

Ville Voutivuori

PLANT SIMULATION-OHJELMAN KÄYTTÖ SAMKISSA

Logistiikan koulutusohjelma

2019



PLANT SIMULATION-OHJELMAN KÄYTTÖ SAMKISSA

Voutivuori, Ville
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Logistiikan koulutusohjelma
Helmikuu 2019
Sivumäärä: 30
Liitteitä: -

Asiasanat: simulointi, Plant Simulation, implementointi, optimointi, objekti, teollisuus, varastointi

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella simulointia logistiikan ja tuotannon näkökulmasta ammattikorkeakoulutason opetuksessa. Työssä perehdyttiin Satakunnan Ammattikorkeakoulun opetuksessa implementoitavaan Plant Simulation ohjelman käyttöön. Työn päämääräisenä tavoitteena oli selvittää simuloinnin perusteita ja siihen liittyvine käsitteineen ja luoda ohjelman käyttöä varten perustoimintoja kuvaava ohjemuotoinen käyttökertomus sekä sen soveltuvuusselvitys nykyiseen opintojaksotarjontaan.

Työ suoritettiin Satakunnan Ammattikorkeakoulun tekemän pyynnön perusteella. Työn alussa keskityttiin simuloinnin määrittämiseen sekä siihen, mihin simulointia voidaan soveltaa. Simuloinnin ollessa varsin laaja-alainen käsite, oli tarkastelunäkökulma simulointiin ja simuloitaviin prosesseihin läpi työn lähinnä tuotantoa soveltavan logistinen.

Käyttökertomukseen selvitettiin vaihe vaiheelta yksinkertaisen simulaation aloittaminen ja suorittaminen. Käyttökertomusta pohjusti lyhyt kuvaus ohjelman toimintaperiaatteesta ja ohjelmalogiikasta.

Työn tuloksena saavutettiin arvio simulointiohjelman käytön opetuksen hyödyistä sekä tarjolla olevien logistiikan alan vuoden 2019 etenemissuunnitelman opintojaksoista, joihin Plant Simulationin käytön opetusta voidaan soveltaa opintojaksoselosteiden perusteella. Satakunnan Ammattikorkeakoulun tekniikan vastuupettajat toivottavasti saavat näkemystä simuloinnin merkityksestä tekniikan opetuksessa. Toisaalta, työn tuloksista hyötyvät myös Plant Simulationin käyttöä aloittavat opiskelijat.

UTILIZATION OF PLANT SIMULATION APPLICATION AT SATAKUNTA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Voutivuori, Ville

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Bachelor of Logistic Engineering

February 2019

Number of pages: 30

Appendices: -

Keywords: simulation, Plant Simulation, implementation, optimization, object, logistics, production, material flow, industry, warehousing

The purpose of this thesis was to clarify the benefits of the utilization of Siemens PLM Software's Plant Simulation application at the Satakunta University of Applied Sciences' educational programme for logistic and productional engineers.

For the first chapter of the thesis it was entered into the definition of the term simulation and its basic forms. It was first clarified, how the effect of simulation can be attached to various contexts and where and which parties can be on the beneficiary side of simulations. Since simulation is relatively wide concept, the view point for each process covered, was from a logistic and from a productional perspective.

On the operational report of the usage of Plant Simulation functions, it was created a universal getting-started operational manual for creating a simple simulation and to understand the essential functions of the application.

As a result of the thesis, the suitability of Plant Simulation for courses available in SAMK was sorted out. With the results of this thesis, it is wished by the author that the view points and operational help both for student and teachers could be seen as a valuable data.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Opinnäytetyön toimeksiantaja	6
1.2	Tutkimuksen tausta	6
1.3	Työn rajaukset ja menetelmät	6
2	SIMULOINTI TYÖKALUNA SUUNNITTELUSSA	7
2.1	Simulaatio ja simulointi käsitteenä	7
2.1.1	Simulaation määritelmä (VDI Richtlinie 3633)	7
2.1.2	Simulaattori	8
2.2	Perusteluita simuloinnin toteukselle	8
2.2.1	Tehokkuus ja optimointi	8
2.2.2	Kustannussäästö	9
2.2.3	Opetustarkoituksellinen käyttö	9
2.3	Simuloinnin yleisimpiä epäonnistumiseen johtavia tekijöitä	9
2.3.1	Riskejä	10
2.4	Simuloinnin yleiset vaiheet	11
2.4.1	Valmistelu, esiselvitys ja tarveharkinta	11
2.4.2	Toteutus	11
2.4.3	Tulosten arviointi	12
3	LOGISTINEN NÄKÖKULMA SIMULOINTIIN	13
3.1	Tuotannossa tapahtuvaa logistiikkaa	13
3.2	Sisälogistiikan simuloitavia prosesseja	14
3.2.1	Varastointi	14
3.2.2	Varastojen suunnittelu	14
4	SIEMENS PLM SOFTWARE – TECNOMATIX PLANT SIMULATION	15
4.1	Tecnomatix Plant Simulation – simulointiohjelma	15
4.2	Toimintaperiaate	16
4.2.1	Objektit ja yksinkertainen layout	16
4.3	Ohjelman perustoiminnot ja simulointimallin luominen	18
4.3.1	Ohjelman käynnistäminen ja uuden simulaation aloittaminen	19
4.3.2	Yksiköiden asettaminen	21
4.3.3	Materiaalivirran luominen	21
4.3.4	Simulaation ajo	22
4.3.5	Simulaation tulokset ja statistiikka	23

5	PLANT SIMULATIONIN OPINTOJAKSOKOHTAINEN SOVELTUVUUS SAMK:SSA	25
5.1	Opintojaksotarjonta Satakunnan ammattikorkeakoulussa	25
5.1.1	LO170900 - Sisälogistiikan suunnittelu	25
5.1.2	LO170901 - Tuotantoprosessien analysointi ja kehittäminen	26
5.1.3	LO172902 – Materials Management.....	26
6	TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	27
6.1	Simulointiohjelman käytön merkitys sekä työohje.....	27
6.2	Opintojaksot SAMKissa	27
7	YHTEENVETO	28
8	LÄHDELUETTELO	30

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on käsitellä, millä tavoin ammattikorkeakoulutason tekniikan opetuksessa voidaan hyödyntää prosessisimulointiin tarkoitettua Siemens PLM Softwaren kehittämää Tecnomatix Plant Simulation -ohjelmaa. Työssä perehdytään simuloinnin perusteisiin, simuloitaviin prosesseihin, ohjelmalogiikkaan sekä käsitellään ohjelman opintojaksokohtaista soveltuvuutta Satakunnan Ammattikorkeakoulussa. Ohjelmasta käytetään tutkimuksessa lyhennettyä muotoa Plant Simulation. Itse simuloinnin ollessa varsin laaja-alainen käsite, ovat työn tulokset ja aiheet luotu tekniikan logistiikan ja tuotannon näkökulmasta tarkastellen.

1.1 Opinnäytetyön toimeksiantaja

Tämän työn toimeksiantaja on Satakunnan Ammattikorkeakoulu Oy, josta käytetään lyhennettä SAMK. Satakunnan suurin ja ainoa ammattikorkeakoulu SAMK toimii neljällä eri paikkakunnalla Satakunnan alueella. Koulun päätoimipaikka on Porissa.

1.2 Tutkimuksen tausta

SAMKissa logistiikan ja tuotannon insinöörien opetuksessa otetaan käyttöön Plant Simulation ohjelma, jonka käyttö vaatii seikkaperäistä opiskelua ohjelman ominaisuuksista, sekä sen soveltuvuutta on tarve tarkastella olemassa olevaa opintojaksotarjontaa ajatellen. SAMK hankki lisenssin Timo Suvelan johdolla Plant Simulationin käytölle opetusta varten ja ohjelman käyttöä opettava logistiikan lehtori Harri Heikkinen tilasi Plant Simulationin käyttöön perehtyvän opinnäytetyömuotoisen tutkimuksen.

1.3 Työn rajaukset ja menetelmät

Tutkimuksen laajuutta rajaa simulointia ajatellen logistinen näkökulma, joka perehtyy simuloitaviin prosesseihin logistisesta lähestymiskulmasta. Opintojaksotarjonta rajautuu myös logistiikan alalle ja ainoastaan Satakunnan Ammattikorkeakoulun implementointihankkeeseen tehden työstä tapaustutkimuksen. (Hirsjärvi, Remes, Sajavaara 2009, 160-165.)

Simulaation perusteita kuvaavaa teoreettista osuutta rajaavat myös suhteellisen niukat aiheita koskettavat suomenkieliset kirjallisuuslähteet.

