asteikolla 1 – 5 (1=Erittäin huono, 5=Erittäin hyvä), kuinka tutkimusjoukko arvostelisi simulointien onnistumisen sille määritetyissä tehtävissä, on tarkoitettu kokonaisuudessaan kuvaamaan sisäisen asiakkaan näkemystä siitä, kuinka ensimmäisten simulointien implementointi projektin alkuvaiheessa olevien konseptointien suhteen onnistui eli kuinka hyvin simuloinnit onnistuivat kokonaisuudessaan. Vastaajista kaksi kolmesta antoivat arvioksi 4 ja yksi 3. Tarkastellessa aikaisempia vastauksia tutkimusjoukolta, on huomattavissa arvoselujen perusteet. Vastaajat kokivat pääosin, että simuloinnilla saatiin huomattavia etuja, kun sillä pystyttiin tukemaan konsepteja ja ajatuksia tuotannon suunnittelusta. Sellaiset alueet, kuten tahtiaikalaskelmat ja tuotantolinjan kapasiteetit saivat hyvää tukea simuloinnista, koska näistä oli projektin kyseisessä vaiheessa tarvittava määrä dataa, jolla kyettiin luomaan simulointia. Tietyissä alueissa, kuten layoutien suunnittelussa ja tuotannon avustavissa tehtävissä simuloinneista ei koettu saatavan tarpeeksi tukea. Tämä kuitenkin perusteltiin vastaajan mukaan sillä, että oletettavasti dataa ei ollut simulointimallien luomiselle kertynyt tarpeeksi,

jolla pystyttäisiin tukemaan kyseisiä alueita, sekä sillä että layout suunnittelun kypsyys ei ollut vaadittavalla tasolla suhteessa simuloinnin optimaaliseen hyödynsaantiin. Resurssointi ja simuloinnin varhainen käyttövaihe ovat myös mahdollisia syitä. Vastaajajoukon keskiarvoksi muodostui 3,67.



Kuva 22. Vastaajajoukon arvostelumuuttujat simulointien onnistumiselle asteikolla 1 – 5.

8.2 Tutkimukseen perustuva simulointikohteiden kartoitus paikallisesti

Seuraavaksi käydään läpi tutkimustulokset tehtaan simulointi kyselystä ja kuvailaan tutkimusjoukko.

8.2.1 Tutkimusjoukon kuvaus

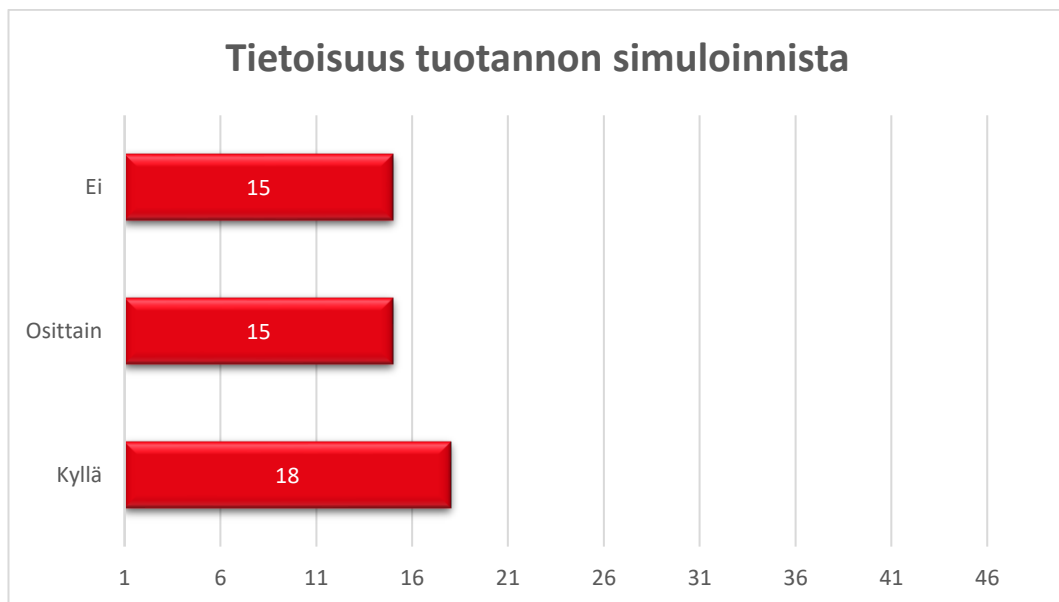
Tutkimusjoukoksi määritettiin Vaasan tehtaan toimihenkilöpuolelta ne osastot, jotka ovat tuotannon rajapinnassa päivittäin. Kyselyyn osallistui tällä perusteella seuraavat osastot:

