



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Alexi Knuuti

Visual Components -ohjelmiston hyödyntäminen tuotannonkehityksessä

Opinnäytetyö

Kevät 2025

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka, Insinööri (AMK)

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Aleksi Knuuti

Työn nimi: Visual Components -ohjelmiston hyödyntäminen tuotannonkehityksessä

Ohjaaja: Toni Luomanmäki

Vuosi: 2025

Sivumäärä: 29

Liitteiden lukumäärä: 0

Työn toimeksiantajana toimi Fortaco Ostrobothnia Oy, joka on osa Fortaco Group -konsernia. Fortaco valmistaa työkoneiden ohjaamoja alihankkijoilta tilatuista osista.

Työn tavoitteena oli tutkia simuloinnin hyötyjä ja luoda simulaatiopohja, jota yritys pystyisi hyödyntämään tulevaisuudessa tuotannon tehostamiseksi. Tavoitteeseen pääsemiseen käytettiin Visual Components -mallinnusohjelmaa, johon yrityksellä oli lisenssit valmiina ja jonkin verran aikaisempaa tuntemusta ohjelman toiminnasta.

Tulokseksi työstä saatiin kaksi simulaatiota, suurpiirteinen ja yksityiskohtaisempi versio, jotka esiteltiin tuotannonkehityksen henkilöstölle. Ensimmäisessä simulaatiossa oli kuvattuna hitsaamon toimintaa yleisesti. Työpisteille oli asetettu työntekijöitä tekemään yksinkertaisia työkiertoja. Tätä versiota pystytään myöhemmin hyödyntämään tarkempien simulaatioiden luomiseen. Jälkimmäisessä simulaatiossa oli yhden tuotantoprosessin tarkempi simulaatio tuotantoaikoineen, tätä voidaan hyödyntää esimerkkinä tulevien simulaatioiden luomisessa.

Mallien luomisen jälkeen ne esiteltiin tuotannonkehityksen henkilöstölle ja heidän kysymyksiinsä käytetyn ohjelman toiminnasta vastattiin. Esittelyn jälkeen heillä oli hyvä ymmärrys ohjelman mahdollisuuksista, ja he pystyivät aloittamaan simulaatioiden kehityksen eteenpäin.

¹ Asiasanat: simulointi, mallintaminen, digitaalinen kaksonen

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Automation technology

Specialisation: Electrical automation

Author/s: Aleksi Knuuti

Title of thesis: Utilizing Visual Components for production development

Supervisor(s): Toni Luomanmäki

Year: 2025

Number of pages: 29

Number of appendices 0:

The goal of this thesis was to explore the possibilities of Visual Components, a 3D-modeling and simulation program, and how it could be utilized to enhance production in a vehicle cabin production environment.

To test and demonstrate the possibilities of the program, two differently configured simulations were made. The first had general work cycles for the factory's welding area and the second had a more detailed work cycle of one product's welding work cycles.

The simulation models were presented to production development personnel and their questions about the program were answered. After the presentation, the personnel had a solid understanding of the program's potential, and they could start to try and further develop the simulations in the future.

¹ Keywords: simulating, modelling, digital twin

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	1
Thesis abstract	2
SISÄLTÖ	3
Kuvaluettelo.....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
JOHDANTO.....	7
1.1 Työn tausta	7
1.2 Työn tavoite.....	7
1.3 Työn rakenne	7
1.4 Yritysesittely	8
2 SIMULOINTI.....	9
2.1 Simuloinnin tarkoitus	9
2.2 Simuloinnin edut ja haasteet	10
2.3 Digitaalinen kaksonen	11
2.4 Simulointiprojektit	12
3 VISUAL COMPONENTS	14
3.1 Yleisesti.....	14
3.2 Mallinnusympäristö.....	14
4 PROJEKTIMÄÄRITTELY	17
4.1 Simulaation laajuuden määrittäminen	17
4.2 Simulaation hyödyt.....	17
4.3 Simulaation komponenttien valinta.....	18
4.4 Layoutpohjan tarkastus	18
4.5 Tahtiaikojen määrittäminen	19
5 TOTEUTUS.....	20
5.1 Komponenttien asettaminen.....	20
5.2 Komponenttien ohjelmointi	20
5.3 Testaus ja vianmäärittely.....	24

6 TULOKSET	26
6.1 Työn tavoitteiden toteutuminen	26
6.2 Työssä saadut tulokset.....	26
7 YHTEENVETO JA POHDINTA.....	27
7.1 Yhteenveto	27
7.2 Pohdinta	27
LÄHTEET	29

Kuvaluettelo

Kuva 1. Visual Componentsin perusnäkyvä	14
Kuva 2. Process Node- ja Statement Properties -ikkunat	21
Kuva 3. Esimerkki ohjelmoidusta työprosessista	23

Käytetyt termit ja lyhenteet

3D-layout

3D-pohjapiirustus.

IOT

Esineiden internet. Yhdistettyjen itsenäisten kokonaisuuksien, ihmisten, järjestelmien ja tiedon infrastruktuuri, joka resursoituu yhteen palvelujen kanssa, jotka prosessoivat ja reagoivat informaatioon fyysisestä ja virtuaalisesta maailmasta.

JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Työn aiheena on simulaation käyttömahdollisuuksien tutkiminen toimeksiantajayrityksen tuotannon kehittämisen näkökulmasta. Yrityksessä on mielenkiintoa toteuttaa tuotannon simulaatio, jolla voidaan tarkastella tuotannon pullonkauloja ja muita ongelmia ennen tuotantoon siirtymistä. Simulaatiolla halutaan helpottaa tuotannon optimointia asettamalla todennukaiset tuotantoajat eri työvaiheille ja prosesseille, sekä analysoimalla simulaatiodataa. Simulaation pohjana toimii valmiiksi tehty tehtaan 3D-layout, joka on tehty Visual Components -ohjelmalla. Myös simulaatio tehdään Visual Componentsilla.

1.2 Työn tavoite

Työn tavoitteena on tutkia Visual Componentsin simulaatiotoiminnallisuuksia toimeksiantajayrityksen toiminnan kehittämisen kannalta. Tähän tarkoitukseen luodaan yrityksen hitsaamon tuotannon simulaatioesimerkki ja digitaalinen varjo entuudestaan tehdyn 3D-layoutin pohjalta sekä luodaan yksittäisen prosessin yksityiskohtainen simulaatio. Samalla päivitetään layoutpohjaa nykytilanteen mukaan. Lopputuloksena on tarkoitus saada todellisuutta kuvaavat simulaatiomallit, joita voidaan myöhemmin käyttää pohjana ja päivittää uusien asiakkuuksien ja ohjaamomallien hitsaamisen simulointiin.

1.3 Työn rakenne

Teoriaosuudessa käsitellään simulaation tarkoitusta sekä käydään läpi sen etuja ja haasteita. Lisäksi teoriaosuudessa käydään läpi digitaalisen kaksosen käsite. Kolmannessa pääluvussa esitellään valitun simulaatio-ohjelman toimintaa ja ominaisuuksia. Tämän jälkeen siirrytään luodun simulaation esittelyyn. Luvussa 4 käydään läpi projektin laajuuden määrittely ja simulaation komponenttien valintaa. Tämän jälkeen käsitellään simulaation luomista ja sen haasteita. Lopuksi käydään läpi työn tulokset ja jatkojalostusmahdollisuudet.

