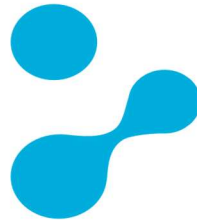


samk



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

KALLE YLI-LASSILA

Profiililinjan käyttöönotto ja ohjelmointi

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIikka
2021

Tekijä(t) Yli-Lassila Kalle	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä kesäkuu 2021
	Sivumäärä 31	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Profiililinan käyttöönotto ja ohjelmointi		
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikka		
Tiivistelmä Opinnäytteen aiheena oli käyttöönottaa automaattinen profiililinja asiakkaan tuotantotiloissa. Profiililinja tuottaa valmiita profiileja, joita hyödynnetään tuotannon jatkovaiheessa. Työssä seurataan käyttöönoton etenemistä teollisuusympäristössä. Käytettäviä ohjelmia kuvaillaan työssä tarvittavalla tarkkuudella.		
<u>Asiasanat</u> Käyttöönotto, Telakka, Automaatio		

Author(s) Yli-Lassila Kalle	Type of Publication Bachelor's thesis	Date June 2020
	Number of pages 31	Language of publication: Finnish
Title of publication Commissioning and programming of profile line		
Degree program Electrical and automation engineering		
Abstract <p>The topic of the thesis was commissioning an automatic profile line in the customer's production facilities. The profile line produces ready-made profiles that are utilized in the further phase of production.</p> <p>The work monitors the progress of implementation in an industrial environment. The programs used are described with the precision required for the work.</p>		
<u>Key words:</u> Commissioning, Shipbuilding, Automation		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet	6
1.2 Rajaukset	7
1.3 Työn toimeksiantaja	8
2 LÄHTÖKOHTA	9
3 KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT	10
3.1 TwinCAT 2	10
3.1.1 System Manager	11
3.1.2 PLC Control	13
4 PROFILILINJA	14
4.1 Yleiskuva	14
4.2 Toiminnankuvaus	14
4.2.1 Jyrsintä	17
5 KÄYTTÖÖNOTTO	18
5.1 Perehdytys	18
5.2 Ohjelman suunnittelu	18
5.2.1 Käyttöliittymät	20
5.2.2 IEC 61131-3	21
5.2.3 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY	22
5.2.4 Kommunikaatiot	22
5.3 Yksikkötestaus	23
5.4 Integroititestaus	24
5.5 Järjestelmättestaus	25
5.5.1 Automaattiajo	26
5.5.2 Datan keräys	28
6 TULOKSET	29
7 YHTEENVETO	30
LÄHTEET	
LIITTEET	

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

ARP	Address Resolution Protocol, työkalu fyysisen osoitteen selvittämiseen käyttäen loogista osoitetta.
FAT	Factory Acceptance Test, tehdashyväksyntätesti.
HMI	Human Machine Interface, käyttöpaikka/näyttö.
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähkötekni- nen komissio.
IO	Input/Output, sisään- ja ulostulo.
IP	Internet Protocol, verkkokerroksen protokolla mikä tarkoittaa yksilöl- listä numerosarjaa verkossa oleville laitteille.
MAC	Media Access Control, verkkosovittimen Ethernet verkossa yksilöivä osoite.
OPC-UA	Open Platform Communications-Unified Architecture, tiedonsiirron standardi.
PLC	Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka.
SQL	Structured Query Language, Standardoitu kyselykieli.

1 JOHDANTO

Teollisuudessa on keskeinen tehtävä uudistaa toimintaa ja olla tämän hetken jatkuvasti muuttuvien vaatimusten tasolla. Kehittyvät standardit ja direktiivit tulee ottaa projekteissa huomioon. Kilpailua teollisuuden yrityksillä on paljon. Tilastokeskuksen raportin mukaan vuonna 2020 Suomen teollisuuden liikevaihto laski 2,4 % (Sappinen, 2021).

Varsinkin suurten projektien onnistumistodennäköisyydet ovat monelle yllätys. Standish groupin tutkimuksen mukaan yli kymmenen miljoonan projekteista vain kahdeksan prosenttia onnistuu (Juvonen, 2018).

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Työn tarve syntyi, kun yrityksen työntekijä ilmoitti työpaikan vaihdosta toiseen firmaan. FAT (Factory Acceptance Test) oli hyväksytty edellisen työntekijän toimesta onnistuneesti ja laitteelle oli annettu purkulupa. FAT:in hyväksyminen edellyttää laitteiston riittävää toiminnallisuutta, joka on asiakkaan hyväksymä.

Sovimme työnantajan kanssa, että jatkan hänen keskeneräiseksi jäänyttä projektiansa. Tämän jälkeen sain kutsun palaveriin, jossa lähtevä työntekijä järjesti kahden päivän perehdytyksen laitteesta, sen ominaisuuksista ja olemassa olevasta ohjelmasta. Onnekseni laitetta ei ollut ehditty lähettämään asiakkaalle, mikä antoi mahdollisuuden päästä tutkimaan laitetta vielä Suomessa.

Tavoitteena työlle on luoda selkeä kuvaus käyttöönoton etenemisestä teollisuusympäristössä. Käytettäviä ohjelmia, niiden toimintaa ja rakennetta kuvaillaan monipuolisesti ja selkeästi. Työ seuraa profiililinjan toimintaa, kehitystä, rakennetta ja käyttöönoton vaiheita tässä projektissa.

Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää teollisuusympäristössä tuotettaville laitteille. Työ antaa hyvän kuvan, miten projekti etenee käyttöönottovaiheesta eteenpäin.

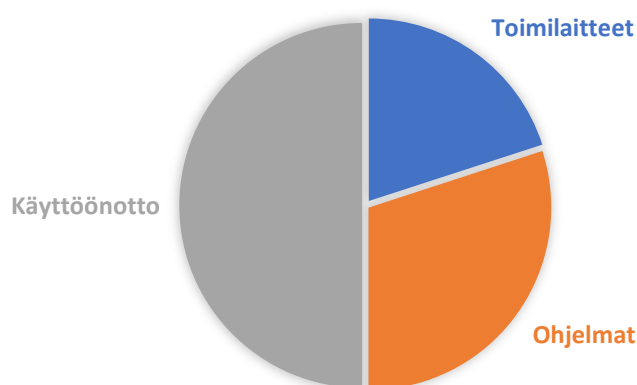
1.2 Rajaukset

Opinnäytetyön sisältö rajautuu kolmeen osioon: käyttöönotto, ohjelmat ja toimilaitteet. Jokaisen osa-alueen tarpeelliset piirteet käydään lävitse.

Käyttöönotolla tarkoitetaan sitä prosessia, jolla varmistetaan asiakkaalle asennettujen toimilaitteiden, komponenttien ja ohjelmistojen suunnitelmien mukaista toimintaa. Testataan, että lopputuote vastaa asiakkaan vaatimuksia.

Käytettävien ohjelmien toimintaa ja peruskuvaa käydään lävitse monipuolisesti. Ohjelmiin ei perehdytä tarvittavaa syvemmälle, vaan keskitytään tässä työssä tarvittaviin ominaisuuksiin ja toimintoihin.

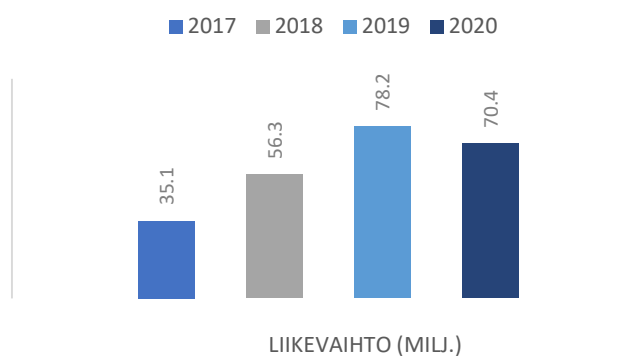
Toimilaitteiden kuvausta ja toimintaa käytetään apuna kokonaisuuden hahmottamisen tueksi käyttöönoton eri vaiheissa ja linjan toiminnan ymmärtämiseksi.