1. Supply Chain Technology FI
2. Operational Managers
3. Production Excellence

4. EHS (Environment, Health & Safety)
5. Material Co-ordinators
6. Maintenance
7. Quality Operations.

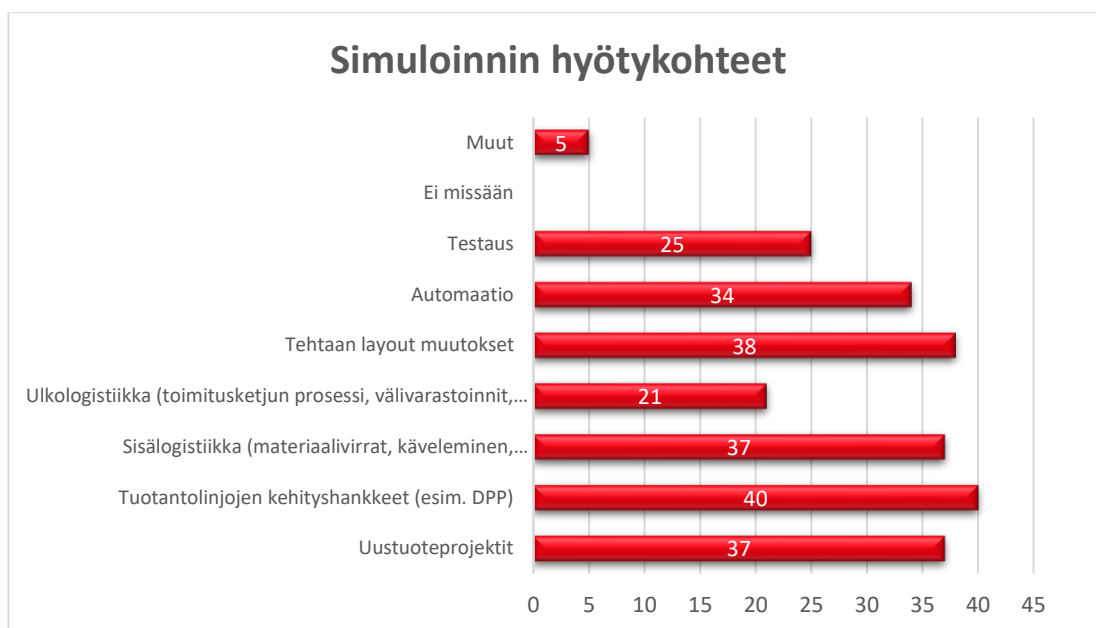
Kyselyyn tarkoitettu tutkimusjoukko muodostuen aiemmin mainituista osastoista on kokonaisuudessaan 81 henkilöä. Kyselyyn vastasi 48 henkilöä eli 59,25 % tutkimusjoukon kokonaismäärästä.

8.2.2 Tutkimuskyselyn vastaukset ja analysointi



Kuva 23. Simuloinnin tietoisuusmuuttujan jakauma (n=48).

Kyselyn alussa (Liite 2) annettiin lyhyt kuvaus siitä, mitä tuotannon simulointi käsitteenä tarkoittaa, jolloin vastaajat saivat asianmukaisen käsityksen siitä, mitä kyselyn sisällöllä tarkoitetaan. Vastaajista 38 % olivat aikaisemmin olleet tietoisia tuotannon simuloinnista. Vastaajista 31 % kokivat olevansa osittain tietoisia tuotannon simuloinnista. Vastaajista 31 % eivät aikaisemmin olleet tietoisia tuotannon simuloinnista.