1.4 Yritysesittely

Työn toimeksiantajana toimii Kurikassa sijaitseva Fortaco Ostrobothnia Oy. Se on teknologia-alan yritys, joka on erikoistunut työ- ja metsäkoneohjaamoiden valmistukseen (Fortaco Group, 2025). Fortaco Ostrobothnia on osa Fortaco Group -konsernia, jolla on useita toimipaikkoja ympäri Eurooppaa. Fortaco Ostrobothnialla on noin 300 vakituista työntekijää. Kurikan yksikössä hitsataan ja kokoonpannaan alihankkijoilta tilatut osat asennusvalmiiksi työ- ja metsäkoneohjaamoiksi.

2 SIMULOINTI

2.1 Simuloinnin tarkoitus

Simulaatio on imitaatio oikean maailman prosessin tai järjestelmän toiminnasta ajan suhteen (Banks ym., 2005, s. 2). Prosessia tai järjestelmää tutkittaessa ja kehitettäessä sen käyttäytymistä voidaan tutkia luomalla simulaatiomalli. Malli muodostuu järjestelmän toiminnan pohjalta tehtyjen oletusten kautta, ja niitä kuvataan järjestelmän eri osien matemaattisilla, loogisilla ja symbolisilla suhteilla.

Simulointi on ollut olemassa jo ennen tietokoneiden aikakautta, vaikka se usein mielletään tietokoneilla tapahtuvaksi (Cantot & Luzeaux, 2011, s. 14). Jotkin ensimmäisistä simulaatioista olivat sotastrategioiden suunnitteluun tehdyt pöydät, joita käytettiin työkaluina strategian opettamiseen ja mielikuvituksen stimulointiin upseerien keskuudessa (mts. 14–15). Uudempiin simulaation hyötykäyttöihin kuuluu moderni meteorologia, joka on nykyisin laajalti sääilmiöiden simuloimista (mts. 15–16).

Simuloinnin tarkoitus on siis kuvata jotain asiaa, tapahtumaa tai prosessia uudelleentoistettavassa muodossa (Cantot & Luzeaux, 2011, s. 33). Simulaattoreita voidaan käyttää eri aloilla erilaisiin tarkoituksiin, terveydenhuollossa sillä voidaan kouluttaa hoitajia vaarantamatta oikeita potilaita, lentokoneiden pilotit lentävät useita tunteja simulaattorilentoja, tuotantoteollisuudessa voidaan simuloida tuotantoprosessien läpikulkua ja tarkkailla pullonkauloja niiden aikana, autoteollisuudessa simuloidaan törmäystestejä ja niin edelleen. Simuloimista hyödynnetään laajasti, koska se (mts. 5–12)

1. vähentää kustannuksia
2. vähentää henkilövahinkojen riskiä
3. kehittää tuotantoa
4. mahdollistaa ääritapausten tutkimisen
5. helpottaa riskikartoitusta
6. antaa asiakkaalle konkreettisen näkymän tuotantoon
7. auttaa prosessien ymmärtämisessä ja analysoinnissa.

2.2 Simuloinnin edut ja haasteet

Banks ym. (2005, s. 4) kuvaavat joitakin simuloinnin hyötyjä seuraavilla tavoilla

- Simulaatiota voidaan käyttää järjestelmien tutkimiseen suunnitteluvaiheessa.
- Uusia toimintatapoja ja tiedonkulkua voidaan tutkia ilman oikean järjestelmän toiminnan pysäyttämistä.
- Uusia laitteistoja, fyysisiä layouteja ja kuljetusjärjestelmiä voidaan testata ilman, että niiden hankintaan vaaditaan resursseja.
- Aikaa voidaan kompressoida tai venyttää tutkittavan tapahtuman nopeuttamiseksi tai hidastamiseksi.

Banksin ym. (2005, s. 5) mukaan simuloinnissa on kuitenkin myös joitakin ongelmia:

- Mallien tekemiseen vaaditaan erityistä koulutusta.
- Simulaation tuloksia voi olla vaikeaa tulkita.
- Simulaation mallinnus ja analysointi voivat olla aikaa vieviä ja kalliita.
- Simulaatiota käytetään joissain tilanteissa, joissa analyttinen ratkaisu olisi mahdollinen tai jopa parempi.

Missä tahansa simulointitilanteessa tulee miettiä edellä mainittujen hyötyjen ja ongelmien kautta, onko simulaatio oikea tapa saada parasta mahdollista tietoa tutkittavasta järjestelmästä tai ilmiöstä. Banks ym. (2005, s. 2–3) mainitsevat seuraavia asioita, jotka kertovat milloin simulaatio on sopiva työkalu:

- Simulaatio mahdollistaa monimutkaisen järjestelmän sisäisten interaktioiden tai alijärjestelmien tutkimisen.
- Informatiivisten, organisatoristen ja ympäristöllisten muutosten vaikutuksia mallin käytökseen voidaan simuloida.
- Simulaatiomallin luomisessa saatu tieto voi olla arvokasta tutkittavan järjestelmän parantelun kannalta.
- Muuttamalla simulaation syötettä ja tutkimalla muutosten vaikutuksia simulaation tuloksiin, voidaan saada arvokasta tietoa muuttujien tärkeydestä ja siitä, mitkä niistä ovat vuorovaikutuksessa toistensa kanssa.
- Simulaatiota voidaan käyttää opetusvälineenä vahvistamaan analyttisiä ratkaisumenetelmiä.

- Simulaatiota voidaan käyttää uusien mallien ja käytäntöjen kokeilemiseen ennen käyttöönottoa, jotta voidaan varautua siihen, mitä voi tapahtua.
- Simulaatiota voidaan käyttää analyyttisten ratkaisujen vahvistamiseen.
- Koneen erilaisten toiminnallisuuksien simuloinnilla voidaan määritellä sille vaatimuksia.
- Koulutukseen tarkoitettujen simulaatiomallien käyttö mahdollistaa oppimisen ilman töiden aikana tapahtuvan koulutuksen häiriöitä.
- Animaatio näyttää järjestelmän simuloitun toiminnan, jolloin järjestelmää voidaan visualisoida.
- Moderni järjestelmä (tehdas tms.) on niin monimutkainen, että sen vuorovaikutuksia voidaan tutkia vain simulaatiolla.

Banks ym. (2005, s. 3–4) käyvät läpi myös, milloin simulointia ei ole syytä hyödyntää:

- Ongelma voidaan ratkaista maalaisjärjellä.
- Ongelma voidaan ratkaista analyyttisesti.
- Suorien kokeilujen suorittaminen on helpompaa.
- Hinta on suurempi kuin säästöt.
- Resursseja tai aikaa ei ole käytettävissä.
- Jos dataa ei ole saatavilla, edes arviosimulaatiota ei ole syytä tehdä.
- Jos johtoportalla on kohtuuttomia odotuksia tai simulaation tehokkuus on yliarvoitua, ei simulaatiota silloin ole syytä hyödyntää.
- Jos järjestelmän käyttäytyminen on liian monimutkaista tai sitä ei voida määritellä, ei simulaatiota tulisi hyödyntää.

