



jamk

Radanohjausjärjestelmän suunnittelu ja kaupallistaminen

Miikka Meisaari

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2022

Tekniikan-ala

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Meisaari, Miikka

Radanohjausjärjestelmän suunnittelu ja kaupallistaminen

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2022, 78 sivua.

Tekniikan ala. Sähkö- ja automaatiotekniikan. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuotteistaa toimeksiantajalle radanohjausjärjestelmä, jota oli aikaisemmin toteutettu asiakaskohtaisina projekteina jokaiselle asiakkaalle yksilöllisin toivein. Tuotteistamisen ja kaupallistamisen tavoitteena oli luoda yksi optimaalinen ja mahdollisimman moneen paikkaan soveltuva radanohjausjärjestelmä. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimi AFRY Finland Oy.

Tutkimus toteutettiin perehtymällä aikaisempiin toimeksiantajan toteuttamiin radanohjausjärjestelmiin ja niiden toimintaperiaatteisiin, joilla sai riittävän perehdytyksen ja tietotaidon itse radanohjaukseen. Tämän jälkeen oli mahdollista perehtyä paremmin tarvittaviin ja käytettäviin komponentteihin, joita laitteessa mahdollisesti voitaisiin käyttää. Tietoperustana käytettiin radanohjausjärjestelmää ja sen toimintaa, toimeksiantajan sisäistä materiaalia ja teemahaastatteluita. Muuhun tietoperustaan käytettiin tieteellisiä artikkeleita, kirjoja ja tutkimuksia.

Kehittämistyö aloitettiin etsimällä ja miettimällä ensimmäiseksi mitä komponentteja radanohjausjärjestelmä vaatii. Etsintöjen jälkeen toteutettiin viisi eri osaluetteloa, joista valittiin yksi osaluettelo, joka soveltuu parhaiten tähän tarkoitukseen ja täytti kaikki kriteerit. Tästä osaluettelosta lähdettiin toteuttamaan 3D-mallia, jossa suunniteltiin komponenttien sijoituspaikat. 3D-mallintamisen jälkeen siitä luotiin 2D-mallit, räjäytys- ja piirikaaviokuvat.

Tutkimus onnistui ja toimeksiantaja oli tyytyväinen saamaansa materiaaliin. Materiaalin toimivuus optimaalisena järjestelmänä radanohjauksessa selviää vasta käytännön tasolla, jolloin laitteita saadaan myytyä ja toimitettua eri asiakkaille. Tulevaisuudessa kehityskohteita voisi olla radanohjausjärjestelmän myyntimateriaalin laatiminen ja havainnevideoiden toteuttaminen, missä nähtäisiin laitteen toimintaa paremmin. Lisäksi tuotteesta saadaan kentältä ja asiakkailta käytännön tasolla varmasti hyviä kehitysideoita tulevaisuutta ajatellen.

Avainsanat (asiasanat)

Radanohjausjärjestelmä, Ohjausjärjestelmä, Tuotekehitys, Tuotteistus

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

Liitteet 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 ja 26 ovat salassa pidettäviä, ja ne on poistettu julkisesta työstä. Salassapidon perustelu on Julkisuuslain 621/1999 24§, kohta 21, Teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot. Salassapitoaika on kymmenen (10) vuotta, salassapito päättyy 1.11.2032.

Meisaari, Miikka

Desing and commercialization of the Edge Control System

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2022, 78 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Electrical and Automation Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstracta

The aim of the thesis was to produce a edge control system for the client, which had previously been implemented as customer-specific projects with individual wishes for each customer. The goal of production and commercialization was to create one optimal edge control system, which is suitable for as many locations as possible. The thesis was commissioned by AFRY Finland Oy.

The research was implemented by getting familiar with the previous edge control systems by the client and also getting know their operating principles, which provided sufficient information and knowledge for the edge control system. After this, it was more possible to learn more about the necessary and usable components that could possibly be used in the device. The edge control system and how it works was used as the data base, but also the client's internal material and thematic interviews were used as the data base. Rest of the data base was covered by articles, books, and studies.

The development work started by searching and thinking about what components the edge control system requires. After the searches, five different parts lists were implemented. One parts list was selected, which was best suited for this purpose and met all the criteria. From this parts list was the starting point to make a 3D-model, and planning locations for the components. After 3D modeling, 2D models were created from it and also explode- and circuit diagram photos.

The research was successful, and the client was pleased with the material they received. The functionality of the material as an optimal system in the edge control system will only become clear on a practical level when devices can be sold and delivered for different clients. In the future, the most development targets could be creation of sales material for the edge control system and also realization of observation videos, where the operation of the device could be seen better. Also, from the customers who uses this product, will give great feedback how to develop product more practically.

Keywords/tags (subjects)

Edge control system, control system, Product Development, Production

Miscellaneous (Confidential information)

Appendixes 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 and 26 are confidential and have been removed from public theses. The basis for confidentiality is Act on the Openness of Government Activities 621/1999 24§, paragraph 21, documents concerning technological or other development project or the assessment of the same. The confidentiality period is ten (10) years, the confidentiality ends November 20, 2032.

Sisältö

1	Johdanto	4
1.1	Opinnäytetyön taustaa.....	4
1.2	Opinnäytetyön toimeksiantaja.....	4
1.3	Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus	5
2	Tutkimusasetelma	6
3	Kaupallistaminen	8
4	Prosessiautomaatio paperi- ja selluteollisuudessa	12
4.1	Paperin- ja kartonginvalmistus.....	12
4.2	Radanohjauksen tarve paperikoneessa	15
5	Prosessiautomaatio terästeollisuudessa	17
5.1	Terästeollisuus	17
5.2	Radanohjauksen tarve terästeollisuudessa	21
6	Automaatiojärjestelmä	23
6.1	Säätö ja ohjaus	24
6.2	Pneumatiikka.....	26
6.3	Servotekniikka	27
6.4	Hydrauliikka.....	27
6.5	Proportionaali- ja servoventtiilit	28
6.6	Logiikka.....	28
6.7	Rakenne.....	29
6.8	Optinen valokuitu.....	32
6.9	Konenäkö.....	33
7	Tekninen piirustus	37
8	Radanohjausjärjestelmän suunnittelu	38
8.1	Toimintaperiaate.....	38
8.2	Vaatimukset	40
8.3	Mittaus- ja ohjauspuolen vaatimukset	41
8.4	Räätälöintimahdollisuudet.....	41
8.5	Eri komponenttivalinnat.....	41
9	Radanohjausjärjestelmä toteutus	41
9.1	3D-piirroksat.....	42
9.2	2D-piirroksat.....	43
9.3	Piirikaaviot.....	44

10 Johtopäätökset	45
11 Pohdinta	46
Lähteet	48
Liitteet	51
Liite 1. Vaihtoehto A (Salassa pidettävä).....	51
Liite 2. Vaihtoehto B (Salassa pidettävä).....	52
Liite 3. Vaihtoehto C (Salassa pidettävä).....	53
Liite 4. Vaihtoehto D (Salassa pidettävä)	54
Liite 5. Vaihtoehto E (Salassa pidettävä).....	55
Liite 6. Vaihtoehto C täydellinen osaluettelo (Salassa pidettävä).....	56
Liite 7. 3D-kuva kotelosta päältä (Salassa pidettävä).....	58
Liite 8. 3D-kuva kotelosta pohjasta (Salassa pidettävä).....	58
Liite 9. 3D-kuva kotelosta sisältä (Salassa pidettävä).....	59
Liite 10. 2D-kuva kotelon ovesta ja rei'ityksestä (Salassa pidettävä).....	60
Liite 11. 2D-kuva kotelon pohjasta ja rei'ityksestä (Salassa pidettävä)	61
Liite 12. 2D-kuva kotelon pohjalevystä ja sen rei'ityksestä (Salassa pidettävä)	62
Liite 13. 2D-kuva kotelon pohjalevystä ja sen komponentimitoituksista (Salassa pidettävä).....	63
Liite 14. 2D-kuva kotelosta LT-200 mittauksella (Salassa pidettävä).....	64
Liite 15. 2D-kuva kotelosta LT-200 mittauksella ja pneumaattisella ohjauksella (Salassa pidettävä)	65
Liite 16. 2D-kuva kotelosta VISI EDGE mittauksella (Salassa pidettävä)	66
Liite 17. 2D-kuva kotelosta VISI EDGE mittauksella ja pneumaattisella ohjauksella (Salassa pidettävä)	67
Liite 18. VISIEDGE kameraliittimet (Salassa pidettävä)	68
Liite 19. Räjätyskuva pneumaattisesta ohjauksesta (Salassa pidettävä)	69
Liite 20. Räjätyskuva LT-200 mittauksen läpiviennistä (Salassa pidettävä).....	70
Liite 21. Sähkökuvat 1 sivu (Salassa pidettävä)	71
Liite 22. Sähkökuvat 2 sivu vaihtoehto A (Salassa pidettävä)	72
Liite 23. Sähkökuvat 2 sivu vaihtoehto B (Salassa pidettävä)	73
Liite 24. Sähkökuvat 3 sivu vaihtoehto A (Salassa pidettävä)	74
Liite 25. Sähkökuvat 3 sivu vaihtoehto B (Salassa pidettävä)	75
Liite 26. I/O-Luettelo (Salassa pidettävä)	76