Kuva 1. Arvio työssä käytävien aiheiden määrään suhteutettuna kokonaiskuvaan.

1.3 Työn toimeksiantaja

Pemamek Oy on raskaan hitsausteollisuuden johtava yritys (Pemamek, 2021), joka tuottaa räätälöityjä ratkaisuja niin pienille metallipajoille kuin suurille telakoille. Yrityksen toiminta on ollut kasvavaa perustamisvuodesta 1970 saakka. Pemamekin toimintastrategian jatkuva uudistaminen, henkilöstön- ja toimitilojen kasvattaminen on ollut tärkeässä roolissa kehityksen kanssa. Nykyinen toimitusjohtaja Juha Mäkitalo astui virkaansa toukokuussa 2019. Yrityksen liikevaihto on kasvanut viime vuosina merkittävää vauhtia (Finder, 2020).



Kuva 2. Yrityksen liikevaihto (Finder, 2020)

Pemamekin moton ”Make More” mukaisesti yritys auttaa ja tukee asiakkaan tuotantoa alusta lähtien saavuttaen tuotannon nopeutumisen laadusta tinkimättä. Muun muassa yrityksen yksi kulmakivistä on käsittelypöytä. Pöydän tarkoituksen on kiinnittää haluttu kappale pöytään kiinni ja kauko-ohjaimella voidaan asettaa kappale haluttuun positioon eli asentoon. Pöytien kantavuudet vaihtelevat 250 kilosta aina 250 tonniin saakka.



Kuva 3. Pyörityspöytä (Pemamek, 2021).

2 LÄHTÖKOHTA

Jyrsinnän ja hiekkapuhalluksen suorittava automaattinen profiilinkäsittelylinja oli koottuna Suomessa Pemamekin tehtaalla. Linja oli pääosin koottu testauskuntoon, jotta toiminta voitiin asiakkaalle todeta ja hioa mahdolliset suuremmat muutokset kuntoon vielä ennen hyväksyntää. Asiakkaan hyväksymisen jälkeen voitiin laite purkaa ja lähettää asiakkaalle Italiaan.

Linjan logiikkaohjelma oli myös karkeasti koottu käyttäen vanhaa vastaavanlaisen kokonaisuuden ohjelmapohjaa. Ohjelman toiminta oli tehty niin, että karkeasti koottu linja voitiin todeta toimivaksi Suomessa ennen hyväksyntää. Ohjelma sisälsi paljon testimuuttujia, väliaikaisia ohjelmalohkoja ja puutteellisia kommentointeja.

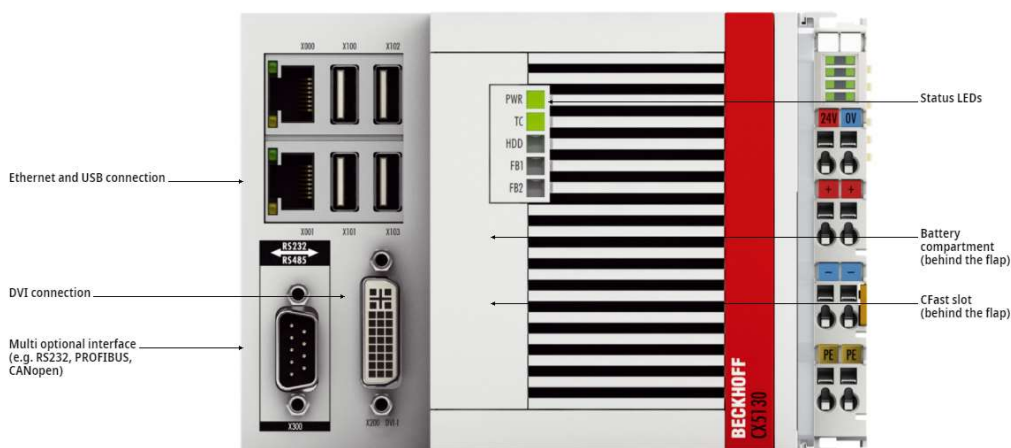
3 KÄYTETTÄVÄT OHJELMAT

3.1 TwinCAT 2

Beckhoff Automation GmbH & CO. KG on automaatiotekniikkaan keskittyvä yritys, joka on perustettu vuonna 1980. Perustaja Hans Beckhoff on pitänyt hyvin kasvavaa toimintaa perheyriyksenä tähän päivään saakka

TwinCAT2 on Beckhoffin luoma ohjelmisto, jonka tarkoituksena on ohjelmoida yrityksen omia PLC (Programmable logic controller) logiikoita. Muiden valmistajien logiikoita ohjelmalla ei pysty ohjelmoimaan. TwinCAT2 ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1996. Vuonna 2010 markkinoille ilmestyi TwinCAT3, joka on uusin versio TwinCAT-tuoteperheestä. Sen käyttöliittymä pohjautuu Visual Studioon (Beckhoff, 2021).

Projektin päälogiikka on CX5130-0122. Se sisältää 1,75 Hz tuplaydin suorittimen ja Windows Embedded Compact 7 käyttöjärjestelmän. Logiikka antaa riittävän suoritus-
tehon tämän projektin vaatimuksille.

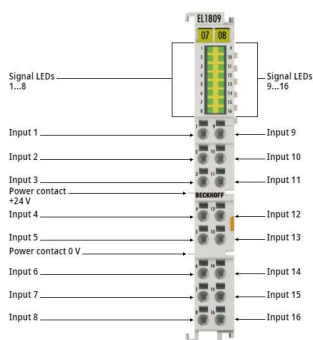


Kuva 4. CX5130-0122 logiikka.

TwinCAT2 ohjelmisto jakautuu kahteen alaohjelmaan: System Manager ja PLC Control. Molempien ohjelmien käyttäminen on välttämätöntä PLC-kommunikaation kanssa.

3.1.1 System Manager

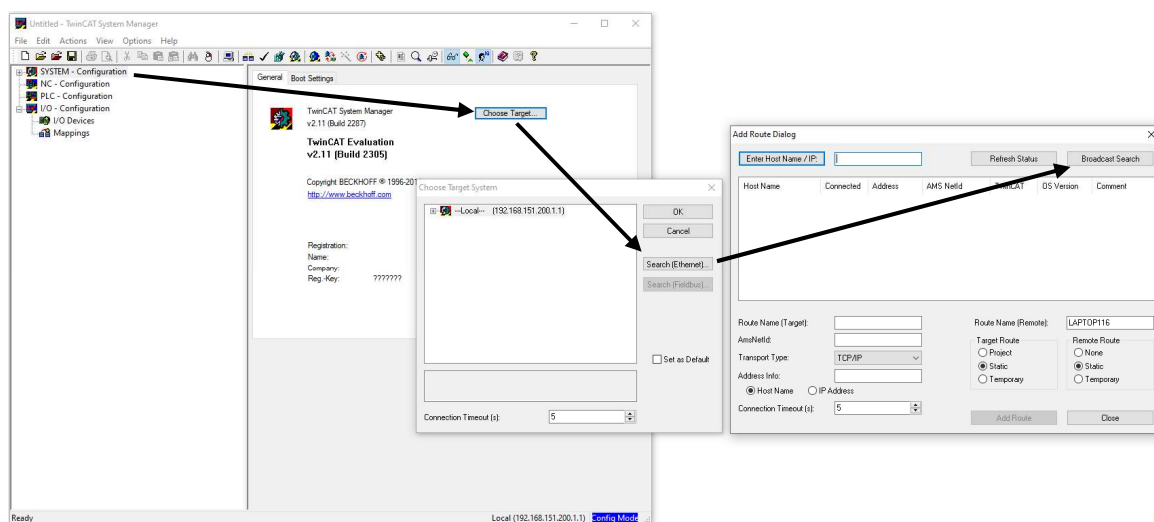
System Manager on työkalu laitteiden kuvauksen luomiselle. System Managerin sisällä määritellään esimerkiksi IO:t (Input/Output) sekä tarvittavat akselit. Ohjelmassa linkitetään logiikan tulot ja lähdöt fyysisiin korttipaikkoihin. ”Kortti”-nimityksellä tarkoitetaan IO terminaaleja, joihin fyysiset johdot kytketään sähkökaapissa. Kortit ovat helposti vaihdettavia ja niitä on saatavilla moneen tarkoitukseen. Laitteiden kirjastot määritellään ohjelman kansiorakenteisiin.



