



Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmiston käytön selvitys TAMKin opetusympäristössä

Noora Toivanen

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

TOIVANEN, NOORA:

Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmiston käytön selvitys TAMKin opetusympäristössä

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 13 sivua
Huhtikuu 2019

Tämä opinnäytetyö on tehty toimeksiantona Tampereen ammattikorkeakoululle, ja se koostuu kahdesta osasta, selvitystyöstä ja asiakasprojektista. Asiakasprojekti on määritelty salaiseksi, joten julkaisu on esitetty työn lopussa olevissa liitteissä. Työssä tutustuttiin Siemens Tecnomatix tuoteperheeseen kuuluvaan Plant Simulation -ohjelmistoon ja sen käyttömahdollisuuksiin Tampereen ammattikorkeakoulun opetusympäristössä.

Simulointi on todellisuuden jäljittelyä ja sitä käytetään niin opetuksessa kuin yritysten prosessien kuvaamisessa kustannustehokkuuden parantamiseksi. Simulointimalleja voidaan hyödyntää myös tutkiessa uusia prosesseja. Digitalisaation myötä erilaisten simulointien käyttö tulee lisääntymään. Esimerkiksi robotiikan lisääntyessä erilaiset simuloinnit tukevat järjestelmien testauksia, etäohjelmointia ja suunnittelua. Simulointiohjelmistoja on lukuisia, mutta tässä työssä syvennyttään ainoastaan Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmistoon.

Työssä on käyty läpi simulointiin liittyvä teoria yleisesti ja esitetty Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmiston käyttö esimerkkien avulla. Tampereen ammattikorkeakoulun konetekniikan opintojaksoille ei ennen tätä työtä ole sisällytetty simulointiohjelmistojen käyttöä, mutta tulevaisuudessa tavoitteena on ottaa käyttöön Plant Simulation -ohjelmisto myös opetustyöhön.

Opinnäytetyön tuloksena ammattikorkeakoulu sai informaatiota käyttökokemuksesta ja käyttöohjeet ohjelmistolle, joita voidaan käyttää tulevien opintojaksojen ja mahdollisten projektien suunnittelussa. Vastaavasti asiakasprojektille luotiin sataman ja terminaalin väliselle rahtiliikenteelle simulointimalli, jolla voidaan havainnollistaa logistiikan toimivuutta vasta suunnitteluvaiheessa olevalle projektille. Työtä voidaan lisäksi käyttää uusien henkilöiden opastuksessa simulointiohjelman käyttöön. Mikäli työtä kehitetään jatkossa, voidaan tuloksia käyttää myös muiden teknisten ratkaisujen, kuten energiatehokkuuden, lastaustilojen toimivuuden ja liikennejärjestelyjen parantamiseen.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering
Production Engineering

TOIVANEN, NOORA:

Education use of Siemens Tecnomatix Plant Simulation software in Tampere University of Applied Sciences

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 13 pages
April 2019

This Thesis has been made as a commission for Tampere University of Applied Sciences and includes a research project and a customer project. The customer part is defined as a secret project and it is for a project owner use only. The purpose of this thesis was to learn how to use the Plant Simulation software in education. Plant Simulation software is part of the Siemens Tecnomatix Product family.

Simulations are used in teaching purposes, researches and describing business processes. Simulations in business may improve production cost and therefore cost-effectiveness. We are living the time of digitalization and the usage of simulations is increasing. In the thesis the theory of simulation has been introduced in general and the use of Siemens Tecnomatix Plant Simulation software is presented by examples. The progress and the results of the client project have been reported at the end of the thesis.

The simulation for the port and the terminal freight traffic was created as a customer project. The simulation made could be used as an example of the functionality of the logistics for the project planning stage. With the thesis Tampere University of Applied Sciences got access to real-life user experience. The results could be used to plan future courses and projects. In addition, work can be used as a guide for new users how to run the Plant Simulation software.

In the future, improving the customer research could lead into better technical solutions such as energy efficiency, the functionality of loading facilities and traffic arrangements.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Opinnäytetyön toimeksiantaja	7
1.2	Työn rajaukset ja menetelmät	7
2	DIGITAALINEN TUOTANNON SIMULOINTI	8
2.1	Simulointi käsitteenä	8
2.2	Tuotannon simulointi	9
2.3	Miksi hyödyntää simulointia?	12
2.4	Mitä simuloinnilta odotetaan?	13
2.5	Haitat ja ongelmat	13
2.6	Simuloinnin vaiheet	14
3	SIEMENS PLM – TECNOMATIX PLANT SIMULATION	16
3.1	Tecnomatix Plant Simulation	16
3.2	Toimintaperiaate ja yksinkertaisen simulointimallin luominen	18
3.3	Ohjelmointi	22
4	OHJELMISTON HYÖDYNTÄMINEN TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULUN OPETUKSESSA	25
4.1	Tuotannosuunnittelu - 5K00DK93	25
4.2	Industrial Logistic Processes - 5K00BN10	27
4.3	Soveltuvuus yhteistyöprojekteihin	27
5	YHTEENVETO JA POHDINTA	29
5.1	Opetuskäyttö	29
5.2	Projekti	30
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	33
	Liite 1. Esimerkki tehtäviä	33
1	Liite 2. CASE: SATAMATERMINAALIN TAVARALIIKENTEEEN SIMULOINTI	34
1.1	Simulointiprojektin lähtötilanne ja tavoitteet	34
1.2	Arvio rahtiliikenteestä	34
1.3	Terminaali	35
1.4	Ensimmäisen vaiheen simulointimallin kuvaus	36
1.5	Toisen vaiheen simulointimallin kuvaus	39
1.6	Lopputulokset	43
	Liite 3. Arvio rahtimäärästä	45
	Liite 4. Layout – suunnitelma	46

LYHENTEET JA TERMIT

Digitalisaatio	Digitaalisen tietotekniikan yleistyminen arkielämässä
Frame	Simulointimallin kokonaisuus, esimerkiksi yksi simulointimalli voi koostua useasta framesta
Input	Sisääntulo, kuvaa sisääntulevien yksiköiden määrää
MU	<i>Mobile Units</i> , kuvaa materiaalia joka virtaa objektien välillä simulointimallissa
Objekti	Suom. "Olio", luokka tai kokonaisuus joka koostuu metodeista
Metodi	Toiminto, jolla on oma sisäinen SimTalk ohjelmakoodi
Output	Ulostulo, kuvaa systeemistä poistuvien yksiköiden määrää
PLM	<i>Product lifecycle management</i> , tuotteen elinkaaren hallinta
SimTalk	Plant Simulation -ohjelmistossa käytettävä ohjelmointikieli
ActiveX	Uudelleenkäytettävä ohjelmistokomponentti
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
Oracle SQL	Ohjelmointikieli
ODBC	<i>Open Database Connectivity</i> , standardoitu avoin rajapinta tietokannoille

XML	Ohjelmointikieli
OPC	<i>Open connectivity via open standards</i> , avoin liitettävyys avoimilla standardeilla. Mahdollistaa tiedonsiirron PC-valvomojen ja ohjelmoitavien logiikoiden välillä
Layout	Suunnittelumalli
Drone	Miehittämätön ilma-alus

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on tutustua Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmistoon ja mahdollisuuksiin hyödyntää sitä Tampereen Ammattikorkeakoulun konetekniikan opetuksessa. Lisäksi opinnäytetyön yhteydessä on toteutettu projekti ja pilotointi simuloinnista todelliselle asiakkaalle satamaterminaalin rahtiliikenteeseen liittyen.

1.1 Opinnäytetyön toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Tampereen Ammattikorkeakoulu, josta käytetään myös lyhennettä TAMK.

Vuoden 2019 tammikuun alusta TAMK on ollut osa monialaista korkeakoulu yhteisöä, johon kuuluu lisäksi Tampereen yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto. Opinnäytetyö on laadittu lehtori Lasse Hillmannin antaman aiheen pohjalta.

1.2 Työn rajaukset ja menetelmät

Opinnäytetyössä on pyritty tarkastelemaan simulointia alkuun hieman yleisellä tasolla, pitäen mielessä kuitenkin kaksi selkeästi tärkeää näkökulmaa, tuotannollinen sekä logistinen. Opinnäytetyön lopussa esitetään lähemmin taustalla tehty simulointimalli, joka on ollut ikään kuin punaisena lankana koko opinnäytetyötä tehdessä. Tätä simulointimallia rakentaessa olen opetellut käyttämään Siemens Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmistoa, ja pystynyt muodostamaan mielikuvan miten ohjelmistoa voisi hyödyntää myös opetusympäristössä.

2 DIGITAALINEN TUOTANNON SIMULOINTI

Tulevaisuudessa on näkyvissä vahvasti digitalisoituminen kaikilla elämän osa-alueilla. Yritysten välisessä kovassa kilpailussa yksi tärkeimpiä valttikortteja ovat nykyaikaiset toimintamallit ja teknologian hyödyntäminen. Digitalisaation myötä teollisuus ja erilaiset tuotantolaitokset ovat saaneet käyttöönsä uudenlaisia työkaluja, joiden avulla voidaan luoda kokonaan digitaalinen toimintaympäristö. Esimerkiksi Siemensin luomassa Digital Enterprise -alustassa on huomioitu kaikki ne osa-alueet, joista on mahdollista rakentaa täysin digitaalinen toimintaympäristö. Se yhdistää saumattomasti tuotesuunnittelun, tuotannon sekä yhdistää todellisen ja virtuaalisen maailman.