Kuviot

Kuvio 1. AFRY:n logo	5
Kuvio 2. Lohkokaavio tuotteistamisesta	8
Kuvio 3. Rainanmuodostusosa Kitaformerin	13
Kuvio 4. Kuivatusosa	14
Kuvio 5. Viiraosa, (vihreä) puristin osa (violetti) ja kuivatusryhmät 1 ja 2 (punainen)	16
Kuvio 6. Superkalanterointi (vihreä) ja pituusleikkuri (violetti).....	16
Kuvio 7. Jatkuvavalu	18
Kuvio 8. Maalipinnoituksen vaiheet.....	20
Kuvio 9. Teräslinja	22
Kuvio 10. Suljetun säätöpiirin lohkokaavioesitys.....	24
Kuvio 11. PID-säätimen lohkokaavioesitys	26
Kuvio 12. Beckhoff CX2030 Ohjelmoitava logiikka	30
Kuvio 13. AFRY:n LT-200 Mitta-anturihaarukka.....	33
Kuvio 14. Matriisi- ja viivakamera.....	34
Kuvio 15. AFRY:n VISIEDGE Kamera	36
Kuvio 16. mittausalueen mA arvot.	39
Kuvio 17. Paperiradanohjaus havainnekuva LT-200 mittauksella ja pneummaattisella ohjauksella.	40

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön taustaa

Opinnäytetyön taustana oli, että toimeksiantaja on toteuttanut muutamia samantapaisia radanohjausjärjestelmiä projekteina hyvin erilaisilla kokoonpanoilla asiakkaiden yksilöllisten toiveiden mukaisesti. Opinnäytetyön tarkoitus oli toteuttaa yksi valmis tuote, joka soveltuisi kaikkiin mahdollisiin kohteisiin. Tämän tuotteen ansiosta saataisiin yhdenmukaistettua mahdollisimman hyvin toimeksiantajan radanohjausjärjestelmät kentällä. Lisäksi laitteen hintaa saataisiin laskettua, kun jokaista laitetta ei suunniteltaisi ja toteutettaisi yksilöllisenä projektina erikseen, vaan rakennettaisiin valmis kokonaisuus, joka olisi myös helpommin myytävissä asiakkaalle. Vastaavanlaisia laitteita löytyy muutamalta kilpailevalta yritykseltä, mutta toimeksiantaja uskoo saavansa kilpailuedun valmiimmalla tuotteella ja tarjoamalla asiakaslähtöisemmän kokemuksen sekä järjestelmän. Toimeksiantajana opinnäytetyölle toimii AFRY Finland Oy.

1.2 Opinnäytetyön toimeksiantaja

AFRY on perustettu helmikuussa 2017, kun 1895 Ruotsissa perustettu ÅF osti Suomessa vuonna 1958 perustetun Pöyryn ja tästä yrityskaupasta syntyi uusi brändi ja yritys nimeltä AFRY (ks. Kuvio 1). AFRY toimii globaalina suunnittelu- ja konsultointiyhtiönä ja on yksi Euroopan johtavia alallaan. AFRY:llä on kuusi eri divisioonaa. Prosessiteollisuus, energia, rakennettu ympäristö, AFRY X, liikkeenjohdon konsultointi, teolliset ja digitaaliset ratkaisut. Henkilöstöä löytyy globaalisti reilu 17 tuhatta työntekijää ja Suomessa on töissä 2 800 asiantuntijaa. Toimistoja löytyy globaalisti yli 50 eri maasta, työkieliä on 50 ja projekteja yli 100 eri maassa. Suomesta löytyy 28 toimipistettä Hangosta Kittilään. Pääkonttori sijaitsee Tukholmassa Ruotsissa. Liikevaihto on noin 2 miljardia euroa. (Tietoa meistä n.d.) Opinnäytetyö toteutettiin prosessiteollisuuden divisioonan Machine Vision yksikössä Jyväskylässä.



Kuvio 1. AFRY:n logo (Media kit. N.d.)

AFRY Machine Vision yksikkö on perustettu alun perin vuonna 1985 Jyväskylässä nimellä Vision Systems. Vision Systems osti Opto Controllin vuonna 2010. Protacoon osti 2018 Vision Systems:in ja nimi vaihtui oston yhteydessä Protacooniin. Protacoon vaihtoi 2020 nimekseen Pinjan. 2021 AFRY osti Pinjalta Pinja Industry osaston. AFRY:n Machine Vision yksikkö sijaitsee Jyväskylässä. Toimipisteellä toimii 12 henkilöä. Asiakkaita päälle 500 yli 40 eri maassa. Toimitettuja konenäköratkaisuja yli 3 tuhatta. Yksikössä keskitytään konenäköratkaisuihin paperi-, kartonki-, sellu-, teräs-, rengas-, elintarviketeollisuudessa ja valmistavassa teollisuudessa. Projekteja on ollut myös muilta osa-alueilta. Valmiita tuotteita löytyy 9 kpl ja opinnäytetyön tarkoituksena oli totuttaa yksi valmis tuote lisää. (Jokinen, M. 2022a.)

1.3 Opinnäytetyön tavoitteet ja rajaus

Opinnäytetyön tavoitteena on toteuttaa valmis radan ohjausjärjestelmä, johon olisi mahdollista valita toimeksiantajan omista tuotteista joko kamerapohjainen tai optinen anturi radan sijaintia mittaamaan. Mittauksen lisäksi tuote tarvitsee sähkökaapin ja komponentit sen sisälle. Opinnäytetyön tarkoituksena on mahdollistaa valmiin tuotteen tilaus suoraan alihankkijalta valmiilla dokumenteilla. Työssä suunnitellaan kaapin sisältö järkeväksi kokonaisuudeksi ja soveltuvaksi mahdollisimman monelle asiakkaalle. Lisäksi tuotteesta tehdään kaikki tarvittavat dokumentit.

Opinnäytetyöstä on rajattu pois logiikan koodaus, jotta opinnäytetyö pystytään pitämään järkevän kokoisena. Lisäksi henkilökohtaisiin tavoitteisiin tutkimusentekijälle oli päästä tutustumaan tuoteistamisenprosessiin tämänkokoisessa organisaatiossa, kehittämään ammattiosaamista radanohjausjärjestelmän toteuttamisessa ja Cad-ohjelmiston käytössä. Opinnäytetyössä tehdyt dokumentit löytyvät erikseen liitteistä salassapitosopimuksen mukaisesti, koska laitteesta toteutettiin tarkat

osaluettelot, mittatarkat suunnittelu- ja toteutuskuvat, jotka ovat ” Teknologista taikka muuta kehittämistyötä ja niiden arviointia koskevat tiedot (JulkL 24§, 21)” alaisia dokumentteja ja täten toimeksiantajan pyynnöstä salassa pidettäviä.

2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistutkimuksena, jonka tuloksena on kehittää tuote ja myöhemässä vaiheessa toteuttaa tuotetun materiaalin avulla konkreettisesti laite. Tutkimuksessa käytettiin laadullista tutkimusta, eli kvalitatiivista tutkimusmenetelmää. Kehittämistutkimuksessa yhdistyvät tutkimus ja itse kehittäminen syklisessä prosessissa, eli kehittämissyklissä, jossa Kanasen (2015, 33.) mukaan ”kuvataan ongelma, laaditaan toimenpide-ehdotukset, toteutetaan ja katsotaan tulos.” Laadullisessa tutkimuksessa pyritään sisäistämään tutkittava ilmiö ja sen jälkeen vastaamaan kysymykseen ”Mistä asiasta tässä on kyse?”. Kerättävät aineistot laadullisessa tutkimuksessa ovat haastattelujen ja havainnointien avulla saatuja tietoja ja ymmärrystä tutkittavasta asiasta ja sen ilmiöistä. Koska ilmiötä ei tunneta, ei voida myöskään esittää eksakteja kysymyksiä, mitä taas määrällisessä tutkimuksessa voidaan esittää. Aineiston kerääminen saadaan toteutettua teemahaastatteluiden avulla keskustelemalla asiasta tietävien kanssa, jonka jälkeen on mahdollista alkaa rakentamaan analyysiä tutkitusta ilmiöstä. Teemahaastatteluiden avulla tutkija kysyy ja keskustelee ilmiöstä. Vastauksien avulla ilmiö alkaa paremmin ja paremmin selkeytymään tutkijalle, jonka jälkeen hän voi esittää uusia kysymyksiä aiheeseen liittyen, kunnes hän on riittävän tietoinen rakenteesta, kokonaiskuvasta, tekijöistä ja eri yhteydet alkavat selkeytymään aiheesta. (Kananen, J. 2015, 35.)

Ongelmana toimeksiantajalla oli epäyhtenäisten radanohjausjärjestelmien tekeminen asiakkaille yksilöllisinä projekteina. Tähän haluttiin tehdä muutos, eli tuotteistaa laite, jolloin tulevaisuudessa radanohjausjärjestelmissä kaikki kokonaisuudet olisivat samanlaisia. Tällöin kustannukset saataisiin laskettua ja toteuttaminen, huoltaminen ja ylläpidot olisi helpompi toteuttaa ja tietenkin laitetta on helpompi myydä tuotteena, kuin projektina asiakkaalle. Työssä käytettiin aineiston keräämiseen teemahaastatteluita, koska itse radanohjausjärjestelmästä ja sen ohjauksen toimintaperiaatteesta ei ollut tietoa oikeastaan saatavilla.

Tutkimuskysymykset

Kehittämistutkimukselle tehtiin neljä tutkimuskysymystä:

1. Kuinka toteuttaa optimaalinen radanohjausjärjestelmä erilaisille nauhamaisille materiaaleille?
2. Kuinka toteuttaa kaupalliseen tarkoitukseen suunnittelu- ja rakennepiirustukset?
3. Mitä komponentteja on järkevä käyttää optimaalisessa radanohjausjärjestelmässä?
4. Mitä I/O:ta optimaalinen radanohjausjärjestelmä tarvitsee?