2 SIMULOINTI TYÖKALUNA SUUNNITTELUSSA

2.1 Simulaatio ja simulointi käsitteenä

Simuloinnilla tarkoitetaan jonkin konkreettisen tapahtuman, prosessin tai sen osan esisuorittamista ja jäljittämistä keinotekoisesti, esimerkiksi tietokoneohjelmalla. Simulointi on omiaan tehostamaan prosesseja, esimerkiksi teollisuudessa, jossa pyritään saavuttamaan materiaalivirtojen esteetön, pullonkaulaton ja turvallinen kulku tuotantolinjoilla sekä tehdasympäristöissä. (VTT-julkaisu, 2007.)

Vaikka simulointi voidaan monesti mieltää nimenomaan tekniikkaa, tietokoneita tai teollisuutta koskettavana työkaluna, voi simulaatio olla myös biologisten komponenttien avulla todellisen tapahtuman jäljittämistä. Ruohonjuuritason simuloinniksi voidaan käsittää jopa lapsen leikkiminen. Lapsen leikkiessä itse simulaatioalustan tuottaa lapsen mielikuvitus, jonka avulla voi lapsi mallintaa kuvitteellisen toimintaympäristön leikin suorittamiseen. Kaikessa simuloinnissa välineet luodaan keinotekoisesti, mutta mahdollisimman todenmukaisesti, joiden avulla prosessi voidaan mallintaa vailla riskiä epäonnistumisen kautta syntyviin mahdollisiin todellisiin vahinkoihin. Prosessia voidaan täten myös suorittaa useita kertoja peräkkäin ja parantaa kerta kerralta edeltävistä simulaatioista havaittujen tulosten perusteella. (Salakari, 2010.)

2.1.1 Simulaation määritelmä (VDI Richtlinie 3633)

Saksalaisen insinööriiliiton VDI:n (*Verein Deutscher Ingenieure*) virallisen määritelmästandardin, VDI Richtlinie 3633, mukaan ”simulaatio on toimenpide, jolla jäljennetään jokin järjestelmä, jonka dynaamiset prosessit ovat niin kutsutussa testitilassa. Nämä testitilassa olevat prosessit realisoidaan siten, että ne ovat siirrettävissä todellisuuteen. Laajemmassa merkityksessä simulointi valmisteleo, toteuttaa ja arvioi tarkoituksenmukaisia ja ymmärrettäviä kokeita. Simuloinnin avulla monimutkaisten järjestelmien muun muassa hetkellisesti käyttämä aika voidaan mitata.” (VDI, 2018.)

2.1.2 Simulaattori

Simulaattorilla tarkoitetaan simuloinnin suorittamista varten kehitettyä todellisen prosessin tai järjestelmän jäljitelmätyökalua. Simulaattori voidaan määritellä usealla eri tavalla riippuen, mitä simulaattorilla simuloidaan ja miten. Perinteisesti miellelyhtymä simulaattorista voi olla esimerkiksi lentokonesimulaattori, jota käytetään olennaisena opetustyökaluna lentäjien koulutuksissa. Lentokonesimulaattori on varsin kokonaisvaltainen ja monimutkainen lentämisprosessin jäljitelmä, jolla esimerkiksi lentokonematkustamisen turvallisuutta on pystytty parantamaan huomattavasti. Simulaattorin ei kuitenkaan tarvitse olla yhtä monimutkainen tai yhtä konkreettinen kokonaisuus, kuten lentokonesimulaattori hydraulisine alustoineen, vaan simulaattori voi yhtä hyvin olla myös tavallisella tietokoneella toimiva sangen yksinkertainenkin ohjelma kuten korttipeli. Toisaalta simulaattori voi myös olla räätälöity simuloimaan pelkkää osaprosessia ollessaan vain prosessin osittainen jäljitelmä. (Salakari, 2010.)

2.2 Perusteluita simuloinnin toteukselle

2.2.1 Tehokkuus ja optimointi

Ilman hyvää suunnittelua eivät nykyaikaiset ja monimutkaiset teollisuusympäristöt kykene säilymään tehokkaina alustoina tuotannolle. Seikkaperäinen tuotannollisten tai logististen prosessien suunnitteluprosessi kätkee sisälleen liudan erilaisia suunnittelutyökaluja. Näistä esimerkiksi tuotantolinjan tehokkuuden suunnittelussa simulointi ja mallinnus ovat erittäin merkittäviä aputyökaluja. Simuloinnin katsotaan olevan olennainen osa itse suunnittelutyön tehostamista. Nykyaikaisissa suurten volyymien tuotantolaitoksissa simuloitavien prosessien määrä on sangen suuri. Imuohjattuun tuotantoon siirtyminen ja JOT/JIT/JIS (juuri oikeaan tarpeeseen / just-in-time / just-in-sequence) hyödyntäminen, Kanban-metodit, uusien tuotantolinjojen suunnittelu ja käyttöönotto, sekä maailmanlaajuisten tuotantoverkostojen hallinta edellyttävät, että päätöksentekijöillä on oikeaa ja objektiivista tietoa käytettävissään. Simulointi on lähes väistämätön aputyökalu, jotta tuotantolaitos kykenee saavuttamaan halutun tuotantomäärän ja samalla minimoiden kaiken lisäarvoa

tuottamattomien välivaiheiden käyttämän ajan ja materiaaliressussin. (IDEAL PLM, 2017.)

2.2.2 Kustannussäästö

Valmistavassa teollisuudessa toimiva yritys pyrkii lähes poikkeuksetta minimoimaan resurssien käytön ja maksimoimaan tuotantokapasiteetin. Ylimääräisiä lisäarvoa tuottamattomia vaiheita pyritään hyödyntämällä nykyaikaista tietokonemallinnusta. Simuloinnilla saavutettava materiaalin ja ajankäytön optimointi on omiaan luomaan tuotannon kustannussäästöjä.

2.2.3 Opetustarkoituksellinen käyttö

Muu syy simuloinnin implementointiin, johon tässä tutkimuksessa perehdytään syvemmin, voi olla simuloinnin hyödyntäminen opetustarkoituksessa. Opetustarkoituksellisen simuloinnin toteuttamisessa olennaisinta on kouluttajan tuntemus todellisesta simuloitavasta prosessista sekä simulaattorista. Jotta simulaattorin käyttäjä voi saada parhaan oppimistuloksen, tulee itse simulaattorin olla mahdollisimman havainnollistava sekä todenmukainen, mutta ennen kaikkea helppokäyttöinen. Simulaatiota järjestävän kouluttajan on myös syytä tuntea simulaattorin käyttäjien taito- ja osaamistaso saavuttaakseen simuloinnin opetuksessa halutut oppimistulokset. Moderni tekniikan insinööri tarvitsee entistä enemmän käytännötason ohjelmaosaamista tulevissa työtehtävissään. Mitä enemmän tekniikan koulutuksessa perehdytään yleisimmin käytettyihin simulaatioalustoihin, sitä parempaa osaamista valmistuvilla insinööreillä on työelämään tarjota. (Salakari, 2010.)

2.3 Simuloinnin yleisimpiä epäonnistumiseen johtavia tekijöitä

Jos simulaatio toteutetaan epätarkkojen yksityiskohtien ja parametrien avulla, on usein väistämätöntä, että simuloinnin tulokset ovat vääristyneitä. Simulaatiolle pyritään asettamaan aina tavoite, johon tuloksia verrataan. Jos jo lähtökohtaisesti

simuloinnin parametrit eivät ole tarkkoja, ei tuloksien seikkaperäinen tarkastelu ole kannattavaa.

(Siemens PLM Software, 2016.) (Salakari, 2010.)

Tuloksien tarkasteluun voi myös liittyä epäonnistumiseen johtavia tekijöitä. Jos pystytään välttämään virheelliset parametrit tai virheellisesti asetettu tavoite, voi epäonnistuminen johtua yhtä hyvin tuloksien väärästä tarkastelutavasta. Simulaation tuottamien tuloksien tulkinta vaatii yleensä oman tulkintatavan. Jos tulkintatapa ei ole määritetty riittävän hyvin tai tulkinta perustuu väärin olettamuksiin, ei tuloksia saada vastaamaan tavoitteita. (Siemens PLM Software, 2016.) (Salakari, 2010.)