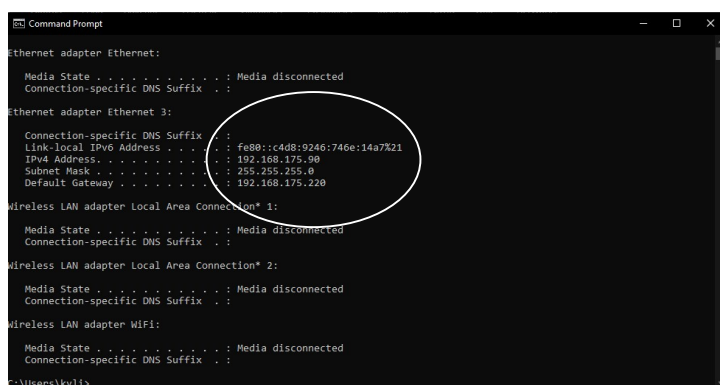
Kuva 5. IO terminaali (Beckhoff, 2021).

Projektia luodessa käyttäjän täytyy etsiä samassa verkossa oleva PLC ja yhdistää siihen System managerilla. Yhdistämisessä usein tulee ongelmia, mikäli PLC ei ole uusi. IP-osoitteen etsintään menee aikaa ja hyvinä apukeinoina ovat komentokehötteen kautta suoritettava ARP-kysely (Address Resolution Protocol), joka antaa samassa verkossa liikennöitsivien laitteiden IP- ja MAC-osoitteet (Internet Protocol and Media Access Control). Toinen vaihtoehto on tarkkailla Wireshark-ohjelmalla verkossa tapahtuvaa liikennettä ja etsiä sieltä mahdollinen PLC.

PLC:n etsiminen tapahtuu valitsemalla **Choose Target** → **Search (Ethernet)** → **Broadcast search**. Tämän jälkeen listaan ilmestyy samassa verkossa olevat PLC:t. Mikäli lista on tyhjä, on hyvä varmistaa oman tietokoneen IP-alue. Oman IP-osoitteen voi tarkistaa komentokehoteen kautta kirjoittamalla **ipconfig**. Listaan ilmestyy yhdistettyjen verkkokorttien IP-osoitteet, aliverkon peite ja oletusyhdyskäytävä. Yhdistämisen jälkeen voi ohjelman tekemisen aloittaa.



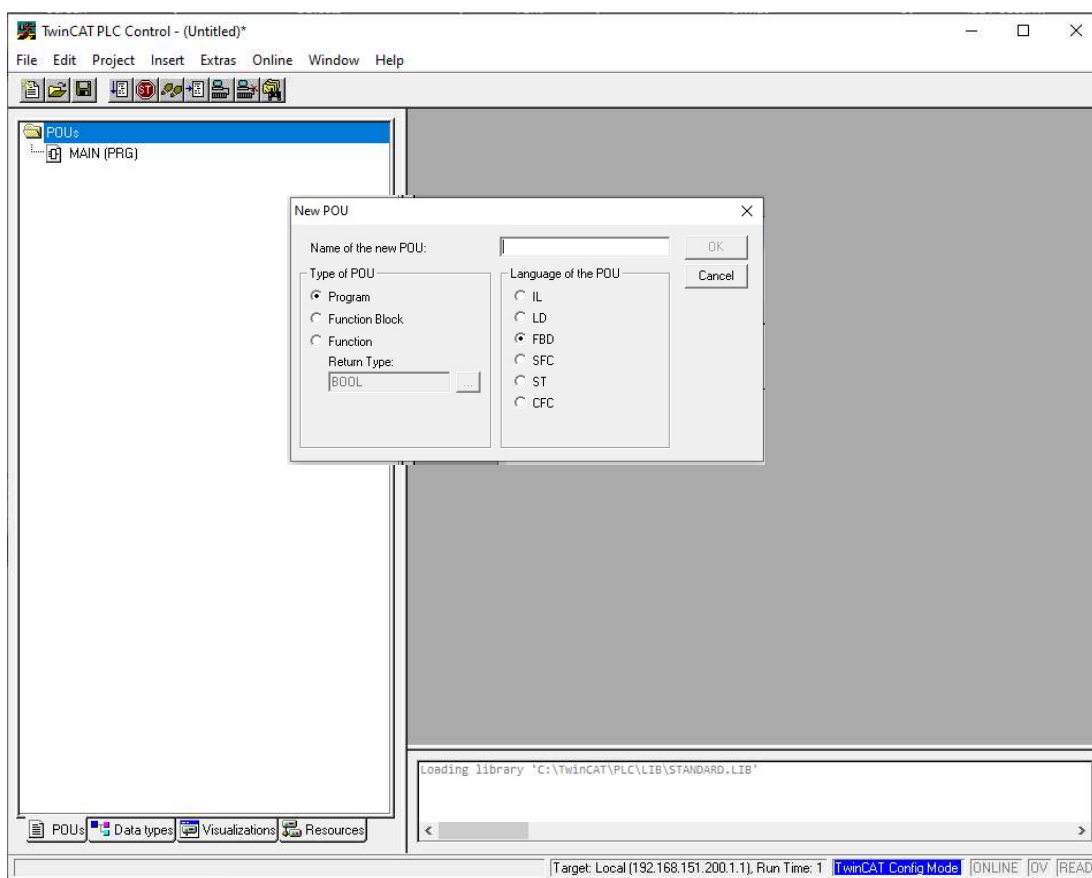
Kuva 6. System Manager käyttöliittymä.



Kuva 7. Komentokehote.

3.1.2 PLC Control

TwinCAT PLC Control:in alta löytyy varsinainen ohjelmointiympäristö. Ohjelmaa luodessa, valitaan kohdeympäristö ja millä kielellä ohjelma tullaan suorittamaan. *New POU* -ikkunasta valitaan haluttu kieli ja ohjelmalohkolle sopiva nimi, esimerkiksi *MAIN*. Tämän jälkeen voi ohjelman varsinaisen tekemisen aloittaa.



Kuva 8. PLC Control käyttöliittymä.

4 PROFIIILILINJA

4.1 Yleiskuva

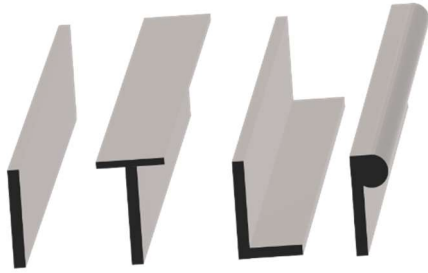
Profiililinnan tarkoituksena on valmistaa käyttövalmiita profiileja, jotka hitsataan tuotannon jatkovaiheessa levyyn kiinni tukemaan sen rakennetta. Puhekielessä käytetään usein nimeä ”jäykkäri”.



Kuva 9. Valmiita profiileja levyyn hitsattuna.