Tutkimustyyppi

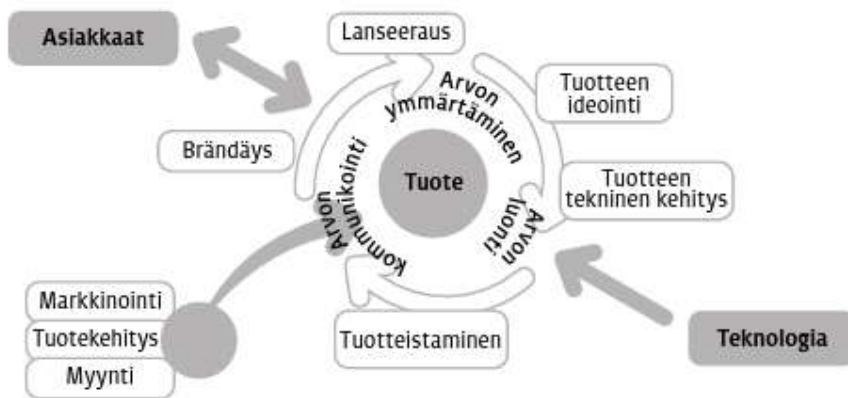
Kehittämistutkimukset ovat laajempia, kuin vain perinteiset määrälliset ja laadulliset tutkimukset, koska niihin kuuluu olennaisesti myös ongelman poistaminen. Perinteiseen tutkimukseen ja tutkijan tehtäviin ei kuulu itse ongelman poistaminen vaan pelkästään analysoida ongelma, selvittää ongelman syyt ja esitellä näistä saadut ratkaisut. Kehittämistutkimuksesta voidaankin todeta, että se jatkuu siitä, mihin perinteinen tutkimus loppuu. Muutosprosessien suunnittelut, toteuttamiset ja arvioinnit ovat aina oma syklinsä, joidenka läpivieminen on tutkimussyklejä vaikeampi tehtävä. Oikeatkaan ratkaisut eivät aina takaa sitä, että sen vieminen käytäntöön olisi mahdollista tai se onnistuisi suoraan. (Kananen, J. 2015, 40.)

Tietoperustan eettisyydestä ja lähdeaineistosta

Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettisiin periaatteisiin kuuluvat keskeisesti menettelytavat ja periaatteet, joilla pystytään edistämään toiminnan totuudenmukaisuutta ja puolueettomuutta (Eettiset periaatteet. 2018, 3.). Opiskelijoiden ja henkilöstön tulee noudattaa yleistä huolellisuutta, rehellisyyttä, sekä tarkkuutta suunnitteluissaan, toteutuksissaan, arvioinneissaan ja raportoinnissa. On osattava soveltaa eettisesti ja perustellusti kestävän tutkimuksen-, tiedonhankinta- ja arviointimenetelmiä. Lisäksi on myös toteuttava tutkimuksissa avoimuutta tuloksien julkaisun suhteen. On osattava käyttää oikein muiden tutkijoiden ja asiantuntijoiden tutkimuksia viittaamalla heidän tutkimuksiinsa oikeaoppisesti ja kunnioittaen heidän tutkimustuloksiaan, sekä antaen oikean painoarvon heidän saavutuksilleen tuloksia julkistaessa. Liiketoiminnassa on noudatettava asiakkaan ja yrityksen luottamuksellisia ja salassa pidettäviä asiakirjoja oikeaoppisesti. (Eettiset periaatteet. 2018, 4-5.)

3 Kaupallistaminen

Kaupallistamisen tarkoituksena on tehdä ideasta tai suunnitelmasta muokkaamalla valmis ja hyvä tuote, joka on helppo asiakkaan suoraan ostaa ja kauppiiaan helppo myydä suoraan asiakkaalleen. Kaupallistamisessa viedään uusi tuote markkinoille. Eri markkinoita löytyy niin yksityishenkilöistä isoihin yrityksiin. Kaupallistamisen haasteisiin kuuluvat löytää oikeat asiakkaat, markkinaosuuden löytäminen, taloudelliset tavoitteet ja tuotteen on tuotettava voittoa, jolla turvataan investoinnin takaisinmaksu. Kaupallistamiseen kuuluu myös organisointi, tuotelanseeraus, tuotteistus ja brändäys. Erillisillä käsitteillä on eri rooleja niiden vaikutukseen (ks. Kuvio 2). (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 17.)



Kuvio 2. Lohkokaavio tuotteistamisesta (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 17.)

Tuote on asia, joka myydään asiakkaalle valmiina kokonaisuutena ja se tarjoaa asiakkaalle jotain arvoa.

Tuotelähtöisen innovaation tarkoituksena on olla kaupallisesti menestyvä tuote, jolla pystytään tarjoamaan markkinoille jotain uutta asiaa. Uutuus voi olla täysin uusi tuote tai teknologiaa, mutta ihan yhtä hyvin myös vanhoja tunnettuja tuotteita, joissa yhdistellään ominaisuuksia keskenään luoden jotain uutta. Keksintö ja innovaatio eivät ole kuitenkaan sama asia, vaikka nämä helposti yhdistetäänkin toisiinsa. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 17.)

Kaupallistamisessa suunnitellaan ja toteutetaan markkinoille vietävän uuden tuotteen toteutus ja suunnittelu. Kaupallistamistoimenpiteissä on tarkoitus muokata ideat tuotteeksi, joissa myyjän on helppo myydä ne asiakkaalle ja asiakkaiden on myös helppo ostaa ne. Kaupallistamisen onnistuessa tuotteesta syntyy hyvin myyvä ja menestyvä tuote. Kaupallistaminen voi käsittää tuotteen brändäämistä, hinnoittelua, tuotteen lanseerauksen erivaiheita, tuotestrategiaa, tuotteen tuotteistamista, asiakkaiden ja tuotteen potentiaalista kysyntää. Organisaatiossa on hyvä mahdollisimman monen oikean ihmisen osallistuttava kaupallistamisprosessiin, jotta päästään ymmärtämään mahdollisimman hyvin mitä asiakas tarvitsee ja mikä tuo tuotteelle arvoa asiakkaan näkökulmasta. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 20-21.)

Tuotekehitys

Tuotteiden kehittämisestä vastaa yleensä aina yrityksen tuotekehitysosasto, jossa konkreettisesti syntyvät tuoteideat. Tuotekehitysosastolla tehdään työpiirustukset, luonnokset ideasta, osaluettelot, erilaiset laskelmat, materiaalivalinnat, sekä myös vaatimukset tuotteen kehittämisestä. Kyseessä on siis yleensä eri insinööreistä koostuva ryhmä ja heidän vastuullaan on toteuttaa teknillisesti tuote. Tuotekehityksessä ei saisi koostua kuitenkaan pelkästään tuotekehityksinsinööreistä, vaan mukaan pitäisi saada myös markkinoinnilta saatua dataa, mitä asiakkaat tarvitsevat ja ovat halukkaita ostamaan. Tällä datalla saadaan kehitettyä tuote, jolla on myös kysyntää markkinoilla. Tuotekehityksessä pyritään minimoimaan tuotteiden mahdollisia virheitä, sekä parantamaan lopputuotteen teknillistä luotettavuutta ja laatua. Tuotekehityksessä on myös tärkeää saada vietyä tuote oikeaan aikaan markkinoille ja oikeiden asiakkaiden saataville. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 18-19.)

Markkinointi ja myynti

Markkinoinnin tärkein tavoite on tuoda yritykselle lisää myyntiä ja rahaa myymällä tuotteita. Myyntiä pystytään yleisesti lisäämään tuomalla tuotteista monipuolista tietoa asiakkaille. Markkinointitoimenpiteillä yritetään lisätä olemassa olevien ja uusien tuotteiden myyntiä lyhyellä, sekä pidemmällä aikavälillä. Uusien tuotteiden lanseerauksen kohdalla tarvitaan paljon markkinoinninponnisteluja, mutta myös koko tuotteen elinkaaren ajan markkinointi on erittäin tärkeää. Myyntihenkilöt toimivat tärkeänä rajapintana tuotteen menestymisen kannalta, jos myynti ei toimi, niin ei tavarakaan liiku. Täten sisäisten laseerausten ja koulutuksen huomioiminen

on erittäin tärkeää menestyksenään tuotteen saamiseksi. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 19-20.)

Arvoajattelu

Arvoajattelussa pohditaan tuotteesta saavan arvon muodostumista asiakkaalle, joka koostuu myös muusta, kuin itse tuotteen arvosta. Tähän sisältyy esimerkiksi, kuinka ostotapahtuma on onnistunut, kommunikointi asiakkaan ja myyjän välillä on toiminut, saatu tuki ennen ja jälkeen tuotteen oston. Lisäksi nämä asiat vaikuttavat myös paljon yrityksen imagoon ja syntykö tulevaisuudessa ostoja kyseisen yrityksen kanssa. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 21.)

Ideointi

Ideoinnissa on tarkoitus muodostaa erilaisia tuoteideoita, joissa käytetään hyväksi muun organisaation tietoa ja ymmärrystä mitä asiakkaat haluavat ja arvostavat. Ideoinnissa työskentelevät yhdessä myynti-, tuotekehitys- ja markkinointiosasto. Myynti tuo esille mitä asiakkaat kaipaavat ja tarvitsevat, markkinointi hyödyntää tätä tietoa, tuotekehitys vastaa uusien ideoiden mahdollisista toteuttamismahdollisuuksista sekä tuo muuta tietoa eri mahdollisuuksista ja vaihtoehdoista toteuttaa ideaa. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 22.)

Tuotteistaminen

Tuotteistusajattelussa pyritään siihen, että yritys pystyy tarjoamaan sellaisen paketin, joka on asiakkaan mahdollisimman helppo ostaa ja käsittää. Tuotteistuksen tavoitteisiin kuuluu asiakasarvon konkretisointi ja myös yrityksen kulujen vähentäminen tuotteessa ja tehostaminen sisäisessä toiminnassa. Lyhykäisydessään tuotteistamisella tarkoitetaan prosessia, joissa päämäärä on määritelty ja toimenpiteet sen tekemiseksi ja saavuttamiseksi on määritelty. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 22.)