Simulointimalli voi olla myös liiankin yksityiskohtainen ja kattava. Jos mallin tarkkuutta ei ole ollenkaan rajattu tiettyjen kehyksien sisään, luo monimutkaisuus epäolennaisia muuttujia, sen rakentaminen vie liikaa aikaa ja käyttäjälle se saattaa olla vaikeaselkoinen. Simulointimallin ei kuitenkaan pidä olla liian karkeakaan. Näin ollen simulointimallille olisi syytä löytää tapauskohtaisesti tasapainoinen kokonaisuus yksityiskohtia ajatellen. (Siemens PLM Software, 2016.)

2.3.1 Riskejä

Koska simulointi on todellisen tapahtuman keinotekoisista jäljentämisestä tietotekniikkaa hyödyntäen, ei kaikkia luonnollisia muuttujia aina välttämättä kyetä ottamaan huomioon. Kun jokin prosessi simuloidaan useaan otteeseen kaikkia laskettavissa olevia muuttujia huomioiden, saattaa siitä huolimatta jokin välillinen muuttuja jäädä huomioimatta. Riski syntyy siitä, kun tietokoneohjelmaoperäisesti tuotettu prosessi saatetaan ympäristöön, jossa suurella todennäköisyydellä työskentelee myös ihmisiä. Tämän vuoksi prosessien suunnittelussa työturvallisuusaspekti on oltava prioriteeteissa hyvin korkealla. Väärillä tai puutteellisilla parametreilla suoritettu simulaatio saattaa täten olla yhtä hyvin riski myös luontoympäristölle ja eläimille.

Yleisimmät simulointiin ja simulaatio-ohjelmien implementointiin liittyvät riskit ovat kuitenkin taloudellisia. Yrityksille saatetaan tehdä laajoja tarvelaskelmia ohjelmien käytölle ja sen tuottamalle hyödyille. Todellisuus ei kuitenkaan välttämättä olekaan

laskelmia vastaava ja pahimmillaan saattaa aiheuttaa suuriakin tappioita yritykselle. Rahalliseen tappioon johtavia syitä ovat yleisimmin virheelliset tai ohjelmantuottajan jollakin tapaa harhaanjohtaneet kuvaukset ohjelman tuottamista suorista hyödyistä ja säästöistä suhteessa implementointikustannuksiin. (VTT-julkaisu, 2007.)

2.4 Simuloinnin yleiset vaiheet

2.4.1 Valmistelu, esiselvitys ja tarveharkinta

Ennen simuloinnin implementointia aputyökaluna, olennaista on tehdä päätös onko simulaatio paikassaan ylipäättään tarpeellinen. Tarpeellisuutta lasketaan ja pohditaan aina tapauskohtaisesti ja siihen vaikuttavat mm. paikalliset muuttujat, resurssit ja ympäristö. Valmistelemaan työhön kuuluu ratkaisevasti myös simuloinnin haasteiden ja tavoitteiden tunnistaminen ja määrittäminen, jotka osaltaan auttavat arviomaan simulointiin käytettävän panoksen suhteesta simuloinnin tuloksiin. Simulointia varten tarvittava tieto tulee kerätä, valmistella sekä jäsentää simulointityötä selventääkseen. Ennen simulaation toteuttamista luodaan analyttinen karkea arvio simuloinnilla mahdollisesti saavutettavista tuloksista sekä määritetään simuloinnin attributit ts. muuttujat, joiden perusteella luodaan kelvollinen simulointimalli. (Siemens PLM Software, 2016.)

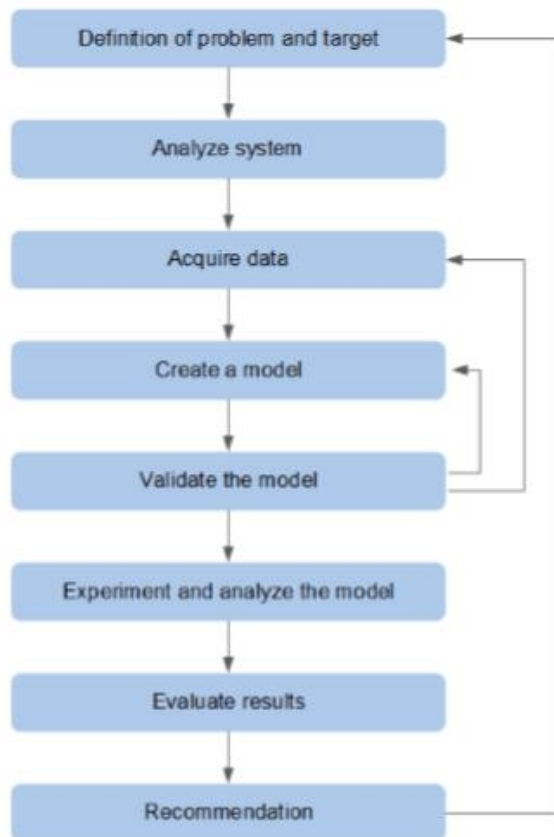
2.4.2 Toteutus

Teoreettisesti simuloinnin toteuttaminen voidaan jakaa ainakin kolmeen eri vaiheeseen. Ensin tarkastellaan mitä simulaatioita aiotaan suorittaa. Sen jälkeen suoritetaan itse simulaatio sekä lopuksi todetaan, mitä simulointeja suoritettiin. Toteutuksen kankealta kuulostava teoreettinen jako voidaan käsittää itsestäänselvyytenä, mutta lopputuloksen kannalta on merkittävää, että toteutus suoritetaan johdonmukaisesti vaihe vaiheelta tiedostaen mitä ollaan tekemässä, mitä tehdään sekä mitä tehtiin. Toteutuksen aikana kerätään reaaliaikaista tietoa eri vaiheista kirjaamalla esimerkiksi parametrien muuttuvia arvoja. Yksi simuloinnin

olennaisimpia vertailtavia arvoja eri prosesseissa on niihin kulunut aika. (Siemens PLM Software, 2016.)

2.4.3 Tulosten arviointi

Suoritetusta simuloinnista saatu ja kerätty tieto jäsennetään arviointia varten. Tulokset ovat jäsentämisen jälkeen valmiita tulkittaviksi, sekä arvioitaviksi. Tuloksista voidaan laatia erilliset dokumentit, jotka arkistoidaan hyödylliseksi informaatioksi suunnittelutyötä varten.



Kuva 1. Simuloinnin toteutuksen kaavio (Siemens PLM Software, 2016.)

3 LOGISTINEN NÄKÖKULMA SIMULOINTIIN

3.1 Tuotannossa tapahtuvaa logistiikkaa

Logistiikka on käsitteenä materiaalin, rahan tai tiedon siirtämistä, liikuttamista ja hallintaa. Määritelmän ollessa huomattavan karkea, kätkee logistiikka sisälleen ilmeisen suuren määrän myös simuloitavia prosesseja. Jos käsitettä rajataan tekniikan insinöörin koulutusaloille, voidaan keskittyä esimerkiksi tuotantolinjoja ja -laitoksia tukevaan tulo- ja lähtölogistiikkaan. (Logistiikan maailma, Reijo Rautauoman säätiö, 2019.)

Valmistavan teollisuuden logistisen toimitusketjun viimeinen sekä ensimmäinen lenkki ostoa ja hankintaa lukuun ottamatta, löytyvät molemmat tuotannosta. Materiaali tai raaka-aine kuljetetaan tai siirretään mahdollisen varastoinnin kautta tuotantolinjan alkuun, josta edetään joko valmistuksen tai jalostuksen kautta valmiiseen tuotteeseen. Valmis tuote pitää näin ollen myös jollakin tapaa siirtää tai kuljettaa eteenpäin joko suoraan lastattavaksi kuljetusta varten tai varastoitavaksi. Usein juuri nämä tuotantoa palvelevat logistiset toiminnot tulevat alttiiksi pullonkauloille tai liialliselle materiaalin paikalliselle kertymiselle, kun kyse on isoista tuotantovolyymeista. Olennaisen tärkeää tuotannon kannalta onkin materiaalin optimaalinen määrä sekä sen saumaton ja nopea kulku. (IDEAL PLM, 2017.)

Tuotannon aikana tapahtuvaa logistiikkaa ovat esimerkiksi autotehtailla tuotantolinjaa palvelevat vihivaunut, jotka toimivat tuotannon logistisena tukena toimittaen materiaaliressursseja esimerkiksi keskelle tuotantoyksikköä. Tuotantolinjoilla eri työvaiheiden välissä, pitää valmistettava tuote tai tavara liikuttaa erilaisilla kuljettimilla. Tämä vaiheiden välinen materiaalin siirtymä on osa tuotantoprosessiin sisältyvää logistiikkaa.

