



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JARI RÄSÄNEN
**Automaation virtuaalinen oppimisalusta -
vCIM**

TEKNIIKAN YLEMPI AMK
2020

Räsänen, Jari	Opinnäytetyö, ylempi AMK	helmikuu 2021
	81	Suomi
AUTOMAATION VIRTUAALINEN OPPIMISALUSTA - vCIM		
Tekniikan ylempi AMK		
<p>Opetustoiminnan kehittyessä käyttämään uusimpien tekniikoiden tuomia mahdollisuuksia virtuaalisissa opetusaloissa aikaa ja paikkaan rajoittumatta avaa globaalit mahdollisuudet uusille koulutuskäytännöille. Tämän toimintakeskeisen tutkimuksen tavoitteena on selvittää SAMK-kampus Porin automaation opetukseen tehdyn virtuaalisen opetusalan taustat, tehtävät ja tavoitteet.</p> <p>Koulutuskäytössä olevan fyysisen iCIM laitteiston siirto digitaaliseen muotoon tehtiin AMK opinnäytetyössäni. Samassa yhteydessä toteutettiin laitteistojen uudistamisprojekti, jolla haetaan tämänhetkisen teknisen tietämyksen korkeimpia tavoitteita toteuttaa automaatioissa käytettävien ohjelmistojen toiminnot graafisessa, virtuaalisessa maailmassa, kuten ne fyysisessä maailmassa toteutuvat.</p> <p>Vertailua suoritettiin opetuksessa käytettävien eri suunnitteluohjelmistojen valmiuksista virtuaalisen opetusalan vaatimusten toteuttamiseen. Siemensin lisäksi perehdyttiin Autodeskin Inventor ja Fusion 360, sekä Dassault Systemsin Solid Works ja 3DEXPERIENCE ohjelmistojen tarjontaan.</p> <p>Tutkimuksessa keskityttiin Samkin uushankintana toteutettujen Siemensin tuoteperheen 3D ohjelmiin, sekä niiden ominaisuuksiin virtuaalisen opetusalan toteuttamisessa.</p> <p>Virtuaalinen opetusala on toteutettu, sekä todettu soveltuvan erinomaisesti monimuotoiselle yhteistyölle eri teknisille koulutusaloille. Teamcenter, NX MCD, Process Simulate ja PLCSIM Advanced yhdistettynä SIMIT ohjelmistoon on toimiva ohjelmistokokonaisuus automaation ja robotiikan virtuaalisessa opetuksessa. Teamcenter integraatio NX MCD, sekä Inventor ja Solid Works ohjelmistoihin ratkaisee monia yhteen liitettävyyden ongelmia virtuaalisessa käyttöönotossa.</p>		
Automaatio, monimuoto-opiskelu, virtuaalinen oppimisalusta ja virtuaalinen käyttöönotto.		

Räsänen, Jari	Master's thesis	February, 2021
	ThesisAMK 81	Finnish
AUTOMATION VIRTUAL LEARNING PLATFORM - vCIM		
Master's Degree Programme in technology		
<p>As the educational activities evolve to take advantage of the opportunities brought by the latest technologies in virtual educational platforms, without limitation of time and place, it expands global opportunities for new educational practices. The aim of this action-oriented study is to clarify the backgrounds, tasks, and goals of the virtual teaching platform for SAMK campus Pori automation teaching.</p> <p>The transfer of the physical iCIM equipment used in education to digital form was done in my bachelor's thesis. In the same context, a hardware modernization project was implemented to pursue the highest goals of current technical knowledge to implement the functions of automation software in a graphical, virtual world as they materialize in the physical world.</p> <p>A comparison was made of the capabilities of the different design software used in the teaching to implement the requirements of the virtual learning platform. In addition to Siemens, we were introduced to Autodesk's Inventor and Fusion 360, as well as Dassault Systems' Solid Works and 3DEXPERIENCE software offerings.</p> <p>The research was focused on the newly acquired Siemens product family 3D programs, as well as their features in implementing a virtual learning platform.</p> <p>The virtual learning platform has been implemented, and it has been found to be excellently suitable for diverse cooperation in various fields of technical education. Teamcenter, NX MCD, Process Simulate and PLCSIM Advanced combined with SIMIT software is a functional software package for virtual teaching of automation and robotics. Teamcenter integration with NX MCD, both Inventor and Solid Works software solves many connectivity problems in virtual commissioning.</p>		
Automation, multiform learning, virtual commissioning, and virtual learning platform.		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	8
1.1 Fyysinen iCIM	10
2 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHTA JA AIHEEN RAJAUS.....	13
2.1 Virtuaalinen opetusala	15
2.2 iCIM logiikkaohjaimet	17
3 TUTKIMUS- JA KEHITTÄMISMENELMÄT	20
4 NYKYTEKNOLOGIA	21
4.1 Digitaalinen kaksonen, teollisuus 4.0 ja teollinen internet	22
4.2 Tuotteen elinkaaren hallinta	27
4.3 Teollisuuden neljäs vallankumous	29
4.3.1 Älykäs tuotanto	31
4.4 Tiedon kulku automaatiassa.....	33
5 SIEMENS PLM	35
5.1 NX MCD, TIA Portal ja geneeriset Toolbox mallit.....	38
5.2 Technomatix Process Simulate	43
5.2.1 Process Simulate ja automaatio.....	45
5.3 NX MCD, PLCSIM Advanced, geneeriset Toolbox mallit ja virtuaalinen käyttöönotto	48
5.3.1 Simuloinnin ongelmakohtien ratkaisumalleja.....	51
5.3.2 SIMATIC Modular Application Creator, NX MCD ja PLCSIM Advanced	53
5.3.3 Siemens geneeriset ohjelmat	55
6 MUUT CAD OHJELMISTOT	57
6.1 Autodesk	57
6.2 Dassault System	59
7 VIRTUAALINEN KÄYTTÖÖNOTTO	61
7.1 Tehtaan virtuaalinen käyttöönotto	62
8 KOKONAISARVIOINTI	65
8.1 vCIM	68
8.1.1 Team Viewer käyttökokemuksia.....	69
8.2 Autodesk	71
8.3 Dassault Systems Solid Works.....	71
8.4 Teamcenter	73
8.5 Process Simulate	74
8.6 Mechatronic Concept Design vai Process Simulate kinematiikassa.....	75

8.7 Katselmus kokonaisuuden toteutumiseen	76
8.7.1 Kinemaattisten liikkeiden toteuttaminen.....	77
8.7.2 vCIM katselmus	79
9 SUOSITUKSET	80

LÄHTEET

LIITTEET

LYHENTEET JA MERKINNÄT

AR	Augmented reality on laajennettu/lisätty todellisuus, virtuaalisia ja todellisia objekteja yhdistävä todellisuus
API	Sovellusohjelmointirajapinta
CAD	Tietokoneavusteinen mallintaminen
CAE	Computer Aided Engineering, tietokoneavusteinen tekniikka
CAM	Tietokoneavusteinen valmistus
CEE	Cyclic Event Evaluator on logiikan syklinen tapahtuma-arvioija
CPS	Cyber-physical systems on kyberfysikaaliset järjestelmät
CPPS	Kyber-fyysinen tuotantojärjestelmä
dCIM	Digitaalinen malli iCIM järjestelmästä
FAT	Factory acceptance test. Laitteiston tehdastesti.
HMI	Human-Machine Interface on käyttäjän ja laitteen käyttöliittymä ja ohjauspaneeli
HIL	Hardware-in-the-loop, laite-silmukka-simulaatio, jossa jokin todellinen osa-alue liitetään osaksi simuloitua mallia
IEC 61131	Programmable Logic Controls, PLC/automaation ohjelmointikielen standardi
Interface	Laitteiden ja ohjelmien välinen rajapinta. Automaation mekaanisten, sähköisten ja logiikan signalointi
IoT	Esineiden internet
IIoT	Standardoitu Teollinen internet
ISA-95	Instrumentation, Systems and Automation Society, automaation yhteysstandardi
Industry 4.0	Teollisuus 4.0, kehittämisen tuotantoratkaisu
LTE Cat 0	Laitteiden välinen yhteysprotokolla
NX MCD	Mechatronics Concept Design, NX ohjelmiston mekatroninen ohjelmistolisäosa suunnittelukonseptien testaamiseen
OPC UA	Automaation yhteysprotokolla
MES	Valmistustoimitusjärjestelmä

PDM	Tuotehallinta
PLC	Programmable Logic Controller on ohjelmoitavan logiikan pieni tietokone
PLM	Tuotteen elinkaaren hallinta
PT	Physical Twins, Fyysinen kaksonen
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition on valvonta- ja tiedonhankinta ohjelmisto- ja laitteisto- osajärjestelmä
SCADA-IPC	Industrial PC paketti, jolla saavutetaan optimaaliset alustaratkaisut arviointiin, tiedonkeruuseen ja visualisointiin
SIL	Software-in-the loop, PLC ohjausjärjestelmä silmukka
VC	Virtuaalinen käyttöönotto
vCIM	Virtuaalinen opetusalausta iCIM järjestelmästä
VCOM	Tehtaan virtuaalinen käyttöönotto
VE	Virtuaalisuunnittelu
VR	Virtuaalinen todellisuus

1 JOHDANTO

Samkin opetusympäristössä käytetään virtuaalisia opetusalustoja automaation ja robotiikan opetuksen näkökulmasta. Koulutuksessani käyttämät ohjelmat toimivat sujuvasti. Havainnollistavat esimerkit selkeyttivät useissa harjoituksissa kokonaisuuden hahmottamisessa.

Eri kurssit avaavat koulutuksen kokonaisuuden. Automaatiotekniikan kenttävyölien kurssi avaa tietojen kulun sähkökoneiden ja sylintereiden toimintoihin, jotka toteuttavat liikkeen ohjauksen ja robotiikan toiminnot. Konenäön kurssit tukevat älykästä robotiikkaa ja koneturvallisuuden koulutus varmistaa turvalliset työtilat. Eri opintojen materiaaleja yhdistämällä muodostuu kokonaisuus, josta teollisuuden eri prosessit ja toiminnot tulevat selkeästi esille opetuskokonaisuudessa.

”Virtuaalisella oppimisympäristöllä eli oppimisalustalla tarkoitetaan opetusympäristöä, joka on rakennettu tietoverkkoon. Tällä verkkoteknologisella oppimisympäristön osalla tuetaan oppimisprosessien ja niiden toimintojen hallintaa. Opiskelu alustalla voi tapahtua etäopiskeluna verkossa tai luokkahuoneessa tietokoneen avulla. Verkkooppimisympäristön avulla opettajat ja oppilaat voivat työskennellä valitseminaan aikoina, mutta sen avulla on mahdollista työskennellä myös reaaliajassa vuorovaikutteisesti” (visci.fi, 2020).

”Virtuaalinen opiskelu on tekniikan avulla luodussa keinotekoisessa virtuaaliympäristössä tapahtuvaa opiskelua. Opettajan työkaluina kurssin opetuksessa on erilaisia oppimishjelmia, multimedialähteitä, internet ja esimerkiksi videoneuvottelut. Opiskelija käyttää vastavuoroisesti samoja teknologioita kommunikoidakseen opettajan kanssa vastaanottamaansa sisältöön liittyen. Tietokoneavusteista yhteisöllistä oppimista kehitetään yhteistoiminnallisen ja tietokoneavusteisen ryhmätyöskentelyoppimisen tutkimuksen perustella. Nykyisten tutkimusten mukaisesti tietotekniikalla voi tukea opettajien ja oppilaiden välistä vuorovaikutusta ja oppilaiden keskinäistä sosiaalista kanssakäymistä perinteisen opetuksen keinoja tehokkaammin” (visci.fi, 2020).

Yleinen tekninen kehitys on mahdollistanut myös automaatio-opetuksen toteuttamisen virtuaalisesti toteutettavaksi opetusalustaksi. Fyysisten laitteiden liikkeiden ja toimintojen toteutus voidaan graafisesti suorittaa käytännönläheisesti aikaan ja paikkaan sitoutumatta. Virtuaalinen luokkahuone – tässä tutkimuksessa virtuaalisen laboratorion oppimisympäristö voisi mahdollistaa monimuoto-opiskelun kehittyneillä opetusvälineillä, kuten useilla kansainvälisillä toimijoilla on tarjolla.



Kuva 1 Kansainvälisyys virtuaaliopetuksessa (serintel.org, 2020).

Kuva yksi havainnollistaa valmiiden virtuaalialustojen runsasta tarjontaa, kuten openpr.com (openpr, 2020) raportoi. Myös automaation laitetoimittajilla, kuten Festo on rakentanut omat opetusalustat omille laitteilleen. Samkin automaation opetus koostuu useiden laite- ja ohjelmistotoimittajien yhteiskäytöstä. Koulutuksen käytännön läheiset harjoitukset koostuvat yksittäisten opiskelijoiden ja opiskelijaryhmien tekemistä harjoituksista fyysisillä laitteilla, myös eri ohjelmistotoimittajien opetusalustat ovat laajassa käytössä, esimerkkinä FESTO.

Todellisten harjoitusten toteuttaminen automaatio ja konevalmistuksen koulutusohjelmissä vaatii poikkitieteellistä lähestymistä yhteistyöprojektien toteuttamisessa. Opetusalustan vaatimuksena on pystyä käsittelemään automaation ja robotiikan koulutusalojen käytössä olevia laitteita ja ohjelmistoja.

1.1 Fyysinen iCIM

SAMK-kampus Porin automaatiotekniikan opetuksessa käytettävä iCIM on fyysinen PLC ohjelmitava kokoonpanolinjasto. dCIM laitteiston mallinsin AMK opinnäytetyönäni Feston iCIM laitteiston mukaisesti graafiseen muotoon. Tavoitteena tässä tutkimuksessa on virtuaalisen opetusalustan toteuttaminen eri opetusjaksojen yhteisprojekteihin ja virtuaalisten toimintojen hyödyntämiseen erityyppisten demo-ohjelmien käyttöön yhtäaikaaisesti eri opetusalojen kanssa. Uusimmat teknisen kehityksen tuomat etäyhteydet tuovat opetukseen uuden tavan oppia ja opettaa, sekä kehittää koulutusta aivan uudelle tasolle.

Samkin vuonna 2005 opetuskäyttöön hankkimaan Feston iCIM laitteistoon tehtiin Teollisuus 4.0 järjestelmän periaatteiden mukainen modernisointiprojekti, joka mahdollistaa todellisen fyysisen laitteen virtuaalisen opetusalustan toteuttamisen. 3D malleihin luotiin kinemaattiset ominaisuudet, joilla automaation toiminnot voitaisiin suorittaa virtuaalisessa maailmassa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on luoda esimerkkita-paus ohjelmistojen signaalien rajapinnat, joilla graafisten Siemens NX MCD mallien liikkeitä voidaan toteuttaa automaatiotekniikan opetuksessa käytettävien Siemensin TIA Portal ja Beckhoffin TwinCat ohjelmistojen näkökulmasta ajasta ja paikasta riippumatta – globaalisti.

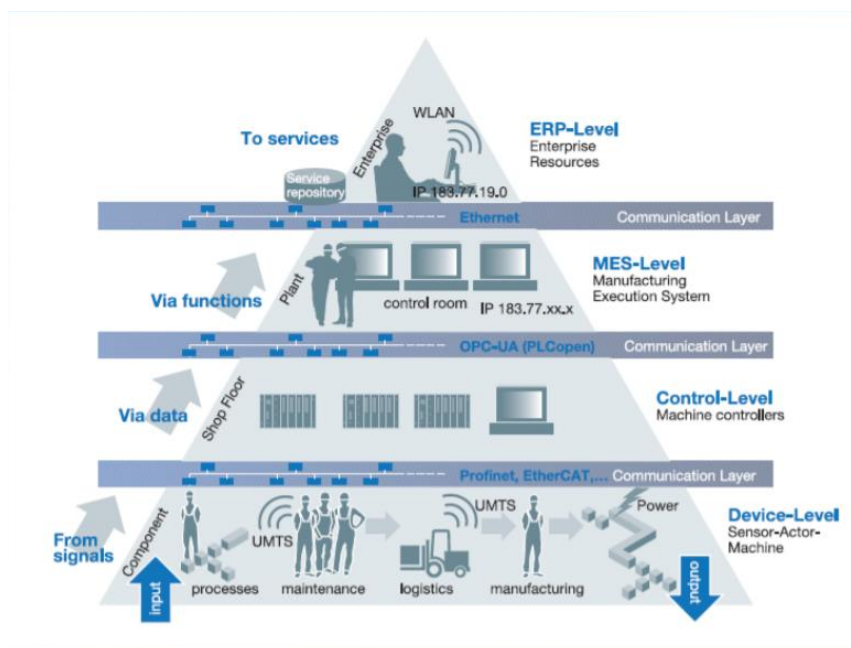
Tutkimuksen tavoitteena on rajapintojen ominaisuuksia tutkimalla pyrkiä selvittämään kinematiikan tuomat haasteet Siemensin NX MCD ja TIA Portal ohjelmistojen välillä, sekä pohtia mallien tarkkuusvaatimuksia opetuskäytössä. Automaation vaatimukset kinematiikan toteuttamiseksi ovat vaativia, kuten myös kinematiikan rakentaminen virtuaalisiin malleihin. Tutkitaan, kuinka kahden hankalaksi koettujen toimintojen yhdistämistä voidaan helpottaa mahdollisimman paljon ja onko valmistajilla valmiita malleja ongelmien ratkaisemiseksi.

Konetekniikan koulutuksessa käytetään Solid Works CAD ohjelmistoa ja on yleisesti alueen yritysten käytössä, kuten myös Inventor CAD ohjelmisto. Mikäli 3D mallit on tehty Inventor tai Solid Works CAD ohjelmistoilla, halutaan selvittää, kuinka ne voidaan liittää TIA Portal ja TwinCat ohjauksiin. Ovatko ohjelmat liitettävissä

Teamcenter ohjelmistoon ja mitä toimenpiteitä mallit vaativat toimintojen toteuttamiseen NX MCD ohjelmistossa.

On selvítettävä, miten voidaan soveltaa PLC ohjelmointia virtuaalisessa opetusalustassa automaation, automaatiotekniikan perusteiden, liikkeenohjauksen, koneturvallisuuskoulutuksen ja robotiikan opettamiseen. Ratkaistavia haasteita on myös opetusalustan saaminen koulutusohjelmien mukaisesti toimivaksi kokonaisuudeksi. Tarkastellaan myös opetusalustan soveltumista PLC ohjelmoinnin ja robotiikan opetukseen, yhteisprojekteihin myös eri opetusalojen kanssa.

Virtuaalisen opetusalustan käyttöönoton tavoitteita laajennettiin Siemensin Teamcenter käyttöympäristön implementoinnilla. Automaatiojärjestelmän kokonaissuunnittelun perusteena on hallittava fyysisten ja virtuaalisten toimintojen eroavaisuuksien toteuttamisen vaatimukset. Kuva 2 selvittää laitteiden sisäisten järjestelmien eri tasoja ja niiden välisen tiedonkulun arkkitehtuuria ja sen määrittelytarpeita.



Kuva 2 Tiedonkulku automaatiokolmiassa (dau.dk, 2020)

Kuvassa kaksi esitetään prosessista tulevan signaalin kulkua ohjaustason kautta MES toimintoihin ja siitä edelleen ERP järjestelmiin. Huomionarvoista on eri tasojen rajapinnoilla käytettävät tiedonsiirtojen muodot, jotka kokonaissuunnittelun kannalta ovat keskeisenä tekijänä, sekä tiedonkulku molempiin suuntiin. Kuvassa on esitetty myös

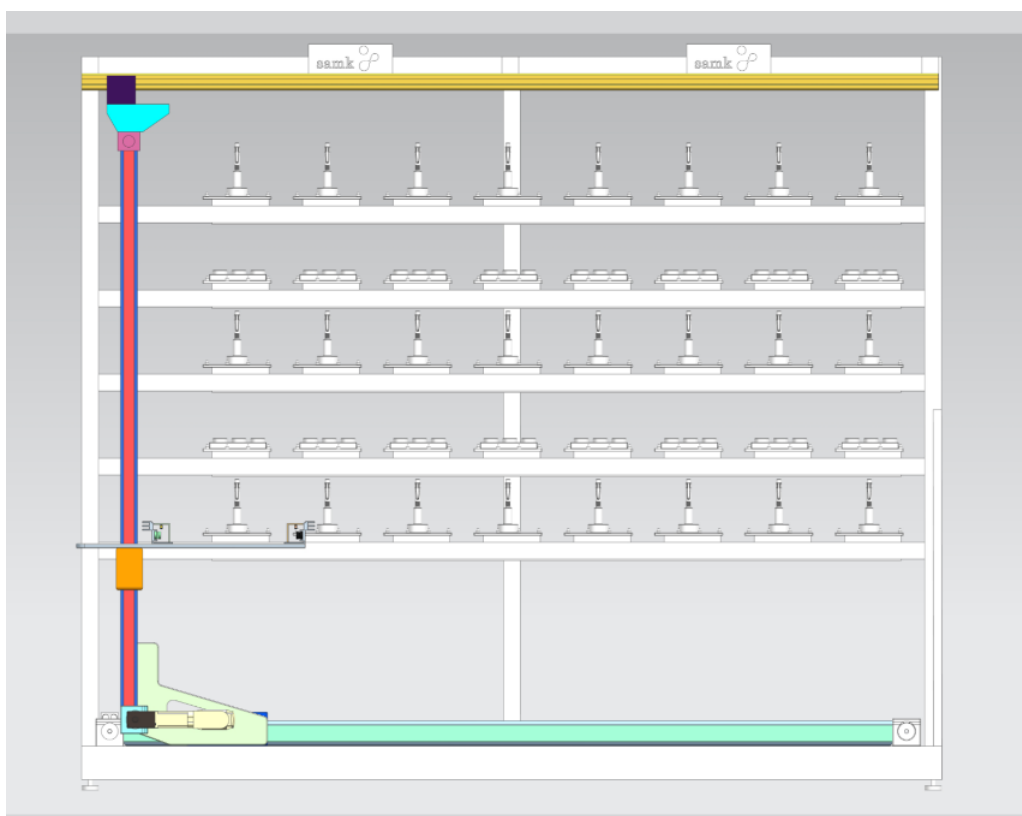
tiedonsiirtojen pystyvuora liike ERP / MES / Scada ja PLC välillä, sekä vaakasuuntainen tiedonsiirto PLC toiminnoissa.

Automaatiokolmion haasteisiin nivoutuu automaation-, mekaniikan- ja sähkösuunnittelun kokonaisuuksien määrittäminen ja toiminnallisuudet. Tärkeänä lähtökohtana automaation kannalta on pohdinta, mitkä ohjaukset kussakin laitteessa ja laitekokoonpanossa toteutetaan. Toteutetaanko liikkeen ohjaus mallissa vai PLC:ltä tulevilla signaaleilla – vai sekä että?

”Teollisuus 4.0 mukaista signaalinkuljetusta voidaan toteuttaa Profinet ja EtherCat tyyppisillä kenttäväylillä ohjausyksiköille. Kerätty data siirretään MES järjestelmille OPC-UA viestintäprotokollalla. Ethernet väylä on yleisesti käytössä tiedonsiirrossa MES järjestelmistä ERP järjestelmiin” (dau.dk, 2020).

2 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHTA JA AIHEEN RAJAUS

dCIM järjestelmää tehdessäni havaitsin, että haasteellinen työ on vaatinut useiden uusien ohjelmien käyttöönottoa, opiskelua ja harjoittelua. Työ on rajattu koskemaan Siemens NX MCD ohjelmistossa olevien 3D mallien siirtoa varastotoimintojen mekaniikan ja kinematiikan osalta. Kinematiikka rakennetaan myös Siemens Process Simulate ohjelmistossa. Inventor ja Solid Works ohjelmistojen soveltuvuutta PLC ohjelmistoilla tehtävään ulkoiseen ohjaukseen tutkitaan.



Kuva 3 dCIM kinemaattinen esitys

dCIM kuvan Siemensin NX ominaisuuksiin kuuluu kinemaattisten toimintojen havainnollistaminen erivärisinä toimintoina, kuten tasokkailla CAD ohjelmilla yleensä. Työssä tutkitaan eri toimintojen määrittämistä ja selvitetään esimerkiksi Rigid Body Color ominaisuuksien hyödyntämistä.

Muiden, kuin varastotoimintojen toimilaitteiden täsmälliset liikkeet ja toiminnot, sekä alikokoonpanojen toiminnot rajataan työn ulkopuolelle. Työssä keskitytään mallin kinemaattisten toimintojen luomiseen, joilla mahdollistetaan ulkoa tulevien käskytysten toiminnot, kuten ne fyysisissä laitteissa toteutuvat.

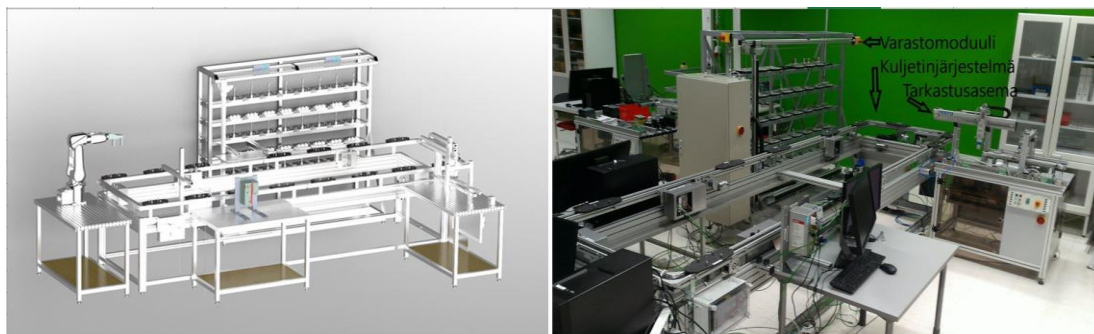
Työssä sovellettiin ohjelmistojen perehdytystä, joissa on ollut vaihtelevasti osanottajia eri alojen opettajista. Ensimmäinen koulutus oli Siemensin NX ohjelmiston peruskäytön opiskelua. Tämän jälkeen Teamcenterin järjestelmän koulutus toteutettiin supistetulla kokoonpanolla. Process Simulate ohjelmiston koulutus on vielä hieman vaiheessa ja itseopiskelua varten materiaalia tarjolla on hyvin rajallisesti.