Brändi

Brändin määritelmänä pidetään yleensä asian tunnettavuutta, tiedettävyttä ja arvostettavuudella. Brändillä pystytään luomaan tuotteelle lisäarvoa ja se on asiakkaalle lisäarvon lupaus. Yritys pystyy monipuolistamaan tarjontaansa ja tuottamaan uniikkia arvoa asiakkailleen brändäyksen avulla. Brändäyksen onnistumiseksi tarvitaan toisiaan täydentäviä elementtejä ja brändäysstrategioita. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 23.)

Tuotelanseeraus

Tuotelanseeraustapahtumassa esitellään uusi tai uusia tuotteita, jotka pääsevät markkinoille myytäväksi. Lanseerauksessa markkinointi pyrkii mainostamaan ja kertomaan tuotteesta mahdollisimman paljon ja hyvin. Lanseerauksella pyritään saamaan mahdollisimman paljon tietoisuutta tuotteesta ja tehostettua sen myyntiä. Onnistuneeseen lanseeraukseen tarvitaan oikea aika julkaista oikea asia oikeille markkinoille, lisäksi aiheen mainostus kuuluu suuresti lanseeraustapahtumaan. Yleensä lanseerauksista vastaa markkinointiosasto, mutta myös myynti voi kertoa esimerkiksi teollisuusyrityksissä lanseerauksista. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 23.)

Tuotteistuksessa varmistetaan liiketoiminnan kustannustehokkuutta ja mahdollisuus saada helpommin tehtyä asiakkaille räätälöityjä tuotteita, joista puhutaan myös massaräätälöintinä tai modulaarisina ratkaisuina. Tuotteistuksessa asiakasnäkökulmasta on tarkoitus saada asiakasarvo ja tarjottava asia kohtaamaan asiakkaan vaatimukset. Yrityksen näkökulmasta tuotteistamisessa on tarkoitus helpottaa ja lisätä tuotteen myyntiä, pudottaa kuluja ja tehostaa toimintaa.

Tuotteistamisen perusasioiden hoidon jälkeen on tuotekehitystiimillä aikaa alkaa paneutua seuraaviin kehityskohteisiin tuotteessa, parannettaviin ideoihin tuotteessa tai alkaa kehittämään uutta tuotetta toiveiden mukaisesti. Tuotteistuksen optimoinnissa haasteiksi nousee usein asiakkaiden erilaiset tarpeet ja toiveet. Optimoinnissa pyritään kuitenkin maksimoimaan asiakkaan asiakastyytyväisyyttä yksilöllisesti, kuitenkin pitämällä kulut mahdollisimman hyvin kurissa.

Tuotteistamisella halutaan selkeyttää ja helpottaa yrityksen toimintaa ja lisäksi saada tuotekustannuksia alas. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 24.)

Tuotteistuksesta saatuja hyötyjä yritykselle on vähentää tuotekustannuksia, selkeyttää ja tehostaa yrityksen toimintaa järjestelmällisyyden ansiosta, pienentää virheiden määrää, helpottaa työskentelyä tuotteen kanssa optimoiden työtehtäviä, auttaa myyntiä myymällä valmiita tuotteita, tuo uusia mahdollisuuksia myynti- ja markkinointitiimille, helpompi määritellä hinnoittelut, parantaa asiakkaan mahdollisuuksia tutustua paremmin tuotteeseen etukäteen ja lisäksi monia muita asioita hyödytään tuotteistuksella. (Lehtimäki, Malinen, Salo & Simula 2010, 29-30.)

4 Prosessiautomaatio paperi- ja selluteollisuudessa

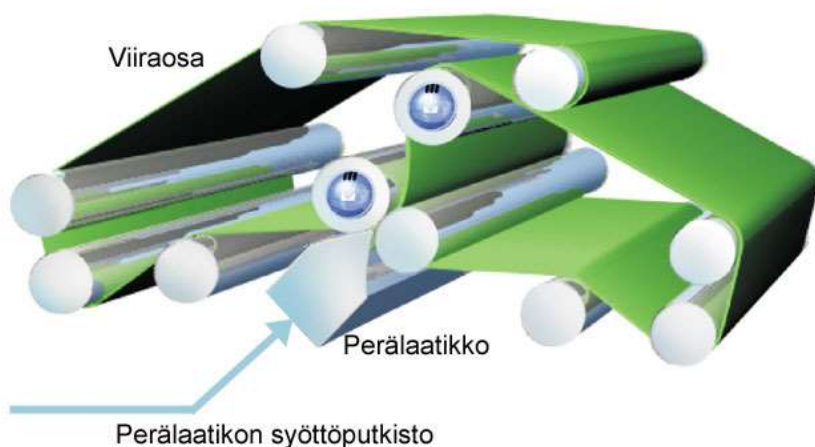
Prosessiautomaatio paperi- ja selluteollisuudessa on teknisesti kehittyntä. Kansainvälisesti katsottuna metsäteollisuus on ollut jo pitkään korkeasti automatisoitua. 1960- luvulla Suomessa toteutettiin ensimmäiset prosessitietokoneilla hoidetut tietokoneohjaukset. Tietokoneitten luotettavuus ei kuitenkaan ollut alkuun kauhean suurta, johtuen liian suurista mittauskokonaisuuksista. Tämä kuitenkin muuttui, kun rajattiin ohjaustehtäviä pienempiin osiin koskien yhtä sellukeitintä tai paperikonetta. Suuren automatisointiasteen tehtaissa normaali tilanteissa automaatio hoitaa koko ohjauksen itsenäisesti. Ihmisiä tarvitaan lähinnä enää vain ongelmatilanteissa sekä vika- ja häiriötilanteissa ratkaisemaan ongelma. Prosesseja on kuitenkin jonkun valvottava koko ajan. (Fonselius, Pekkola, Selosmaa, Ström, & Välimaa 1996, 8; Automaatiotekniikka 1 2009.)

4.1 Paperin- ja kartonginvalmistus

Rainanmuodostus

Kartongin ja paperin valmistukseen tarvitaan sopiva määrä oikein valittuja ja käsiteltyjä raaka-aineita, jotka sekoitetaan veteen muodostaen vesipitoista massa-ainesta. Massa-aines levitetään tasaiseksi massarainaksi ja lujitetaan poistamalla siitä vettä. Rainanmuodostus koostuu perälaatikon syöttöputkista, perälaatikosta ja viiraosasta (ks. Kuvio 3). Perälaatikko sijaitsee paperikoneen lyhyen kierron ja viiraosan välissä. Viiralle levitetään tasaisella suihkulla perälaatikosta nestemäinen massa hallitusti. Perälaatikolla hallinnoidaan massan levittyminen ja saadaan se levittymään tasaisesti koko viiran leveydelle. Viiraosassa vettä aletaan poistamaan massasta viiran läpi eri imutelojen, imulaatikoiden ja vedenkaapimien avulla. Rainan kuiva-ainepitoisuus pitäisi olla 15-18 % ja poistuneen veden määrä noin 98 % ennen seuraavaa vaihetta. (Paperin ja kartongin valmistus. N.d.)

Rainanmuodostusosa (kitaformeri)



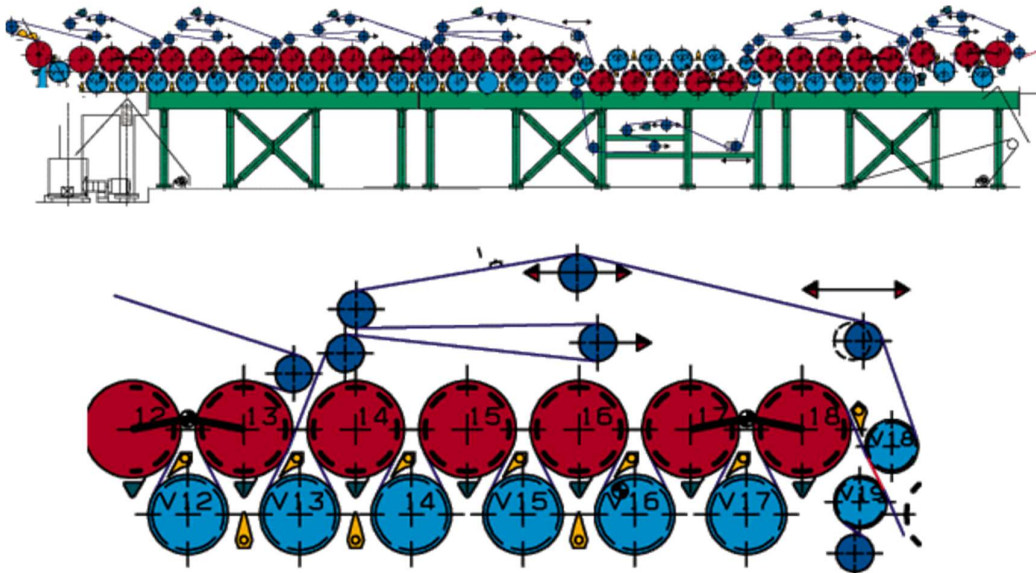
Kuvio 3. Rainanmuodostusosa Kitaformeri (Paperin ja kartongin valmistus. N.d.)

