



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Petäjä ja Juha Ruostetoja

TUOTTEEN LISÄÄMINEN AUTOMAATTISEEN VALMISTUSJÄRJESTEL- MÄÄN

Teollisuusrobotiikka YAMK
2024

ABSTRACT

| | |
|--------------------|---|
| Author | Juha Ruostetoja and Niko Petäjä |
| Title | Adding a Product to an Automated Manufacturing System |
| Year | 2024 |
| Language | Finnish |
| Pages | 73 |
| Name of Supervisor | Mika Billing |

Wärtsilä Finland's Vaasa Technology Center, the Smart Technology Hub, aims to increase production capacity and expand the product portfolio to automation systems. Currently, a new product is loaded and unloaded manually by an operator. To increase production capacity, automating the production line is essential.

The thesis investigates the technical factors affecting capacity increase in an automatic robot loading cell. It also examines the manufacturing process of a new product in an automatic production line.

Based on the research material obtained from the thesis, the procurement process becomes easier with the selected equipment supplier. The goal is to automate the production of a new product by 2024, thereby increasing production capacity.

The thesis also provides valuable information about the features of the manufacturing system. Understanding and utilizing these features are important for creating new manufacturing processes for new products in the future.

The success of the project demonstrates Wärtsilä's ability to leverage advanced technology to enhance its production processes, strengthening the company's position at the forefront of industrial robotics. With this thesis, Wärtsilä takes a step towards improving production efficiency and supporting growth through innovative solutions.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 9 |
| 2 | YRITYS | 11 |
| | 2.1 Wärtsilä Vaasassa | 12 |
| 3 | JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT | 14 |
| 4 | VALMISTUSJÄRJESTELMÄ WÄRTSILÄSSÄ | 19 |
| | 4.1 Valmistuksen hallintaohjelmisto..... | 20 |
| | 4.2 MMS integraatio | 22 |
| | 4.3 Hyllystöhissi ja varasto..... | 24 |
| | 4.4 Keskitetty työkaluvarasto | 25 |
| | 4.5 Työkaluhuone | 27 |
| | 4.6 Heller Työstökoneet..... | 27 |
| | 4.7 Manuaali latausasema | 28 |
| | 4.8 Robotisoitu jäysteenpoistosolu | 29 |
| | 4.9 Robotisoitu pesusolu | 30 |
| | 4.10 Kiertokankien automaattinen lataussolu | 31 |
| | 4.11 Sylinterikansien automaattinen lataussolu | 32 |
| | 4.11.1 Latausasema..... | 33 |
| | 4.11.2 Nollapisteruuviasema | 34 |
| | 4.11.3 Merkkauslaite..... | 34 |
| | 4.11.4 Puskuriasemat..... | 35 |
| | 4.11.5 Materiaaliasemat | 35 |
| | 4.11.6 Uudelleentartuna-asetat..... | 35 |
| 5 | W25-SYLINTERIKANNEN LISÄYS AUTOMAATTISEEN LATAUSSOLUUN | 37 |
| | 5.1 Materiaalivirta | 38 |
| | 5.2 Uusi puskuriasema | 40 |

| | | |
|-------|--|----|
| 5.2.1 | Uudet tarttujat | 44 |
| 6 | VALMISTUSJÄRJESTELMÄN OHJAUKSEN MUUTOKSET | 46 |
| 6.1 | Materiaalilavan luominen | 47 |
| 6.2 | Kappaleen perustietojen luonti | 50 |
| 6.3 | Materiaalikappaleen ja ”eri raaka-aine”-kappaleen luominen | 51 |
| 6.4 | Lataustehtävän lisääminen | 55 |
| 6.5 | MMS ja robotti kommunikaatio | 61 |
| 6.6 | Koneistus, pesu ja jäysteenpoisto..... | 62 |
| 6.7 | Purkutehtävän lisääminen | 65 |
| 6.8 | Uudet robottiohjelmat..... | 66 |
| 7 | POHDINTAA JA YHTEENVETO | 67 |
| 7.1 | Yhteenveto..... | 67 |
| | LÄHTEET | 69 |

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

| | |
|---|----|
| Kuva 1. Wärtsilän liiketoiminta-alueiden jakaantuminen vuonna 2023. | 12 |
| Kuva 2. Wärtsilän moottori W32. | 13 |
| Kuva 3. Wärtsilän uusi Teknologiakeskus STH. | 13 |
| Kuva 4. Wärtsilä FMS-järjestelmä. | 19 |
| Kuva 5. MMS:n liityntäkaavio ylätaso. | 24 |
| Kuva 6. Hyllystöhissi. | 25 |
| Kuva 7. GTS-järjestelmä. | 26 |
| Kuva 8. Latausasema. | 29 |
| Kuva 9. Robotisoitu jäysteenpoistosolu. | 30 |
| Kuva 10. Robotisoitu pesusolu. | 31 |
| Kuva 11. Sylinterikansien automaattinen lataussolu. | 33 |
| Kuva 12. Latausasema. | 34 |
| Kuva 13. W25-sylinterikansivalulava. | 38 |
| Kuva 14. W25-sylinterikannen mahdolliset paikoituskohdat. | 41 |
| Kuva 15. Uusi puskuriasema. | 42 |
| Kuva 16. Sylinterikannen keskitys ohjaustapilla. | 42 |
| Kuva 17. Sylinterikannen etupuolen paikoitus puskuriasemassa. | 43 |
| Kuva 18. Nollapistetappien paikat. | 43 |
| Kuva 19. Sylinterikannen tartuntapisteet valusta. | 45 |
| Kuva 20. Tarttujan leuat kuvattuna mahdollisessa tartunnassa. | 45 |
| Kuva 21. MMS -valmistusreitoin prosessi. | 46 |
| Kuva 22. Lavamatriisin luonti. | 48 |
| Kuva 23. Lavakokoonpano ja koordinaatit. | 49 |
| Kuva 24. Valmistusvaihtoehdot. | 50 |
| Kuva 25. Materiaalikappaleen valinta. | 52 |
| Kuva 26. Operaation lisääminen. | 53 |
| Kuva 27. Lisätty operaatio. | 54 |
| Kuva 28. Tuotantoryhmän valinta. | 54 |
| Kuva 29. Työsuunnitelman näkymä. | 56 |

| | |
|--|----|
| Kuva 30. Ylä- ja alakuljetin..... | 57 |
| Kuva 31. Kesto, lavamatriisi ja käsittelysäännöt..... | 58 |
| Kuva 32. Käsittelykoodit. | 59 |
| Kuva 33. Robottikoodin merkkäsohjelman valinta..... | 60 |
| Kuva 34. Globaalit muuttujat robotilla. | 62 |
| Kuva 35. Vaiheen lisäys työsuunnitelmaan. | 63 |
| Kuva 36. Suoritettavan vaiheen valinta..... | 63 |
| Kuva 37. NC-ohjelman valinta..... | 64 |
| Kuva 38. Purkuvaiheen nollapistetappien valinta. | 65 |

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

| | |
|-----------------|---|
| STH | Sustainable Technology Hub. Wärtsilä Finlandin uusi teknologiakeskus Vaasan Vaskiluodossa. STH on teknologiakeskus, joka tekee valmistusta, tutkimusta, kehitystä ja suunnittelua markkinoiden tarpeen mukaan |
| MMS | Manufacturing Management Software, valmistuksen hallintaohjelmisto. |
| FMS | Flexible Manufacturing System, joustava valmistusjärjestelmä. |
| WRC | Washing Robot Cell, robottipesukone. |
| CH ALD | Cylinderhead Auto-Loading Cell, sylinterikansien automaattinen lataussolu. |
| CR ALD | Connecting Rod Auto-Loading Cell, Kiertokankien automaattinen lataussolu |
| RFC | Robotic Finishing Cell, robotisoitu jäysteenpoistosolu |
| SAP | Tuotannonohjausjärjestelmä |
| MCU | Machine Control Unit, koneistuskeskustyksikkö |
| FTL | Flexible transfer Line Joustava transferlinja |
| ERP | Sisältää tehdastason perustiedot ja reitityksen. Resurssit ja kapasiteettivaatimukset |
| WMS | Varastonhallintajärjestelmä |
| AGV | Automaattisesti ohjattu ajoneuvo |
| GTS | Gantry Tool Storage |
| TOOLROOM | Työkalujen esiasetus ja huoltotila |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö toteutettiin Wärtsilä Finland Oy:lle, keskittyen uuden tuotteen integroimiseen automaattiseen sylinterikansien ja kiertokankien valmistuslinjaan. Työn fokus oli tarkastella tuotteen integroimisessa huomioitavia tekijöitä, kuten mekaanisia muutoksia, sekä robotti- ja ohjauspuolen muutoksia.

Konkreettisesti opinnäytetyö keskittyi W25-sylinterikanteen, jonka automaatiotasoa halutaan kasvattaa tulevaisuudessa. Automaation avulla pyritään lyhentämään läpimenoaikaa, parantamaan valmistuksen turvallisuutta ja nostamaan kapasiteettia.

Opinnäytetyön tuottamaa dataa hyödynnetään suunnitteluvaiheessa yhteistyössä laitetoimittajan kanssa ja sen avulla voidaan aloittaa tarkemmat tarjouskyselyt. Tavoitteena on kasvattaa osaamista valmistuslinjan ohjauksen ymmärtämisessä sekä lisätä osaamista ohjausjärjestelmän tuotteiden valmistusreittien luonnin osalta Wärtsilässä.

Päämääränä on kehittää innovatiivinen valmistusprosessi uudelle sylinterikansityypille, joka sisältää automaattisen robottilatauksen. Aiemmin W25-sylinterikannen valmistusprosessissa ei ole ollut robottilatausta, mikä tekee tästä opinnäytetyöstä merkittävän panostuksen uuden teknologian käyttöönotossa.

Opinnäytetyössä syvennyttään erityisesti uuden tuotteen integroimiseen automaattisen robottilataussolun sisäiseen työkiertoon. Työn tuloksena on onnistuttu määrittelemään oikeat sylinterikannen käsittelyasennot ja tartuntapaikat robotille, sekä arvioimaan kappaleen koneistuksen jälkeiset vaiheet robottilataussolussa.

Näin ollen opinnäytetyön tavoitteena on tarjota konkreettisia ratkaisuja uuden teknologian käyttöönottoon valmistusprosesseissa ja edistää ymmärrystä robottilatauksen mahdollisuuksista teollisuuden kontekstissa.

2 YRITYS

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava innovatiivisen teknologian ja elinkaariratkaisujen toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilä panostaa kestäväen teknologian ja palveluiden innovaatioihin auttaakseen asiakkaitaan huomioimaan ympäristön ja parantamaan taloudellista suorituskykyään. Wärtsilä toimii yli 240 toimipisteessä 79 maassa. Wärtsilä Oyj ABP:n palveluksessa työskentelee 17 500 työntekijää. Wärtsilän toiminta on jaettu liiketoimintayksiköihin perustuen niihin tuotteisiin, ratkaisuihin ja palveluihin, joita yksiköt tarjoavat asiakkailleen.

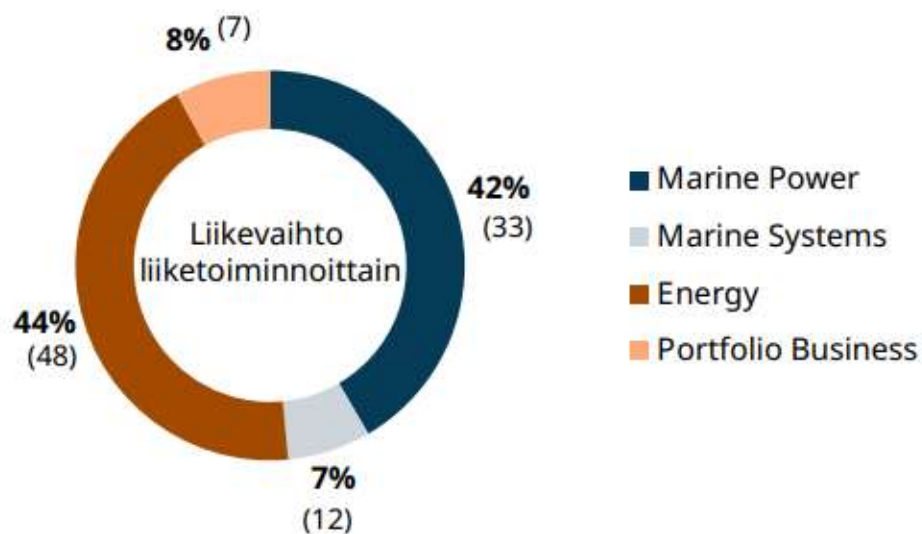
Wärtsilän liiketoimintaan kuuluu **Wärtsilä Energy**, joka edistää asiakkaidensa kykyä irtautua hiilen käytöstä kehittämällä tarkoituksenmukaisia teknologioita. Näitä ovat nykyiset ja tulevaisuuden polttoaineilla toimivat sähköjärjestelmää tasapainottavat voimalaitokset, hybridiratkaisut, sekä energian varastointi- ja optimointitekniologia, mukaanlukien GEMS- energianhallintajärjestelmä. [1]

Wärtsilä Marine Power yksikön toiminta keskittyy moottoreihin. Wärtsilä Marine Powerin portfolioon kuuluu valikoima moottoreita, propulsiojärjestelmiä, hybriditekniologioita ja integroituja voimansiirtojärjestelmiä. [1]

Wärtsilä Marine Systems tukee asiakkaitaan toimittamalla koekealaatuisia tuotteita ja elinkaaripalveluita liittyen kaasun arvoketjuun, pakokaasujen käsittelylaitteistoihin, akselistöön, vedenalaiseihin huoltopalveluihin, sekä merenkulun sähköisiin integraatioihin. [1]

Wärtsilä Portfolio Business koostuu liiketoimintayksiköistä, joita johdetaan itsenäisesti. Tavoitteena on nopeuttaa yksiköiden tuloksetekokyvyn kasvua yritysmyyntien tai muiden strategisten vaihtoehtojen kautta. [1]

Wärtsilä on listattu Helsingin Pörssiin. Vuonna 2023 Wärtsilän liikevaihto oli 6,015 miljardia euroa. Yhtiön liikevaihdosta Marine Power kattaa 42, Marine Systems 7, Energy 47 prosenttia ja Portfolio Business 8 **Kuva 1**. [1]



Kuva 1. Wärtsilän liiketoiminta-alueiden jakaantuminen vuonna 2023.

2.1 Wärtsilä Vaasassa

Wärtsilä Vaasan historia ulottuu vuoteen 1936, jolloin Wärtsilä osti Onkilahden konepajan Vaasasta. Dieselmoottoreiden valmistus alkoi Vaasassa vuonna 1954. Alussa moottoreita valmistettiin lisenssin alla Nohabille ja Shulzerille. Vuonna 1961 aloitettiin valmistamaan Wärtsilän itse suunnittelemissa moottoreita. Vaasassa työskentelee tällä hetkellä 2 850 henkilöä. Vaasassa nykyisin valmistettavat moottorityypit ovat Wärtsilä 20 (W20), Wärtsilä 31, 32 ja 34 (W31/W32/34) sekä Wärtsilä 46 ja 50 (W46/W50). Tyyppimerkinnän numero tarkoittaa sylinterin halkaisijaa senttimetreinä. **Kuvassa 2** on Vaasassa valmistettavan moottorin kuva W32. [1]



Kuva 2. Wärtsilän moottori W32.

Wärtsilän näkyvin kehitys on Vaasan Vaskiluodossa sijaitseva uusi teknologiakeskus nimeltään Sustainable Technology Hub. Tuotantolaitoksen tavoitteena on tehdä korkeatasoista tutkimusta, kehitystä, innovoida ja pilotoida uusia tuotteita ja ratkaisuja **Kuva 3.**



Kuva 3. Wärtsilän uusi Teknoliakeskus STH.

3 JOUSTAVAT VALMISTUSJÄRJESTELMÄT

Joustavat valmistusjärjestelmät ovat olennainen osa nykyaikaista teollisuutta, joka vaatii nopeaa reagointikykyä muuttuviin markkinatarpeisiin ja asiakasvaatimuksiin. Nämä järjestelmät mahdollistavat tehokkaan skaalautumisen erilaisten tuotteiden valmistukseen samassa tuotantolaitoksessa tai -linjalla. Yksi keskeinen piirre joustavissa valmistusjärjestelmissä on niiden modulaarisuus. Ne koostuvat moduuleista, jotka voidaan helposti muokata tai vaihtaa tarpeen mukaan, mahdollistaen erilaisten tuotteiden valmistuksen ilman suurta muutostarvetta.

Toinen tärkeä ominaisuus on ohjelmistopohjaisuus. Järjestelmässä käytetään ohjelmistopohjaisia ratkaisuja, jotka mahdollistavat nopeat muutokset tuotantolinjan asetuksiin ja toimintatapoihin. Tämä helpottaa uusien tuotteiden integroimista ja muutosten tekemistä tuotannossa. Lisäksi robotiikka ja automaatio ovat olennainen osa joustavia valmistusjärjestelmiä. Robottien avulla voidaan helposti vaihtaa työkaluja tai tarttuvia eri tuotteiden käsittelyyn, mikä lisää järjestelmän monipuolisuutta.

Älykkäät sensorit ja data-analytiikka ovat myös keskeisessä roolissa joustavissa valmistusjärjestelmissä. Ne mahdollistavat reaaliaikaisen tuotannonvalvonnan ja ennakoivan ylläpidon, parantaen tuotannon luotettavuutta ja tehokkuutta. Joustavat valmistusjärjestelmät edellyttävät koulutettua ja joustavaa työvoimaa, joka kykenee sopeutumaan nopeasti erilaisiin tehtäviin ja muuttuviin työolosuhteisiin.

Yhteenvedona voidaan todeta, että joustavat valmistusjärjestelmät ovat välttämättömiä nykyaikaisessa teollisuudessa, ja ne mahdollistavat tehokkaan ja kustannustehokkaan tuotannon, kun markkinat ja asiakastarpeet muuttuvat.