Digital Enterprise -alusta on luotu Siemensin teollisuus 4.0 -vision toteuttamiseksi. Siemens PLM-ratkaisuihin sisältyy ohjelmistot tuotteiden ja tuotannon suunnitteluun, testaamiseen ja simulointiin. Tässä opinnäytetyössä työssä tullaan perehtymään tarkemmin simulointiin. (Julkaisu: Ralf-Michael Franke: Tekniset ratkaisut 4.0 – vision toteuttamiseksi ovat olemassa)

2.1 Simulointi käsitteenä

Yleisellä tasolla simulointi käsitteenä on laaja-alainen. Jokainen voi päivittäisessä elämässä osallistua jonkinasteisiin simuloituihin tilanteisiin, kuten esimerkiksi lapsi leikkiessään. Myös useamman ihmisen päivittäisiin askareihin liittyy erilaisten pelien pelaaminen, jotka ovat myös muodostettu simuloimaan jotain tiettyä todellista tilannetta. Näistä ovat hyvänä esimerkkinä vaikkapa tietokone- tai konsolipelit.

Käytännössä simulointi on erilaisten prosessien tai systeemien imitointia ajan suhteen. Matemaattisia menetelmiä voidaan hyödyntää yksinkertaisissa simuloitavissa malleissa. Usein kuitenkin oikeassa maailmassa esiintyvät systeemit ovat niin monimutkaisia ettei niiden mallintaminen pelkästään matemaattisin keinoin onnistu. Tietokoneperusteista simulointia voidaan hyödyntää, mikäli halutaan tutkia systeemin käyttäytymistä ajan suhteen. Siitä

voidaan kerätä dataa ja hyödyntää erilaisissa analyyseissa. (Luomanmäki, 2017)

Tuotannon simulointiin voidaan lukea erilaiset kapeikkosimuloinnit ja materiaalivirtojen, sekä käytettävyyksien simuloinnit. Tuotannossa simulointimallien avulla voidaan myös tutkia ergonomiaa ja syventyä prosessin eri vaiheisiin laitetasolla. Robotiikan yleistyessä myös robotiikka ja etäohjelmointi ovat simuloitavissa. Tilasimulaatioihin lukeutuvat layout-suunnittelu ja keinotodellisuus, joiden avulla pystytään tutkimaan esimerkiksi tuotantotilojen konesijoittelua ja niiden toimivuutta.

Simulointia hyödynnetään myös lentäjien koulutuksessa. Erilaisten simuloitujen oppimisympäristöjen avulla voidaan luoda todellisuutta vastaavia tilanteita, jolloin opiskelija pääsee turvallisesti tutustumaan erilaisiin teknisiin järjestelmiin, joilla ohjataan lentokonetta. Lisäksi opetuskäyttöä varten tehtyjen simulaattoreiden avulla voidaan harjoitella tilanteita, joiden ei odoteta tapahtuvan todellisuudessa kovinkaan usein. Simulaattoreita hyödynnetään myös lääkäreiden ja hoitajien koulutuksessa. Simulaatiotunti on opiskelijoille tilanne, jossa saa tehdä virheitä vaarantamatta todellisia potilaita. Simulointeja hyödynnetään myös ajo-opetuksesta, josta esimerkkinä autokoulustakin tuttu pimeänajo simulaattori.

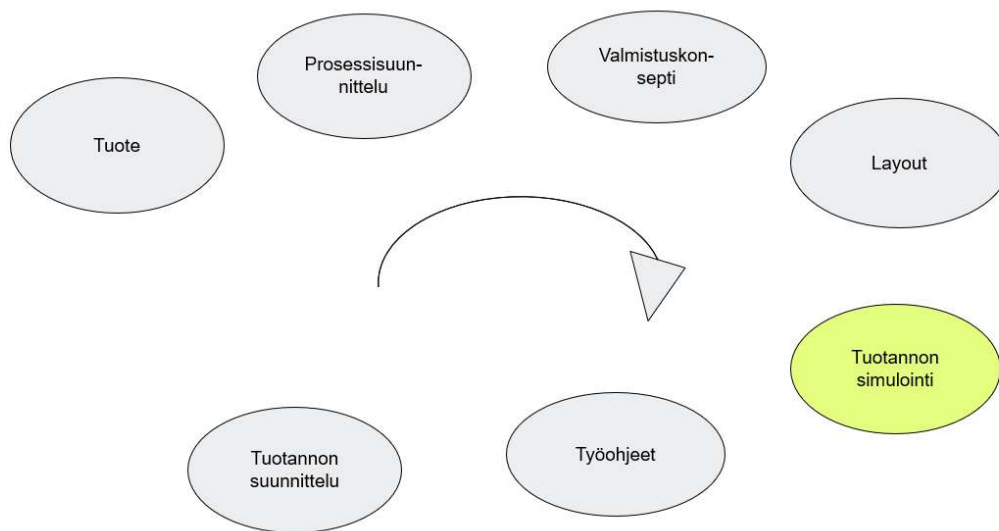
(SeAMK; julkaisu, Yle; uutinen 2012)

2.2 Tuotannon simulointi

Tuotannossa voidaan simuloida useita erilaisia prosesseja. Näistä esimerkkinä ovat robottisimulointi, kappaletavaratuotannon ja materiaalivirtojen simulointi sekä koneiden toiminnallisuutta havainnollistavat simuloinnit. Simulointimallit ovat myös hyvä apukeino havainnollistamaan eri tuotantoyksiköiden ja laitteiden välisiä riippuvuussuhteita. Tuotannossa simuloinnista odotetaan olevan apua tuotannon ohjaukseen ja erilaisten analyysien muodostamiseen.

Tuotannossa uusia prosesseja lisättäessä simuloinnista on hyötyä, sillä sen avulla voidaan tutkia tilannetta ennakkoon vaarantamatta tuotannon tilaa.

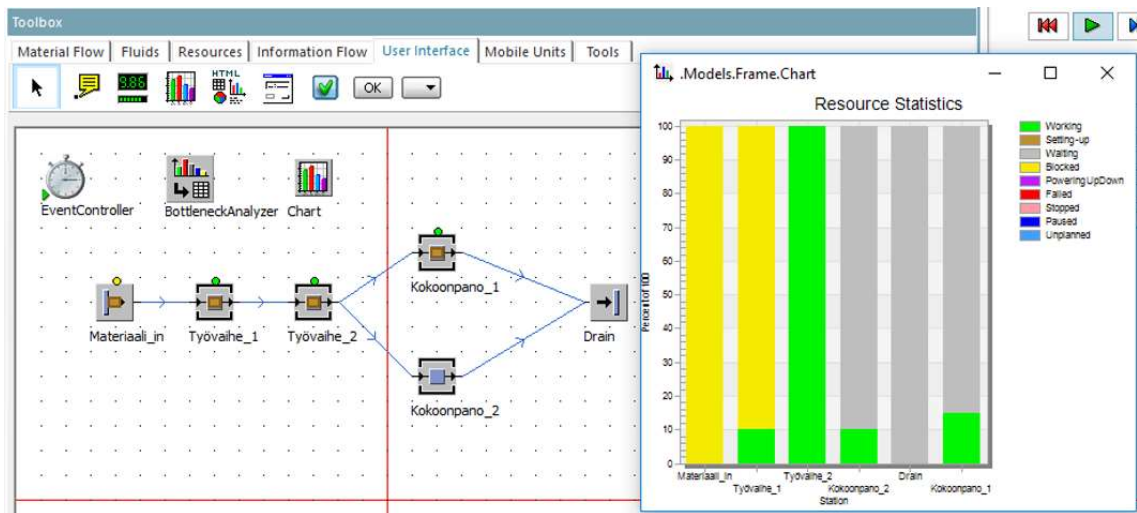
Simulointi on osa pitkää ketjua, jossa suunnitellaan tuotteen valmistaminen kustannustehokkaasti (kuva 1.). Simulointi ei aina johda tuotannon suunnitteluun, vaan simuloinnin avulla voidaan paljastaa suunnittelun virheitä, jolloin tuotteen tai palvelun tuottamisen taloudellisuutta sekä tarpeellisuutta voidaan arvioida uudelleen. (SeAMK julkaisu)



KUVA 1. Simulointi osana tuotantoketjua

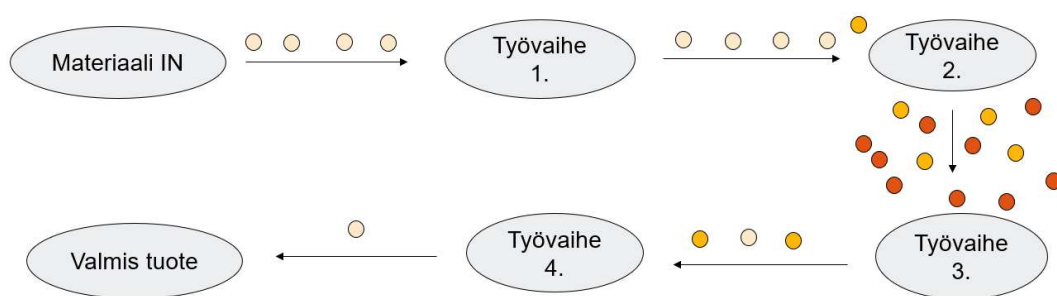
Tuotannossa simulointimalleista voi myös olla erityisesti hyötyä kun halutaan selvittää kuinka esimerkiksi konerikot tai laitehuollot vaikuttavat kokonaiskapasiteettiin. Myös tuotannon pullonkaulojen tunnistaminen helpottuu, kun mallin avulla pystytään helpommin tarkastelemaan kokonaisuutta etäältä.

Alla kuvassa 2. nähdään esimerkiksi resurssien käytön kuvaaja, jota simulointimalleilla on mahdollista tuottaa. Kuvaajassa jokaisella työvaiheella on oma palkki, joissa värit merkkäävät seuraavaa; vihreä = working, harmaa = waiting, keltainen = blocking.