Kuva 24. Simuloinnin hyötykohdemuuttujat vastaajajoukossa (n=48).

Tutkimusjoukossa vastaajista 83,33 % oli sitä mieltä, että tuotantolinjojen kehityshankkeet voisivat hyödyntää tehtaan toiminnan simulointia. Seuraavaksi suurin hyödyntämiskohde oli tehtaan layout-muutokset, jonka vastaajista 79,16 % valitsivat. Vastanneista 77,08 % kokivat uustuoteprojektit, sekä sisälogistiikan hyödyntävän simuloinnista. Automaation valitsivat vastaajista 70,83 %, jonka jälkeen testauksen valitsivat 52,08 % ja ulkologistiikan 43,75 %. Tutkimusjoukosta yksikään henkilö ei kokenut siten, ettei simuloinnilla voitaisi hyödyntää tehtaan toimintaa ollenkaan. Lisäksi 5 henkilöä vastasi muut osiossa seuraavasti:

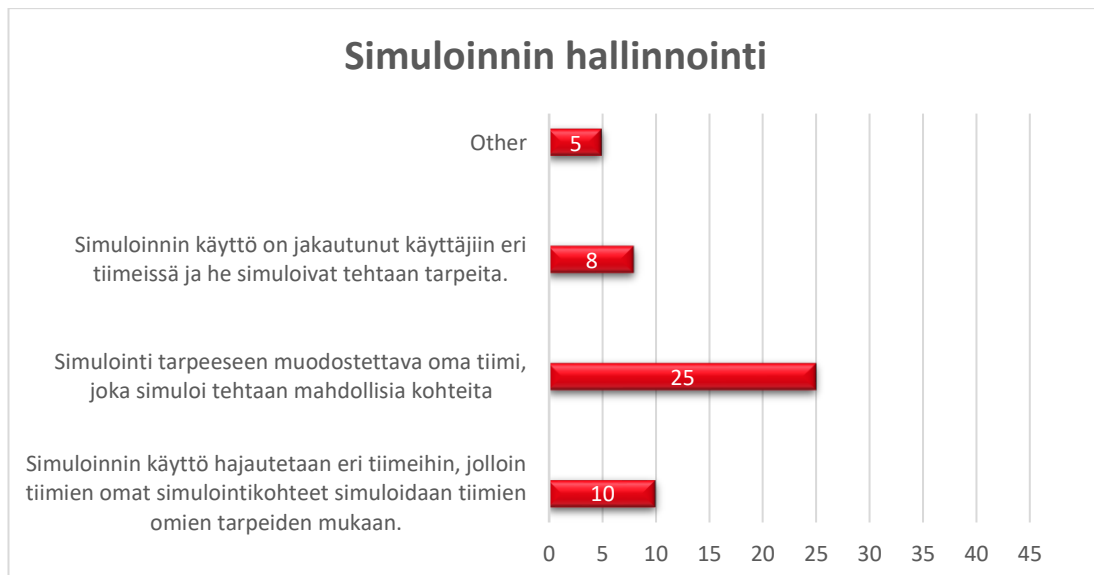
”Koulutuksessa, tehtaan toiminnan esittelyssä, tuotannon tuotemuutoksien läpikäyminen ennen niiden tuomista tuotantoon.”

”Kokoonpano, sekä automaattinen & manuaalinen ja siinä syntyvät virheet.”

”Koneet ja apuvälineet.”

”Kunnossapito, riskien hallinta/varautuminen.”

”Ergonomia.”



Kuva 25. Simuloinnin hallinnointimuuttujat vastaajajoukossa (n=48).