Seuraavissa kappaleissa esitellään yleisesti tunnettuja ja käytössä olevia joustavia valmistusjärjestelmiä, jotka pohjustavat lukijaa ymmärtämään eri valmistusjärjestelmien eroja ja auttavat hahmottamaan luvussa neljä Wärtsilässä käytössä olevaa valmistusjärjestelmää.

Joustava valmistusjärjestelmä (Flexible Manufacturing System, FMS) on tehokas ratkaisu tuotannon organisointiin. Koneistettavat työkappaleet lastataan lastausasemilla koneistuspaaleille, joista hyllystöhissi tai lavansiirtolaite kerää ne ja kuljettaa varastoon tai suoraan työstökoneisiin. FMS:n käyttö lyhentää tuotannon läpimenoaikoja, lisää tuotannon joustavuutta, mahdollistaa miehittämättömän tuotannon ja vähentää materiaaleihin sijoitettua pääomaa. Työkappaleiden varastointi monitasoisessa säilytystelineessä tehostaa tilankäyttöä ja selkeyttää prosessissa olevien töiden varastointia.

FMS:n käyttö on myös työntekijöiden kannalta miellyttävämpää. Työkappaleiden lataus ja purkaminen lastausasemilla on puhdasta, turvallista ja ergonomista. Työntekijöillä on aikaa myös muihin tehtäviin koneistuksen aikana, koska kuormalavojen kuljetuksesta ja varastoinnista huolehtii hyllystöhissi tai lavakuljetuslaite.

FMS -ratkaisun modulaarinen rakenne varmistaa nopean asennuksen ja käyttöönoton sekä mahdollistaa myös myöhempiä laajennuksia. Järjestelmä on avoin ja ne voidaan integroida kymmenien työstökonevalmistajien laitteisiin. Järjestelmällä on usein keskusohjaus, mutta se ei sitä välttämättä tarvitse. [4]

FMS:ssä on useita työstökoneita ja työkappaleen reitti on täysin vapaasti ohjelmoitavissa. Jos työkappaleen valmistuminen edellyttää ainoastaan yhdessä koneessa työstöä, systeemiä sanotaan yksivaiheiseksi. Jos työkappale käy useammassa työasemassa tai koneessa, systeemi on monivaiheinen. Kappale joko valmistuu yhdellä kiinnityksellä tai mikäli ei, se on kiinnitettävä uuteen asentoon. Kiinnityksen vaihto voidaan tehdä joko käsin tai sitten automaattisesti robottia

käyttäen. FMS hyödyntää monipuolisuuttaan ja joustavuuttaan siten, että eri kappaleet käyvät eri koneilla.[3]

Joustava valmistusyksikkö (Flexible Manufacturing Unit, FMU) on pienempi ja vähemmän monimutkainen kuin FMS-järjestelmä ja se koostuu yleensä pienemmästä ryhmästä työstökoneita, jotka on suunniteltu tekemään toisistaan riippumattomia valmistustehtäviä joustavasti. FMU voi olla osa laajempaa FMS-järjestelmää tai toimia itsenäisenä yksikkönä. FMU:t ovat kustannustehokkaita ja niitä on helpompi integroida olemassa oleviin valmistusympäristöihin verrattuna kokonaisuun FMS-ratkaisuihin. [3, s. 154]

Joustava sorvausyksikkö (Flexible Turning Unit, FTU) on joustavasti automatisoitu sorvausyksikkö, johon sisältyy useasti seuraavia osia: NC-sorvi, joka sisältää työkalujärjestelmän, automaattisen kappaleenvaihtajan, työkappaleiden syöttö- ja poistokuljettimet ja mahdollisen laaduntarkastusaseman. Usein joustavat sorvausyksiköt on varustettu roboteilla, jotka liikkuvat lineaariradalla. Nämä robotit ovat keskeisiä komponentteja raaka-aineiden tehokkaassa käsittelyssä: ne poimivat valmistettavat kappaleet lavalta tai automaattivarastosta ja kuljettavat ne sorville koneistettavaksi. Koneistuksen jälkeen robotit siirtävät valmiit tuotteet valmislavalle.

Joustavan sorvausyksikön suurin etu on sen kyky suorittaa tuotantoa myös työajan ulkopuolella, mahdollistaen miehittämättömän ajon. Tämä lisää merkittävästi tuotantokapasiteettia ja tehostaa tuotantoa. Työaikana sorvilla voidaan suorittaa uusien kappaleiden sisäänajoja tai valmistaa pienempiä eriä protokappaleita, mikä tekee järjestelmästä erittäin monipuolisen ja mukautuvan erilaisiin tuotantotarpeisiin. [3, s. 155]

Koneistuskeskusyksikkö (Machining Center Unit, MCU) edustaa korkean automaation tasoa metallintyöstössä, tarjoten monipuolisia valmistusmahdollisuuksia yhden yksikön puitteissa. Nämä yksiköt on suunniteltu toimimaan itsenäisesti tai osana laajempaa joustavaa valmistusjärjestelmää

(FMS), mikä tekee niistä erittäin monikäyttöisiä ja soveltuvia erilaisiin tuotantoympäristöihin.

MCU:ssa ja pienemmissä FMS-järjestelmissä palettien varastointi on optimoitu tilankäytön ja tehokkuuden maksimoimiseksi. Paletteja voidaan säilyttää samassa tasossa kuin koneen vaihtoasemat, mikä mahdollistaa nopeat ja sujuvat kappaleenvaihdot. Vaihtoehtoisesti, erityisesti tilaa säästävässä ratkaisussa, paletteja voidaan varastoida monitasoisesti hyllystöissä. Tämä monikerroksinen varastointijärjestelmä mahdollistaa suuren määrän kappaleiden säilyttämisen pienellä pinta-alalla, parantaen näin tilan käyttöä ja mahdollistaen joustavamman tuotannon.

Koneistuskeskysyksikkö (MCU) ja joustava valmistuslinja (FMS) erottuvat toisistaan merkittävästi laajuudessaan ja monipuolisuudessaan, sekä automatisaation tasossa ja integraatiossaan. MCU keskittyy tyypillisesti yksittäisten osien tai pienten sarjojen tuotantoon käyttäen yhtä monipuolista konetta, mikä tekee siitä ihanteellisen ratkaisun erikoistuneisiin ja vaihtuviin tuotantotarpeisiin. Sen sijaan FMS on suunniteltu huomattavasti laajempaan ja monipuolisempaan tuotantoon, sillä se voi sisältää useita koneistuskeskuksia ja muita työstökoneita, jotka on yhdistetty laajaan automatisoituun materiaalinkäsittely- ja tuotannonhallintajärjestelmään. [3, s. 156-157]

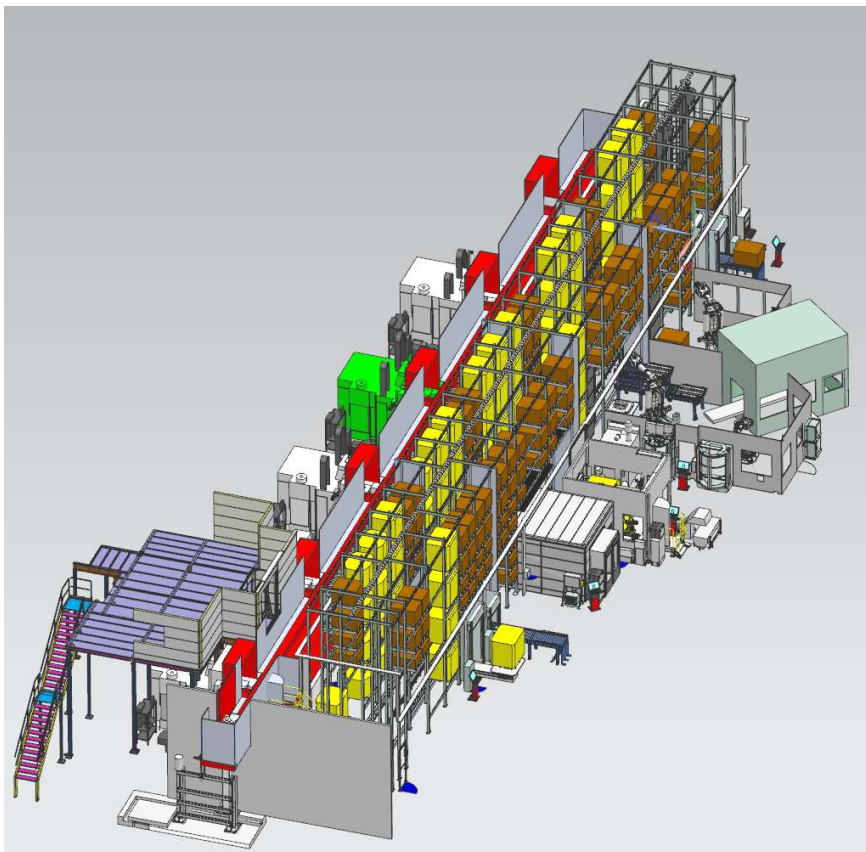
Joustava Transferlinja (Flexible Transfer Line, FTL) edustaa nykyaikaista ja tehokasta tuotantoratkaisua, joka on suunniteltu tarjoamaan nopeat läpäisyajat ja selkeät tuotantoprosessit. Vaikka FTL tarjoaa merkittävää tehokkuutta ja nopeutta, sen tekninen joustavuus kappaleiden moninaisuuden suhteen ei yllä samalle tasolle kuin perinteisissä joustavissa valmistusjärjestelmissä (FMS). Tämä rajoitus johtaa siihen, että FTL:ssä tuotetaan tyypillisesti suuria eriä samankaltaisia kappaleita, optimoiden näin massatuotannon edut.

FTL:n suunnittelussa voidaan huomioida sekä sorvattavat kappaleet että paleteille kiinnitettävien kappaleiden valmistus. Tämä monipuolistaa FTL:n käyttöaluetta, mahdollistaen sen soveltamisen laajasti eri valmistusteollisuuden aloille.

Vaikka FTL ei tarjoa samaa kappalekohtaista joustavuutta kuin FMS, se tarjoaa merkittäviä etuja tuotannon nopeuden, selkeyden ja tehokkuuden osalta. Tämä tekee siitä erinomaisen valinnan tuotantoympäristöihin, jotka vaativat suuria tuotantomääriä tietyntyyppisille kappaleille, yhdistäen massatuotannon edut joustavan valmistuksen elementteihin. [3, s. 159-160]

4 VALMISTUSJÄRJESTELMÄ WÄRTSILÄSSÄ

Wärtsilän komponenttivalmistuksen ytimessä on monipuolinen ja tehokas FMS-valmistusjärjestelmä, joka on suunniteltu optimoimaan tuotantoprosessi ja varmistamaan korkealaatuisten tuotteiden valmistus. Tämä järjestelmä koostuu useista erilaisista laitteista ja soluista, jotka yhdessä muodostavat 47,7 metriä pitkän integroidun kokonaisuuden tuotteiden valmistuksessa. Keskeisiä elementtejä tässä järjestelmässä ovat automaattinen hyllystöhissi, viisi työstökeskusta, työkaluhuone ja työkalurobotti, sekä kaksi automaattista robottilataussolua, jotka on suunniteltu sylinterikansien ja kiertokankien käsittelyyn. Lisäksi järjestelmään kuuluu robottipesukone, robotisoitu jäysteenpoistosolu, kaksi materiaaliasemaa ja yksi manuaalinen latausasema **Kuva 4.**



Kuva 4. Wärtsilä FMS-järjestelmä.

Valmistusjärjestelmään sisältyy lisäksi kaksi erillistä robottisolua, jotka toimivat itsenäisesti FMS-järjestelmän ulkopuolella. Näihin kuuluu automatisoitu solukokonaisuus kiertokankien jäysteenpoistolle ja kuulapuhallukselle. Lisäksi on olemassa erikseen automatisoitu laaduntarkastussolu sylinterikansille. Tässä solussa siirto-robotti käsittelee sylinterikansia, sijoittaa ne puskurihyllyihin ja toimittaa ne edelleen pesukoneelle, tarkastusasemalle ja koordinaattimittakoneelle puskuriasemien kautta, mikä tehostaa laaduntarkastusprosessia.

Tuotantoprosessin sujuvuuden ja tehokkuuden varmistaa Fastemsin kehittämä Manufacturing Management Software (MMS), joka toimii koko valmistusjärjestelmän ohjaavana voimana. MMS on vastuussa valmistettävien kappaleiden valmistusreittien ja paikkatietojen hallinnasta. Se myös aikatauluttaa tilauksia ja käynnistää tuotantolinjojen valmistusprosessit oikea-aikaisesti, varmistaen näin tuotannon optimaalisen kulun.

Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan lähemmin Wärtsilän valmistusjärjestelmän osia ja hallintaohjelmistoa, jotka ovat keskeisiä tutkimuksen kannalta, ja perehdytään niiden toimintaan sekä merkitykseen koko tuotantoprosessissa.

4.1 Valmistuksen hallintaohjelmisto

Valmistuksen hallintaohjelmiston (Manufacturing Management Software, MMS) tavoitteena on yhdistää tuotannon suunnittelu, tuotantoresurssit ja koneet yhtenäiseksi ohjelmistokokonaisuudeksi, joka mahdollistaa korkean tuotevariaation ja suurien ja pienien tuotantomäärien hallinnan ajantasaisesti ja taloudellisesti. MMS:n hyödyt kattavat laajan kirjon tuotantoprosessin osa-alueita, joita on avattu seuraavissa kappaleissa.

Automaattinen tuotannon suunnittelu: MMS kykenee luomaan tuotantosunnitelman automaattisesti hyödyntäen tilausten eräpäiviä, varastosaldotietoja tai toistuvien tuotantoerien tarpeita. Reaaliaikainen

päivitysominaisuus mahdollistaa suunnitelman välittömän mukautumisen esimerkiksi kiireellisten tilausten tai tuotannonmuutosten yhteydessä.

Ennakoiva resurssinhallinta: Ohjelmisto ennustaa tulevaisuuden tarpeita optimoiden tuotantoprosessit ja varmistaen tarvittavien resurssien, kuten NC-ohjelmien, raaka-aineiden ja työkalujen saatavuuden. Ennakointi vähentää koneiden odotusaikoja ja keskeneräisen työn määrää.

Reaaliaikainen tuotannon seuranta: MMS mahdollistaa tuotantoprosessin keskeisten suoritusindikaattoreiden seurannan reaaliajassa, tarjoten tuotannossa työskenteleville henkilöille tärkeitä oivalluksia prosessin parantamiseksi. Se kattaa OEE:n (Overall Equipment Effectiveness) työstökoneiden käyttöasteen ja käytettävyyden, resurssien saatavuuden seurannan sekä tarjoaa käytännön vinkkejä tuotannon tehostamiseen.

Monipuoliset integrointimahdollisuudet: Minimoidakseen manuaalisen työn tarvetta tuotantoprosessien välillä MMS edistää prosessin toistettavuutta. Ohjelmisto integroituu sujuvasti erilaisiin työstökoneisiin, kuten jyrsimiin ja sorveihin ja tukee lisäarvoprosesseja, kuten työkalujen automaatiota ja viimeistelyä. Lisäksi se voidaan yhdistää muihin tietojärjestelmiin, kuten ERP (Enterprise Resource Planning), CAM (Computer-Aided Manufacturing) ja TDM (Tool Data Management), tehostaen näin koko tuotantoketjun hallintaa.

4.2 MMS integraatio

MMS-järjestelmä koostuu pääasiallisesti yhdestä keskeisestä päätietokoneesta sekä useista tuotantosoluja ohjaavista tietokoneista, jotka tunnetaan nimellä "station commander". Nämä soluja ohjaavat tietokoneet ovat sijoitettu suoraan tuotantosolujen läheisyyteen, mikä mahdollistaa järjestelmän suoran ohjauksen ja valvonnan tuotantoprosessien aikana.

Kun uusi tilaus vapautuu yrityksen toiminnanohjausjärjestelmästä (SAP) valmistusjärjestelmään (MMS), tämä prosessi tunnetaan tilauksen vapautuksena. Tilauksen vapautuksen myötä tilaus siirtyy MMS:n "tilaukset"-kansioon, ja järjestelmä aloittaa tuotantoprosessin automaattisesti aloituspäivämäärän mukaan, mikäli tarvittavat resurssit ovat saatavilla.

MMS/SAP valmistuksen materiaalinhallintaprosessi STH:ssa on integroitu ja koordinoitu prosessi, joka koostuu kolmesta keskeisestä järjestelmästä: toiminnanohjausjärjestelmä (SAP), valmistuksen hallintaohjelmisto (MMS) ja materiaalinhallintajärjestelmä (SAP EWM, Extended Warehouse Management). Nämä järjestelmät toimivat yhdessä varmistaakseen, että materiaalit ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan.