Tutkimuksen lähdeaineiston hankinnan kannalta ongelmallista on, että virtuaalisen opetusalan aineistoa on niukasti. Sen sijaan digitaalinen kaksonen, IIoT, Teollisuus 4.0 ja virtuaalinen käyttöönotto ovat laite- ja ohjelmistovalmistajien kovan panostuksen kohteena, joten niiden lähdeaineistosta on kohtuullisesti tarjolla. Todellinen digitalisointi ottaa ensiaskeleita ja kriittisyys on valttia. Materiaali on laadukasta ja sovellettavissa virtuaalisen opetusalan toteuttamiseen. Prosessina toteutus on saman tyyppinen ja rajauksilla valitaan halutut toiminnot virtuaaliselle opetusalustalle. Opetuksen kannalta nämä keskinäiset riippuvuudet ja sidonnaisuudet on ratkaistava virtuaalisen opiskelun ympäristössä.

2.1 Virtuaalinen opetusalusta

Tutkimuskohteeksi valikoitui automaation ja robotiikan opintojen tueksi rakennettava virtuaalinen opetusalusta. Automaatiolaboratorion ohjelmistoihin on lisätty Siemensin NX, Process Simulate ja Teamcenter ohjelmistot. Teamcenter järjestelmään on siirretty iCIM laitteistosta tehdyt 3D mallit. Malleja voidaan käyttää yksitellen, alikoonpanoja tai laitekohtaisia kokoonpanoja hyödyntäen. Koko mallin käyttö on myös mahdollista. Ulkoisten ja sisäisten toimilaitteiden signaalit ohjausliikkeille voidaan luoda laitekohtaisesti tai koko laitteiston käyttöön.

Graafinen dCIM laitteisto kertoo haasteista, jotka eri suunnittelualueille asetetaan. Mekaaninen ja sähköinen suunnittelu toteutetaan olemassa olevien fyysisten laitteiden mukaisesti. Automaation suunnittelu vaikuttaa myös kaikkeen muuhun suunnitteluun, joten kokonaissuunnitteluun on panostettu jo alkuvaiheessa. Esimerkiksi anturin lisäys mekaniikkasuunnittelussa aiheuttaa, että myös automaation ja sähköpiirustusten muuttava. Keskinäinen riippuvuus ja sitoutumisen ongelmat on ratkaistava.



Kuva 4 Graafinen dCIM ja fyysinen iCIM

Kuvassa neljä Feston toimittama iCIM järjestelmä koostuu varastomodulistista, jossa varastorobotti toteuttaa nouto ja vientitoiminnot varastopaikoilta. Varastopaikoilla sijaitsevat valmiit ja työn alla olevat varastonimikkeet omilla erillisillä paikoilla.

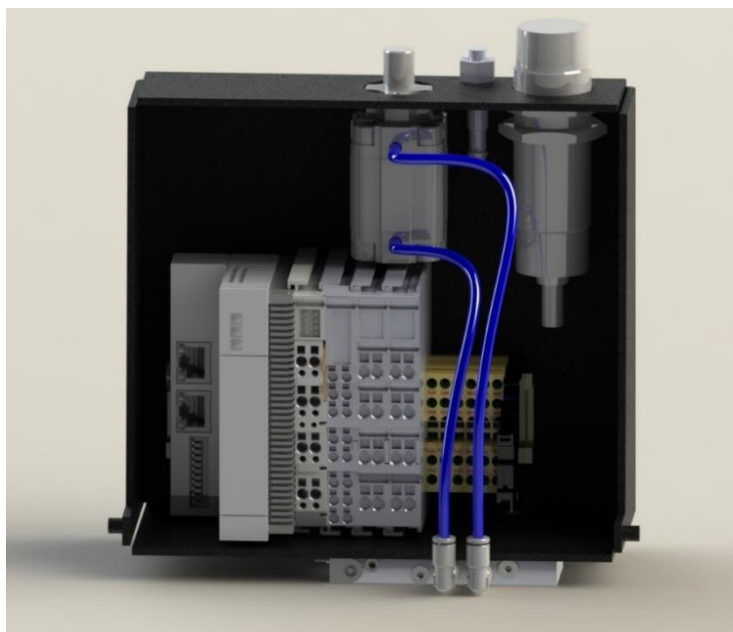
Varastorobotti toimittaa ja noutaa Feston valmistamalta kuljettimelta tuoteaihiot valmistukseen ja valmiit tuotteet varastoon. Kuljettimen matkalla ABB IRB 120 teollisuusrobotti poimii aihiot ja suorittaa tarvittavat työvaiheet, sekä palauttaa tuotteen kuljettimelle. Sick PI50-IR suorittaa konenäkö tarkastuksen hinnalla. Feston roboteilla

varustettu tarkastusasema suorittaa viimeistelytarkastuksen ja palauttaa valmiin tuotteen hihnalle. Kuljetin palauttaa tuotteen varastorobotille.

iCIM järjestelmän modernisointiprosessin fyysisten komponenttien mallintamisen lisäksi tehtiin myös ohjausjärjestelmän modernisointi. Pääosin Siemensin ohjauskomponenteista koostunut järjestelmä päivitettiin uusiin Siemens logiikoihin ja Beckhoff ohjaukseen.

2.2 iCIM logiikkaohjaimet

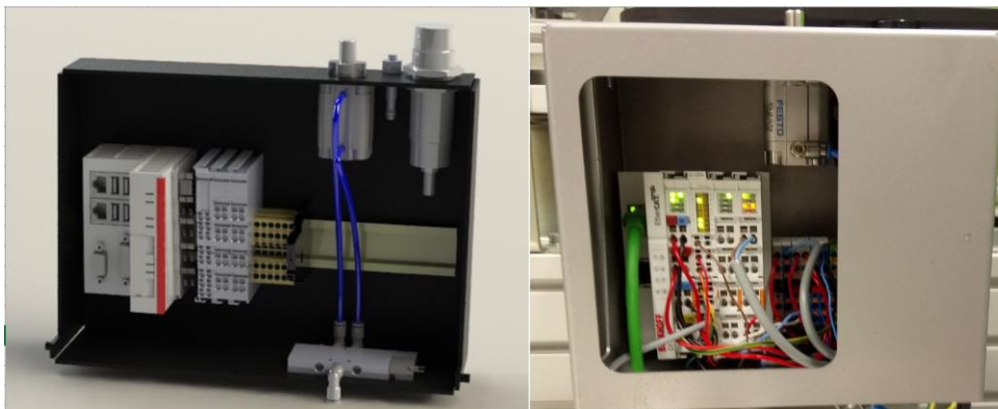
Todelliset iCIM järjestelmän ohjaimet on varustettu OPC-UA liitynnällä ja niissä on Web Server liitettynä ja Siemens laitteet on liitetty Profinet väylällä. Jokaisessa logiikkaohjaimessa CX6015-0010 ja CX9020-0015, sekä soluohjaimessa C5120-0070 on Web Server sekä OPC-UA-liityntä. ABB solua ohjaavan logiikan CPU1512SP F-1 PN ja ABB robotin välinen liityntä toteutetaan Profinet RT väylällä. YuMi solun CX9020 ja YuMi välinen liityntä toteutetaan DeviceNet:llä.



Kuva 5 Ohjaustekniikka ABB IRP 120 robotille 3D

Kuva viisi esitettyä ABB IRB 120 ohjaimen lisäksi solu varustetaan ohjelmoitavalla logiikalla CPU1512SP F1 PN, jonka tehtävänä on ohjata solun oheislaitteita ja solun kohdassa olevaa kuljetinta, sekä kuljettimen pysäytintä ja lukijaa. Kuljettimen ja oheislaitteiden ohjaus toteutetaan samoilla komponenteilla, lisättyinä myös etä I/O liityntämoduulilla, joka varustettiin Beckhoff EK9300 Profinet-liitynnällä. Ohjelmoitava logiikka on CPU1512SP F-1 PN logiikassa vakiona.

Varastorobotin ohjausjärjestelmä Beckhoff C6015-0010 -ohjain voi toimia liikeohjaimena, kun se varustetaan TC3 PLC/NC PTP 10 TC1250-0040 lisenssillä. Moottorien ohjaus ja akseleiden paikkasäätö toteutetaan EL7342 korteilla. Beckhoff logiikan kanssa käytetään EK1100 yksikköä.



Kuva 6 Varaston ohjaus kokoonpano 3D ja fyysinen ohjausyksikkö.

Kuljettimet ovat varustettu Valeon tasavirtamoottoreilla, joita voidaan ohjata kuvassa kuusi näkyvällä Beckhoff EL 7342 ohjainkortteilla. On myös huomattava, että ladattavat 3D mallit ovat yleisluontoisia Trace Parts sivuilla. Beckhoff ei tarjoa tarkkoja 3D malleja kuten hyvin useat muut toimijat tekevät. Itse pysäytintä ohjataan digitaalisella signaalilla ylös/alas. Myös antureiden tilatiedot luetaan ohjaimen digitaalisina on/off tietoina. Näitä varten koteloon sijoitetaan 8in/8out EL 1859 kortti ja 4in/4out EL1814.

”Integroitua Siemens ET 200SP asemaa voidaan käyttää hajautettuna I/O:n hallintaan ja turvatekniikalla varustettuna viranomaismääräysten mukaisiin koneturvallisuuteen liittyviin ohjauksiin” (Siemens, 2019).



Kuva 7 Siemens ET 200SP turvatekniikka ja hajautettu I/O 3D kuva.

Kuvassa seitsemän hajautettu I/O on sijoitettu SIMATIC ET 200SP moduuliin. ”Siemensin ET 200-hajautusasemat voidaan kytkeä muihin automaatiolaitteisiin joko Profinet- tai Profibus DP-väylällä. Siemensin käyttämä teollisuus Ethernet -väylä Profinet on yhteensopiva tavanomaisen internetissä käytettävän TCP/IP-liikennöinnin kanssa” (Siemens, 2020).

3 TUTKIMUS- JA KEHITTÄMISMENELMÄT

Konstrukttiivinen tutkimusmenetelmä soveltuu käytännönläheisten, ennalta määritetyn ongelman ratkaisuun keskittyvän toimintokeskeisen tutkimusmenetelmän toteuttamiseen. Lisäksi käytin benchmark tutkimusmenetelmää selventääkseni mahdollista ohjelmistojen tarjontaa Siemens tuoteperheen kilpailijoilta. Siemens tuoteperhe on ennalta määritelty käytettäväksi virtuaalista opiskelualustaa luotaessa. On huomioitava, että ohjelmistojen tarjoajia on runsaasti.

Tekniikan alan opiskelussa molemmat käytettävät tutkimusmenetelmät kuuluvat läheisesti käyttämiini tutkimusmenetelmiin, joten on hyvin perusteltua käyttää niitä esiin tuotujen ongelmien ratkaisemisessa.

”Konstrukttiivinen tutkimusote on innovatiivisia konstruktioita tuottava metodologia, jolla pyritään ratkaisemaan reaali maailman ongelmia ja tällä tavoin tuottamaan kontribuutioita sille tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan. Tämän tutkimusotteen ydinkäsite, (uusi) konstruktio, on abstrakti käsite, jolla on suuri, itse asiassa loputon määrä mahdollisia toteutumia” (Lukka, 2019).

Työllä on käytännön merkitysestä koulutuskäytössä yleisesti. Työssä käytettäviä metodeja voidaan soveltaa usealla tavalla eri oppiaineiden virtuaalisen opetusalustan rakentamisessa. Ohjelmistojen toimittajilla on tarve kehittää ohjelmistoja erilaisten toimintamallien digitalisaation toteuttamiseksi eri opetusaloille.

4 NYKYTEKNOLOGIA

”Erityyppisillä testauksilla varmistetaan tuotekehityksen toimivuus eri järjestelmissä. Tutkimuksen kohteena on vastaako kohde haluttua suoritus tasoa (Tao, ym., 2017). Tämä aiheuttaa useita prototyyppi kierroksia ja ne kerryttävät runsaasti kustannuksia, mikäli testataan fyysisillä malleilla. Digitaalisella kaksosella testaaminen on nopeampaa, kustannustehokkaampaa ja data on helposti saatavilla” (Alaei;Rouvinen;Mikkola;& Nikkilä, 2018).

”Monimutkaisten järjestelmien huoltoon ja seurantaan digitaalisten kaksosten kiistattomat hyödyt tunnistetaan. Paitsi laitteiden nykykunnon valvontaan kaksosella havaitaan ennakkoon huoltotarpeita tai käyttöiän loppumista ennen laitteen vikaantumista. Vallalla olevan ajattelutavan korkeista kustannuksista digitaalisen kaksosen kehittämisessä, katsotaan sen olevan käytettävissä vain kustannuksiltaan merkittävimmissä tuotteissa ja laitteissa” (Tao;Zhang;Liu;& Nee , 2018).

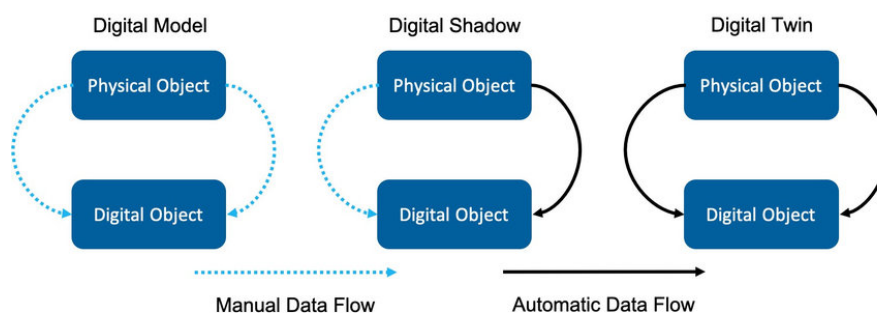
”Nosturivalmistaja Konecranes on kulkenut digitalisaation etujoukoissa ja yhtiöllä onkin virtuaalimaailmaan kytkettynä tällä hetkellä yli 17 000 nosturia. Digitaaliset kaksoset avaavat yhtiölle mahdollisuuksia niin huollossa kuin asiakkaiden tarpeiden tunnistamisessa. Tähän on rakennettu konsepti, jolla nosturin rakenne ja sen tuottama data voidaan tehokkaasti yhdistää muista lähteistä tulevaan tietoon” (Keränen, 2020).

”Hedelmällisen pohjan todella uusille ratkaisuille tarjoaa 1900-luvun alun arkkitehdin Eliel Saarisen neuvo; "suunnitella aina ottamalla kohde huomioon seuraavassa suuremmissa yhteydessään - tuoli huoneessa, huone talossa, talo ympäristössä, ympäristö kaavas suunnitelmassa" tarjoaa opastusta ymmärtää miltä tämä suurempi konteksti näyttää. Ratkaista tietty yritys haaste - onko kyse tuoteinnovaatioista, digitaalisista muutoksista tai toiminnan tehokkuudesta - tiimien tehtävänä on ymmärtää, kuinka haaste istuu prosessissa ja kuinka prosessi sopii organisaatioon, joka toimii teollisuudessa ja yhteiskunnassa kokonaisuutena” (McKinsey & Company, 2019).

4.1 Digitaalinen kaksonen, teollisuus 4.0 ja teollinen internet

”Digitaalinen kaksonen on fyysisen tuotteen, prosessin tai tehtaan virtuaalinen esitys, jota käytetään ymmärtämään ja ennustamaan fyysisen vastapuolen suorituskyvyn ominaisuudet. Kaksosella voidaan seurata, simuloida ja parantaa tuotteiden ja laitteiden eri ominaisuuksia, sekä toimintoja” (Alaei;Rouvinen;Mikkola;& Nikkilä, 2018).

”Digitaaliset kaksoset laajentavat tietopohjaisen päätöksenteon kulttuuria tukien kaikenlaisia tapoja parantaa jatkuvasti tuotannon suorituskykyä. Digitaalisilla kaksosilla voi tehdä ennakoivampaa ja olosuhteisiin perustuvaa ylläpitoa laite kannalle, mikä auttaa parantamaan yleistä suorituskykyä pitkällä aikavälillä. Digitaalinen kaksonen havaitsee ongelmat huomattavasti aiemmin, kuin muut nykyiset käytännöt. Tämän tyyppinen ennakoiva lähestymistapa antaa myös yrityksille mahdollisuuden estää ongelmien esiintyminen” (Forbes, 2019).



Kuva 8 Automaattinen tiedonsiirto digitaalisessa kaksosessa (Fuller;Fan;Day;& Barlow, 2020)

”Digitaalista mallia kuvataan olemassa olevan tai suunnitellun fyysisen objektin digitaaliseksi versioksi. Digitaalisen mallin määrittämiseksi ei tarvitse olla automaattista tiedonvaihtoa fyysisen mallin ja digitaalisen mallin välillä. Digitaalinen varjo on digitaalinen esitys objektista, jossa on yksisuuntainen tiedonkulku fyysisen ja digitaalisen objektin välillä. Fyysisen kohteen tilan muutos johtaa muutokseen digitaalisessa objektissa, mutta ei päinvastoin. Mikäli data kulkee olemassa olevan fyysisen objektin ja digitaalisen kohteen välillä, ja ne ovat täysin integroituja molempiin suuntiin, tämä muodostaa digitaalisen kaksosen” (Fuller;Fan;Day;& Barlow, 2020).

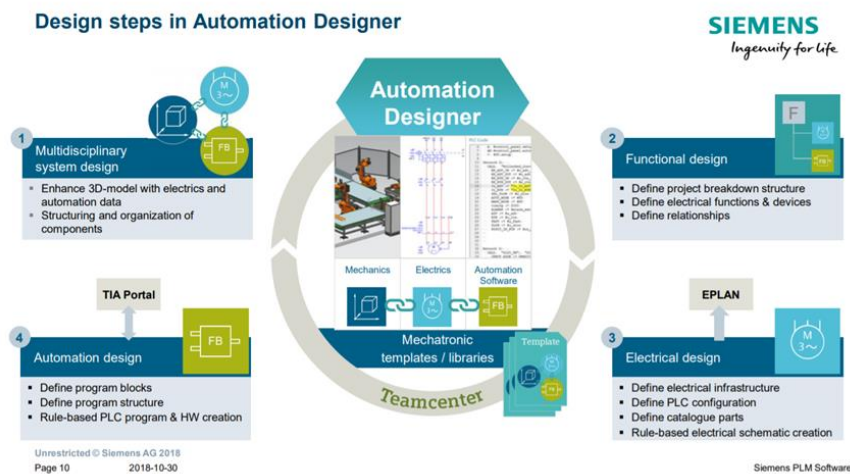
Digitaalinen kaksonen, Teollisuus 4.0 ja virtuaalinen käyttöönotto kulkevat käsi kädessä eri ohjelmistovalmistajien kehitysprosesseissa. Eri osa-alueet liittyvät toisiinsa merkittävällä tavalla ja ovat siten virtuaalisen opetusalustan tarkastelussa merkittäviä. Laite- ja ohjelmistovalmistajat ovat tehneet tätä työtä jo vuosikymmenten ajan. Digitaalisten toimintojen ja teollisen internetin ominaisuuksien linkittäminen on keskeisenä tekijänä digitaalisten kaksosten prosesseissa, sekä virtuaalisen opetusalustan valmistamisessa.

”Idea fyysisen järjestelmän kaksosten toteuttamisesta ei ole uusi käsite, koska NASA käytti sitä jo yli puoli vuosisataa sitten Apollo-ohjelman aikana, jossa rakennettiin vähintään kaksi identtistä avaruusaluusta, jotta avaruusaluksen olosuhteet voisivat heijastua toimintojen aikana” (Rosen;Wicher;Lo;& Bettenhausen, 2015).

”NASA Apollo ohjelmassa suunniteltua ensimmäistä fyysisten kaksosten (Physical Twins, PT) käsitettä käytettiin harjoitus tarkoituksiin, koska sitä hyödynnettiin lennon valmistelussa ja simulointivaihtoehtoina. Yleensä todellisen tuotantoympäristön kopiointi aitojen ohjeiden muodostamiseksi työntekijöiden koulutusta varten on luontainen konsepti Learning Factorylle, joka on suunniteltu oppimisalustaksi, joka mahdollistaa suoran lähestymistavan tuotteiden valmistusprosessiin” (Caldorola;Modini;& Sacco, 2015).

Teollisuus 4.0 ja teollisen internetin hyödyntämiseen tähtääviä opetusjaksoja on voitu suorittaa useilla eri kursseilla. iCIM järjestelmän parannustyöt ja yhteistyö ohjelmistojen ja laitetoimittajien kanssa mahdollistaa uusimpien tekniikoiden soveltamista eri automaatio ja robotiikka koulutuksissa. Virtuaalisen alustan soveltuvuus opetuskäytössä on todettu maailmanlaajuisesti hyväksi ja toimivaksi opetusmuodoksi.

Opetuksen näkökulmasta virtuaalisen opetusalustan keskeisiä osatekijöitä ovat digitaalisen kaksosen tuomat opetuksen mahdollisuudet. Teollisuus 4.0 on ensiarvoisena tekijänä opetuksen sisällössä. Teollisen internetin erot tavalliseen internet järjestelmiin tulisi selkeästi opetuksessa korostaa varsinkin standardien ja turvallisuuden kannalta. Virtuaalinen käyttöönotto on lähellä virtuaalista opetusympäristöä koulutuksen toteuttamisessa.



Kuva 9 Samkin automaatioprosessin kehitystavoite. Kuva (Siemens PLM Europe, 2018).

Kuva yhdeksän esittää suunnittelujärjestelmän ratkaisuksi mekaniikan suunnitteluun Siemens NX ohjelmistoa Automation Designer lisäosalla eli Mechatronics Concept Design apuohjelmalla. ”Vahvaa integraatiota PLC-ohjelmointiin TIA-portaalilla. E-CAD-integraatiota EPLAN ohjelmistolla, sekä selkärangaksi Teamcenter” (Siemens PLM Europe, 2018). ”Mekatronisen järjestelmän optimaalinen suunnittelu vaatii mekaanisten, elektronisten ja upotettujen ohjausosajärjestelmien oikean mitoituksen” (Dieterle; Isermann; & Isermann, 2008).

”Automation Designer integroi sähkökaavioiden ja PLC-sovellusohjelman tekemiseen. Automaatiosuunnittelija integroituu tiiviisti linja- ja konesuunnittelun 3D-tekniikkiin tietoihin. Jalostamalla muiden tekniikan alojen tietoja, Automation Designer mahdollistaa kestävästä kokonaisuudesta tuotantosuunnitteluketjun” (Siemens Digital Industries, 2020).

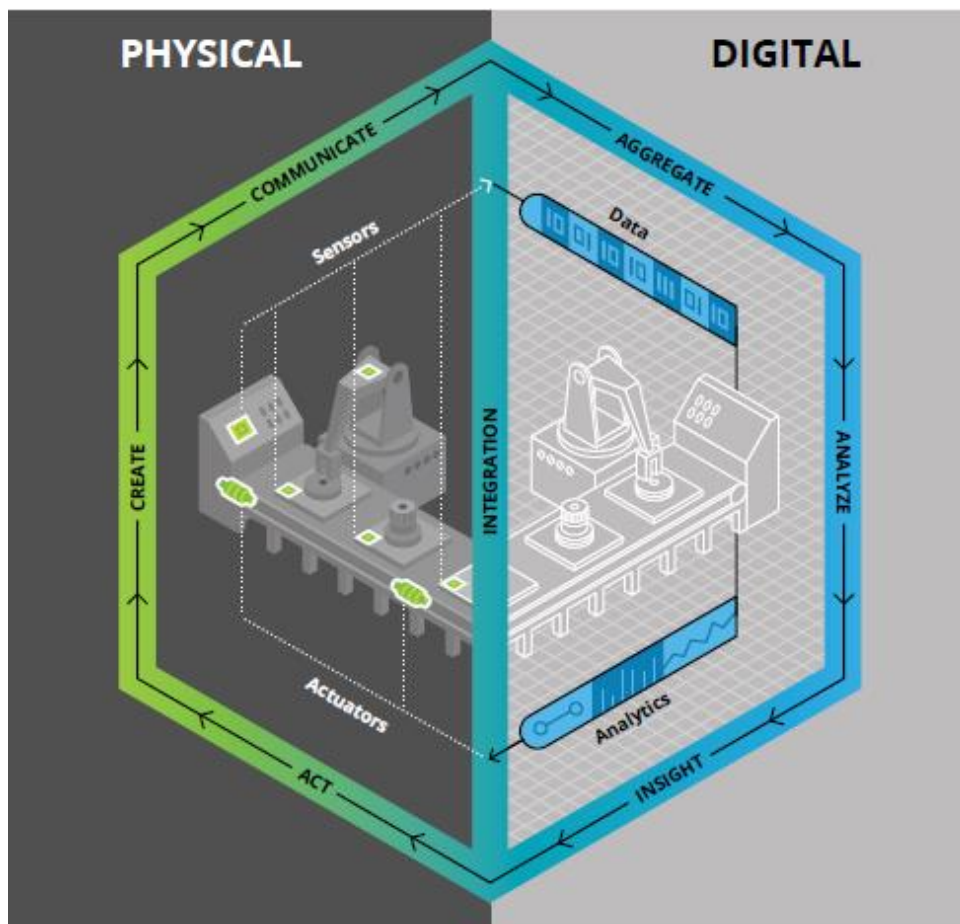
”Automaatioprosessin kokonaissuunnittelussa haasteita tuovat jatkuva automaation lisääntyminen ja monimutkaisuus. Tuotantosarjojen lisääntyvät muutostyöt. Käyttöön otot tuomat tuotantoseisakit. Tuotannon suunnittelun ajalliset rajoitukset. ICT-toimintojen rajalliset resurssit” (Siemens PLM Europe, 2018).

