

ROBOTTISIMULAATION KÄYTTÖÖNOTTOSUUNNITELMA

Eskola Juhamikko

Opinnäytetyö

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

2025

Konetekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Juhamikko Eskola	Vuosi	2025
Ohjaaja(t)	Ins. (YAMK) Ville Kanto		
Toimeksiantaja	BRP Finland Oy		
Työn nimi	Robottisimulaation käyttöönottosuunnitelma		
Sivumäärä	36 + 21		

Tässä opinnäytetyössä laadittiin käyttöönottosuunnitelma robottisimulaation hyödyntämiseksi BRP Finland Oy:n runkoniittausolun tuotannossa. Työn tavoitteena oli siirtää robottien ohjelmointityö pois fyysisestä robottisolusta ABB:n RobotStudio-ohjelmiston avulla, mahdollistaa tuotantomallien joustava vaihto sekä parantaa tuotannon tehokkuutta ja riskienhallintaa. Lähtötilanteessa robottien ohjelmointi tehtiin manuaalisesti käsiohjaimella, mikä aiheutti tuotantokatkoksia ja altisti ohjelmointiprosessin inhimillisille virheille.

Tietoperustassa käsiteltiin teollisuusrobotiikan ja robottisimulaation kehitystä, robottisimulaation ja etäohjelmoinnin hyötyjä tuotannossa, kyberhygieniää sekä standardoinnin merkitystä robottiohjelmoinnissa. Tutkimusmenetelmänä hyödynnettiin tapaustutkimusta, jossa analysoitiin toimeksiantajan nykyistä ohjelmointiprosessia, simulaatio-ohjelmiston käyttöä ja luotiin systemaattinen malli simuloinnin integroimiseksi osaksi tuotantoa.

Työn keskeisinä tuloksina luotiin vaiheittainen käyttöönottosuunnitelma robottisimulaatiolle. Suunnitelmassa korostuvat simulointimallin laadinta, fyysinen testaus, dokumentointi, simulointimallien päivittäminen ja riskien jatkuva hallinta. Simulaation käyttö vähentää tuotantokatkoksia, parantaa ohjelmoinnin tarkkuutta ja nopeuttaa mallinvaihtoja. Tulokset osoittavat, että robottisimulaation hyödyntäminen tukee tuotannon sujuvuutta, vähentää virheitä ja mahdollistaa paremman tuotannon suunnittelun.

Avainsanat robotiikka, teollisuusautomaatio, digitaalinen kaksonen, simulointi

Muita tietoja Työhön liittyi toimeksiantajalle laadittu käyttöönottosuunnitelma robottisimulaatiolle.

Mechanical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Juhamikko Eskola	Year	2025
Supervisor(s)	Ville Kanto, M. Eng.		
Commissioned by	BRP Finland Oy		
Title	Implementation plan for robot simulation		
Number of pages	36 + 21		

In this thesis, an implementation plan was created for utilizing robot simulation in the frame riveting cell production of BRP Finland Oy. The aim of the work was to move robot programming away from the physical robot cell using ABB's RoboStudio software, enable flexible switching between production models and improve production efficiency and risk management. Initially the robots were programmed manually with a handheld controller, which caused production interruptions and exposed the programming process to human errors.

The theoretical foundation covered the development of industrial robotics and robot simulation, the benefits of robot simulation and remote programming in production, cyber hygiene and the importance of standardization in robot programming. The research method used was a case study that analyzed the client's current programming process, the use of simulation software and created a systematic model of integrating simulation into production.

The main results of the work were a phased implementation plan for robot simulation. The plan emphasizes simulation model creation, physical testing, documentation, updating simulation models and continuous risk management. The use of simulation reduces production interruptions, improves programming accuracy and speeds up model changes. The results show that utilizing robot simulation supports smoother production, reduces errors and enables better production planning.

Keywords robotics, industrial automation, digital twin, simulation
Special remarks The thesis included an implementation plan for robot simulation, prepared for the client.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TEOLLISUUSROBOTTI	6
2.1 Rakenne	6
2.1.1 Mekaniikka	7
2.1.2 Ohjausyksikkö	8
2.1.3 Käsiohjain	9
2.2 Ulkoiset akselit & monirobottijärjestelmät	11
2.2.1 Monirobottijärjestelmät	11
3 ROBOTTISIMULAATIO JA ETÄOHJELMOINTI	14
3.1 Robottisimulaatio	14
3.2 Etäohjelmointi	14
3.2.1 Etäohjelmoinnin hyödyt ja haasteet	16
3.2.2 ABB RobotStudio	17
4 KYBERHYGIENIA	18
4.1 Tietosuoja ja verkkoturvallisuus	19
4.2 Kyberhygienian hyödyt	20
4.3 ISO 27001 -standardi	20
4.3.1 Organisaation toimintaympäristö ja johtajuus	21
4.3.2 Suunnittelu ja tukitoiminnot	21
4.3.3 Toiminta ja suorituskyvyn arviointi	22
5 NYKYTILAN KARTOITUS	23
6 SIMULAATION KÄYTTÖSUUNNITELMA	24
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	25
7.1 Jatkotutkimusmahdollisuudet	25
8 POHDINTA	26
LÄHTEET	27
LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Teollisuuden digitalisaatio on noussut keskeiseksi tekijäksi tuotannon tehokkuuden ja joustavuuden parantamisessa (Industry Pro Partners 2024). Digitaaliset työkalut, kuten robottisimulaatiot, mahdollistavat tuotantoprosessien ennakkoinnin, optimoinnin ja riskienhallinnan ennen varsinaista käyttöönottoa (Pöysäri & Kytöharju 2024, 265.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on laatia robottisimulaation käyttöönottosuunnitelma BRP Finland Oy:lle. Toimeksiantajalla otetaan käyttöön RobotStudio-ohjelmisto yhdessä tuotannon robottisoluista. Aikaisemmin robottien ohjelmointi tehtiin manuaalisesti käsiohjaimella, mikä aiheutti merkittäviä tuotantokatkoksia ja altisti prosessin inhimillisille virheille. Simulaation käyttöönotolla pyritään siirtämään ohjelmointityö pois fyysisestä robottisolusta, mahdollistamaan mallivaihdot joustavasti sekä parantamaan tuotannon laatua ja tehokkuutta.