Tuotantoprosessi etenee seuraavasti:

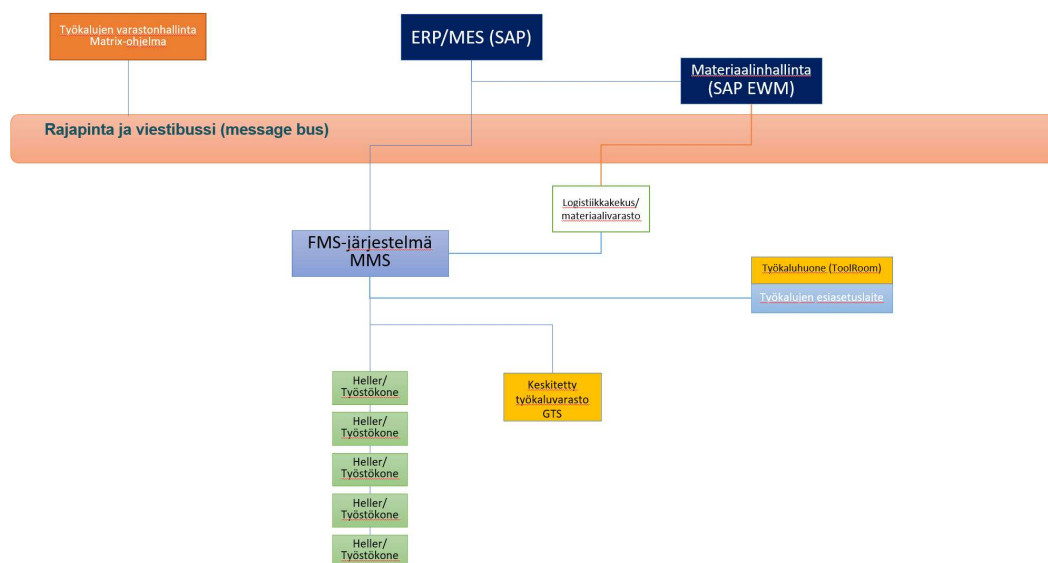
1. **Tuotantotilauksen Luominen:** SAP luo ja hallinnoi tuotantotilauksia, jotka ohjataan automaattisesti MMS:lle rajapinnan kautta tuotannon koordinoitua varten.
2. **Materiaalitarpeiden Hallinta:** SAP luo materiaalitarpeet, jotka syötetään materiaalinhallintajärjestelmään (SAP EWM). Tämän avulla varmistetaan, että kaikki tarvittavat materiaalit ovat käytettävissä tuotannon aloittamiseksi.

Lisäksi, tuotantotilauksen vapautuksen yhteydessä prosessi automaattisesti generoi materiaalitalauksen, joka lähetetään logistiikkakeskukseen. Tämä integroitu lähestymistapa varmistaa materiaalien tehokkaan siirron ja saatavuuden.

Valmistuksen hallintaohjelmisto (MMS) aloittaa myös tuotantoprosessin toteutuksen, joka voi sisältää erilaisia työstökoneita ja robottisoluja, määrittäen yksilöllisen tuotantoprosessin jokaiselle tilaukselle. Tämä prosessi edellyttää tiettyjen resurssien, kuten työstökoneen NC-ohjelman ja siihen liittyvien työkalujen saatavuutta, raakamateriaalin ja valmistusreitit. Valmistusreitti kertoo valmistettavan kappaleen kulun FMS-järjestelmässä.

Työstökoneiden työkaluhallinta on myös osa tätä järjestelmää, jossa hallitaan työkalujen ominaisuuksia, kuten pituutta, halkaisijaa, ja käyttöaika. Tiedot välitetään MMS-järjestelmään työkalujen asetuslaitteen kautta. Työkalujen varaosat säilytetään Matrix-järjestelmässä, joka on yhdistetty SAP-järjestelmään. Kun varaosien saldot alenevat kriittisen rajan alle, Matrix-järjestelmä luo automaattisesti tilauksia SAP:iin, joka puolestaan edistää tilausten välittämistä varaosatoimittajille.

MMS- ja SAP-järjestelmän liitynnät ja yhteydet esitetään yksityiskohtaisemmin alla olevassa liitännäiskaaviossa **Kuva 5**.



Kuva 5. MMS:n liityntäkaavio ylätaso.

4.3 Hyllystöhissi ja varasto

Hyllystöhissi on avainkomponentti joustavassa valmistusjärjestelmässä, joka vastaa palettien ja lavojen kuljettamisesta eri laitteiden ja varaston välillä. Tämä kaksimastoinen, kisko-ohjattu ajoneuvo (rail-guided vehicle, RGV) on rakennettu kestävästä teräksestä ja toimii kolmen numeerisesti ohjatun akselin avulla, mikä takaa tarkan ja luotettavan toiminnan. Hyllystöhissi kulkee varastohyllyjen välisellä käytävällä kiskoja pitkin, mikä mahdollistaa sen pääsyn molemmille puolille sijoitettuihin varastohyllyihin. Tämä joustavuus tekee hyllystöhissistä erittäin tehokkaan ratkaisun materiaalien siirtelyyn varastotiloissa **Kuva 6**.

Nostovaunu, joka on sijoitettu hyllystöhissin kahden maston väliin, toteuttaa nostoliikkeen liikkumalla mastojen pystysuuntaisissa tolmissa. Nostovaunuun on asennettu teleskooppiset haarukat, jotka on suunniteltu palettien käsittelyyn. Haarukoiden leveyden säätömekanismi varmistaa, että hyllystöhissi voi käsitellä eri kokoisia paletteja, lisäten sen monipuolisuutta ja käyttömahdollisuuksia varaston hallinnassa.

Hyllystöhissin ympäröimä varasto ulottuu 47,7 metrin pituudelle ja 9,4 metrin korkeudelle, muodostaen merkittävän säilytystilan. Tämä varastotila sisältää yhteensä 40 palettipaikkaa, joiden mitat ovat 1000 x 1000 millimetriä, sekä 12 palettipaikkaa, jotka ovat 800 x 800 millimetrin kokoisia. Lisäksi varastossa on 251 eurolavapaikkaa materiaali- ja valmislavoille.



Kuva 6. Hyllystöhissi.

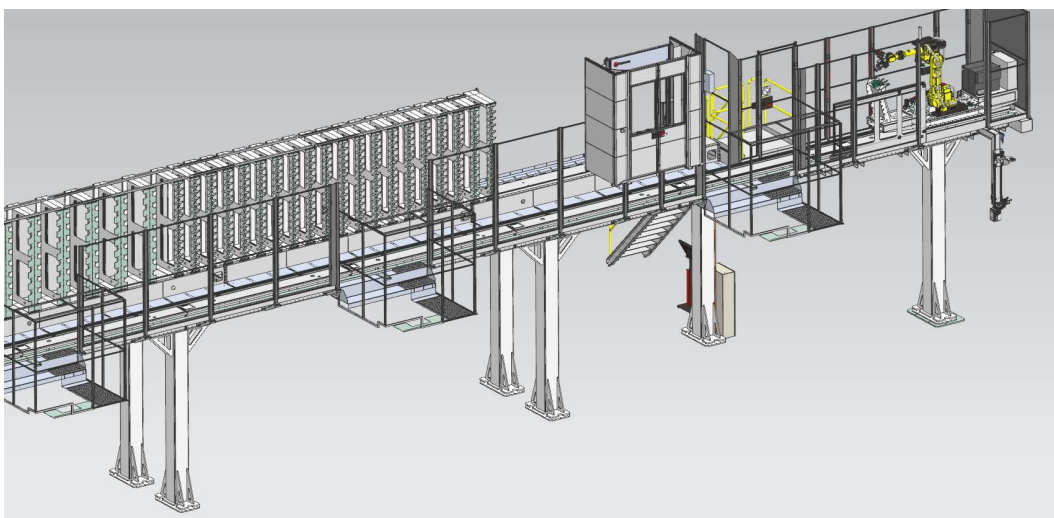
4.4 Keskitetty työkaluvarasto

Keskitetty työkaluvarasto (Gantry Tool Storage, GTS) on hyvä ratkaisu silloin kun tuotantolaitteilta vaaditaan parasta mahdollista joustavuutta. GTS-järjestelmän avulla työstökoneen työkalut voidaan räätälöidä nykyiseen tuotantoon ja

tuotantokatkokset minimoidaan kuluneiden työkalujen automaattisella vaihdolla. GTS:n kompaktin rakenteen ansiosta tallennuskapasiteetti on suuri ja tilaa hyödynnetään tehokkaasti. GTS koostuu telinetyyppisestä työkalumakasiinista ja työkalurobotista Fanuc R-1000/80F, jonka liikenopeus on 2.0 m/s **Kuva 7.**

Työkalurobotin kaksoistarttuja liikuttaa työkalua kartiosta ja työkalun varren vetopultista. Robotti kuljettaa työkaluja työstökoneiden, varaston ja työkaluhuoneen välillä. Tärkeät työkalut voidaan säilöä varastossa ja siirtä varastosta nopeasti eri työstökoneille tarpeen mukaan.

Työkalumakasiini koostuu vaakapalkista. Palkin päälle on asennettu työkalutelineet, joissa on työkalun paikoitusurat. Työkalut ovat vaakasuorassa asennossa. Työkalupaikkoja on tällä hetkellä 760 kappaletta ja paikkoja voidaan kasvattaa lisää tarpeen mukaan lähes 1 000 paikkaan asti.



Kuva 7. GTS-järjestelmä.

4.5 Työkaluhuone

Joustavassa valmistusjärjestelmässä (FMS) työkaluhuolto on keskitetty strategisesti sijoitettuun työkaluhuoneeseen, joka on suunniteltu toimimaan yhdessä GTS-järjestelmän kanssa. Tämä noin 50 neliömetrin kokoinen tila on varustettu integroidulla varastoautomaatilla, joka tehostaa työkalujen, niiden varaosien ja runkojen säilytystä ja hallintaa.

Työkalujen hallinta ja seuranta toteutetaan Matrix-ohjelmiston avulla, mikä mahdollistaa tarkan tiedon teräpalojen ja varaosien sijainnista. Lisäksi MMS-järjestelmä tarjoaa kattavat yksityistiedot kunkin työstökoneessa käytetyn työkalun osalta.

Kun työkalun käyttöikä päättyy tai se vahingoittuu käytössä, GTS-järjestelmän robotti huolehtii automaattisesti sen siirtämisestä takaisin työkaluhuoneeseen huoltoa varten. Tämä automatisoitu prosessi varmistaa, että työkalut ovat aina optimaalisessa kunnossa ja valmiita käyttöön, minimoiden tuotannon keskeytykset ja parantaen tuotantoprosessin tehokkuutta.

4.6 Heller Työstökoneet

Wärtsilän koneistuslinjassa on käytössä kolme erityyppistä työstökoneetta: FP8000, FP10000 ja H10000. Näiden mallimerkintöjen avulla ilmaistaan koneen kokoluokka, jossa numerot kuvaavat koneen suuruutta. Lisäksi kirjain "F" mallimerkinnän alussa viittaa viisiakseliseen ja kirjain "H" perinteiseen neliakseliseen vaakakaraiseen työstökoneeseen.

Viisiakseliset työstökeskukset, kuten FP-sarjan koneet, ovat keskeisessä roolissa sylinterikansien koneistuksessa. Tämä johtuu siitä, että tietyt sylinterikansimallit vaativat viisiakselisen koneistuksen tarjoaman monipuolisuuden. Viisiakselisuuden avulla voidaan tehokkaasti tasapainottaa eri vaiheiden koneistusaikoja, mikä on erityisen hyödyllistä monimutkaisten komponenttien valmistuksessa. Wärtsilällä on käytössä seitsemän erityyppistä

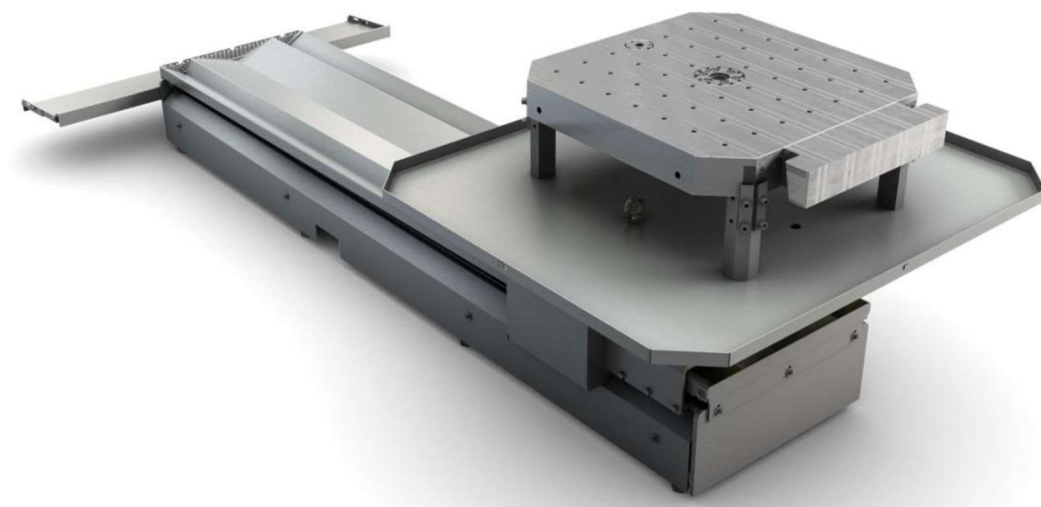
synterikansimallia: W20, W25, W31, W32, W34, W46 ja W50, joista kullakin on useita eri malleja riippuen käytettävästä polttoaineesta. Synterikansien koneistusaika voi vaihdella yhdestä tunnista jopa seitsemään tuntiin, riippuen kappaleen monimutkaisuudesta ja vaatimuksista.

H-sarjan vaakakaraiset työstökoneet, kuten H10000, soveltuvat kiertokankien koneistukseen. Nämä komponentit eivät hyödy viisiakselisen koneen tarjoamasta monipuolisuudesta, minkä vuoksi perinteisemmät neliakseliset koneet ovat tähän tarkoitukseen sopivampia.

4.7 Manuaali latausasema

Latausasema on suunniteltu tehokkaaseen ja ergonomiseen käyttöön. Sen keskeisiin toimintoihin kuuluu vaakasuora siirtoliike sekä pyörivä palettipöytä, jotka yhdessä tehostavat palettien käsittelyprosessia. Aseman oma siirtoliike mahdollistaa palettien siirron suoraan siirtovaunulta latausalueelle, mikä on sijoitettu operaattorin kannalta ergonomisesti optimaaliseen asentoon. Tämä mahdollistaa työn suorittamisen mukavasti ja vähentää fyysistä rasitusta.

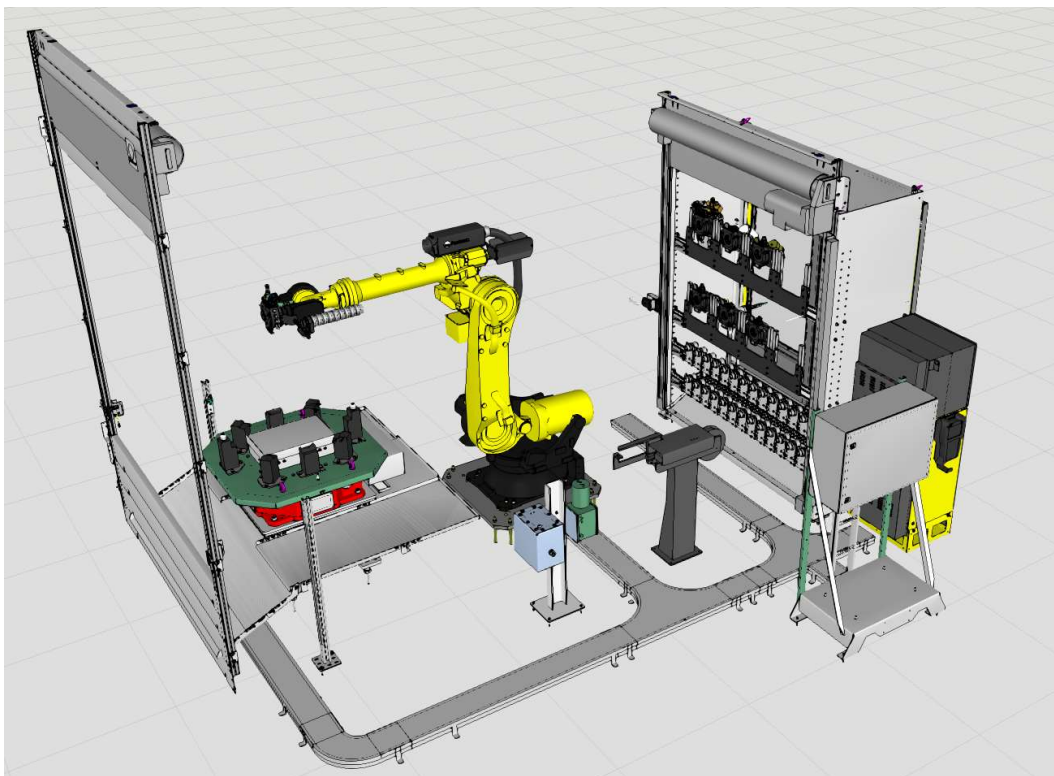
Latausaseman rakenne koostuu hitsatusta rungosta, johon on kiinnitetty lineaarisilla johteilla liikkuva siirtovaunu. Siirtovaunu on varustettu suojapellillä, joka estää leikkuunesteen ja lastujen pääsyn laitteiston muihin osiin, suojaten näin sekä koneistoa että työntekijöitä **Kuva 8**.



Kuva 8. Latausasema.