”Integroitu tietomalli vähentää riskejä ja lisää tehokkuutta. Monialainen ja verkottunut yhteistyö tehostaa projekteja. Sääntöpohjainen suunnittelu säästää aikaa, vähentää virheitä, sekä parantaa prosessien hallintaa. Mekatroniset mallit asettavat standardit ja vähentävät virheitä” (Siemens PLM Europe, 2018).

”Mekatroniikka on useita teknologioita yhdistävä monitekninen suunnitteluala. Mekatronisten järjestelmien suunnittelu vaatii useiden erilaisten suunnittelualojen yhteistyötä. Mekatroniikka yhdistää mekaniikan-, elektroniikan- ja sähkösuunnittelun, sekä PLC ohjelmoinnin, jotka yhdessä mahdollistavat yksinkertaisempien, taloudellisempien, luotettavien ja monimutkaisten järjestelmien tuottamisen. Tarve järjestelmän ymmärtämiseksi on selvä: Mekatronisen koneen suunnitteluprosessi yhdistää eri suunnittelun osa-alueiden tuottaman suunnitteluinformaation yhdeksi toimivaksi laitteeksi, jonka ymmärtäminen vain yhden suunnittelun osa-alueen näkökulmasta on mahdotonta” (Bishop., 2018).

”Tuotteita ei voida enää kehittää erillään: teollisuusympäristö ja tuotteiden välinen vuorovaikutus on otettava huomioon koko tuotteen elinkaaren aikana. Tästä näkökannasta digitaalinen kehitysvaihe on vain pieni osa. Virtuaalisissa laitteissa vaihtelevat konfiguroijat, käyttö ohjelmistot (esim. konenäölle) ja digitaalisen kunnossapidon Smartenance to IoT yhdyskäytäviä pilveen, sekä signaali näyttöihin. Tämä suuntaus kehittyy nopeasti” (Festo, 2018).

”Elinkaaren hallinnalla digitaalisissa kaksosissa vältetään investointeja fyysisiin prototyypeihin. Samalla ehkäistään laiteinvestoinnit ennen kuin niiden toiminnot saadaan toimimaan kokonaisuudessaan, kuten on suunniteltu” (<https://www.networkworld.com>, 2019).



Kuva 10 Digitaalinen kaksonen ja fyysikaalidigitaalinen silmukka (Deloitte University Press, 2017).

Kuvan kymmenen fyysisen ja digitaalisen kaksosen kokoonpano avaa matkaa fyysisestä maailmasta digitaalisen maailman ja takaisin fyysiseen maailmaan. ”Tämä fyysinen-digitaalinen-fyysinen matka sisältää Deloitteen lähestymistavan perustan Teollisuus 4.0 järjestelmään. Systemi kuvaa laajasti digitaalista tuotantoympäristöä yhdistäen edistyksellisiä valmistustekniikoita teollisen internetin kanssa, viestien, analysoiden ja kehittämien jatkuvasti älykkäämpiä toimia fyysisessä maailmassa” (Deloitte University Press, 2017).

Forbes jakaa digitaalisen kaksonen kolmeen tasoon, joita ovat komponentti, osa ja järjestelmä. ”Komponentin nähdään sisältävän fyysisen parinsa tiedoista vain tuotteen kriittisen osan kuten esimerkiksi sylinterin tai männän. Kerätyn datan tutkimus mahdollistaa koko tuotteen suoritusanalyysin tekemistä, sekä huollon tarpeen arviointia. Jos komponentin tilassa on häiriötä, niin järjestelmä vikaantuu ja toimenpiteitä voidaan ennakoida. Osa, kuten moottori tai pumppu, kattaa vastaavat hyödyt kuten komponentti, mutta saatua informaatiota voidaan skaalalta kokonaisuuteen. Järjestelmä tasolla eri osien havainnoiminen ja analysointi yhdessä kattaa kokonaiskuvan tuotteen toiminnoista ja ongelmista” (Woods, 2020)

4.2 Tuotteen elinkaaren hallinta

”Monitekniset tuotteet, asiakaskohtainen räätälöinti ja järjestelmien elinkaaren kattavat palvelut edellyttävät paitsi tehokasta tiedonhallintaa myös toimivia käytäntöjä ja tehokasta yhteistyötä eri suunnittelualojen välillä, jotta sekä nykyiset että tulevat vaatimukset voidaan huomioida heti suunnittelun alkumetreiltä. Tuotetieto voi olla lukuisissa eri formaateissa: digitaalisena, paperilla, hiljaisena tietona, piirustuksina, 3D-malleina, kuvina, videoina jne. Eri elinkaaren toimijat ja prosessit tuottavat erityyppisiä spesifikaatioita ja ymmärtävät tuotteen, sen piirteet ja ominaisuudet, sekä tuotetiedon omasta näkökulmastaan hieman eri tavoilla. Jotta monitekkinen tuote tai järjestelmä voidaan suunnitella parhaalla tavalla, se pitää ymmärtää myös abstraktilla tasolla niin että se pystytään mallintamaan ja digitalisoimaan” (VTT, 2012).

”Tehokas tuotteen elinkaaren hallinta eli PLM, kasvattaa tuotteen arvoa mahdollisimman suureksi ja välttämättömäksi myös asiakkaan näkökannalta katsoen. Yritykselle PLM avaa kontrolloidun arvoketjun jo ideavaiheessa ja päättyy vasta tuotteen poistumiseen käytöstä. Yrityksen käytössä on täydellinen tuotetieto koko elinkaaren ajan” (Stark, 2015).

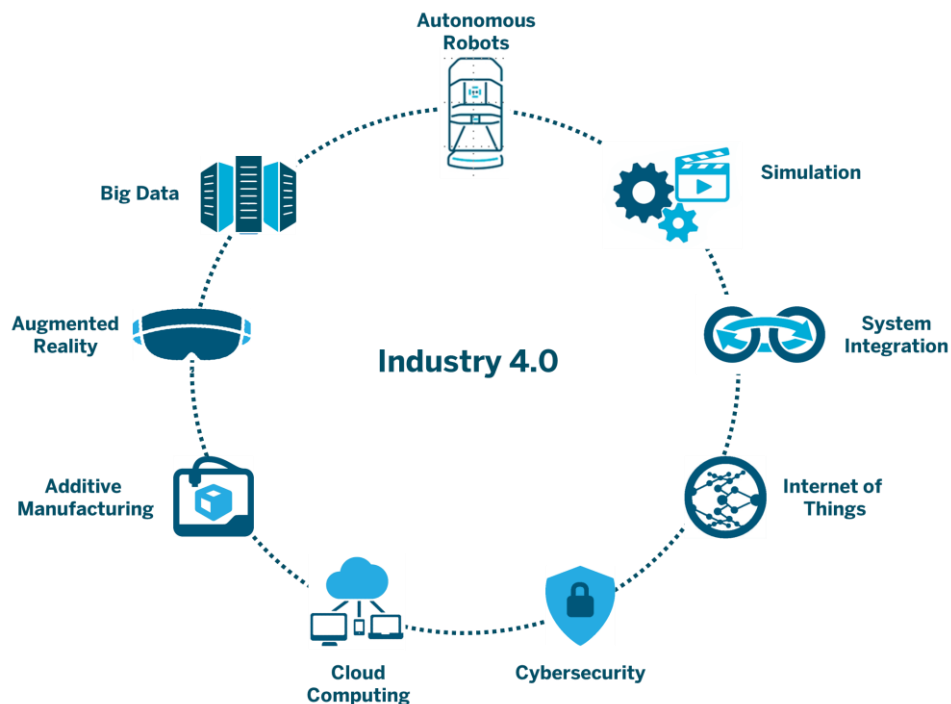
”Tuotteen elinkaaren hallinta on keskeinen prosessi asiakkaiden elinkaari palvelujen tarjonnassa. Lisäarvoa tuodaan myös tuotteen käytön aikana. Elinkaari palveluja voidaan tarjota alihankkijoille, huoltoyrityksille ja loppukäyttäjille, joilla kaikilla on omat kosketuspintansa tuotteeseen, sekä toimittaa omat analyysit ja laskutukset käytön mukaisesti” (Kube, 2020).

”PLM:n toteuttamisen hyödyt nähdään, ei pelkästään kustannussäästöinä ja tuoton nousuina, vaan välttämättömien, sekä tärkeiden muutosten tekemisessä avainprosesseihin, käytäntöihin ja tekniikoihin. Ongelmat näissä voidaan huomata PLM:n avulla ja niihin kyetään vaikuttamaan tehokkaasti. Tämä mahdollistaa tietoisten ja järjestelmällisten muutosten tekemisen tärkeisiin elinkaareen liittyviin päätöksiin elinkaaren aikana” (Sääksvuori & Immonen 2008).

”Nykyaikainen tuotekehitys perustuu digitalisaatioon. Yrityksen jokainen osasto ottaa vastaan muiden digitaalisen työn ja parantaa sitä, sekä tuo siihen lisäarvoa. Digitaalisen verkoston kehitysprosessissa rakennetaan toisistaan riippuvat digitaaliset toimitukset, jotka ovat sidoksissa toisiinsa. Tämä on punainen lanka digitaalista verkostoa rakennettaessa” (Insights, 2019).

4.3 Teollisuuden neljäs vallankumous

”Neljäs teollinen vallankumous tarkoittaa fyysisten ja digitaalisten teknologioiden, kuten analytiikan, keinoälyn, kognitiivisten teknologioiden ja IoT:n yhdistymistä. Fyysisen ja digitaalisen maailman liitto luo täysin uudenlaisia liiketoimintamahdollisuuksia ja -riskejä” (ennakointi akatemia, 2020). ”Merkittäviä parannuksia järjestelmän kokonaissuorituskykyyn voidaan saavuttaa yhdistämällä varhaisessa vaiheessa fyysisen järjestelmän suunnittelu ja ohjausjärjestelmän kehitys” (Isermann; Stobart; May; Challen; & Morel, 1999).



Kuva 11 Teollisuus 4.0 (aethon.com, 2020).

Kuva yksitoista havainnollistaa kuinka ”Teollisuus 4.0 järjestelmässä autonominen havaitseminen, älykäs yhdistäminen, älykäs oppimisanalyysi ja älykäs päätöksenteko on monessa toiminnassa päätösten perustana. Autonomiset ajoneuvot, biologia, energianjakelu, lääketiede, siviilirakentaminen, terveydenhuolto ja älykäs valmistus ovat jo saaneet merkittäviä vaikutuksia järjestelmän kehityksestä” (Zhong; Xu; Klotz; & Newman, 2017).

”Teollisuus 4.0 prosessin yhteensopivaksi valmistusjärjestelmät päivitetään älykkäälle tasolle. Älykäs valmistus hyödyntää edistyksellisesti tieto- ja valmistustekniikoita saavuttaakseen joustavat, älykkäät ja uudelleen konfiguroitavat valmistusprosessit vastaamaan dynaamisiin ja globaaleihin markkinoihin” (Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing, 1999).

”Teollisuus 4.0 on Saksan strateginen järjestelmä kehittyneiden tuotantoratkaisujen maailmanvalloitukseen. Neljännen sukupolven keskeisenä tekijänä on siirtyä aiemmin toteutetusta tuotannon ja valmistuksen keskitetystä järjestelmästä, hajautettuun järjestelmään. Teollisten tuotantoprosessien hallinta ”älykkään tuotannon” koneiden, järjestelmien ja verkkojen itsenäisillä toiminnoilla on strateginen maailmanvalloituksen ydin” (Germany Trade and Invest, 2017).

”Tiedonhallinta pilvipalveluna on internetin, virtualisoinnin ja palvelukeskeinen tekniikka, joka muuttaa tuotannon resursseja palveluihin, jotka voidaan jakaa ja levittää kattavasti” (Xu, 2011). ”Palvelu kattaa tuotteen koko elinkaaren suunnittelusta, simuloinnista, valmistuksesta, testauksesta ja ylläpidosta, ja siksi sitä pidetään yleensä rinnakkaisena, verkottuneena, ja älykkäänä valmistusjärjestelmänä ”valmistuspilvi” jossa tuotantoresursseja ja kapasiteettia voidaan hallita älykkäästi. Siten valmistusdatan käyttö voidaan tuottaa pilvipalvelusta kaikenikäisille loppukäyttäjille” (Zhang;Tao;& Luo, 2014). ”ICT on laajennettu IT, joka korostaa yhtenäistä viestintää ja televiestinnän integrointia, samoin kuin muuta tekniikkaa, joka pystyy tallentamaan, lähettämään ja käsittelemään tietoja” (Hashim, 2007).

”Älykäs suunnittelu. Uuden tekniikan, kuten VR: n ja laajennetun todellisuuden AR, nopea kehitys, perinteinen muotoilu päivitetään ja alkaa ”älykäs aikakausi”. Suunnitteluohjelmat, kuten tietokoneavusteinen suunnittelu CAD ja tietokoneavusteinen valmistus CAM pystyy olemaan vuorovaikutuksessa fyysisen älykkyyden kanssa prototyypijärjestelmät reaaliajassa, kolmiulotteisen mahdollisuuden avulla 3D tulostus on integroituna CPS: n ja AR: n kanssa” (Zhong; Xu; Klotz;& Newman, 2017)

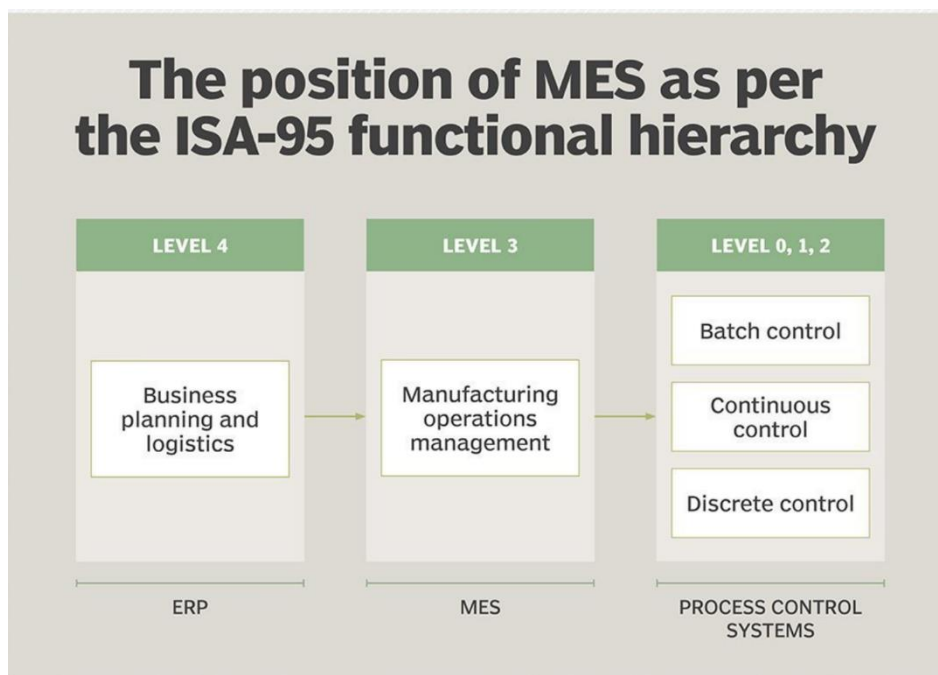
4.3.1 Älykäs tuotanto

”Älykäs teollisuus, jossa ihmiset, laitteet, esineet ja järjestelmät muodostavat dynaamisen, itseohjautuvan tuotannon verkoston. Prosessien hallintaa reaaliaikaisesti ja virtuaalimaailman vuorovaikutuksella” (Germany Trade and Invest, 2017). ”Digitaalinen tehdas on yleinen termi virtuaalisten mallien, menetelmien ja työkalujen verkolle, joka on integroitu tuotantojärjestelmän elinkaarivaiheisiin” (VDI4499, 2019).

”Älykkäässä teollisuusmaailmassa valmistajat saavuttavat suuremman tehokkuuden yhdistämällä todelliset ja virtuaaliset maailmat, kyberfysikaaliset järjestelmät, digitaalisen kaksosen avulla täysin uusien tuoteinnovaatioiden saavuttamiseksi (samoin kuin valmistuksen tehokkuus ja toimivuus), eliminoimalla riskit ja maksimoimalla IoT-verkkoon liitetyt toiminnot ovat olennainen osa älykästä valmistusta, koneiden yhdistämistä kerättävään MES dataan ja tuotantoprosessin seurantaan läpi laitoksen” (Aberdeen Group, 2018).

”Amerikkalainen ISA määritteli vuosina 2000 – 2005 ISA-95:ksi kutsutun standardin, joka määrittelee valmistuksenohjausjärjestelmän rakenteen ja tehtävät. Käytännössä kaikki nykyaikaiset MES järjestelmät pyrkivät noudattamaan tätä standardia ja myös suurimmat ERP-valmistajat, kuten SAP ja Microsoft ovat sitoutuneet tukemaan tätä standardia” (Production Software, 2020).

”Vaikka ISA-95 määrittelee yksityiskohtaisesti valmistusohjausjärjestelmän osat ja toiminnot, kaikki valmistusohjausjärjestelmät eivät suinkaan ole samanlaisia. Valmistusohjausjärjestelmän tehtävänä on ohjata tehtaan tuotantoa ja niinpä valmistusohjausjärjestelmän toteutus, ja se mitä osia se sisältää, riippuu aina yrityksen omista toimintaperiaatteista” (Production Software, 2020).



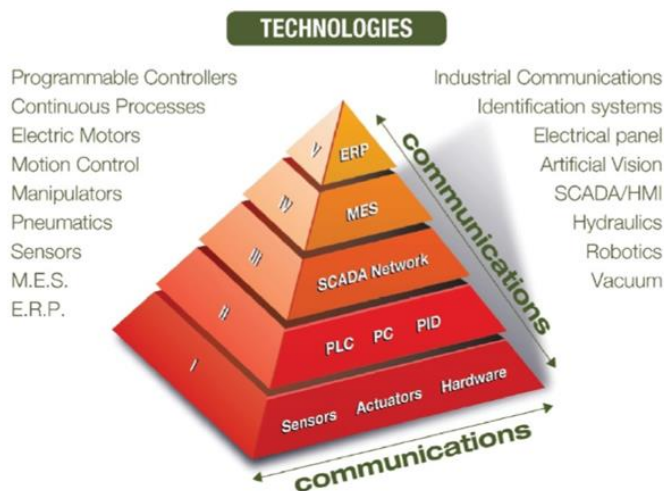
Kuva 12 ERP ja MES järjestelmien vaikutus prosessin valvontaan. Kuva (Production Software, 2020).

Kuva kaksitoista on ISA-95-standardin mukainen yleiskuva toiminnasta ja siitä, miten se liittyy toimiston tietokonejärjestelmiin. ”Kuvassa näkyvä vihreä viiva osoittaa rajan valmistusohjauksen ja ERP:n tai muun ulkopuolisen järjestelmän välillä. Nämä rajat ovat kuitenkin usein tapauskohtainen ja voi tarvittaessa siirtyä jompaankumpaan suuntaan” (Production Software, 2020).

”Valmistusohjausjärjestelmän päätehtävä on tuotannonhallinta, mutta varsinkin yleisesti sen piiriin kuuluvat huollon-, laadun- ja varastonhallinta. Nämä ovat kaikki suuria osa-alueita ja käytännön järjestelmää luotaessa joudutaan aina tapauskohtaisesti ratkaisemaan se, mitä toimintoja kultakin osa-alueelta hoidetaan. ISA-95 määrittelee myös nämä ala-alueet ja niillä tapahtuvat toiminnot.” (Production Software, 2020)

4.4 Tiedon kulku automaatiassa

Teknologian integrointia voidaan usein esittää käyttämällä "automaation pyramidia", joka yleensä sisältää viisi teknistä tasoa teollisessa ympäristössä. Teknologiat liittyvät toisiinsa, sekä kullakin tasolla, että eri tasojen välillä tapahtuvalla teollisen viestinnän avulla.



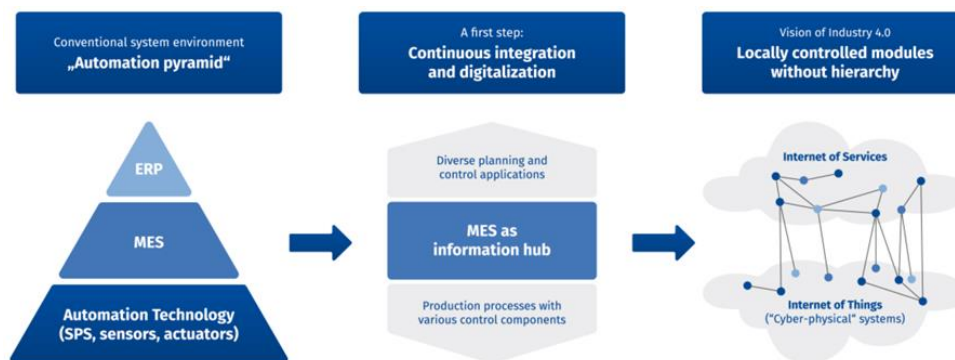
Kuva 13 Klassinen "automaatiokolmio" (www.smctraining.com, 2018).

Kuvan 13 klassista automaatiokolmiota esitetään hyvin monin eri tavoin. Eri yrityksillä on erilaiset tietojärjestelmät ja samoin järjestelmien rakenteet, jotka voivat olla hyvinkin monimutkaisia rakenteeltaan erilaisien tuotantotapojen takia. Kolmiossa tärkeätä on havainnoida tiedonkulun siirto kaikkiin suuntiin. Automaatiokolmio kuvaa hyvin toimintojen kerrostuneisuuden ja yhteenliittymisen eri tasoilla. Tietovirtojen hyödyntäminen tuotannon eri tasoilla toimilaitteista ja antureista ERP järjestelmä tasolle on keskeinen tekijä.

Korkeimmalla tasolla on yrityksen ERP järjestelmä, jolla ohjataan yrityksen kaikkia toimintoja ja ne voivat olla hyvinkin laajoja kokonaisuuksia. Esimerkkinä SAP järjestelmä, jolla monikansalliset yritykset hallitsevat laajoja ja monimutkaisia toimintoja globaalisti. Tyypillisesti MES järjestelmällä ohjataan automaatiojärjestelmiä ERP:ltä saatujen parametrien mukaisesti. Useissa kuvauksissa MES:in rinnalla toimii myös SCADA järjestelmä – toteutuksia on runsaasti.

Toimilaittekohtaiset PLC ohjaukset toimivat toimilaitteiden ohjaamiseen, antureiden ja tunnisteiden tilojen lukemiseen. Tiedonvälitys toimii molempiin suuntiin ja MES kerää tietoa, analysoi ja käskyyttää annettujen ohjeiden mukaisesti. Järjestelmissä on mahdollista toimittaa tietoa ERP tasolle saakka. Suuremmissa kokonaisuuksissa mukana on esimerkiksi varastonhallintajärjestelmä, jolloin prosessien kuvakset tiedonsiirron osalta kuvataan eri tavalla. Pienemmät tai selkeämmin rakennetut yksiköt voivat toimia pelkästään MES pohjaisena.

Alla olevasta kuvasta havaitaan, että ensimmäinen askel kohti Teollisuus 4.0 teknologiaa tarkoittaa useimmille yrityksille ja koulutuslaitoksille tuotantoprosessissa mukana olevien järjestelmien uusimista ja digitointia, kuten tässä työssä tehdyn vCIM-järjestelmän kautta, jolloin reaaliaikainen avoimuus saavutetaan. ”Yksittäisten toimintojen horisontaalinen integrointi on myös välttämätöntä. Keskeinen tekijä on MES, joka kerää, analysoi, prosessoi ja järjestää muut järjestelmät Big Data tiedoilla. Tämä mahdollistaa kustannussäästöjä ja tehokkuuden parantamista” (symestic.com, 2018).



Kuva 14 Kehitys ”automaatio pyramidista” teollisuus 4.0 (symestic.com, 2018).

Kuva 14 tarkastelee Teollisuus 4.0 kehitystä automaatiopyramidista siirtymisenä perinteisestä hierarkkisesta järjestelmästä nykyiseen MES aikakauteen, sekä tulevaisuuden visiosta kyberfyysiseen järjestelmään. Pilvipalveluiden mahdollisuudet käyttää ja jalostaa dataa riippuu enää tietoliikennenopeuksista ja toimivista yhteyksistä, sekä turvallisuudesta.

”Kyber-fyysinen tuotantojärjestelmä on tuotantojärjestelmä, joka on varustettu älykällä koneilla, roboteilla, varastojärjestelmillä ja tuotteilla, jotka voivat itsenäisesti vaihtaa tietoja, suorittaa toimintoja ja ohjata toisiaan. Ne voivat parantaa

teollisuusprosesseja tuotannossa, suunnittelussa, materiaalikäytössä sekä toimitusketjun ja tuotteen elinkaaren hallinnassa” (<https://teknologiateollisuus.fi>, 2020).

5 SIEMENS PLM

”Tuotteen elinkaaren hallinta (PLM) on liiketoiminta, jolla hallitaan tehokkaimmin yrityksen tuotteita koko niiden elinkaaren ajan. Tuotteen tai palvelun ensimmäisestä ideasta aina siihen asti, kunnes se poistetaan käytöstä ja hävitetään. PLM on yrityksen tuotteiden hallintajärjestelmä. Se ei hallitse vain yhtä tuotteistaan. Se hallinnoi integroidusti kaikkia osia ja tuotteita sekä tuotevalikoimaa. PLM hallinnoi koko tuotevalikoimaa yksittäisestä osasta yksittäisen tuotteen kautta koko tuotevalikoimaan. Korkeimmalla tasolla PLM: n tavoitteena on lisätä tuloja tuotteesta tai palvelusta, vähentää tuotteisiin liittyviä kustannuksia, maksimoida tuoteportfolion arvo ja maksimoida nykyisten ja tulevien tuotteiden arvo sekä asiakkaille että osakkeenomistajille” (Stark, Product Lifecycle Management, 2015).