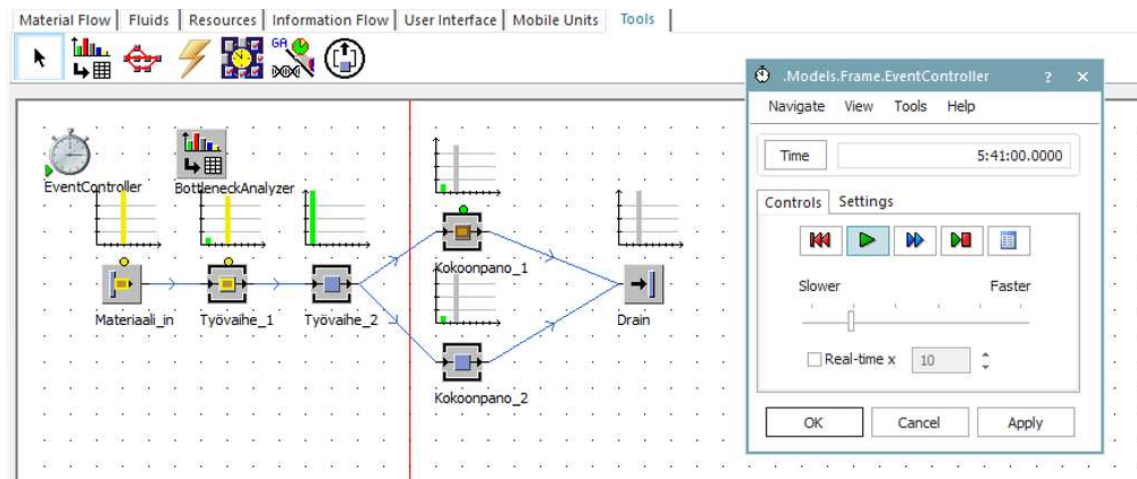
KUVA 2. Esimerkki tehokkuuden kuvaajasta

Tuotannossa pullonkaula tarkoittaa tilannetta jossa materiaali ei pääse virtaamaan eteenpäin sujuvasti. Kuvassa 3. tämä ajatus on esitetty yksinkertaisen kuvan muodossa. Simulointiohjelmistojen hyöty on erityisesti näiden kyseisten kaltaisten pullonkaulojen tunnistamisessa.



KUVA 3. Idea pullonkaulasta

Kuvassa 4. esitetystä Plant simulation -ohjelmiston avulla rakennetusta simulointimallista voidaan havainnoida pullonkauloja diagrammien avulla. Kuvasta voidaan esimerkiksi havaita, että työvaihe_1 kerää jo pullonkaulaa, mutta seuraava työvaihe_2 näyttää jo vihreää palkkia, eli materiaali pääsee virtaamaan objektin läpi sujuvammin.



KUVA 4. Pullonkaula-analyysi Plant Simulation -ohjelmistossa

2.3 Miksi hyödyntää simulointia?

Simulointi on hyödyllinen teknologia-asiakkaalle, sillä se jäljittelee oikeiden systeemien toimintaa. Simulointimallin avulla voidaan myös selvittää, kuinka vasta suunnitteluvaiheessa oleva systeemi toimii. Erilaisilla simulointimalleilla saadaan myös visualisoida monimutkaisia toimitusketjuja ja tuotantoja. Simulointimalleja voidaan hyvin vaikka esittää erilaisissa opetustilanteissa tai markkinointitilanteissa. Simuloinnin etuja ovat:

- Kokonaisuuksien hahmottaminen
- Käyttönoton nopeuttaminen
- Pullonkaulojen tutkiminen
- Varastotasojen optimointi
- Kapasiteetin määrittäminen
- Simuloinnilla voidaan varmentaa analyyttisiä ratkaisuja
- Suunnitelmien visualisointi
- Vaihtelemalla parametrejä voidaan tutkia vaikutuksia
- Layout suunnittelut
- Resurssien mitoitus

Kuten edellä olevasta listasta voidaan havaita, simuloinnin avulla on mahdollista saada useita etuja ja ne on helposti yhdistettävissä samaan simulointimalliin. (Plant Simulation Fact Sheet, Siemens)

2.4 Mitä simuloinnilta odotetaan?

Käyttäjällä ja suorittajalla on todennäköisesti erilaiset odotukset simuloinnille. Käyttäjän näkökulmasta ajateltuna olisi tärkeää, että simulointimallin avulla voidaan saada tuloksia, joita ei muilla keinoin voi saada. Yhtenä oletuksena voidaan myös pitää, että simulointimallin avulla saadut tulokset ovat luotettavia. Oleellinen hyöty käyttäjälle on, että simulointimalli mahdollistaa tehokkaan esisuunnittelun, sillä suunnittelumuutoksien hinta kasvaa tuotekehitysprojektien edetessä. Asiakaskokemusta parantaessa simuloinnin odotetaan kehittävän tuotteiden ja tuotannon tasalaatuisuutta. (VTT julkaisu)

Suorittajalle simulointi on mielenkiintoinen projekti. Uutta simulointiohjelmistoa käytettäessä oppii jatkuvasti lisää, jolloin uusia ideoita syntyy toistuvasti. Simulointi voi olla parhaimmillaan koukuttavaa ajanvietettä, jossa simuloinnilta odottaa yhä parempia tuloksia. Suorittajalle simulointi mahdollistaa otollisen tilanteen päästä kokeilemaan systeemiä tai prosessia ilman, että siitä koituisi vaaraa todellisille laitteille, ihmisille tai ympäristölle. Uusien systeemien tutkiminen simuloinnin avulla tuottaa suorittajalle arvokasta dataa. Suorittajan näkökulmasta on tärkeää visualisoida systeemiä ja laskea asioita, joiden mittaaminen todellisuudessa on vaikeaa. (VTT julkaisu)

2.5 Haitat ja ongelmat

Simulointimalleihin liittyy myös haittoja ja ongelmia. Ennen simulointiprosessin aloitusta tulee miettiä, saadaanko mallista todellista hyötyä. Erityisesti hyötyjä tulisi tarkastella näkökulmasta, että onko se ajallisesti ja kustannuksien puolesta tehokasta.

Simuloinnin lopputuloksena voi syntyä niin paljon tietoa, ettei sen pohjalta voida optimoida ja tuloksien todentaminen on mahdotonta. Monimutkaisten

prosessien simulointiin kuluu aikaa runsaasti, eivätkä ne välttämättä tuota optimaalista ratkaisua. Erilaisten teknisten haasteiden osalta voidaan sanoa, että simulointiohjelmien välinen tiedonsiirto voi olla hankalaa, sillä raskaat mallit vaativat runsaasti tehoa tietokoneelta. (SeAMK julkaisu)

Simulointi ei kuitenkaan aina ole kannattavaa. Näitä seikkoja on esitelty T. Luomanmäen opinnäytetyössä ”Tuotannon ja toimitusketjujen tapahtumapohjainen simulointi” ja ne pohjautuvat T. Banksin kirjaan Discrete-Event System Simulation.

- Ongelman voi ratkaista käytännön järjellä
- Ongelma voidaan ratkaista analyyttisin menetelmin
- Testaukset on helpompaa ja edullisempaa suorittaa suoraan oikeassa ympäristössä
- Kustannukset ylittävät sen tuomat säästöt
- Käytettävissä olevat resurssit eivät ole riittävät
- Jos dataa ei ole saatavilla tarpeeksi
- Systemi on liian monimutkainen simuloitavaksi

Listauksen perusteella voi todeta, että simulointiprojektin alkuvaiheessa tulee huomioida myös nämä seikat. Näin voidaan välttyä käyttämästä aikaa useita tunteja turhan takia.

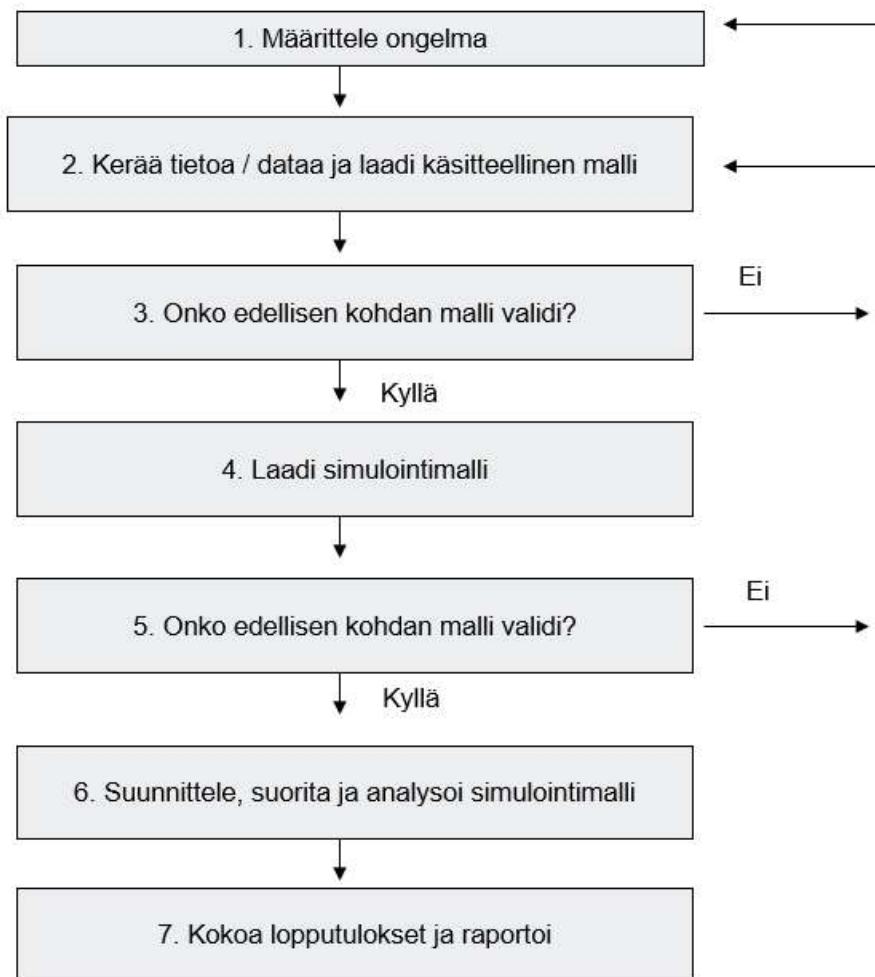
(T. Luomanmäki, Banks ym.)