Suunnitelmassa kartoitetaan nykyinen ohjelmointiprosessi ja sen haasteet sekä luodaan selkeä malli siitä, kuinka robottisimulaatiota hyödynnetään osana tuotantoprosessia. Käyttöönotto etenee vaiheittain, sisältäen muun muassa simuloitumallin toteutuksen, testauksen, riskienhallinnan ja jatkuvan ylläpidon. Lisäksi dokumentissa kuvataan standardoinnin merkitys ohjelmoinnin nopeuttamisessa ja virheiden vähentämisessä.

Opinnäytetyön lähestymistapa perustuu tapaustutkimusmenetelmään, jossa hyödynnetään toimeksiantajalta kerättyä aineistoa, käytännön havainnointia sekä simulaatiotyökalun ominaisuuksiin perehtymistä.

Robottisimulaation käyttöönottosuunnitelma tukee BRP Finland Oy:n siirtymää kohti älykkäämpää ja ennakoivampaa tuotantomallia, joka on linjassa Teollisuus 4.0- ajattelun ja Lean-periaatteiden kanssa. Simulaatio mahdollistaa paitsi tehokamman tuotannon ja riskienhallinnan, myös uudenlaisen osaamisen kehittämisen tuotantohenkilöstölle. Tavoitteena on luoda toimintamalli, joka parantaa yrityksen kilpailukykyä ja toimii pohjana jatkuvalla tuotannon kehittämiselle tulevaisuudessa.

2 TEOLLISUUSROBOTTI

Teollisuusrobotiksi luokitellaan manipulaattori, joka on uudelleen ohjelmoitavissa, yleiskäyttöinen ja varustettu vähintään kolmella vapaasti ohjelmoitavalla akselilla (vapausasteella) sekä työkaluilla. Kansainvälinen robotiikkajärjestö IFR (International Federation of Robotics) ja ISO-standardi ISO 8373:2021 määrittelevät nämä perusominaisuudet. Yleisin teollisuusrobotin rakenne on käsivarsimallinen, jossa on yleensä 5–7 vapausastetta, mikä mahdollistaa monipuolisen liikkumisen ja kappaleiden käsittelyn eri suunnissa. (Lempiäinen 2024, 17.)

Teollisuusrobotin päätehtävä on liikuttaa työkaluaan ennalta määritettyihin paikoituspisteisiin ohjelmoinnin mukaisesti. Tässä osiossa keskitytään yleisimmän robotityypin, eli nivelvarsirobotin rakenteeseen ja toimintaperiaatteisiin. Samat periaatteet pätevät laajasti eri valmistajien ja robottirakenteiden välillä.

2.1 Rakenne

Nivelvarsirobotin keskeiset osat voidaan jakaa kolmeen pääryhmään, jotka ovat esitettynä kuviossa 1.

- Mekaaninen yksikkö, joka koostuu rungosta, ala- ja yläkäsivarresta sekä työkalulaipasta.
- Ohjauskaappi, joka sisältää ohjausyksikön ja servo-ohjaimet.
- Käsiohjain, jota käytetään robotin liikuttamiseen ja ohjelmointiin.



Kuvio 1. Nivelvarsirobotin pääosat (Billing 2024, 126)

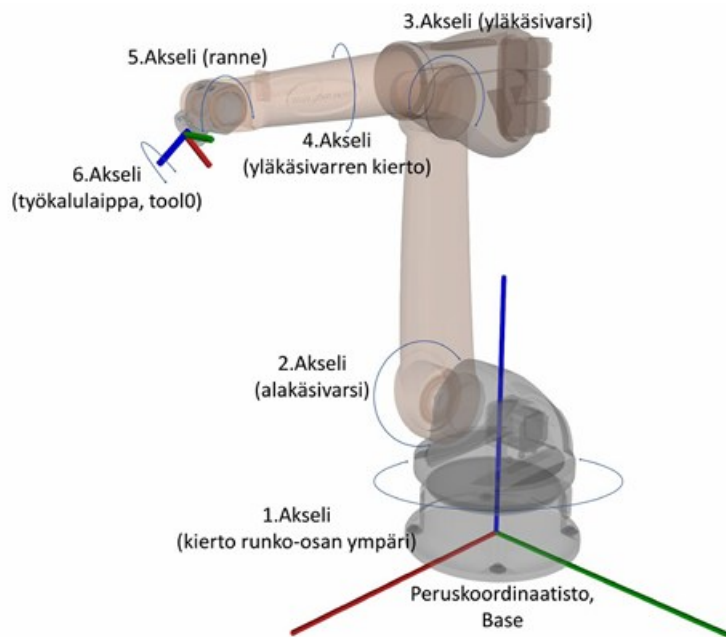
2.1.1 Mekaniikka

Nivelvarsirobotti (kuvio 2) rakentuu useista tukivarsista, jotka liikkuvat joko suoraviivaisesti tai kiertyen. Näitä liikkeitä mahdollistavat nivelet, joita kutsutaan myös robotin akseleiksi. Mitä enemmän akseleita eli niveliä robotissa on, sitä monipuolisempia liikkeitä se pystyy tekemään. Vapausasteiden määrä kertoo, kuinka moneen suuntaan robotti pystyy liikuttamaan työkalua – enimmäismäärä on kuusi vapausastetta. Tämä tarkoittaa, että robotti voi liikkua eteen, taakse, ylös, alas, sivuille ja pyörittää työkalua näiden suuntien ympäri. (Billing 2024, 126.)

Robotin ulottuvuus kertoo, kuinka kauas robotti ylettyy – tarkemmin sanottuna kuinka pitkälle ranteen peruspiste voi liikkua. Ranne sijaitsee työkalulaipan ja yläkäsivarren välissä, ja sen avulla robotti kääntelee työkalua. Ulottuvuus kertoo kuitenkin vain etäisyyden, ei kaikkia mahdollisia liikkeitä tällä alueella. (Billing 2024, 126–127.)

Billingin (2024, 127) mukaan robotin liiketila eli työskentelyalue kuvaa koko sen tilan, jossa robotti pystyy asettamaan työkalun eri kohtiin ja asentoihin. Tämä alue riippuu paljon myös siitä, minkälainen työkalu robottiin on kiinnitetty.