2.3 Digitaalinen kaksonen

Digitaalinen kaksonen oli alun perin NASAn käyttämä käsite, joka liittyi avaruusalusten testaamiseen ja vikojen diagnosointiin, mutta teknologian kehittyessä myös yritykset ovat kyenneet hyödyntämään sitä omassa toiminnassaan (Nee ym., 2019 s 5–11). Vuonna 2010 NASA julkaisi virallisen määritelmänsä digitaaliselle kaksooselle: "Integroitu multifyysinen ja multiskaalainen simulaatio ajoneuvosta tai järjestelmästä, joka käyttää parhaita saatavilla olevia fyysisiä malleja, anturipäivityksiä, mallistohistoriaa jne.

peilatakseen lentävän kaksosensa elinkaarta (mts. 5–7).” Määrittely on kuitenkin muuttunut alkuperäisestä kuvaamaan paremmin yleismaailmallista määritelmää, jota muut yritykset ja yksityishenkilöt käyttävät.

Viime vuosikymmeninä digitaalisen kaksosen konseptia hyödynnetään älykotien muodossa, jotka käyttävät IoT-laitteita (Bouchabou ym., kappale 1). Jos jonkin tuotteen myynyt yritys on luonut mallin tuotteestaan, yritys voi asiakkailta saatavan palautteen avulla muokata malliaan vastaamaan todellista tuotetta ja tekemään siitä paremman uuden tiedon perusteella. Esimerkiksi data siitä milloin pesukonetta tarvitsee huoltaa ja mitä siitä huollossa vaihdetaan, on loistavaa dataa yritykselle, joka haluaa vähentää varaosien kulumista raaka-aineiden käytön vähentämiseksi. Se on myös halvempaa asiakkaalle, kun tuote toimii toivotulla tavalla, eikä sitä tarvitse huollattaa tai siihen ei tarvitse itse vaihtaa osia. Toisaalta yritys voi myös tarkkailla käyttödataa ja tarjota asiakkaalle suoraan varaosia sellaisten osien tilalle, jotka tarvitsevat vaihtamista.

Nykyisessä määritelmässään digitaalinen kaksonen voidaan jakaa alaluokkiin ominaisuuksien perusteella (Newrzella ym. 2021, Osio II A.). Digitaalinen varjo on yksi näistä alaluokista ja tässä työssä sovellettu luokka. Digitaalinen varjo on digitaalisen kaksosen tapaan tarkka malli oikeasta järjestelmästä, tuotteesta tai ajoneuvosta, mutta se ei kommunikoi suoraan oikean tuotteen kanssa. Digitaalisen varjon parametrit asetetaan manuaalisesti oikean järjestelmän tietojen mukaisesti. Tämä tapa mallintaa oikeaa järjestelmää on työläämpi alkuperäisen luomisen jälkeen, mutta se poistaa kalliiden IoT-anturien hankkimisen tarpeen, koska järjestelmä ei kommunikoi ulospäin mitään tietoja. Tämä mallinnustapa voi usein olla monille yrityksille helpompi investointi kuin täysi digitaalinen kaksonen, pienempien kustannusten ja henkilöresurssi-vaatimusten takia.

2.4 Simulointiprojektit

Simulointiprojektia aloittaessa ja sitä edistäessä on hyvä noudattaa tietynlaista kaavaa, jolla pyritään simulaation luomiseen mahdollisimman tehokkaasti. Kaavaa noudattamalla simulointiprojekti etenee järjestelmällisesti kohti tuloksia ja ratkaisuja (University of Houston, 2000, luku IV osa E). Kaavan vaiheet ovat seuraavat:

1. Määrittele ongelma ja malli.

2. Rakenna järjestelmän malli.
3. Tee simulointitestejä.
4. Tulkitse testien tuloksia.
5. Validoi malli.
6. Dokumentoi tutkimus.
7. Implementoi päätelmät.

Ongelman ja mallin määrittely auttaa projektin aloituksessa saamaan oikean kuvan siitä, mitä projektilta haetaan (Pooch & Wall, 2024. s. 12). Vaiheita 2 ja 3 voi tehdä toistensa lomassa, joitakin testejä on hyvä tehdä ennen kuin malli muuttuu monimutkaiseksi. Testien tuloksia tulkittaessa tulee pitää mielessä projektin alussa määritellyt tavoitteet. Mallin validointi tulee tehdä yhdessä projektin toimeksiantajan kanssa, jos siihen ei ole ylitsepääsemätöntä estettä tai muuta syytä. Myös tutkimuksen dokumentoinnissa tulee pitää mielessä alussa asetetut tavoitteet ja toiveet, lisäksi on hyvä idea dokumentoida projektin simulointiohjelmassa käytettyjä ohjelmointitapoja. Päätelmien implementointi saattaa tapahtua joko oikean maailman ympäristössä tai suunnitelmiin dokumentoimalla.

3 VISUAL COMPONENTS

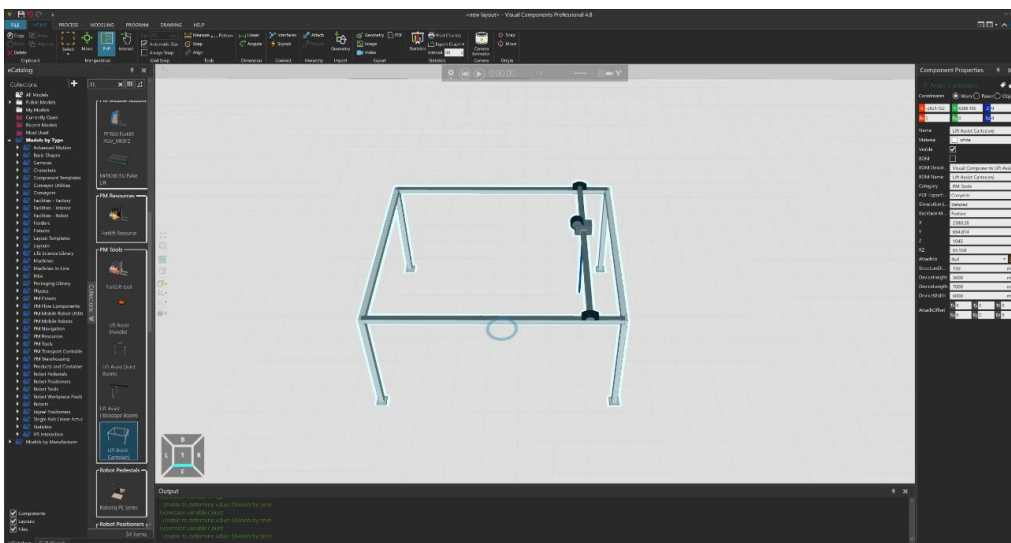
3.1 Yleisesti

Simulointiohjelmaksi päätettiin valita Visual Components -ohjelmisto, koska sitä on käytetty yrityksessä entuudestaan ja yrityksessä on siihen aktiiviset lisenssit. Visual Components on 3D-layoutmallinnusohjelma, joka sisältää laajan kirjaston valmiita komponentteja, joilla voidaan mallintaa tehdaslayouteja, sekä mahdollisuuden mallintaa ja tallentaa omia komponentteja (Visual Components, 2024). Lisäksi siinä on valmius robottiohjelmointiin, simulaatioiden luomiseen ja komponenttien Python-ohjelmointiin.