3.2 Sisälogistiikan simuloitavia prosesseja

3.2.1 Varastointi

Sisälogististen toimintojen osalta varastointi voidaan nähdä yhtenä suurimpana yksittäisenä kokonaisuutena. Vaikka varastointi käsitetään lisäarvoa tuottamattomana prosessina, on se siitä huolimatta monilta osin olennainen toiminto sekä loppuasiakkaan, tuotetta valmistavan yrityksen, että itse tuotannon kannalta. Nykyaikaisiin varastotoimintoihin liittyy suuri määrä automatisoitua teknologiaa. Nämä automatisoidut toiminnot voivat olla esimerkiksi autonomisia lavansiirtovaunuja. (Logistiikan maailma, Reijo Rautauoman säätiö, 2019.)

Simulointia ajatellen varastotoimintoihin liittyy lukuisia eri simuloitavia prosesseja. Näistä yleisimmin simuloitavia ovat varaston keräily- ja erilaiset hyllytystoiminnot. Varastolle olennaista on tavaran saumaton kulku joko tuotannosta varastoon, tavaran vastaanotosta varastoon, varastosta tuotantoon tai varastosta lastattavaksi. Näiden toimintojen optimoimiseen käytetään hyvin usein varastonsuunnittelulle tarkoitettuja simulointiohjelmiä, kuten C-WIS. (Gonvarri Material Handling www-sivut, 2018.)

3.2.2 Varastojen suunnittelu

Varaston ja sen tilojen suunnittelun simulaatiot liittyvät joko uuden varaston perinpohjaiseen suunnitteluun tai käytössä olevan uudelleensuunnitteluun. Simulaatiot otetaan suunnittelutyön tueksi usein suunnitellessa varaston tavaravirtoja sekä eri varastoitavien nimikkeiden tai yksiköiden sijoittelua. Tehokkaimpaan nimikesijoitteluun tavaravirrat kulkusuuntineen huomioiden, päästään simuloimalla esimerkiksi päällekkäistä keräilyä ja hyllytystä. Kun varasto on iso ja nimikevolyymi on suuri, on olennaista ajoittaa kukin toiminto oikein suhteessa toiseen toimintoon. Näin pystytään välttämään varastoissa mahdolliset odotusajat sekä turhat päällekkäisyydet toimintojen kesken. (Logistiikan maailma, Reijo Rautauoman säätiö, 2019.)

4 SIEMENS PLM SOFTWARE – TECNOMATIX PLANT SIMULATION

4.1 Tecnomatix Plant Simulation – simulointiohjelma

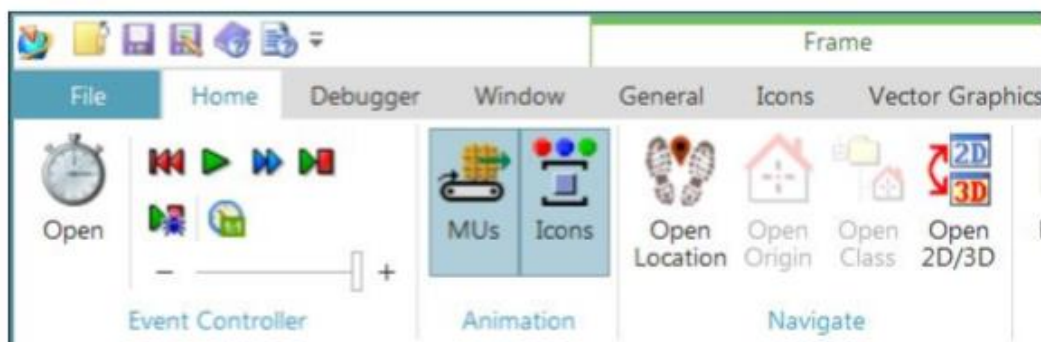
Tecnomatix Plant Simulation on Siemens PLM Softwaren kehittämä tietokoneohjelma, jolla voidaan mallintaa, visualisoida, analysoida sekä optimoida tuotannon ja logistiikan järjestelmiä sekä prosesseja. Sovelluksen juuret juontuvat alun perin vuonna 1986 Apple Macintosh tietokoneelle kehitettyyn saksalaisvalmisteiseen SIMPLE – ohjelmaan. Muutaman uudelleennimeämisen sekä yrityskaupan myötä sovellus päätyi lopulta vuonna 2007 Siemensin omistukseen sekä kehitettäväksi.

Plant Simulationia käytetään erityisesti materiaalivirtojen hallinnassa, sekä tuotannon optimoinnissa. Plant Simulation – ohjelman käyttöä voidaan harkita useissa tuotannon ja logistiikan prosesseissa aina uuden tuotantolaitoksen suunnittelusta olemassa olevien päivittäisten prosessien optimointiin. Ohjelman implementoinnin kannattavuutta perustellaan olemassa olevien toimintojen tuottavuuden kasvamisella, pienentyvillä investointikuluilla sekä lyhemmillä materiaalin läpivirtausajoilla. Ohjelman käytön avulla pyritään myös vähentämään investoinneista syntyviä riskejä käyttökonceptin tarjotessa tarvittavia tuloksia välittömästi implementoinnin jälkeen. Käytöllä pyritään myös maksimoimaan tuotantoresurssien käyttöä. (Plant Simulation Fact Sheet, 2018.)

Esittelyn perusteella Plant Simulation tarjoaa varsin kattavan avun, mitä tuotantoa tai logistiikkaa koskevien prosessien optimoinnilla tai kehittämisellä halutaan saavuttavan. Järjestelmä on kaupallinen ja markkinointimateriaalia on suhteellisen helppo löytää. Vahvasta kaupallisuudesta huolimatta on ohjelman taustalla valtava kansainvälinen teknologiajätti Siemens, jonka vuosikymmenten mittainen ohjelmisto-osaaminen kyennee tarjoamaan kustannustehokkaan ja kattavan ohjelmiston, jonka käyttö on hyödynnettävissä laaja-alaisesti.

4.2 Toimintaperiaate

Plant Simulationin toiminta perustuu joko kaksiulotteisen tai kolmiulotteisen perspektiivin tietokone mallintamiseen. Ohjelmalla voidaan luoda monimutkaisia 3D-malleja kappaleista ts. objekteista, prosesseista tai näiden muodostamista komplekseista esim. tuotantolaitos. Ohjelman 2D-mallinnusta käytetään luomaan eri prosesseja kuvaavia havainne- tai kaaviokuvia tai visualisoimaan simulointien statistiikkaa. Plant Simulationilla tehdyt simulaatiot luonnehditaan diskreettien tapahtumien simulaatioiksi. Tämä käytännössä tarkoittaa mallin komponenttien hetkellisen statuksen tarkastelua tietyssä simuloinnin vaiheessa. Tämän tarkastelutavan etu on siinä, että Plant Simulationilla kyetään hyppimään tapahtumien välissä kuluvan ajan yli ja keskittymään simulointimallin komponenttien hetkellisiin arvoihin sekä vertailla helposti tiettyjä tapahtumia keskenään. Ohjelman käyttöliittymä ja logiikka on hyvin samankaltainen, kuin Microsoft Windowsin alkuperäisissä sovelluksissa, kuten Office -sovellukset. Kuvassa 2 on kuvankaappaus ohjelman ylätoimintopalkista.