Simuloinnin hallinnointiin liittyen vastaajajoukosta 52,08 % kokevat simuloinnin tarpeeseen muodostettavaksi oman tiimin, jonka tulisi simuloida siten tehtaan kaikkia mahdollisia kohteita. Vastaajista 20,83 % näkee simuloinnin käytön hajautettavaksi eri tiimien välille, jolloin simulointeja suoritetaan tiimien omien tarpeiden mukaan tiimin sisällä. Vastaajista 16,67 % tahtoi simuloinnin käytön jakautuvan eri tiimeihin, jolloin jakautunut osaaminen huolehtisi tehtaan simulointitarpeista. Vastaajajoukossa 10,42 % vastasi omin sanoin seuraavasti:

” Oma tiimi asialle, tai sitten keskitetysti johdettu ja hajautettu tiimi siten että hallinta hoituu yhdellä tavalla”

” Samassa tiimissä rakentaminen on varmaan oppimisen kannalta kannattavampaa, mutta onko työnantaja valmiina panostamaan siihen? Tarve simuloinnille

vaihtelee vuoden aikana paljon, miten saadaan rakennettua järkevä määrä työtä kaikille osaajille?”

” Globaali-taso, Maakohtainen-taso, Tehdas-taso.”

” Globaali linkki tarvitaan myös, organisoituminen Center of Excellence tyypillisesti ajattelen olevan paras tapa ensi alkuun saamaan paras hyöty työkalun käytöstä koko organisaatiossa. Koottaisiin eri tehtailta edustajat viemään simulointia eteenpäin ja kehittämään tehtaille osaamista koulutusten ja tiedonjaon kautta.”

9 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Seuraavaksi käsitellään johtopäätökset tutkimuksista, pohditaan tuloksia ja käsitellään yleisellä tasolla jatkotutkimus- ja kehittämisehdotukset. Ehdotukset eivät ole määriteltynä järjestyksessä, sillä ehdotukset luotiin varhaisessa simulointien implementointivaiheessa ja yrityksessä tulisi käsitellä tärkeys-, merkittävyys- ja aikajärjestys jatkotutkimuksille tilanteen mukaan.

9.1 Tutkimustulosten tarkastelu ja johtopäätökset projektin konseptointivaiheen simuloinnista

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin projektin näkemystä ensimmäisistä simuloinnin implementoinneista konseptointivaiheen aikana. Tutkimustulosten avulla saatiin ymmärrys simuloinnin nykytasosta, sen soveltuvuudesta ja mahdollisista jatkotoimenpiteistä.

Avoimessa kyselyssä todettiin simuloinnin onnistuneen hyvin ensimmäisenä kertana konseptointivaiheessa. Simuloinnin kyvykkyystaso ei yltänyt täysin sisäisen asiakkaan odotuksien tasolle, mutta sisäinen asiakas koki simuloinnin kyvykkyystason osittain projektin vaatimukseen kykeneväksi. Simuloinnin vaikutusta on saatettu yliarvioida, sekä odotukset ovat olleet liian suuria liian aikaisessa vaiheessa simuloinnin käyttöönottoa. Vastaajajoukon vastaukset antavat ymmärtää, että sisäinen asiakas oli tyytyväinen simuloinnin tuloksista tuotantolinjojen simulointiskenaarioiden kohdalla. Siitä huolimatta vastaajajoukossa odotettiin syvällisempää dataa ja kyvykkyyttä simulointimalleista, erityisesti kokoonpanon avustavista tehtävistä. Voidaan siis olettaa simuloinnin olevan jo tässä vaiheessa suhteellisen kyvykäs toimimaan projekteissa.

Konseptointivaiheen simuloinnin perusteella vastaajajoukossa koettiin täysin simuloinnin olevan työkalu, jota tulisi tulevaisuudessa käyttää. Vastaajajoukossa ko-

ettiin simuloinnin kyvykkyys todentaa projektin suunnitelmia hyväksi. Vastaajajoukossa myös nähtiin potentiaali tulosten suhteen tulevaisuudessakin simuloinnilla. Tarkat analyysit ja tulokset osoittavat lupaavasti hyötyä myös jatkossa.

Vastaajajoukossa nähtiin heti kohteita yrityksessä, jossa simulointia voitaisiin hyödyntää jatkossakin. Pääosin kohteet muodostuivat SC Tech-tiimin projektien tehtävistä, kuten uusista materiaalin käsittely menetelmistä ja niiden testaamisesta, testausolosuhteiden virtauksesta ja toimivuudesta tuotantolinjojen ympäristössä. Vastaajajoukossa nähtiin myös kyvykkyyttä tuottaa simuloinnilla hyötyä tuotantolinjojen suunnittelun kaikilla osa-alueilla.