2.6 Simuloinnin vaiheet

Simulointiprojektin alkaessa on hyvä suunnitella selkeä runko, jonka mukaan edetään. Ensimmäisenä tulee määritellä ongelma, jota simuloinnin avulla pyritään selvittämään. Myös alkuvaiheessa simuloinnin tavoitteet tulisi olla selkeät, jotta mallia lähdetään rakentamaan heti alusta alkaen oikeaan suuntaan. Mallin suunnitteluvaiheessa tulee myös ottaa huomioon kuinka tarkasti malli tullaan tekemään, mitkä asiat mallinnetaan yksityiskohtaisesti ja mitkä asiat voidaan tehdä pienemmällä tarkkuudella. Määrittelemällä tämä tarkasti voidaan säästää aikaa ja rahaa.

Simuloinnissa ilman selkeää päämäärää ei nähdä olevan järkeä, sillä sen tulisi lähtökohtaisesti lähteä tarpeesta ratkaista tuotannossa olevia ongelmia. Ennen varsinaista mallin rakentamista tulee myös selvittää lähtötiedot mahdollisimman pitkälle, jotta tietokonemallin rakentaminen onnistuu sujuvasti. Mallin ollessa valmis, laaditaan testaus ja ajosuunnitelma. Tässä vaiheessa on hyvä pitää mielessä, mitä lopputuloksia simulointimallilla tavoitellaan. Simulointiajojen jälkeen tulokset analysoidaan ja tulokset raportoidaan siihen muotoon, että simulointiprosessiin osallistumaton henkilö pystyy ne ymmärtämään.

(Simulointiprosessin vaiheet, SeAMK julkaisu)

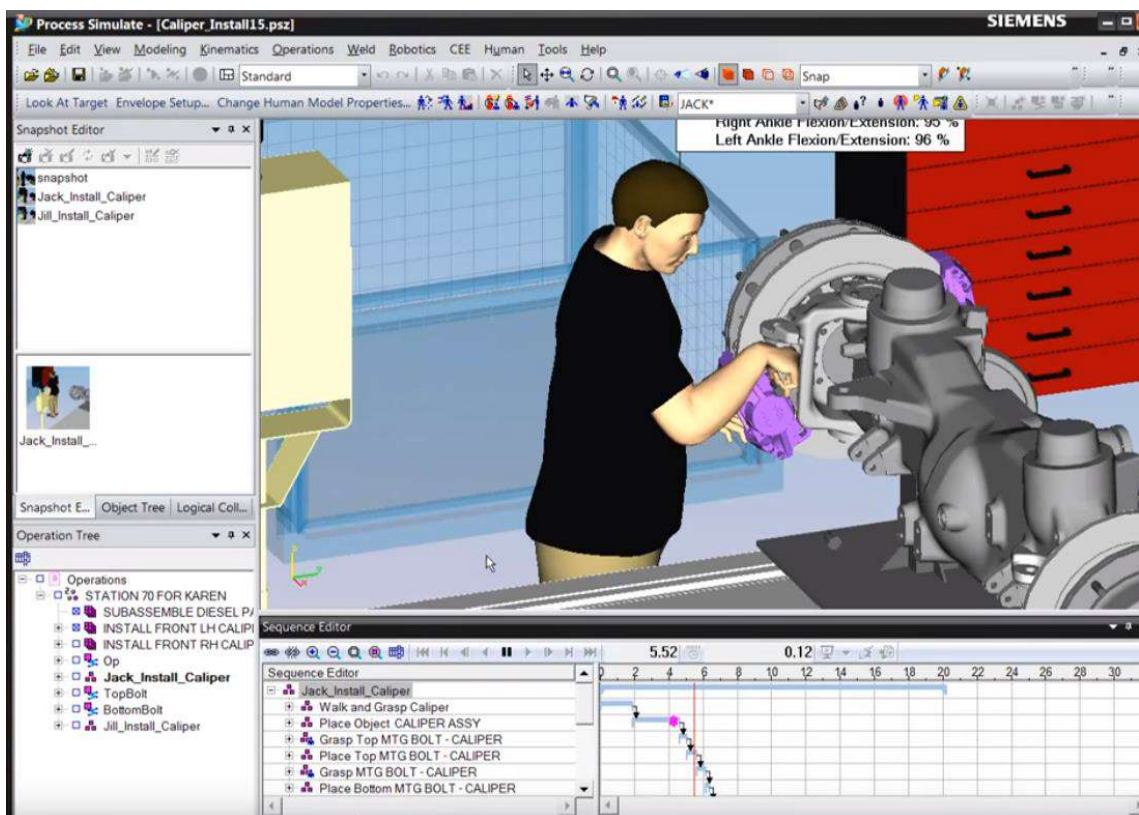


KUVA 5. Seitsemän askeleen simulointiprosessi (Kikolski, M)

Kuvassa 5. esitetyn seitsemän askeleen simulointiprosessia noudattamalla voidaan välttyä tilanteelta, jossa simulointimalli ei vastaa alussa määritettyjä tavoitteita. Prosessissa pyritään tarkastelemaan toistuvasti, onko malli validi.

3 SIEMENS PLM – TECNOMATIX PLANT SIMULATION

Tässä työssä käsitellään lähemmin Siemens PLM -ohjelmistoon kuuluvaa Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmiston käyttöä. Muita samaan tuotepiheeseen kuuluvia ohjelmistoja ovat mm. Tecnomatix Process Simulate ”assembly simulation” ja Tecnomatix Jack ”human simulation software”. Kuvassa 6. havaitaan, että Tecnomatix Jack -ohjelmistolla päästään hyvinkin lähelle prosessia, ja voidaan simuloida ihmisen ja koneen yhteistyötä yksityiskohtaisesti.



KUVA 6. Tecnomatix Jack (Siemens PLM, YouTube channel)

3.1 Tecnomatix Plant Simulation

Plant Simulation -työkalulla voidaan luoda digitaalisia malleja erilaisista systeemeistä. Eri mallien avulla voidaan tutkia systeemin käyttäytymistä ja optimoida suorituskykyä. Plant Simulation on erinomainen työkalu, jos halutaan ajaa erilaisia mitä-jos-skenaarioita ennen oikean järjestelmän hankintaa.

(Tecnomatix Plant Simulation, 2014.)

Simuloinnin rakentaminen Plant Simulation -ohjelmistossa pohjautuu objektipohjaiseen hierarkkiseen mallinnustapaan. Simulointimallit ovat joko tapahtumapohjaisia, yksittäisiä tai jatkuvia prosesseja kuvaavia.

(T. Luomanmäki, 2017)

Alla keskeisiä ominaisuuksia listattuna:

- Mahdollisuus optimoida energiankulutusta
- Voidaan simuloida logistiikan, tuotannon ja liiketoimitojen tapahtumia
- Saatavilla kuvaajia suorituskyvystä, resursseista ja pullonkauloista
- Malli voidaan toteuttaa myös visuaalisessa 3D-muodossa
- VSM (Value stream mapping)
- Tukee seuraavia rajapintoja: ActiveX, CAD, Oracle SQL, ODBC, XML, Socket, OPC jne.

Siemens Plant Simulation -ohjelmisto tukee useita rajapintoja, jolloin datan tuominen ohjelmiston ulkopuolelta on myös mahdollista.

(Tecnomatix Plant Simulation, 2014)

Ensimmäisiä versioita Plant Simulation -ohjelmasta on ollut käytössä hyvinkin pitkään. Ohjelmia on käytetty niin ihmisten kuin tavaroiden siirtelyssä paikasta toiseen. Eräitä käyttökohteita ovatkin tehtaiden ja varastojen ohella olleet muun muassa lentokentät, josta esimerkki alla kuvassa 7.

Nice to know!

Moskovan Domodedovon kansainvälinen lentokenttä implementoi Plant Simulation -ohjelmiston ensimmäisen kerran käyttöönsä v. 1999. Ensimmäinen prosessi jota ohjelmalla lähdettiin simuloimaan oli saapuvan rahdin käsittely, tavoitteena tunnistaa pullonkaulat ja parantaa koko prosessin tehokkuutta. Malli oli kehitetty kolmessa viikossa, ja pohjatiedot jolta se rakennettiin oli; saapuvien lentokoneiden aikataulu, rahdin kuljetukseen tarvittavan kaluston määrä, varaston kapasiteetti ja aikajaksot. Simulointi tuotti useita ratkaisuja joilla pystyttiin parantamaan rahtiterminaalin ratkaisuja. Myöhemmin simulointi -projektit levisivät lentokentällä myös muihin prosesseihin, esimerkiksi matkustajavirran seurantaan.

Parannuksia on pystytty tekemään lentokentän päivittäisiin prosesseihin kuten sisäänkirjautumisiin, linja-autojen kulkuun, porttien toimintoihin ja lennoille siirtymisiin.