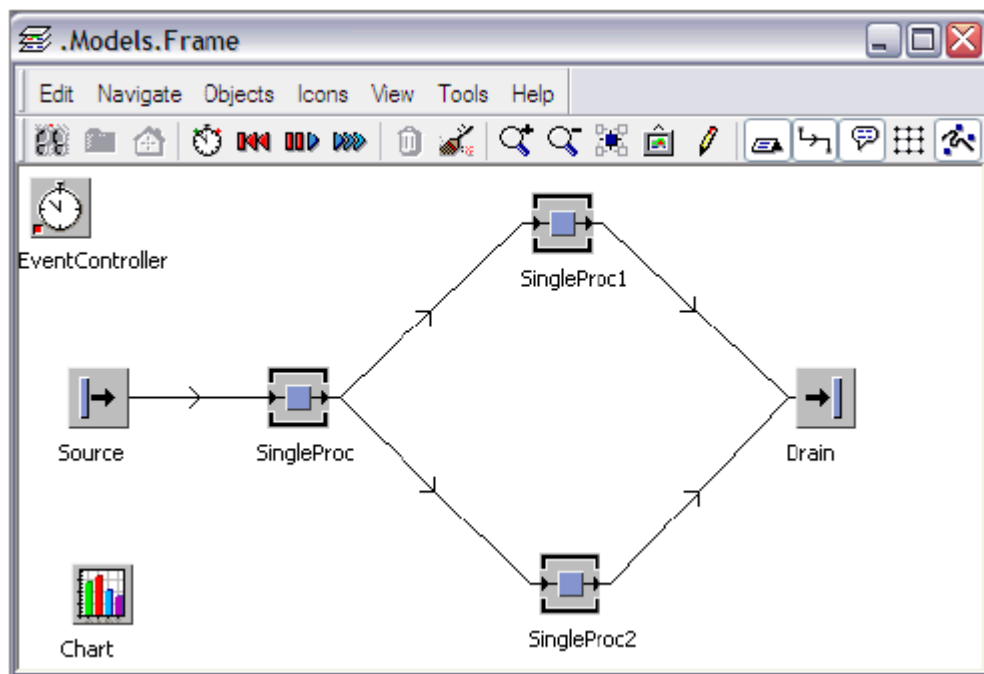


Kuva 2, Plant Simulationin yläpalkki

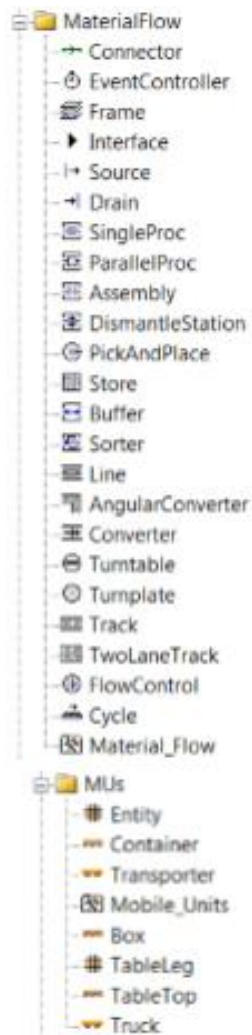
4.2.1 Objektit ja yksinkertainen layout

Plant Simulationilla tehty simulointi koostuu isommista parent-objekteista sekä pienemmistä child-objekteista. Parent-objekteja voivat esimerkiksi tuotannossa olla lohkoja tai osastoja, jotka koostuvat useammasta pienemmästä osasta, esimerkiksi yksittäisistä tuotannon koneista. Objektit voidaan visualisoida erikseen itsenäisinä simuloitavina osina, joilla kaikilla on ominainen rooli tai vastuu tuotantokoneistossa. Parent-objektit toimivat näin ollen tietynlaisena alustana, johon liitetään vaadittu määrä yksityiskohdiltaan monimutkaisempia pienempiä osia. Jokainen samalla

alustalla oleva objekti on vuorovaikutuksessa keskenään asettaen määrättyjä erityisvaatimuksia toisilleen. Objektit jaetaan ohjelmassa myös alaluokkiin. Ruohonjuuritason objekteja esimerkiksi materiaalivirtoihin liittyen ovat esimerkiksi materiaalivirran polut kulkusuuntineen, joita merkitään track-objekteilla. Toinen alaluokka voi olla MU-objektit eli Movable Units, joka taas koostuu eri kuljettimista ja kuljetusyksiköistä. Kuvassa 3. ja 4. on havainnollistettu materiaalivirran sekä liikkuvien yksiköiden objekteja. Kuvassa 3. nähdään yksinkertaisen 2D-simulointimallin rakenne olennaisimpien objektien muodostamana, joita ovat Frame (kehys), Source (lähde), SingleProc (esim. kone), Connector (liitosobjekti), Drain (linjan päätepiste), EventController (simulaation ohjauspaneeli) sekä Chart (tilasto).



Kuva 3. Simulointimallin layout (Tecnomatix Technologies Ltd., 2005.)



Kuva 4. Objektuluettelo (Siemens PLM Software, 2016.)

4.3 Ohjelman perustoiminnot ja simulointimallin luominen

Tässä kappaleessa havainnollistetaan mahdollisimman tarkasti, miten yksinkertainen simulointi toteutetaan käyttämällä Plant Simulation – ohjelmaa. Esimerkiksi on valittu yksinkertainen perustoimintoja kuvaava simulointimalli, jonka avulla tämän tutkimuksen lukija voi saada karkean, mutta mahdollisimman havainnollistavan kuvan ohjelman perustoiminnoista ja niiden käytöstä. Simulointimalli on yleispätevä pohja, jota voi soveltaa monimutkaisempiin ja spesifimpiin tuotannon ja logistiikan prosesseihin. Esimerkistä on jätetty huomioimatta simulointia edeltävä tapauskohtainen tarveharkinta. Oletuksena on, että lukijalla on käytössä Plan

Simulationin Professional -lisenssi tietokoneessa, jossa on englanninkielinen Windows käyttöjärjestelmä.

4.3.1 Ohjelman käynnistäminen ja uuden simulaation aloittaminen

Plant Simulation ohjelma voidaan käynnistää joko suoraan tuplaklikkaamalla työpöydän kuvaketta tai avaamalla ohjelma polun kautta tietokoneen tiedostoista (kuva 2).

Method 1:

Double-click the **Plant Simulation** icon on the desktop.



The Plant Simulation software starts.

Method 2:

Choose **Start**  → **Programs** → **Tecnomatix** → **Plant Simulation** → **Plant Simulation**.

The Plant Simulation software starts.

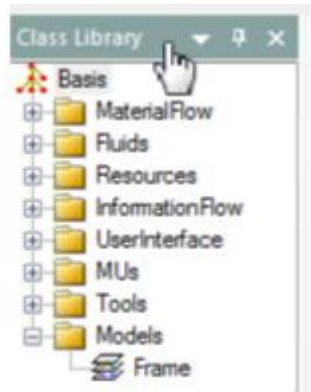
Kuva 5. Ohjelman käynnistäminen

Ohjelman käynnistyttyä käyttäjälle avautuu näkymä, josta voidaan edetä uuden simulaatiomallin tai edellisten avaamiseen. Uusi simulointimalli saadaan avattua avaamalla aloitusikkuna, valitsemalla ensin yläpalkista File (tiedosto), jonka jälkeen valitaan New (uusi).

Tämän jälkeen voidaan tehdä valinta, ollaanko luomassa uutta 2D -simulaatiota vai 3D -simulaatiota. Tässä esimerkissä luodaan 2D -simulaatio. Ennen luomista, uuden käyttäjän kannattaa selata myös Getting Started -osio läpi, jossa on mahdollista tutustua mm. simulointiesimerkkeihin ja opetusvideoihin ohjelman toiminnoista.

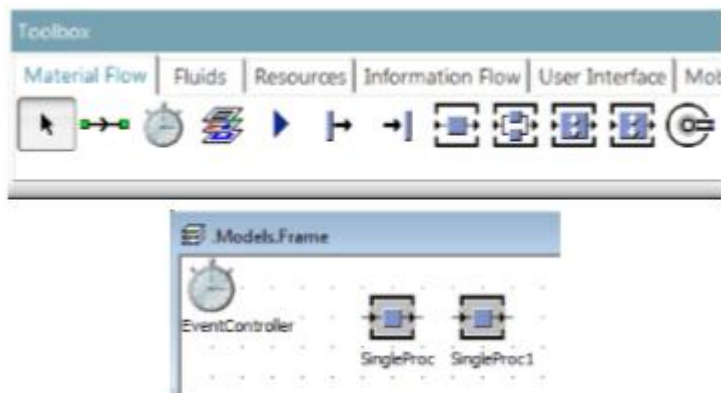
Simulaatiomallille luodaan aluksi kehys eli Frame. Kehys toimii mallin alustana, johon lisätään eri objekteja ja jossa valmis simulaatio voidaan myös ajaa eli suorittaa. Uutta kehystä päästään luomaan klikkaamalla hiiren oikealla painikkeella Class

Library –osion Frame –painiketta kts. kuva 5. Class Library sisältää käytössä olevasta ohjelmallisenssistä riippuen esiladattuja objekteja, joita simulointimallissa voidaan käyttää.



Kuva 6. Class Library –palkki

Objekteja lisätään kehykseen raahaamalla niitä työkalupalkista tai Class Librarysta kehyksen haluttuun position. Kts. kuvat 3, 5 ja 6.