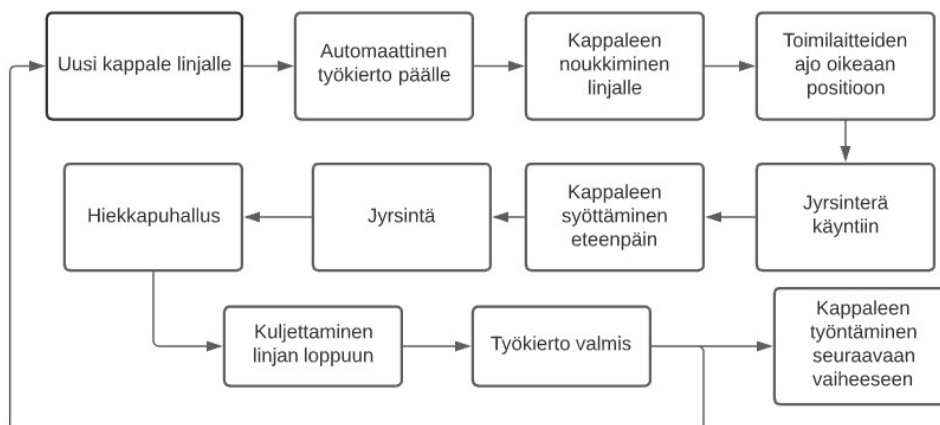
4.2 Toiminnankuvaus

Raakarauta tuodaan linjan lastausalueelle tähän tarkoitettu nosturilla. Tuodun profiilin pituus voi vaihdella 6000–16000 mm ja paksuus 4–25 mm. Profiilin mitoissa on rajoituksia. Tietyn muotoiselle profiilille on omat raja-arvonsa. Sallittuja muotoja ovat **I**, **T**, **L** ja **P**. Suurimman profiilin paino on jopa 2500 kiloa.



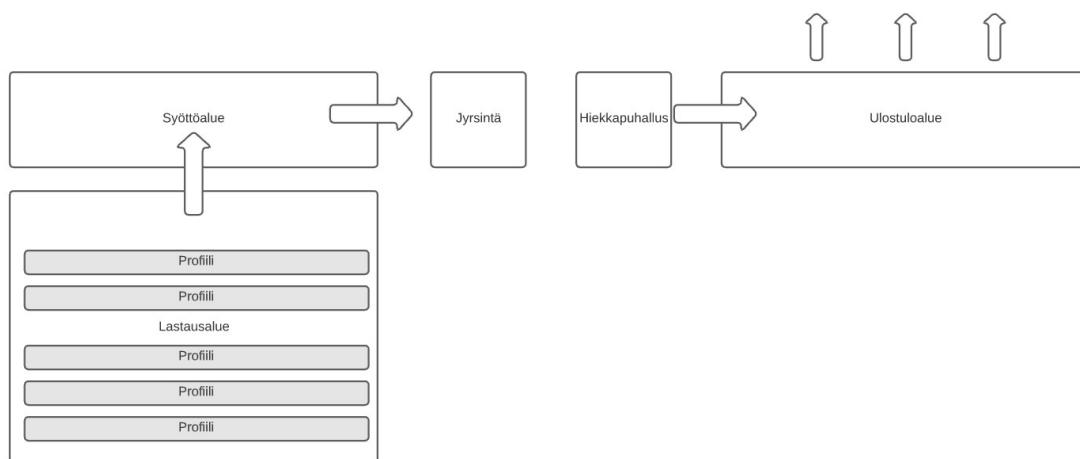
Kuva 10. Profiilien muodot.

Profiilin lastaamisen jälkeen voi automaattinen työkierto alkaa. Jokaisella profiililla on asiakkaan lähettämästä tiedostosta muunneltu oma XML-tiedosto. Tiedosto antaa kappaleen mitat, mitä sille tehdään ja mihin se menee. Linjan PLC lukee nämä tiedot ja valmistelee laitteen näiden parametrien mukaan toimivaksi. Tämä tarkoittaa käytännössä sivutukien, moottorien ja servojen ajamista oikeaan paikkaan, jotta kappale mahtuu laitteesta läpi.



Kuva 11. Työkierto.

Kappaleen saavuttua syöttölinjalle lastausalueelta, voidaan laittaa jysinterä käyntiin. Syöttö alkaa, kun terä on saavuttanut halutun jysintänopeuden. Kappale kulkee linjan läpi vaakatasossa jysien toisen sivun suoraksi ja puhaltaen sen hiekkapuhalluksessa puhtaaksi. Ulostuloalueelta se työnnetään tuotannon seuraavaan vaiheeseen.



Kuva 12. Profiililinjan 2D kuva ylhäältä.

4.2.1 Jyrsintä

Metallijyrsintä on kappaleen ulkomuodon muokkaamista jyrsintäterän avulla (Valmistajat.fi, 2021). Jyrsinnän aikana kappale kulkee horisontaalisesti terän vierestä jyrkien siitä halutun määrän pois. Määrään vaikuttaa haluttu lopputulos. Esimerkiksi 122 mm korkea profiili halutaan hitsattavaksi 120 mm kokoisena. Tämä tarkoittaa, että jyrsimen parametreihin asetetaan lastukooksi 2 mm. Lastukokoa säädetään kehyksen eli sivutuen paikan vaihtamisella. Servomoottoriohjauksella oleva kehys ajetaan haluttuun kokoon, joka ohjaa jyrsintä ottamaan tietyn kokoisia lastuja pois. Jyrsinalue on suojattu, jotta vaaratilanteita ei pääse syntymään.



Kuva 13. Jyrsinterä kohteessa.

Jyrsimen muoto lähentelee V-kirjainta. Asiakkaan vaatimusten mukaisesti toimitettu jyrsinterä lastuaa kappaleesta terän muodon ja kehyksen koon verran lastua pois. Servo-ohjauksella säädettävä terä antaa mahdollisuuden myös terän nostoon ja laskuun.

5 KÄYTTÖÖNOTTO

Tässä osiossa havainnollistetaan, miten käyttöönotto profiililinjalle tehdään. Opinnäytetyön aloitusajankohta ei ollut koko projektin ensimetreiltä, joten edellisen työntekijän suorittama käyttöönotto jätetään tässä huomioimatta puutteellisen tiedon vuoksi.

5.1 Perehdytys

Perehdytys on tärkeä vaihe jokaisen projektin kohdalla. Huolellisesti käsitelty aihe on niin tekijälle kuin perehdyttäjälle suuri etu. Huonosti perehdytetty joutuu suuremman työn alle ja työtunteja tulee merkittävästi lisää. Kun taas hyvin perehdytetty osaa tarttua tilanteeseen ja pääsee ilman suurempia mutkia heti työn ääreen. Kyse on myös turvallisuudesta (Intro, 2020).

Tässä tapauksessa linjan perehdytys oli riittävä. Saatu informaatio ja kahden päivän pituinen tietopaketti antoi hyvän aloituksen käyttöönottoon. Perehdytyksen aikana ei osannut kysyä kaikkea tarvittavaa ja mietittävää jäi vielä tämänkin jälkeen. Onneksi yrityksen asiantuntevat työntekijät osasivat auttaa aina tarvittaessa. Perehdytyspalaverissa systemaattisesti läpikäydyt aiheet olivat:

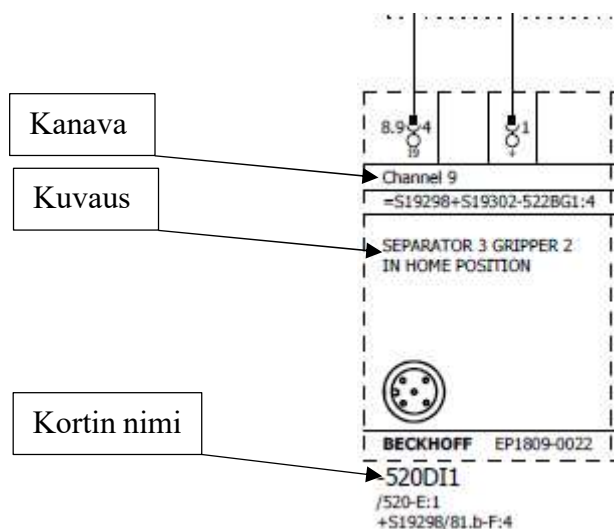
- Linjan toimintakuvaus
- Mekaaninen rakenne
- Sähköiset toimilaitteet
- Ohjelman toiminta lohko kerrallaan