3.2 Mallinnusympäristö

Visual Componentsin mallinnusympäristö on jaettu viiteen osaan, jotka ovat (Visual Components, 2024):

- mallinnusikkuna
- Properties-ikkuna
- Valikko
- eCatalog-ikkuna
- Output-ikkuna



Kuva 1. Visual Componentsin perusnäky

Keskellä olevassa mallinnusikkunassa (kuva 1) ovat kaikki sinne asetetut mallit ja komponentit. Visual Componentsissa voidaan käyttää ennalta luotuja CAD-malleja, ohjelmaan ladattuja valmiita malleja ja komponentteja tai luoda uusia malleja Visual Componentsin omilla työkaluilla (Visual Components, 2024). Niitä voidaan siirrellä 3D-maailmassa mihin suuntaan tahansa, niiden kokoa voidaan muuttaa ja niitä voidaan pyörittää.

Koon muuttaminen ja mallin pyörittäminen tapahtuvat oikeassa laidassa olevassa Properties-ikkunassa, jossa on listattuna kaikki mallin tai komponentin tiedot (kuva 1) (Visual Components, 2024). Lisäksi siellä on eri välilehtiä, joilla on lisävaihtoehtoja mallien ulkonäköön ja muihin ominaisuuksiin liittyen.

Yläreunassa olevasta valikosta voidaan valita eri välilehtien välillä, joissa on eri osialueiden toiminnot eroteltu erikseen, esimerkiksi kappaleiden mallinnus ja robottien ohjelmointi (kuva 1) (Visual Components, 2024). Home-välilehdeltä löytyvät ohjelman yleiset toiminnot, kuten valinta liikuttamismuotojen välillä.

Process-välilehdellä on simuloinnin kannalta tärkeimmät toiminnot (kuva 1) (Visual Components, 2024). Sieltä määritellään esimerkiksi kaikki prosessin vaiheiden toiminnot, sekä asetetaan prosessin vaiheet tapahtumaan oikeassa järjestyksessä alareunan Flow group -ikkunan kautta.

Modeling-välilehdeltä löytyvät uusien kappaleiden luomiseen käytettävät työkalut (kuva 1) (Visual Components, 2024). Tältä välilehdeltä asetetaan myös tarvittaessa malleille eri parametreja, voidaan muuttaa mallin eri osien riippuvuuksia tai ryhmityksiä sekä muuntaa mallien materiaaleja ja osien kiinnityksiä.

Program-välilehdellä ovat ensisijaisesti robottien ohjelmointiin tarkoitetut työkalut, mutta samalla välilehdellä pystyy myös ohjelmoimaan muita malleja tai komponentteja tarvittaessa (kuva 1) (Visual Components, 2024). Ensisijaisesti Visual Componentsin ohjelmointikielenä käytetään Pythonia, mutta muitakin ohjelmointikieliä on mahdollista käyttää erillisen määrittelyn jälkeen.

Drawing-välilehti mahdollistaa 2D-piirustusten luomisen ja tulostamisen luotujen layoutien pohjapiirustuksista (kuva 1) (Visual Components, 2024). Kun 2D-kuva on luotu, siihen voidaan esimerkiksi lisätä mittauksia etäisyyksistä ja niitä voidaan muokata erilaisten ominaisuuksien kautta.

Vasemman reunan eCatalog-ikkunassa ovat kaikki ohjelmaan ladatut valmiit mallit, mutta sinne voi myös lisätä omia 3D-malleja halutessaan (Visual Components, 2024). eCatalog-ikkunasta voidaan siirtyä tarvittaessa myös Cell Graph-, Component Graph- ja Product Overview -ikkunoille ikkunan alareunassa olevista painikkeista.

Kuvan 1 alhaalla olevassa Output-ikkunassa on ohjelman syntaksia, johon tulee tieto simulaation aikana tapahtuvista virheistä, mutta myös esimerkiksi etäisyyden mittauksen tiedot mallinnuksen yhteydessä.

4 PROJEKTIMÄÄRITTELY

4.1 Simulaation laajuuden määrittäminen

Simulaatio koskee vain hitsaamon aluetta. Tehtaan muita osia, kuten maalaamo ja varastot voidaan kuitenkin lisätä simulaatioon omana osuutenaan tulevaisuudessa, jos siihen on tarvetta. Projektin laajuus määriteltiin näin, koska haluttiin kartoittaa, mitä mahdollisuuksia Visual Components voisi tulevaisuudessa tarjota yrityksessä. Esimerkiksi simulointi ja VR-ominaisuudet ovat olleet yrityksessä mielenkiinnon kohteina, mutta niihin ei ole investoitu laajemman koulutuksen muodossa, koska ohjelma on vähäisessä käytössä yrityksessä, joidenkin toimihenkilöiden osaamista lukuun ottamatta.

Myöhemmin projektin aikana yrityksessä heräsi kiinnostus koko hitsaamon simuloinnin lisäksi kohdennetumpaan simulointiin. Toiveena oli, että voitaisiin yrityksen sisäisen projektin tueksi simuloida tarkemmin yhden tietyn prosessin etenemistä ja tutkia sen ongelmia. Tämä toive huomioitiin myös simulaation luomisessa ja se pyrittiin toteuttamaan opinnäytetyön aikataulun puitteissa.

4.2 Simulaation hyödyt

Luomalla aiemmin mainitut simulaatiot voidaan saada aikaan seuraavanlaisia hyötyjä

- tuotannon ongelmakohtien tunnistus
- uusien asiakkaiden tutustuttaminen tehtaan toimintaan
- tuotantosolujen testaus ennen täyttä käyttöönottoa
- mahdollisuus analysoida uusien tuotantosolujen vaikutusta tehtaan toimintaan

Simulaatioilla saavutettavat hyödyt ovat suurilta osin taloudellisia. Niiden tarkoitus on tehostaa tuotantoa, vähentää hukkatyön määrää ja parantaa sekä yrityksen että myös asiakkaiden ymmärrystä kuvatus solun tai alueen toiminnasta. Asiakkaille yrityksen toiminnan selventäminen simulaation avulla on hyvä tapa kasvattaa luottamusta yritykseen, kun asiakas voi nähdä lyhyessä ajassa projektin etenemisen viikkojen tai kuukausien aikana.

4.3 Simulaation komponenttien valinta

Simulaatiossa käytetään Visual Componentsissa olevia Process Modeling (PM) -komponentteja työntekijöiden ja prosessien mallintamiseen. Niiden käyttö oli ennestään tuttua ja niitä on yksinkertaista muokata tarvittaviin tehtäviin. Lisäksi simulaatiossa käytetään yrityksen omia 3D-malleja tuotteista ja osista, jotka ovat yrityksen sisäisissä kirjastoissa. Useista hitsausjigeistä löytyi yritykseltä jo valmiiksi 3D-mallit, jotka muutettiin STEP-tiedostomuotoon, jolloin ne saatiin tuotua Visual Componentsiin. Jotkin ominaisuudet eivät ole käytössä komponenteissa, jotka on tuotu Visual Componentsiin, esimerkiksi koon muuttamisen mahdollisuus poistuu. Kuitenkin simulaatiomallin luomisen kannalta tärkeimmät ominaisuudet, eli kappaleen pyörittäminen ja liikuttaminen, ovat käytettävissä.