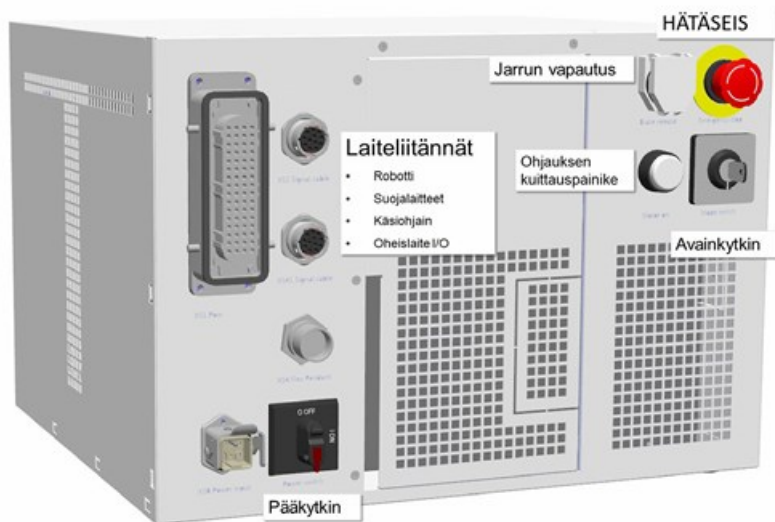
Yleisesti nivelvarsiroboteissa on 4-7 niveltä, ja niiden liikkeitä ohjataan servo-moottoreilla, jotka on yhdistetty vaihteistoon. Jokaisessa nivelessä on myös anturit, jotka mittaavat kulmaa tai liikematkaa, jotta liikkeet voidaan toteuttaa tarkasti. (Billing 2024, 127.)



Kuvio 2. Nivelrobotin nivelet ja rakenne (Billing 2024, 127)

2.1.2 Ohjausyksikkö

Robottien ohjauskaapit (kuvio 3) ovat kehittyneen teknologian ansiosta pienentyneet merkittävästi. Nykyisin tehokkaat tietokoneet ja servo-ohjaimet voidaan sijoittaa hyvin pieneen tilaan. Ohjauskaapista suoritetaan robotin käynnistys, ajotavan valinta sekä häiriöiden kuittaukset. Kun robottisolu otetaan käyttöön, kaikki tarvittavat laiteliitännät ja viestintäyhteydet kytketään ja asetetaan käyttöön juuri ohjauskaapin kautta. (Billing 2024, 128.)



Kuvio 3. Robotin ohjauskaapin liitännät ja kytkennät (Billing 2024, 128)

Ohjausyksikön tärkein tehtävä on vastata robotin liikkeiden hallinnasta, viestinnästä ja turvajärjestelmien toimivuudesta. Ohjaustietokone laskee tarvittavat nivelten liikkeet ohjelman tai käsiohjaimen käskyjen perusteella. Viestintä kattaa tiedonsiirron esimerkiksi käsiohjaimen, kenttäväylien ja fyysisten I/O-liitännöjen kautta. Koska robotiikassa turvallisuus on keskeistä, ohjausjärjestelmässä täytyy olla kehittyneitä toimintoja, jotka mahdollistavat turvallisen yhteistyön ihmisen ja robotin välillä. (Billing 2024, 129.)

2.1.3 Käsiohjain

Robotteja käytetään ensisijaisesti käsiohjaimen (kuvio 4) avulla ja jokaisella robotivalmistajalla on oma mallinsa, jotka eroavat hieman toisistaan muun muassa ulkoasun ja käyttölogiikan osalta. Esimerkiksi joissain ohjaimissa robottia liikutetaan sauvaohjaimella, kun taas toisissa käytetään painonappeja. Nykyisissä ohjaimissa on tyypillisesti myös kosketusnäyttö.



Kuvio 4. Erilaisia robotin käsiohjaimia (Billing 2024, 130)

Turvallisuus on keskeistä käsiohjaimen käytössä. Ohjaimessa on kolmiasentoinen sallintalaite, joka mahdollistaa käsiajona tapahtuvan robotin liikkumisen vain, kun painike on keskiasennossa. Tällöin robotti liikkuu rajoitetulla, alle 250 mm/s turvanopeudella. Vaaratilanteissa sallintalaite pysäyttää robotin automaattisesti, jos käyttäjä joko puristaa sitä liikaa tai päästää otteensa. Yhteistyöroboteissa tällaista sallintalaitetta ei tarvita, koska ne toimivat aina turvallisella nopeudella ja voimalla. (Billing 2024, 130.)

Billing (2024, 131) kertoo, että käsiohjaimella on monia tehtäviä robotin eri käyttötilanteissa, kuten:

- robotin liikuttaminen ohjelmoinnin aikana haluttuihin paikkoihin
- ohjelmien tekeminen ja testaus (turvanopeudella)
- koordinaatistojen määrittely
- robottiohjelmien valinta ja asetusten säätö
- robotin tilan tarkastaminen (esimerkiksi I/O-signaalit, asennot, aktiivinen ohjelma)

Ohjelmoijan työ perustuu siihen, että robotti saadaan liikkumaan halutulla tavalla. Tämä onnistuu esimerkiksi nivelten liikkeillä, suorilla lineaariliikkeillä tai työkalun asennon säädöillä. Perusohjelmointi tapahtuu vaiheittain: ensin robotti liikutetaan paikoituspisteeseen, sitten piste tallennetaan ja valitaan siihen sopiva liikekäsky

(kuten MoveJ, MoveL tai MoveC) ja tätä toistetaan seuraavien pisteiden kohdalla. (Billing 2024, 131.)

Vaikka käsiohjaimella voidaan hoitaa kaikki tarvittava, sen pieni näyttö ja haastava tekstinsyöttö tekevät ohjelmoinnista hitaampaa. Siksi on usein kätevintä opettaa paikoituspisteet käsiohjaimella, mutta kirjoittaa ja viimeistellä ohjelma tietokoneella, joka on liitetty robottiin – suurempi näyttö ja näppäimistö nopeuttavat työtä merkittävästi. (Billing 2024, 131.)

2.2 Ulkoiset akselit & monirobottijärjestelmät

Joskus robotin liikealue tai liikkeiden monipuolisuus ei yksinään riitä tehtävän suorittamiseen, jolloin järjestelmää täytyy laajentaa. Tähän on useita vaihtoehtoja: robottiin voidaan lisätä ulkoisia laitteita tai kokonaan uusia robotteja. Esimerkiksi robotti voidaan asentaa liikkuvalle radalle, tai työalueelle voidaan lisätä käsittelylaitteita tai pyöriviä pöytiä, joita ohjataan robotin kautta. Myös erilaisia servo-ohjattuja lisälaitteita, kuten tarttujia, prosessityökaluja tai paikoittimia voidaan liittää mukaan. (Billing 2024, 145.)