4.8 Robotisoitu jäysteenpoistosolu

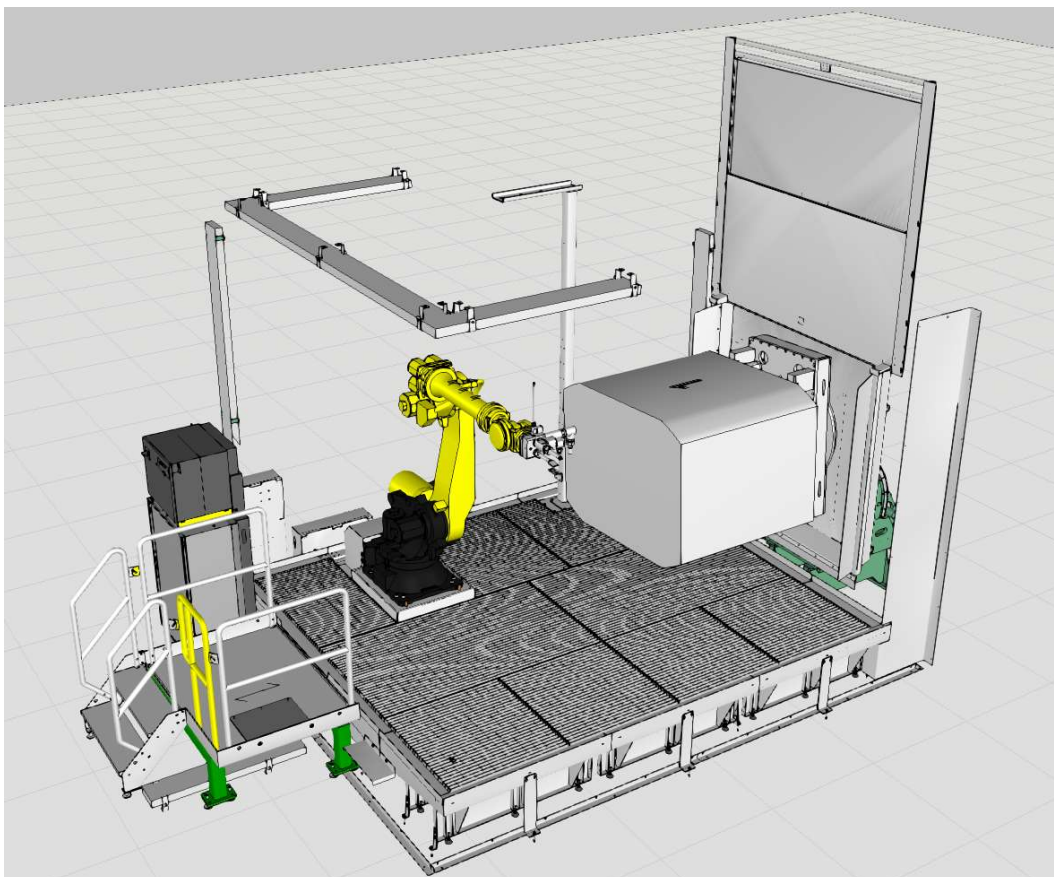
Robotisoitu jäysteenpoistosolu (Robotic Finishing Cell, RFC) on automaattinen viimeistelysolu sylinterikansille. Solussa robotti Fanuc i2000 165 poistaa purseita ja jäysteitä koneistetuista kappaleista erilaisilla työkaluilla. Solussa on robotin lisäakselilla varustettu pyörityspöytä, jota voidaan pyörittää portaattomasti 360 astetta. Tämä mahdollistaa kappaleen tarkan paikoituksen haluttuun asentoon. Jäysteenpoisto toteutetaan suoraan koneistuskiinnittimeen päin ja paletin paikoitustarkkuus asemaan on noin 0,2 mm. Solusta löytyy lisäksi erilaisia lisälaitteita työkaluja varten, kuten Accu-Luben voitelulaite hooniharjoille ja hiomapaperin syöttölaite paineilmatoimiselle hiomakaralle. Robotti on varustettu Schunkin SWS-110-työkaluvaihtajalla ja työkalumakasiinista löytyy runsaasti paineilmatoimisia työkaluja. Robotille löytyy lisäksi Zimmerin 9 kW -sähkökara HSK F63 -työkalukartiolla. Sähkökaran työkalupaikkoja makasiinista löytyy 26 kappaletta **Kuva 9.**



Kuva 9. Robotisoitu jäysteenpoistosolu.

4.9 Robotisoitu pesusolu

Robotisoidussa pesusolussa (Washing Robot Cell, WRC) pestään ja kuivataan koneistetut kappaleet sisältä ja päältä **Kuva 10**. Koneistusoperaation jälkeen työstetyt kappaleet ovat täynnä koneistuslastua ja leikkuunestettä, joka tulee poistaa ennen lataussolussa tapahtuvaa purkutehtävää. Solussa on Fanuc M710iC/70 -robotti, johon on kiinnitetty pesu- ja puhalluspilli työkaluksi. Lisänä solussa on kippaava asema, joka on kytketty robotin lisäakseliksi. Asemalla on vastaavat pyöritysominaisuudet kuin jäysteenpoistosolussa.



Kuva 10. Robotisoitu pesusolu.

Solu on integroitu leikkuunesteen keskusjärjestelmään, jolloin pesunesteenä käytetään samaa työstökoneillakin olevaa leikkuunestettä. Leikkuuneste ja -lastu poistuvat solun kulkutasoritilän kautta lastunkuljettimelle. Leikkuuneste valuu kuljettimen läpi altaasen ja lastut menevät kuljetinta pitkin murskaimelle. Pumppuaseman kautta murskattu lastu ja leikkuuneste palaavat huuhtelulinjastoa pitkin takaisin keskusjärjestelmään loppukäsittelyä varten.

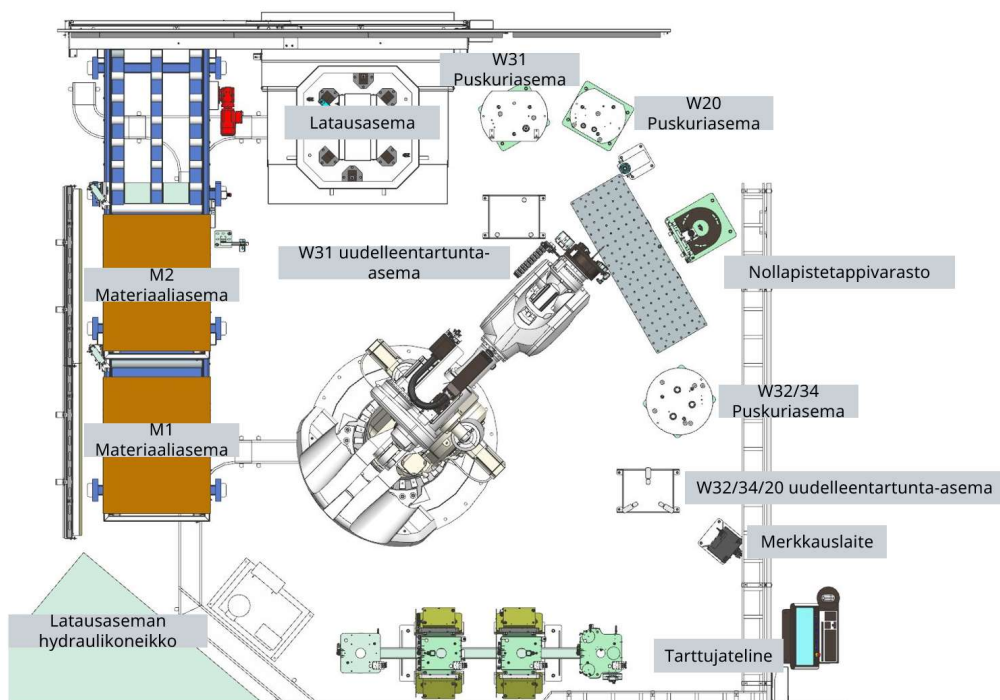
4.10 Kiertokankien automaattinen lataussolu

Kiertokankien automaattinen lataussolu (Connecting Rod Auto-Loading Cell, CR ALD) on W31:n ja W32/34:n automaattinen, robotisoitu lataus- ja kokoonpanosolu. Solussa on kolme eri robottia, kappalepesukone, koordinaattimittauskone sekä kokoonpano- ja laadunvarmistuspisteet. Robotti R1

suorittaa seuraavat tehtävät: lataa kiertokankia ja alaosa koneistuskiinnittimeen, kuljettaa kappaleet pesukoneelle, mittauskoneelle ja tarkastusasemalle. Robotti R2 poimii puskuriasemasta kiertokangen alaosa, puhdistaa ja kuljettaa alaosa sokan asennukseen R3-robotille. Sokan asennuksen jälkeen R2 robotti kuljettaa kiertokangen alaosa kiinnivetoasemalle kokoonpanoa varten. Kokoonpanosolussa kiertokangen alaosa puolikkaat asetetaan yhteen, jonka jälkeen operaattori asentaa pinnapultit kokoonpantuun alaosaan ja pinnapultit venytetään hydraulitunkin avulla. Yhteenasteuksen jälkeen operaattori kiristää pinnapulttien mutterit käsikireyteen ja hydraulitunkin vetovoima vapautetaan, jonka jälkeen alaosa on kokoonpantu ja se on valmis siirrettäväksi jatkokoneistukseen.

4.11 Sylinterikansien automaattinen lataussolu

Sylinterikansien automaattinen lataussolu (Cylinder Head Automatic Loading Cell, CH ALD) on robotisoitu sylinterikannen käsittelysolu **Kuva 11**. Järjestelmä on vastaavanlainen, kuin edellisessä kappaleessa esitelty kiertokankien lataussolu. Latausolussa käsitellään tällä hetkellä sylinterikannet W32/34, W20 ja W31. Robottina toimii ABB IRB 8700-800/3.5, jonka hyötykuorma on 800 kg. Tämä opinnäytetyö tutkii uuden W25-moottorin sylinterikannen lisäämistä automatisoituun sylinterikansien latausjärjestelmään. Työssä syvennyttään teknisiin yksityiskohtiin ja haasteisiin, jotka liittyvät uuden komponentin integroimiseen olemassa olevaan automaatioinfrastruktuuriin, keskittyen erityisesti prosessin suunnitteluun, toteutukseen ja optimointiin. Tämän johdosta seuraavissa kappaleissa kerrotaan yksityiskohtaisemmin sylinterikansien automaattisesta lataussolusta.

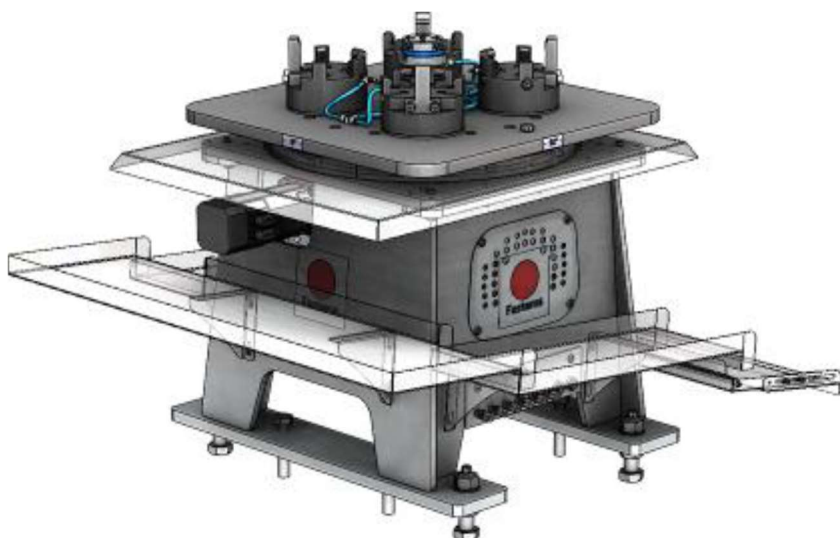


Kuva 11. Sylinterikansien automaattinen lataussolu.

4.11.1 Latausasema

Sylinterikansien automaattinen latausasema hydraulikoneikkoineen on solun tärkein komponentti. Hyllystöhissi paikoittaa latausasemaan koneistettavasta sylinterikansimallista riippuen oikean työstökoneen paletti- ja kiinnitin-kombinaation. Asemasta löytyy paikoitustapit Heller 800 x 800- ja 1000 x 1000 -paleteille ja pöytä on varustettu ABB:n servomoottorilla. Servomoottori on kytketty robotin lisäakseliksi ja pöytää voidaan paikoittaa portaattomasti 360 asteen välillä tarkkuudella ± 0.15 astetta. Latausaseman keskellä on paineilmasylinteri, joka liikuttaa hydraulikkaliitintä. Paletin saapuessa asemaan paineilmasylinteri nostaa liittimen ylös, jolloin se kytkeytyy kiinni paletin pohjassa olevaan vastaliittimeen ja lukittautuu kiinni. Tämän jälkeen hydraulilla voidaan

ajaa kiinnitintä haluttuun asentoon riippuen siitä, onko kyseessä lataus- vai purkutehtävä **Kuva 12**.



Kuva 12. Latausasema.

4.11.2 Nollapisteruuviasema

Sylinterikannet joudutaan koneistamaan vähintään kahdessa eri vaiheessa ennen kuin kansi on valmis. Wärtsilässä on päädytty käyttämään nollapistekiinnittimiä, jotka tarvitsevat nollapistetapit kiinnittyäkseen kiinnittimeen. Sylinterikansien automaattisessa lataussolussa on käytössä Atlas Copcon sähköinen ruuvinväännin, jota latausrobotti käyttää työkalunaan. Robotti poimii työkalulla nollapistetappivarastosta tarvittavan määrän tappeja ja ruuvaa ne sylinterikanteen kiinni tarvittaan momenttiin ennen seuraavan vaiheen latausta.

4.11.3 Merkkuslaite

Jokaiseen sylinterikanteen merkataan valmiin koneistuksen jälkeen jäljitettävyyserkintä, joka sisältää lukijalla luettavan datamatriisin ja lisäksi tekstiosion. Merkinnoista voidaan helposti selvittää seuraavat tiedot:

koneistuspaikka, päivämäärä, tilausnumero ja tilauksen järjestysluku. Merkkauksessa käytetään Markatorin pistemerkkainta. Merkintäpäänä on käytössä MV5 M120/45 ja ohjauslaitteena Markator MV5 ZE 101 XL. Robotilla paikoitetaan kansi haluttuun asentoon merkkaimen eteen ja annetaan käynnistyskäsky, jolloin merkkain aloittaa kirjoittamisen. Haluttu merkkausohjelma on kappalekohtainen, joka tulee valita oikein, kun kappaleelle luodaan reittiä MMS-järjestelmään.

4.11.4 Puskuriasemat

Solussa on jokaiselle kansimallille oma puskuriasema, johon kappale paikoitetaan aina purkutehtävän päätyttyä. Puskuriasemissa sylinterikanteen joko kiinnitetään tai irroitetaan nollapistetapit. Tällä hetkellä soluun voi tulla vain yks kansimalli kerrallaan purkuun ja puskuriasemaan.

4.11.5 Materiaaliasemat

Solussa on kaksi rullarataa kahdessa eri tasossa, johon hyllystöhissi paikoittaa eurolavoilla olevat koneistettavat raakavalut tai valmislavan valmiille tuotteille. Yläkuljettimelle tulee vain W32- ja 34-sylinterikansien raakavalut ja alakuljettimelle W31- ja W20-sylinterikansien raakavalut. Valmislava ohjataan vain alakuljettimelle mihin robotti laskee valmiit sylinterikannet. Robotti käyttää Cognexin 2D-konenäköä määrittääkseen tartuntakoordinaatit, joiden perusteella sylinterikansivalut poimitaan. Kappaleesta etsitään kannen pulttien reiät ja lisäksi yksinkertainen piirre, josta voidaan tunnistaa kappaleen asento. Asento tarkistetaan sen varmistamiseksi, että valut on asetettu oikein päin ja että ne ovat oikein päin myös eurolavoilla FMS- järjestelmään syöttämisen yhteydessä.

4.11.6 Uudelleentartuna-asetat

Kun sylinterikannet on kuvattu ja poimittu, ne ohjataan uudelleentartunta-asetuille ennen kiinnittimeen lataamista. 2D-konenäöllä ei pystytä tunnistamaan syvyysuuntaa, joten uudelleentartuntaprosessi on suunniteltu estämään

mahdolliset törmäykset latausvaiheessa. Törmäyksiä voi aiheuttaa valujen vaihtelut, eurolavojen korkeuden toleranssivaihtelut tai ensimmäisen tartunnan epätarkkuudet. Osa sylinterikansimalleista vaatii myös tarttujan asennon vaihdon, joka on helppo toteuttaa uudelleentartunta-asetamalla.

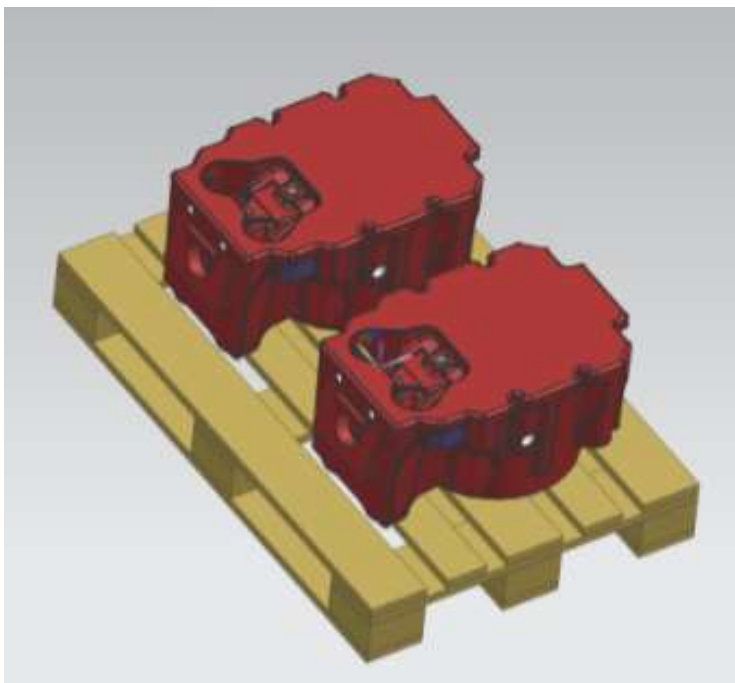
5 W25-SYLINTERIKANNEN LISÄYS AUTOMAATTISEEN LATAUSSOLUUN

Uuden sylinterikansimallin koneistus aloitettiin keväällä 2023. Tällä hetkellä kyseinen sylinterikansi joudutaan lataamaan käsin nosturilla koneistuksiinnittimiin kaikissa koneistusvaiheissa. Operaattorin on lisäksi asennettava eri vaiheissa yhteensä seitsemän kappaletta nollapistetappeja. Valmistuslinjan automaatiosta on käytössä vain robotisoidut pesu- ja jäysteenpoistosolut. Kappaleen valmistuttua operaattorin on myös merkattava käsimerkkaimella jäljitettävyyserkinä. Syksyllä 2023 käynnistettiin projekti uuden sylinterikansimallin täydellisestä automatisoinnista valmistuslinjaan.