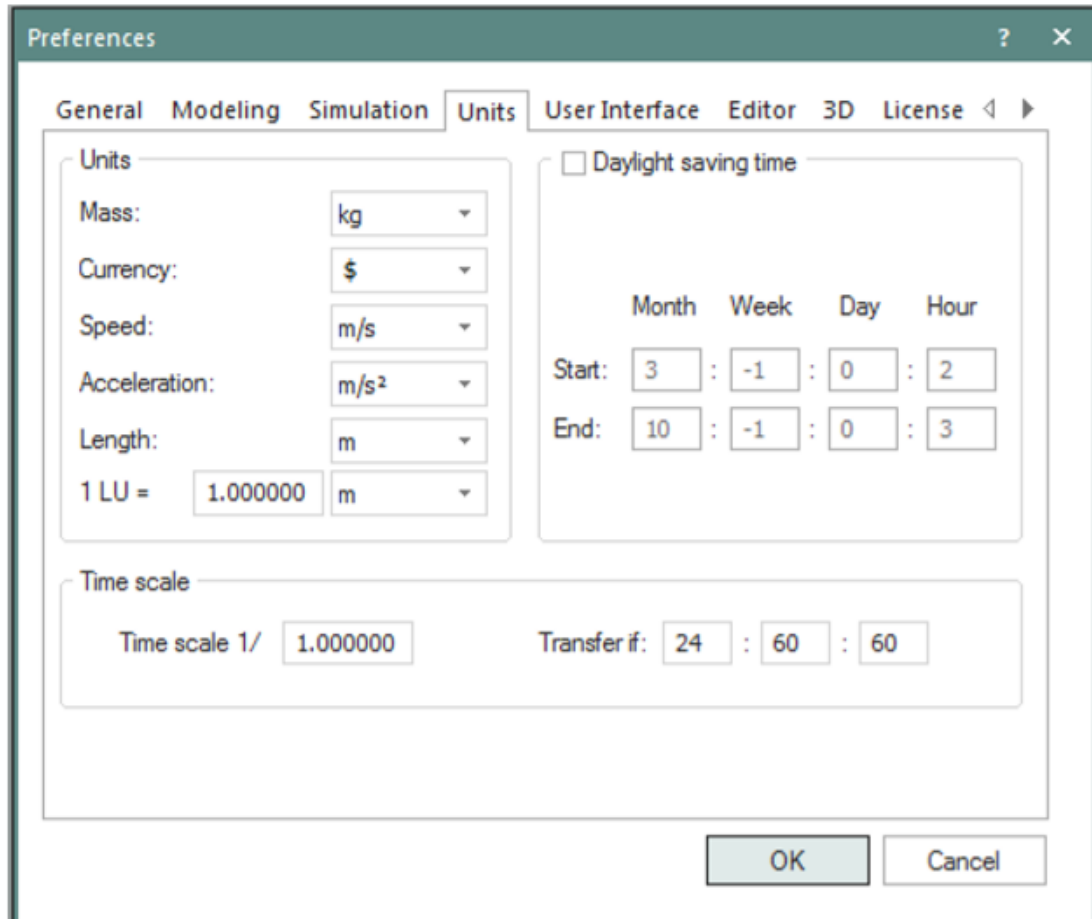


Kuva 7. Työkalupalkki

Objektit voidaan jäsentää haluttuun esitysmuotoon kehykselle. Valitsemalla samanaikaisesti useita eri objekteja ja painamalla hiiren oikeanpuoleista näppäintä, ohjelmaa antaa eri jäsentelyvaihtoehtoja objekteille. Ne voidaan muun muassa asettaa joko horisontaalisesti tai vertikaalisesti peräkkäin.

4.3.2 Yksiköiden asettaminen

Simulaatiota varten on ohjelmaan asetettava käytettävät yksiköt, kts. kuva 7. Valitsemalla ohjelman File-tiputusvalikosta Preferences, päästään muuttamaan simulaatioissa käytettäviä yksiköitä pysyvästi. Vaihtoehtoisesti voidaan muuttaa myös yksiköitä simulaatiokohtaisesti valitsemalla File-tiputusvalikosta Modeling Settings.

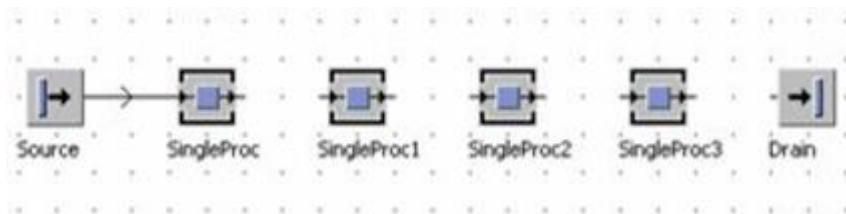


Kuva 8. Yksiköiden muokkaaminen

4.3.3 Materiaalivirran luominen

Tuotannon simulointimallille ominaisen materiaalivirran luominen onnistuu yhdistämällä objekteja toisiinsa kehyksen sisällä lisäämällä objektien väliin liittimen, jossa on nuolella osoitettu haluttu kulkusuunta. Tämä liitin ts. viiva on teknisesti myös objekti ja sen löytää työkalupalkin materiaalivirtaobjekteista nimellä

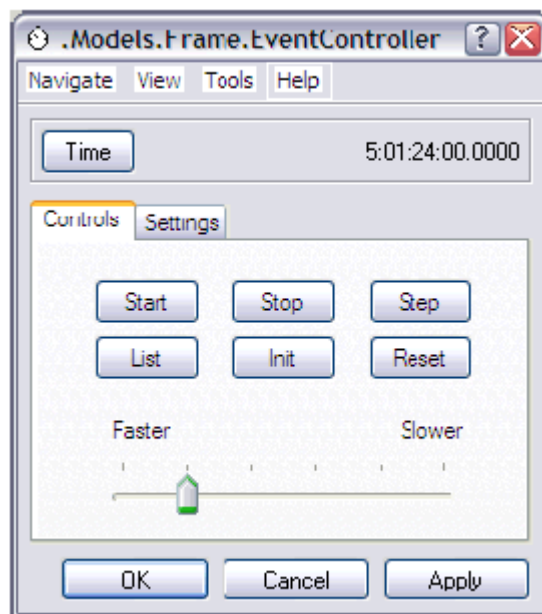
Connector ja se on raahattavissa positioonsa samalla tavoin kuin muutkin objektit. Olennaista on, että liitosobjekti asetetaan kursorilla ensin sen objektin keskelle, josta materiaalin halutaan lähtevän ja sen jälkeen vedetään kursori sen objektin keskelle, johon liitoksen halutaan ulottuvan sekä lopulta vapauttamalla hiiren painike. Tämän jälkeen objektien väliin muodostuu viiva, jonka keskellä on nuoli, joka osoittaa materiaalivirran kulkusuunnan, kts kuva 7.



Kuva 9. Objekteja yhdistävä liitosobjekti

4.3.4 Simulaation ajo

Simulointimalli on valmis ajettavaksi, kun kehykselle on asetettu haluttu määrä toisiinsa linkitettyjä objekteja. Ajo tapahtuu kehykselle lisätyn EventController-objektin kautta kätevästi. EventControllerin avaa näkyviin simulointiajon käynnistystä, lopetusta, nopeutusta sekä sen viemää aikaa indikoivan erillisen ikkunan, katso kuva 10.

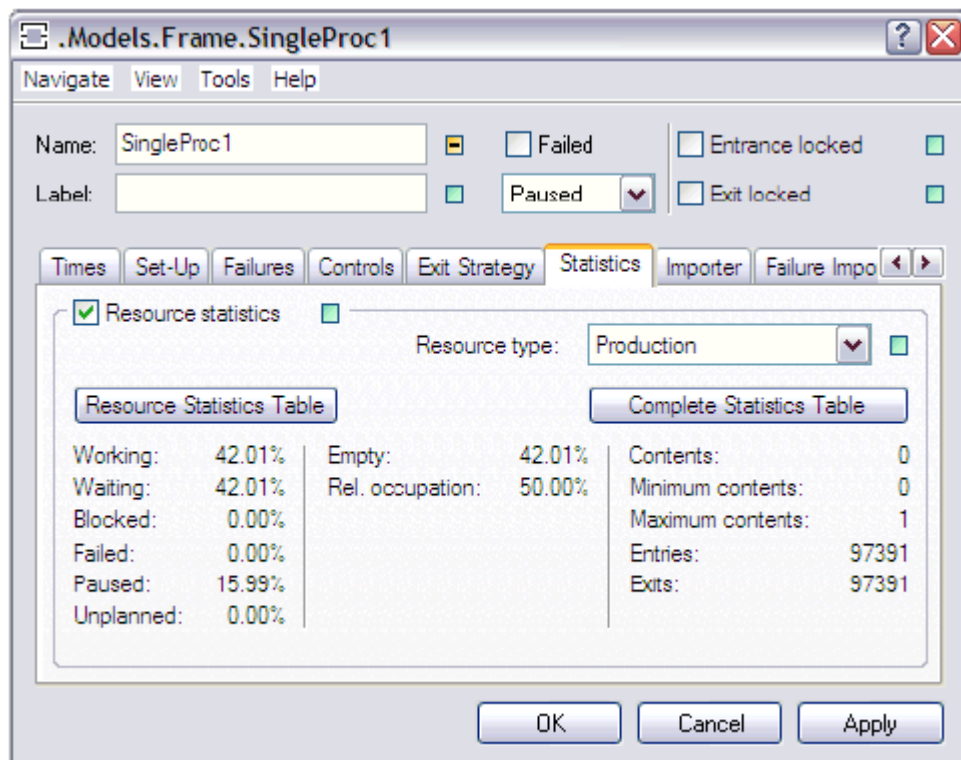


Kuva 10. EventController (Tecnomatix Technologies Ltd., 2005.)