5.2 Ohjelman suunnittelu

Useassa tilanteessa kuultu fraasi ”Hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” ajaa sisältönsä tähänkin aiheeseen. Mikäli ohjelman suunnittelu vastaa riittävää toiminnallisuuden tasoa, antaa se merkittävän edun ohjelman testaukseen. Sinne päin tehty ohjelma voi olla riski turvallisuudelle ja aiheuttaa testausvaiheessa enemmän työtä mitä alun perin oli

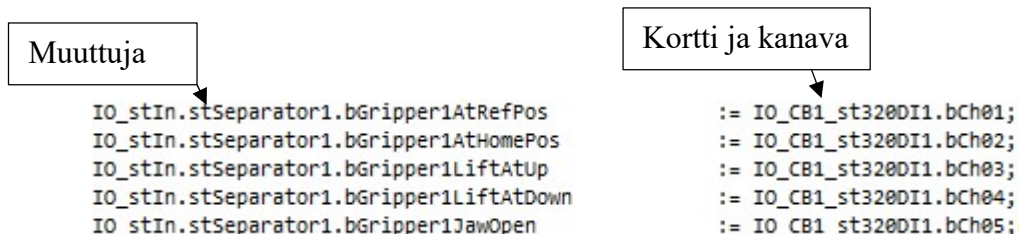
ajateltu. Suunnitelma voi olla esimerkiksi Excel-taulukko, jossa kuvaillaan ohjelman toimintavaatimukset ja miten eteneminen menee askelittain.

Ohjelman suunnittelu alkaa sähköpiirustuksiin perehtymällä. Tässä linjassa hieman vajaa 300 sivua sähköpiirustuksia kuvailee linjan toiminnan sähköisten toimilaitteiden muodossa. Piirustukset sisältävät johdotukset, toimilaitteet ja jokaisen komponentin toimintakuvaus. Toimintakuvaus kertoo toimilaitteen toiminnon tai mahdollisen IO-liitännän sisääntulotiedon tai uloslähdön ohjauksen.



Kuva 14. Toimilaite linjan sähköpiirustuksessa.

Piirustuksissa esiintyvillä tiedoilla tarkastetaan ohjelman määrittelyt ja tarvittaessa lisätään uusia. Määrittelyillä ohjelma tietää mihin korttiin ja kanavaan esimerkiksi erotimen 3 tarttujan 2 kotiasennon anturiliitännän sisääntulo on kytketty. Ohjelman sisällä on tämän jälkeen yksinkertaista viitata tiettyyn anturiin selventävien muuttujien avulla.



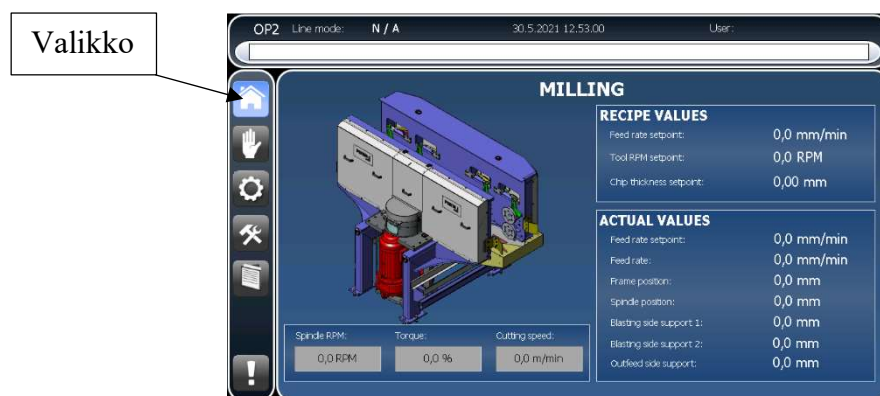
Kuva 15. Muuttujien määrittely ohjelmassa.

Muuttujien määrittelyn jälkeen voidaan toimintaa mieltää ohjelman kannalta. Esimerkiksi ketjukuljettimen moottoriohjaus manuaalisesti kuulostaa yksinkertaiselta, mutta ohjelmassa tulee ottaa monta tekijää huomioon. Muun muassa nopeus, lukitukset, ohjauspaikka, pysäytysrampit ja muu turvallisuus on hyvä alustavasti mieltää etukäteen, jotta suuria kysymysmerkkejä ei jää ohjelman testausvaiheeseen.

Ohjelman turvallisuus on oleellinen osa koko ohjelman rakennetta ja koskee jokaista toimilaitetta aina antureista moottoreihin. Turvallisuuteen liittyen on hyvä olla erillinen suunnitelma koko linjan turvatoimille. Tällä linjalla olemassa olevat turvallisuus-suunnitelmat oli tehty yrityksen oman turvallisuusosaston toimesta. Tämä suunnitelma kertoo muun muassa mille alueille tietyt hätäseis-painikkeet vaikuttivat ja niiden sijainnit fyysisessä ympäristössä.

5.2.1 Käyttöliittymät

Nielsenin mukaan käyttöliittymän suunnittelussa tulisi ottaa huomioon opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheettömyys ja tyytyväisyys (Harri Laine, 2000). Käyttöliittymäsuunniteluun on hyvä varata reilusti aikaa, sillä ulkoasun muotoilussa kuluu aikaa paljon. Muutoksiin on hyvä varautua, sillä lisäyksiä ja ominaisuuksia tulee matkan varrella todennäköisesti vielä lisää.



Kuva 16. Käyttöliittymä.

Käyttöliittymäsuunnittelussa pätee 80:20 sääntö monessa mielessä. Yleisesti ottaen 80 prosenttia käyttäjistä käyttää vain 20 prosenttia ominaisuuksista. Tutkimustulos on tehty vuonna 2002 Standish Groupin toimesta (Jim Bird, 2013). Tämä tarkoittaa

suunnittelussa tärkeiden elementtien asetelua helposti muistettaville paikoille, jotta käyttäjä oppii toiminnot nopeasti.

5.2.2 IEC 61131-3

PLC ohjelmoinnin näkökulmasta tärkein standardi on IEC-61131-3, joka määrittelee ohjelmointikielien (IEC-61131-3:en, 2013). Standardissa määritellyt ohjelmointikielien ovat IL, ST, SFC, FBD ja LD. Kielien ominaisuuksissa on paljon samankaltaisuuksia. Esimerkiksi saman toiminnon voi tehdä usealla kielellä, mutta tekotapa hieman vaihtelee.

Taulukko 1. Ohjelmointikielien (IEC 61131-3:en, 2013).

IL	Instruction Text	$LD \quad X$ $AND \quad Y$ $ST \quad Z$
ST	Structured Text	$C := X AND Y;$
SFC	Sequential Function Chart	<pre> graph TD Init1[Init] -- Ehto 1 --> Askel1[Askel 1] Askel1 -- Ehto 2 --> Init2[Init] </pre>
FBD	Function Block Diagram	<pre> graph LR X((X)) --- AND[AND] Y((Y)) --- AND AND --- Z((Z)) </pre>
LD	Ladder Diagram	<pre> graph LR X1[] --- X2[] X2 --- Y1[] Y1 --- Z(()) </pre>

5.2.3 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY

Koneturvallisuudirektiiviin perehtyminen oli osana ohjelman suunnittelua. Esimerkiksi direktiivin mukaan, mikäli toimilaitteen ohjaus on mahdollista monesta paikasta, on järjestelmä suunniteltava yhden ohjauspaikan varaustoiminnolla. Tämä tarkoittaa käytännössä käyttäjän halutessa ohjata moottoria ohjauspaikasta, niin estää se muiden ohjauspaikkojen toiminnan joko ohjelmallisesti tai fyysisellä johdotuksella (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY, 2006).