Puristinosa

Puristinosan tehtävään kuuluu poistaa vielä mahdollisimman paljon vettä rainasta ja tiivistää sitä. Puristimilla luodaan rainalle mahdollisimman suuri märkäluku, joka helpottaa rainan siirtymistä ja ehjänä pysymistä kuivatusosalle. Lisäksi suurella tiivistymisellä luodaan lujien kuitujen sidosmahdollisuudet kuivatusosalla. Tullessaan puristin osalle rainan kuiva-ainepitoisuus on noin 17-20 % ja lähtiessä kuivatusosastolle noin 35-50 % riippuen puristimesta ja materiaalien lajista. Märkäpuristus toteutetaan aina joko puristinhuovalle ja sileälle telalle tai kahdelle puristushuovalle. Puristaminen pitää suorittaa tarkasti ja maltillisesti, jotta viiralla oleva raina säilyy ja pysyy hyvänä. Tämän vuoksi puristusosassa on useampi puristustela, jonka läpi viira ja raina kulkeutuvat. Jos raina puristuu liian nopeasti, niin seurauksena voi olla kuidun rikkoutuminen ja täten pilalle meneminen. (Paperin ja kartongin valmistus. N.d.)

Kuivatusosa

Kuivatusosa koostuu monesta peräkkäin liitetystä kuivatusyksiköstä (ks. Kuvio 4). Kuivatusosassa rainasta poistetaan loput vedet haihduttamalla vesi mahdollisimman taloudellisesti, laatua huonontamatta, tasaisesti ja tehokkaasti. Kolme yleisintä tapaa kuivattaa paperia ja kartonkia kuivatusosassa on sylinterikuivaus, säteilykuivaus ja puhalluskuivaus. Kaikkia näitä kuivatustapoja yhdistää se asia, että rataa tuodaan ulkoa energiaa, jolla haihdutetaan vettä pois radasta. Haihdutettu vesi saatetaan ilman avulla pois radalta. (Paperin ja kartongin valmistus. N.d.)



Kuvio 4. Kuivatusosa (Paperin ja kartongin valmistus. N.d.)

Pintaliimaus

Pintaliimauksella tehdään paperista tai kartongista lujempaa ja kestävämpää lisäämällä joko pintalujuutta tai sisäistä lujuutta. Päälystettävillä kartongeilla, raakapareilla ja hienopapereilla käytetään pintaliimausta. Ennen pintaliimaukseen saapumista paperin pitäisi olla mahdollisimman kuivaa ja sen takia pintaliimaus sijaitsee riittävän kaukana kuivatustasolla. Pintaliimauksessa käytetään vesiliukoista ainetta, jolla saadaan lisättyä kuitujen välistä sidosta. Liimauksen jälkeen

tarvitsee taas kuivata rainaa, jotta vesiliuoksen vesi osuus poistuu liuoksesta ja jäljelle jää vain liuoksen aineosat, jotka liimaavat ja tekevät paperista kestävämpää. (Jälkikäsitteily. N.d.)

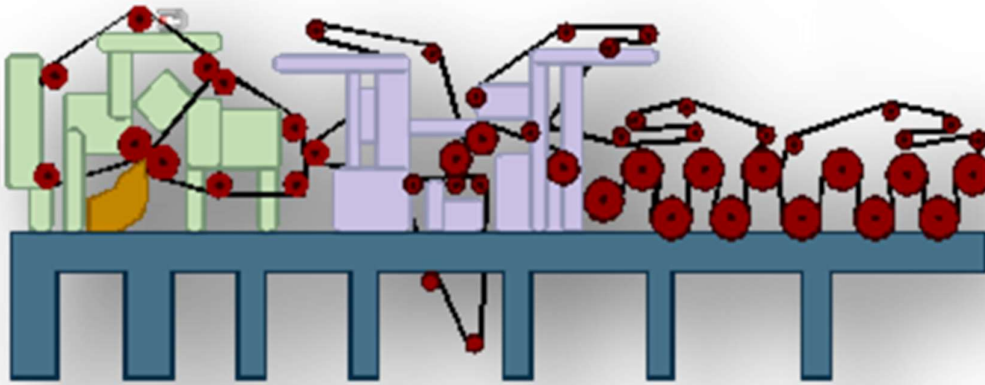
Päällystysosa

Päällystysosassa on tarkoitus saada paperi ja kartongin pigmenttierot pois ja saada tuotteelle parempi ulkonäkö ja painettavuus. Ulkonäöllä pyritään saamaan vaaleus, kiilto ja läpinäkyvyys sopiviksi. Päällystyksessä lisätään paperin ja kartongin molemmille tai vain toiselle pinnalle päällystepasta, joka sisältää eri pigmentti- ja sideaineita. Pastaa levitetään reilusti pinnalle ja ylimääräinen pasta poistetaan pinnalta kaapimen avulla, jonka jälkeen päällyste kuivataan. Useampia päällystekerroksia tehdessä saavutetaan parempi painatuslaatu. Korkealaatuiset paperit ja kartongit päällystetään kolme kertaa. (Jälkikäsitteily. N.d.)

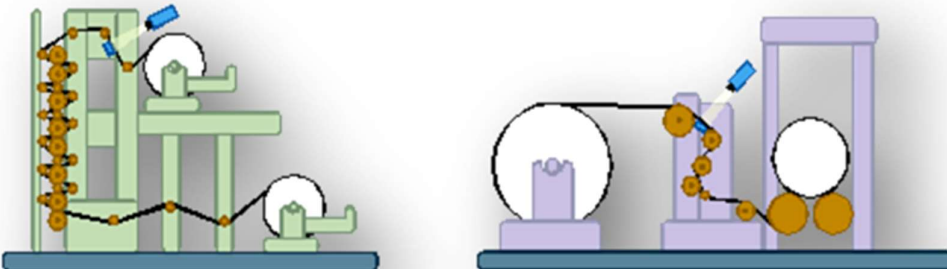
4.2 Radanohjauksen tarve paperikoneessa

Paperikoneissa radanohjausta käytetään koko koneen matkalla heti märänpään viiraosalta aina kuivaan päähän konerullaimelle saakka (ks. Kuvio 5). Paperikoneen kudosta, eli viiraa ja huopaa ohjataan radanohjauksen avulla. Myös tarpeeksi kuivaa paperirainaa ja kartonkia on ohjattava paperikoneessa (ks. Kuvio 6). Jokaista paperikoneen kudosta ohjataan omalla ohjaustelalla. Ohjaustelan avulla kudokset pysyvät koneen poikkisuunnassa paikoillaan telojen päällä, eivätkä ohjaudu koneen runkoihin ja vauriota paperikoneen osia. Ohjaustelaa voidaan esimerkiksi hallita pneumaattisesti paineilmapalkeilla, hydraulisesti hydraulisyntereillä, (esimerkiksi terästeollisuus) ja sähköisesti servosylinterillä tai taajuusmuuntajalla. (Jokinen, M. 2022b.) Sähköisesti ohjatuissa moottoreissa moottorin voima viedään planeettapyörästä tai muun vaihteiston kautta ruuviin, joka liikuttaa telaa. Telanohjauksen ohjausmekaniikat sijaitsevat käyttöpuolella. Teollisuudessa puhutaan usein käyttö- ja hoitopuolesta. Käyttöpuoli vastaavat koneen moottoroitua puolta, missä koneen voimansiirto ja moottorit sijaitsevat. Hoitopuoli taas sitä puolta, missä voidaan suorittaa helposti ylläpitotehtäviä ja töitä. (Lauttamus, M. 2022.) Ohjaustelaa ohjaavan pään sijaintia seuraa sauva-anturi. Josta sauva-anturi lähettää välittää tiedon koneenohjausjärjestelmään. Kudosten tai paperin sijaintia koneen poikkisuunnassa seurataan reunanseuranta-antureilla nämä anturit voivat olla pneumaattismekaanisia, sähkömekaanisia tai kosketuksettomia. Kosketuksettomat anturit voivat olla joko infrapunapohjaisia, ultraäänellä toimivia, valoverho- tai kamerapohjaisia. Nämä reunanseuranta-anturit antavat analogi- tai digitaalisignaalin reunan sijainnista. Tämä signaali siirtyy

reunanseurantalaitteen kytkentäkotelolta joko asiakkaan ohjausjärjestelmään tai suoraan ohjaustelalle, jonka perusteella ohjaustelaa liikutetaan eteen tai taaksepäin telan käyttöpuolelta. Lusikka-anturin huonoina puolina pidetään sen mekaanista kosketusta kudoksiin, joka aiheuttaa kudoksien ja sekä mitta-anturiin kulumista. Kosketuksellinen mittaus saattaa aiheuttaa turhia paperikatkoja paperikoneella. Nykypäivänä käytetään kosketuksetonta mittausta, joka ei vahingoita rataa tai kudoksia ollenkaan. Lisäksi oskilloinnilla on mahdollista lisätä telojen käyttöikä, kun ohjattavat materiaalit kuluttavat teloja. Oskilloinnilla tätä pystytään hidastamaan, kun rata "elää" hiukan sivuttaissuunnassa tarkoituksen mukaisesti. (Jokinen, M. 2022b.)



Kuvio 5. Viiraosa, (vihreä) puristin osa (violetti) ja kuivatusryhmät 1 ja 2 (punainen) (Jokinen, M. 2022b.)



Kuvio 6. Superkalanterointi (vihreä) ja pituusleikkuri (violetti) (Jokinen, M. 2022b.)

5 Prosessiautomaatio terästeollisuudessa

Prosessiautomaatio terästehtailla lisää turvallisuutta erittäin paljon, kun vaaralliset prosessit ja ihmiset on pystytty erottamaan erilleen automaatiosovellusten avulla. Lisäksi automaatio on parantanut prosesseissa tapahtuvia mittauksia, ohjauksia ja vikatilanteiden ennakointia ja hallintaa. Nykypäivänä lähes kaikki prosesseissa tapahtuvat mittaukset halutaan taltioida talteen myöhempää tutkimista varten. Nykyisillä automaatiojärjestelmillä ja tehokkailla prosessienhallinnoilla on pystytty vähentämään raaka-aineiden ja energian kulutusta sekä päästöjä. Tuotannossa käytettävät prosessit ovat pääsääntöisesti panosprosesseja, mutta sekaan mahtuu myös lisäksi jatkuvia prosesseja. (Teräskirja. 2014, 97.)