Simulaatio käynnistyy EventController-ohjauspaneelin Start-painikkeesta sekä sammuu Stop-painikkeesta. Ohjauspaneelin Step-painikkeella taas voidaan prosessoida yhtä simulaation osaa kerrallaan, jonka avulla käyttäjä voi käydä simulaation jokaisen vaiheen läpi kronologisesti. Ajon nopeutta voidaan säätää ohjauspaneelin alaosassa sijaitsevasta liukusäätimestä. Kun ajonopeus on asetettu riittävän matalaksi, voi käyttäjä tarkastella yksityiskohtaisemmin simuloinnin komponenteille tapahtuvia muutoksia. Komponentit ovat myös vaihdettavissa kun jonkin komponentin simulaatio pysäytetään manuaalisesti. Näin käyttäjä voi tarkastella eri käytettävien komponenttien vaikutusta toisiinsa. (Tecnomatix Technologies Ltd., 2005.)

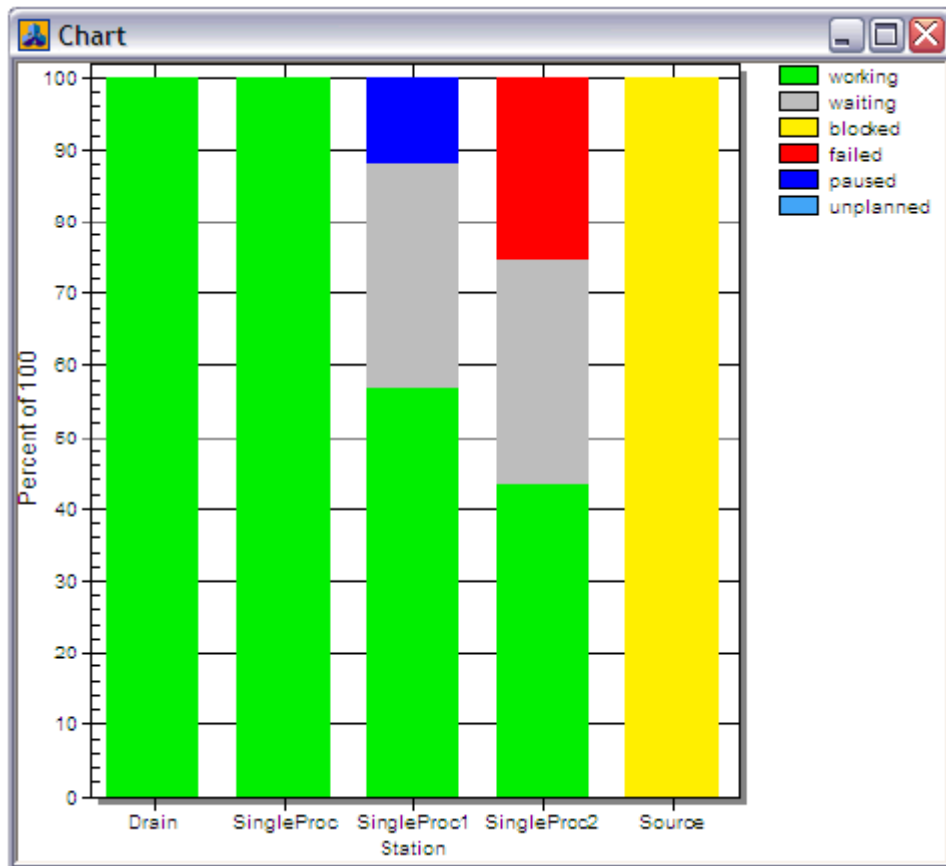
4.3.5 Simulaation tulokset ja statistiikka

Kun simulaatio on saatu päätökseen, seuraava vaihe käyttäjällä on tarkastella sen saavuttamia tuloksia. Tuloksia voi tarkastella objektiokohtaisesti, objektien Statistics-palkista jolloin avautuu objektin olennaisinta dataa indikoiva ikkuna, katso kuva 11.



Kuva 11 Objektiokohtainen statistiikka (Tecnomatix Technologies Ltd., 2005.)

Simulointiajon statistiikka saadaan näkymään myös kaaviokuvana, joka on visualisoitu eri väreillä. Kaaviosta on helppo tarkastella mm. epäonnistuneita simuloinnin osioita indokoituna punaisella palkilla. Objektit, joiden tuloksia halutaan tarkastella, voidaan raahata hiirellä Chart-objektin päälle. Kaavio saadaan näkyviin painamalla hiiren oikeanpuoleista näppäintä Chart-objektin päällä ja valitsemalla Show Display Window. (Tecnomatix Technologies Ltd., 2005.)



Kuva 12. Visualisoitu simuloinnin statistiikka. (Tecnomatix Technologies Ltd., 2005.)

5 PLANT SIMULATIONIN OPINTOJAKSOKOHTAINEN SOVELTUVUUS SAMK:SSA

5.1 Opintojaksotarjonta Satakunnan ammattikorkeakoulussa

Logistiikan insinööriksi kouluttautuva opiskelija on saattanut aikaisemmin hieman yllättyä Satakunnan Ammattikorkeakoulun opintojaksotarjonnasta, joiden opintojaksoselosteisiin kuuluisi nykyaikaisten työhön valmentavien simulointiohjelmien käytön harjoittelua. Plant Simulationin käytön osaamiselle voidaan nähdä suora hyöty valmistuvalle logistiseen suunnittelutyöhön valmistuvalle opiskelijalle.

Logistiikan koulutusohjelman etenemissuunnitelmaan on 2018–2019 lukukaudelle päivittynyt Plant Simulationin käytölle sovellettavissa olevia syventäviä opintojaksoja, jopa opintojaksomoduuleja. Näistä suoraan Plant Simulation -ohjelman käyttöön soveltuu tuotanto ja varastologistiikka-moduuli, joka tarjoaa Plant Simulationin käytölle kattavan soveltamisalustan. Moduuli koostuu kolmesta opintojaksosta; sisälogistiikan suunnittelu, tuotantoprosessien analysointi ja kehittäminen, sekä Materials Management. (Satakunnan Ammattikorkeakoulu, 2019.)

Logistinen maailma, talous ja johtaminen on moduuli joka sisältää myös Plant Simulationin käytölle soveltuvia opintojaksoja. Näistä esimerkiksi 3D mallinnuksen perusteet ja laatu osaaminen on sovellettavissa olevia opintojaksoja. Laatuosaaminen liittyy vahvasti LEAN-ajatteluun, joka taas tukee Plant Simulation käytön osaamista. (Satakunnan Ammattikorkeakoulu, 2019.)

5.1.1 LO170900 - Sisälogistiikan suunnittelu

Sisälogistiikan suunnittelun opintojakson aiheena on yrityksen sisälogististen toimintojen suunnittelu sekä optimointi. Plant Simulation soveltuu sisälogistiikan eri prosessien optimointiin mainiosti. Ohjelman avulla voidaan luoda yksityiskohtaisia tavaravirtojen optimointia varten tehtäviä simulaatioita, kuten tuotantoa tukevat

materiaalikuljetukset varastolta tuotantolinjalle. Ohjelman avulla tehtäville simulaatioille on helppo asettaa reunaehjoja tavaravirtojen optimointia ajatellen. Plant Simulationin soveltamisen myötä opiskelijalla on erittäin hyvä mahdollisuus ymmärtää kokonaiskuva sisälogistisista prosesseista ohjelman käyttöä samalla oppien. Ohjelman käytön opetuksen implementointi tälle opintojaksolle tukee suoraan valmistuvan tuotannon tai logistiikan insinöörin työvalmiuksia esimerkiksi valmistavaan teollisuuteen. (Satakunnan Ammattikorkeakoulu, 2019.)