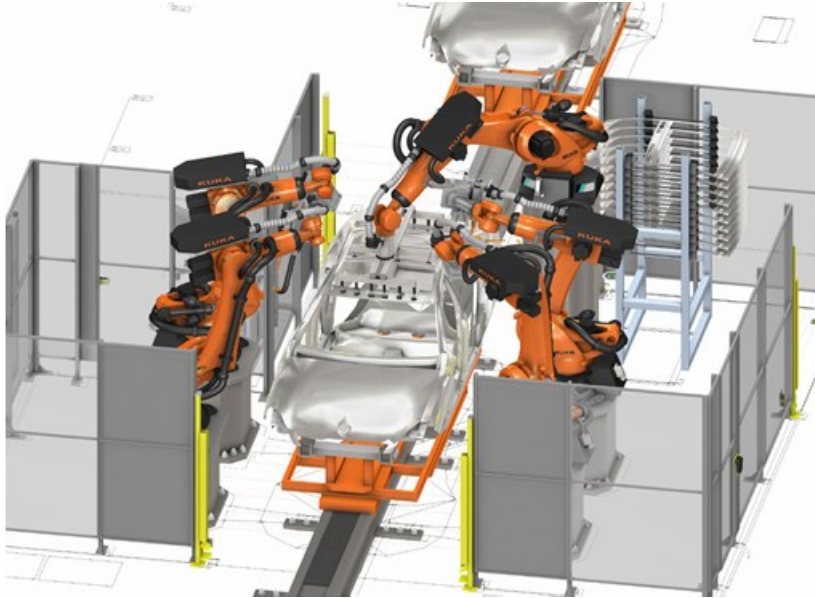
Useamman robotin järjestelmissä robotit voivat toimia samassa työtilassa synkronisesti. Ne jakavat tietoa liikkeistään ja asennoistaan, jolloin törmäyksiä voidaan välttää ja yhteistyö toimii tarkasti. Näissä järjestelmissä käytetään samoja toimintaperiaatteita kuin yksittäisissä roboteissa: servo-ohjauksia ja koordinaattijärjestelmiä. (Billing 2024, 146.)

2.2.1 Monirobottijärjestelmät

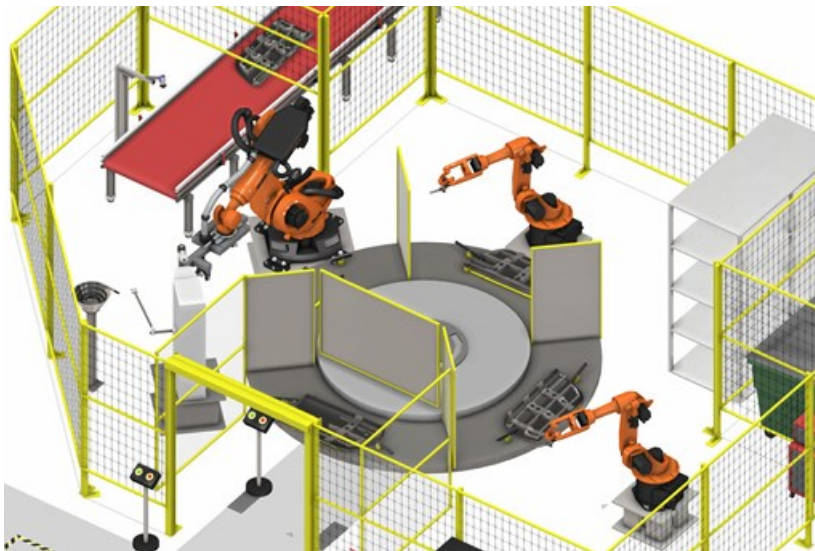
Autoteollisuudessa käytetty tapa on jakaa tehtävät usealle robotille. Jokainen robotti tekee vain yhtä tehtävää yhdellä työkalulla ja ne sijoitetaan tarkasti työalueelle. Näin robotit voivat olla pieniä ja liikkeiltään nopeita, mikä lyhentää kokonaisvaiheikaa. (Billing 2024, 147.)

Monirobottijärjestelmät voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: linja- ja solutuotantomalleihin. Kuviossa 5 näkyvässä linjatuotannossa tuote liikkuu vaiheittain linjan läpi ja robotit tekevät tehtävänsä linjan pysähtyessä. Robotit sijoitetaan tuotteen

ympäri – sivuille, ylös tai alas. Solutuotannossa (kuvio 6) taas tuote siirtyy solun sisällä robotilta toiselle, joko kuljettimilla tai toisten robottien avulla. (Billing 2024, 148.)



Kuvio 5. Linjatyypinen monirobottijärjestelmä (Billing 2024, 148)



Kuvio 6. Solutyyppinen monirobottijärjestelmä (Billing 2024, 149)

Tällaisissa järjestelmissä suunnittelun ja simuloinnin merkitys kasvaa, koska kaikkien robottien täytyy toimia tarkasti yhdessä. Liikkeiden synkronointi ja tör-

mäystarkastelut ovat erityisen tärkeitä, koska työtilaa on vähän. Työvaiheet täytyy jakaa tehokkaasti, jotta yksikään robotti ei joudu odottamaan turhaan. (Billing 2024, 149.)

Jos samassa solussa on useita robotteja, niiden liikkeitä voidaan hallita I/O-signaaleilla ja raja-alueilla. Näin voidaan estää, että kaksi robottia liikkuu samaan aikaan samassa tilassa. Jos taas vaaditaan tarkasti synkronoituja liikkeitä – esimerkiksi kun kaksi robottia yhdessä siirtää raskasta kappaletta – robotit voidaan liittää yhteiseen koordinaatistoon ja hyödyntää lisäominaisuuksia yhtäaikaiseen liikkeenohjaukseen. (Billing 2024, 149.)

3 ROBOTTISIMULAATIO JA ETÄOHJELMOINTI

3.1 Robottisimulaatio

Simulointi on digitaalinen menetelmä, jonka avulla reaali maailman tapahtumia ja toimintoja voidaan mallintaa virtuaalisessa ympäristössä. Teollisuusrobotiikassa simulointia käytetään robottien ja robottisolujen toiminnon jäljittelemiseen hyödyntämällä 3D-simulointimalleja ja virtuaalisia ohjaimia. (Pöysäri & Kytöharju 2024, 266.)