Avoimen kyselyn perusteella vastaajajoukossa todettiin ensimmäisen simulointia käyttävän projektin konseptointivaiheen jälkeen, että simulointi on hyvällä tasolla.

9.2 Tutkimustulosten tarkastelu ja johtopäätökset tehtaan simulointikohteen kartoituksesta

Tässä tutkimuksessa kartoitettiin simuloinnin ymmärrystaso tuotannon henkilöstöllä, mahdolliset käyttökohteet, sekä ideaalia organisoitumista.

Tutkimuksessa huomattiin, että suurin osa on tietoinen tuotannon simuloinnista käsitteenä. Tästä huolimatta eroavaisuudet eivät määrällisesti olleet suuret simuloinnin tiedostavien, osittain tiedostavien, sekä tiedostamattomien keskuudessa.

Mahdollisten käyttökohteiden kartoituksessa selvisi, että suurin osa painottaisi simulointia tuotantolinjojen layouteihin, erityisesti muutos- ja kehitystöissä, sekä tuotannon sisälogistiikkaan. Käyttökohteiden suositeltavuus simuloinnille jakautui näiden kohteiden jälkeen suhteellisen tasaisesti. Kartoituksessa ilmeni myös, että tehdastason simuloinnin lisäksi potentiaalia olisi prosessien simuloinnissa.

Ideaalin organisoitumisen kartoituksen osalta kyselyssä selvisi, että enemmistö kokisi simuloinnille tarpeelliseksi muodostaa oma erillinen tiimi simulointia varten.

Kyseisen tiimin tulisi suorittaa simulointia tehtaan tarpeiden mukaan. Vastaajajoukossa ilmaistiin tarvetta myös globaalitason yhteistyöhön, jolloin simuloinnilla saataisiin suuremmassa mittakaavassa kehitystä tehtaiden välillä.

9.3 Kehittämisehdotukset ja jatkotutkimusehdotukset

Seuraavaksi käsitellään jatkotutkimusehdotukset, sekä mahdolliset kehittämisehdotukset perustuen opinnäytetyön tutkimustuloksiin.

9.3.1 Jatkotutkimusehdotukset

Jatkotutkimusehdotuksina:

- Tuotannon simulointiprojekti olemassa olevan tuotteen ympäristössä.
- Globaalitason tutkimus tehtaiden simulointikyvykkyyksistä, tarpeista, sekä organisoitumisesta.
- Prosessi simuloinnin tutkimus.

Tuotannon simulointiprojekti olemassa olevan tuotteen ympäristössä muodostui yhdeksi tärkeimmistä jatkotutkimusehdotuksista. Simuloiminen olemassa olevalla tuotteella luo mahdollisuuden tarkastella analyysien ja tulosten todenmukaisuutta mahdollisimman nopeasti perustuen siihen, että dataa on historiallisesti saatavilla reaaliaikaisessa maailmassa. Simuloinnilla voitaisiin imitoida todellista tämänhetkistä tilannetta, jolloin saataisiin kiinni pääkohdat simulointimallissa, jotka tuottavat hankaluuksia mallin validoinnissa. Kun saavutetaan simulointimalli, joka imitoi täysin toimivasti olemassa olevaa tuotantoa, voidaan tällä datalla luoda erilaisia skenaarioita, jotka ovat valideja todellisessa tuotannossa.

Gloaalitason tutkimus tehtaiden simulointikyvykkyyksistä, tarpeista ja organisoitumisesta mahdollistaisi linkin tehtaiden välillä toimia simuloinnin kannalta mahdollisimman tehokkaasti. Tutkimus mahdollistaisi tehtaiden kompetenssin, sekä tarpeen siten, että globaalilla yrityksellä on mahdollisuus hyödyntää eri alueilla toimivien asiantuntijoiden osaamisen levittämistä ja ongelmien ratkaisukykyä.

Tutkimuksella voitaisiin jatkojalostaa esimerkiksi haasteiden ominaisuuksien ilmaantuvuutta ja täten priorisoida ratkaistavien haasteiden tärkeyttä suuremmassa mittakaavassa.