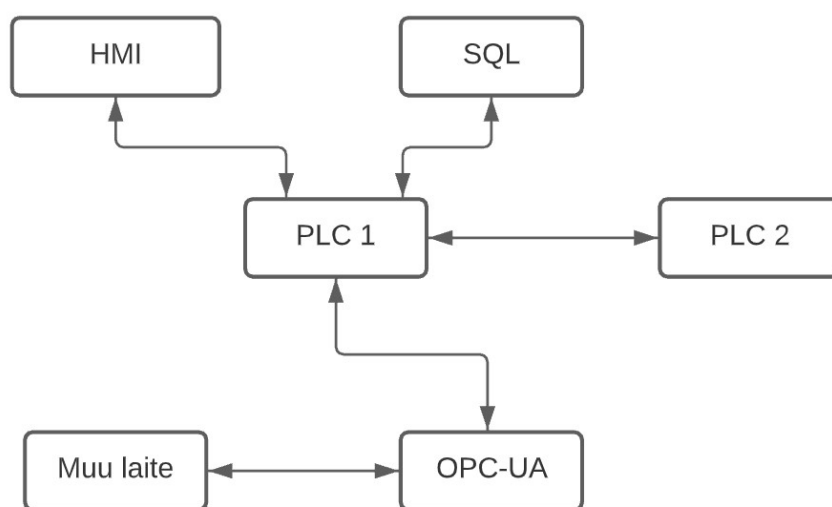
Kuva 17. Testiympäristö.

Tämän toiminnallisuuden tekeminen ajoittui suunnitteluvaiheeseen, sillä ohjelmassa tehtävien varaustietojen ja manuaaliohjauksen käyttöpaikan tarkkailun toteuttaminen veisi testausvaiheesta aikaa pois todellisessa ympäristössä. Toteutus tapahtui ohjelmaan tehtävillä muutoksilla. Testaus tapahtui työpöydällä testilogiikalla sekä kahdella Beijer X2 Pro kosketusnäytöllä, jotka simuloivat todellisia näyttöjä. Simuloinnin aikana testattiin myös käyttöliittymän elementit ja niiden toimivuus.

5.2.4 Kommunikaatiot

Suurissa järjestelmissä mukaan tulevat erilaiset kommunikaatiot eli menetelmät, joiden avulla saman tai eri valmistajien tuotteet keskustelevat keskenään. Tässä linjassa tarvittiin keskustelua monen eri sovelluksen ja laitteen kanssa. PLC toimii järjestelmän

aivoina ja antaa toimintakäskyjä eteenpäin. HMI:t (Human-Machine Interface) eli kosketusnäytöt antavat käyttäjälle informaatiota linjan tilanteesta ja mahdollistavat laitteen kanssa toimimisen esimerkiksi moottorin ohjauksen ja asetusten säätämisen. SQL (Structured Query Language) pitää sisällään tietokannan profiilidatan säilytykselle ja hakemiselle. OPC-UA palvelin (Open Platform Communications-Unified Architecture) toimii laitteiden välisenä keskustelupalvelimena. Esimerkiksi tällä linjalla profiililinjan IO keskustelee toisen valmistajan leikkuulinjan kanssa vaihtaen tietoja OPC-UA palvelimen kautta.



Kuva 18. Kommunikaatorakenne.

5.3 Yksikkötestaus

Yksikkötestausvaihe tarkoittaa yksittäisen komponentin testausta. Jos projektissa on suuri määrä testattavaa, niin on hyvä koota Excel tiedosto, johon merkataan komponentti ja sen testauksen tulos. Tässä linjassa merkittävä määrä IO korttien tuloja ja lähtöjä testattiin asiakkaalla kohteessa ja merkattiin testaustulos Excel listaan. On helpompaa katsoa listasta testauksen suoritus, kuin pitää tiedot muistin varassa.

POSITIO	Sarake1	IO-	TYPE	IO-modu	Cha	Si	Pin	function	ok m	Date	OK
1.0-MC1, MILLING MACHINE/20DI1	PLC connection point, DI	DI		20DI1	I12		12	MOTOR PROTECTION HYDRAULIC MACHINERY MILLING MACHINE	=S19211+S19211-13FC	2.2.2021	-
1.0-MC1, MILLING MACHINE/20DI1	PLC connection point, DI	DI		20DI1	I13		13	MOTOR PROTECTION CABINET COOLER	=S19211+S19211-2FC1	2.2.2021	OK
1.0-MC1, MILLING MACHINE/20DI1	PLC connection point, DI	DI		20DI1	I14		14			2.2.2021	
1.0-MC1, MILLING MACHINE/20DI1	PLC connection point, DI	DI		20DI1	I15		15	CIRCUIT BREAKER FEEDBACK 230VAC	=S19211+S19211-14F2	2.2.2021	OK
1.0-MC1, MILLING MACHINE/20DI1	PLC connection point, DI	DI		20DI1	I16		16	CIRCUIT BREAKER FEEDBACK (24VDC)	=S19211+S19211-15F5	2.2.2021	OK
1.0-MC1, MILLING MACHINE/20DI1	PLC connection point, DI	DI		20DI1	I2		2	EMERGENCY STOP FEEDBACK	=S19211+S19211-16O	2.2.2021	OK

Kuva 19. IO-lista.

Sisääntulokortit testattiin syöttämällä siihen 24 voltia. Anturien kohdalla jännite päätettiin anturin syöttöliitännään ja aktivoitiin kyseinen anturi. Esimerkiksi induktiivisen anturin kohdalla magneettinen kappale asetettiin sen eteen ja tarkasteltiin ohjelmasta, muuttuuko signaali. Mikäli muutos tapahtuu, laitettiin listaan ”OK”.

Jokainen listan osa käytiin läpi. Toisinaan se vaati esimerkiksi ohjelmaan pieniä muutoksia, jotta saatiin ulostulokorteista signaali ulos ja näin ollen todennettua sen olevan kunnossa.

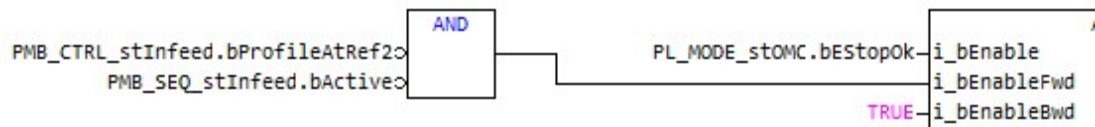
Yksikkötestauksen hyöty on siinä, että myöhemmässä vaiheessa voi ilmetä ongelmia. Jokin kokonaisuus ei toimi ja vikaa etsitään pidemmän aikaa, vaikka tämä olisi voitu todeta jo yksikkötestauksen aikana. Testaukseen aikaa kului muutama päivä.

5.4 Integrintitestaus

Integrintitestaus eli jonkin osakokonaisuuden testaus tarkoittaa tietyn osa-alueen toimintakyvyn toteamista määritellyllä tavalla. Osa-alueeseen voi kuulua useampi komponentti koottuna yhteen. Hyvä esimerkki on servomoottoriohjaus. Ohjaus käyttöliittymästä tapahtuu valitsemalla moottori ja vääntämällä ohjausvivusta haluttuun suuntaan. Moottori lähtee liikkeelle ja raja-arvon tai päätyanturin tunnistaessa se pysähtyy. Tällä tuloksella voidaan todeta moottorin, käyttöliittymän ja anturin toiminta onnistuneeksi.