Tässä luvussa syvennymme yksityiskohtaisesti selvittämään, mitä automatisoinnin toteuttaminen mekaanisesti tarkoittaa uudelle tuotteelle. Analyysi alkaa tutkimalla prosessia sylinterikansivalun alkuvaiheista aina valmiin lopputuotteen saavuttamiseen. Käsiteltävä prosessi on monimutkainen, sisältäen sylinterikannen tarkat asentomääritykset eri koneistusvaiheiden aikana. Nämä määritykset ohjaavat tarttujan tartuntapaikkoja sekä määrittävät konenäölle optimaaliset kuvausasennot, jotka ovat kriittisiä prosessin tarkkuuden ja tehokkuuden kannalta.

5.1 Materiaalivirta

Uuden tuotteen materiaalivirtaa lähdettiin tutkimaan koneistuksen osalta ketjun alkupäästä. Ensimmäisenä sylinterikansivalujen asento täytyi määrittellä sen selvittämiseksi, miten ne toimitetaan valimolta. Asennon määrittämisen haasteisiin lukeutuivat sopivien tartuntapintojen mahdollisuudet ja kappaleen aiheuttamat rajoitteet konenäölle. Nämä valinnat ovat tärkeitä, koska mahdollinen väärä asento voi vaatia turhaan lisäkäsittelyä uudelleentartunnassa. Oikeilla valinnoilla voidaan mahdollistaa, että kappale löydetään ja saadaan poimittua lavalta mahdollisimman suurella todennäköisyydellä. Päädyimme samaan asentoon kuin W31-sylinterikannella, koska tämä asento on oikeastaan ainut vaihtoehto W25-sylinterikannen käsittelyyn **Kuva 13**. W25-sylinterikansivalu poikkeaa muista sylinterikansivaluista merkittävästi, koska valu on täysin umpinainen. Ensimmäisen koneistusvaiheen aikana sylinterikanteen porataan kansipulttien vaarnareiät, jonka jälkeen näistä voidaan mahdollisesti suorittaa tartunta robotilla.



Kuva 13. W25-sylinterikansivalulava.

Seuraavaksi lähdettiin miettimään prosessin kulkua automaatiojärjestelmässä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, minkälaista reittiä sylinterinkasi tulee noudattamaan ennen ensimmäisen vaiheen lataustehtävän loppua. Prosessi noudattaa lähes samaa kaavaa kaikilla sylinterikansimalleilla. Sylinterikansivalun poiminta tapahtuu materiaaliasemalta. Tartunnan jälkeen kappale käy uudelleentartunta-asemassa. Uudelleentartunnan jälkeen kappale viedään koneistuskiinnittimeen ja hydrauliiikan avulla kappale kiinnitetään kiinnittimeen. Lopuksi hyllystöhissi hakee kappaleen ensimmäiseen koneistusvaiheeseen.

Ensimmäisen koneistusvaiheen jälkeen kappale tulee takaisin soluun. Työstökoneella on koneistettu sylinterikanteen piirteitä, jotka helpottavat käsittelyä robotilla. Robotti tarttuu kappaleeseen mahdollisesti vaarnareistä uudella tarttujalla tai sitten käyttää aikasemmin valun poiminnassa käytettyä tarttujaa ja siirtää sitten kappaleen puskuriasemaan. Puskuriasemassa robotti asentaa kappaleeseen kolme kappaletta nollapistetappeja. Tapit väännetään 80 Nm kireyteen. Tämän jälkeen kappale on valmis toiseen koneistusvaiheeseen. Ennen toisen vaiheen lataustehtävää ladataan uusi sylinterikansivalu ensimmäisen vaiheen kiinnittimeen, kun kiinnitin on solussa tyhjänä. Näin työstökoneille saadaan jatkuva materiaalivirta ja käyttöaste korkeaksi.

Toisen vaiheen koneistuksen jälkeen kappale tulee soluun purkuun ja robotti käsittelee sitä mahdollisella uudella tarttujalla vaarnareistä tai valutarttujalla kyljestä. Kappale viedään puskuriasemaan ja asennetaan seuraavat neljä kappaletta nollapistetappeja sylinterikannen ylätasoon. Puskuriasemasta kappale ladataan kolmannen vaiheen kiinnittimeen nollapistetarttujalla. Nollapistetarttujalla tartutaan toisessa koneistusvaiheessa kylkeen asennetuista nollapistetapeista ja ladataan kiinnittimeen sylinterikannen palotila ylöspäin. Tämän jälkeen kappale lähtee kolmanteen eli viimeiseen koneistusvaiheeseen.

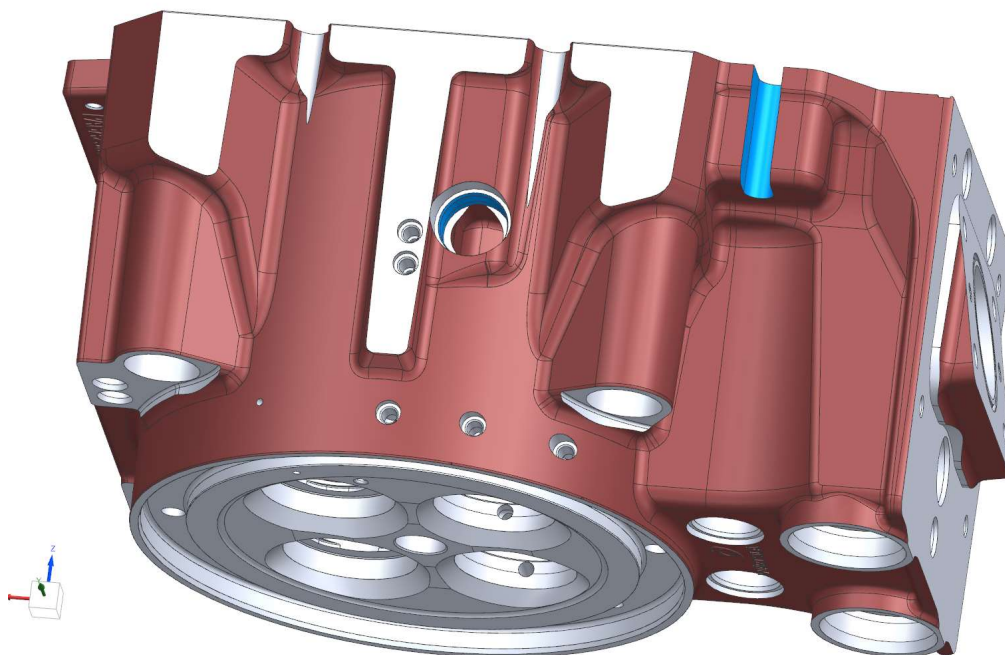
Kolmannen vaiheen koneistuksen jälkeen kappale on valmis koneistuksien osalta. Kappale irroitetaan robotilla kiinnittimestä nollapistetarttujalla ja viedään merkkuslaitteen kautta puskuriasemaan. Puskuriasemassa

nollapistetappivääntimellä poistetaan kaikki nollapistetapit. Tämän jälkeen kappale on valmis siirrettäväksi valmislavalle materiaaliasemalle, josta kappale haetaan ja siirretään hyllystöhissillä ulos FMS-järjestelmästä kohti laatusolua.

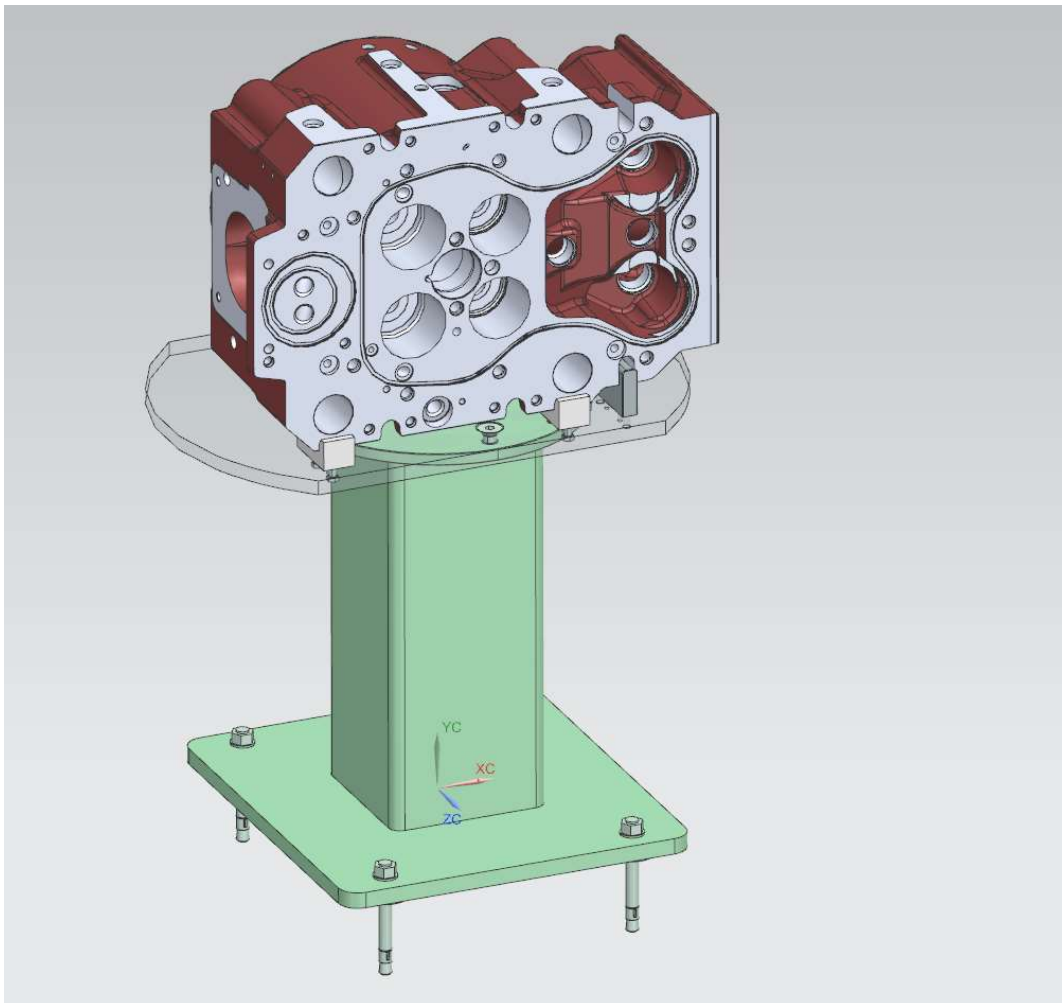
5.2 Uusi puskuriasema

Kansien automaattiseen lataussoluun tullaan tarvitsemaan uusi puskuriasema uudelle sylinterikansimallille. Puskuriasema pitää suunnitella niin, että siitä löytyy tarkat paikoitukset sylinterikannelle. Ilman paikoitusta sylinterikansi voi päästä liikkumaan ja pudota, mutta erityisesti paikoitusta tarvitaan nollapistetappien asennuksessa. Paikoituksen on oltava mahdollisimman muuttumaton, että sylinterikansi olisi aina lähes samassa paikassa. Nollapistetappien asennusprosessin onnistumiseksi puskuriaseman puhtaus on myös tärkeässä asemassa. Sylinterikannessa olevien nollapistetappien paikkojen tarkkuus on 0,02 mm ja jo pienet epäpuhtaudet kannen ja puskuriaseman välissä saattavat kallistaa sylinterikantta jolloin asennus ei tule onnistumaan. Tästä syystä puskuriasemaa suunniteltaessa tulee huomioida, että sylinterikansi on korotettujen tukinastojen päällä, jolloin kosketuksessa oleva kokonaispinta-ala jää mahdollisimman pieneksi ja vältytään epäpuhtauksien aiheuttamilta kulmavirheiltä.

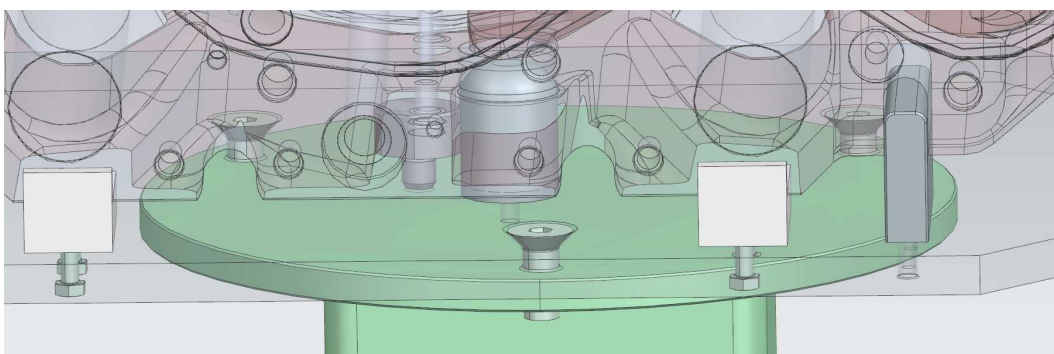
Puskuriaseman suunnittelu aloitettiin tutustumalla uuden sylinterikansimallin kyljen piirteisiin. Hyvän paikoituksen aikaansaamiseksi sylinterikannesta tuli etsiä jokin tarkka reikäpiirre, johon suunnitelemalla oikeanlainen tappi voitaisiin estää sylinterikannen liikkuminen. Toiseksi piti löytää mahdollinen piirre, jolla estetään kannen pyöriminen. Tähän myös suunniteltiin sopiva paikoituspaala. Kyseiset paikat löytyvät sinisellä **Kuvasta 14**. Näihin paikkoihin suunniteltiin seuraavat ohjaukset **Kuvat 15 ja 16**. Sylinterikannen etupuolelle suunniteltiin lisäksi esteet, että irroitettaessa nollapistetappeja sylinterikansi ei pääse luistamaan tai kaatumaan eteenpäin **Kuva 17 ja 18**.



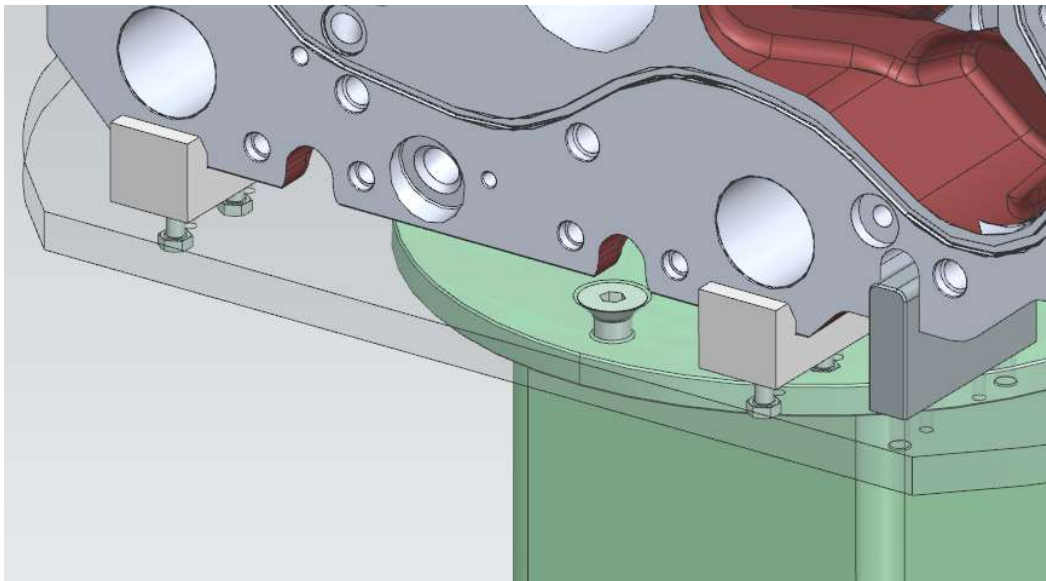
Kuva 14. W25-sylinterikannen mahdolliset paikoituskohdat.



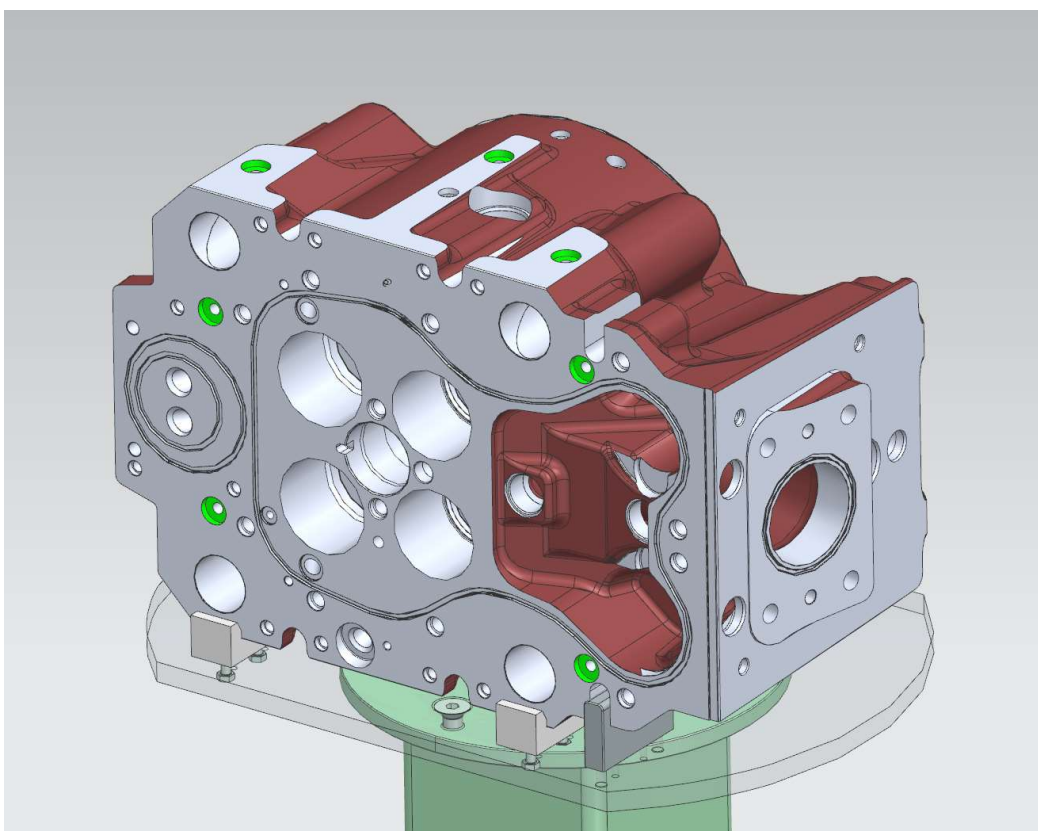
Kuva 15. Uusi puskuriasema.