5.1.2 LO170901 - Tuotantoprosessien analysointi ja kehittäminen

Plant Simulationin analysointi- sekä mittaustyökalut ovat suoraan soveltuvia tämän opintojakson opintojaksoselosteen oppimisvaatimuksiin.

LO170901 Opintojaksoseloste:

”Syvällinen perehtyminen erilaisiin tuotantoprosessien mallintamisen ja mittaamisen keinoihin liiketoiminnan kilpailukeinot huomioiden. Perehtyminen Lean-ajatteluun sekä tärkeimpiin työkaluihin ja menetelmiin käytännönläheisten harjoitusten kautta. (Satakunnan Ammattikorkeakoulu, 2019.)

5.1.3 LO172902 – Materials Management

Materials Management on tuotannosuunnitteluun syventyvä opintojakso, jonka pääaiheena on ymmärtää materiaalien ajoitus, tarve, inventaario sekä varastojen hallinta. Opintojaksoselosteessa ei suoraan viittausta ole tietokonemallintamiseen, mutta teoriaopetuksen tueksi, Plant Simulation tarjoaisi havainnollistavan lisäsisällön tuotannon prosesseista. Ennen kaikkea, ohjelman avulla suoritettavat analyysit simuloitavista prosesseista auttavat opiskelijaa ymmärtämään esimerkiksi materiaalitärkeisiin tai ajoituksiin liittyviä todellisia muuttujia visuaalisesti. Jos opintojakson sisältö on tiukasti teoriapainotteinen, visuaalinen kokemus kattavan mallinnusohjelman käytön myötä parantaa opiskelijan saamaa kokonaishahmotusta. (Satakunnan Ammattikorkeakoulu, 2019.)

6 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

6.1 Simulointiohjelman käytön merkitys sekä työohje

Tämän työn tuloksena lukijalle käy ilmi, miten merkittävää roolia simulointi näyttää teknisessä suunnittelussa, sekä kuinka merkittävää on ammattikorkeakouluopintojen aikana laajalti käytössä olevan simulointiohjelman käytön oppiminen. Työssä selostetut simulointiin liittyvät prosessit ja niiden eri muodot auttavat lukijaa muodostamaan kokonaisvaltaisen, mutta riittävän karkean kuvan simuloinnin vaikutuksista tuottavan yrityksen toimintaan. Jos tulokset eivät lukijalle anna suoraan haluttuun aiheeseen tapauskohtaista tai spesifejä vastausta, kyetään työn perusteella vähintään ymmärtämään mahdollisimman monta teollisen simuloinnin vaikutuspiiriin kuuluvia olennaisia asiayhteyksiä.

Plant Simulationin yksinkertaisen simuloinnin työohjeen avulla, voidaan joko suorittaa ohjeita vastaava identtinen simulaatioajo tai ohjetta voi käyttää ohjenuorana monimutkaisimmille ohjelmalla tehtäville simulaatioille.

6.2 Opintojaksot SAMKissa

Plant Simulationin käytön hyödyllisyys opetuksessa on havaittavissa työn tuloksena. Ohjelman käytön aloittamisen tueksi laaditut melko yksityiskohtaiset ohjeet toimivat aiheellisena apuna joko ohjelmaa käyttävälle opiskelijalle, mutta kuten työn teoriaosuudessa jo simuloinnin opetustarkoituksellisuutta pohjustettiin, voi yhtä hyvin myös ohjelman käyttöä opettava saada ohjeesta hyötyä ja näkemyksiä opetukseen.

Tuloksien myötä selviää, mihin opintojaksoihin ohjelma on suoraan sovellettavissa logistiikan alan etenemissuunnitelmassa SAMKissa. Näiden soveltuvien opintojaksoehdotusten pohjalta, voi ohjelman käyttöä opettava saada uusia näkökulmia ajatellen opetusrungon rakennetta opintojaksokohtaisesti. Työn

tuloksena nimenomaan sekä opettaja, että oppilas voi saada suoraa tai epäsuoraa hyötyä Plant Simulationin käyttösovellutuksia ajatellen.

7 YHTEENVETO

Yhä enenevässä määrin kasvava digitalisaatio ja automaatio lisäävät tietoteknisen ammattikunnan osaajia teollisuusympäristöissä. Valmistavan teollisuuden tekniseen suunnitteluun painottuvat työtehtävät ovat väistämättä jonkinlaista tietokoneella suoritettavaa mallinnus- tai suunnittelutyötä. Plant Simulationin kaltaisten kattavien mallinnusohjelmien käytön osaaminen tuo suoran etulyöntiaseman suunnittelutyöhön hakevalle. Ammattikorkeakouluista valmistuu Suomessa joka vuosi tuhansia alan osaajia. Jos opetuksessa ei perehdytä riittävästi käytännön osaamiseen, ei työnantajalla välttämättä aina ole resursseja palkata uutta työntekijää vailla yleisimpien suunnitteluohjelmien aiempaa käyttökokemusta.

Suuremmat yritykset saattavat toki käyttää täysin omia yrityksen sisäisiä suunnitteluohjelmia vaikka materiaalivirtojen optimointiin, mutta Plant Simulationin kaltainen laajalti käytössä oleva ohjelma toimii todennäköisesti vähintään jonkinlaisena esimerkkinä muille simulointiohjelmille.

Opetuksessa olisi syytä ottaa huomioon yhä enemmän koulutuksen jälkeinen työelämä. Harva nykyajan ammattikorkeakoulua käyvä opiskelija muistaa työhön siirryttyään ensimmäisen opintovuoden aikana nopeasti läpiselattuja diaesityksiä. Opintojaksojen visuaalinen käytännönperäinen kokemus yhdistettynä kattavaan teoriarunkoon tuottaa opiskelijalle mieleenpainuvamman oppimistuloksen.

Tätä työtä tehdessä on tutkimuksen laatijan ammatillinen osaaminen ja simulaation merkityksen ymmärrys kasvanut suhteellisen paljon ja auttanut laajentamaan kokonaisvaltaista käsitystä, minkälaisen momentin simulointi ja mallintaminen luo logistiseen kaiken kattavaan tilaus- toimitusketjuun. Tämän tutkimuksen ohjaaja, logistiikan lehtori Harri Heikkinen on kertonut ottaneensa opinnäytetyössä laaditun

Plant Simulationin työohjeen käyttöönsä opintojaksolla teollisuustuotannon perusteet. Myös useilla muillakin SAMKin opintojaksoilla olisi tämän opinnäytetyön käytölle edellytyksiä.

8 LÄHDELUETTELO

- Gonvarri Material Handling www-sivut. (2018.). Noudettu osoitteesta <http://www.constructor-storage.com/Products/Analysis-Tools/C-WIS-Warehouse-Int-Systems/>
- IDEAL PLM. (2017.). *IDEAL.FI*. Noudettu osoitteesta https://ideal.fi/uPage/Materiaalivirtojen_ja_logistiikan_suunnittelu_ja_simulointi
- Logistiikan maailma, Reijo Rautauoman säätiö. (Helmikuu 2019.). *Logistiikan maailma*. Noudettu osoitteesta <http://www.logistiikanmaailma.fi/logistiikka/>
- Plant Simulation Fact Sheet*. (2018.). Noudettu osoitteesta <https://www.plm.automation.siemens.com/store/en-ie/plant-simulation/index.html>
- Salakari, H. (2010.). *Simulaattorikouluttajan käsikirja*. Helsinki: Hakapaino Oy.
- Satakunnan Ammattikorkeakoulu. (2019.). *Etenemissuunnitelma, LO Logistiikka*. Noudettu osoitteesta <https://samkstudyguide.solenovo.fi/curricula/degreeprogrammes/groups/plan>
- Siemens PLM Software. (2016.). *Plant Simulation Basics, Methods, and Strategies*. Siemens PLM Software.
- Tecnomatix Technologies Ltd. (2005.). *eE.Plant 7.5 User Guide*. Tecnomatix Technologies Ltd.
- VDI. (Toukokuu 2018.). VDI 3633. *VDI-RICHTLINIEN 3633*. Saksa.
- VTT-julkaisu. (2007.). *Simuloinnin ja suunnittelun uudet sovellustavat ja liiketoiminta*. Helsinki: VTT.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. (2009). *Tutki ja kirjoita*. Helsinki: Tammi.