Integrintitestausvaiheessa testattiin linjan osa-alueet yksitellen. Jokainen liike ajettiin manuaalijolla päätyarvoihin ja todettiin sen pysähtyvän halutussa paikkaa halutulla tavalla. Tässä vaiheessa yleensä menee paljon aikaa, sillä anturien paikkasäädöt ovat oleellinen osa testausta. Moottorin liike halutaan pysäyttää tietyssä kohtaa aiheuttamatta vaaratilannetta. Manuaalijoihin tulee suunnitella asianmukaiset lukitukset. Lukituksilla tarkoitetaan niiden toimintojen estoa, jotka vaikuttavat vaarantavasti laitteen

toimintaan. Lukitusten puutteen vuoksi voi laite tehdä itselleen tai ympäristölleen vahinkoa. Esimerkiksi kuljettimen ohjauslohkossa annetaan ajolupa vasta, kun hätäseispiiri on ehjä, kuljetin ei ole saavuttanut päätyrajaansa ja automaattinen sekvenssi ei ole päällä.

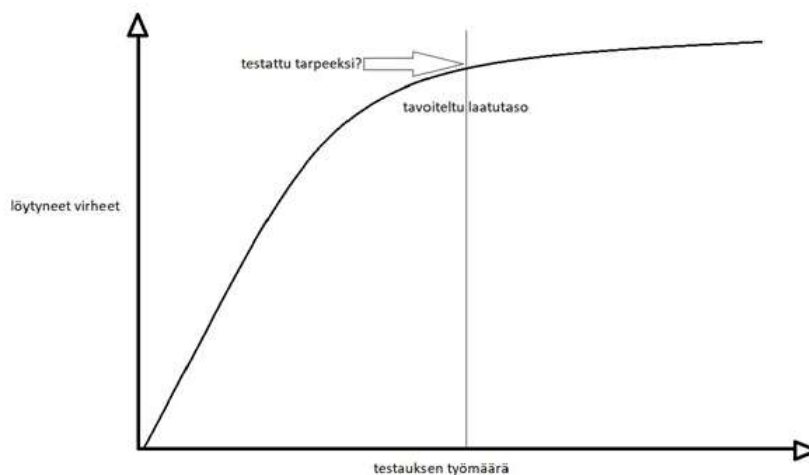


Kuva 20. Moottorilohkon sallimisehdot.

Integrointitestauksen hyödyt ovat osakokonaisuuksien toiminnan toteaminen ennen koko linjan testaamista. Virheiden sekä vaaratilanteiden syntymisen riski pienentyy huomattavasti, kun riittävät lukitukset ja toiminnot on todettu toimiviksi.

5.5 Järjestelmätestaus

Koko järjestelmän testaus on käyttöönoton vaiheista pisin. Tässä vaiheessa testataan koko linjan toiminta. Linjan testaustavoite oli testata automaattiajtoa ja koko järjestelmän toimintaa riittävän monipuolisella tasolla, jotta virheiden ja bugien mahdollisuus ohjelmassa laskisi minimiin.

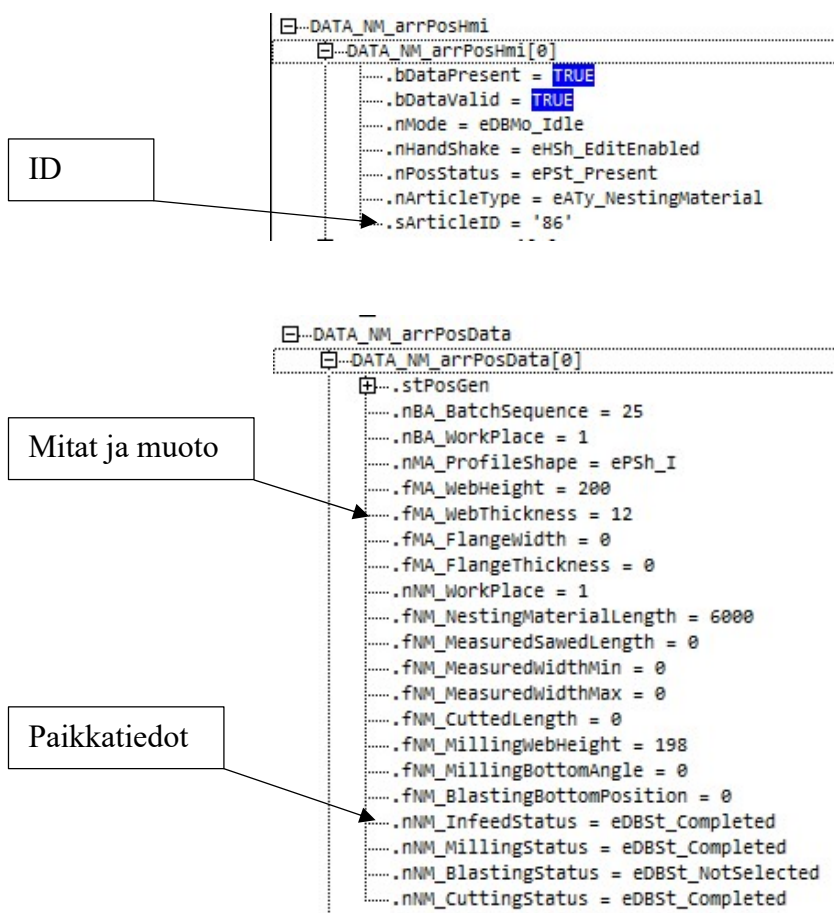


Kuva 21. Testauksessa löytyneet virheet suhteutettuna työmäärään (Juvonen, 2018).

5.5.1 Automaattiajo

Järjestelmätestauksen ensiaskeleina oli saada automattiajo toimintakuntoon. Automaatin toimintaa koeajettiin aluksi kappaleella, joka alittaisi luvutun minimikoon. Tässä tapauksessa profiilin koko oli 4000x80x4 mm. Tämä tarkoittaa minimipituuden alittavaa mitta ja jyrynnän jälkeen myös minimikorkeus tulisi testattua. Tämä siksi, että voidaan todeta laitteen toimivan varmasti pienimmillä profiileilla. Samalla testattiin kokonaisuutta yleisellä tasolla, löydettiin bugeja ja korjattiin niitä.

Kappaleen jyrintää ei voinut tehdä monta kertaa sillä muuten kappaleen korkeus las- kisi niin pieneksi, että se olisi linjalle epäsojiva. Tästä syystä samalle kappaleelle tehtiin kuiva-ajoa linjan alusta loppuun tarkkaillen sekvenssin etenemistä ja datan liikku- mista ohjelmassa. Kappaleille on ennen linjalle saapumista luotu ID, joka yksilöi sen. ID:n mukana kulkee kappaleen tiedot. Tiedoissa on sijainti, koko, mistä se on tulossa ja mihin se on menossa.



Kuva 22. Profiilin tiedot ohjelmassa.

Lopputuloksen tarkkailu oli heti alussa tärkeässä roolissa, ettei myöhemmin huomata virheitä, joita olisi pitänyt aikaisemmin korjata. Jyrsinnän jälkeen profiilin korkeus oli oltava 0,2 mm toleranssissa ja hiekkapuhallusjäljen sillä tasolla, että asiakas oli tyytyväinen. Hiekkapuhallukselle ei ollut määritelty standardeja.

Profiilin korkeuden toleranssisäätöihin kulutettiin aikaa muutama päivä ja lopputuloksena päästiin toleranssin sisään. Säättöjä tehtiin jyrsimen sisällä oleviin tukirulliin ja muuttamalla servon paikkatietoa. Näitä muuttamalla voitiin profiilin jyrsimen jälkeistä korkeutta säätää. Lopulliset toleranssimittaukset tehdään vielä ennen linjan luovutusta.