Prosessi simuloinnin tutkimus nousi yhdeksi jatkotutkimusehdotukseksi tämän opinnäytetyön tutkimustulosten pohjalta. Tutkimuksessa vastaajien keskuudessa koettiin tarvetta esimerkiksi simuloida koneita ja apuvälineiden käyttöä, varsinaista kokoonpanoa (automaattista, sekä manuaalista työtä) ja siitä syntyviä virheitä. Näiden mahdollisuutta prosessin simulointitutkimuksessa voitaisiin kartoittaa, jolloin simuloinnin mahdollisuudet olisivat laajemmassa kokonaisuudessa käsiteltyinä.

9.3.2 Kehittämisehdotukset

Kehittämisehdotuksina:

- Henkilöstön jatkokouluttautuminen simuloinnin käyttöön.
- Simuloinnin ymmärrystason kasvattaminen ja mahdollisuuksien kehittäminen tulevaisuudessa.
- Simulointien mahdollinen implementointi tulevaisuuden projekteissa tarvittaessa.
- Simulointitarpeiden ja kyvykkyyden kehittyessä organisoituminen tehdas-tasolla, sekä verkostoituminen ja yhteistyö globaalitasolla.

Henkilöstön jatkokouluttaminen simuloinnin käyttöön optimoisi osaamisen tasoja yrityksen sisällä. Vaikka asiantuntijuutta ei saavutettaisi suuremmalla mittakaavalla, olisi ymmärrystaso henkilöstön keskuudessa kasvanut siten, että simulointiprojekteissa simulointia tarvitsevat henkilöt kykenisivät työskentelemään syvällisemmällä tasolla simuloijan kanssa. Tämä mahdollistaisi simulointiprojektien onnistumisiin suurempaa todennäköisyyttä. Kun simulointitaitojen kompetenssi kehittyy ja ymmärrystaso kasvaa, luodaan mahdollisuuksia kehittää simuloinnilla tarvittavia lopputuloksia.

Tutkimuksessa todetaan simuloinnilla olevan sijaa toimia myös tulevaisuudessa työkaluna. Simuloimisen sisällyttäminen tulevaisuuden projekteihin luo sisäistä osaamista lisää ja on yksi mahdollinen keino tarttua todellisiin kehittämistarpeisiin projekteissa.

Kun kyvykkyys ja tarpeet kehittyvät ajan myötä, organisoitumisen todelliset tarpeet ja ominaisuudet realisoituvat. Globaalitason verkostoituminen ja yhteistyö antaisi hyvät edellytykset saamaan ensi alkuun paras hyöty työkalun käytöstä koko organisaatiossa. Globaali linkki mahdollistaisi simuloinnin hallinnoinnin keskitetysti isommassakin organisaatiossa.

LÄHTEET

Banks, J., Carson, J. S., II, Nelson, B. L. & Carson, J. S 1996. Discrete-Event System Simulation. Second Edition. Prentice Hall. Viitattu 6.12.2020

Danfoss Drives verkkosivut. Tietoa Danfoss Drivesista. Viitattu 23.1.2021
<https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/about-danfoss-drives/>

Delfoi. Tuotannon ja logistiikan simulointi. Viitattu 23.1.2021. <https://www.delfoi.com/fi/ratkaisut/tuotannon-ja-logistiikan-tehostaminen-ja-simulointi/tuotannon-ja-logistiikan-simulointi/>

Heikkilä, J., Ketokivi, M. 2005. Tuotanto Murroksessa: Strategisen Johtamisen Uusi Haaste. Toinen painos. Talentum Media Oy. Viitattu 3.1.2021

Ideal PLM. Materiaalivirtojen ja logistiikan suunnittelu ja simulointi. Viitattu 17.1.2021. https://ideal.fi/uPage/Materiaalivirtojen_ja_logistiikan_suunnittelu_ja_simulointi

Logistiikan maailma. Tuotannon suunnittelu ja -ohjaus. Viitattu 9.1.2021.
<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotannosuunnittelu-ja-ohjaus/>

Logistiikan maailma. Tuotannon layout. Viitattu 9.1.2021. <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>

Modig, N. Åhlström, P. Tätä on Lean. 2013. Ensimmäinen painos. Rheologica Publishing. Tukholma. Viitattu 16.1.2021.