4.4 Layoutpohjan tarkastus

Työn esivalmisteluna layoutpohja päivitetään nykytilanteen mukaiseksi. Yrityksessä tuotantosolut muuttuvat usein asiakkaiden tilausten ja tarpeiden mukaisesti, joten layoutpohjan päivittämistä jatketaan myös opinnäytetyön edetessä, mikäli siihen ilmenee tarvetta. Esimerkiksi työn aikana yksi suuremmista hitsaussoluista muuttui yhtä osuutta lukuun ottamatta täysin erilaiseksi, joka taas muutti tuotantosolun simulointia.

Itsessään layoutpohjan päivittäminen tapahtui mittaamalla laseretäisyysmittarilla tai mittanauhalla hitsaussolun pituus ja leveys. Näiden mittojen avulla varmistettiin, että Visual Componentsissa on oikean kokoiset solut, jonka jälkeen voitiin siirtyä muiden solun asioiden paikoilleen asettamiseen. Hitsausjigien oikeat paikat määriteltiin mittaamalla kahdesta kohdasta etäisyydet seiniin sekä asettamalla ja tarkastusmittaamalla Visual Componentsissa jigien paikka. Koska monista jigeistä oli valmiina mallit layoutpohjassa, niiden paikkojen tarkastaminen oli melko helppoa, eikä niiden kokoa tarvinnut tarkastaa kovin tarkasti.

Pohjaa tarkastaessa ilmeni aika ajoin tarve hakea uusia malleja tai luoda omia versioita korvaaviksi malleiksi, jos yrityksellä ei ollut saatavilla mallia jostakin jigistä. Jigeistä omia versioita tekemällä pystyi myös lisäämään niihin interaktio-ominaisuuksia helpommin kuin oikeisiin malleihin, koska ne olivat paljon vähemmän yksityiskohtaisia. Jos omaan malliin

interaktioita tehdessä piti asettaa parametrejä alle kymmenelle osalle, oikeassa mallissa asetettavia osia saattoi olla satoja eri yksityiskohtien takia. Interaktioita saattoivat olla esimerkiksi hyllyjen avattavuus ja jigien kiinnittäminen nosturiin. Interaktioita lisäämällä voitiin joihinkin simulaation osiin saada helposti paremman näköisiä animaatioita, kun jigit eivät vain tulleet seuraavaan paikkaan, vaan ne oikeasti siirrettiin sinne.

4.5 Tahtiaikojen määrittäminen

Simulaation tahtiajat määritetään yrityksen keräämästä tuotantoprosessidatasta. Sitä käytetään tuotantosolujen hitsaus- ja hionta-aikojen määrittelyyn, jolloin simulaation toiminta saadaan lähelle tehtaan oikeaa tuotantoa. Tätä hyödynnettiin yksittäisen solun simulaatiossa tehokkaimmin, jonka takia koko hitsaamon simulaatiosta se jätettiin suurilta osin pois. Yksittäisen solun simulaatioon määriteltiin tuntiperusteiset tuotantoajat eri osien hitsaamiselle ja kokoonpanohitsauksille. Osien hitsaamisen viemä aika vaihteli 0,1 ja 1,5 tunnin välillä, jolloin jotkin työntekijät tekivät useita eri osien hitsauksia, kun yksi työntekijä hitsasi pidempään vievää osaa. Hitsausajat olivat keskimääräisiä arvioita kuluvasta ajasta, koska tarkkoja aikoja on hankala määrittellä osien valuvirheiden ja muiden mahdollisten tuotanto-ongelmien takia.