Simuloinnilla voidaan tarkastella esimerkiksi robotin työkalun liikettä, nopeutta ja kulmaa lähestyttäessä työkappaletta, sekä koko robottisolun toimintaa. Simuloinnin avulla on mahdollista varmistaa, että robotti pystyy suorittamaan tehtävänsä osumassa esteisiin, ja optimoida tartuntatapoja, liikeratoja sekä tahtiaikoja. Lisäksi simulointi tukee työkalujen ja kiinnittimien suunnittelua ja robottisolun ajatuksen arviointia. Tarvittaessa voidaan simuloida myös koko tuotantojärjestelmän toiminta. (Holamo, Ahonen, Liuha & Leinonen 2024, 81.)

Holamon ym. (2024, 82) mukaan simulointivaiheen keskiössä ei ole varsinainen ohjelmointi, vaan liikeratojen ja muiden toiminnallisten yksityiskohtien tarkastelu. Simulointimallia voidaan kuitenkin hyödyntää ohjelmoinnin pohjana erityisesti etäohjelmoinnin yhteydessä. Koska robotti toimii kolmiulotteisessa tilassa, on myös simulointimallin oltava 3D-muotoinen – perinteiset kaksiulotteiset työkalut eivät ole tähän riittäviä.

3.2 Etäohjelmointi

Ensimmäiset teollisuusrobotit ohjelmoitiin opettamalla, eli robottivarsi siirrettiin haluttuun pisteeseen, ja sen sijainti tallennettiin. Käytännössä tämä tarkoitti työkalun keskipisteen (TCP) sijainnin ja asennon (x, y, z -koordinaatit ja rotaatiot) tallentamista. 1980-luvulla kehitettiin robottisimulaatio, jossa CAD-mallien avulla voitiin visualisoida robotin liikkeitä ja työympäristö. Pian tämän jälkeen kehitettiin menetelmiä, joilla CAD-ohjelmasta saadut sijaintitiedot voitiin muuttaa robottien

liikeradoiksi, vastaavalla tavalla kuin CNC-koneiden työstöradat tuotetaan. Tämä kehitys johti etäohjelmoinnin (OLP) syntyyn. (Visual Components 2023.)

Nykyään OLP:stä on kaksi pääasiallista versiota. Useimmat robottivalmistajat tarjoavat ohjelmointityökalun opetuspaneeliin (teach pendant) lisäksi. Vaihtoehtoisesti käyttäjä voi valita riippumattoman OLP-ohjelmiston, jonka etuna on se, ettei se ole sidottu tiettyyn robottimerkkiin. (Visual Components 2023.) Kolehmainen (2024, 246) mukaan etäohjelmointi voidaan jakaa useisiin eri kategorioihin käytetyn menetelmän perusteella. Hänen mukaansa yleisimpiä ratkaisuja ovat tekstiin, malliin ja muototietoon pohjautuvat menetelmät.

Kolehmainen (2024, 246) kertoo, että yksinkertaisin tapa etäohjelmointiin on tekstipohjainen lähestymistapa, jossa käytetään yleisiä tekstieditoreita, kuten Wordia tai Notepadia. Hänen mukaansa riippuen robottimerkistä, ohjelmakoodi voi joko toimia suoraan sellaisenaan tai vaatia muuntamisen robottijärjestelmän ymmärtämään muotoon. Tällaisessa ohjelmointitavassa ohjelman testaaminen tapahtuu pääasiassa itse robotilla.

Kehittyneemmät malli- ja muototietoon perustuvat etäohjelmointiohjelmistot tarjoavat tekstieditorin lisäksi muita työkaluja, kuten simulointiympäristön. Näillä ohjelmistoilla voidaan testata ja optimoida robotin liikekäskeyä sekä oheislaitteiden toimintaa jo ennen tuotantoon siirtämistä, mikä parantaa tehokkuutta ja vähentää virheitä. (Kolehmainen 2024, 246.)

Teollisuusrobotiikan simulointi- ja etäohjelmointiohjelmistot voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: merkkikohtaisiin, yleiskielisiin ja lisäosiin perustuviin ohjelmistoihin. Ohjelmistojen toiminnallisuuksissa on sekä eroja että yhtäläisyyksiä. Yleensä ne tarjoavat työkalut 3D-mallinnukseen, simulointimallien rakentamiseen, fysiikan mallintamiseen ja etäohjelmointiin. Useimmissa ohjelmistoissa on valmiina komponenttikirjastoja, jotka sisältävät ainakin simulointimallit ohjelmoitavista roboteista. (Pöysäri & Kytöharju 2024, 275–276.)

3.2.1 Etäohjelmoinnin hyödyt ja haasteet

Kolehmainen (2024, 245) mukaan etäohjelmointi (offline programming, OLP) tarkoittaa robottien ohjelmointia erillisessä ympäristössä ilman, että tuotantoa tarvitsee keskeyttää. Pöysäri & Kytöharju (2024, 278) kertovat, että mallipohjainen etäohjelmointi ja simulointi tarjoavat joustavuutta ja tehokkuutta, koska niitä voidaan hyödyntää ilman fyysistä robottijärjestelmää. Se on erityisen hyödyllistä sekä uusien robottisovellusten suunnittelussa että olemassa olevien robottisolujen ohjelmoinnissa. Tämän menetelmän ansiosta uusien tuotantosolujen tai tuotteiden käyttöönottoaika voi lyhentyä viikoista jopa yhteen päivään. Lisäksi teollisissa ympäristöissä voi esiintyä tilanteita, joissa robottien ohjelmointi opettamalla ei ole mahdollista esimerkiksi tilanpuutteen tai turvallisuusriskien vuoksi. (Kolehmainen 2024, 245–246.)

Simuloinnin ja etäohjelmoinnin merkittävimmät hyödyt ovat ajan ja kustannusten säästö. Tarkka digitaalinen malli mahdollistaa jigien ja robottityökalujen soveltuvuuden ennakkotestauksen sekä robottien sijaintien ja huoltopisteiden oikeellisuuden varmistamisen. Digitaalinen suunnittelu, kuten simulointi ja etäohjelmointi ovat käytännössä ainoa tapa toteuttaa laajoja muutoksia lyhyiden tuotantokatkojen aikana. Näiden menetelmien ansiosta suuri osa valmistelutyöstä voidaan tehdä etukäteen, mikä minimoi asennus- ja käyttöönottovaiheen kestoa. (Lato-kartano ym. 2024, 73.)

Etäohjelmoinnissa robottien ohjelmointi suoritetaan erillisellä tietokoneella hyödyntäen tarkkaa 3D-mallia robotin todellisesta ympäristöstä. Robottien liikkeet ja toiminnot testataan simuloimalla niitä virtuaalisesti, jolloin ohjelmointimuutoksia voidaan tehdä ilman, että tuotanto joudutaan keskeyttämään. Tämä minimoi seisokkiajan ja tehostaa tuotantoa, koska robotti voi jatkaa työskentelyä samalla, kun uusia ohjelmia kehitetään ja optimoidaan. (Visual Components 2023.)