P. Petersson, B. Olsson, T. Lundström, O. Johansson, M. Broman, D. Blücher, H. Alsterman. Työntekijän opas menestykseen – Kehitä Leanin avulla! 2018. Ensimmäinen painos. Part Development AB, Ruotsi. Viitattu 16.1.2021.

Raczynski, S. 2006. Modeling and Simulation: The Computer Science of Illusion. The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England. John Wiley & Sons Ltd. Viitattu 13.12.2020

Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. 2016. Plant Simulation Basics, Methods, and Strategies, Student Guide. MT46101-S-130. Version 13. Viitattu 17.1.2021

Siemens. Plant Simulation & Throughput Optimization. Viitattu 27.12.2020.
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/manufacturing-planning/plant-simulation-throughput-optimization.html>

Siemens. Tecnomatix Plant Simulation Runtime. Viitattu 10.1.2021. <https://siemens.mindsphere.io/content/dam/cloudcraze-mindsphere-assets/plm/tecnomatix/Siemens%20SW%20Tecnomatix%20Plant%20Simulation%20Runtime%20Fact%20Sheet.pdf>

Six Sigma. Lean-työkalut. Viitattu 23.1.2021. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/lean-tyoekalut/>

Six Sigma. Lean. Viitattu 23.1.2021. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/lean/>

Six Sigma. Arvovirtakuvaus (VSM). Viitattu 23.1.2021. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/yleinen/arvovirtakuvaus-vsm/>

Tietoarkisto. Mittaaminen: Muuttujien ominaisuudet. Viitattu 27.3.2021. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/ominaisuudet.html>

Tietoarkisto. Keskiluvut. Viitattu 27.3.2021. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/keskiluvut/keskiluvut/>

Valli, R. 2018. Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. Metodien valinta ja aineistonkeruu: virikkeitä aloittelevalle tutkijalle. E-kirja. Viitattu 28.3.2021. <https://www.elibrary.com/book/978-952-451-516-0>

LIITTEET

LIITE 1

Kysely simuloinnista Vaasan tehtaalle

Tämä on simuloinnin mahdollisen hyödyntämisen kartoituskysely Vaasan tehtaan osastoille. Danfossilla käytiin simulointiohjelma koulutuksia vuonna 2019, johon osallistui noin 10 henkilöä

tuotannon ja supply chainin toimihenkilöpuolelta.

Simulointiohjelmassa tavoitteena on luoda todellista tuotantoa kuvaileva malli tietokoneella ja simuloida sitä ajassa. Simuloimalla kyetään ajamaan todellisuuden mukaisia kokeiluja pienemmillä

kuluilla ja saamaan siitä dataa (esimerkiksi tehokkuus, kapasiteetti, työkuorma)

* Required

1. Oletko aikaisemmin ollut tietoinen tuotannon simuloinnista? *

Kyllä

Osittain

En

2. Jos tehtaan toiminnan simuloiminen olisi täysin mahdollista, missä simulointia voitaisiin mielestäsi hyödyntää? *

Uustuoteprojektit

Tuotantolinjojen kehityshankkeet (esim. DPP)

Sisälogistiikka (materiaalivirrat, käveleminen, mobiilirobotit tms.)

Ulkologistiikka (Toimitusketjun prosessi, välivarastoinnit, alihankinta tms.)

Tehtaan layout muutokset

Automaatio

Testaus

Ei missään

Other

3. Jos simulointia käytettäisiin, kuinka mielestäsi simuloinnin käyttöä tulisi hallinnoida? *

Simuloinnin käyttö hajautetaan eri tiimeihin, jolloin tiimien omat simulointikohteet simuloidaan oman tiimin tarpeiden mukaan.

Simulointi tarpeeseen muodostettava oma tiimi, joka simuloi tehtaan mahdollisia kohteita

Simuloinnin käyttö on jakautunut käyttäjiin eri tiimeissä ja he simuloivat tehtaan tarpeita.