”Useimmilla yrityksillä on suuri vastustuskyky muutoksille. Jos kaikki toimii enemmän tai vähemmän hyvin, he eivät halua muuttua. Joten mikä sai heidät hyväksymään tarpeen vaihtaa PLM:ksi. Tärkein syy on, että tuotteiden ympäristö muuttui niin paljon, että he eivät voineet sivuuttaa muutosta. 1980-luvulta lähtien muutosvoimia oli paljon. Teknologiset muutokset. Makrotaloudelliset muutokset. Tuotteen monimutkaisuus lisääntyy. Uudet teknologiset mahdollisuudet. Uudet makrotaloudelliset mahdollisuudet. Tämän seurauksena tuotteisiin kohdistui paineita kaikilta puolilta. Tuoteympäristö muuttui yhä monimutkaisemmaksi, ja monet päällekkäiset muutokset vaikuttivat moniin toisiinsa kietoutuneisiin tekijöihin ja riippuvuuksiin. Tuotteisiin kohdistui paineita kaikilta puolilta. Uuden tekniikan aiheuttama paine, uusien markkinoiden aiheuttama paine, uusien säännösten aiheuttama paine ja uusien kilpailijoiden paine. Yritysten ei ollut vain vastattava moniin muutoksiin. Oli myös, että muuttuvaa tuoteympäristöä oli vaikea ymmärtää. Ei ollut ilmeistä, miten se kehittyi tulevaisuudessa” (Stark, Product Lifecycle Management, 2015).

Keskeisenä tekijänä virtuaalisen opetusalustan rakentamisessa on tiedonhallinnan keskittäminen ja koordinoiminen. Siemensin ohjelmistojen suunnittelussa on keskitytty suurten ja vaativien yritysten vaatimuksiin. Ohjelmistojen ominaisuudet pystyvät käsittelemään vaativia 3D kokoonpanoja, sekä yhdistämään eri osa-alueiden toiminnot keskenään verkottuneesti.

Siemensin NX, Process Simulate, Teamcenter ja TIA Portal kombinaatio on pitkälle kehitetty automaation tiedonhallintajärjestelmä, joka palvelee yrityksen kaikkia osastoja. Keskitetty tiedonhallinta voidaan linkittää suoraan toiminnanohjausjärjestelmiin. Tiedon hallinta voidaan kanavoida juuri oikeille käyttäjille siinä muodossa, kuin niitä tarvitaan.

”Integroitu suunnittelutapa antaa enemmän vapausastetta mekaaniseen suunnitteluun ja sen ohjausjärjestelmän optimoimiseksi, kuin klassinen lähestymistapa. Erityisesti suunnitteluprosessin parannus voitaisiin saavuttaa ottamalla huomioon seuraavat näkökohdat: suunnitteluvaiheiden toisto, eri erityisalueiden vuorovaikutteisten työkalujen käyttäminen suunnittelussa ja soveltuvien mallien tukemien optimointialgoritmien soveltamiseen” (Dellino;Lino;& Rizzo, 2007).

”Siemensin Teamcenter elinkaaren hallintajärjestelmän (PLM) innovaatioiden hallinnan digitaalisena punaisena lankana on yhdistää ihmiset ja prosessit tietosiilojen avulla. Teamcenter tuotevalikoiman leveys ja syvyys tarkoittaa, että voidaan ratkaista enemmän vaikeita haasteita, joita tarvitaan erittäin menestyvien tuotteiden kehittämiseen” (Siemens, 2020).

”Teamcenterin avulla pääomahyödykkeiden digitalisointistrategia lisää tehokkuutta koko organisaatiossa mahdollistaen simulaatioiden ja optimointien digitaalisten kaksosien avulla. Pääoman elinkaaren hallintaohjelmisto auttaa yrityksiä digitalisoimaan pääomavaransa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa perustamalla yritystietojen hallinnan ja yhteistyön perustan pääoman elinkaareen; konseptista operaatioihin” (Siemens, 2019).

Yritysten käytössä Teamcenterin mahdollisuudet riippuvat liikkeenjohdon kyvystä hyödyntää kaikkia mahdollisia toimintoja, joita ohjelmistojen laajuus tarjoaa. Keskeisenä tekijänä on tietenkin ohjelmistotoimintojen yhteistyökumppani omalla osaamisellaan ja henkilökunnallaan. Tärkeintä on selvittää yrityksen todelliset tarpeet ja vaatimukset, sekä mahdollisuudet hyödyntää kaikkia toimintoja.

Teamcenter on tiedon hub. Keskitetyllä datanhallinnalla ERP järjestelmiin, NX CAD ohjelmiin, Process Simulate ohjelmaan ja esimerkiksi TIA Portal järjestelmään voidaan hallita kokonaisvaltaisesti laajoja valmistusprosesseja.

Työvaiheiden simulointi voidaan tehdä Teamcenter ohjelman sisällä ja siirtää kaikkiin tarvittaviin ohjelmistoihin, mikäli esikättelyt ovat valmiina. Yhdistämällä NX, Process Simulate, Teamcenter ja TIA Portal saadaan verkostokombinaatio, joka huomioi kaikki muutokset jokaiseen ohjelmaan ajantasaisesti, tehtiin ne missä ohjelmassa tahansa, mutta vaatii käyttäjältä fyysisen toteutuksen.

5.1 NX MCD, TIA Portal ja geneeriset Toolbox mallit

Automaatio-opetuksen virtuaalinen maailma tarvitsee kinemaattiset toiminnot ulkoisten ohjaukaskäskyjen toteuttamiseksi. Automaation osaaminen on haastavaa. 3D mekaniikan osaamisalueena kinemaattisten toimintoja pidetään myös vaativana. Kinemaattisten ja automaatio signaalien yhdistäminen kasvattaa vaikeusastetta. Virtuaalimaailman rakentamisessa vaaditaan molempien hyvää osaamista ja nykyisillä toimilla pieninkin mallien ja skenaarioiden rakentaminen on aikaa vievää toimintaa, sekä vaatii erittäin hyvää tarkkuutta.

Kinematikan lisääminen 3D malleihin mahdollistaa PLC ohjauksen toteuttamisen. Samalla mahdollistetaan ohjelman sisäisten ja ulkoisten liikkeenohjauksien toteuttaminen. Mekatronisilla Siemensin ohjelmistojärjestelmien toiminnoilla 3D maailmassa tarkoitetaan liikkeiden-, painovoiman- ja törmäysominaisuuksien toimintojen rakentamista jokaiselle liikkuvalla komponentille erikseen, jotta fyysisten laitteiden todelliset toiminnalliset ominaisuudet saavutetaan virtuaaliseen maailmaan, kuten ne fyysisessä maailmassa tapahtuvat. Toiminnot toteutettiin Mechatronics Concept Design (MCD) metodien mukaisesti Siemensin NX ja Process Simulate ohjelmilla.

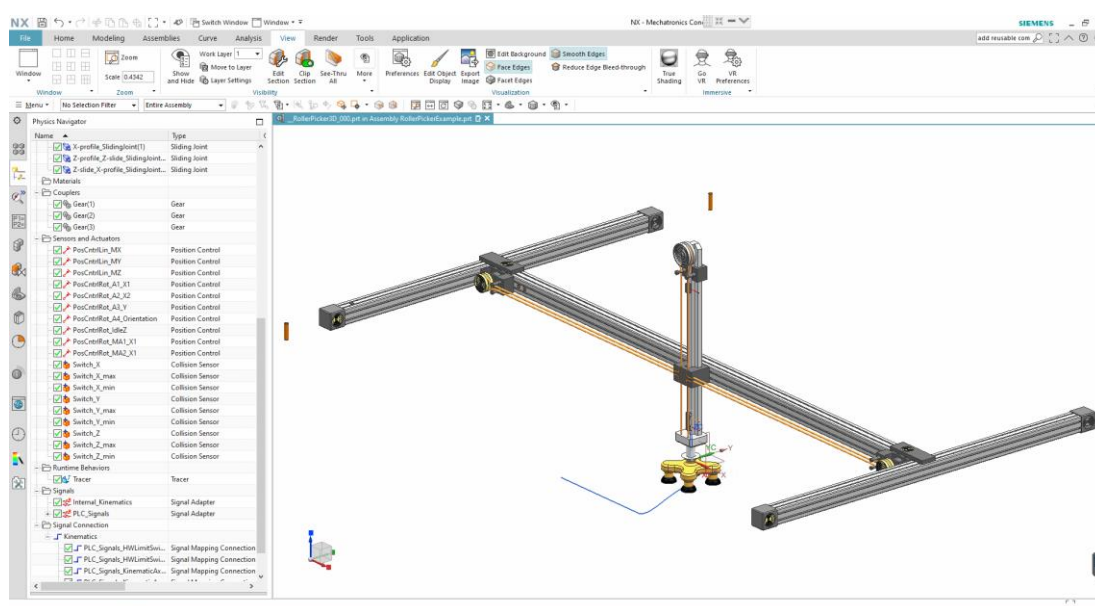
Eri 3D ohjelmistovalmistajilla on hieman toisistaan poikkeavat nimitykset ja toiminnot kinemaattisissa toimissa. Kokonaissuunnittelussa on ratkaistava virtuaalisen opetusalan vaatimukset automaation, mekaniikan, robotiikan ja sähköisten laitteiden osalta.

Siemens on rakentanut valmiita yhteensopivia malleja, joilla automaation skenaariot ja MCD toiminnot on rakennettu ohjelmiksi, jotka voidaan yhdistää toimiviksi kokonaisuuksiksi huomattavasti pienemmällä työmäärällä. Mallit sisältävät kaikki tarvittavat komponentit, jotka linkitetään keskenään toimiviksi.

NX MCD -projekteissa "Kinematics Toolbox" käyttö nopeuttaa projektien toteutusta merkittävästi. "Kinemaattiset toiminnot ovat esivalmisteltu NX ja TIA Portal ohjelmistoihin keskenään toimiviksi ja ne ovat toteutettavissa vapaasti skaalautuvina ja parametrisoitavissa todellisten mittojen, sekä toimintojen mukaisesti virheskenaarioiden testaamiseen" (support.industry.siemens.com, 2020).

”MCD Toolbox kirjasto sisältää eri kinemaattisia rakenteita 3D malleihin ja valmiita ohjelmakirjastoja SIMATIC S7-1500 T-CPU:n kinematiikkatyyppeineen standardien mukaisesti rakennettuina. MCD laajentaa NX:n klassisen CAD-suunnittelutoiminnot realistisella simulaatioympäristöllä, joilla fyysisten voimien vaikutus liikkuviin kohteisiin voidaan kartoittaa ohjausohjelman toimivuus koneensuunnittelussa” (support.industry.siemens.com, 2020).

Huomattavaa on, että Siemensin automaatioon liittyvä osaaminen on viety kokonaisuudessaan hyvin pitkälle. Kuvaavaa on se, että automaattiset kättelyt TIA Portal ja muiden ohjelmistojen kanssa on esivalmisteltu käytön helpottamiseksi.



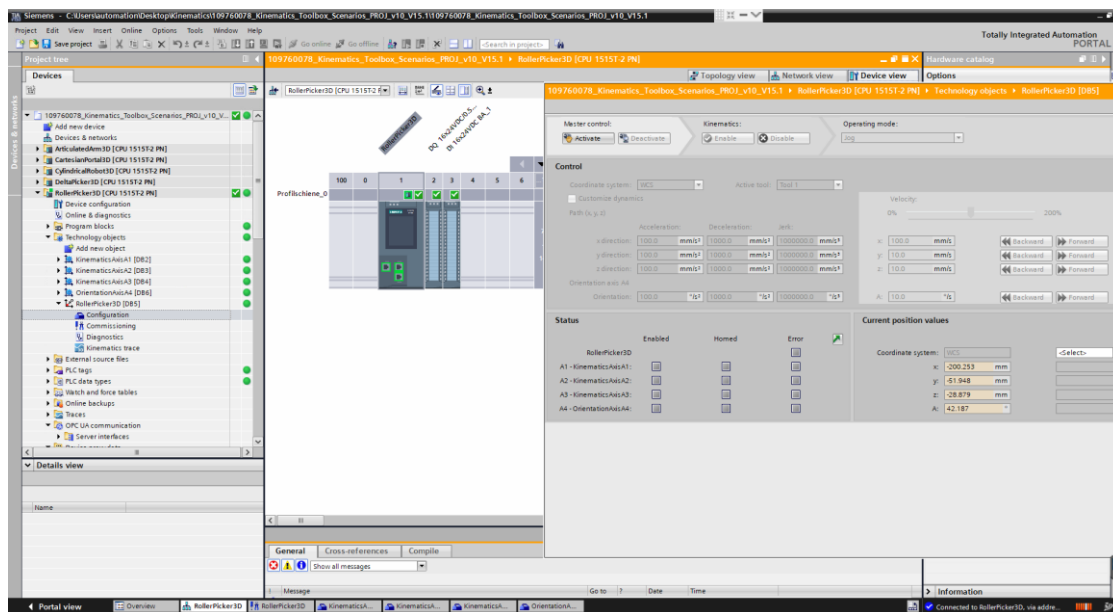
Kuva 15 Kinematics Toolbox kirjastosta ladattu esivalmisteltu poimijarobotti NX virtuaali-ohjelmistossa.

Kuvassa 15 graafisen esityksen mitat on muutettu vastaamaan fyysistä laitetta ja kinemaattiset toiminnot skaalautuvat malliin. PLC ohjelmistolle siirretään oikeamuotoinen data, joka päivitetään käytettävään skenaarioon. TIA Portal ohjelmiston liittämisen yhteydessä oikeat parametrit päivittyvät ohjelmiston parametreihin.

Valittavissa on myös portaalirobotti, jonka lineaarisesti toteutetut liikkeet ovat siirrettävissä vCIM varastorobottiin oikeiden mittojen muuttamisella robottia NX ohjelmaan ladattaessa – mitat voidaan muuttaa myös itse ohjelmassa. Huomioitavaa on Z, X ja Y akselien suunnat ja toiminnot. Tarkastusaseman FESTO robotti on toiminnoiltaan vielä lähempänä portaalirobottia, mutta varastorobotin hallinta on toteutettu vastaavalla periaatteella kuvan mukaisesti.

NX Mechatronics Concept Designer kirjastot sisältävät kattavan sisällön erilaisista automaation ja robotiikan toimintoja, joiden liittämistä valmiisiin 3D malleihin on tutkittava huomattavasti syvällisemmin niiden muokkaamiseksi varastorobotin toimintojen mukaisiksi virtuaalisella opetusalustalla Z, Y ja X akselien liikeratojen määrittelymiseksi. dCIM järjestelmän kuljettimien kinematiikka on käytännössä ainoa liike-muoto, jota tästä kirjaston valikoimasta ei löydy. Mechatronics Concept Designer ohjelmalla kuljettimen liikeratojen luonti on tehty mahdolliseksi, kuten myös Process Simulate ohjelmalla. Uusia ohjelmia tehtäessä kirjastoista voidaan poimia yksittäinen toiminto tai koko ohjelmisto haluttuun käyttöön.

TIA Portal ohjelmiston yhteistoimintaan NX MCD ohjelmiston kanssa kinematiikka, liikeparametrit ja ohjelmiston kokonaisrakenne on myös valmiina. Liikeratojen mitta-parametrien muuttaminen voidaan tehdä joko TIA Portal tai NX ohjelmistoilla, mutta tallennuksesta on pidettävä hyvää huolta, ellei Teamcenter ole liitettynä.

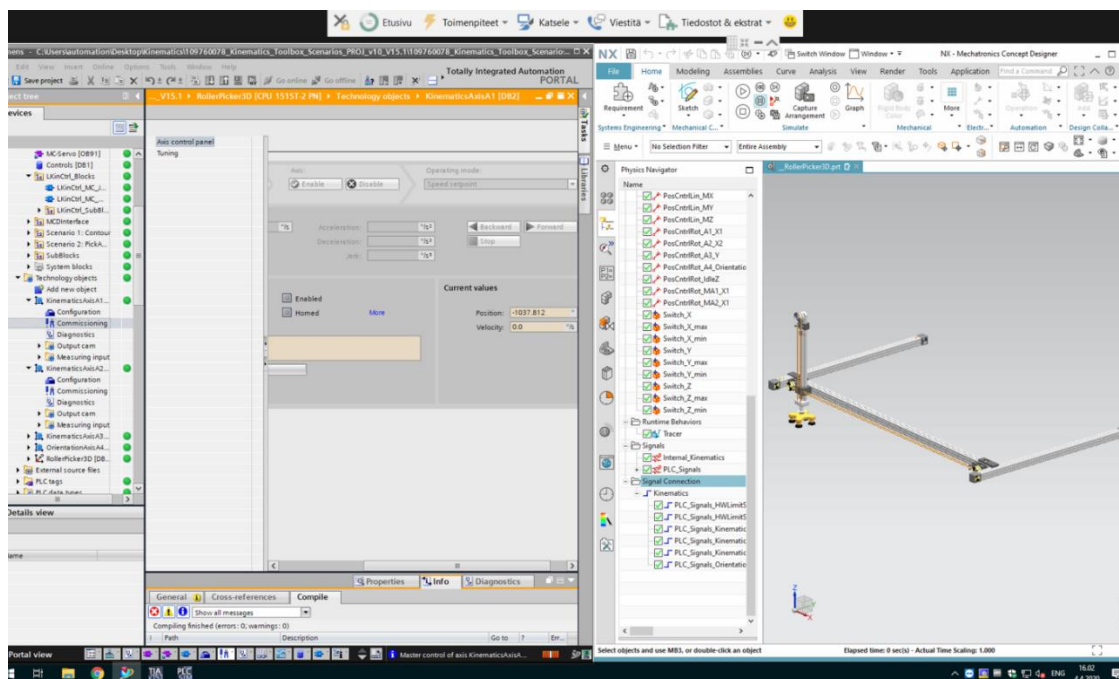


Kuva 16 TIA Portal esivalmisteltu ohjelmisto virtuaalialustalla.

Kuvan 16 virtuaalisella opetusalustalla tehty ”PLC-projekti MCD-mallille sisältää kinematiikan muotoradan, sekä esimerkiksi kuormalavan lastausskenaarion. Valmiina ovat myös liikekomentojen esiasetus kinematiikalle, akselien aktivointi ja lukitseminen, teknologiahälytysten kuittaaminen-, sekä akseliin viittaaminen ja kinematiikka-tekniologiaobjekti. Automaation näkökulmasta kinematiikka on vapaasti ohjelmoitava mekaanista järjestelmää, jossa useita mekaanisesti kytkettyjä akseleita aiheuttaa työpisteen liikkeen” (support.industry.siemens.com, 2020).

”PLC-projektin esimerkissä MCDInterface lohkon tietoja käytetään akselipaikkojen siirtämiseen MCD-malliin. Liitäntä PLCSIM Advanced ja MCD Signal Mapping Connection välillä Data lohkon "MCDInterface" kohdekohdat yhdistetään signaaleilla MCD-mallista” (support.industry.siemens.com, 2020).

”Virtuaalisia ohjaimia voidaan myös testata ja validoida järjestelmän tai koneen yhteydessä. Sovellusohjelmointirajapinta (API) mahdollistaa IO manipuloinnin-, ja sitä käytetään virtuaalisen ohjaimen yhdistämiseen koneen tai laitoksen virtuaaliseen malliin. Riippuen validointikysymyksistä, joihin simulaation pitäisi vastata, koneen tai laitoksen virtuaalimalli voi sisältää kaksi komponenttia” (support.industry.siemens.com, 2020).



Kuva 17 NX MCD ja TIA Portal virtuaalialustalla integroituna.

Kuvan 17 integroitujen järjestelmien edut korostuvat virtuaalisen opetusalustan valmisteluissa, mikäli kirjastojen kaikki resurssit ovat käytössä. Erilaisten liikkeiden ja toimintojen monipuoliset mahdollisuudet manipuloida juuri haluttujen prosessien mukaisesti ovat vertaansa vailla olevia työkaluja. Perusasioiden osaamisen jälkeen automaattisten toimintojen avulla laajojen kokoonpanojen mallintaminen, kopioiminen ja skaalaaminen eri tarpeisiin helpottuu ja virheiden mahdollisuus vähenee merkittävästi. Nämä kehittyneet toiminnot vaativat omaa, syvällistä tutkimusta.

5.2 Technomatix Process Simulate

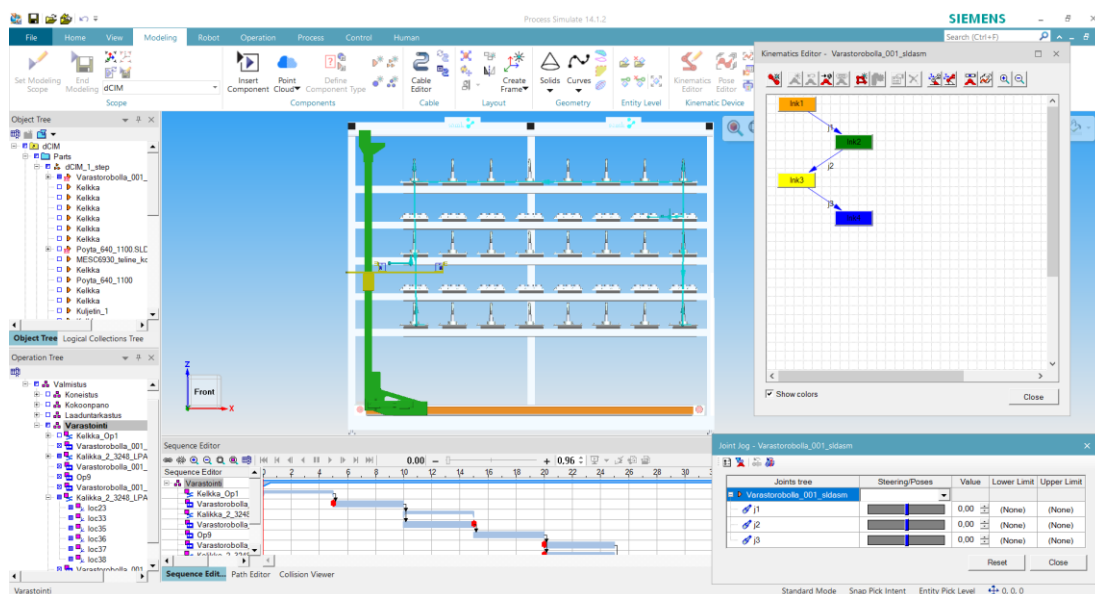
”Process Simulate on digitaalinen ratkaisu valmistusprosessin mallintamiseen 3D-ympäristössä. Process Simulate validoi valmistuskonseptit etukäteen ja uuden tuotteen koko elinkaaren ajan parantaen prosessien tuottavuutta. 3D-tiedot tuotteista ja prosesseista helpottavat virtuaalista validointia, optimointia ja käyttöönottoa monimutkaisissa valmistusprosesseissa, mikä nopeuttaa tuotannon käynnistämistä ja parantaa tuotantoprosessia” (plm.automation.siemens.com, 2020).

”Technomatix Process Simulate on digitaalinen tuotantosimulaattorityökalu tehtaiden erilaisten valmistusprosessien kehittämiseen ja toteuttamiseen. Process Simulate Human on lisäsovellus, joka laajentaa tätä toimintoa mahdollistamalla simulaation realistisesti ihmisen tehtävät, arvioi ihmisen suorituskykyä (esim. vammojen välttämiseksi) ja luo mahdollisuuden ergonomisiin tutkimuksiin” (PLM Automation Siemens, 2020).

”Siemensin Technomatix-ohjelmiston automaation ja robotiikan simulointiratkaisujen avulla voidaan työskennellä sekä tietohallinnassa että tiedostopohjaisissa ympäristöissä kehittäen automatisoituja- ja robottitoimintoja tuotantojärjestelmiin. Ohjelmiston työkalut käsittelevät robottisimulaation ja työasemien kehittämisen useissa eri tasoissa, yhden robotin asemista kokonaisuun tuotantolinjoihin ja vyöhykkeisiin. Yhteistyökaluilla voidaan parantaa viestintää ja koordinointia valmistusalojen välillä, mikä mahdollistaa paremman päätöksenteon. Tämän avulla automaatiojärjestelmät voidaan tuoda suunnitteluverkoston paljon nopeammin ja virheettömästi” (Siemens PLM, 2019).

Virtuaalisen opetusalustan valmistaminen dCIM järjestelmälle Technomatix Process Simulate ohjelmistoon voidaan toteuttaa Strand Alone versiona tai Teamcenter järjestelmään liitettynä. dCIM:in kinematiikka tehtiin Process Simulate Stand Alone ohjelmistoon ja testattiin järjestelmän toimivuus. Törmäystarkastelu ja työnkulun opettaminen sujuu mutkattomasti. Simulointi mahdollistaa liikkeiden tarkastelun ja korjaukset monipuolisten analyysien perusteella.

Process Simulate tärkeimpiä ominaisuuksia automaatioon soveltuvan virtuaalisen opetusalustan rakentamiseen on PLC hallintalogiikan ja signaalien toteuttaminen virtuaalisessa ympäristössä. Simulointi mahdollistaa turvallisen ympäristön opetuskäyttöön ilman fyysisten laitteiden rikkoutumisvaaraa.



Kuva 18 Toiminnallinen dCIM-varasto Process Simulate ohjelmassa.

Kuvassa 18 dCIM varastotoiminnot Process Simulate ohjelmistossa visuaalisesti esitettyinä. Tehtyihin 3D malleihin lisätään frame - koordinaatiopisteet haluttuihin liikeratojen solmukohtiin. Kinemaattiset ominaisuudet voidaan lisätä ja muokata usealla eri tavalla. Kuvassa esitettyinä viisi erilaista tapaa – graafisesti, Operation Tree manipuloinnilla, Sequence Editor, Joint Jog ja Kinematics Editorilla. Valmiita Excel taulukoita ja ohjelmapiohjia voidaan syöttää ohjelmalle muokaten ja monistaen. Vaihtoehtojen valikoima on runsas.

Graafisen esityksen alalaidassa olevasta kuutiosta ja frame asennosta voidaan havaita varastorobortin koordinaatisto. TIA Portaalin Z -akselin ohjaus kohdistuu ylös/ala liikkeen tekemiseen. Ohjausakselin X käsky kohdistuu oikea/vasen suunnan suorittamiseen ja Y akselin parametrit toimittavat sisään/ulos liikeradan.