OLP:n tehokkuus riippuu siitä, kuinka tarkasti CAD-malli vastaa todellista ympäristöä. Todellisen työsolun rakenteen ja CAD-mallin erojen tunnistamiseksi tarvitaan robottisolun kalibrointi. Tämä prosessi sisältää referenssipisteiden mittaami-

sen solussa, robotin työkalun keskipisteen (TCP) todellisen asennon ja oheislaitteiden sijaintien tallentamisen OLP-järjestelmään sekä kalibrointiohjelmien suorittamisen, jotta virtuaalimalli vastaisi todellista solia eli digitaalista kaksosta. Mittaukset voidaan suorittaa joko itse robotilla tai ulkoisella mittalaitteella, kuten 3D-lasermittalaitteella. (Visual Components 2023.)

Latokartano ym. (2024, 73) kertovat, että jotta simulointi ja etäohjelmointi onnistuisivat, fyysisen tuotantoympäristön on vastattava tarkasti virtuaalista mallia. Hänen mukaansa tämä voidaan varmistaa esimerkiksi 3D-skannaamalla solu, johon robotit sijoitetaan. Kapelan (2024, 248) mukaan ennen kuin simulaatiomallilla luotu ohjelma otetaan käyttöön tuotannossa, simulointimalli on kalibroitava vastaamaan todellista ympäristöä. Hänen mukaansa kalibroinnin avulla tunnistetaan ja korjataan erot virtuaalisen ja fyysisen mallin välillä.

3.2.2 ABB RobotStudio

RobotStudio on ABB:n robottien ohjelmointi- ja simulointityökalu, joka tukee sekä fyysisten että virtuaalisten robottien konfigurointia. Sen avulla voidaan mallintaa robottisoluja, ohjelmoida offline-tilassa ja simuloida eri toimintoja. Ohjelmiston online-tila yhdistää sen suoraan robottiohjaimen, kun taas offline-tila käyttää virtuaaliohjainta. (ABB 2025.)

4 KYBERHYGIENIA

Kyberhygienia, joka on saanut nimensä henkilökohtaisen hygienian käsitteestä, viittaa yksinkertaisiin päivittäisiin rutiineihin ja käytäntöihin, jotka auttavat ylläpitämään hyvää verkkoterveyttä. Vaikka kyberhygienian määritelmä ei ole vielä vakiintunut, Euroopan unionin verkko- ja tietoturvavirasto (ENISA) on kuvannut sen henkilökohtaiseksi hygieniaksi, joka koostuu säännöllisistä tarkastuksista ja käytännöistä. (Fikry, Hamzah, Hussein, Abdul & Abu Bakar 2024, 175.) Ncubekezi, Mwansa & Rocaries (2020, 2) kertovat, että kyberhygienia tarkoittaa jatkuvaa käytäntöä ja toimintatapoja, joilla varmistetaan verkkoympäristön turvallisuus. Heidän mukaansa se käsittää suositeltavat toimenpiteet kyberuhkien torjumiseksi ja turvallisen toimintaympäristön luomiseksi kaikille internetin käyttäjille, sekä heidän laitteilleen ja niillä säilytettäville tiedoille.

Internetin laajalle levinnyt vaikutus on johtanut etätyön lisääntymiseen ja verkkoaktiivisuuden kasvuun, mikä samalla on lisännyt kyberhyökkäysten riskiä. Tämän globaalin muutoksen myötä kyberhygienia nousee keskeiseksi välineeksi kyberrikollisuuden estämisessä niin yksilö- kuin organisaatiotasolla. (Fikry ym. 2024, 174.)

Kyberhygienia on olennainen osa organisaation kyberturvallisuutta, sillä se vähentää riskiä altistua verkkotoiminnoille, jotka voivat vaarantaa sen sosiaaliset, taloudelliset ja henkilökohtaiset tiedot. Kyberhygieniaan kuuluu muun muassa teknologian säännöllinen seuranta ja virustorjuntaohjelmistojen päivittäminen, jotta voidaan tunnistaa mahdolliset uhat. (Fikry ym. 2024, 175.) Ncubekezi ym. (2020, 2) mukaan hyvä kyberhygienia vaatii yritystasolla toimenpiteitä teknisellä, organisatorisella ja taloudellisella tasolla. He kertovat, että kaikkien yritysten osastojen osallistuminen turvallisuuskäytäntöihin edistää parempaa tietoturvaa. Hyviin käytäntöihin kuuluu muun muassa sovellusten ja tietojen suojaaminen sekä turvallisuusperiaatteiden noudattaminen (Ncubekezi ym. 2020, 2).

4.1 Tietosuoja ja verkkoturvallisuus

Kyberhygieniä ylläpitää hyviä standardeja, ohjeita ja käytäntöjä, jotka suojaavat tietoja, kuten henkilökohtaisia tietoja kyberhyökkäyksiltä. Kyberhygieniä esitetään tietoturva- ja tietosuojaohjeiden ja -käytäntöjen toteuttamisena, joiden avulla pyritään minimoimaan mahdolliset vahingot ja vähentämään tietoturvaloukkausten, kuten luvattoman pääsyn, vuotamisen tai manipuloinnin riskiä. (Fikry ym. 2024, 176.)

Verkkoturvallisuus kattaa toimenpiteet, joilla suojataan tietoverkkoja ja niihin liitettyjä laitteita luvattomalta käytöltä, väärinkäytöltä ja vahingoittumiselta. Tavoitteena on turvata tiedon luottamuksellisuus, eheys ja saatavuus digitaalisessa ympäristössä. (NordVPN, 2025.)

Yksi tärkeimmistä verkkoturvallisuuden osa-alueista on päätepisteiden suojaaminen. Tämä tarkoittaa yksittäisten laitteiden, kuten tietokoneiden, älypuhelimien ja tablettien suojaamista haittaohjelmilta ja muilta uhilta. Virustorjunta- ja haittaohjelmien torjuntaohjelmat estävät haitallisten ohjelmien leviämisen verkossa. Lisäksi palomuurit hallitsevat saapuvaa ja lähtevää verkkoliikennettä suojaten laitteita haitalliselta toiminnalta. (NordVPN, 2025.)