Other

LIITE 2

Vastaajan havaintonumero	Tietoisuus tuotannon simuloinnista	Simuloinnin hyötykohteet										Simuloinnin hallinnointi				
		Uustuoteprojektit	Tuotantolinjojen kehityshankkeet (esim. DPP)	Sisälogistiikka (materiaalivirrat, lävleminen, mobiilirobotit tms.)	Ulkologistiikka (toimitusketjun prosessi, välivarastoinnit, alihankinta tms.)	Tehtaan layout muutokset	Automaatio	Testaus	Ei missään	Muut	Hajautettu, simuloi omat tarpeet	Keskitetty tiimi, simuloi kaikkea	Hajautettu, simuloi kaikkea	Muut		
Vastaaja 1	Kyllä	1	1	1		1	1							1		
Vastaaja 2	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1			1				1
Vastaaja 3	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 4	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1		
Vastaaja 5	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1							1
Vastaaja 6	En	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 7	En					1	1					1				
Vastaaja 8	Osittain	1	1	1	1	1	1								1	
Vastaaja 9	En		1				1								1	
Vastaaja 10	En	1	1					1						1		
Vastaaja 11	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1			1	1			
Vastaaja 12	En	1	1	1	1	1	1	1	1							1
Vastaaja 13	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1			1			1	
Vastaaja 14	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 15	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1							1
Vastaaja 16	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 17	Osittain		1	1	1	1								1		
Vastaaja 18	Osittain			1			1	1	1	1				1		
Vastaaja 19	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1						1	
Vastaaja 20	Osittain		1				1		1						1	
Vastaaja 21	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 22	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 23	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 24	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 25	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1			1		1		
Vastaaja 26	En	1	1	1	1	1	1	1	1							1
Vastaaja 27	En		1	1			1					1				
Vastaaja 28	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 29	Osittain		1	1			1							1		
Vastaaja 30	En							1	1			1				
Vastaaja 31	Osittain							1	1			1				
Vastaaja 32	Kyllä	1		1										1		
Vastaaja 33	En		1											1		
Vastaaja 34	Kyllä	1					1	1						1		
Vastaaja 35	En	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 36	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1			1				
Vastaaja 37	En	1		1			1	1	1					1		
Vastaaja 38	Kyllä	1	1	1	1			1								1
Vastaaja 39	Osittain		1									1				
Vastaaja 40	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 41	En	1	1				1							1		
Vastaaja 42	Kyllä	1	1	1	1	1	1	1	1			1				
Vastaaja 43	Osittain	1	1				1	1							1	
Vastaaja 44	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1						1	
Vastaaja 45	En	1	1	1				1				1				
Vastaaja 46	Osittain	1	1	1	1	1	1	1	1					1		
Vastaaja 47	En	1		1								1				
Vastaaja 48	En	1	1	1	1	1	1	1	1					1		

LIITE 3

**Vapaamuotoinen kysely P3035 projektin konseptivaiheen
simuloinneista**

Tämä on tiedonkeruuseen perustuva avoin kysely P3035 projektin henkilöstölle, jotka ovat olleet yhteydessä Siemens Tecnomatix Plant Simulation ohjelmalla tuotettuihin simulointeihin konseptointien aikana.

Tarkoituksena on kartoittaa tämänhetkinen simuloinnin osaamistaso ja hyöty refleктоimalla simulointeja.

1. Mitä odotuksia sinulla oli simuloinnista ennen sen käyttöönottoa ja ovatko ne täyttyneet?

2. Koetko nykyisen simuloinnin tason olevan tarpeeksi hyvä projektin tavoitteiden täyttämiseksi?

Kyllä

Osittain

En

3. Näetkö simuloinnin tulevaisuuden työkaluna projektityössä?

Kyllä

En

4. Oletko kokenut simuloinnin hyödylliseksi? Miksi?

5. Näetkö mahdollisuuksia simuloinnin hyödyntämisestä muussa yrityksen toiminnassa? Jos näet, missä?

6. Asteikolla 1-5 (1=Erittäin huono, 5=Erittäin hyvä), kuinka arvostelisit simulointien onnistumisen sille määritetyissä tehtävissä