5 TOTEUTUS

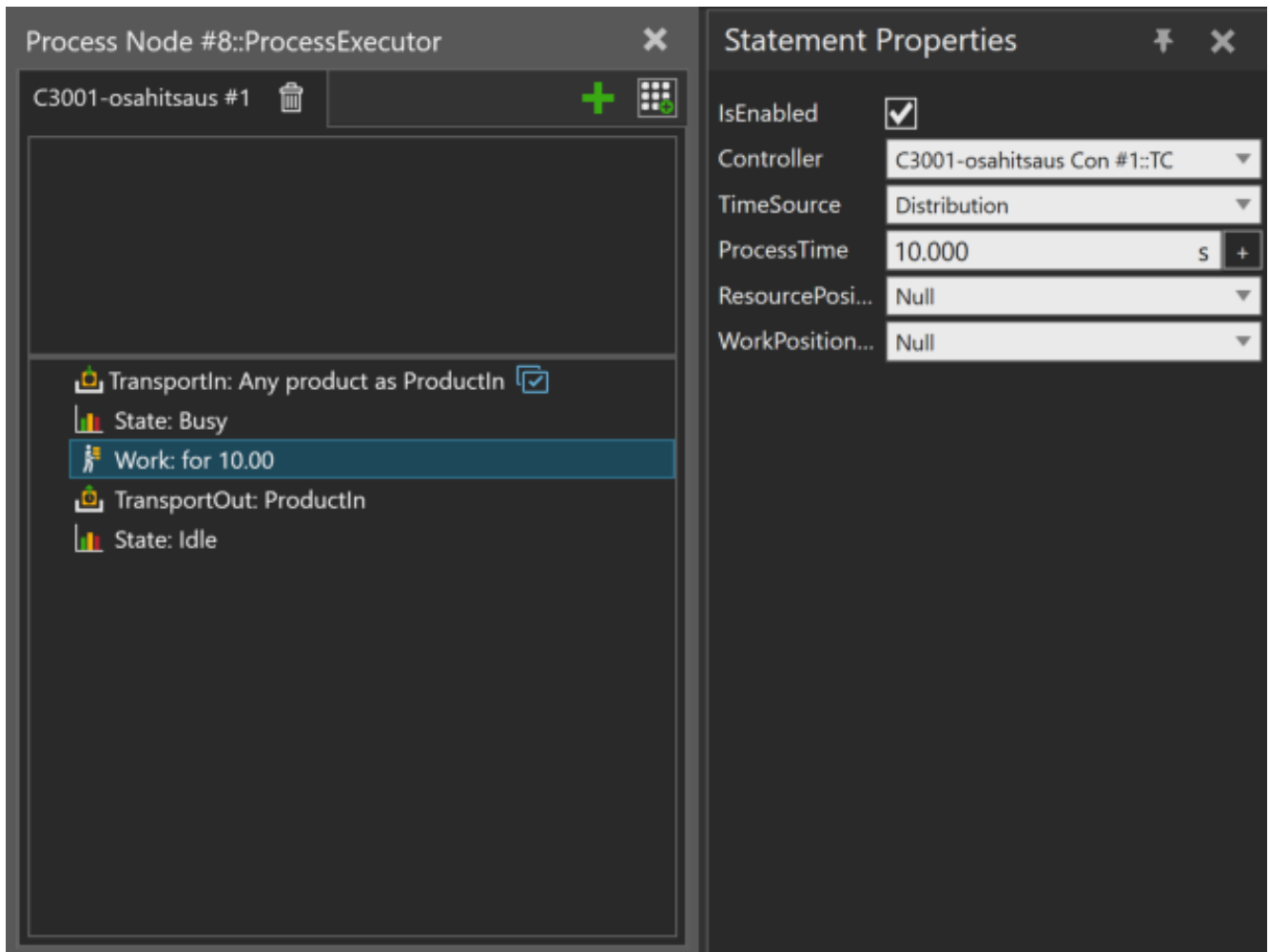
5.1 Komponenttien asettaminen

Komponentit aseteltiin layoutpohjaan ja nimettiin työtehtävien ja ohjaamomallien mukaan. Koska layoutpohjaan oli valmiiksi asetettu tarvittavat hitsausjigit, työntekijöiden määrä oli helppo määrittää. PM Flow Resources -katalogista otetut työntekijät asetettiin lähelle omia työpisteitään nopeuttamaan ja helpottamaan ohjelmointia ja testausta. Hitsattavia osia luovat Feeder-komponentit asetetaan myös työpisteiden lähelle varastointihyllyjen eri kerroksiin. Työtehtäviä ja -aikoja määrittelevät Process-komponentit asetetaan työstettävien osa- ja loppuhitsausjigien viereen. Niiden avulla saadaan asetettua, kuka työntekijä tekee kyseisen työn, kuinka kauan työn tekemisessä kestää ja tarvittaessa myös millä työkalulla työ tehdään.

5.2 Komponenttien ohjelmointi

Ensin työntekijät asetetaan tekemään työtehtäviään jatkuvalla kierrolla, jotta saadaan katsottua, mitä reittiä työntekijät kulkevat ja että he hakevat oikeat osat oikeasta paikasta. Kun normaalit työkierrat on saatu toimimaan toivotulla tavalla, niihin voidaan lisätä uusia toimintoja, kuten osien varastoon viemistä ja sieltä loppuhitsaukseen siirtämistä.

Simulaation yksinkertaistamiseksi tuotantovirheitä ei tässä työssä oteta huomioon. Visual Componentsin simulointimahdollisuuksien tutkimisen kannalta ne eivät ole keskiössä, koska ohjelma on tuntematon suurimalle osalle yrityksistä. Tässä työssä haluttiin tutkia simulointimahdollisuuksia tulevaisuuden projektien tueksi, joten yksinkertaisilla ominaisuuksilla toimiminen ja simuloiminen riittää. Tuotantovirheet voidaan kuitenkin lisätä tulevaisuudessa yleisimmistä virheistä, joiden kautta voidaan luoda muuttujat niiden ilmenemisen todennäköisyydelle yrityksen keräämän datan perusteella.



Kuva 2. Process Node- ja Statement Properties -ikkunat

Kuvassa 2 on C3001-osahitsausprosessin Process Node -ikkuna ja sinisellä korostetun aktiivisena olevan Work-komennon Statement Properties -ikkuna. Prosessi alkaa TransportIn-komennolla, eli osan prosessiin tuomisella. Statement Properties -ikkunassa asetetaan, mikä osa prosessiin halutaan kuljettaa ja missä asennossa osa tuodaan prosessiin.

Seuraavaksi on State-komento, joka tässä asettaa työntekijän Busy-tilaan. Busy-tilaan asettamisella ei ole suoraa simulaation vaikuttavaa merkitystä. Se on vain simulaation analysointiin tarkoitettu komento, joka kertoo, milloin prosessissa tehdään työtä, jos simulaation analytiikkadataa halutaan tutkia.

Tämän jälkeen prosessissa on Work-komento, jonka asetettavat tiedot näkyvät kuvassa oikealla. Controller määrittelee, mikä työntekijä tekee työn. TimeSource määrittää

asetetaanko Distribution-valinnalla jokin tietty aika, vai Expression-valinnalla jokin kaava tai muuttuja, joka määrittää prosessiin kuluvaan ajan. ProcessTime määrittää työhön kuluvaan ajan sekunneissa, jos TimeSource on Distribution-valinnassa. ResourcePosition- ja WorkPosition-valinnoilla voitaisiin määrittellä erilliset paikat, josta työtä tehdään, mutta ne voi jättää Null-valintaan, koska niitä ei ole tarpeen muuttaa tälle prosessille.

Lisäksi on TransportOut-komento, joka toimii samalla tavalla kuin aiempi TransportIn-komento, mutta TransportOut vie osan pois prosessista työn valmistuttua sen prosessiin sisään tuomisen sijaan.

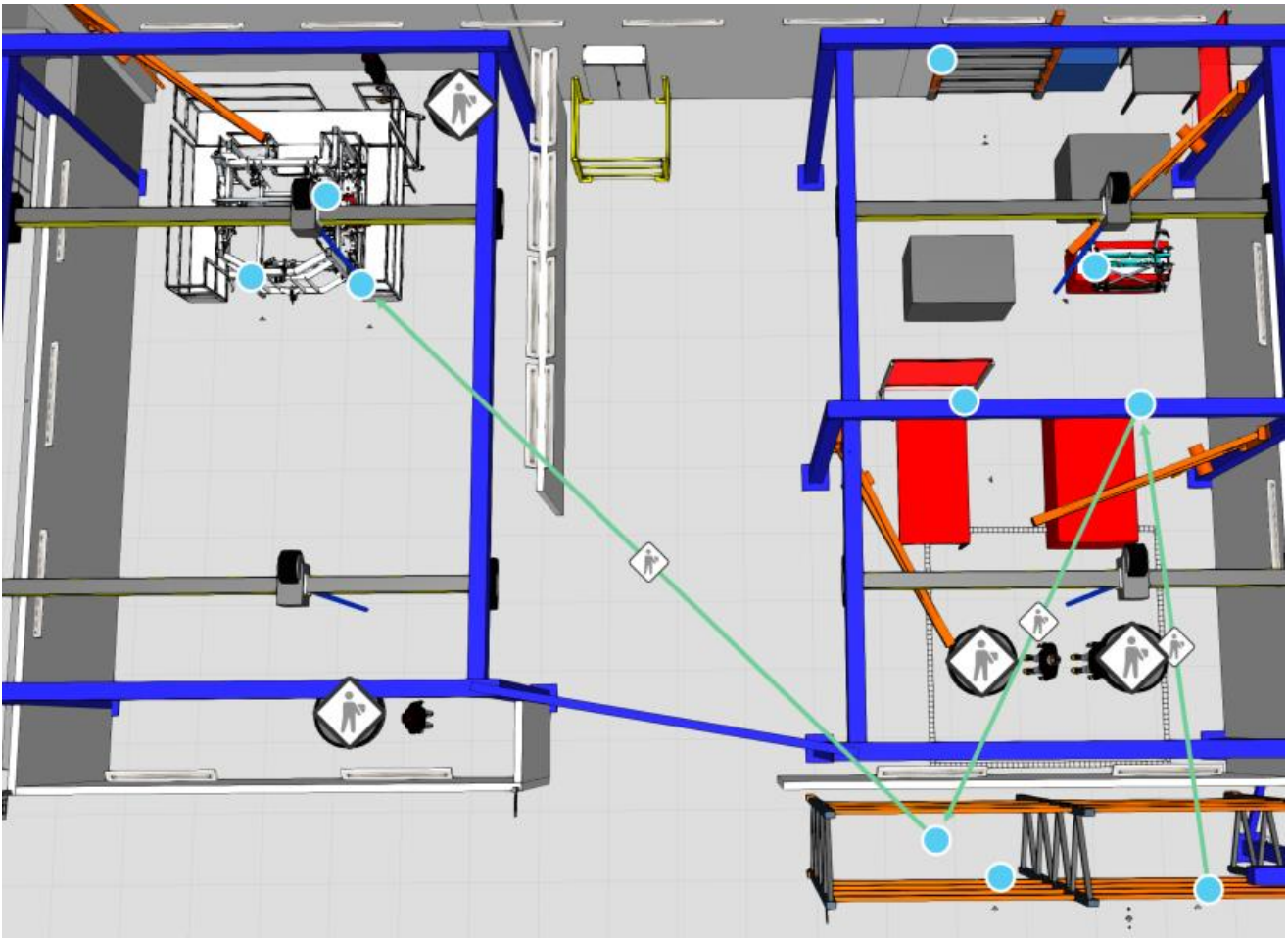
Viimeisenä on vielä State: Idle -komento, joka asettaa prosessin analytiikkadatan odotustilaan samalla periaattella kuin aiempi State: Busy -komento, kunnes uusi kierto alkaa.