Hiekkapuhallusjäljen riittävän hyvään lopputulokseen ei päästy, sillä asiakkaan toimitamat rakeet olivat liian karkeita. Opinnäytetyö ei etene niin pitkälle, että olisimme ehtineet rakeet vaihtamaan uusiin. Hiekkapuhalluksen lopputulos oli kuitenkin tuotannon jatkovaiheeseen riittävällä tasolla, jotta profiileja pystyttiin hitsaamaan.

Tällä linjalla testattavaa oli paljon. Järjestelmätestauksen alussa testattiin automaattiajaja linjan alusta loppuun saakka mahdollisimman monella erilaisella kappaleella. Testimateriaalin läpiajaja suoritettiin muutamassa kuukaudessa yli 100 kappaletta. Myös virheiden tutkimiseen ja korjaamiseen kulunut aika oli kohtuullisen suuri.

Profiililinjan ohjelmaan tehtiin huomattavia muutoksia edellisen työntekijän lähdön jälkeen. Linja oli alun perin suunniteltu semi-automaattiseksi, eli ennen automaattiajaja piti käyttäjän ajaa manuaalisesti toimilaitteet kotiasentoihin. Vasta kotiajon jälkeen voitiin automaattinen työkierto aloittaa. Ohjelmaan tehtävät muutokset tekivät linjasta täys-automaattisen. Toimilaitteet ajavat kotiasentoihin sekvenssissä määritellyllä tavalla ja tämän ansiosta käyttäjä säästää merkittävästi aikaa. Myös tuotanto olisi tämän myötä tehokkaampaa.

5.5.2 Datan keräys

Profililinjaan oli asiakkaan toiveen mukaisesti toteutettava datan keräysmahdollisuus. Asiakkaan järjestelmään lähetetään OPC-UA palvelimen kautta päivittäiset tuotantodatan tiedot. Asiakkaan oma järjestelmä kerää tiedot päivittäin keskiyöllä kello 00:00. Logiikan ohjelmaan lisättiin muuttujia, joihin kerättiin tiedot. Data nollattiin keskiyöllä tiedonkeruun jälkeen, jotta seuraavan päivän tiedot alkaisivat alusta. Edellisen päivän tietoja käyttäjä pystyy myös tarkkailemaan käyttöliittymästä.

Tuotantodatasta kerätyt tiedot:

- Tuotetut profiilit
- Jyrsityt metrit
- Hiekkapuhalluksen metrit
- Jyrsinnän ja hiekkapuhalluksen käyttöajat
- Seisokkiaika
- Vikatilanteessa vian syy

```

STRUCT
(*---- Watchdog (1 byte) -----*)
nwatchDog          : BYTE;          (*watchdog for communication*)      (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)

(*---- Meters (6 bytes) -----*)
mMetersBlasting    : REAL;          (*Meters of blasting*)          (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
mMetersMilling     : REAL;          (*Meters of milling*)          (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
(* mMetersCutting   : REAL;          (*Meters of cutting*)          (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)

(*---- Process (2 bytes + (50 bytes * number of active alarms) -----*)
nProcessedProfiles : INT;          (*Number of processed profiles*) (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
arrbFailureReason  : ARRAY[1..455] OF BOOL;
(*---- Time (128 bytes) -----*)
(* tCuttingOperatingTime : TIME;          (*TODO*)          (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
(* tMillingOperatingTime : TIME;          (*milling cell operating time*) (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
tBlastingOperatingTime : TIME;          (*blasting cell operating time*) (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
tDowntime          : TIME;          (*the amount of time for downtime*) (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)

(*----HMI-----*)
sDateToHMI        : STRING[25];    (*Yesterdays day to HMI*)      (*~(OPC:1:Available for OPC-clients) ~ (OPC_PROP[0005]:1: read-only) *)
END_STRUCT
END_TYPE

```

Kuva 23. OPC-UA muuttujat ohjelmassa.

6 TULOKSET

Lopputuloksena päästiin tavoitteisiin. Käyttöönotto sujui mallikkaasti. Myös profiilien jyrsintä ja hiekkapuhallus oli standardien mukaisella tasolla tuotannon jatkovaiheisiin. Luvattuihin standardeihin päästiin. Profiilien koot ovat toleranssien sisällä ja lopputuotteen laatu vastaa asiakkaan vaatimuksia. Tulevaisuudessa tullaan vielä vaihtamaan hiekkapuhalluksen rakeet uusiin, joka muuttaa lopputuloksen jälkeä hieman tasaisemmaksi. Linjan automaattinen toiminta on testattu sillä tasolla, joka vastaa toiminnallisuuden erinomaista tasoa.



Kuva 24. Valmis lopputuote.

7 YHTEENVETO

Opinnäyteyössä asiakkaan tuotantotiloissa käyttöönotettu profiililinja oli erittäin mielenkiintoinen aihe tutkia ja käyttöönottaa. Opinnäytetyön tekemisen aikana oma kehitys ja oppimisprosessi on ollut nousujohteista. Itsellä ei ollut aikaisempaa kokemusta jyrsinnästä tai hiekkapuhalluksesta. Tästä työstä saatu tieto on hyödyksi myös tulevaisuudessa vastaavia kokonaisuuksia tehtäessä.

Työn ohjelmointiin ja käyttöönottoon kulutettu aika oli melko suuri. Työssä käytettävät ohjelmat olivat etukäteen jo melko tuttuja, mutta työn tekemisen aikana on opittu paljon uusia taitoja ohjelmiin ja käyttöönottoon liittyen. Koen, että tämä auttaa ehdottomasti tulevaisuudessa projekteissa käyttöönottamaan uusia laitteita.

Henkilökohtaisia haasteita käyttöönotossa oli erityisesti vanhan ohjelman tutkiminen. Jokaisella ohjelmoijalla on oma käsiala koodissa, joten ohjelman tutkimiseen kulutettu aika oli kohtalainen. Lopputuloksena olen tyytyväinen käyttöönoton etenemiseen ja profiililinnan tuottamiin valmisiin tuotteisiin. Asiakkaalta on myös saatu positiivista palautetta.

LÄHTEET

Beckhoff Automation. 2021. TwinCAT software. Viitattu 26.4.2021.

<https://www.beckhoff.com/fi-fi/>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2006/42/EY. 2006. Viitattu 22.1.2021.

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/ALL/?uri=CELEX%3A32006L0042>

Finder. 2020. Pemamek Oy – taloustiedot. Viitattu 12.4.2021. <https://www.finder.fi/Automaatio/Pemamek+Oy/Loimaa/yhteystiedot/166772>

Harri Laine. 2000. Johdatus sovellussuunnitteluun osa 4 käyttöliittymät. Viitattu 1.6.2021. https://www.cs.helsinki.fi/u/laine/jossu/s00/jss_u4.pdf

Intro. 2020. Millainen on hyvä perehdytys. Viitattu 29.5.2021. <https://intro.fcgtalent.fi/blogit/millainen-on-hyva-perehdytys/>

Jim Bird. 2013. Applying the 80:20 Rule in Software Development. Viitattu 30.5.2021. <https://dzone.com/articles/applying-8020-rule-software>

Rami Juvonen. 2018. Ohjelmistoprojektien sudenkuopat ja miten ne vältetään. Helsinki BoD. viitattu 29.4.2021.

Pemamek Oy. 2021. Pemamek hitsaus- ja tuotantoautomaattioratkaisut. Viitattu 22.4.2021. <https://pemamek.com/fi/>

Sappinen Maija. 2021. Teollisuuden liikevaihtokuvaaja. Viitattu 22.1.2021.

https://www.stat.fi/til/tlv/2020/11/tlv_2020_11_2021-01-15_tie_001_fi.html

Valmistajat.fi. 2021. Jyrsintä. Viitattu 23.5.2021. <https://valmistajat.fi/menetelmat/koneistus/jyrsinta>

IEC-61131-3:en. 2013. Ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmointikielet. Viitattu 23.1.2021.