5.1 Terästeollisuus

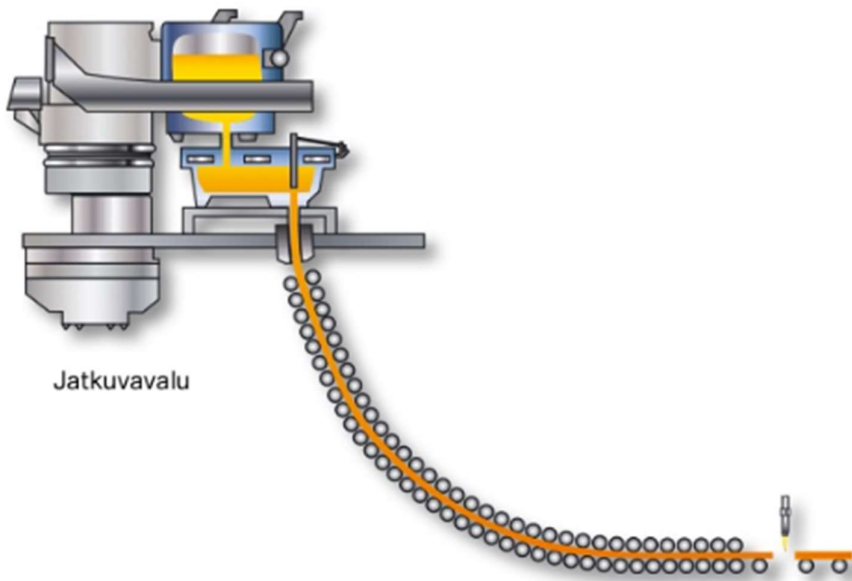
Terästä käytetään nykyaikana hyvin paljon kaikessa ja se onkin tärkein käyttämämme käyttömetalli. Kulkuneuvomme ovat pääasiassa terästä, ruokailuvälineet ovat terästä. Terästä on hyvin monen laatuista ja lajista. Eri käyttötarkoituksiin sitä muokataan eri tavoilla saaden siitä oikeat ominaisuudet esiin. Esimerkiksi autojen vaihdelaatikoissa käytetään kestäväää, kovaa ja sitkeää terästä, kun taas ruokailuvälineissä teräs on ruostumatonta terästä. Teräksenkierrätys on yksi parhaita esimerkkejä kierrätyksestä. Terästä tuotetaan arviolta noin 1 600 miljoonaa tonnia vuodessa ja siitä noin 40 % on kierrätettyä terästä. Kierrätetyllä teräksellä pystytään säästämään energiaa ja malmivaroja. (Teräskirja. 2014, 2.)

Teräs koostuu hiilen ja raudan seoksesta, jossa hiilen hiilipitoisuus pitää olla pienempi, kuin 2 %. Hiilipitoisuuden ollessa suurempi se luokitellaan valuraudaksi. Seos sisältää myös seos aineita, joilla pystytään vaikuttamaan teräksen ominaisuuksiin. (Teräskirja. 2014, 4.)

Terästä voidaan valmistaa malmista sulattamalla rautapellettejä ja koksia masuunissa. Masuunista raakarauta siirtyy konvertteriin. Konvertterista saadaan ulos raakaterästä. Kun taas kierrätetty teräs laitetaan valokaariuuniin ja valokaariuunista saadaan raakaterästä ulos. Raakateräs käy seuraavaksi tyhjiökäsittelyyn, sekä muita käsittelyitä ja tarvittavia lisäaineiden lisäyksiä läpi, kunnes se etenee aihoiden valuun ja valssaukseen. Jatkuvavalu on syrjäyttänyt aikaisemmin käytetyn valannevalun. Suomessa on ollut käytössä pelkästään vain jatkuvavalua vuodesta 1991 lähtien. Teräksentuotannosta maailmalla jatkuvavalun osuus on noin 87 %. (Teräskirja. 2014, 10-11.)

Jatkuvavalu

Jatkuvavalussa sulaa teräs menee valusangosta välialtaan läpi vesi jäähdytteiseen kuparikokilliin, eli kuparista valmistettujen pyöreiden rullien väliin (ks. Kuvio 7). Kuparikokillissa on valua aloitettaessa kylmäaihio, jonka avulla pystytään aloittamaan kokillin täyttyminen ja jonka jälkeen valunauha pystytään alkamaan vetämään kokillin läpi. Kokillit liikkuvat edestakaisin estäen valunauhan tarttumisen niihin kiinni. Lisäksi kokilleissa käytetään tarttumisen estoon ja lämmön tasaamiseen voiteluaineina öljyä tai valupulveria. Kokilleilla saadaan tehtyä aihioon haluttu muoto. Kokillissa ollessaan aihioista vain pintakerros kerkeää kovettumaan. Aihion lopullinen jäähdytys tapahtuu vasta kokillin alapuolella olevassa toisiojäähdytysvyöhykkeessä, jossa jäähdytys suoritetaan aihion pintaan suunnatulla vesisuihkulla tai paineilma- ja vesisuihku yhdistelmällä. Jäähdytyksen jälkeen valunauha leikataan mekaanisesti leikkaamalla tai kaasulla polttamalla halutun pituiseksi esiaihioksi. (Teräskirja. 2014, 48.)



Kuvio 7. Jatkuvavalu (Teräskirja. 2014, 11.)

Aihiot

Aihioden muodot ja koot riippuvat lopputuotteen muodoista. Levy-, nauha- ja lattatankoaihiot ovat suorakaiteita, kun taas lanka- ja tankoaihiot ovat tavallisesti neliöitä poikkileikkauskuvasta katsottuna. Aihioden laatua tarkkaillaan ja mahdollisia vikoja esimerkiksi halkeamia, huokoisia tai säröjä poistetaan hiomalla, talttaamalla tai kaasuhöylämällä aihionpintaa. (Teräskirja. 2014, 51.)

Valssaus

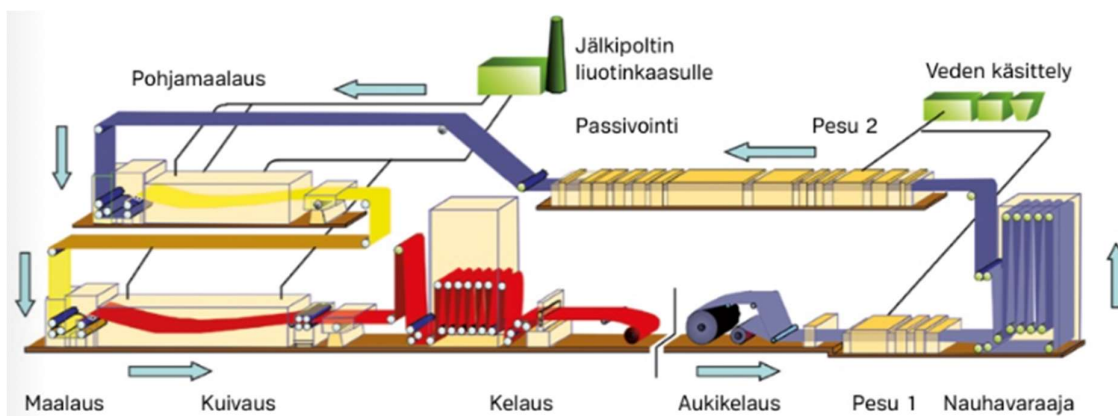
Valssaukseen mentäessä aihioden pitää olla helposti työstettävissä ja muokattavissa, eli ne kuumennetaan uunissa. Kuumennuksessa aihioden pinta alkaa hilseilemään. Hilseily poistetaan voimakkaalla vesisuihkulla. Hilseen poiston jälkeen aihiot siirtyvät rullarataa pitkin levyvalssaimelle. Levyvalssaimessa aihiot liikkuvat edestakaisin valssikidan läpi, kunnes ovat saavuttaneet oikean leveyden poikittaissuunnassa. Tämän jälkeen aihio käännetään 90° ja valssausprosessi jatkuu pituussuunnassa, kunnes haluttuun aihion paksuuteen on päästy. (Teräskirja. 2014, 53.)

Pintakäsittely

Niukkaseosteisten ja seostamattomien teräksien huonoimpina puolina pidetään niiden heikkoa korroosion kestävyyttä. Näitä voidaan kuitenkin suojata korroosiolta ja ruostumiselta eri menetelmien avulla. Yksi suosituimmista menetelmistä on pintojen pinnoittaminen sinkillä, eli sinkitys. Sinkityksen toiminta suojaavana elementtinä perustuu sähkökemialliseen reaktioon raudan kanssa. Sinkki on epäjaloppi metalli, kuin teräs, jolloin se korroosio-olosuhteissa liukenee ja rauta pysyy koskemattomana materiaalina. Sinkin liukenemiseen vaikuttaa olosuhteet, esimerkiksi ulkoilmassa sinkki liukenee hitaasti ja teräs pysyy ruostumattoman pitkään. Sinkitystä voidaan tehdä joko sähkösinkityksellä tai kuumasinkityksellä. Sähkösinkityksessä sinkitettävä teräs kappale upotetaan happamaan kylpyyn, jossa siihen saostetaan sähkövirtojen avulla noin 2-10 µm (0.002-0.01mm) paksuinen sinkkikerros. Sähkösinkitystä käytetään paljon esimerkiksi autojen korien peleissä. (Teräskirja. 2014, 70.)