Toimintoja voidaan simuloida esimerkiksi Sequence Editorilla eri sykleillä ja kombinaatioilla. Tapahtumien järjestystä voidaan muokata monipuolisesti. Kaikista toiminnoista saadaan runsaasti erilaisia analyysejä, joiden mukaan toimintoja voidaan kehittää ja säätää. Myös kehittyneempiä toimintoja on tarjolla, esimerkiksi syklinen tapahtuma-arvioija CEE on sisäinen logiikan arvioija, joka voi simuloida Process Simulate-ohjelmassa luotujen signaalien loogista tilaa.

”Siemensin toimintojen määritelmä tapahtuu eBOP prosessityökalun mukaisesti, jossa määritellään tuote, operaatiot, resurssit ja tuotannon toiminnot. Tuote on tuoteprosessin tulos. Operaatiot tehdään toiminnallisten vaatimusten mukaisesti. Resurssit ovat valmistuksessa käytettävissä olevat koneet, työkalut ja työntekijät. Tuotannon toiminnot kuvastavat esimerkiksi robotin liikkeitä” (PLM Automation Siemens, 2020).

”Process Simulate ohjelmisto tarjoaa monipuolisen valikoiman erikoisohjelmia tuotantoprosessien kehittämiseen. Esimerkkinä Robotics ja RobotExpert ohjelmistot, jotka sisältävät kehittyneet työkalut valmistusprosessien suunnitteluun graafisessa ympäristössä. Eri teollisuusalojen erikoisominaisuuksien tarjonta on monipuolista. Keskeisimmät toiminnot ovat Process Simulate Human, Process Simulate Robotics ja Process Simulate Assembler” (PLM Automation Siemens, 2020).

5.2.1 Process Simulate ja automaatio

Siemens Technomatix ohjelmistoon rakennettiin virtuaaliympäristö, joka on tarkka iCIM jäljennös - dCIM. Virtuaalinen solu voi olla vuorovaikutuksessa ohjelmoitavan logiikan PLC ohjaimen Siemens TIA Portal ohjelmiston kanssa, joka antaa mahdollisuuden rakentaa ja validoida PLC-koodi virtuaalimallin kanssa. Valittavana on hallita liikkeitä täysin sisäisesti – osittain ulkoa – tai täysin ulkoa toteutettava ohjaus. Mahdollisuutena on ohjata yksittäistä laitetta tai laitekokonaisuutta ja myös koko dCIM laitteiston ohjaaminen on käytettävissä. Esimerkiksi radaston toimintojen linkittäminen robottien toimintasykleille on toteutettavissa.

Rakennetun alustan avulla ohjelmat testataan, skenaariot arvioidaan ja tarkistetaan ohjauslogiikan toimivuus. Yhteytenä käytetään PLCSIM Advanced tiedonsiirtoa PLC: n ja virtuaaliympäristöjen välillä. Fyysisessä iCIM järjestelmässä PLC ohjelma lähettää signaalin siirtää X-akseli 500 mm. eteenpäin, jonka X-akseli suorittaa. Virtuaalisessa maailmassa input ja output signaalit suorittavat samat tehtävät samassa järjestyksessä, kuin ne fyysisessä maailmassa tehdään.

Kuten kaikissa kehittyneissä simulointi ohjelmistoissa Process Simulate luo tarkat liikkeet graafisille tuotantolaitteille ja kehittää tuotannon toimintaa offline tilassa. Jälleen on painotettava integroitua käyttömahdollisuutta NX, Teamcenterin ja TIA Portaalin kesken.

Yksityiskohtaiset 3D mallit laitteiden, antureiden ja muiden toimilaitteiden osalta tuottavat ajantasaista dataa liike- ja prosessimääritteistä, joiden avulla toimintaa voidaan edelleen kehittää. Process Simulate ohjelmisto sisältää laajat erikseen ladattavat kirjastot, joista voidaan poimia tarvittavat ominaisuudet sisältävät valmiit komponentit oikeisiin kohteisiin. Tarkkojen rajapintojen luominen tuo omat haasteensa.

Ohjelmistolla pystytään simuloimaan kaikki tuotantoketjun osa-alueet toimilaitteista logistiikan ja materiaalivirtojen hallintaan. Graafiset ja numeeriset visualisoinnit avustavat virtausten ja suorituskyvyn analysoinnissa, sekä optimoinnissa.

Tyypillisesti prosessin simuloinnilta haetaan tuotannon sujuvuuteen ja jaksotuksen kehittämiseen tuotteiden kokoonpanossa, valmistamisessa ja purkamisessa. Esimerkiksi robotin liikkeiden, jakso-aikojen, logiikan ja signaalien kontrollin harjaannuttaminen kuuluvat ominaisuuksiin.

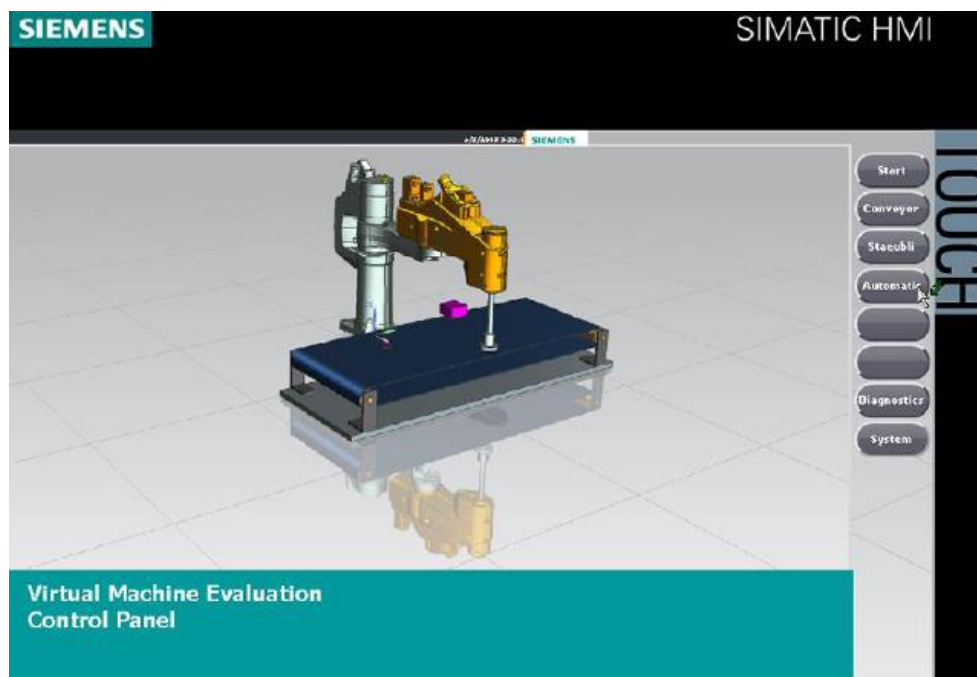
Törmäystestien analyysit ovat tärkeä työväline tuotantoprosessien kehittämisessä. Automaatiosuunnittelija voi havaita törmäyksiä testatessaan ja informoida mekaniikka-suunnittelijaa. Testejä voi tehdä Process Simulate tehdä sisäisesti, mutta varsinkin laajempien kokonaisuuksien testaukset tehdään järjestelmässä, johon on liitetty Teamcenter ja TIA Portal.

Process Simulate ohjelmassa on käytössä vain yksi projekti kerrallaan, mutta laajennettavuus perustuu layoutien ja uusien ikkunoiden monipuoliseen käyttöön. Layouteja ja ikkunoita pystytään jakamaan, yhdistämään, kohdistamaan ja zoomailemaan monipuolisesti.

5.3 NX MCD, PLCSIM Advanced, geneeriset Toolbox mallit ja virtuaalinen käyttöönotto

”Virtuaalisen käyttöönoton suorittamiseksi tarvitaan 3D malli todellisesta koneesta. Tätä mallia kutsutaan koneen digitaaliseksi kaksosiksi”

(support.industry.siemens.com, 2020).”Digitaalisen kaksosen avulla virtuaalimaailman yksittäisten komponenttien vuorovaikutus voidaan simuloida ja optimoida ilman todellista prototyyppiä. Todellisen käyttöönoton riskien ja vaivojen vähentämiseksi koneen virtuaalinen käyttöönotto tarjoaa tehokkaan vaihtoehdon. Tämä mahdollistaa lyhyemmän markkinoille tulon ajan ja suuremman joustavuuden, tehokkuuden ja laadun” (support.industry.siemens.com, 2020).

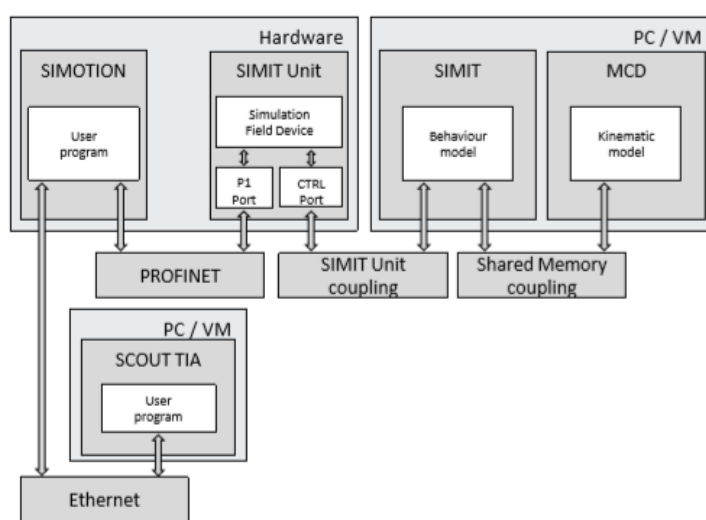


Kuva 19 Simatic HMI ja SiL (support.industry.siemens.com, 2020)

Kuvassa 19 ”Siemens STEP 7 ja TIA Portal ohjelmistoilla luodaan ”Software in the Loop” (SiL) skenaariota käyttäjän ohjelman simuloimiseksi ja validoimiseksi. SiL laitteistokomponentit otetaan käyttöön simulaatioympäristössä. NX Mechatronics Concept Designerin (MCD) avulla koneenrakentajat voivat simuloida ja testata koneensa mekaanisia komponentteja virtuaalisessa ympäristössä. Aktiivisten komponenttien, kuten käyttölaitteiden tai venttiilien, käyttäytymistä jäljitellään SIMIT-simulointiohjelmistolla. Tällöin todellisen laitoksen kenttälaitteet jäljitellään SIMIT-yksikössä. Tämä yhdistelmä auttaa valmistelemissä ja käyttöönotossa. Lisäksi nämä työkalut

mahdollistavat koneen mekaanisen konseptin ja mekaanisen järjestelmän, ohjausjärjestelmän, ohjelmiston sekä käyttäjäohjelman vuorovaikutuksen validoinnin laitoksen varhaisessa kehitysvaiheessa” (support.industry.siemens.com, 2020).

”SiL -skenaariossa automaatio-ohjelma ladataan todelliseen automaatiojärjestelmään. Tällöin SIMIT-yksikkö simuloi ohjainten I / O-signaaleja ja kentälaitteiden signaaleja, esim. toimilaitteet ja anturit. SIMIT-yksikkö muodostaa siten rajapinnan automaatiolaitteiston ja SIMIT: n käyttäytymismallin välille. Yhteys PROFINET väylään mahdollistaa reaaliaikaisen simuloinnin” (support.industry.siemens.com, 2020).



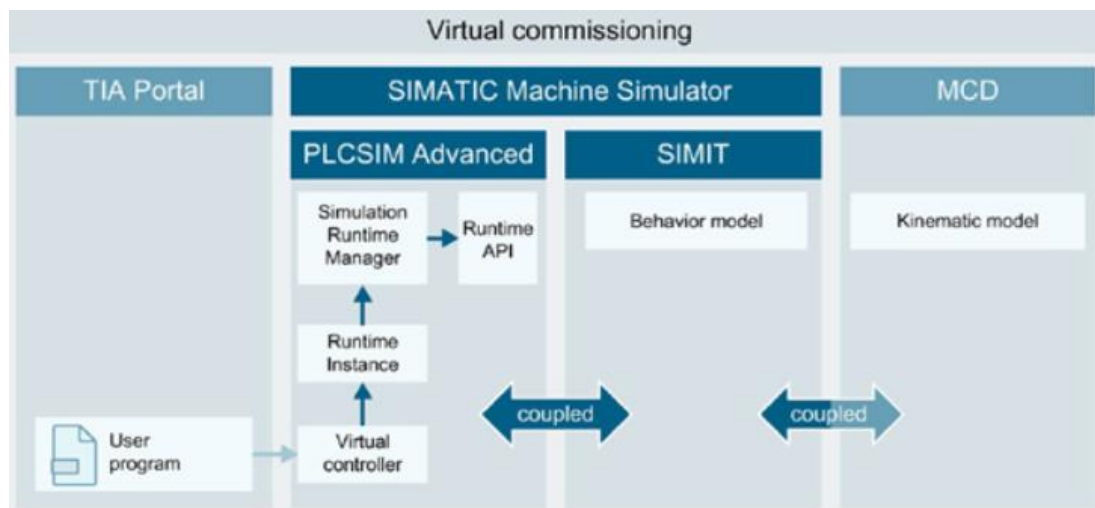
Kuva 20 SiL operoinnin toimintaperiaate (support.industry.siemens.com, 2020).

Kuvan 20 SIMIT ohjelmistossa mallinnetaan laitoksen käyttäytymismalli ja tarvittavat kytkennät muihin ohjelmistoihin. ”Tässä sovellusesimerkissä simuloidaan kolmiakselista ja yksinkertaista asennonsiirtoa. Taajuusmuuttajan simulointia varten on olemassa lohkoja, jotka jäljittelevät todellisen aseman viestintää sekä tilakoneita. Tämä tarkoittaa, että ohjelmoijan ei tarvitse tehdä muutoksia käyttäjäohjelmaan. Simuloinnin tulo- ja lähtöalueet on yhdistettävä asianmukaisesti tämän viestinnän mahdollistamiseksi. Jos tiedonsiirtoa ei välttämättä tarvitse suorittaa PROFIdrive-sanomilla, myös yksinkertainen sijainninsiirto on mahdollista. Tätä tarkoitusta varten TIA-portaalin siihen liittyvä akseli vaihdetaan simulaatioon. Koska ohjelmistotyökalut laskevat eri perusyksiköillä, muuttujat muunnetaan SIMIT-muodossa. Laitoksen käyttäytymisen analysoimiseksi turvallisessa ympäristössä SIMIT ohjelmistossa voidaan simuloida vikaskenaarioita” (plm.automation.siemens.com, 2020).

”Laitteiden kinemaattiset mallit mallinnetaan MCD ohjelmistoon olemassa olevien CAD-tietojen perusteella. Tätä tarkoitusta varten määritellään Rigid Body ja Collosion Body määrikykset, erilaiset liitos – Joint toiminnot toteutetaan ja mahdolliset Speed ja Position määrikykset asennetaan. SIMIT-liitännässä asetetut parametrit määritetään signaalisovittimen kautta. Tiedonvaihto tapahtuu jaetun muistikykennän kautta” (support.industry.siemens.com, 2020).

5.3.1 Simuloinnin ongelmakohtien ratkaisumalleja

Virtuaalisessa käyttönotossa on havaittu ongelmia, joiden ratkaisemiseksi eri valmistajat ovat hakeneet poikkeavia ratkaisuja. Esimerkiksi taajuusmuuntajan hallintaa virtuaalisessa maailmassa ei esiinny ohjelmatalojen tarjonnassa ja siksi Siemens on kehittänyt Simit ohjelmiston ohjauskomponenttien simulointiin.



Kuva 21 Virtuaalinen käyttöönotto Simit ohjelmiston tukemana

Kuvassa 21 SIMATIC Machine Simulator -sovellukseen kytketyt ohjelmat toteuttavat simulaation. ”SIMIT vastaanottaa lähdöt PLC:ltä. SIMIT lähettää ohjearvoja esimerkiksi nopeuden asetuspisteitä, paikan asetuspisteitä ja binäärisignaaleja MCD:lle. MCD toteuttaa liikkeen simuloinnin. MCD lähettää lasketun todellisen arvon esimerkiksi nopeuden- ja sijainnin arvot ja binääriset signaalit SIMIT ohjelmistoon. SIMIT laskee laitteen toiminnan asemalla, kuten taajuusmuuntaja sen laskisi. SIMIT lähettää tulotarvot PLC:lle” (support.industry.siemens.com, 2020). ”Viestintä MCD ja SIMIT ohjelmistojen välillä tapahtuu MCD-yhteyden kautta. PLCSIM Advanced ja SIMIT vaihtavat tietoaan PLCSIM Advanced -kytkennän kautta” (support.industry.siemens.com, 2020).

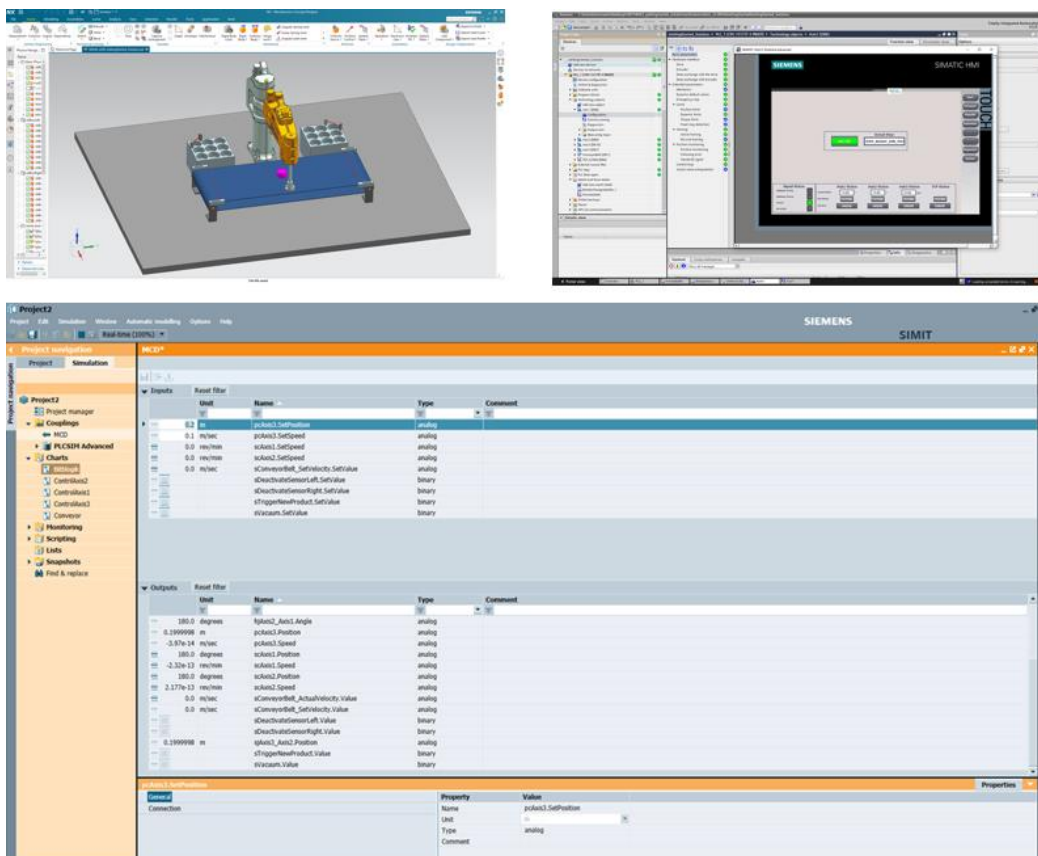
”Laitteen yksityiskohtainen simulointi NX Mechatronics Concept Designer -ympäristössä toteutetaan virtuaalisessa ympäristössä. CAD-malliin tehdään laitteen kinematiikka ja simuloidaan esimerkiksi laitteen liikkeit, anturit ja suoritetaan törmäystarkastelu. Työkaluista löytyy valmis rajapinta PLC-ohjaukseen, jolloin laitteesta saadaan aikaiseksi digitaalinen kaksonen” (virtuaalinen-kayttoonotto.html, 2020).

”Kinematics Control -kirjaston avulla PLC käyttäjä voi ohjata kinematiikkaa ajamaan ennalta määritettyjen polkujen mukaisia liikkeitä Kinematics-teknologiaobjektin avulla. Sen sijaan, että suoritettaisiin ja käsiteltäisiin useita yksittäisen liikkeen komentoja käyttäjäohjelmassa Point to Point, vain yksi toimintolohko ohjaa akseliston toimintoja siirtäen kohteen haluttuun paikkaan. Tuetut liikekäskytyypit ovat lineaarisia ja pyöreitä kukin absoluuttinen ja suhteellinen, mukaan lukien reitin muutokset. Polun liikkeit voidaan pysäyttää, keskeyttää ja jatkaa suorituksen aikana” (support.industry.siemens.com, 2020).

”Toiminto lohko MC_JogFrame – käsiajo, tarjoaa kaikki liikuttamisen toiminnot Cartesian kinematiikkaan suunnissa X, Y, Z mukaan lukien suunta-akseli jatkuvana, asteittain ja määritettyyn kohdeasentoon. Toimilohko MC_PathSelect tukee käyttäjää tuottamaan polun määritelmän annetulle pisteinformaatiolle pistetaulukot. Reitin seuraaminen voidaan suorittaa käyttämällä MC_MovePath komentoa” (support.industry.siemens.com, 2020).

5.3.2 SIMATIC Modular Application Creator, NX MCD ja PLCSIM Advanced

”SIMIT-simulointiympäristö on tarkoitettu prosessin simulointiin Siemensin PCS7-automaatiojärjestelmän kanssa. Ohjelmaa käytetään prosessin suunnittelun aikana tehtyjen ohjelmistojen toimivuuden testaamiseen. Sitä voidaan käyttää FAT-testiin loppuasiakkaan kanssa, prosessien muutosten testaamiseen ennen niiden lataamista varsinaiseen järjestelmään ja operaattorien koulutukseen. Lisäksi etuna on, että ohjelmaa ei tarvitse muuttaa vaan sen pystyy lataamaan suoraan varsinaiseen prosessiin. Ohjelma tukee useita eri kommunikaatiovaihtoehtoja, joilla voidaan valita kyseiseen projektiin sopiva testaus tapa” (plm.automation.siemens.com, 2020).



Kuva 22 SIMIT projekti toteutettuna NX MCD, SIMIT ja PLCSIM Advanced ohjelmiin.

Kuvan 22 virtuaalisella PLC-ohjelmalla simuloidaan ilman todellista laitteistoa. ”Kattavaa toimintatestiä varten STEP 7 -ohjelma ladataan virtuaaliseen S7-1500-ohjaimen PLCSIM Advancedin kautta. SIMIT-simulointiohjelmisto kartoittaa aktiivisten komponenttien esim. käyttölaitteiden tai venttiilien käyttäytymisen. SIMIT ohjelmistossa voidaan simuloida virheskenaarioita, jota voidaan analysoida koneen

käyttäytymistä virtuaalitulissa. SIMIT vaihtaa simulaation asetuspisteet / todelliset arvot kytkennällä MCD: n kanssa” (support.industry.siemens.com, 2020).

”SIMIT ohjelmistoa voidaan käyttää seuraaviin toimintoihin:

- Tehtaan täydellinen simulointi

Signaalien, laitteiden ja laitoksen reaktioiden simulointi

- Automaatio-ohjaimen testisignaalien sisään- ja ulostulosimulaattori
- Automaatio-ohjelmistojen testaus ja käyttöönotto

Vaikka aluksi vain käyttöliittymää käytetään signaalitestiin, simulointimalleihin voidaan myöhemmin lisätä aina, kun sitä tarvitaan simuloimaan laitoksen vastetta ja suorittamaan dynaamiset testit” (support.industry.siemens.com, 2020).

”Työskentely pääasiassa seuraavien elementtien kanssa simulaation luomiseksi:

- Kaavio

Voit kehittää simulaation yhdistämällä kirjastoissa olevat komponentit käyttämällä kaavioeditoria ja antamalla sopivat salasanat.

- Visualisointi

Visualisointi antaa sinulle yleiskuvan laitoksesi signaaleista. Signaali visualisoidaan ohjaimiin (syöttö- ja näyttöobjektit) ja graafiset objektit.

- Kytkeä

Kytkeä on liitäntä automaatiojärjestelmään ja sitä tarvitaan signaalinvaihtoon. Tärkeät perustoiminnot voidaan valita suoraan:

- Hallitset projekteja
- Luot kytkimet
- Luot simulointimalleja
- Automaattinen tietojen tuonti eri tiedostomuodoista” (support.industry.siemens.com, 2020)

”Lisätoimintoja ovat:

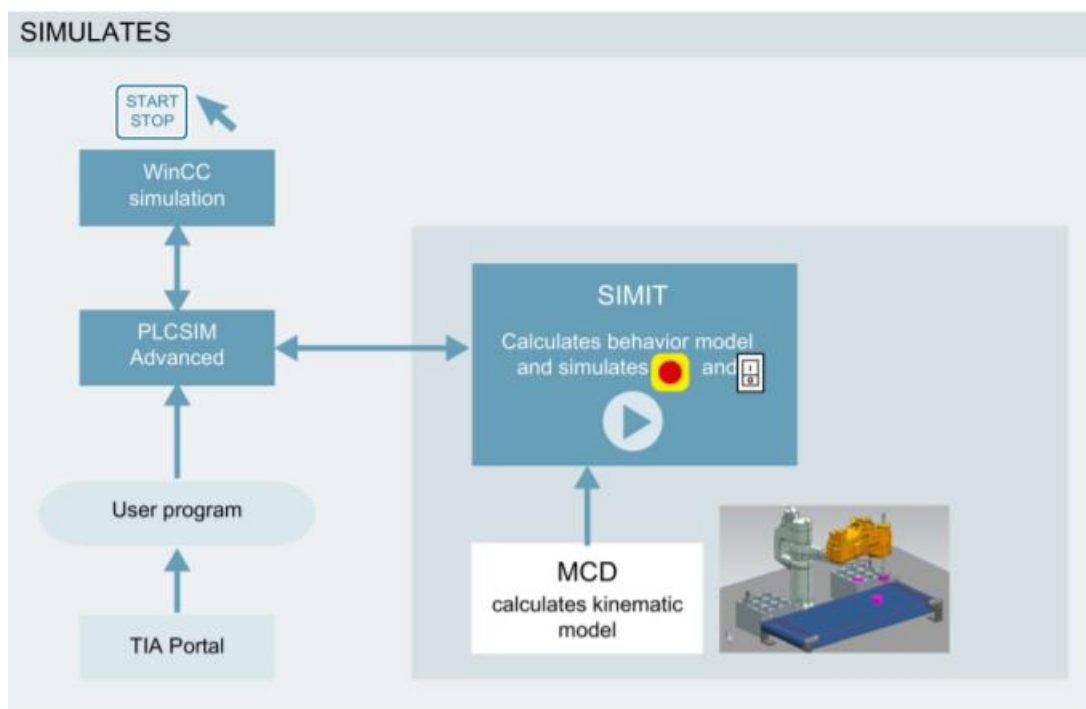
- Suorita yhdenmukaisuuden tarkastukset
- "Etsi ja korvaa" -toiminnon käyttö
- Luo uusi trendi
- Käsittele arkistoja” (support.industry.siemens.com, 2020).