Kuva 16. Sylinterikannen keskitys ohjaustapilla.



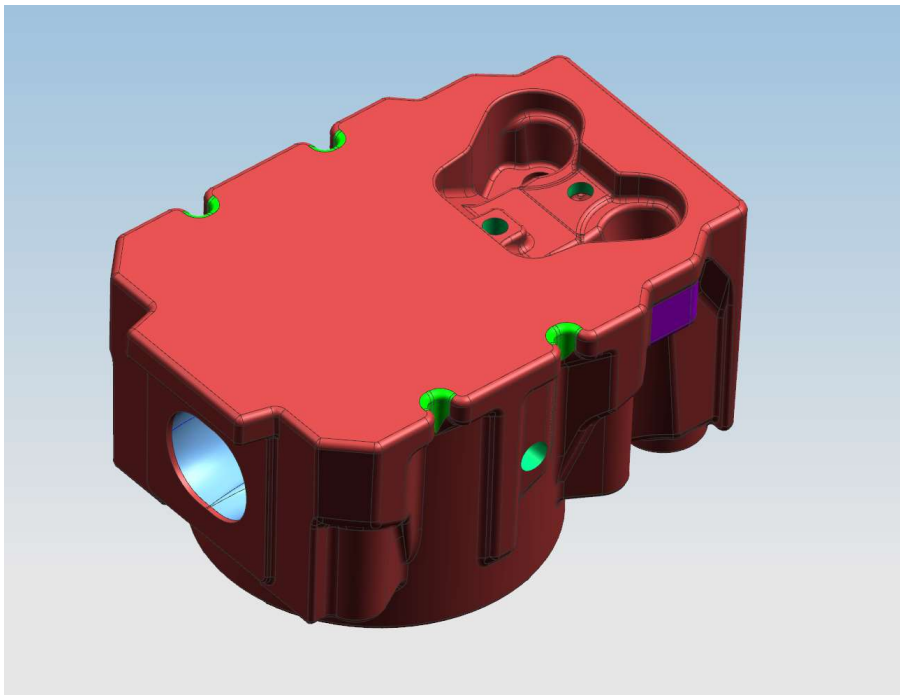
Kuva 17. Sylinterikannen etupuolen paikoitus puskuriasemassa.



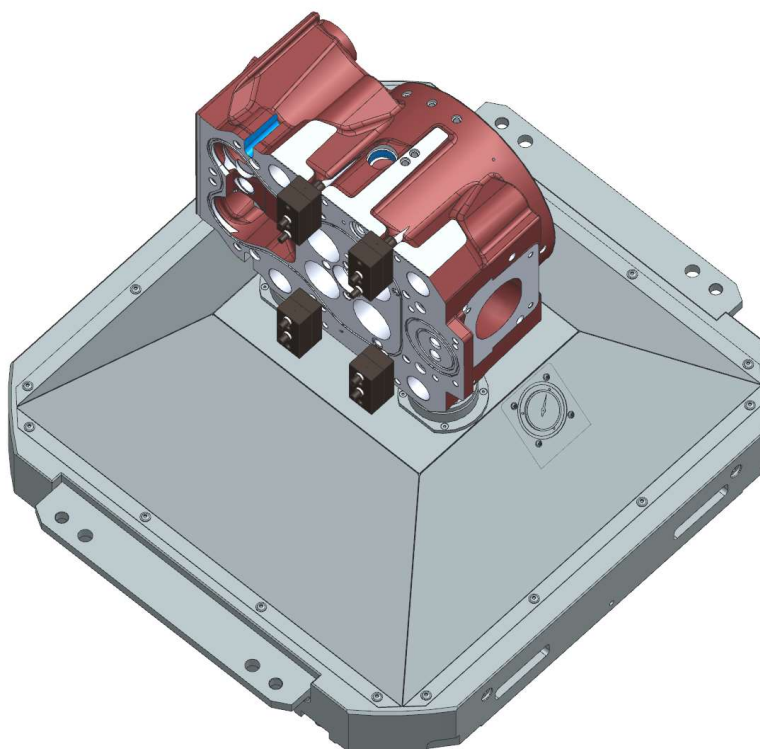
Kuva 18. Nollapistetappien paikat.

5.2.1 Uudet tarttijat

Uudelle sylinterikannelle tullaan tarvitsemaan 2–3 uutta tarttujaa. Sylinterikansivalusta ei löydy vaarnapulttien reikiä, joten tartunta täytyy toteuttaa muista kansimalleista poiketen kannen ulkoreunoilta. **Kuvassa 19** viherällä merkattu mahdolliset tartuntapaikat. Ensimmäisessä vaiheessa sylinterikanteen koneistetaan kannen vaarnapulttien reiät, jonka jälkeen kansi kiinnitetään toisessa vaiheessa kyljessä olevista nollapistetapeista kiinnittimeen. Ensimmäisen vaiheen koneistuksen jälkeen käytettäisiin purussa ja toisen vaiheen latauksessa ja purussa tarttujaa, joka tarttuisi vaarnarei'istä. Kyseistä tarttujaa tullaan myös mahdollisesti tarvitsemaan valmiin sylinterikannen valmislavalle viennissä. Ilman uutta tarttujaa voi olla, että sylinterikantta ei pystytä lataamaan toisen vaiheen nollapistekiinnittimeen ilman, että tarttujan kynnet aiheuttavat törmäyksen kiinnittimen rakenteisiin. Kolmannessa vaiheessa sylinterikannen yläpintaan kiinnitetään neljä nollapistetappia. Tämän vuoksi tarvitaan nollapistetarttuja, jolla voidaan tattua toisessa vaiheessa asennetuista nollapistetapeista. **Kuvassa 20** on esitetty havaintokuva, miten saattaisi olla mahdollista asentaa valutarttujalla sylinterikansi toisen vaiheen nollapistekiinnittimeen. Näin toimittaessa uutta tarttujamallia ei tarvittaisi.



Kuva 19. Sylinterikannen tartuntapisteet valusta.



Kuva 20. Tarttujan leuat kuvattuna mahdollisessa tartunnassa.

6 VALMISTUSJÄRJESTELMÄN OHJAUksen MUUTOKSET

Kun uudelle sylinterikansimallille on tehty kaikki tarvittavat mekaaniset muutokset lataussoluun ja hankittu tarvittavat tarttujat kappaleen käsittelyyn, tarvitaan seuraavaksi ohjauspuolelle muutoksia. Ohjauspuolen muutokset voivat jäädä pieniksi, jos vanhoilla laitteilla ja ominaisuuksilla pystytään käsittelemään uutta sylinterikansimallia. Tässä osiossa käydään yksityiskohtaisesti läpi mitä uusia laitteita mahdollisesti on luotava MMS-puolelle lataussoluun, jos tuotetta ei ole aiemmin valmistettu linjassa. Lisäksi tarkastellaan, miten uudelle tuotteelle luodaan valmistusreitti ja mitä erilaisia käsittelysääntöjä ja parametrejä robotille ja laitteille tulee valita, jotta kappaleen valmistus onnistuu. Alla olevasta vuokaaviosta selviää tarkemmin prosessin kulku **Kuva 21**.



Kuva 21. MMS -valmistusreitien prosessi.

6.1 Materiaalilavan luominen

Ennen uuden reitin luomista kappaleelle tulee luoda materiaalilava, jolle valut asetetaan. Valulavoina käytetään normaaleja eurolavoja kaikille tuotteille ja kappaleen koosta ja painosta riippuen ne voivat olla joko pystyssä tai kyljellään. Uusi sylinterikansimalli päädyttiin laittamaan pystyyn, koska tartunta tapahtuu kyljistä ja näin ollen kylkiasento ei ole mahdollinen. Kyljistä tarttuessa tarvitaan myös kappeleiden väliin riittävästi tilaa robotin tarttujalle, joten lavalle ei ole mahdollista laittaa kuin kaksi kappaletta.

Uusi materiaalilava luodaan MMS DataManagerin puolelle paikkamatriisit-valikon alta. Kappaleiden paikka voidaan ilmoittaa joko koordinaatteina tai indeksinumeroina **Kuva 22**. Koordinaatteja käytetään yleensä silloin kun robotille halutaan antaa koordinaatit kuvausohjelmaa varten. Kappaleiden paikat vaihtelevat aina jonkin verran riippuen siitä, miten sylinterikansivalut on asemoitu lavalle valimolla tai operaattorin toimesta. Koordinaatit pyritään kuitenkin antamaan mahdollisimman tarkasti, että robotti pystyy varmasti löytämään ensimmäisen kuvan perusteella kappaleen. Lisäkuvilla haetaan tarkka keskikohta ja tartuntapiste kappaleesta. Indeksinumeroa käytetään robottilavoilla, joissa on tarkka ohjaava paikka kappaleille. Kappaleiden paikka, kiertokulma ja korkeus pysyy aina vakiona näillä lavoilla ja parametrit ilmoitetaan robotille juoksevana numerona esimerkiksi 1, 2, 3, 4 ja niin edelleen. Robottiohjelmassa tämä tarkoittaa, että jokaiselle indeksinumerolle on opetettu tarkka haku- ja jättöpiste, johon ohjelma osaa mennä indeksinumeron perusteella.

Siemens NX 3D -ohjelmistoa käytettiin apuna kokoonpanon luomiseen. Näin tuotteista saatiin helposti tarvittavat x-, y- ja z-mitat paikkamatriisia varten **Kuva 23**.

Muokkaa paikkamatriisia

Nimi: W25 CH RAW T Kuvaus: CH W25 Kansivalu TESTIPALETTI

123

Ensimmäisen kappaleen paikka
 X (x0): 325 Y (y0): 388 Z (z0): 309

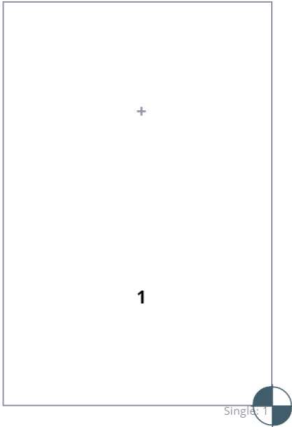
Δx : 550 Δy : 388 Kappaleen korkeus: 0

Kappalemäärä X: 2 Kappalemäärä Y: 1 Enimmäiskerrosmäärä: 1

Pohjalevy vaaditaan.
 Ylälevy vaaditaan.

Palettityypit
 LargeAssemb... MaterialPallet RobotPallet

Sopivat matriisi-layoutit
 Single: 1



Single: 1

NÄYTÄ TIEDOT OK PERUUTA

W25 CH RAW TEST CH W25 Kansivalu TESTIPALETTI

Tiedot Käyttö

Nimi: W25 CH RAW TEST CH W25 Kansivalu TESTIPALETTI

123

X-referenssi: 325
 Y-referenssi: 388
 Z-referenssi: 309

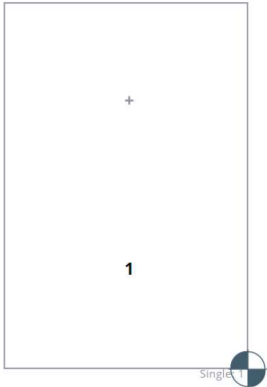
Kappaleen X-offset: 550
 Kappaleen Y-offset: 388
 Kappaleen korkeus: 0

Kappalemäärä X: 2
 Kappalemäärä Y: 1
 Enimmäiskerrosmäärä: 1
 Levyn paksuus: 5

Pohjalevy vaaditaan: Ei
 Levy kerrosten välissä on pakollinen: Ei
 Ylälevy vaaditaan: Ei

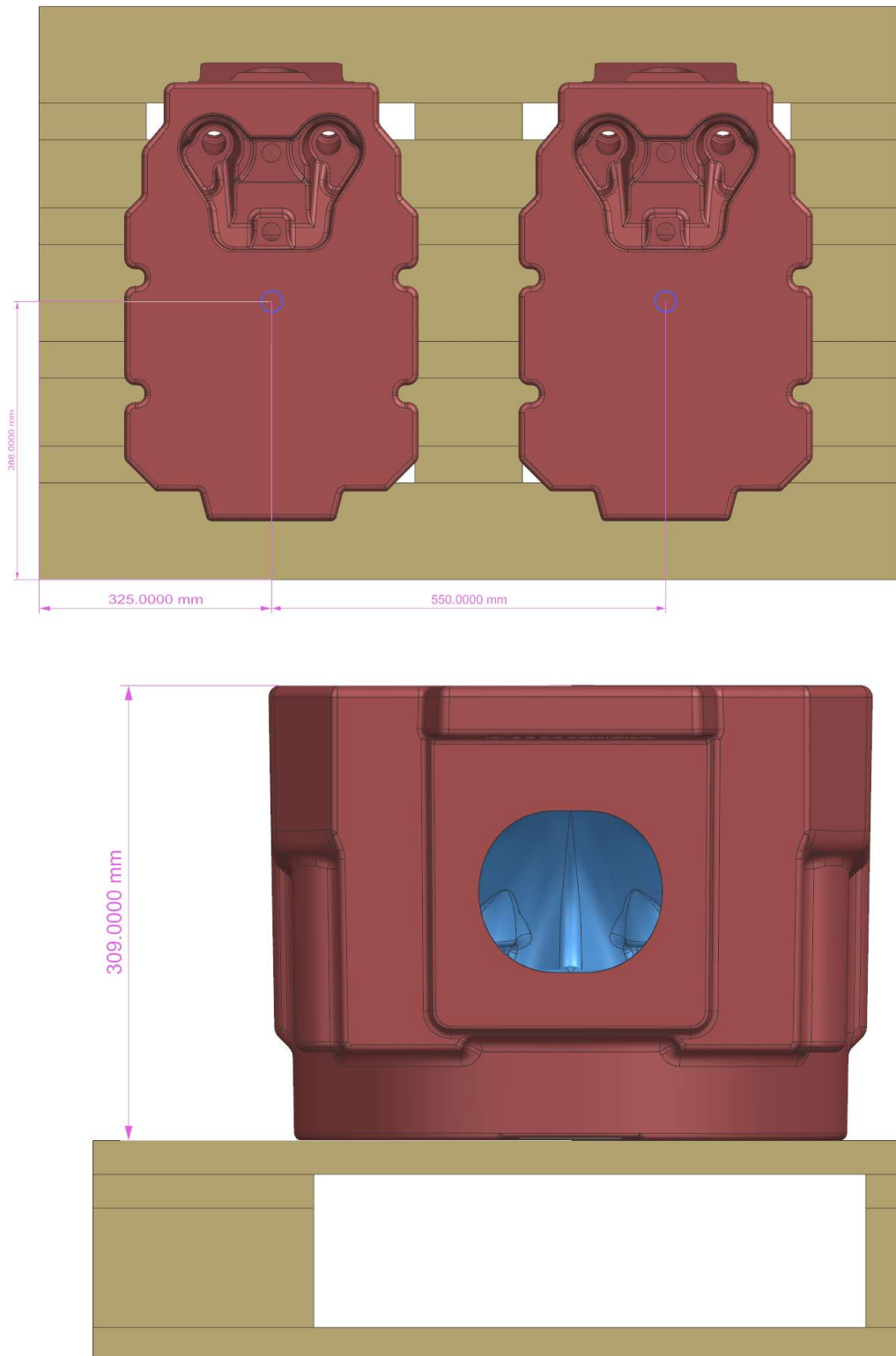
Palettityypit: MaterialPallet
 Sopivat matriisi-layoutit: Single: 1

Kappaleiden enimmäismäärä: 2



Single: 1

Kuva 22. Lavamatriisin luonti.



Kuva 23. Lavakokoonpano ja koordinaatit.

6.2 Kappaleen perustietojen luonti

MMS-järjestelmän jokaiselle uudelle tuotteelle tulee tehdä uusi reitti. Mahdollisuutena on tehdä manuaalisia- tai automaatioreittejä. Myös näiden yhdistelmiä on mahdollista tehdä, jos jollekin vaiheelle tarvitaan ihmisen suorittama manuaalinen toimenpide. Tässä kappaleessa tullaan keskittymään automaatioreitin luomiseen.

Reitin luominen aloitetaan nimeällä uusi tuote halutun mukaiseksi ja seuraavaksi tulee valita jokin seuraavista neljästä valmistusvaihtoehdosta **Kuva 24**. Jos kappaletta halutaan jäljittää sarjanumeron perusteella, täytää se valita tässä kohtaa.

Luo uusi kappale

Kappaleen nimi: TEST_1 Kuvaus: TEST_1 Jäljitettävyyys:

Valmis kappale A0 > A10 > A20
Valmiilla kappaleella on sama tunnus kuin raaka-ainekappaleella.

Eri raaka-aine M > A10 > A20
The manufactured part and the raw material part have different IDs. i.e. the manufacturing started with a raw material part that is first added to the system. This raw material part is then used to manufacture the ready part.
Materiaalia ei ole valittu. VALITSE MATERIAALI.

Materiaalikkappale M > A10 > A20
The raw material part to be added to the system. This part can be a part that is only stored in the system or a raw material part for one or several different workpieces or manufactured parts.