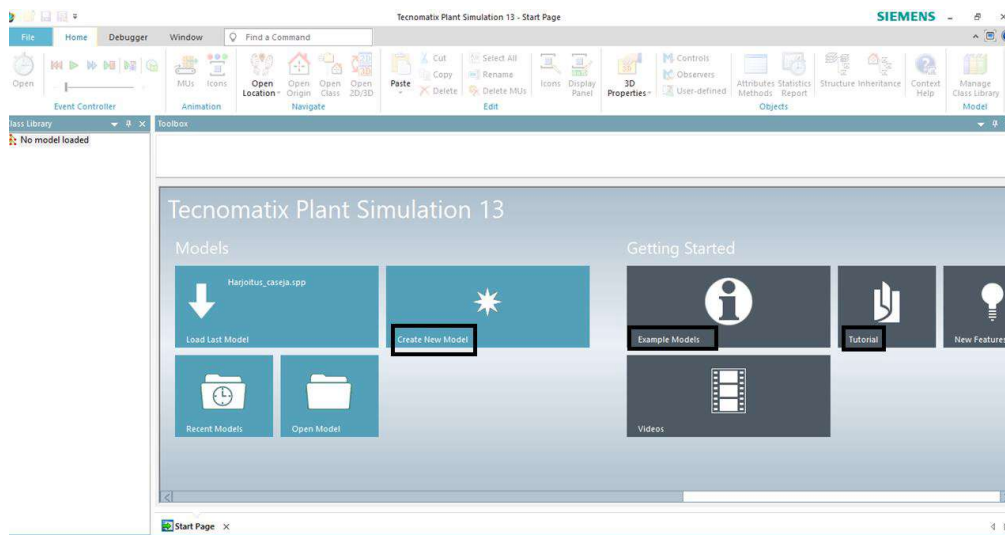
(Plant Simulation Fact Sheet book)

KUVA 7. Esimerkki simuloinnin hyödyntämisestä liiketoiminnassa

3.2 Toimintaperiaate ja yksinkertaisen simulointimallin luominen

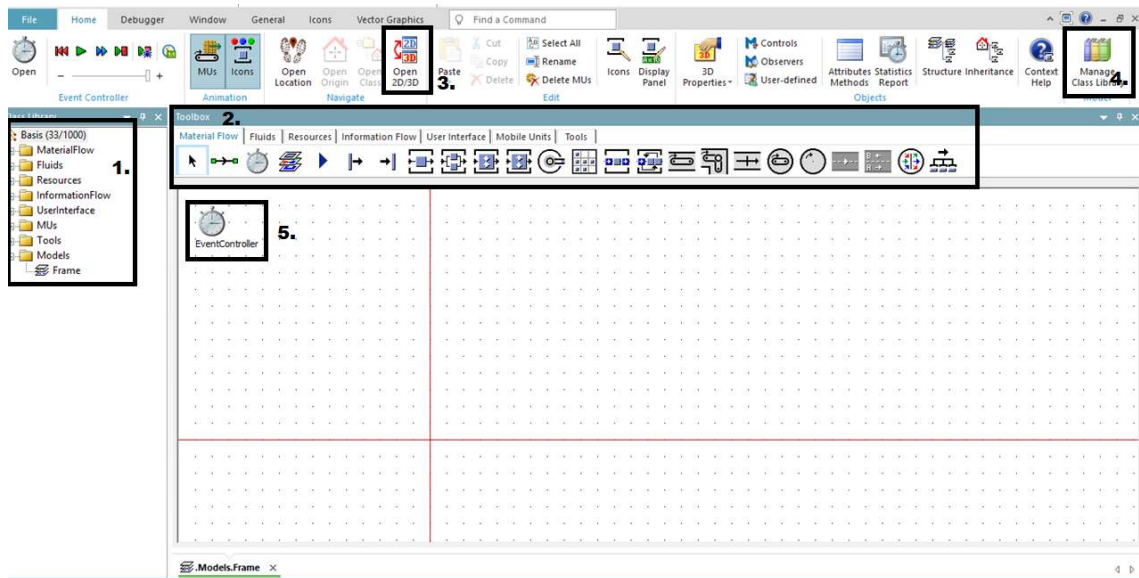
Tecnomatix Plant Simulation - ohjelmisto on tehty käyttäjäystävälliseksi. Ohjelmisto sisältää oppaita ja simulointimalleja, joiden avulla käyttäjä pääsee tutustumaan hyvin ohjelman perusominaisuuksiin. Ohjelmiston käyttöön voi tutustua esimerkiksi YouTubesta (ESTEIQ Tutorials) löytyvien videoiden avulla.

Uuden mallin aloitus tapahtuu valitsemalla aloitusikkunassa Create New Model, jonka jälkeen ohjelma ehdottaa luodaanko malli 2D vai 3D muodossa. Alla kuvassa 8. on ohjelmiston aloitusnäky. Ohjelmiston harjoitteluvaiheessa 2D-mallin luominen voi olla helpompaa.



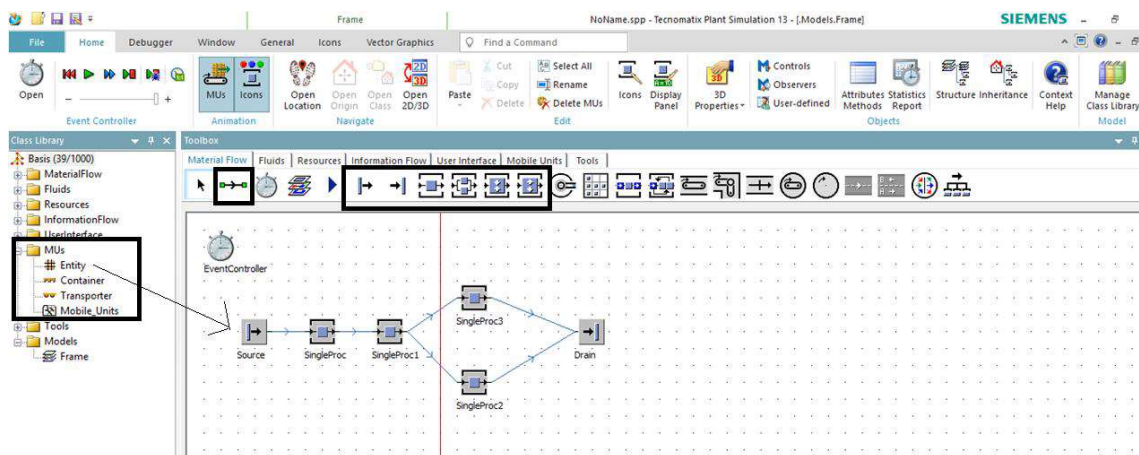
KUVA 8. Aloitusikkuna

Kuvassa 9. näkyvässä ikkunassa on korostettuna keskeisimpiä toimintoja. Kuvan kohdassa 1 voidaan hallita koko simulointimallia, ja mikäli malli luodaan useammasta aliohjelmasta, pystytään sitä hallitsemaan helposti vasemmassa sivupalkissa sijaitsevasta kansiorakenteesta. Kohdassa 2 työkalupalkissa on objektit, joilla simulointia lähdetään muodostamaan. Mikäli halutaan lisätä valikkoon objekteja kuten esimerkiksi erilaisia kuljetusmuotoja, saadaan ne haettua kohdan 4 kirjastosta. Mikäli mallia halutaan tarkastella 3D-muodossa, onnistuu se klikkaamalla kohtaa 3.



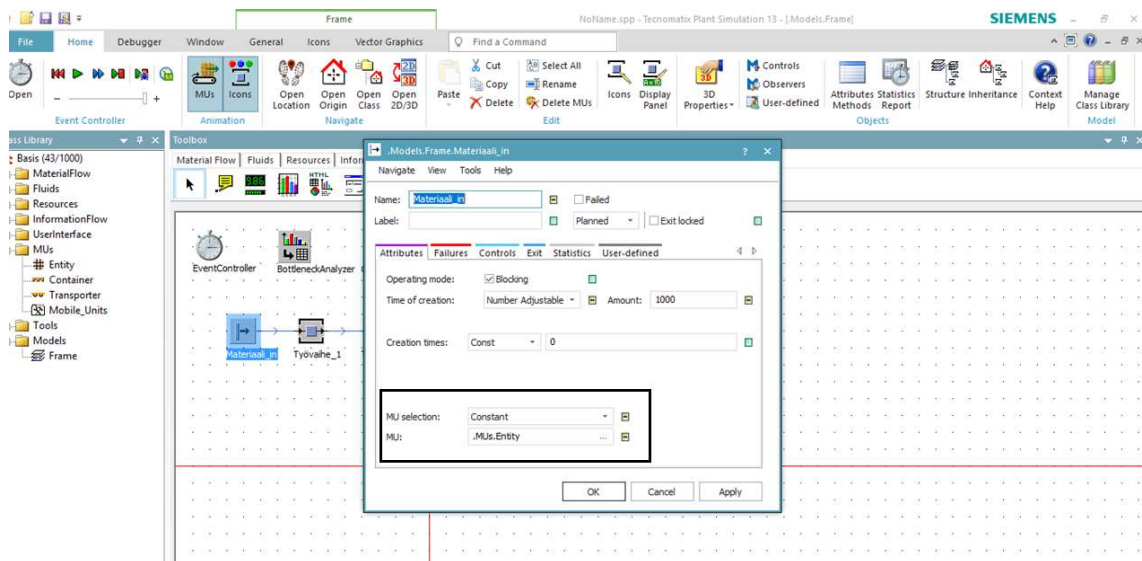
KUVA 9. 2D-simulointi

Mallin rakentaminen aloitetaan vetämällä työkaluvalikosta haluttuja objekteja alustalle. Objekteja korostettuna kuvassa 10. Jotta simulointia voidaan suorittaa, tulee objektit yhdistää työkaluvalikosta löytyvällä "connectorilla". Mikäli sourcea tuplaklikattaessa MU: kohta on tyhjä, saa sen vedettyä sivuvalikosta laatikkoon kuten alemmassa kuvassa nuolella on osoitettu.