”SIMIT vakiokirjasto sisältää komponentteja, jotka kattavat monia simulaation ominaisuuksia ja siten suuren sovellusalueen yksinkertaisesta aritmeettisesta ja loogisesta toimiiin monimutkaisista taajuusmuuttajien simulaatioihin tai jopa prosessisimulaatioihin” (plm.automation.siemens.com, 2020).

5.3.3 Siemens geneeriset ohjelmat

”Taajuusmuuttaja on moottorinohjain, joka ohjaa sähkömoottoria muuttamalla sen tehon syötön taajuutta ja jännitettä. Ohjelmisto pystyy myös ohjaamaan moottorin ylös ja alas toimintoja käynnistyksen ja pysäytyksen aikana. Vaikka taajuusmuuttaja ohjaa moottorin tehon syötön taajuutta ja jännitettä, siitä puhutaan usein nopeudenohjauksena, koska seurauksena on moottorin nopeuden säätäminen” (danfoss.com/fi-fi, 2020).

”Nopeuden säätämisellä tavoitteena on esimerkiksi energiansäästö ja järjestelmän tehokkuuden parantaminen, sekä nopeuden mitoittaminen prosessin vaatimusten mukaisesti ja työympäristön parantaminen, eikä koneiden mekaanisen rasituksen vähentäminen ja niiden käyttöiän pidentämistä voi olla huomioimatta” (danfoss.com/fi-fi, 2020).



Kuva 23 SIMIT- NX MCD - TIA Portal

Kuvassa 23 SIMIT sisältää vaadittavat kytkennät MCD- ja PLCSIM Advanced -ohjelmiin ja simuloi koneen käyttäytymistä. ”Tässä sovellusesimerkissä simuloidaan SCARA -robotti, jossa on kolme asemointiakselia. Kaksi akselia, joissa simuloidaan PROFIdrive käyttöjä ja ohjaus- ja tilasanan siirto, sekä yksi akseli aktiivisella simuloinnilla PLC:ssä, sekä todellisen sijainnin tapahtuman. Lisäksi kuljetinhihnan nopeuden ja akselin PROFIdrive-taajuusmuuttajan simuloinnin, sekä ohjaus- ja tilasanan siirron. Valokennojen tiedot SIMIT simuloi taajuusmuuttajia erillisillä taajuusmuuttajalohkoilla, jotka säätävät todellisen taajuusmuuttajan tiedonsiirtoa ja laskentaohjelmistoa, joka määrittelee siirrot tilasta toiseen. Tilasiirto määritetään bitillä. Nykyinen tila tunnustetaan laskentaohjelmalla. Jotta SIMIT voi kommunikoida taajuusmuuttajalohkojen kanssa, on tulot ja lähdöt PROFIdrive-tiedon yhdistettävä taajuusmuuttajamoduulilta saatujen tietojen kanssa” (support.industry.siemens.com, 2020).

6 MUUT CAD OHJELMISTOT

Tutkimuksen yhtenä näkökulmana eri CAD ohjelmistoilla tehtyjen 3D mallien kinemaattisten toimintojen tutkiminen. Painopisteenäni on Software-in-the loop, PLC ohjausjärjestelmä silmukka – virtuaalisen automaation ja robotiikan opetusalustan vaatimusten toteutuminen ohjelmistossa, sekä liitännäismahdollisuus Teamcenteriin. Tarvitavat toimenpiteet 3D mallille automaation skenaarioiden toteuttamiseksi X, Y ja Z akseleiden liikkeet toteuttaviin malleihin.

6.1 Autodesk

Ohjelmistoja tarkasteltiin automaation ja robotiikan kinematiikan ja PLC ohjelmien liittämisen näkökannalta. Voidaanko ohjelmistoilla tehtyihin malleihin liittää suoraan PLC ohjausta ja mitä toimenpiteitä tarvitaan, että malleja voidaan ohjata automaatiassa ja robotiikassa käytettävillä PLC ohjaimilla.

Autodesk ohjelmisto talo tarjoaa laajan valikoiman eri alojen 3D työkaluja suunnitteluun, rakentamiseen ja viihdetuotantoon. Tutkimani ohjelmat olivat Inventor 2020 ja Fusion 360 3D ohjelmat. Ohjelmistoja tukevia ja liitettäviä apuohjelmistoja on runsaasti tarjolla. Keskityin mekaniikkaohjelmien mahdollisuuksiin toteuttaa automaation skenaarioiden- ja robotiikan vaatimukset.

Perinteiseen 3D mallintamiseen ja uusimpien päivitysten ominaisuudet keskittyivät monimutkaisten rakenteiden luomisen helpottamiseen mekaanista suunnittelua. Eri teollisuusaloille Autodeskillä on laaja valikoima erityyppisiä työkaluja ja apuohjelmistoja. Alihankintaverkosto on hyvin laaja ja monipuolinen.

Pilvipalvelujen kehittäminen on Autodeskin keskeisiä strategioita. Ennestään laajaa ohjelmisto tarjontaa pystytään kasvattamaan ja laatua parantamaan. Eri valmistajien valmiiden 3D komponenttien ladattavuus ja käytön helpottaminen näkyy ohjelmien käyttämisessä. Uusimpien ominaisuuksien jatkuva kehittäminen on myös keskeisenä kehityskohteenä, niin Fusion 360, kuin Inventor ohjelmissa.

Autodesk ohjelmistojen runsaasta tarjonnasta perehdyin ensin Inventor ohjelmistoon. Päivitetty 2020 versio tarjosi monipuolisen valikoiman perinteiseen mallintamiseen lisättynä uusimmilla ominaisuuksilla. Inventorin toiminta on hyvällä tasolla käsiteltäessä suhteellisen pieniä kokoonpanoja. Suurempien kokoonpanojen osalta muutosten tekeminen aiheuttaa ohjelmiston kaatumista ja jatkuvat backup tiedostot ovat tarpeen. Ohjelma itse tekee palauttavan backup tiedoston, mutta useissa tapauksissa viimeiset muutokset eivät ole tallentuneet.

Pilvipohjainen Fusion 360 on laadukas ohjelmisto laajalla apuohjelmisto tarjonnalla. Kuten Inventor, on Fusion 360 ongelmat todettavissa suurempien kokonaisuuksien käsittelyssä. Käytettäessä pelkkää pilvipalveluversiota, jolloin toiminnot ovat ulkoistettuna omalta koneelta, toimintojen hidastuminen on merkittävä ominaisuus. Autodeskillä on myös tarjolla erittäin laaja alihankintaverkosto.

Autodeskin tuotteiden käytettävät tiedostomuodot asettavat omat haasteensa varsinkin isompien kokoonpanojen osalta, mutta on huomioitava, että ohjelmia käytetään hyvin suurten ja monimutkaisten järjestelmien rakentamisessa. Inventor ja Fusion 360 tiedostomuodot eivät ole keskenään yhteensopivia vaan vaativat muokkausta toimiakseen. Muokkausten jälkeen kaikki ominaisuudet eivät toimi saumattomasti. Suuremmissa kokoonpanoissa alikokoonpanoissa tehdyt toiminnalliset ominaisuudet eivät liity saumattomasti pää kokoonpanoon, vaan esimerkiksi graafiset kiinnitykset ja ”kinemaattiset” toiminnot vaativat erillisiä toimenpiteitä.

Autodesk ohjelmistojen tukena ovat laadukkaat sertifioidut opetusohjelmat, sekä hyvätasoiset tutorial- ja video-ohjelmat. Liityntäpinnat kaikkiin laiteapplikaatioihin on toteutettavissa aliohjelmistoilla. Eri puhelinvalmistajien applikaatioiden liittymiin saadaan liitettyä monimutkaistenkin ohjelmistojen selkeät esitykset.

Ohjelmistojen valikoimiin kuuluu myös opetuksen sertifiointin eri käyttäjä tasoille mahdollistavat palvelut. Sertifiointiohjelmat suoritetaan digitaalisilla alustoilla ja niistä toimitetaan viralliset sertifikaatit.

6.2 Dassault System

Dassault Systemsin Solid Works ohjelmistot ovat merkittävässä osassa maamme teollisuuden käytössä olevien mekaanista 3D suunnittelua tekevien ohjelmistojen käyttämisessä. Satakunnan alueella CAD ohjelmisto on myös tärkeässä osassa mekaanista suunnittelua tekevissä yrityksissä.

Dassault Systems kuuluu myös johtaviin 3D ohjelmisto taloihin monipuolisella ohjelma tarjonnalla ja laajalla alihankintaverkostolla. Perehdyin myös pilvipalveluna toimivaan 3DEXPERIENCE ohjelmistojen tarjontaan.

Konsortiolla on eri teollisuusalojen käyttöön tarjolla merkittävä määrä erityyppisiä ohjelmistoratkaisuja. Opetusohjelmat käsittävät myös sertifioituneet opetusohjelmat ja hyvätasoiset tutor- ja video-ohjelmat. Mobiililiittymiin on myös tarjolla hyvä kattaus palveluliittymiä.

Dassault Systemsin Solid Works on laadukas 3D ohjelmistopaketti perusmallintamiseen. Suurempien kokoonpanojen kanssa tulee vastaavia ongelmia, kuten Autodeskin ohjelmissa. Ohjelmisto kaatuu yllättäen ja varmuuskopiointi tiheässä syklissä on tarpeen. Käytettävyys on helppoa ja mutkatonta.

Opetuskäytössä Solid Works toimii koulussamme yleisimpänä mekaniikan CAD ohjelmana. Toiminnoiltaan ohjelma on toimiva opetuskäytössä. Laajempien kokonaisuuksien hallinnassa opetuskäytössä oleva versio kärsii ongelmista. Professional versioilla pyöritellään hyvinkin laajoja kokonaisuuksia.

3DEXPERIENCE ohjelmisto on vasta kehitysasteella ja sitä suositellaan opiskelijoiden käyttöön. Ominaisuuksien puolesta ohjelma tarjonta on hyvin runsas. Opetusmateriaali on hyvin puutteellista, eikä maahantuojalla ole parempaa materiaalia tarjolla.

3DEXPERIENCE pilvipalveluohjelmisto tarjoaa mahdollisuuden virtuaalisen opetusalustan rakentamiseen. Ohjelmiston käytettävyyden takia en vielä suosittele käyttöönottoa. Opetusohjelmien puuttuminen ja monimutkaisten järjestelmien rakentaminen ilman mitään ohjeistusta ei ole mahdollista. Useisiin kyselyihin ohjeista ei vastattu. Päivämäärällä 19.11.2019 lanseerattiin pilvipalveluna järjestelmä, jolla esitellään mahdollisuudet toteuttaa PLC yhteyksien toiminnot.

Lataamani materiaali on hyvin monipuoliselta vaikuttava ja kokonaisuuden toteuttamisen kannalta hyvin suunniteltu. Pääpaino on CATIA ohjelmiston toimintojen toteuttaminen pilvipalveluina. Toiminnot tapahtuvat eri roolien valikoimien työkalujen hyödyntämiseen. Roolien valikoima on laaja, käsittäen perusmallintamisesta raskaan teollisuuden vaatimuksiin. Mielenkiinnolla odotan käyttäjien vastaanottoa. Ohjelma vaikuttaa olevan todella laaja, sekä monipuolinen ja parhailla rooleilla on yli 50 erilaista työkalupakkia valittavana.

7 VIRTUAALINEN KÄYTTÖÖNOTTO

Laajojen ja monimutkaisten tehdasjärjestelmien suunnitteluun ja toimintaan varaudutaan hyvissä ajoin asiantuntijatiimien varmistuessa aikataulutukset ja muut tarkkaan käyttöönottoon vaadittavat toiminnot. Kuten valitettavan useasti globaalisti, on myös maassamme uusien tehtaiden käyttöönnotossa epäonnistuttu. Henkiset ja taloudelliset menestykset ovat suuria, sekä ongelmien kasaantuminen tapahtuu yleensä lumipallo efektin tavoin. Ympäristön kuormitukselta ei vältytä.

”Virtuaalinen käyttöönotto on fyysisen tuotantoympäristön digitaalisen kopion luominen. Esimerkiksi robotin poiminta- ja pakkauskenno voidaan mallintaa tietokoneelle yhdessä sen automaatiojärjestelmien kanssa, jotka sisältävät robotin ohjausjärjestelmät, PLC:t, muuttuvanopeuksiset taajuusmuuttajat, moottorit ja turvatuotteet. Tätä robotisolun "virtuaalista" mallia voidaan muokata uusien prosessin vaatimusten ja tuotespesifikaatioiden mukaan. Kun malli on ohjelmoitu, jokainen solun toiminnan vaihe voidaan testata ja todentaa virtuaalimaailmassa. Jos prosessiautomaatioon tai robotin liikkeeseen tarvitaan muutoksia, ne voidaan tehdä samassa tietokoneessa, jolloin robotti voidaan ohjelmoida uudelleen, tai muuttaa taajuusmuuttajan parametrejä tai muuttaa PLC-ohjelmoinnin parametrejä” (automation.com, 2020).

7.1 Tehtaan virtuaalinen käyttöönotto

”Tehtaan virtuaalisessa (VCOM) käyttöönotossa kokonaisuuden simulointi tuottaa mallijärjestelmään perustuvan tuotantojärjestelmän digitaalisen kaksosen. Tämä mahdollistaa tuotantojärjestelmien eri osa-alueiden yksittäiset ja yhteiset koeajot etukäteen digitaalisella kaksosella. PLC ohjelmistosilmukka (Software-In-the Loop, SIL) simulaatiossa koko mekatroninen järjestelmä simuloidaan ohjelmiston komponenteilla. Mitään oikeita laitteistokomponentteja ei ole integroitu simulaatioon, ja simulaattori sallii simulaatioajan vapaan kelloituksen. Laite-silmukka- (Hardware-In-the-Loop, HIL) simulaatiossa todelliset teollisuuden ohjausjärjestelmät ja todellinen teollisen viestinnän verkosto otetaan käyttöön kytkemällä ne digitaaliseen kaksoissovellukseen” (Scheifele;Verl;& Riedel, 2019).

”Herkkyyksianalyysin soveltamiseksi laitteiden kokoonpanojen validoinnissa, tarvitaan erilaisia tietokonekokeita. Ensimmäistä kutsutaan virtuaalisuunnitteluksi (VE) ja se validoi 3D-geometriamallin törmäysten, saavutettavuuden ja prosessivaiheiden loogisen järjestyksen suhteen. Tähän käytetään pääasiassa kinemaattista simulaatiota. Kun 3D-malli on validoitu, laitekokoonpano rakentuu rinnakkain ohjelmoidun 3D mallin kanssa” (Biffi;Luder;& Gerhard, 2017). ”Ohjauslogiikan validointiin käytetään toista virtuaalista mallia, joka simuloi laitoksen loogista vastetta käytettävien ohjelmien ohjauskäskyille” (Auris;Süß ;Schlag ;& Diedrich, 2017). ”Tätä validointivaihetta kutsutaan virtuaaliseksi käyttöönotoksi (VC). Tyypilliset VC-mallit koostuvat yksittäisten mekatronisten komponenttien osamalleista, joista virtuaalijärjestelmämalli rakennetaan ohjelmistokirjastoja käyttämällä” (Hauf ;Süß ;Strahilov ;& Franke, 2017).

vCIM järjestelmän rakentaminen antaa valmiudet herkkyyksianalyysien tekemiseen. Toiminnoille tehdyt kinemaattiset toiminnot ovat juuri niitä tekniikoita, joilla virtuaalisuunnittelu ja 3D validointi voidaan suorittaa.

Loogisen vasteen testaamista päästään ajamaan, kun järjestelmän kaikki liikkuvat osat yhdistetään TIA Portal ohjelmistoon. vCIM kokonaisjärjestelmän osalta kinematiikan valmistelu on valmis.

Toimivissa tuotantolaitoksissa globaalien markkinoiden jatkuvasti muuttuvat olosuhteet yhdistettynä asiakaskäyttäytymisen muutoksiin kiristävät nykyisten tuotteiden elinkaaren hallintaa. Tiukalle hiottu tuotantoketju yhdistettynä nopeasti toimitettaviin tuotantopanoksiin vaatii oikeaa osaamista.

”Nykyään jatkuva suuntaus yksilöllisiin tuotteisiin, suurempiin tuotevalikoimiin ja lyhyempiin elinkaariin ei ole vain tuotekehitysprosessin muuttaminen, vaan myös automatisoidun tuotannon kehitysprosessi. Kasvavan tuotevalikoiman valmistuksen, joka ihannetapauksessa tuotetaan yhdellä tuotantolaitoksella, on oltava joustavampi. Yksi tulos tästä joustavuudesta on, että mekatronisten komponenttien käyttö yhdessä ohjausohjelmistojen kanssa kasvaa jatkuvasti ja varmistaa tuotantolaitosten suuren joustavuuden. Siksi pääasiassa ohjausohjelmistoja ja laiteohjelmia on mukautettava, kun uusia tuotteita aiotaan valmistaa samalla tehtaalla. Tämä suuntaus johtaa siihen, että ohjausohjelmistokehittäjä viettää enemmän aikaa ohjausohjelmien kehittämiseen, optimointiin ja testaamiseen” (Sub;Hauf;Strahilov;& Diedrich, 2016).

vCIM järjestelmän Teamcenter osio on valmiina. TIA Portal voidaan kytkeä suoraan NX MCD virtuaalisiin malleihin ja ohjauslogiikan validointi on suoritettavissa, kuten ne teollisessa tuotannossa toteutettaisiin. Virtuaalinen käyttöönotto voidaan siten virtuaalijärjestelmämallin mukaisesti ryhtyä rakentamaan ohjelmakirjastoja, mikäli näille nähdään tarvetta, mutta tallennukset on tehtävä erityisen huolellisesti, mikäli halutaan kehittää laskennallista dataa. Process Simulate ohjelmiston käytöstä virtuaaliympäristössä ei ole päätöstä. SIMIT ohjelmaa testataan käytännössä.

”Virtuaalisen käyttöönoton strategia on keskeisessä asemassa toimintoja valmisteltaessa. Digital McKinsey julkaisi raporttinsa tammikuussa 2020 - A winning operating model for digital strategy, jossa painotetaan neljää osatekijää parhaiten onnistuneissa strategioissa” (Digital McKinsey, 2020):

- ”Digitaalistrategioiden ketteryys
- Laajemmat ekosysteemit ja uudet digitaaliset innovaatiot
- Digitaalisten palveluiden ja yritysosaamisen hankinnat
- Digiosaajiin investoinnit” (Digital McKinsey, 2020).

”Virtuaalisen käyttöönoton edut:

- Yrittäjyysriskien vähentäminen uuden tuotannon käyttöönotossa
- Tuotantoprosessien optimointi ennen tuotannon aloittamista
- Mahdollisuus käydä virtuaalisesti tuotantohallissa
- Suunnitellun tuotantokonseptin validointi
- Tuotantolaitteiden allokoinnin optimointi
- Vaaditun pinta-alan vähentäminen
- Pullonkaulojen ja törmäysten analyysit
- Nopeat muutokset
- Nykyisten resurssien parempi käyttö
- Koneet ja laitteet offline-ohjelmointi, mikä säästää aikaa ja resursseja
- Prototyypin vähentäminen tai poistaminen kokonaan
- Ergonomia analyysit jne.” (Gregor;Hromada;& Matuszek, 2006).

8 KOKONAISARVIOINTI

Satakunnan Ammattikorkeakoululle panostus on merkittävä päänavaus todellisen digitaalisen opetuksen toteuttamisessa. Verkossa tehtävä opetus siirtyy huomattavasti kehittyneemmälle tasolle ja antaa koululle lähes rajattomat mahdollisuudet jatkokehitykseen. Vaihto-opiskelu ja varsinkin kansainvälinen opinto tarjonta laajenee ja monipuolistuu myös aikuisopintojen osalta globaalisti.

Kohteena virtuaalisen opetusalan luominen on työnä haastava ja mielenkiintoinen. Automaatio- ja robotiikkajärjestelmät sisältävät useiden eri laite- ja ohjelmistovalmistajien tuotteita. Eri työvaiheiden selvittäminen, sekä laitteistojen ja ohjelmistojen vaatimusten poikkeavuudet toisistaan ovat oma lukunsa. Uuden opettelua on ollut riittämiin. Lisähaasteen tuo käytettävän opetusmateriaalin rajallisuus joissain tapauksissa, ja toisilta osin materiaalin paljous tuo omat ongelmansa.

Haasteina järjestelmien yhdistämisessä on eri Siemens ohjelmistojen käytännön toimintojen soveltaminen, koska kaikkia ohjelmia ei ole ennen Porin tekniikan laboratoriossa käytetty. Omat hankaluutensa tuovat eri ohjelmistojen erilaiset tiedostomuodot. Siemens, kuten muutkin laite- ja ohjelmistotoimittajat ovat vasta kehittämässä yhteensopivia järjestelmiä. Kehitystyötä on tehty vuosia, mutta ohjelmistojen laajuudet aiheuttavat ongelmia. Eri ohjelmistojen päivitysversiot eivät ongelmiin tuo helpotusta.

Benchmark eli vertailuanalyysin suoritin tavoitteenani selvittää yleisesti käytössä olevien Autodesk ja Dassault Systemsin ohjelmistojen mahdollisuuksia virtuaalisen opetusalan kehittämisessä.

Kannattavuuden ja ympäristön kannalta on nähtävä välttämättömyytenä digitaalisten kaksosten ja virtuaalisen käyttöönoton selkeät hyödyt yritystoiminnassa. Taloudellisesti ja tulevaisuuteen suuntautuvien yritysten esille tuodut edut tulisi jalkauttaa yhteistyöyrityksille selkeämmin. Virtuaalinen käyttöönotto tuo merkittäviä taloudellisia säästöjä liiketoiminnan harjoittamisen eri vaiheissa.

Oppimisympäristön kannalta etäyhteyteen perustuva virtuaalinen alusta mahdollistaa raskaiden ja haastavien ohjelmien käytön esimerkiksi puhelinapplikaatioilla aikaan ja paikkaan sitoutumatta. Lukuisissa tutkimuksissa on todettu opiskelijan oppimismotivaation kasvavan merkittävästi. Järjestelmä mahdollistaa myös reaaliaikaiset tulokset tehdyistä töistä ja työnkulusta. Myös vaativimmat haasteet ovat aina tavoitettavissa. vCIM alustalla tekemisen tulos on oppilaan heti nähtävillä. Tehtäviä voi harjoitella virtuaalisesti ja lopputuloksen esittäminen opettajalle voi tapahtua fyysisen laitteen ohjaamisella opettajan läsnä ollessa nykykäytännön mukaisesti, mutta alusta mahdollistaa opettajan aktiivisen läsnäolon myös virtuaalimaailmassa.

Virtuaalialustalta opettajat saavat välittömän palautteen automaattisesti päivittyvillä vastauksilla. Myös oppilaan haastaminen yhä vaikeammilla tehtävillä on käden ulottuvilla. Esimerkkinä vCIM järjestelmän yksittäisten toimilaitteiden yhdistäminen toiseen toimilaitteeseen. Koko järjestelmän hallinta vaatii hyvää automaatio-osaamista.

Järjestelmien kehittyessä välitön palaute ja opastus voidaan liittää suoraan tehtyihin toimenpiteisiin, jolloin siirrytään huomattavasti kehittyneempiin järjestelmiin. Virtuaalinen alusta mahdollistaa myös laitekohtaisten virtuaalisten avustajien ja ohjeistusten liittämisen eri työvaiheille.

Virtuaalisen opetusalan edut ovat kokonaisuudessaan kiistattomat ja tuovat erinomaiset mahdollisuudet automaation ja robotiikan opetuksen kehittämisen vCIM järjestelmän avulla. Virtuaaliset koekäytöt simuloituvat autenttisesti opiskelijan ohjausparametrien mukaisesti. Tarvittavat muutokset voidaan tehdä TIA Portaaliin koodin muutoksena tai NX Mechatronics Concept Design parametrien siirtona.

Opetuksellisesti on myös kyettävä tarjoamaan tuleville oppilaille riittävän houkuttelevat koulutuksen olosuhteet myös tuleville sukupolville, jotka eivät ole koskaan eläneet ilman digilaitteita ja digitaalisia palveluita – globaalisti, aikaan ja paikkaan katsomatta. Perinteisen opetuksen kyky digitaalisessa ympäristössä vaatii osaamista ja resursseja.