Kuumasinkityksessä sinkitettävä teräskappale upotetaan sulaan sinkkiin. Sula sinkki reagoi teräksen kanssa muodostaen teräksen pinnalle rauta-sinkkiyhdisteitä ja jäähtyessään uloimmalle pinnalle jää puhdas sinkkikerros, joka suojaa terästä. Paineilmalla toimivalla suihkuveitsellä pystytään säätämään haluttua kerrospaksuutta sinkissä. Yleisesti kuumakäsitellyn sinkin kerros paksuus on noin 7-30 μm (0.007-0.03mm). (Teräskirja. 2014, 70.)

Maalipinnoitus suoritetaan yleensä kuumasinkitylle nauhamaiselle materiaalille, jolla saadaan lisää korroosiokestävyyttä. Nauhamaisen materiaalin maalipinnoitus alkaa ensimmäisenä auki kelauskella, jonka jälkeen materiaali puhdistetaan pesemällä siitä kaikki lika pois (ks. Kuvio 8). Nauhavaraajassa pystytään pitämään tarvittavaa puskuria materiaalia tarvittaessa. Materiaali pestään toiseen kertaan ja tehdään passivointi, jolla saadaan lisättyä korroosion kestävyttä ja saada maali tarttumaan paremmin pintaan. Pohjamaalauksessa molemmiin puolin pintaa levitetään pohjamaalit. Pohjamaalit sisältävät värin lisäksi myös korroosiota estäviä ainesosia. Pintamaalauksella saadaan lisättyä vielä lisää korroosion kestävyttä ja haluttu väri pintaan, joka on yleisesti aina eri väriä, mikä pohjamaalin väri on. Pohja- ja pintamaalit levitetään teloilla pintaa ja kuivataan kuivatus uuneissa. (Teräskirja. 2014, 71.)

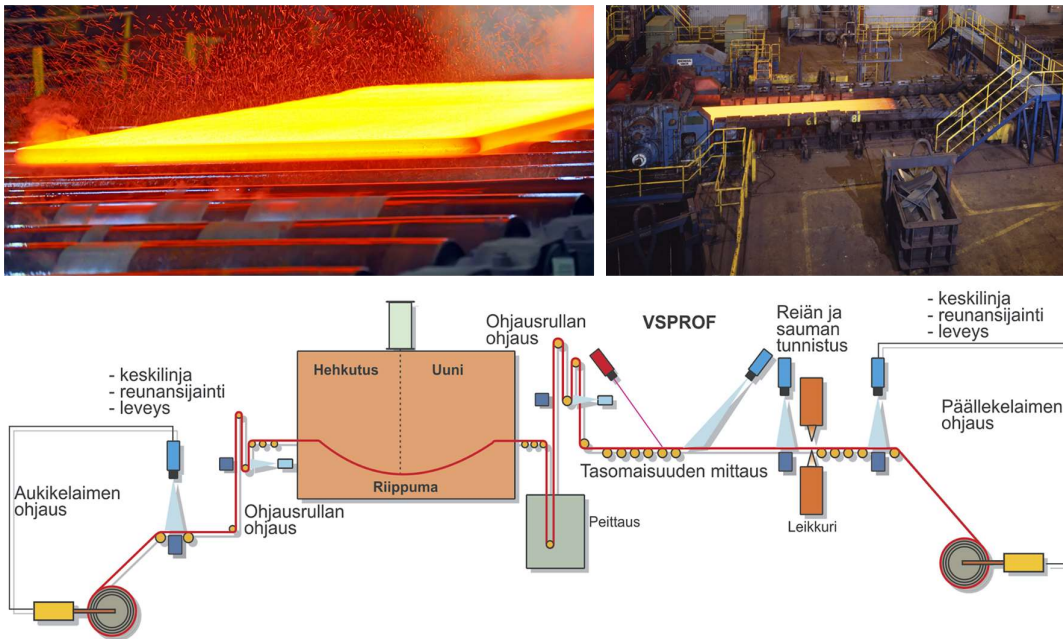


Kuvio 8. Maalipinnoituksen vaiheet (Teräskirja. 2014, 71.)

5.2 Radanohjauksen tarve terästeollisuudessa

Radanohjausjärjestelmät eroavat terästeollisuudessa hiukan paperi ja kartonkiteollisuuteen verrattuna, kuitenkin molemmissa radanohjauksella pyritään pääsemään mahdollisimman optimaaliseen tilanteeseen radansijainnin kanssa. Radan ollessa optimaalisimmassa paikassa pystytään säästämään energiaa ja optimoimaan eri prosesseja, joka on myöskin AFRY:n arvojen mukaista. Massojen ollessa huomattavasti suurempia terästeollisuudessa esimerkiksi suurimpien teräsnauhurullien painot voivat kohota yli 20t kiloon on myös ohjainlaitteiden ohjattavat suureet paljon suurempia, kuin mitä paperikoneissa. Tähän tarvittaviin voimien käsittelyyn ei enää riitä paineilmalla toimivat proportionaaliventtiilit tai sähköisesti toimivat tasamuuntaja- tai servo-ohjatuilla moottoreilla toteutetut ohjaukset. Terästeollisuudessa käytetään siis hydraulisia proportionaaliventtiilejä, jotka ohjaavat hydraulioöljyä. Hydraulioöljyn voimalla pystytään liikuttamaan raskaitakin teräsrullakelkkoja, joilla ohjataan teräsrataa. (Lauttamus, M. 2022.)

Radanohjausta käytetään teräsrullan auki kelauksessa, kun teräsviira halutaan mahdollisimman optimaaliseen kohtaan rataa, jolloin pystytään käyttämään myös optimimäärä pesuaineita (ks. Kuvio 8). Nauhavaraajissa käytetään ohjausta, koska rullien määrä on suuri ja materiaali pääsee täten elämään eri tavalla jokaisen rullan kohdalla. Passivoinnin jälkeen käytetään ohjausta. Maalauksissa ja pinnoituksissa käytetään radanohjausta mahdollisimman optimaaliseen ja tasalaatuiseen lopputulokseen pääsemiseksi, jonka lisäksi pystytään välttämään myös turhaa materiaalin käyttöä. Sinkkipinnoituksen kuivatusvaiheessa teräsnauhalle yleensä syntyy molempiin reunoihin pisaranmuotoinen reunaprofiili, joka vaikeuttaa teräsrullien käsittelyä, jos muodot tulevat ja kasaantuvat päällekkäin rullassa ollessaan. Radanohjauksessa voidaan ja käytetäänkin yleensä oskillointia, jolla pystytään säästämään ohjausrullia, joilla materiaalit liikkuvat, kun eivät kuluta vai yhtä kohtaa rullasta, vaan ”elävät” hiukan radalla. Rullalle rullattavaa materiaalia pystytään oskilloimaan, jolloin ei koidu ongelmaksi sinkkipinnoituksessa tulleet pisaramuotoiset reunaprofiilit teräslevyissä. Oskillointia käytetään myös auki kelauksessa, jolloin saadaan materiaali tulemaan tasaisesti ja suorana oikeassa kohdassa eri prosesseihin ja materiaalin kiinni kelauksessa pitämään reunat hieman erikohdissa tai täysin samassa kohdassa tapauksesta riippuen, sekä myös muissa kohdissa säästämään teloja lisäämällä niiden käyttöikä. (Lauttamus, M. 2022.)



Kuvio 9. Teräslinja (Jokinen, M. 2022a.)

Yllä olevassa kuviossa mentäessä vasemmalta oikealle (ks. Kuvio 9). Nähdään erilaisia kohtia yhdestä terästeollisuuden linjasta, jossa käytetään radanohjausta ja muita konenäköön perustuvia mittauksia. Auki kelauksessa voidaan mitata keskilinjaa, reunansijaintia ja leveyttä, joiden mukaan ohjataan rataa. Ohjausrullan ohjauksessa pystytään säätämään hehkutusuuniin mentäessä optimaalinen sijainti teräsnauhalle, josta nauha etenee peittaukseen. Peittauksen jälkeen säädetään ohjausrullalla rata pysymään oikealla paikalla kuivausvaiheiden läpi. Ennen päällekelainta ohjataan rataa saaden rullalta teleskooppinen ominaisuus pois, joka syntyy herkästi, jos rataa ei ohjata. Energian ja laadukkaan lopputuloksen saamiseksi ei haluta, että teräsrullissa on teleskooppimaisuutta. Teleskooppimaisissa rullissa joudutaan käyttämään paljon turhaa energiaa teleskooppisuuden hallitsemiseen ja purkamiseen. Keskilinjaa mitataan käytetään hyvin usein auki ja kiinnike-lauksissa, koska kelan halkaisija muuttuu sitä purettaessa tai rullattaessa kasaan, jonka seurauksesta myös reunansijainti alkaa liikkumaan. Keskeisyys mittauksella kuitenkin tämä pystytään estämään.