Verkkoturvallisuuteen kuuluu myös verkon liikenteen hallinta ja valvonta. URL-suodatus estää pääsyn vaarallisille verkkosivustoille, ja verkkosovellusten palomuurit suojaavat verkkoresursseja haitallisilta hyökkäyksiltä. Lisäksi nollaluottamusmallin mukainen pääsynhallinta rajoittaa käyttäjien pääsyn vain niihin työkaluihin ja tietoihin, joita he ehdottomasti tarvitsevat ja vaatii säännöllistä todennusta. (NordVPN, 2025.)

Sähköpostin tietoturva on myös olennainen osa verkkoturvallisuutta. Tämä sisältää roskapostisuodatuksen, sähköpostien salauksen ja vahvat todennusprotokollat, jotka estävät yleisiä sähköpostiuhkia, kuten tietojen kalastelua. Näiden toimenpiteiden avulla organisaatiot voivat suojata sähköpostipalveluitaan ja estää haitallisten viestien pääsyn käyttäjille. (NordVPN, 2025.)

Verkkoturvallisuuden ylläpitäminen vaatii jatkuvaa valvontaa ja päivityksiä. Päätepisteiden tunnistus ja reagointi (EDR) edellyttää yksittäisten laitteiden toiminnan jatkuvaa seuranta uhkien havaitsemiseksi. Lisäksi laitteiden salaus suojaa arkaluonteisia tietoja luvattomilta käyttäjiltä sekoittamalla saapuvat ja lähtevät tiedot. (NordVPN, 2025.)

4.2 Kyberhygienian hyödyt

Hyvin toteutettu kyberhygienia tuo monia etuja. Ensinnäkin se suojaa henkilökohtaisia tietoja, kuten nimeä, sukupuolta, osoitetietoja ja kirjautumistietoja. Hyviä käytäntöjä ovat muun muassa säännöllinen salasanan vaihto, vahva tunnistautuminen ja henkilökohtaisten tietojen jakamisen välttäminen sosiaalisessa mediassa. (Fikry ym. 2024, 176.)

Toimiva kyberhygienia on myös tehokas keino estää kyberhyökkäyksiä. Ennaltaehkäisy on parempi kuin parantaminen. Se myös suojaa digitaalisia ominaisuuksia, kuten tiedostoja, kuvia ja asiakirjoja, joita säilytetään laitteilla tai pilvessä. Säännöllinen varmuuskopiointi ja tiedostojen tarkistaminen haittaohjelmien varalta estävät tietojen menetyksiä. (Fikry ym. 2024, 176.)

Lisäksi hyvä kyberhygienia takaa myös laitteiden optimaalisen suorituskyvyn, sillä huono hygienia lisää haittaohjelmien ja virusten riskiä, mikä voi hidastaa laitteiden toimintaa ja aiheuttaa järjestelmän kaatumisia. Säännölliset käyttöjärjestelmän ja virustorjuntaohjelmistojen päivitykset sekä laitteiden tarkistus mahdollisten uhkien varalta ovat hyviä käytäntöjä. (Fikry ym. 2024, 176.)

Lisäksi hyvä kyberhygienia estää tietovuotoja, erityisesti yrityksissä ja organisaatioissa. Vahvojen palomuurien, salausprotokollien ja säännöllisten turvallisuusauditointien käyttöönotto estää luvattoman pääsyn arkaluontoisiin tietoihin. (Fikry ym. 2024, 176.)

4.3 ISO 27001 -standardi

ISO 27001 -standardi käsittelee vaatimuksia, jotka koskevat tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän luomista, käyttöönottoa, ylläpitoa ja jatkuvaa parantamista.

Tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän käyttöönotto on organisaatiolle strateginen päätös, ja sen suunnittelu ja toteutus määräytyvät organisaation tarpeiden, tavoitteiden, turvallisuusvaatimusten sekä käytettävien prosessien ja rakenteiden mukaan. (SFS 27001 2023, 6.)

Tietoturvan hallintajärjestelmä suojaa tiedon luottamuksellisuutta, eheyttä ja saatavuutta riskienhallinnan avulla ja vahvistaa sidosryhmien luottamusta siihen, että riskejä hallitaan oikein. On tärkeää, että tämä järjestelmä on integroitu osaksi organisaation muita prosesseja ja hallintarakenteita, ja että tietoturva otetaan huomioon prosessien ja järjestelmien suunnittelussa. (SFS 27001 2023, 6.)

4.3.1 Organisaation toimintaympäristö ja johtajuus

Organisaation on ymmärrettävä toimintaympäristönsä ulkoiset ja sisäiset tekijät, jotka vaikuttavat tietoturvallisuuteen. Lisäksi sen on tunnistettava sidosryhmien tarpeet ja odotukset sekä määriteltävä tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän soveltamisala, mukaan lukien organisaation eri toimintojen rajapinnat ja riippuvuudet. (SFS 27001 2023, 7–8.)

Ylin johto on vastuussa tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän toimivuudesta. Sen on osoitettava sitoutumisensa laatimalla ja ylläpitämällä tietoturvapoliittikkaa, varmistamalla resurssit sekä integroimalla tietoturvan hallinta osaksi organisaation toimintaa. Lisäksi johdon on viestittävä tietoturvan merkityksestä koko organisaatiolle ja varmistettava järjestelmän tehokkuus. (SFS 27001 2023, 8–9.)

4.3.2 Suunnittelu ja tukitoiminnot

Tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän suunnittelussa keskitytään riskien ja mahdollisuuksien arviointiin. Organisaation on tunnistettava tietoturvariskit, analysoitava niiden todennäköisyys ja seuraukset sekä suunniteltava toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. Lisäksi standardi edellyttää tietoturvatavoitteiden määrittelyä ja niihin liittyvien toimenpiteiden suunnittelua. (SFS 27001 2023, 9–11.)

Tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän tehokkuus edellyttää riittäviä resursseja, henkilöstön pätevyyttä, tietoisuutta ja viestintää. Organisaation on varmistettava, että työntekijöillä tarvittava osaaminen tietoturvan hallintaan ja että tietoisuutta ylläpidetään säännöllisellä koulutuksella. Viestinnän osalta organisaation on määriteltävä, miten tietoa jaetaan, kenelle, milloin ja millä välineillä. Lisäksi standardi edellyttää dokumentoidun tiedon hallintaa, mukaan lukien tiedon luominen, päivittäminen ja suojaaminen. (SFS 27001 2023, 12–13.)