Virtuaalisen opetusalan ensimmäisen vaiheen valmistuminen on hyvällä mallilla. Automaation suunnittelun opetusalan laajempi käyttöönotto on käsillä. Mekaniikan suunnittelu Solid Works ohjelmistolla on saatu Teamcenterin avulla NX MCD

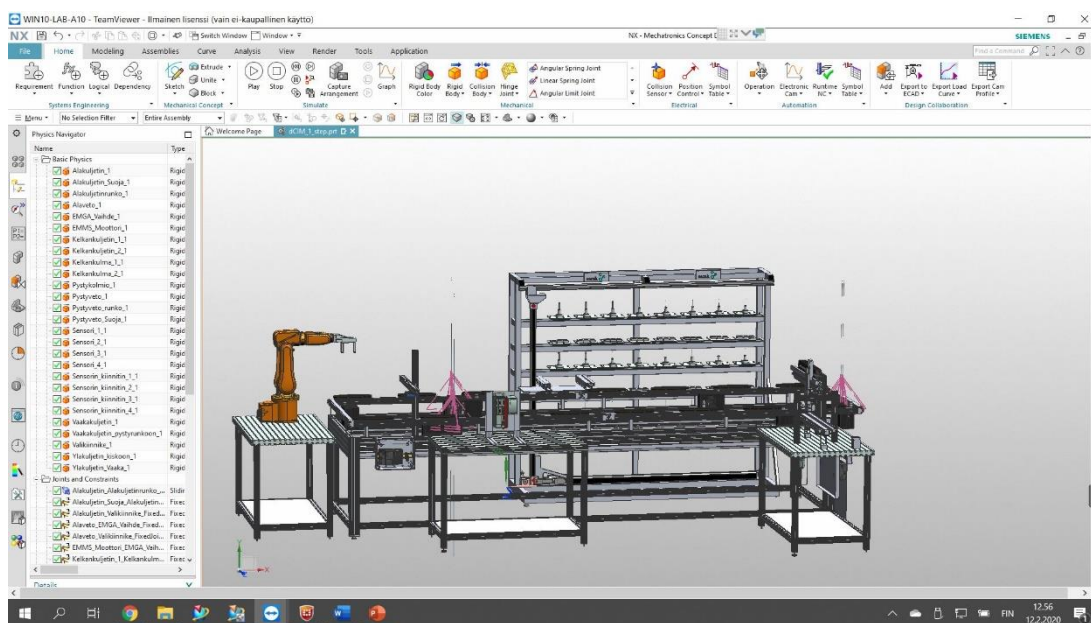
ohjelmistoon ja yhteisen projektin aihio on valmistumassa. EPLAN ohjelmiston opetus on käynnistetty. Suunnitteluohjelmien laajempi verkostoituminen opetusalojen yhteisenä opetusalustana integroinnin suhteen on kartoitusvaiheessa.

Automaation laboratorion graafisten, kinemaattiset ominaisuudet sisältävien laitteiden valikoimaa parannetaan merkittävästi. Virtuaaliseen opetusalustaan on lisätty NX MCD ja TIA Portal kinematiikan Toolbox kirjastot. MCD laajentaa NX klassisen CAD-suunnittelutoiminnot realistisella simulaatioympäristöllä ja varmistaa TIA Portal ulkoisen ohjauksen toimivuuden graafisessa ympäristössä. SIMIT lisenssi on hankittu ja käyttömahdollisuuksia tutkitaan.

Process Simulate tyyppiset ohjelmat mahdollistavat korkeatasoisen linjastojen liikkeenohjauksen kehittämisen. Simulointiohjelmat tuottavat samalla analyysijä ja muokattavaa ohjausohjelmaa. Simulointiohjelmit sisältävät myös valmiita ohjauspaketteja eri toimilaitteille, joita voidaan muokata suurempiinkin kokonaisuuksiin soveltuviksi.

8.1 vCIM

Perinteisen ajattelutavan mukaiset 3D mallin luominen ja ”pdf. digitalisointi” eli viemiset verkkoon ei ole riittäviä toimenpiteitä todellisessa digitaalisessa toiminnassa. Useilla opetusaloilla perinteinen toiminta katsotaan riittäväksi, mutta automaation ja robotiikan virtuaalisessa opetusalustassa liikkeiden ohjaaminen ovat keskeisenä tekijänä, joten vaatimustasoa on nostettava Interface rajapintojen luomiseksi.



Kuva 24 vCIM - NX ohjelmistossa virtuaalisella opetusalustalla.

Kuva 24 virtuaalisesta opetusalustasta Siemens NX Mechatronics Concept Designer TeamViewer ohjelmiston kautta toteutettuna. Samkin automaatio ja robotiikan opetukseen ensimmäinen laitteisto varastotoimintojen kokoonpano kinematiikalla varustettuna virtuaalisella opetusalustalla valmiina ulkoiseen PLC ohjaukseen.

Kuten kuva 24 esittää, voidaan todeta virtuaaliseen opetukseen tarkoitettujen 3D mallien fyysisistä iCIM malleista siirretyn onnistuneesti virtuaaliselle alustalle. Varastojärjestelmän kinemaattiset toiminnot on esitetty. Automaation ja robotiikan koulutuksen osalta virtuaalinen opetusalusta on onnistuneesti toteutettu. Opetuksellisesti automaation ja robotiikan opetuksen harjoitustyöt voidaan toteuttaa virtuaalisella alustalla aikaan ja paikkaan rajoittumatta – globaalisti. Virtuaalinen alusta tulee kehittymään

käytön myötä ja alustalle tehtävien muutosten tiedostoja kannattaa hallita Teamcenter järjestelmällä historian tallentamista varten – opitaan tehdyistä virheistä.

Tavoitteen globaalisti toimivasta virtuaalisesta kaksosesta voidaan katsoa toteutuneen onnistuneesti, mutta liikkeenohjauksen ohjauskomponenttien simulointi ei ole virtuaaliympäristössä mahdollista. Eri opintojaksoille soveltuvuuden testaaminen on edessä, mutta valmiudet ovat hyvät. Yhteisprojektit ja erityyppisten demo-ohjelmien käyttö yhtä-aikaisesti eri opetusalojen kanssa vaatii runsaasti esivalmisteluja, mutta lähtökohdaisesti näen toteutumisen onnistuneen positiivisesti. Lisenssien tarpeiden vaatimuksissa on onnistuttu – toki toiminnan laajentamisen asettaa uusia haasteita, kuten asiaan kuuluukin.

8.1.1 Team Viewer käyttökokemuksia

Team Viewer on patentoitu ohjelmistosovellus etäohjaukseen, työpöydän jakamiseen, online-kokouksiin, verkkoneuvotteluihin ja tiedostojen siirtoon tietokoneiden välillä, jolla oppilaan tietokone yhdistetään koulun virtuaalimaailmaan. Oppilas kirjautuu omilla tunnuksillaan koulun virtuaaliympäristöön, jonka näkymä on sama kuin automaatiolaboratoriossa käytettävissä koneissa. Etäyhteys voidaan muodostaa myös Remote Desktop Client liittynällä.

Virtuaalisen alustan toiminnot eivät ole vielä loppuun saakka hioutuneita ja ohjelmien avaamisessa on välillä oltava luova. Mikäli käytettävä ohjelma on asennettuna alustalle pikakuvakkeineen ei niiden käynnistämisessä ole ongelmia. Suljettaessa ohjelmia on myös huomioitava kuvasuhteen leveys ero ja ruutu on siirrettävä aivan oikeaan reunaan, jotta käytössä oleva ohjelma voidaan sammuttaa. Kuvaruudun kokoa voidaan skaalata usealla eri tavalla ja koko näytön valinta tuo myös alustan omat alavalikot käyttöön, jolloin esimerkiksi kiinnitetyt ohjelmat on helppo käynnistää. Valitettavasti näyttöä ei vielä voi jakaa useammille näyttölaitteille vaan toiminta on suoritettava yhdellä näytöllä. Mikäli käytössä on useampia ohjelmia samanaikaisesti, on näyttö jaettava ohjelmien kesken, tehokkaan toiminnan toteuttamiseksi.

Alustaan on liitetty etätyöskentelyn monipuoliset työkalut, esimerkiksi viestintä chatillä. Tiedostojen siirtoon on myös runsaasti eri vaihtoehtoja ja kokonaisuudessaan hyvin toimivia. Virtuaalinen alusta sisältää myös suoran nettiyhteyden, joka yhteen toimivuus oman tietokoneen kanssa on monipuolinen – esimerkiksi copy/paste toiminnot luonnistuvat ilman ongelmia omalta näytöltä virtuaalinäytölle.

NX käyttäjän kannalta toiminnoiltaan TeamViewer yhteysohjelma on nopeampi kuin Fusion 360 ja 3DExperience pilvipalveluina toimivat ohjelmat. Työskentely vCIM kokeisilla kokoonpanoilla on lähes yhtä jouhevaa ja täsmällistä, kuin perinteisillä työskentelymenetelmillä. Mallien siirrot opetusalustalle omalta koneelta mahdollistaa erillinen tiedostojensiirto ohjelma. Siirtonopeus mallien osalta on kohtuullisen hyvä ja verrattaessa nykyisiin pilvipalveluversioihin, huomattavasti nopeampi.

Työn kulku virtuaalisella alustalla vastaa lähes pöytäkoneetta, mutta kehitettävää alustan toimittajalla vielä on. Esimerkiksi perinteinen ohjelmien haku Windows hakuvalikoista puuttuu alustalta kokonaan, mutta Windows ikonilla osio saadaan toimimaan. NX ohjelmiston käyttöä hieman häiritsee toiminto, joka jumittaa ohjelmaa, mikäli kursori osuu graafiseen esityksen malliin, mutta kokonaisuus on hyvä.

8.2 Autodesk

Yleisesti teollisuudessa ja Satakunnassa käytetty Autodesk Inventor -ohjelmisto mahdollistaa kappaleiden rasiusten ja liikkeiden simuloinnin. Sen avulla voidaan myös tarkastella kappaleen aerodynaamista profiilia. Inventor-ohjelmistoon on integroitu laaja standardiosien kirjasto ja hyvät integraatiot tehdasmallien lataamiseen, mikä on ohjelmiston suuri etu. Opetuksen näkökulmasta suurin heikkous on kuitenkin anturoinnin ja PLC ohjauksen puute.

Autodeskin maahantuoja vastasi tiedusteluuni (liite 1) kieltävästi kysyessäni Siemens ja Beckhoff PLC ohjelmistojen suorasta liittämisestä virtuaalisten liikkeiden toteuttamiseen. Fusion 360 osalta maahantuoja ei osannut sanoa mitään. Autodeskin support palvelu ei vastannut useisiin kysymyksiini. LIITE 2

Inventor ja Fusion 360 ohjelmilla tehdyt graafiset mallit on tallennettava DXF/DWG muotoon tai tallennus esimerkiksi ParasolidTextFiles, STEP tai IGES muotoisiksi. Import toiminnolla NX Wizard muuntaa mallit toimiviksi kokonaisuuksiksi, joita voidaan käsitellä MCD toiminnoilla. On huomioitava, että NX avaa useita muitakin tiedostomuotoja. Inventor on yhteensopiva Teamcenterin kanssa (plm.automation.siemens.com, 2020). Yhdistämisen jälkeen eri tiedostomuotojen käyttö helpottuu huomattavasti.

8.3 Dassault Systems Solid Works

Solid Works on hyvin samankaltainen Autodesk Inventor - ohjelmiston kanssa. Solid Works ja 3DEXPERIENCE sisältävät myös valmiiden standardiosien kirjaston ja korkeatasoiset valmiudet eri valmistajien tehdasmalleille. Anturointi ei ole mahdollista. Liitettävyyden ulkoiseen ohjaukseen on 20.5.2020 tiedon perusteella puutteellista.

Solid Works ohjelmistoon on liitettävissä Machineer GmbH & Co. KG ohjelmisto, jolla virtuaalinen opetusala on mahdollisesti toteutettavissa. Yritys on halukas yhteistyöhön, mutta ajan puutteen takia tarkempi perehdytys jäi suorittamatta. Maahantuoja ei tunne kyseistä apuohjelmaa, eikä kykene avustamaan toiminnoissa.

”Joulukuun kuudes vuonna 2019 Volkswagenin omistama kuorma-auto valmistaja Scania ilmoitti tulevaisuuden kovimmista haasteista PLM-areenalla. Vuoden 2021 aikana Scania ottaa käyttöön uuden PLM-alustansa, joka perustuu Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE-ohjelmaan” (<https://www.engineering.com>, 2020).

Solid Works ja 3DEXPERIENCE ohjelmilla tehdyt graafiset mallit on tallennettava esimerkiksi ParasolidTextFiles, STEP tai IGES muotoisiksi. Import toiminnolla NX Wizard muuntaa mallit toimiviksi kokonaisuuksiksi, joita voidaan käsitellä MCD toimilla. On huomioitava, että NX avaa useita muitakin tiedostomuotoja. Solid Works on sovitettavissa Teamcenter ohjelmistoon, joka helpottaa mallien käyttöä Siemens ohjelmistojen kanssa.

8.4 Teamcenter

NX, Process Simulate, Teamcenter ja TIA Portal kokonaisuus on hyvin toimiva ja monipuolinen automaation ja robotiikan virtuaalisen opetusalustan toteutuksessa. Ohjelmat ovat monipuolisia ja laajoja suuryritysten käyttöön tarkoitettuja, joten variaatioita ja erikoisohjelmia on tarjolla monimutkaistenkin järjestelmien hallintaan kokonaisvaltaisesti.

Siemensin tuoteperheet ovat rakenteiltaan hierarkkisia. Ongelmiksi nousevat käytettävien ohjelmien eri päivitysversiot ja tiedostomuodot, jotka eivät aina ole yhteensopivia. Erilaisia muunnosohjelmia on rakennettu avustamaan toimintoja, mutta kun näihin ongelmiin lisätään laitevalmistajien uusimissa ohjelmissa esiintyvät virheet, on helppoa nähdä, miksi raskasteollisuus tyytyy ohjelmistojen vanhimpiin versioihin.

Virtuaalisen 3D maailman rakentaminen on vasta alkuvaiheessa kaikilla merkittäville toimijoilla, kuten myös Siemensillä. Ohjelmistot toimivat yhdessä erittäin suurissakin yrityksissä, mutta käyttäjän kannalta useat eri tiedostomuodot eivät ole toimivia. Useiden eri yritysostojen kautta hankitut ohjelmistokokonaisuudet ovat vielä kehityksen alla, eivätkä tiedostot ole käytettävissä keskenään ilman muokkausta.

Toiminnoiltaan Teamcenter on erittäin monipuolinen ja toimiva. Laajuutensa takia ohjelmisto vaatii pääkäyttäjä-järjestelmän toimintamuodon. Automaatio ja mekaniikka sekä sähkösuunnittelijat ovat vain osa järjestelmän käyttäjistä. Monipuolisten toimintojen edes osittainen hyödyntäminen vaatii erittäin hyvää perehtymistä.

Teamcenter järjestelmä poistaa monet tiedostomuotojen käsittelyssä esiintyvät ongelmat, mutta kehittämistoiminnot vaativat laajan koulutuksen. Tuoteperheiden laajuuksien takia Siemensin suurelta panostukselta eivät ole poistaneet kaikkien toimintojen moni muotoisuutta.

8.5 Process Simulate

Process Simulate kuuluu Siemensin Technomatix tuoteperheeseen. Ohjelmistojen yhteensovittamistyö on vasta alullaan. Tiedostomuotojen hallinta on haastava toimenpide puutteellisen opetusmateriaalin takia. Toiminnallisesti ohjelmisto on hierarkkinen ja johdonmukainen. Eri alojen työprosessien valikoima on runsas. Toiminnallisuus on hyvällä tasolla, mutta laajemmat kokonaisuudet vaativat käyttäjältä paljon. Kokonaisarkkitehtuurin suunnittelu on tehtävä huolella ja työjärjestys on oltava kunnossa.

”Process Simulate -ympäristössä suunnitellaan ja simuloidaan tuotantolinjoja. Ohjelma tukee offline-ohjelmointia usealle eri robottivalmistajalle. Robottisolun ohjaukseen on mahdollista liittää PLC-ohjaus, jolloin voidaan tehdä virtuaalinen käyttöönotto robotille ja PLC-ohjelmalle. Myös turvatekniikan simulointi on tuettuna ratkaisussa” (New Siemens Automation, 2020).

Process Simulate on lajinsa eliittiä. Jo alkutoimenpiteet vaativat käyttäjältä erilaisen perehtymisen varsinkin Stand Alone versiossa. Graafisen 3D mallin liikkeiden ja ominaisuuksien lisääminen, sekä törmäystestien tekeminen on tehty yksinkertaiseksi ja monipuoliseksi. Analyysien ja simulointien tekemiseen ja yhdistämiseen on panostettu, sekä toteutettu laadukkaasti. Toiminnot ovat sujuvia, monipuolisia ja stabiileja. Kehitystyökaluja on runsaasti tarjolla. Toimenpiteiden muokkaus analyysista saaduilla arvoilla voidaan toteuttaa ja niiden siirto graafisiin esityksiin on toimivaa.

Process Simulatella voidaan tehdä laajoja kokoonpanoja suhteellisen yksinkertaisilla toimenpiteillä. Toimintojen skaalaamien eri ikkunoille ja tasoille – joka on ohjelman toimintatapa. Taustalla on suuryritysten tarpeet ja vaatimukset. Process Simulate ohjelmiston käyttömahdollisuuksia kannattaisi syventää järjestelmän stabiilin toiminnan takia – positiivinen poikkeus.

8.6 Mechatronic Concept Design vai Process Simulate kinematiikassa

Kinematiikan lisääminen malleihin NX Mechatronics Concept Design lisäosalla on ensimmäisillä kerroilla haastava toimenpide. Kuten yleensä, muutaman kerran tekemällä sisäistää prosessit erityyppisten liikkeiden valmistamiseen. NX ohjelmalla on hyvin stabiili ja johdonmukainen. Uusimmat NX versiot eivät ole numeroituja, kuten esimerkiksi NX12, vaan pelkkä NX ja ohjelmisto päivittää itsestään automaattisesti uusimmat ominaisuudet, joista käyttäjä saa ilmoituksen, sekä hyvät ohjeet niiden käyttämiseen. Kehitystyötä NX ohjelmistossa on selkeästi myös prosessityökalujen valikoiman laajentuminen ja käytön helpottuminen. Esimerkiksi perinteisesti X, Y ja Z suuntien stabilointimäärittely (constraints) voidaan toteuttaa yhdellä ainoalla määrittelyllä, joka voi olla paikoittava, liukuva, pyörivä jne.

Process Simulate ohjelmisto on suunniteltu teollisten prosessien kehittämiseen. Toimivuus ja ominaisuudet ovat erinomaisia. Erilaisia valmiita lisäohjelmistoja on runsaasti tarjolla, osa kuuluu peruspakettiin ja rahalla saa lisää. Esimerkiksi robotiikkaan löytyy useampia lisäosia eri teollisuuden aloille, joilla voidaan hallita samalla laajojakin kokonaisuuksia. Suurimpana puutteena näen heikon koulutusmateriaalin. Kinematiikan lisääminen malleihin on hieman yksinkertaisempaa NX verrattuna ja varsinkin kinemaattisten ominaisuuksien vaihtaminen voi tapahtua useammalla tavalla – useinhan teollisissa prosesseissa valmistuserät vaihtuvat nopeassa tahdissa.

Se kumpaa ohjelmaa käyttäisin kinematiikan lisäämisen malleihin, riippuu täysin kokonaissuunnittelussa oletetusta käyttökohteesta. Process Simulate on tehty tuotantolinjojen kehittämiseen ja NX keskittyy yksittäisiin laitteisiin. Huomioon on otettava myös mitä ohjelmistoja yrityksellä on käytössään. Ideaali tilanne olisi, mikäli käytössä olisi integroitu ohjelmaketju, jolloin malleihin tai ohjelmiin tehtävät muutokset päivittyisivät koko ketjulle – tehtiin ne missä ohjelmassa tahansa – samalla olisi tehokkain työkalu käytössä jokaiseen tuotannon eri vaiheeseen. vCIM projektissa ideaali tilanne toteutui. Käytössäni oli koko Siemens tuoteperheen ohjelmisto – tosin oppilaskäytössä oleva lisensointi rajoitti useita toimintoja, kuten SIMIT ohjelmistoa ja CADENAS kirjastoa.

8.7 Katselmus kokonaisuuden toteutumiseen

Teollisuus 4.0 mukainen iCIM kehitysprojekti automaatio-opetuksen toteuttamiseksi virtuaaliselle opetusalustalle on vaatinut hyvää kokonaisnäkemystä ja suunnittelua. Ohjelmistot, jotka käytössäni olivat, palvelivat erinomaisesti työn eri vaiheissa.

vCIM virtuaalialusta automaation ja robotiikan monimuoto opetukselle on SAMK-kampus Porin servereillä valmiina toteuttamaan eri opetusjaksojen yhteisprojekteja. Demo ohjelmia on ladattuna eri skenaarioiden toteuttamiseksi useilla eri toteutustavoilla ja päivitettävissä (support.industry.siemens, 2020) sivuilla. NX MCD ja TIA Portal ohjelmistojen rajapinnoille rakennettuja, sekä mukana on myös SIMIT järjestelmän rajapinnat toteuttavia ohjelmia ja valmiita malleja. Automaation ja kinematiikan hankaliksi todettujen toimien helpottaminen voidaan todeta tapahtuneen.

Virtuaalisen opetusalustan soveltuvuus automaation, automaatiotekniikan perusteiden, liikkeenohjauksen, koneturvallisuuskoulutuksen- ja robotiikan opettamiseen on hyvät valmiudet. Opetusalusta koulutusohjelmien mukaisesti toimivaksi kokonaisuudeksi odottaa varsinaista toteutusta. Valtaosa virtuaalisen käyttöönoton lähdeaineistosta on peräisin tieteellisistä julkaisuista. Julkaisijoina ovat toimineet eri yliopistojen julkaisut kuten (Alaei;Rouvinen;Mikkola;& Nikkilä, 2018) ja tehtyjen tutkimusjulkaisujen (sciencedirect.com, 2020) sivustoilla, toteutettuna aivan kuten vCIM projekti on toteutettu myös vastaavilla komponenteilla ja toiminnoilla, joten soveltuvuus ja toimivuus on todistettu.

Automaatio-, mekaniikka- ja sähkösuunnittelun keskinäiset riippuvuudet on todistettu monilla eri tavoilla, esimerkiksi (Bishop., 2018). Geneeriset ohjelmat ja Toolbox ohjelmistot toimintojen kehittämiseen on esitetty (support.industry.siemens.com, 2020).

Muilla, kuin Siemens NX CAD ohjelmistoilla tehtyjen 3D mallien reitit NX MCD ja TIA Portal maailmaan osoitettiin tiedoston tallennusmuotoja muuttamalla. Yhteensopivuus Teamcenter ohjelmistoon tuotiin esille toimivimpana ratkaisuna ulkoiselle PLC ohjaukselle. Solid Works – Teamcenter integraatio on toteutettu ja opetuskäyttö aloitettu.

Siemens NX ja TIA Portal kombinaatio soveltuu mallien rakentamisessa tapahtuvien kinemaattisten liikkeiden kehittämiseen teollisessa prosessissa. Siirryttäessä useiden laitteistojen yhteisten prosessin hallintaan Process Simulaten ominaisuudet ja prosessien kehittämisen ominaisuudet eivät turhaan ole valmistajan ohjelmistoissa. Siirryttäessä koko tehtaan tuotannon kehittämiseen tulee kuvaan mukaan Plant Simulation.

8.7.1 Kinemaattisten liikkeiden toteuttaminen

Virtuaalisen opetusalustan graafinen toteutus on haastava kokonaisuus moninaisten toimilaitteiden toteutuksen osalta useine alikokoonpanoineen ja eri toimintojen ymmärtämisellä. Todelliset pohdinnat ja ratkominen on edessä, kun kinemaattisten toimintojen liikkeet toteutetaan virtuaalisilla, sisäisillä ohjauksilla. NX tarjoaa monipuolisia toimintoja eri liikkeen ohjaukseen, mutta sovellusten toteuttaminen haluttuun kohteeseen oikealla tavalla vaatii suuren määrän tiedon hakemista ja useita eri kokeiluversioita. Virtuaaliseen alustaan on osattava soveltaa useita eri tekniikoita liikkeiden toteuttamiseksi samassa kohteessa.

Graafisessa 3D maailmassa painovoima vapautetaan Rigid Body toiminnolla. Tarvittaessa lisätään Collision Body ominaisuus. Joint määritteellä toteutetaan kinemaattinen liike ja Control ohjauksella toteutetaan varsinainen kinemaattinen liike, mutta esimerkiksi pyöreän mallin rullaavat ominaisuudet toteutetaan Rigid Body Initial Translational Velocity alimääritteellä. Näistä toiminnoista rakennetaan Interface rajapinta esimerkiksi PLC SIM Advanced ohjelmistoon. Toteutukseen on useita eri vaihtoehtoja, joten myös muiden PLC ohjelmistojen käyttö on mahdollista.

Esiin tulleisiin ongelmiin haettiin vastausta myös ulkopuolista apua, mutta useiden eri kokeilujen tuloksena ne eivät aina tuottaneet haluttua ratkaisua. Sisäisillä neuvotteiluilla ja hyvällä yhteistyöllä ratkoimme useita esiintyneitä kohteita.