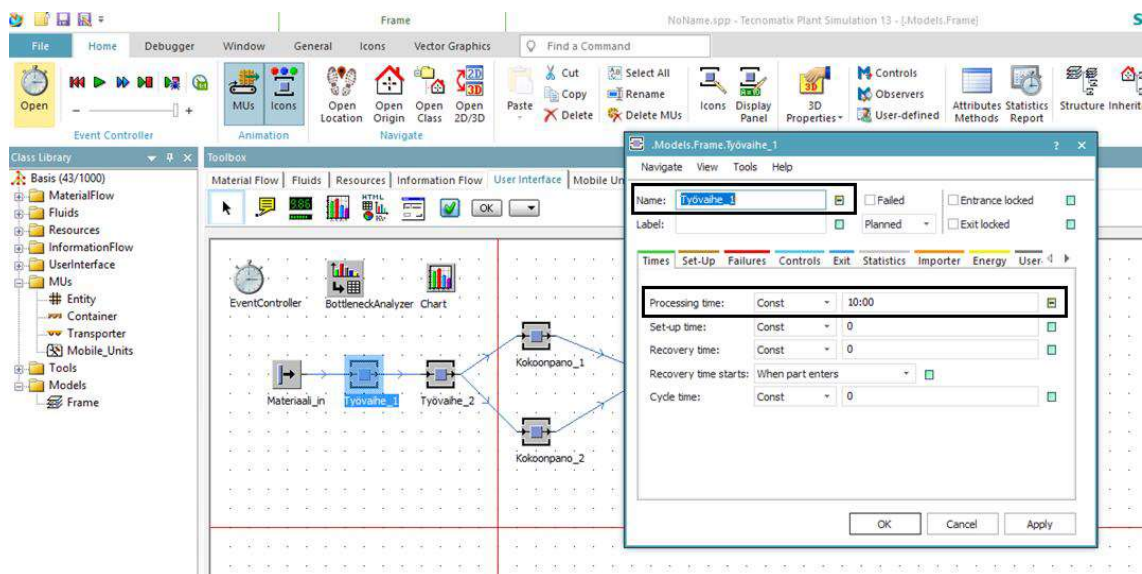
KUVA 10. Yksinkertaisen mallin luominen

MU:ksi voidaan valita kaikkia valikossa näkyviä vaihtoehtoja (container, transporter, entity). MU'n asettamisen voi vaihtoehtoisesti tehdä myös alla kuvassa 11. osoitettuun kohtaan.



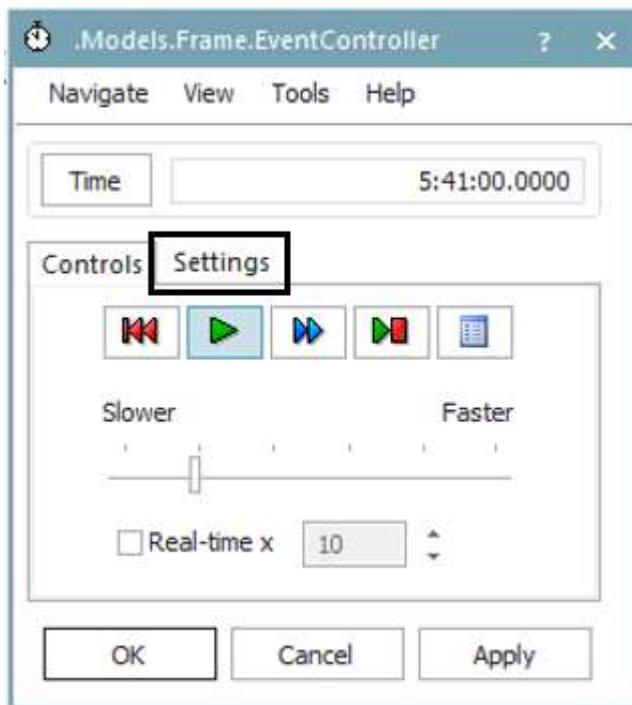
KUVA 11. MU'n lisääminen

Objektin nimeämistä voidaan muuttaa kuvassa 12. näkyvästä valikosta. Myös parametrit muutetaan tästä laatikosta.



KUVA 12. Objektin muokkaaminen

Simulointimalli käynnistetään valitsemalla "EventController", jonka jälkeen avautuu kuvan 13. mukainen valikko. Kohdassa settings voidaan määrittää jokin tietty ajanjakso, jonka aikana simulaatio ajetaan, esimerkiksi viisi vuorokautta.



KUVA 13. Event Controller

Settings välilehdeltä voidaan myös valita halutaanko simuloinnin jälkeen yhteenveto läpimenoista. Tämä valitaan kohdasta "Show summary report". Kuvassa 14. on esimerkki raportista. Raportista voidaan päätellä kuinka monta läpimenoa ajanjaksolla on tapahtunut, kuinka kauan ajasta materiaali on ollut kuljetuksessa, varastossa tai tuotannossa. Raportista nähdään myös TPH (throughput per hour), eli kuinka monta läpimenoa tapahtuu yhden tunnin aikana.

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Customer	Container	4:29:09.9450	144	1	18.20%	81.80%	0.00%	0.74%	<div style="width: 100%; height: 10px; background-color: #FFD700;"></div>

KUVA 14. Raportti

Ohjelmiston opettelu kannattaa aloittaa yksinkertaisten simulointimallien tekemisellä, ja lisätä ohjelmaan pala palalta lisää ominaisuuksia. Simulointia rakentaessa on hyvä tehdä se vaiheittain ja tehdä testiajoja mahdollisimman usein. Näin pääsee käsiksi heti, jos ohjelmaan syntyy jokin epälooginen kohta ja

materiaali ei virtaa ohjelmassa halutulla tavalla. Monimutkaisempia malleja tehtäessä voi helpottaa jos luonnostelee kokonaistilanteen ensin vaikka paperille josta nähdään kaikki inputit, outputit ja välivaiheet. Useammasta "framesta" koostuvaa simulointia tehdessä onkin hyvä luoda jokaiselle vaiheelle ja aliohjelmalle oma testiohjelma. Näin ollen koko simulointimallin vaiheittainen testaus on helpompaa.

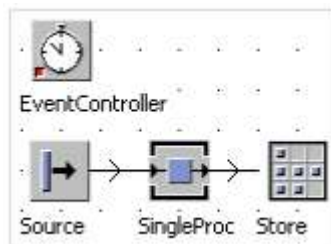
3.3 Ohjelmointi

Monimutkaisempia malleja tehdessä kannattaa hyödyntää SimTalk - ohjelmointikieltä, sillä objektien peruskäyttö ei mahdollista välttämättä täysin realististen mallien luomista. Plant Simulationin tarjoama SimTalkin avulla yksittäisten objektien sisäänrakennettua peruskäyttäytymistä voidaan muuttaa vastaamaan enemmän todellisuutta.

Seuraava lyhyt esimerkki on oppaasta Programming with SimTalk (S. Bangsov).

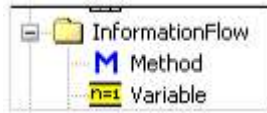
Halutaan simuloida malli pienestä tuotannosta, jonka yhteydessä on myymälä. Myymälän kapasiteetti on 100 kappaletta. Työpiste tuottaa yhden kappaleen minuutissa.

Luodaan malli kuvaamaan tätä pientä tuotantoa perusobjektien avulla. Kuvassa 15. Plant Simulation -ohjelmistolla rakennettu pieni simulointimalli ohjelmointiharjoitusta varten.



KUVA 15. Simulointimalli

Vedetään kuvassa 16. näkyvä InformationFlow kansioista löytyvä Method (menetelmä) simulointimalliin ja tuplaklikataan.




KUVA 16. Kansiorakenne

”Method” funktiolla on aina sama runko, kuten kuvassa 17 on esitetty;

```
is
do
end;
```

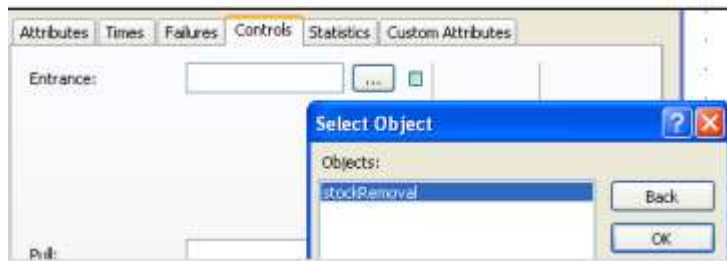
KUVA 17. SimTalk -menetelmän perusrunko

Muuttujat kirjoitetaan välille ”is ja do” ja lähteen koodi kirjoitetaan välille ”do ja end”. Klikkaa kuvaketta  editorissa ja laadi ohjeistus SimTalk -kielellä. Nimeä menetelmä seuraavalla tavalla; ”stockRemoval”. Alla kuvassa 18 nähdään esimerkki ohjelmoinnista.

```
is
do
    if store.NumMU = 99 then
        store.deleteMovables;
    end;
end;
```

KUVA 18. Esimerkki ohjelmoinnista

Hyväksy muutos ja nyt perusobjektiin on lisättävä menetelmä, joka ohjaa materiaalivirtaa. Valikko nähdään alla kuvassa 19. Tätä varten jokaisella objektilla on yksi tai useampi anturi ja kun MU läpäisee anturin, määritelty menetelmä laukeaa.