Varastokappale Z
Järjestelmään lisättävä raaka-ainekappale. Kappale säilytetään vain järjestelmässä.

LUO PERUUTA

Kuva 24. Valmistusvaihtoehdot.

Valmiskappale-vaihtoehtoa käytetään prosesseissa, joissa jo valmiille kappaleelle halutaan suorittaa erilaisia toimenpiteitä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi

kappaleelle luotu erillinen reitti toiseen solukokonaisuuteen, jossa kappaleelle voidaan suorittaa pesu, mittaus ja muita laadullisia toimenpiteitä.

Eri raaka-ainevaihtoehtoa käytetään, kun materiaalikappaleesta halutaan valmistaa jokin eri materiaalinumerolla oleva lopputuote. Tämä vaihtoehto valitaan, kun halutaan esimerkiksi raakamateriaalista valmistaa valmis koneistettu lopputuote.

Materiaalikappale-vaihtoehtoa käytetään, kun halutaan luoda esimerkiksi raakavalumateriaali. Raakavalumateriaalia käytetään materiaalipohjana valittaessa ”eri raaka-aine” valmistusmenetelmäksi.

Varastokappale-vaihtoehto valitaan silloin, kun halutaan käyttää jotakin varastotuotetta valmistettaviin kappaleisiin tai halutaan säilyttää jokin tuote järjestelmässä. Tällaisia voivat olla esimerkiksi nollapistetapit, joita varastoidaan sylinterikannen automaattisessa latausolussa. MMS osaa varata ja ylläpitää varastotietoa näiden määrästä, jolloin ei pääse syntymään tilanteita, että kappale jäisi ilman nollapistetappeja.

6.3 Materiaalikappaleen ja ”eri raaka-aine”-kappaleen luominen

Automaattista valmistusreittiä luodessa tarvitaan reitin pohjaksi raakamateriaali, josta valmistetaan lopullinen valmiskappale. Valmistusvaihtoehdoista tulee valita materiaalikappale. Kappaleelle tulee antaa nimeksi valukappaleen materiaalinumero ja kuvaukseksi selkeä ja helposti ymmärrettävä tieto. Jäljitettävyyden tulee myös kytkeä päälle, jolloin valimon jäljitettävyysskoodi linkittyy valmistusjärjestelmän luoman uuden jäljitettävyysskoodin kanssa yhteen.

Materiaalikappaleen luonnin jälkeen valitaan valmistusvaihtoehdoista eri raaka-ainekappale. Nimeksi annetaan valmiin koneistetun kappaleen materiaalinumero ja kuvaukseksi selkeä tieto. Aikaisemmin luotu raakamateriaali tulee linkittää ”VALITSE MATERIAALI” valikon alta **Kuva 25**.

Valitse materiaalioperaatio

🔍 w25

| Kappale | Kuvaus | Operaatio |
|------------|--------------------------|--------------|
| PABA296059 | Sylinterikansivalu W25 | 0 Materiaali |
| PABA374563 | Sylinterikansi W25DF | 30 3-VAIHE |
| PABA380968 | Sylinterikansi W25DIESEL | 30 3-VAIHE |

3 riviä

VALITSE PERUUTA

Kuva 25. Materiaalikappaleen valinta.

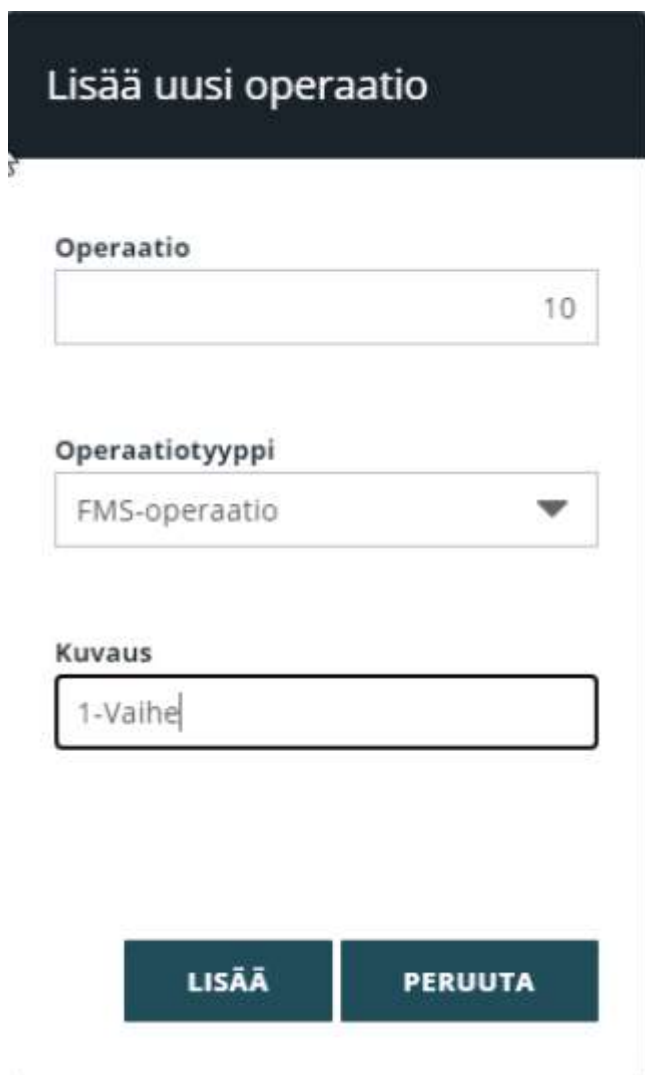
Valintojen jälkeen aukeaa näkymä valmistussuunnitelmasta **Kuva 26**. Valmistussuunnitelmassa voidaan antaa operaation järjestysnumero, operaation tyyppi ja kuvaus. Mahdollisia valittavia operaatioiden tyyppejä on neljä kappaletta: FMS-operaatioita, kappaleoperaatioita, valmistussoluoperaatioita ja ulkoisia operaatioita.

FMS-operaatiot ovat operaatioita kappaleille, joita ladataan paleteille ja siirretään hyllystöhissillä FMS-järjestelmälaitteiden ja varaston välillä.

Kappaleoperaatiot ovat operaatioita kappaleille, joita siirretään robottisolujen sisällä robotilla.

Valmistussoluoperaatiot ovat manuaalioperaatioita, joita suoritetaan valmistussoluissa ennen automaattisia toimintoja, niiden jälkeen tai niiden välissä.

Ulkoiset operaatiot suoritetaan ulkoisessa työyksikössä, kuten alihankkijan tehtaassa.



Lisää uusi operaatio

Operaatio

Operaatiotyyppi

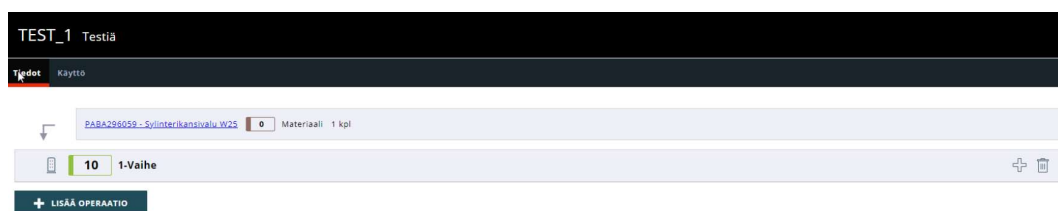
Kuvaus

LISÄÄ **PERUUTA**

Kuva 26. Operaation lisääminen.

Automaattista valmistusreittiä luodessa tulee antaa operaatiolle järjestysnumero, operaatiotyyppiä FMS-operaatio ja kuvaukseksi jokin operaatiota vastaava toimenpide. Lisättäessä valmistusreitille uusia operaatioita operaation järjestysnumeroa kasvatetaan ylöspäin ja kuvakseen annetaan seuraavan toimenpiteen kuvaus.

Operaation lisäämisen jälkeen aukeaa näkymä **Kuva 27**. Ylhäällä näkyy valittu raakamateriaali, mistä tuote tullaan valmistamaan ja sen alapuolelta löytyy FMS-operaation symboli, järjestysnumero ja operaation kuvaus. Operaation oikeasta reunasta löytyy +-painike, josta pääsee lisäämään operaatiolle tehtäviä ja eri vaiheita. Operaation ollessa tyhjä, tulee ensin valita tuotantoryhmä sen mukaan, missä solussa ensimmäinen vaihe tehdään. Automaattireittiä luodessa tulee valita ALD_CH_R1, joka tarkoittaa sylinterikannen automaattisen lataussolun käsittelyrobottia **Kuva 28**.



Kuva 27. Lisätty operaatio.



Kuva 28. Tuotantoryhmän valinta.

6.4 Lataustehtävän lisääminen

Tuotantoryhmän valinnan jälkeen aukeaa työsuunnitelma-näkymä **Kuva 29**. Työsuunnitelmassa on yleensä vähintään seuraavat operaatiot: lataus, koneistus ja purku. Työsuunnitelman yläpalkista valitaan ensimmäisenä palettityyppi. Mahdollisia vaihtoehtoja ovat 800 x 800mm (Heller FP8000) -paletti tai 1000 x 1000mm (Heller FP10000 ja H10000) -paletti. Koneistuspaletin valinnan jälkeen valitaan kyseiselle tuotteelle oikea kiinnitintyyppi ja mahdollisuutena on myös valita paletin latauspuoli ja asema. Paikkatiedon avulla määritetään, mihin kiinnitin kiinnitetään paletilla. Voidaan käyttää myös konfiguraatioita, joissa on useampi samanlainen kiinnitin yhdellä paletilla. Kiinnittimen paikka muodostuu yleensä paletin puolesta (0, 90, 180, 270 astetta) ja paikan tunnusluvusta (1, 2, 3, ja niin edelleen). Jos paletin yhdellä sivulla on kaksi samanlaista kiinnitintä, paikan tunnuslukua käytetään erottamaan nämä kiinnitinyksilöt toisistaan. Sylinterikansien paleteilla latauspuoli ja paikkatieto ei ole kuitenkaan tarpeen, koska kaikissa käytössä olevissa sylinterikansikiinnittimissä on vain yksi latauspaikka.

Muokkaa työsuunnitelmaa

TEST_1 Testiä 10 1-vaihe

Tuotantoryhmä ALD_CH_R1 Palettityyppi Heller_800x800 Kiinnitin Pakollinen Paletin puoli Ei määritetty Paikka

Lataus Koneistus Purku

| Laite | Materiaalilähde | Kesto |
|------------------------------------|---------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> ALD_CH_L1 | | |
| <input type="checkbox"/> ALD_CR_L1 | | |
| <input type="checkbox"/> L2 | Laitteen oletusarvo (Out) | |
| <input type="checkbox"/> LargeL1 | Laitteen oletusarvo (Out) | |
| <input type="checkbox"/> LargeL2 | Laitteen oletusarvo (Out) | |
| <input type="checkbox"/> LargeL3 | Laitteen oletusarvo (Out) | |

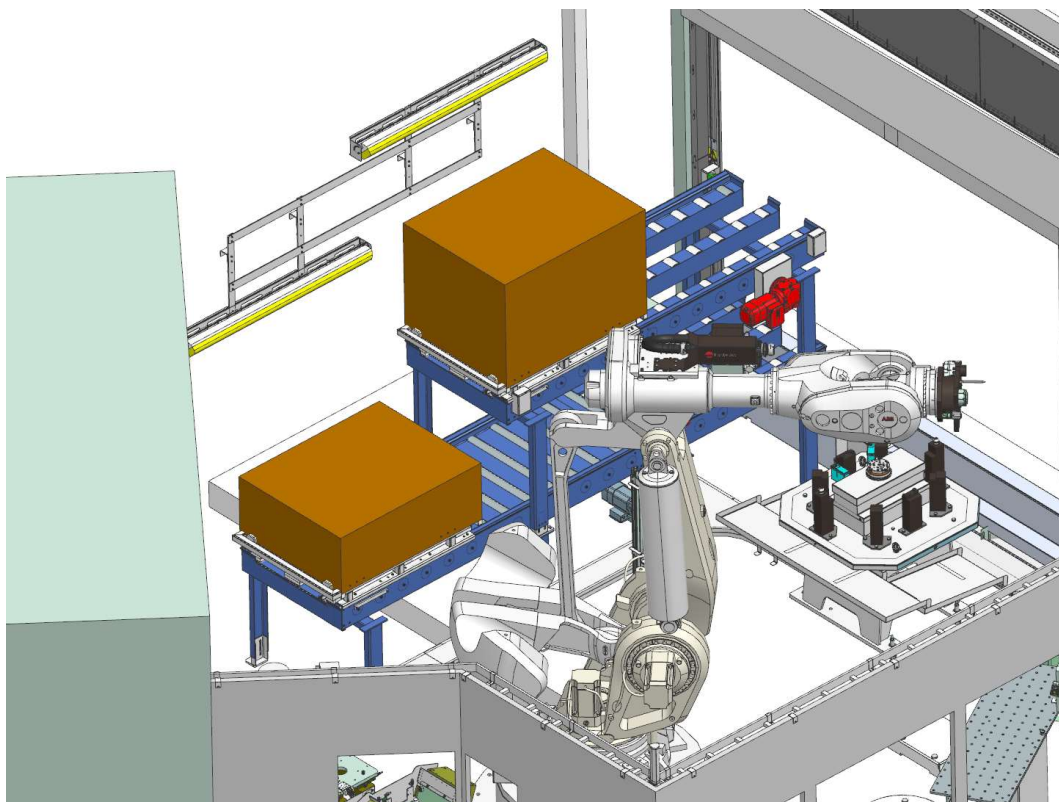
Ainakin yksi laite pitää valita.

SAP operaation numero

LISÄÄ VAIHE POISTA VAIHE TALLENNA PERUUTA

Kuva 29. Työsuunnitelman näkymä.

Latausoperaatio-välilehdeltä valitaan haluttu latausasema. Mahdollisuutena on valita robottilatausasema ALD_CH_L1 tai manuaalilatausasema L2. Molemmat vaihtoehdot on myös mahdollista valita samanaikaisesti, jolloin lataus voidaan suorittaa automaattisen latauksen lisäksi myös manuaalisesti. Valittaessa ALD_CH_L1 lataustavan joudutaan valitsemaan lisäksi materiaalilähde, johon hyllystöhissi paikoittaa varastossa olevan raaka-ainelavan. Vaihtoehtoina on yläkuljetin ALD_CH_M2 tai alakuljetin ALD_CH_M1 **Kuva 30.**



Kuva 30. Ylä- ja alakuljetin.

Kuljettimen valintaan vaikuttaa sylinterikannen koko, poimintapiste ja asento. Osa sylinterikansista on mahdollista laittaa lavalle kylkiasennossa, jolloin on mahdollista saada kolme sylinterikantta samalla lavalle. W25-sylinterikannelle tulee valita alakuljetin ALD_CH_M1, että robotilla on riittävästi tilaa kuvata sylinterikansi konenäöllä. Yläkuljetin ALD_CH_M2 valitaan yleensä, kun sylinterikannet on asetettu lavalle kyljelleen.

Materiaalilavan kuljettimien valinnan jälkeen on tärkeää määrittää robotille tiedot lataustehtävän kestosta, käytettävästä lavamatriisista sekä tarvittavista käsittelysäännöistä. Alustava arvio lataustehtävän kestosta annetaan tässä vaiheessa, ja tarkempi aika voidaan määrittää myöhemmin tarpeen mukaan. Aiemmin W25-sylinterikannelle luotua lavamatriisia käytetään nyt robotin ohjeistamiseen. Valittu matriisi mahdollistaa robotin tarkan paikoituksen kuvaukselle ja kappaleiden oikean poiminnan.

Järjestelmän siirtorobotti siirtää kappaleita lähtöpaikoista kohdepaikkoihin, esimerkiksi materiaaliasemalta työstökoneelle. Tätä varten robotilla pitää olla käsittelysäännöt. Robotin käsittelysääntöihin sisältyy käsittelykoodi, lähtölaite, kohdelaite sekä mahdolliset parametrit käsittelykoodia varten. Robotti siirtää kappaleita robottiohjelmien mukaan. Ohjelmia kutsutaan MMS-ohjelmistosta käsittelykoodeja käyttävien siirtotehtävien kautta. Käsittelykoodin numero suorittaa määrätyn robottiohjelman, joka voidaan määritellä tarkemmin antamalla käsittelysäännölle eri parametriarvoja. W25-sylinterikannelle annettiin seuraava parametri 2506. Alun 25- tarkoittaa sylinterikansimallia ja lopun -06 on sylinterikannelle linjan käyttöönoton aikana annettu seuraava vapaa järjestysnumero **Kuva 31**.

Uudelleentartunnan käsittelysääntö valitaan, jos kappaleen asentoa on muutettava sen jälkeen, kun robotti on ottanut kappaleen raaka-aine lavalta ja ennen kuin se asettaa kappaleen kohdesijaintiin.

The screenshot shows a control interface with the following elements:

- Buttons: Lataus (Download), Koneistus (Setup), Purku (Unload).
- Table of devices and material sources:

| Laite | Materiaalilähde |
|---|---------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> ALD_CH_L1 | ALD_CH_M1 |
| <input type="checkbox"/> ALD_CR_L1 | |
| <input type="checkbox"/> L2 | Laitteen oletusarvo (Out) |
| <input type="checkbox"/> LargeL1 | Laitteen oletusarvo (Out) |
| <input type="checkbox"/> LargeL2 | Laitteen oletusarvo (Out) |
| <input type="checkbox"/> LargeL3 | Laitteen oletusarvo (Out) |

- Processing rule details (Kesto):
 - Duration: 01:00 (1 min 0s)
 - Matrix: W25 CH RAW TEST - CH W25 Kansivalu TESTIPALETTI
 - Processing rule for robot start: 2506 ALD_CH_M1 » ALD_CH_R1
 - Option: Uudelleentartunnan käsittelysääntö Uudelleentartuntaa ei tarvita.
 - Processing rule for robot end: 2506 ALD_CH_R1 » ALD_CH_L1
 - SAP operation number input field.