4.3.3 Toiminta ja suorituskyvyn arviointi

Tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän toteutus edellyttää toimintaprosessien suunnittelua ja ohjausta. Organisaation on tunnistettava tietoturvariskit ja varmistettava, että riskien arviointi ja hallinta toteutetaan järjestelmällisesti. Suunnitellut muutokset on hallittava ja ulkopuolisten toimittajien tietoturvaa koskevat vaatimukset on huomioitava. (SFS 27001 2023, 13–14.)

Tietoturvallisuuden hallintajärjestelmän tehokkuutta on seurattava, mitattava, analysoitava ja arvioitava säännöllisesti. Standardi edellyttää, että organisaatio toteuttaa sisäisiä auditointeja ja johdon katselmuksia varmistaakseen järjestelmän vaikuttavuuden ja tunnistaakseen mahdollisia kehityskohteita. (SFS 27001 2023, 12–15.)

5 NYKYTILAN KARTOITUS

Osio on salainen

6 SIMULAATION KÄYTTÖSUUNNITELMA

Osio on salainen

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Osio on salainen

7.1 Jatkotutkimusmahdollisuudet

Koska tämän opinnäytetyön aikana ei vielä saavutettu tilannetta, jossa simuloinnin tuottama robottiohjelma olisi täysin ilman muokkauksia siirtynyt tuotantoon, jatkotutkimukselle on selkeitä tarpeita. Jatkotutkimuksessa voitaisiin keskittyä esimerkiksi simulaation ja fyysisen solun kalibroinnin tarkentamiseen – kuinka 3D-mallien ja tuotantoympäristön tarkkuuseroja voidaan pienentää esimerkiksi skannauksen tai automaattisen kalibroinnin avulla. Usein myös simulointiympäristö kalibroidaan fyysisen ympäristön mukaan. Esimerkiksi tilanteessa, jossa fyysisessä maailmassa robotti liikkuu tarkasti oikeaan paikkaan, mutta simuloinnissa näyttää menevän väärään kohtaan, ongelma ei välttämättä ole robottiohjelmassa vaan simulointiympäristön mallinnuksessa. Tällöin simuloinnissa olevat elementit voidaan siirtää vastaamaan robotin todellista referenssipistettä. Näin varmistetaan, että simulointiympäristö vastaa fyysistä ympäristöä mahdollisimman tarkasti. Jatkotutkimuksissa olisi hyödyllistä kehittää systemaattisia menetelmiä ja työkaluja tällaisen kalibroinnin helpottamiseksi ja nopeuttamiseksi.

8 POHDINTA

Osio on salainen

LÄHTEET

ABB 2025. Operating manual – RobotStudio. Viitattu 26.3.2025

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC032104-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

Billing, M. 2024. Teollisuusrobotti. Teoksessa Välimäki, K. (toim.) Teollisuuden robotiikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry, 125–150.

Fikry, A., Hamzah, M., Hussein, Z., Abdul, A. J. & Abu Bakar, K. A. 2024. Defining the beauty of cyber hygiene: A retrospective look. IEEE Engineering management review, 52(2), 174–180. Viitattu 26.3.2025.

<https://doi.org/10.1109/EMR.2024.3361023>

Flaus, J. 2019, Cybersecurity of Industrial Systems, John Wiley & Sons, Incorporated, Newark. Viitattu 25.3.2025

<https://doi.org/10.1002/9781119644538.fmatter>

Holamo, O-P., Ahonen, T-P., Liuha, A & Leinonen, J. 2024. Robotisointi projektina ja robottijärjestelmän elinkaari. Teoksessa Välimäki, K. (toim.) Teollisuuden robotiikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry, 79–96.

Industry Pro Partners 2024. Teollisuuden kestävä kehittäminen on Suomen vahvuus. Viitattu 3.3.2025. <https://www.industrypro.fi/2024/08/16/teollisuuden-kestava-kehittaminen-on-suomen-vahvuus/>

Kapela, J. (2024). Teollisuusrobottien ohjelmointi virtuaaliodellisuutta hyödyntäen. Teoksessa S. Päälysaho, P. Junell, M. Salminen-Tuomaala, S. Uusimäki, & M. Karvonen (toim.), Seinäjoen ammattikorkeakoulu – meidän ammattikorkeakoulu (s. 247–260). (Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja A. Tutkimuksia 42). Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

<https://urn.fi/URN:NBN:fife20241210100893>

Kolehmainen, P. 2024. Robottien ohjelmointi. Teoksessa Välimäki, K. (toim.) Teollisuuden robotiikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry, 243–264.

Latokartano, J., Karvonen, H., Skriko, T., Holamo, O.-P., Christophe, F., Ahonen, T.-P., Haapakoski, T., Partanen, A., Lempiäinen, J., Kapiainen, P., Paasio, L., Liljamo, J., Närhi, J. & Siltala, N. 2024. Teollisuusrobotiikan sovelluksia. Teoksessa Välimäki, K. (toim.) Teollisuuden robotiikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry, 37–78.

Lempiäinen, J. 2024. Teollisuuden robotiikka Suomessa. Teoksessa Välimäki, K. (toim.) Teollisuuden robotiikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry, 15–36.

Ncubukezi, T., Mwansa, L. & Rocaries, F. A review of the current hygiene in small and medium-sized businesses. 2020. 15th International conference for internet technology and secured transactions (ICITST), London, United Kingdom, 2020, 1 – 6. Viitattu 26.3.2025.

<https://doi.org/10.23919/ICITST51030.2020.9351339>

NordVPN 2025. Mitä on verkkoturvallisuus? Viitattu 26.4.2025.

<https://nordvpn.com/fi/cybersecurity/network-security/>

Pöysäri, S. & Kytöharju, J. 2024. Simulointi ja mallipohjainen etäohjelmointi. Teoksessa Välimäki, K. (toim.) Teollisuuden robotiikka. 2., uusittu painos. Helsinki: Suomen robotiikkayhdistys ry, 265–290.

SFS-EN ISO 27001:2023. Tietoturvallisuus, kyberturvallisuus ja tietosuojatietoturvallisuuden hallintajärjestelmät. Vaatimukset. 2. painos. Suomen Standardisoimisliitto SFS.

Visual Components 2023. Industry and Trends OLP Product benefits Simulation benefits. Viitattu 3.3.2025. <https://www.visualcomponents.com/blog/offline-robot-programming-olp-the-complete-guide-with-examples/>

LIITTEET

Liite 1. Robottisimulaation käyttöönottosuunnitelma

Liite 1 1(21). Robottisimulaation käyttöönottosuunnitelma

Liite on salainen