KUVA 19. Menetelmä – valikko

Klikkataan "store" objektia ja valitse controls, tämän jälkeen luettelossa on kaikki luomasi menetelmät. Valitse "stockRemoval" ja ohjelmointi on valmis.

4 OHJELMISTON HYÖDYNTÄMINEN TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULUN OPETUKSESSA

Osana opinnäytetyötä selvitettiin Plant Simulation -työkalun käyttömahdollisuudet TAMKin opetusympäristössä. Lähtötilanteessa Plant Simulation -ohjelmisto on esitelty opiskelijoille kurssin 5K00DM73-3001 "Technology Academy" osalta. TAMKin kurssivalikoimassa on useita kursseja, joille Plant Simulation -ohjelma sopii käyttöön. Haasteena on kurssien vähäiset lähiopetusmahdollisuudet.

Erityisesti tarkastelussa otettiin huomioon tuotantotekniikan- ja teollisuustalouden kurssit, koska ensisijaisesti eniten hyötyjä nähtiin kyseisten opintosuuntauksien osalta. Plant Simulation -ohjelmisto on myös toivottu lisä opetukseen.

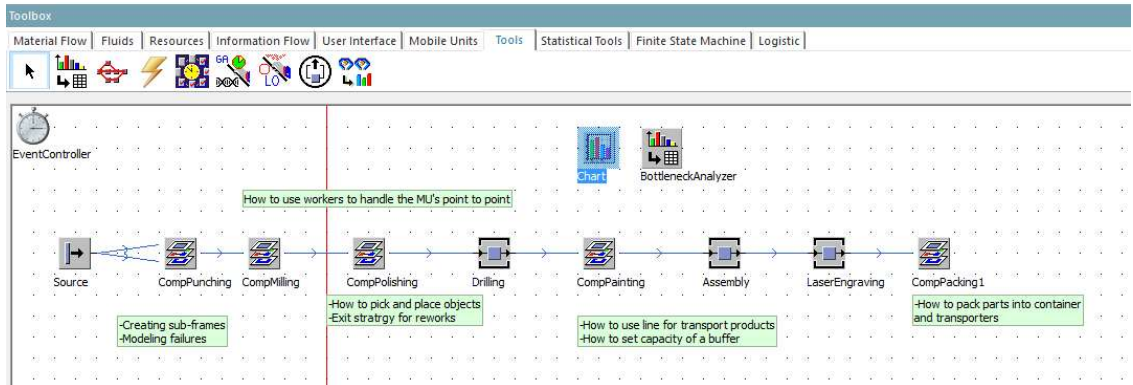
4.1 Tuotannonsuunnittelu - 5K00DK93

Tuotannonsuunnittelu on yksi keskeisimmistä kursseista tuotantotekniikan opintokokonaisuudesta. Plant Simulation -ohjelmiston hyöty tämän kurssin osalta olisi erityisen suuri, sillä kurssille asetetut osaamistavoitteet kattavat juurikin ne yrityksen kokonaiskuvan ymmärtämisen kannalta tärkeät prosessit ja menetelmät, joita ohjelmalla pystytään simuloimaan. Osaamistavoitteisiin on myös kirjattu seuraavaa; "opiskelija osaa soveltaa tuotannonohjausta ja -suunnittelua digitaalisen mallin avulla". (TAMK, opinto-opas)

Tällä hetkellä opintojaksolla on teoriaopetusta sen verran vähän, ettei välttämättä kyseisen ohjelmiston käytön opettelua ehditä niiden tuntien aikana käymään syvällisemmin läpi, jolloin se jäisi opiskelijan omalle ajalle tehtäväksi. Kurssille olisi mahdollista rakentaa harjoitustehtäväpaketti, jonka avulla ohjelmiston käyttöä voi harjoitella yksinkertaisten tehtävien avulla ja siirtyä vaiheittain eteenpäin. Liitteessä 1. on esitelty esimerkkitehtäviä.

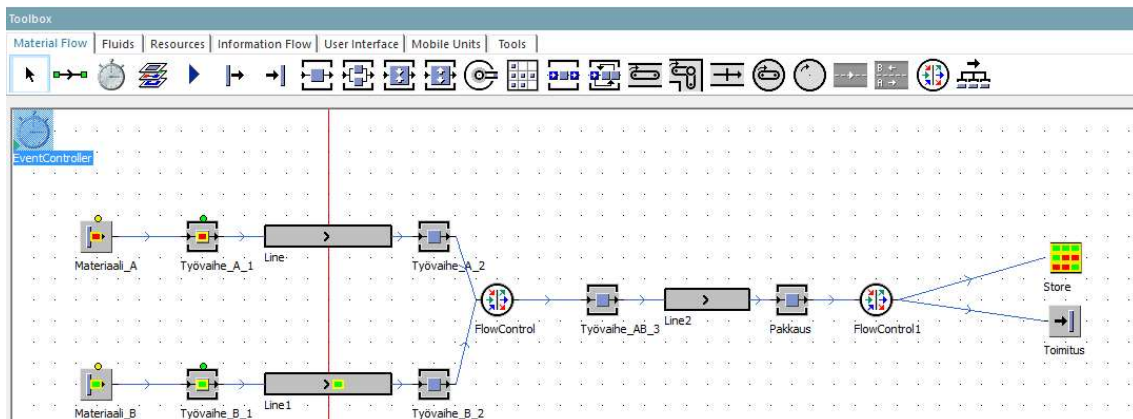
Alla kuvassa 20. on esitetty esimerkki tuotannon simuloinnista. Malli on rakennettu ESTEQ tutorials opetusvideoiden avulla. Jokaisessa aliohjelmassa

on käyty läpi ohjelmistolle keskeisiä ominaisuuksia. Esimerkiksi aliohjelmassa ”CompPunching” harjoiteltiin kuinka simulointimalliin voidaan luoda ”faileja” eli virheitä.



KUVA 20. Esimerkki tuotannon simuloinnista (ESTEIQ tutorials)

Kuvassa 21. on esitettyä yksinkertaisia simulointimalleja, joita jo lyhyemmällä ohjelmiston käyttökokemuksella pystyy rakentamaan. Alla olevassa esimerkissä on hahmoteltu tuotantolinja, jossa valmistetaan materiaalia kahdesta eri raaka-aineesta.



KUVA 21. Esimerkki tuotannon simuloinnista

Monimutkaisempien tuotantojen mallintaminen ei ehkä palvele opiskelijoita tuotannonsuunnittelun kurssilla, sillä se on vasta pintaraapaisu kokonaisuudessaan laajaan aihealueeseen.

4.2 Industrial Logistic Processes - 5K00BN10

Kurssin osaamistavoitteisiin on kirjattu, että opiskelijan tulisi ymmärtää logistiikan merkitys liiketoiminnassa, ja tuotantoverkostojen sekä jakelukanavien yhteyksiä. Käyttökokemuksen perusteella Plant Simulation -ohjelmistolla voidaan sujuvasti mallintaa erilaisten toimitusketjujen prosesseja. Ohjelmisto taipuu niin yksinkertaisten kuin vähän monimutkaistenkin jakelustrategioiden kuvaamiseen. Simuloimalla voidaan tarkastella fasiliteettien ja varastojen sijaintia. Toimitus- ja jakelukanavien määrittely voidaan myös huomioda tarkastelussa. Eirilaisten kapasiteettien ja varastotasojen mallintaminen onnistuu myös Plant Simulation -ohjelmistolla.

Opintojaksolle on määritetty osaamistavoitteeksi, että ”opiskelija osaa soveltaa tietoa yhtiön varasto-, hankinta- ja jakelustrategioiden suunnittelusta”. Näkisin että opiskelijat voi kokea mielekkääksi hyödyntää Plant Simulation – ohjelmistoa tehdessään erilaisia projekti- ja ryhmätöitä.

(TAMK, opinto-opas)

4.3 Soveltuvuus yhteistyöprojekteihin

Opintokokonaisuuden sisältäessä erilaisia projektikursseja voi olettaa, että opiskelijoiden oppiessa ohjelmiston peruskäytön, pystyisivät he hyödyntämään sitä monipuolisesti. Esimerkiksi Seinäjoen Ammattikorkeakoululla on käytössä SeAMK Digital Factory – oppimisympäristö, joka on samalla digitaalinen alusta opiskelijoille opintoja varten, mutta tarjoaa myös demoympäristön yrityksille. Ympäristössä voidaan suorittaa erilaisten tuotteiden ja tuotantolinjojen suunnittelua, jonka jälkeen ne voidaan testata ja simuloida. Palveluista esimerkkinä SeAMKin verkkosivuilla löytyy tuotantolinjojen ja robottisolujen simulointi, työpisteiden ergonomiasimulointi, mallinnus ja visualisointi virtuaalilaboratoriossa, konenäön sovellustestaukset sekä erilaisten järjestelmien koulutus. (SeAMK)

Tampereen ammattikorkeakoulussa voitaisiin tarjota samankaltaisia palveluita, sillä jo tällä hetkellä ”OpenLab”, joka koostuu TAMK:n konetekniikan laboratoriosta ja oppimisympäristöstä, tarjoaa yrityksille testaus- ja

analyysipalveluja sekä tuotekehitysapua. Erilaiset simulointiprojektit olisivat varmasti mielenkiintoinen lisä palveluihin. Myös tänä vuonna on alkanut uusi kurssi 5K00DM73 "Technology Academy", jonka yhteyteen Plant Simulation -ohjelmiston tutustuminen on lisätty. Kurssin opiskelijat yrittävät myös ratkaista tässä opinnäytetyössä esimerkki tapauksena esitettyä terminaalin analyysia. (Teollisuusteknologia-yksikön opiskelijaprojektit, TAMK)

5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Simuloinnilla voidaan saavuttaa runsaasti hyötyjä yrityksen näkökulmasta. Erityisen tärkeänä seikkana tulee huomioida simuloinnin etu tutkittaessa jotain täysin uutta. Simulointiprojekti tulee kuitenkin viedä läpi dynaamisesti, ja noudattamalla työssä esitettyä seitsemän askeleen simulointiprosessia voidaan varmistua, että mallin muodostamisessa keskitytään olennaiseen.