Yksittäisen tuotantoprosessin ohjelmoinnissa parametrit olivat jonkin verran erilaiset koko hitsaamon simulaatioon verrattuna. Suurpiirteisten prosessien sijaan luotiin tarkat prosessit, jotka sisälsivät keskimääräiset tuotantoajat ja oikeat osamäärät. Kun koko hitsaamon simulaatiossa kaikki osat tulivat yhden prosessin kierron kautta, yksittäisen solun simuloinnissa samaan prosessin osuuteen saatettiin siirtyä neljä kertaa, ennen kuin voitiin siirtää osat loppuhitsaukseen. Tämä vaati erilaisen prosessirakenteen ja lisäsi haastetta ohjelmointiin.

Prosessirakenne toteutettiin asettamalla prosessi tekemään neljä osahitsausta, jonka jälkeen työntekijä vie kaikki neljä hitsattua osaa itse jigihitsaukselle. Jigihitsauksen tuloksena luodaan kokonaisen ohjaamon komponentti, joka kuitenkin vaatii vielä lisää hitsausta, joten se viedään prosessissa eteenpäin. Seuraavassa prosessin osiossa on robottihitsaus, jossa robotti hitsaa ohjaamon joitakin osia ennen loppuhitsauslinjaa. Jigihitsaukselta tuodaan ohjaamo liukuhihnalle, josta se siirtyy robotin eteen, robotti hitsaa ohjelmansa mukaisen ajan ja lähettää ohjaamon eteenpäin liukuhihnaa pitkin. Robottihitsauksen jälkeen ohjaamo siirretään loppuhitsauslinjalle, jossa jokaisessa neljässä vaiheessa hitsataan eri paikoista ohjaamo valmiiksi.

Loppuhitsauslinjan jälkeen ohjaamo siirretään ovihitsaus- ja tarkastuspisteelle, jossa siihen alustavasti kiinnitetään ovet ja varmistetaan, että ne istuvat hyvin ohjaamon runkoon.

Ovien sovittamisen yhteydessä tehdään hitsien tarkastus koko ohjaamon osalta ja merkitään mahdolliset hitsaus- ja hiontavirheet korjattavaksi. Jos korjattavaa ei ole, voidaan ohjaamo siirtää maalaamon puskurivarastoon, josta se myöhemmin viedään maalattavaksi.



Kuva 3. Esimerkki ohjelmoidusta työprosessista

Kuvassa 3 on esitelty yksi ohjelmoiduista työkiertoista koko hitsaamon simulaatiosta. Työkierto alkaa kuvion oikeasta alakulmasta, josta työntekijä ottaa hitsattavan osan. Työntekijä kuljettaa sen hitsauspaikalle, jossa työntekijä laskee hitsattavan osan pöydälle ja hitsaa ennalta määritellyn ajan. Hitsaamisen jälkeen työntekijä kuljettaa valmiin osan hyllyyn. Pienen odotusajan kuluttua kuvion vasemmassa alakulmassa oleva työntekijä käy hakemassa valmiin osan hyllystä ja kuljettaa sen loppuhitsaukseen kuvion vasempaan yläreunaan loppuhitsausjigille, jonka jälkeen työntekijä palaa odottamaan seuraavan osan valmistumista. Vasemmassa alareunassa oleva työntekijä ei pysty tekemään työtä, jos oikealla puolella olevat hitsaajat eivät tuota valmiita osia.

5.3 Testaus ja vianmäärittely

Testausvaiheessa simulaation annetaan pyöriä nopeutettuna ja tarkastellaan simulaation dataa, esimerkiksi jäävätkö jotkin työntekijät jumiin johonkin työvaiheeseen. Jumiutumista aiheuttavat esimerkiksi vääränlaiset työvaiheet prosessien sisällä. Jos jonkin prosessin sisällä käsketään työntekijää siirtämään osa ulos prosessista, mutta sitä osaa ei ole enää prosessissa mukana, aiheutuu prosessiin virhe ja se pysähtyy kyseiseen vaiheeseen. Testauksen yhteydessä hienosäädetään työntekijöiden liikkumisreitit, etteivät työntekijät kävelisi seinien läpi.

Testauksen aikana ilmenevien ongelmien ratkaiseminen vaihtelee yksinkertaisen ja vaikean välillä. Eri ongelmat simulaatiossa vaativat erilaisia muutoksia, joissakin saattaa olla väärä komponentteja, toisissa koko ohjelmoitu prosessi voi vaatia uudelleensuunnittelua. Joissakin ongelmatilanteissa työntekijä ei pystynyt siirtymään prosessista toiseen, jos hän toi prosessiin jotain, esimerkiksi hitsattavan osan. Tällaisessa tilanteessa käytettiin apukomponenttia, joka työn tekemisen jälkeen poistaa alkuperäisen hitsattavan osan näkyvistä ja luo pienen palikan, jonka työntekijä voi siirtää mukanaan seuraavaan prosessiin. Tämänlainen ongelma oli melko tavallinen loppuhitsausjigille osia vietäessä, koska työntekijä jäi paikoilleen, jos hänen prosessiin tuomansa osa poistettiin. Prosessi halusi jatkaa työntekoa samassa vaiheessa, vaikka sille oli annettu käsky lähettää työntekijä työkierron seuraavaan osuuteen. Edellä mainitun apupalikan avulla työntekijä saatiin etenemään seuraavaan työvaiheeseen tai prosessiosuuteen.

Muunlaisia vikoja ilmeni robottihitsaukselle ohjaamoita vietäessä. Ohjaamot nostetaan eräänlaiselle liukuhihnalle, josta ne kulkevat robottihitsaukseen, mutta ohjaamoiden siirto liukuhihnalta suoraan robotin työpisteeseen aiheutti joitain ongelmia. Ensimmäisenä ratkaisuvaihtoehtona testattiin ohjaamon prosessista poistamista ja lisäämistä takaisin robotin työpisteessä, mutta se aiheutti ongelmia liukuhihnan toiminnassa, kun ohjaamo ei pystytty poistamaan vaan se pysäytti prosessin poistamiskohtaan.