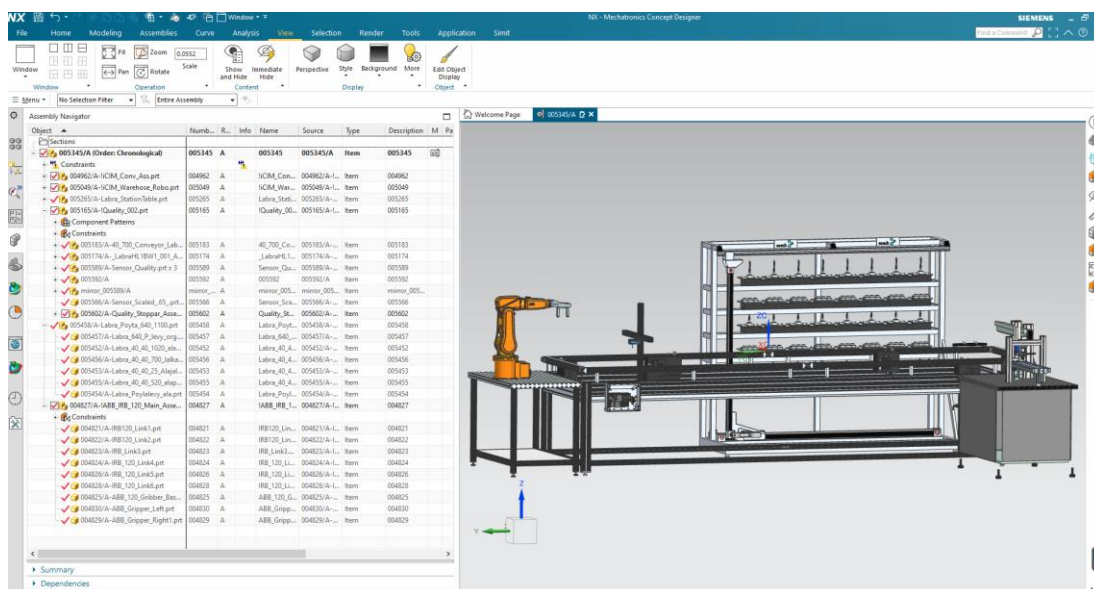
iCIM kuljettimen liikkeiden toteuttaminen graafisesti on periaatteessa yksinkertainen toteuttaa. Ongelmaksi muodostui kuljetusalustan haastava muoto Transport Surface määritteen osalta, koska painovoiman suunta on otettava huomioon. Kuljettimessa on kuusi eri kuljetinyksikkö, joita kaikkia ohjataan joko yhdessä tai erikseen – sisältä tai

ulkoa. Interfacen rakentamista varten sisäiset signaalit on määritettävä toimintoiheen ja testattava toimivuus. Radaston muoto toi omat haasteensa kahdella pitkällä kuljettimella molemmin puolin ja päädyissä olevat lyhyet kuljettimet, koska liittymäkohtiin jää väli, josta kuljetusalusta ei graafisessa mallissa pääse yli.

Ratkaisuna tehtiin yhtenäinen graafinen 1 mm alusta, johon oikeat määritteet voitiin toteuttaa ohjelmiston vaatimalla tavalla. Haasteina ovat myös kitkan ja painovoiman sivuttaisten ominaisuuksien ratkaiseminen. Toteutettiin yhtenäiset sivuttaiskaiteet, joihin määritettiin Collosion Body ominaisuudet. Kaiteiden välimatka kuljetusalustan liikkeiden toteuttamiseksi varsinkin kulmaliitoksissa osoittautui haasteelliseksi, joka oli ratkaistava kokeile ja onnistu menetelmällä. Kitkatoiminnot annetaan kuljetusalustalle ja kuljetuspinnalle, joiden toiminnoista ei kunnollista ohjeistusta löytynyt. Toimiva toteutus vaati runsaasti eri kokeiluversioita. Prevent Collision toiminto pehmentää huomattavasti kuljetusalustan liikkeitä.

8.7.2 vCIM katselmus

Fyysinen iCIM järjestelmän koostuu varastomoduurista, jossa varastorobotti toteuttaa nouto ja vientitoiminnot varastopaikoilta. Varastopaikoilla sijaitsevat valmiit ja työn alla olevat varastonimikkeet omilla erillisillä paikoilla: Järjestelmän ohjaus on toteutettu TwinCat ohjelmistolla, jolloin Siemensin toteutus ei täydellisesti toteudu. Virtuaalinen käyttöönotto voidaan tehdä Siemens PLM NX MCD ja Beckhoff TwinCAT PLCCoconnect integrointiratkaisulla.



25 Virtuaalisella opetusalustalla Teamcenter ja NX MCD kinemaattisilla toiminnoilla.

Teamcenter ja NX MCD kinemaattisilla toiminnoilla toteutettu vCIM esitettynä kuvassa 25. Järjestelmä antaa aina yksilöllisen tunnuksen osille ja kokoonpanoille, joka voi toimia ilman annettua nimeä, kuten kuvasta voidaan havaita ja se voidaan nimetä myöhemmin. Revisiotunnus ja versionumero toimii tunnuksena, sekä voidaan kohdistaa eri projekteille. Uusien projektien muodostamiseen on useita eri mahdollisuuksia ja toiminnot ovat tarkkoja, sekä nopeita tehdä, myös virhemahdollisuus on minimoitu.

Fyysisen iCIM järjestelmän logiikkaohjaimet ovat Beckhoff yhtiön tuoteperheestä rakennettu, paitsi laaduntarkastusasema Siemens ET200SP. Viestintäkanavaa voidaan kutsua laitteiden ohjaimiksi tai protokolliksi, joten jokaiselle protokollalle tarvitaan eri kanava. Ohjelmistolle voidaan määritellä useampia kanavia, jotka sisältävät laitteita eri toimittajilta. Kanava toimii peruselementtinä laitteille, joilla on erilaiset ohjaimet ja ominaisuudet toimittajakohtaisen protokollan mukaisesti. Liittäminen virtuaaliseen NX MCD ja TIA Portal ohjelmistoon toimii moitteetta.

9 SUOSITUKSET

Monimuotoiselle yhteistyölle eri teknisille koulutusaloille on avattu yhteistyö mahdollisuuksia ja lupaavaa kehitystyötä on aloitettu. Yhteisten käytäntöjen valmistelutyön olisi käynnistyttävä laajemmin, jotta automaation-, mekaniikan- ja sähkösuunnittelun yhteiset säännöt eri käytännöille saadaan jalkautettua ja käyttöön otettua laajemmassa mittakaavassa.

Siemensin NX ohjelmiston käyttöä opetustarkoitukseen kannattaa vakavasti tutkia. Ohjelma itsessään on vaatimaan käyttöön tehty. Toimivuus on erinomaisella tasolla ja eri aloille linkitettävien apuohjelmien tarjonta on hyvä. Koulutusmateriaalia on runsaasti ja korkeatasoista. Akatemian todistus on hyvin arvostettu työmarkkinoilla. NX Process Simulate ohjelmiston ominaisuudet tukevat vahvasti automaation ja robotiikan koulutusta, aivan kuten Plant Simulation tarjoamat kehitysmahdollisuudet kokonaisen teollisen tuotannon hallitsemiseen. Automation Designer ohjelmiston käyttömahdollisuudet ovat avaamatta.

Teamcenter ohjelmiston tuotehallinnon PDM ja tuotteen elinkaarenhallinnan PLM ominaisuuksien painotusta jo aikaisessa vaiheessa opintoja. Tuotteiden sisältämä datamäärä on kasvanut merkittävästi ja tulevaisuudessa kokoonpanot ovat yhä monimutkaisempia. Laitteisiin liitetään yhä laajempia kokonaisuuksia, kuten mekatroniikan toiminnat ja ominaisuudet. Teamcenterin ja etäyhteyksien hyödyntäminen uusien virtuaalisten opetusalojen esittelyissä Suomessa ja kansainvälisesti.

Pilvipalveluiden kehittämistä ja käyttömahdollisuuksia on syytä seurata. Autodesk ja Dassault Systems ohjelmisto talot panostavat vahvasti keskitettyyn ohjelmisto tarjontaan, joka on käytettävissä ja jaettavissa pilvessä. Dassault Systems panostaa PLC liityntämahdollisuuksiin esimerkiksi Scanian kanssa.

Integraatio automaatio- mekaniikka- ja sähkösuunnitteluun tarkoitettujen ohjelmien kesken, kuten Siemens järjestelmissä on toteutettu. Tuotteiden, prosessien ja kokonaisuuksien toteutuksien kannalta integroidut ohjelmat helpottavat lopputuloksen toimivuutta ja käyttöä, sekä vähentää virheitä.

SIMATIC Modular Application ja Geneeriset Toolbox järjestelmät avaavat uusia tapoja yhdistää automaation-, mekaniikan- ja sähkösuunnittelun opetuksen kehittämistä, erittäin hyviä aiheita opinnäytetöiden toteuttamiseen. Geneeriset ohjelmat ovat vahvasti yleistymässä ja niiden käyttämiä standardi muotoisia ohjelmistoja voidaan ladata omiin kirjastoihin, jolloin niitä voidaan räätälöidä myös muihin projekteihin.

LÄHTEET

- Xu, X. (2011). *From cloud computing to cloud manufacturing*. Amsterdam: Elsevier.
- Aberdeen Group. (2018). *The Role of MES for Smart Manufacturing in Electronics*. Waltham: Aberdeen Group.
- aethon.com*. (28. 5 2020). Noudettu osoitteesta mobile-robots-and-industry4-0: <https://aethon.com/mobile-robots-and-industry4-0/>
- (1999). *Agent-Based Systems for Intelligent Manufacturing*. Calgary: The University of Calgary.
- Alaei, N.;Rouvinen, A.;Mikkola, A.;& Nikkilä, R. (2018). *Product processes based on digital twin*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Auris, F.;Süß , S.;Schlag , A.;& Diedrich, C. (2017). *Towards shorter validation cycles by considering mechatronic component behaviour in early design stages*. Limassol: IEEE.
- automation.com*. (30. 1 2020). <https://www.automation.com/automation-news/article>. Noudettu osoitteesta <https://www.automation.com/automation-news/article/exploring-the-world-of-virtual-commissioning>: <https://www.automation.com/automation-news/article/exploring-the-world-of-virtual-commissioning>
- Biffel, S.;Luder, A.;& Gerhard, D. (2017). *Multi-Disciplinary Engineering for Cyber-Physical Production Systems - Data Models and Software Solutions for Handling Complex Engineering Projects*. Cham: Springer International Publishing.
- Bishop., R. (2018). *Mechatronics systems, sensors, and actuators*. Boca Raton, FL 33487-2742: Taylor & Francis.
- Caldorola, E.;Modini, G.;& Sacco, M. (2015). Manualearning. *International Conference e-Learning* (ss. A Knowledge-Based System To Enable The Continous Training Of Workers In The Manufacturing Field). Madrid: International Conference e-Learning.
- danfoss.com/fi-fi*. (22. 5 2020). Noudettu osoitteesta drives/what-is-a-variable-frequency-drive/: <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>
- dau.dk*. (3. 3 2020). Noudettu osoitteesta Dau-OPC-UA-enabler-for-industry4: http://www.dau.dk/Content/file_knowledge_item/2014-03-13-Dau-OPC-UA-enabler-for-industry4-en_125_INT.pdf
- Dellino, G.;Lino, C.;& Rizzo, A. (2007). *Enhanced evolutionary algorithms for*. Berlin: Springer Verlag.

Deloitte University Press. (2017). *Industry 4.0 and the digital twin*. London: deloitte-cn-cip-industry-4-0-digital-twin-technology-en-171215.

Digital McKinsey. (2020). *A winning operating model for dital strategy*. Brussel: McKinsey & Company.

ennakointi akatemia. (24. 3 2020). Noudettu osoitteesta [signaalit/teknologiateollisuus/teollinen-vallankumous-4-0/](https://ennakointiakatemia.fi/signaalit/teknologiateollisuus/teollinen-vallankumous-4-0/):
<https://ennakointiakatemia.fi/signaalit/teknologiateollisuus/teollinen-vallankumous-4-0/>

Gregor, M.;Hromada, J.;& Matuszek, J. (2006). *DIGITAL FACTORY SUPPORTED BY SIMULATION AND METAMODELLING*. Žilina: SLCP.

Hashim, J. (2007). *Information Communication Technology (ICT)*. Kuala Lumpur: International Journal of Business and Information.

Hauf , D.;Süß , S.;Strahilov , A.;& Franke, J. (2017). *Multifunctional use of functional mock-up units for application in production engineering*. Emden: IEEE.

<https://plcopen.org>. (24. 3 2020). Noudettu osoitteesta [intro_iec_oct2016.pdf](https://plcopen.org/sites/default/files/downloads/intro_iec_oct2016.pdf):
https://plcopen.org/sites/default/files/downloads/intro_iec_oct2016.pdf

<https://teknologiateollisuus.fi>. (24. 3 2020). Noudettu osoitteesta [ajankohtaista/saksaan-syntyy-industrie-40](https://teknologiateollisuus.fi/ajankohtaista/saksaan-syntyy-industrie-40):
<https://teknologiateollisuus.fi/ajankohtaista/saksaan-syntyy-industrie-40>

<https://www.engineering.com>. (3. 4 2020). Noudettu osoitteesta [PLMERP/ArticleID/19803/A-Phased-Roll-Out-with-Big-Bang-Elements-Opportunities-and-Challenges-in-SCANIAS-Large-3DEXPERIENCE-PLM-Implementation](https://www.engineering.com/PLMERP/ArticleID/19803/A-Phased-Roll-Out-with-Big-Bang-Elements-Opportunities-and-Challenges-in-SCANIAS-Large-3DEXPERIENCE-PLM-Implementation): https://www.engineering.com/PLMERP/ArticleID/19803/A-Phased-Roll-Out-with-Big-Bang-Elements-Opportunities-and-Challenges-in-SCANIAS-Large-3DEXPERIENCE-PLM-Implementation.aspx?utm_source=engineering.com&utm_campaign=a7c41f2bc1-EMAIL_CAMPAIGN_8_13_2018_9_44

<https://www.networkworld.com>. (2019). [what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html](https://www.networkworld.com/article/3280225/what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html). *networkworld.com*,
<https://www.networkworld.com/article/3280225/what-is-digital-twin-technology-and-why-it-matters.html>.

Keränen, M. (12. 2 2020). *Tekniikkatalous.fi*. Noudettu osoitteesta <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/digitaalinen-kaksonen-on-iotn-seuraava-vaihe-tuottopotentialia-on-viela-vaikea-nayttaa/b628a399-2c0b-3091-bb32-f3da804486b7>

Kube, G. (12. 2 2020). *www.industryweek.com*. Noudettu osoitteesta <https://www.industryweek.com/innovation/research-development/article/22007864/the-digital-twin-for-business>

New Siemens Automation. (18. 2 2020).

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/si-matic-technology.html>. Noudettu osoitteesta

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/si-matic-technology.html>

openpr. (23. 6 2020). <https://www.openpr.com>. Noudettu osoitteesta [global-cloud-based-virtual-learning-platform-market-complete-analysis-challenging-factors-trends-and-future-scope-with-top-key-venders-blackboard-calten-softlabs-skytaps-and-wiziq.html](https://www.openpr.com/amp/1424802/global-cloud-based-virtual-learning-platform-market-complete-analysis-challenging-factors-trends-and-future-scope-with-top-key-venders-blackboard-calten-softlabs-skytaps-and-wiziq.html):

<https://www.openpr.com/amp/1424802/global-cloud-based-virtual-learning-platform-market-complete-analysis-challenging-factors-trends-and-future-scope-with-top-key-venders-blackboard-calten-softlabs-skytaps-and-wiziq.html>

PLM Automation Siemens. (13. 2 2020). *tecnomatix*. Noudettu osoitteesta

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/>

plm.automation.siemens.com. (29. 3 2020). Noudettu osoitteesta

[global/en/products/collaboration/design-management:](https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/collaboration/design-management/)

<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/collaboration/design-management.html>

plm.automation.siemens.com. (4. December 2020). Noudettu osoitteesta

[7457_tcm642-80351.pdf:](https://www.plm.automation.siemens.com/en_gb/Images/7457_tcm642-80351.pdf)

https://www.plm.automation.siemens.com/en_gb/Images/7457_tcm642-80351.pdf

Production Software. (16. 1 2020). *Tuotannonohjaus ja valmistuksenohjaus*.

Noudettu osoitteesta ISA-95:

http://www.productionsoftware.fi/MES/isa_95.htm

Rosen, R.; Wicher, G.; Lo, G.; & Bettenhausen, K. D. (2015). *About The Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing*. Munich: IFAC-PapersOnLine.

Scheifele, C.; Verl, A.; & Riedel, O. (2019). Real-time co-simulation for the virtual commissioning of production systems. *12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering* (s. 397). Culf of Naples: Sciencedirect.

sciencedirect.com. (12. 14 2020). Noudettu osoitteesta [sciencedirect.com/science:](https://www.sciencedirect.com/science)

<https://www.sciencedirect.com/science>

searcherp.techtarget.com. (15. 11 2018). Noudettu osoitteesta

[definition/manufacturing-execution-system-MES:](https://searcherp.techtarget.com/definition/manufacturing-execution-system-MES/)

<https://searcherp.techtarget.com/definition/manufacturing-execution-system-MES>

serintel.org. (23. 6 2020). <https://serintel.org>. Noudettu osoitteesta [training-methodology/distance-teaching-online/](https://serintel.org/training-methodology/distance-teaching-online/):

<https://serintel.org/training-methodology/distance-teaching-online/>

- Siemens. (5. 3 2019). Noudettu osoitteesta HajautettuI/O ET 200:
http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/hajautettu_io_et200.php
- Siemens. (13. 2 2020). *plm.automation.siemens.com/global/en/products/teamcenter/*.
 Noudettu osoitteesta
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/teamcenter/>
- Siemens Digital Industries. (13. 2 2020).
<https://new.siemens.com/global/en/company/about/businesses/digital-industries.html>. Noudettu osoitteesta
<https://new.siemens.com/global/en/company/about/businesses/digital-industries.html>
- Siemens PLM Europe. (2018). *WOLFGANG-SCHL_GL_SIEMENS_AG_automation_designer_integrating_electrics_and_automation_in_digital_manufacturin*. Köln: 2230_PLMEurope_30.10.18-16-00.
- Stark, J. (2015). *Product Lifecycle Management*. Basel: Springer Nature Switzerland AG.
- Stark, J. (2015). *Product Lifecycle Management*:. Berlin: Springer International Publishing.
- Sub, S.;Hauf, D.;Strahilov, A.;& Diedrich, C. (2016). *Standardized Classification and Interfaces of Complex Behaviour Models in Virtual Commissioning* . Weingarten: EKS intc GmbH.
- support.industry.siemens.com*. (29. 3 2020). Noudettu osoitteesta simatic-s7-1500t-virtual-commissioning-for-kinematics-in-nx-mcd-with-software-in-the-loop-?dti=0&lc=en-FI:
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109760078/simatic-s7-1500t-virtual-commissioning-for-kinematics-in-nx-mcd-with-software-in-the-loop-?dti=0&lc=en-FI>
- support.industry.siemens.com*. (29. 3 2020). Noudettu osoitteesta simatic-s7-1500t-virtual-commissioning-for-kinematics-in-nx-mcd-with-software-in-the-loop:
<https://support.industry.siemens.com/cs/document/109760078/simatic-s7-1500t-virtual-commissioning-for-kinematics-in-nx-mcd-with-software-in-the-loop-?dti=0&lc=en-FI>
- Süß, S.;Hauf, D.;Strahilov, A.;& Diedrich, C. (2016). *Standardized Classification and Interfaces of Complex Behaviour Models in Virtual Commissioning*. Weingarten: CIRP.
- Tao, F.;Cheng, J.;Qi, Q.;Zhang, M.;Zhang, H.;& Sui, F. (2017). *Digital twin-driven product design*,. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Tao, F.;Zhang, M.;Liu, Y.;& Nee , A. (2018). *Digital twin driven prognostics and health management for complex equipment*. . London: Springer Nature.

- VDI4499. (3. 12 2019). Digital factory - Fundamentals. Verein, Saksa.
- Verl, A.;& Scheifele, S. (2016). Automated control system generation out of the virtual machine. *New Challenges for Product and Production Engineering* (ss. 349 – 356). Stuttgart: ELSEVIER.
- virtuaalinen-kaytoonotto.html*. (22. 5 2020). Noudettu osoitteesta tuotteet/teollisuus/virtuaalinen-kaytoonotto.html:
<https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/virtuaalinen-kaytoonotto.html>
- visci.fi. (6. 23 2020). *visci.fi*. Noudettu osoitteesta virtuaalinen-oppimisymparisto:
<https://visci.fi/virtuaalinen-oppimisymparisto/>
- Woods, D. (27. 5 2020). *Forbes*. Noudettu osoitteesta why-digital-twins-should-be-the-ceos-best-friend:
<https://www.forbes.com/sites/danwoods/2018/07/18/why-digital-twins-should-be-the-ceos-best-friend/#297aba43c753>
- VTT. (2012). *Katsaus kompleksisten järjestelmien linkkaaren suunnitteluun* . Espoo: VTT.
- Zhang, L.;Tao, F.;& Luo, Y. (2014). *Cloud manufacturing: A new manufacturing paradigm*. Lontoo: Enterp Inf Syst.
- Zheng, Y.;Yang, S.;& Huanchong, C. (2018). *An application framework of digital twin and its case study. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Zhong, R. Y.; Xu, X.; Klotz, E.;& Newman, S. T. (2017). *Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0*:. Amsterdam: Elsevier LTD.

KUVAT

Kuva 1 Kansainvälisyys virtuaaliopetuksessa (serintel.org, 2020).....	9
Kuva 2 Tiedonkulku automaatiokolmiossa (dau.dk, 2020).....	11
Kuva 3 dCIM kinemaattinen esitys.....	13
Kuva 4 Graafinen dCIM ja fyysinen iCIM.....	15
Kuva 5 Ohjaustekniikka ABB IRP 120 robotille 3D.....	17
Kuva 6 Varaston ohjaus kokoonpano 3D ja fyysinen ohjausyksikkö.....	18
Kuva 7 Siemens ET 200SP turvatekniikka ja hajautettu I/O 3D kuva.....	19
Kuva 8 Automaattinen tiedonsiirto digitaalisessa kaksosessa (Fuller;Fan;Day;& Barlow, 2020).....	22
Kuva 9 Samkin automaatioprosessin kehitystavoite. Kuva (Siemens PLM Europe, 2018).	24
Kuva 10 Digitaalinen kaksonen ja fyysikaalidigitaalinen silmukka (Deloitte University Press, 2017).	26
Kuva 11 Teollisuus 4.0 (aethon.com, 2020).....	29
Kuva 12 ERP ja MES järjestelmien vaikutus prosessin valvontaan. Kuva (Production Software, 2020).	32
Kuva 13 Klassinen "automaatiokolmio" (www.smctraining.com, 2018).....	33
Kuva 14 Kehitys” automaatio pyramidista” teollisuus 4.0 (symestic.com, 2018)..	34
Kuva 15 Kinematics Toolbox kirjastosta ladattu esivalmisteltu poimijarobotti NX virtuaaliohjelmistossa.	39
Kuva 16 TIA Portal esivalmisteltu ohjelmisto virtuaalialustalla.....	41
Kuva 17 NX MCD ja TIA Portal virtuaalialustalla integroituna.	42
Kuva 18 Toiminnallinen dCIM-varasto Process Simulate ohjelmassa.....	44
Kuva 19 Simatic HMI ja SiL (support.industry.siemens.com, 2020).....	48
Kuva 20 SiL operoinnin toimintaperiaate (support.industry.siemens.com, 2020). ..	49
Kuva 21 Virtuaalinen käyttöönotto Simit ohjelmiston tukemana.....	51
Kuva 22 SIMIT projekti toteutettuna NX MCD, SIMIT ja PLCSIM Advanced ohjelmiin.	53
Kuva 23 SIMIT- NX MCD - TIA Portal	56
Kuva 24 vCIM - NX ohjelmistossa virtuaalisella opetuslustalla.	68
25 Virtuaalisella opetuslustalla Teamcenter ja NX MCD kinemaattisilla toiminnoilla.	79

LIITE 1

Miikka Krogerus <miikka.krogerus@autodesk.com>

ti 18.6.2019 12.29

Vastaanottaja: Räsänen Jari <jari.rasanen@student.samk.fi>

Tervehdys,

Kiireestä joudun vastaamaan pikaisesti, että out of the box tuollainen automaatio ei taida onnistua. Meidän automaatio-ohjaus on enemmän G-koodin tuottamista CNC-laitteille, nestingiä, lisäävää valmistusta ja näiden yhdistelmiä: <https://www.autodesk.com/solutions/manufacturing>

Sahateollisuuden suhteen riippuu kuinka pitkälle sen haluaa viedä. Prosessi, 2D-layout ja skemaattiset komponentit onnistuvat AutoCAD:lla (nykyään yksi lisenssi, jossa on mukana erikoiskirjastot): <https://www.autodesk.com/products/autocad/included-toolsets>

Pidemmälle vietynä ja tehokkaaseen yhteistyöhön laitetoimittajien kanssa alla mainitsemani layout-työnkulku (mahd. laserkeilaus -> prosessianalyysi -> 2D-3D -> simulointi -> projektinhallinta, komissiointi, kolliisiotarkastelu -> visualisointi -> VR) tuo lisäarvoa:

<https://www.autodesk.fi/collections/product-design-manufacturing/overview>

-Miikka

From: Räsänen Jari <jari.rasanen@student.samk.fi>

Sent: Tuesday, June 18, 2019 11:15 AM

To: Miikka Krogerus <miikka.krogerus@autodesk.com>

Subject: VS: Process Simulate

LIITE 2

Your Autodesk Support CaseNo:16194427. has been received

Hi Jari Räsänen,

We're following up on your support request to let you know we created the case below.

Case 16194427 - Education Contact Form Receipt

At any time, you may add information to your Case by simply replying to this email. Be sure to include this email in your reply, so that your comments are automatically updated in your Case.

Thanks for contacting Autodesk for support.

Best regards,

Autodesk

More Options for Support

Here's a list of the support resources most visited by other customers. If there's no time to wait, you may find your answer here:

[Subscription Solution Center](#): Support articles for logging in and managing users and contract information.

[Autodesk Knowledge Network](#): Search for technical support and learning content by product.

[Autodesk Community](#): Find solutions posted by Autodesk technical support specialist and Expert Elite Community members.

[Installation and Licensing Forum](#): Discussion group dedicated to helping you get your software installed, registered, and running.

 Autodesk, Inc.

Autodesk Legal Notices & Trademarks | Privacy Policy | Support Benefit Terms | CaseNo:16194427.
© Copyright 2013 Autodesk, Inc. All rights reserved