5.1 Opetuskäyttö

Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmisto olisi hyvä lisä Tampereen ammattikorkeakoulun opetuskäyttöön. Jatkoa ajatellen myös muiden Tecnomatix tuoteperheen simulointiohjelmistojen lisääminen käyttöön olisi hyödyllistä. Tecnomatix Process Simulate -ohjelmiston avulla päästään lähemmäksi tarkemmin määriteltyjä ja yksityiskohtaisia prosessin osa-alueita. Tecnomatix Jack -ohjelmiston avulla pystytään tarkastelemaan ihmisen toimintaa tarkemmin. Näin ollen voidaan esimerkiksi simuloida robottisolun toimintaa, ja yhdistää siihen, kuinka ihminen toimii yhdessä robotin kanssa turvallisesti.

Erilaisten robottisovellusten käyttö tuotannossa on lisääntymässä. Turvallisuus on yleisesti ottaen asia, jota useat yritykset vaalivat. Voisikin siis kuvitella, että simulointimallien avulla turvallisten robottisolujen tutkiminen ja kehittäminen toisi lisäarvoa useille yrityksille. Simulointimalliin voidaan rakentaa erilaisia skenaarioita vaaratilanteista, ja havainnoida kuinka järjestelmä niissä tilanteissa toimii.

Simulointi -ohjelmistoilla voidaan tehdä vaikka markkinointimateriaalia konetekniikan opiskelusta tuomalla käytössä oleva robottisolu ja työstökoneet simulointiohjelmaan. Simulointiohjelmasta voidaan tehdä video, jota voi esittää esimerkiksi koulutusmessuilla ja muissa tapahtumissa. Simulointiohjelmistojen käyttömahdollisuudet ovat laajat ja hyvin suunniteltuna simulointiprojekteilla voidaan tuottaa merkittävää lisäarvoa yrityksille ja oppilaitoksille. Erilaisilla simulointimalleilla voidaan tuottaa visuaalista lisätietoa henkilöille, jotka eivät ole syvällisemmin perehtyneet kuinka prosessit toimivat.

Opiskelijoiden kannalta simuloinnin osaaminen on hyödyllistä, sillä tulevaisuudessa erilaisten digitaalisten ratkaisujen tuominen yritysten eri prosesseihin tulee yleistymään. Yritysten toimintoja pyritään jatkuvasti automatisoimaan manuaalisen työn vähentämiseksi.

Simuloinnin opiskelussa on tärkeää, että opiskelijat voisivat rakentaa ohjelmiston opetteluun jonkun projektin ympärille. Tällöin ohjelmiston käytön oppisi konkreettisen esimerkin avulla, ja samalla myös ongelmanratkaisukyky kehityy.

5.2 Projekti

Terminaalien ja sataman välisen rahtiliikenteen simulointimalli on vain yksi hyvä esimerkki niistä useista käyttömahdollisuuksista, joita simulointi -ohjelmistoilla on mahdollista muodostaa. Tähän käyttötarkoitukseen Siemens Tecnomatix Plant Simulation – ohjelmisto soveltui hyvin, sillä sen avulla pystytään luomaan yksinkertainen malli etäältä tarkasteltuna ilman sen yksityiskohtaisempia lähtötietoja. Jatkokehityksen kannalta tällainen karkea malli on helppo muokata yksityiskohtaisemmaksi luomalla aliohjelmat vastaamaan tarkemmin todellisuutta.

Vastaavasti ohjelmisto soveltuu myös tehtaiden tuotannon simulointiin, jossa seurataan logistiikan lisäksi myös tuotannon eri vaiheita. Simulointiohjelmaa voidaan käyttää esimerkiksi liukuhihnatyön ja -robotiikan suunnitteluun. Lisäksi useat tehtaot käyttävät markkinoinnissaan 3D-malleja, simulointeja, joilla havainnollistetaan tuotantoa ja tehtaan toimintaa. Tecnomatix -simulointiohjelmien käyttäminen voi helpottaa tällaisten 3D-mallien luomista, sillä tällöin 3D-mallin käyttöön saadaan oikeanlaista dataa.

LÄHTEET

Bangsov, S. (2010). Manufacturing Simulation with Plant Simulation and Sim-Talk, Usage and Programming with Examples and Solutions. Springer, Berlin, Heidelberg

Banks, J., Carson II, J., Nelson, B. & Nicol, D. 2005. Discrete-Event System Simulation. 4. uud. p. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.

ESTEQ Tutorials. Introduction to Plant Simulation. Youtube julkaisut saatavana: <https://www.youtube.com/channel/UCj6vmhVgTBluFHDTzy1LKCA>

Kikolski, M. (2016) Verkkojulkaisu. Identification of production bottlenecks with the use of Plant Simulation software. Bialystok University of Technology, Faculty of Management, International China and Central-Eastern Europe Institute of Logistics and Service Science, Poland.

Luomanmäki, Toni, Tuotannon ja toimitusketjujen tapahtumapohjainen simulointi. K. 2017. Opinnäytetyö SeAMK. Saatavana: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131033/Luomanmaki_Toni.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Plant Simulation. Simulation and optimization of production system and processes. PDF -dokumentti. Saatavana: www.siemens.com/tecnomatix

Ralf-Michael Franke: Tekniset ratkaisut 4.0 -vision toteuttamiseksi ovat olemassa [viitattu 19.3.2019] Saatavana: http://www.siemens.fi/fi/media/digital_enterprise.htm

Robinson, Stewart, Conceptual Modelling for Simulation Part 1: Definition and Requirements. University of Warwick. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/233720203_Conceptual_modelling_fof_simulation_Part_I_Definition_and_requirements

SeAMK julkaisu. Testaus, mittaus ja simulointi. Saatavana: <https://www.seamk.fi/yrityksille/maksullinen-palvelutoiminta/testaus-mittaus-ja-simulointi/>

TAMK: opinto-opas. Konetekniikan koulutus. Saatavana: <http://opinto-opas-ops.tamk.fi/index.php/fi/167/fi/49529>

Tecnomatix Plant Simulation. 2014. Tecnomatix Plant Simulation. Siemens Product Lifecycle Management Software Inc. Saatavana: [https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/materialflow/plant-simulation.shtml#lightview%26url=/en_us/lm-ages/7541_tcm1023-4957.pdf%26title=Tecnomatix%26description=Simulate, visualize, analyze and optimize production systems and logistics processes%26docType=pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/materialflow/plant-simulation.shtml#lightview%26url=/en_us/lm-ages/7541_tcm1023-4957.pdf%26title=Tecnomatix%26description=Simulate,%26visualize,%26analyze,%26optimize%26production%26systems%26and%26logistics%26processes%26docType=pdf)

Tecnomatix Technologies Ltd. (2005.). eE.Plant 7.5 User Guide. Tecnomatix Technologies Ltd.

Tuotannon simulointi. Teknologiademot on the road hanke, SeAMK.
Saatavana: <https://docplayer.fi/27428230-Tuotannon-simulointi-teknologiademot-on-the-road-hanke.html>

VTT-julkaisu. (2007.). Simuloinnin ja suunnittelun uudet sovellustavat ja liiketoiminta. Helsinki: VTT.

Yle uutiset, Simulaattorit lisääntyvät korkeakouluopetuksessa. (2012).
Saatavana: <https://yle.fi/uutiset/3-6329106>

LIITTEET

Liite 1. Esimerkki tehtäviä

Harjoitus 1.

Muodosta analyysi seuraavanlaisesta tuotannosta Plant Simulation työkalun avulla.

Missä työvaiheessa sijaitsee pullonkaula, kuinka sitä voisi purkaa? Montako työntekijää tarvitaan jotta tuotanto voi pyöriä 2 vuorossa viitenä päivänä viikossa?

Työvaiheet 1. ja 3. ovat täysin automatisoituja ja vaatii vain yhden resurssin (valvonta). Kuinka monta kappaletta on realistista valmistaa viikossa?

Työvaihe 3. ajetaan molemmille kappaleille samalla koneella ja pakkaus suoritetaan samassa pisteessä.

	Työvaihe 1. (min)	Työvaihe 2. (min)	Työvaihe 3. (min)	Pakkaus (min)	Varastointi
Kappale A	60	13	5	10	45 % valmiista kappaleista lähtee suoraan kuljetukseen perjantaisin
Kappale B	46	20	10	5	15 % valmiista kappaleista lähtee suoraan kuljetukseen perjantaisin

Harjoitus 2.

Tuotannossa valmistetaan tuotteita neljästä erilaisesta raakamateriaalista. Kuinka raaka-materiaalin varastointia ja logistiikkaketjua oli mahdollista tehostaa, jottei materiaalia tarvitse säilyttää varastossa ylimääräistä?

Tällä hetkellä raaka-materiaalit saapuvat varastoon yhtenä päivänä viikossa (perjantai), tämä kuormittaa raaka-aine varaston tuloutusta ja hyllytystä kohtuuttoman paljon, ja usein joudutaan tekemään ylitöitä viikonloppuisin. Miten materiaalivirta saadaan tasaisemmaksi jaettua ehkä useammalle päivälle?

Muodosta malli Plant Simulation -ohjelmistolla ja esitä lopputulokset raportissa.