Kuva 31. Kesto, lavamatriisi ja käsittelysäännöt.

Käsittelysääntöjen asetuksista löytyy paljon erilaisia parametrejä pelkän käsittelykoodin, lähtölaitteen ja kohdelaitteen lisäksi **Kuva 32**.

Käsittelysääntö

| | | |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Käsittelykoodi | Lähtölaite | Kohdelaite |
| <input type="text" value="2506"/> | ALD_CH_M1 | ALD_CH_R1 |

Parametrit: ALD_CH_M1 → 

Program name for Markator marking device (MarkatorProgramName)

Parameter for marking parts (ImoNumber)

Part mechanical phase (MechanicalPhase)

0...100

Part target orientation (Orientation)

0...100

Special task type (SpecialTaskType)

Handling code for brushing (BrushingHandlingCode)

Handling code for blower (BlowerHandlingCode)

Gripping correction X for Island cells (CorrectionX)

Kuva 32. Käsittelykoodit.

Ensimmäinen parametri on tarkoitettu Markator-merkkuslaitteelle. Tähän parametriin voidaan kirjoittaa ohjelman nimi, esimerkiksi "ohjelma1". Tämä samainen nimi tulee löytyä myös merkkuslaitteelta ja robotilta. Robotin aloittaessa tehtävän MMS lähettää merkkijonon robotille, jonka perusteella se etsii oikean ohjelman robotilta ja paikoittaa merkkusohjelmassa kannen merkkuslaitteen eteen oikeaan asentoon **Kuva 33**. Merkkuslaitteelle tieto tulee MMS:n ja PLC:n (Programmable Logic Controller) kautta merkkijonona.

```

63
64 □PROC Marking_Main()
65 |=====
66 | Fastems          ABB IRC5
67 |
68 |=====
69 | Marking main program
70 |
71 |=====
72 | Version: 1.0
73 |=====
74
75 |Check if there is need to marking
76 □IF sMarkatorProgramName="" THEN
77 |   GOTO LBL_END;
78 |ELSEIF sMarkatorProgramName="ohjelma1" THEN !ei logoa
79 |   GOTO Marking;
80 |ELSEIF sMarkatorProgramName="ohjelma3" THEN !logo IMON eteen
81 |   GOTO Marking;
82 |ELSEIF sMarkatorProgramName="ohjelma4" THEN !logo datamatriisin eteen
83 |   GOTO Marking;
84 |ELSEIF sMarkatorProgramName="ohjelma5" THEN !metanolikannen merkkkaus
85 |   GOTO Marking;
86 |ELSE
87 |   bTaskCancelledMarker := TRUE;
88 |   NotRecoveryAlarm "Parameter failure","Unknown parameter!";
89 |ENDIF
90

```

Kuva 33. Robottikoodin merkkkausohjelman valinta.

Toinen parametri on tarkoitettu IMO (International Maritime Organization) -numeron merkkaukseen. Tähän voidaan kirjoittaa haluttu IMO-numero riippuen kansityypistä. Markator-laitteelta löytyy seitsemän muuttujaa, joihin voidaan kirjoittaa dataa. Paletin saapuessa soluun siirtotehtävän alussa luetaan lataussolun konfiguraatio-tiedosto, jossa on määritetty mihin merkkauslaitteen muuttujaan kirjoitetaan halutut tiedot.

Kolmas parametri (Part Mechanical Phase) tarkoittaa sylinterikannen mekaanista vaihetta. Sylinterikansivalu on vaihe nolla ja joka kerta kun sylinterikannelle tapatuu jokin mekaaninen muutos, kuten koneistus tai nollapistetappien kiinnitys arvoa kasvatetaan yhdellä. Pelkkä käsittelykoodin antaminen ei riitä robottiohjelmien hallintaan vaan kappaleen muuttuessa voidaan mekaanisen

vaiheen numerolla antaa robotille vaihekohtaisia pisteitä. Näin robotille voidaan ohjelmoida virheenkäsittelyä ja pyritään välttämään törmäyksiä.

Neljäs parametri on robotille annettava tieto kappaleen orientaatiosta. Kyseisellä parametrilla voidaan tarkistaa, että kappale on oikein tarttujassa tai puskuriasemassa.

Viides parametri (Special Task Type) on erikoistehtävä, jota käytetään nollapistetappien asennuksessa. Erikoistehtävän ollessa yksi, hakee robotti sylinterikannesta nollapistetapit pois ja tehtävän ollessa kaksi, kiinnittää robotti nollapistetapit sylinterikanteen. Robotille voidaan tulevaisuudessa luoda lisää solun sisäisiin operaatioihin liittyviä monenlaisia erikoistehtäviä antamalla robotille uusia parametrejä ja ohjelmoimalla tarvittavat työkierröt.

Kuudes ja seismäs parametri ovat lähinnä käytössä automaattisessa kiertokankien lataussolussa liittyen kiertokangen valmistuksen puhdistus- ja puhallusoperaatioihin. Näitä erikoistehtäviin liittyviä käsittelykoodeja on myös mahdollista käyttää sylinterikannen automaattisessa lataussolussa erilaisiin operaatioihin.

Kahdeksas, yhdeksäs ja kymmenes parametri on tarkoitettu FMS-järjestelmän ulkopuolella oleviin soluihin. Näillä parametreillä voidaan antaa tarttujille x-y-z-koordinaatteina korjauksia tartuntapisteille.

6.5 MMS ja robotti kommunikaatio

Jokaisen tehtävän alussa MMS lähettää robotille suoritettavan siirtotehtävän parametrit. Aikaisemmassa kappaleessa annetut laitteet ja käsittelysäännöt kirjoitetaan numeerisena tietona robotille systeemimoduulissa olevaan GlobanVariables-moduuliin **Kuva 34**. Näiden tietojen perusteella robotti osaa aloittaa annetun tehtävän. Jokaisen suoritettavan tehtävän lopussa robotin muuttujat asetetaan nolla-arvoon ja robotti jää odottamaan uutta tehtävää ja parametrejä MMS-järjestelmältä.

```

12  !=====
13  ! Userdefined variables
14  !=====
15  PERS num nLaserDistance:= 0;
16  PERS num nTaskFromDevice:= 0;
17  PERS num nTaskFromDevicePoint:= 0;
18  PERS num nTaskToDevice:= 0;
19  PERS num nTaskToDevicePoint:= 0;
20  PERS num nTaskInfo:= 0;
21  PERS num nMechanicalPhase:= 0;
22  PERS num nTaskLoadType:=0;
23  PERS num nActSpeed:= 0;
24  PERS num nTempSpeed:= 100;
25  PERS num nLoadCheck:= 0;
26  PERS num nActTaskType:= 0;
27  PERS num nTaskHandlingCode:= 0;
28  PERS num nNextTargetDevice:= 0;
29  PERS num nNextTargetPoint:= 0;
30  VAR num nckTaskWaitTime:=0.012;
31  PERS num nTaskTime:= -50000;
32  PERS num nLaserValue:= 0;
33  PERS num nLaserValueRaw:= 0;
34  PERS string sMarkatorProgramName:= "";





```

Kuva 34. Globaalit muuttujat robotilla.

6.6 Koneistus, pesu ja jäysteenpoisto

Työsuunnitelman lataustehtävän käsittelysääntöjen lisäämisen jälkeen tulee lisätä myös koneistus, pesu ja jäysteenpoistolle tehtävät. Työsuunnitelmaan pystytään lisäämään uusia vaiheita painamalla ”lisää vaihe”-painiketta **Kuva 35**.

↓ Lataus Koneistus Pesu Jäysteenpoisto Pesu ↑ Purku

| NC-ryhmä | Laite | NC-ohjelma | Kesto |
|---|---|--|---|
| | <input checked="" type="checkbox"/> MC2 | | |
| | <input type="checkbox"/> MC3 | | |
| Heller | <input type="checkbox"/> MC4 | PABA374563_NC1_FP PABA296059 NC1.PRT | 50min 36s   |
| | <input type="checkbox"/> MC5 | | |
| | <input type="checkbox"/> MC6 | | |
| Measuring | <input type="checkbox"/> LargeCMM | |  |
| Wasi | <input type="checkbox"/> MCB | |  |
| <input type="checkbox"/> Combined program | | | |


SAP operation numero

LISÄÄ VAIHE POISTA VAIHE TALLENNA PERUUTA


Kuva 35. Vaiheen lisäys työsuunnitelmaan.

Tämän jälkeen aukeaa seuraava näkymä, josta voidaan valita haluttu vaihe **Kuva 36**.


Valitse vaiheen tyyppi




Koneistus




Jäysteenpoisto




Manuaalinen



Double deburring



Double assembly



Double disassembly

PERUUTA

Kuva 36. Suoritettavan vaiheen valinta.

Robottisolut RFC ja WRC löytyvät molemmat jäysteenpoiston alta. Nämä solut käsitellään työstökoneina mikä tarkoittaa sitä, että automaattitilassa MMS lähettää ohjelmatiedoston aina, kun hyllystöhissi paikoittaa paletin solun latausasemaan. Ohjelmatiedostot lisätään laitteiden ohjelmakirjastoon (Numerical Control, NC-kirjasto), josta haluttu ohjelma voidaan poimia reitille

Kuva 37.

The screenshot shows a software interface for selecting NC programs. At the top, there are navigation buttons: Lataus, Koneistus, Pesu, Jäysteenpoisto, Pesu, and Purku. Below these is a table with the following columns: NC-ryhmä, Laite, NC-ohjelma, and Kesto. The table contains the following rows:

| NC-ryhmä | Laite | NC-ohjelma | Kesto |
|---|---|---------------|----------|
| LargeAssembly | <input type="checkbox"/> LargeAssembly_RobotA | | |
| | <input type="checkbox"/> LargeAssembly_RobotB | | |
| LargeRFC | <input type="checkbox"/> LargeRFC_RobotA | | |
| | <input type="checkbox"/> LargeRFC_RobotB | | |
| RFC | <input type="checkbox"/> RFC | | |
| WRC | <input checked="" type="checkbox"/> WRC | PESU_W32_34CH | 5min 52s |
| <input type="checkbox"/> Combined program | | | |

Below the table, there is a field for SAP operation number and four buttons: LISÄÄ VAIHE, POISTA VAIHE, TALLENNA, and PERUUTA.

Kuva 37. NC-ohjelman valinta.

6.7 Purkutehtävän lisääminen

Purkuvaihe noudattaa täysin samaa kaavaa kuin lataustehtävät, joten sitä ei ole syytä käydä läpi uudelleen. Erikoisuutena seuraavat asiat on kuitenkin otettava huomioon. Purkutehtävässä robotti purkaa koneistetun kappaleen kiinnittimestä puskuriasemaan ja käynnistää aikasemmin läpikäydyn erikoistehtävän. Tästä syystä purkuvaiheeseen tulee lisätä tarvittavien nollapistetappien määrä, että MMS osaa ottaa sen huomioon ja antaa hälytyksen, jotta purkutehtävää ei voida aloittaa, mikäli nollapistetappivarastossa ei ole riittävästi tappeja **Kuva 38**. Tässä vaiheessa myös käsittelysäännöissä tulee muistaa kasvattaa mekaanisen vaiheen numeroa yhdellä sekä ensimmäisen koneistusvaiheen, että myös nollapistetappien asennuksen jälkeen.

| Laite | Purkutehtävän kohdepaikka |
|---|------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> ALD_CH_L1 | ALD_CH_W31_RegripBuffer |
| <input type="checkbox"/> ALD_CR_L1 | |
| <input type="checkbox"/> L2 | Laitteen oletusarvo (Cell 2) |
| <input type="checkbox"/> LargeL1 | Laitteen oletusarvo (Cell 7) |
| <input type="checkbox"/> LargeL2 | Laitteen oletusarvo (Cell 8) |
| <input type="checkbox"/> LargeL3 | Laitteen oletusarvo (Cell 9) |

Kesto: 01:00 1min 0s

Required zero-point studs: 3

Käsittelysääntö robotin tarttujalle: 2506 ALD_CH_L1 » ALD_CH_R1

Uudelleentartunnan käsittelysääntö: Uudelleentartuntaa ei tarvita.

Käsittelysääntö robotin tarttujalta: 2506 ALD_CH_R1 » ALD_CH_W31_RegripBuffer

SAP operation numero

Kuva 38. Purkuvaiheen nollapistetappien valinta.

6.8 Uudet robottiohjelmat

Uudelle sylinterikansimallille täytyy ohjelmoida jokaiselle solun laitteelle uudet ohjelmat. Vanhoja ohjelmia voidaan käyttää tässä apuna kopioimalla vanhat ohjelmarungot ja muokkaamalla niihin uuden tuotteen työsuunnitelman sisältämät parametrit. Kaikille uusille ohjelmille tulee ohjelmoida myös uudet liikepisteet.

Suurimmaksi haasteeksi osoittautuu tämänhetkinen automaattisen sylinterikansien lataussolun ahtaus. Tämä saattaa aiheuttaa sen, että useita laitteita joudutaan siirtämään uusiin paikkoihin ja mahdollisesti liikuttamaan soluseiniä ulospäin. Tällaiset muutokset tietysti kasvattavat ohjelmointikuormaa ja käyttöönottoaika pitenee merkittävästi. Jos näin laajoihin muutoksiin joudutaan lähtemään, olisi solun suunnittelussa syytä varautua tuleviin uusiin tuotteisiin ja jättää soluun tilavaraus uusille puskuriasemille.

Suunnitteluvaiheessa on syytä suorittaa robotille tarkat ulottuvuustarkastelut eri skenaarioilla ja yrittää löytää niistä järkevin ratkaisu. Käyttöönottoajan minimoimiseksi ABB RobotStudio offline -ohjelmointityökalulla voidaan ohjelmoida työkierrat valmiiksi, jolloin käyttöönottovaiheeseen jäisi vain tarkkojen paikoituspisteiden opetusta.

7 POHDINTAA JA YHTEENVETO

Uuden tuotteen lisääminen FMS-järjestelmään ei ole vaikeaa, jos valmistuksen prosessiin sisältyy vain pelkkä koneistus ja manuaalilataus. Kun kappaleelle suunnitellaan täydellisesti automatisoitua prosessia, niin siihen vaikuttavat monet tekijät. Monesti näiden vaiheiden lisäys valmistusketjuun voi venyä kuukausien pituiseksi ennenkuin se saadaan valmiiksi. Siksi on syytä aloittaa suunnittelu hyvissä ajoin.

Tämän työn haasteena oli muuttuva toimintaympäristö. Työn aloituksen jälkeen yhtä tuoteperhettä aloitettiin yllättäen siirtämään tehtaasta toiseen. Tämä jätti avoimia kysymyksiä sen suhteen, missä robottisolussa sylinterinkansia olisi hyvä tulevaisuudessa tehdä. Muutosajankohta ei ollut täysin selvillä ja tämä viivytti työn etenemisen kannalta kriittisiä päätöksiä. Lisäksi sylinterikansien automaattinen lataussolu on ahdas, joten oli haastavaa saada tarvittavat toimilaitteet sopimaan soluun. Tämän opinnäytetyön ulkopuolelle rajattiin tuotteen koneistusprosessi, joka pysyi samanlaisena.

7.1 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön myötä olemme onnistuneet kehittämään ja integroimaan uuden tuotteen Wärtsilä Finlandin Vaasan tehtaan Smart Technology Hubin automaattiseen sylinterikansien ja kiertokankien valmistuslinjaan. Työn tavoitteena oli kasvattaa tuotantokapasiteettia automatisoimalla uuden tuotteen valmistusprosessi, joka aikaisemmin suoritettiin manuaalisesti.

Projektin aikana tutkimme ja analysoimme erilaisia teknisiä tekijöitä, jotka vaikuttavat kapasiteetin nostoon automaattisessa robottilataussolussa, ja kehitimme ratkaisuja näihin haasteisiin. Onnistuimme myös luomaan uuden tuotteen valmistusprosessin automaattiselle linjalle ja määrittelemään oikeat käsittelyasennot sekä tarttujatekniikat, jotka mahdollistavat tehokkaan ja turvallisen valmistuksen.

Projektin tuloksena syntyi yksityiskohtainen prosessikuvaus, joka mahdollistaa tulevien uusien tuotteiden integroinnin samankaltaisiin automaattisiin valmistusjärjestelmiin. Lisäksi työ tarjosi arvokasta tietoa tarjouspyyntöjen tekemiseen robottitoimittajille, mikä nopeuttaa vastaavien projektien toteutusta tulevaisuudessa.

Opinnäytetyö osoitti, kuinka tärkeää on ymmärtää valmistusprosessien yksityiskohdat ja niiden automatisoinnin mahdollisuudet. Työ antoi meille paitsi syvällistä tietoa automatisoiduista valmistusprosesseista, myös vahvisti tiimityöskentelytaitojamme ja ongelmanratkaisukykyämme.

Kokonaisuudessaan projektin onnistuminen vahvistaa Wärtsilän asemaa innovatiivisena ja tehokkaana toimijana teollisuusrobotiikan alalla. Jatkossa odotamme innolla, kuinka uudet teknologiat ja prosessit edelleen parantavat tuotantotehokkuutta ja tukevat yrityksen kasvua.

LÄHTEET

1. Wärtsilä kotisivut. Viitattu 8.3.2024 <http://wartsila.com>
2. Wärtsilä [Intranet] [viitattu 8.3.2024]
3. Kone- ja metallituoteteollisuuden tuotantojärjestelmät (Lapinleimu, Kauppinen & Torvinen 1997, 154-161).
4. Fastems kotisivu. Viitattu 16.2.2023 <http://fastems.com>
5. Vesämäki, H. 2007. Lastuavan työstön NC-ohjelmointi. 3.uudistettu painos, 8-9.
6. Heller nettisivut. Viitattu 16.2.2023 <https://www.heller.biz/en/company/download-centre/>