Toisena testattiin työntekijän asettamista robottisolun sisälle siirtämään ohjaamo hihnalta robotille. Ongelma tuli, kun työntekijä laski ohjaamon robotille, kun robotti ei saanut hitsauksen aloittamiskäskyä, vaan työntekijän kappaleenlaskemiskäsky jäi päälle. Sen seurauksena robottihitsaus jäi jumiin, eikä se päässyt alkamaan ollenkaan.

Kolmantena vaihtoehtona päätettiin asettaa loppuhitsauslinjan toimintaan viivekomento, johon määriteltiin aiempiin hitsauksiin kuluva yhteisajan pituinen viive. Viiveen jälkeen loppuhitsauslinja lähti työskentelemään ohjelmoidulla tavalla ilman ongelmia. Tämän seurauksena robottihitsausosio jätettiin simulaatiosta pois ja keskityttiin muiden osioiden toimivuuden varmistamiseen.

6 TULOKSET

6.1 Työn tavoitteiden toteutuminen

Työn tavoitteena oli tutkia Visual Componentsin toiminnallisuuksia yrityksen toiminnan kehittämisen kannalta. Tähän tarkoitukseen luotiin yrityksen hitsaamon simulaatiomalli ja yksittäisen tuotantosolun yksityiskohtaisempi simulaatio. Simulaation kautta yrityksellä on nyt hyvä lähtökohta Visual Componentsilla simuloinnin hyödyntämiseen tuotannon kehityksessä tulevaisuudessa. Työn aikana myös yrityksen toimihenkilöiden ymmärrystä Visual Componentsin ominaisuuksista ja mahdollisuuksista parannettiin, mikä voi johtaa jatkossa muihinkin kokeiluihin ohjelmaa hyödyntäen.

6.2 Työssä saadut tulokset

Työn lopputulokseksi saatiin alkuperäisen projektimääritelmän mukainen simulaatio, joka kuvaa hitsaamon toimintaa ja tuotantoprosesseja, kuitenkin ilman tarkkojen tuotantoaikojen implementointia. Lisäksi tuotettiin yksittäisen tuotantoprosessin simulaatio, jolla tuettiin yrityksen sisäisen projektin etenemistä. Tässä simulaatiossa on toteutettuna todenmukaiset tuotantoajat, joiden perustana on yrityksen keräämä data. Simulaatioiden esittelyn yhteydessä keskusteltiin muista simulointi- ja mallinnusmahdollisuuksista, joita Visual Componentsilla voitaisiin pyrkiä toteuttamaan.

Yrityksen edustajien kanssa pidettyjen palaverien pohjalta yrityksessä on mielenkiintoa tutkia Visual Componentsia enemmän ja mahdollisesti pyrkiä toteuttamaan samankaltaisia yksittäisten prosessien simulaatioita lisää. Tähän tarkoitukseen yritys pystyy hyödyntämään opinnäytetyötä tulevaisuudessa uusien simulaatiomallien pohjana ja esimerkkinä.

7 YHTEENVETO JA POHDINTA

7.1 Yhteenveto

Tämän työn tavoitteena oli tutkia simulaatiota yrityksen toiminnan kehittämisen kannalta. Työ eteni hidasta mutta tasaista tahtia muiden töiden lomassa ja vapaa-ajalla. Projektin määrittely ja komponenttien valinta olivat yksinkertaisin ja nopein osa työn tekemisessä, kun taas valittujen komponenttien ohjelmointi oli työläintä. Osittain hankaluudet johtuivat aiheen tuntemattomuudesta yrityksessä, osittain ohjelmointivirheistä, joiden vianmäärittelyyn kului joissakin tapauksissa paljon aikaa. Yritys voi tulevaisuudessa hyödyntää työn tuloksena aikaansaatuja simulaatiomalleja muiden projektien aloituskohtana, josta lähteä liikkeelle.

7.2 Pohdinta

Työn edistymistä hidasti aiheen laajuus. Jos sekä koko hitsaamon simuloinnin että yksityiskohtaisen hitsaussolun sijaan olisi keskitetty tutkiminen vain toiseen, olisi työstä voinut tulla pienemmällä määrällä työtä yhtä hyvä. Kuitenkin tehdyllä mallilla saatiin parempi yleiskuva simulaation mahdollisuuksista, mikä auttaa yritystä ymmärtämään paremmin yleisesti simuloinnin ja myös käytetyn ohjelman potentiaalia. Jos olisi keskitytty vain yksityiskohtaisen mallin luomiseen, ongelmia olisi voinut ilmetä myöhemmin saman tason saavuttamisessa muissa soluissa ja tuotannon osa-alueissa. Kun yhtäkkiä useammat työntekijät olisivatkin tuomassa samaan varastopaikkaan ohjaamoiden runkoja, voisi ohjelma helposti mennä sekaisin, kun se yrittää selvittää, minkä prosessin osia sen pitäisi viedä eteenpäin ensimmäisenä. Koko hitsaamon mallissa ongelmia voisi vuorostaan tulla, kun haluttaisiin lähteä tekemään malleista yksityiskohtaisempia, jolloin useimpien prosessien ohjelmointi voisi muuttua todella työlääksi, kun alkuperäiset prosessit ovat niin yksinkertaisia. Molemmilla malleilla siis on hyvä syy olla tutkimuksen kannalta olemassa, ne täydentävät toistensa mahdollisuuksia, jos niistä toista tai molempia tutkitaan jatkossa lisää.

Mikäli työtä aiotaan myöhemmin kehittää pidemmälle, yrityksen tarvitsee hankkia lisäkoulutusta Visual Componentsilla simuloinnista. Pienellä investoinnilla koulutuksiin

ohjelmasta saadaan tehokas työkalu auttamaan tuotannon työjonojen optimoinnissa ja ongelmakohtien tunnistamisessa jo ennen kuin ne tapahtuvat tehtaan lattialla. Yrityksessä on myös mielenkiintoa mahdollisesti hyödyntää tuotannonohjauksen projektien tukena simulaatiomalleja, joilla voidaan ennustaa ongelmia ja pullonkauloja tuotannossa.

LÄHTEET

- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons.
- Banks, J., Carson II, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2005). *Discrete-Event System Simulation – fourth edition*. Pearson Prentice Hall.
- Bouchabou, D., Grosset, J., Lohr, C., Nguyen S. M., & Puig, X. (2023). *A Smart Home Digital Twin to Support the Recognition of Activities of Daily Living*. MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
- Cantot, P., & Luzeaux, D. (2011). *Simulation and Modeling of Systems of Systems*. John Wiley & Sons.
- Fortaco Group. (2025). *This is Fortaco*. <https://fortacogroup.com/this-is-fortaco/>
- Nee, A. Y. C., Tao, F., & Zhang, M. (2019). *Digital twin driven smart manufacturing*. Academic Press.
- Newrzella, S. R., Franklin, D., & Haider, S. (2021). *5-Dimension Cross-Industry Digital Twin Applications Model and Analysis of Digital Twin Classification Terms and Models*. IEEE.
- Pooch, U. W., & Wall, J. A. (2024). *Discrete event simulation: a practical approach*. CRC Press.
- University of Houston. (2000). *Simulation steps and criteria*. <https://uh.edu/~lcr3600/simulation/contents.html>
- Visual Components. (2025). <https://www.visualcomponents.com/>