Moderneissa radanohjausjärjestelmissä voidaan myös normaalin säädön lisäksi käyttää kaskadisäätöä. Kaskadisäädössä kaksi eri mittausanturia ja ohjauskeskusta keskustelevat keskenään. Esi-

merkinä voisi olla, vaikka rullan auki kelaus ja hehkutusuunia ennen olevat kaksi mittausta ja ohjausta (ks. Kuvio 9). Kelan auki ohjaus ohjaa rataa vähän hoitopuolelle ja tästä seurauksena seuraava mittaus mittaa radan olevan liian lähellä hoitopuolta ja ohjaus alkaa ohjaamaan rataa käyttöpuoleen, eli täysin eri suuntaan. Tällainen tapaus on mahdollista estää kaskadisäädöillä, kun nämä kaksi eri mittausta ja ohjausta keskustelevat keskenään. Tässä tapauksessa jälkimmäinen ohjaus käskee aikaisempaa ohjausta ohjaamaan vähemmän rataa hoitopuolelle, ettei itse joudu säättämään turhaan rataa käyttöpuolelle, näin säästetään taas energiaa ja radalla olevaa materiaalia, kun ei ole vedätystä koko ajan vastakkaisiin suuntiin. Toinen vaihtoehto on, että rata ohjautuu rajusti hoitopuolelle jälkimmäisessä mittauksessa ja ensimmäisessä mittauksessa vain vähän. Ensimmäinen ohjaus ohjaa rataa vähän käyttöpuolelle ja jälkimmäinen ohjaus rajusti käyttöpuolelle. Jälkimmäinen ohjaus kuitenkin tekee paljon enemmän työtä ja käyttää turhaa energiaa, kun ensimmäisessä ohjauksessa voisi olla hieman suurempi ohjaus ja saada rata keskelle kevyemmin jo aikaisemmassa vaiheessa. Mitä aikaisemmin rata saadaan oikeaan paikkaan sitä vähemmän sitä, tarvitsee säätää myöhemmässä vaiheessa. (Lauttamus, M. 2022.)

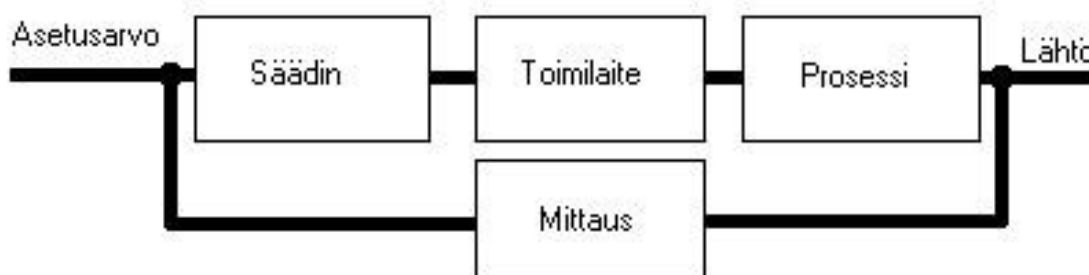
6 Automaatiojärjestelmä

Perinteisesti automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan useasta laitteesta koostuvaa järjestelmää, joista ihmisen on mahdollista ohjata, sekä valvoa prosessia. Automaatiojärjestelmään kytkettyjä laitteita prosessitiloissa tai prosessissa ovat erilaiset mittalähteet, anturit, toimilaitteet ja toimielimet, joita ovat kenttälaitteet. Mittauksilla saadaan tarvittava mittaustieto prosessista. Mittausviestit jaetaan analogisiin ja digitaalisiin mittausviesteihin. Digitaaliset, eli binääriset viestit ovat kaksitilaisia viestejä, eli on/off viestejä, nämä viestit ovat hyvin yleisiä ohjaustekniikassa. Virtauskytkin-, pintakytkin, lähestymiskytkin-, momenttikytkin-, lämpötilakytkin-, kosketin-, paine- ja rajakatkaisijantiedot ovat yleensä binäärisiä kaksitilakytkimiä. Fonseliuksen, Pekkolan, Selosmaan, Strömin ja Välimaan (1996, 10) mukaan ”Prosessin ohjauksen ja säädön ja standardivirtaviestit ovat 0...20 mA ja 4...20 (SFS-IEC 381-1:1988.), ja standardijänniteviestit ovat +1...+5 V, 0...+5 V, 0...+10 V ja -10... +10 V (SFS-IEC 381-2:1988.)” Toimilaitteohjauksen ja kytkinlaitoksen tarkoituksena on suorittaa säätö- ja ohjauksikäskyjen suorittaminen, vahvistaminen ja täten vaikuttaa myös prosessin kulkuun. Eri toteutusmenetelmiä voidaan soveltaa hyvin sähköisen, pneumaattisen tai hydraulisen toimilaitteen avulla. Sähkösäädöissä ja ohjauksissa voidaan käyttää kone-eliminä erilaisia moottoreita tai magneettiventtiilejä. Pneumaattisissa säädöissä ja ohjauksissa voidaan käyttää pneumatiikalla, eli paineilmalla toimivia sylintereitä tai

moottoreita. Hydraulisessa säädössä ja ohjauksessa käytetään apuenergiana hydraulisesti tuotettua hydraulipainetta, eli paineenalaista öljyä. Hydraulisessa prosessissa kone-elimenä toimivat hydraulikkasylinterit ja hydraulikka moottorit. (Fonselius ym. 1996, 9–10.)

6.1 Sääto ja ohjaus

Säädöllä ja ohjauksella vaikutetaan prosessin kulkuun. Ohjausviesteinä toimii yleisesti binäärinen viesti eli kaksitilainen viesti, mutta myös jatkuvatoimista ohjausta käytetään. Esimerkiksi käynnistys/sammutus ja avaa/sulje ohjausviestit ovat binäärisiä viestejä. Jatkuvatoimisessa säädössä käytetään takaisinkytkentämittaustietoa (ks. Kuvio 10). Säädössä mitta-anturilta saatua mittaustietoa prosessisuureesta verrataan säätimessä olevaan asetettuun arvoon. Vertailussa seurataan arvoja ja tarvittaessa automaatio säättää ja ohjaa prosessisuureeseen vaikuttavaa laitetta. (Fonselius ym. 1996, 11.)



Kuvio 10. Suljetun säätöpiirin lohkokaavioesitys (Automaatiotekniikka 1 2009.)

Säätimeen annetaan asetuservo ja mittaustulos, jonka perusteella säädin säättää toimilaitetta. Toimilaitte muokkaa prosessin kulkua säätöelimen avulla. Prosessissa tapahtuva muutos mitataan ja kierros alkaa alusta. Säätimestä toimilaitteelle menevää säätöviestiä kutsutaan ohjaussuureeksi. Mittaus- ja toimintosuureen viestinä käytetään yleensä 4...20mA. Säätimen ideaali tilassa ollessa asetuservo ja mittauksen välinen ero on nolla. (Fonselius ym. 1996, 11.)

PID-Säädin

PID- Controller tulee sanoista Proportional-Integral-Derivative-Controller, eli suhde-integroiva-derivoiva-säädin. PID-säätimellä voidaan ohjata erilaisia toimintoja, kuten virtausnopeutta, painetta, nopeutta, lämpötilaa ja monia muita prosessimuuttujia. Säätimen tarkoituksena on ylläpitää $y(t)$ arvoa $\tau(t)$ arvossa ja kompensoida sen muutoksia prosessissa ja ympäristössä (ks. Kuvio 11). Säädin käyttää takaisinkytkentätietoa mittauksessa. PID-säätimiä pidetään yhtenä tarkimmista ja sopeimmista ohjausjärjestelmistä, kun ne on säädetty oikein. Ensimmäiset PID-säätimet on kehitetty laivojen ohjausjärjestelmien ohjaukseen 1920-luvulla. Myöhemmin tämän merkitys on kasvanut laajasti teollisuudessa. Tänä päivänä kaikki tarkasti toimivat laitteet käyttävät jonkinlaista PID-säädintä muuttamaan ohjausta. Säädintä voi myös käyttää ilman I- ja tai D-säädintä, jolloin käyttöön tulee P-säädin = suhdesäädin, PI-säädin = suhteellinen-integraatio-säädin tai PD-säädin = suhde-derivaatio-säädin. (What Is A PID Controller And How It Works? 2021.)

P-säädön kaava on $K_p e(t)$

I-säädön kaava on $K_i \int_0^t e(t) dt$

D-säädön kaava on $K_d \frac{de(t)}{dt}$

PID-säätimen kaava on $u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$. Missä

$\tau(t)$ = asetettu asetetus arvo on ajan hetkellä t

$e(t)$ = eroarvo ajan hetkellä t

K_p = P-säätimen vahvistuskerroin

K_i = I-säätimen integrointikerroin

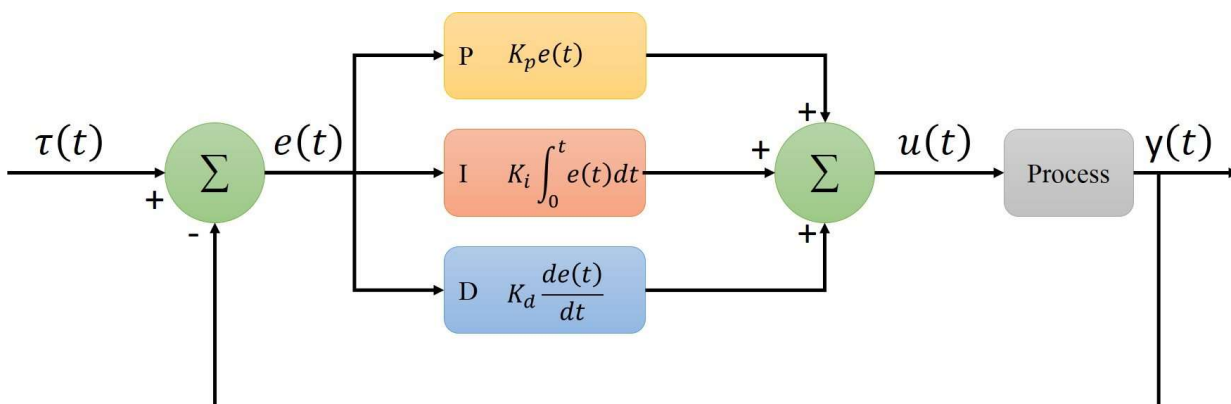
$\int_0^t e(t) dt$ = erosuureen integraatio

K_d = D-säätimen derivointikerroin

$\frac{de(t)}{dt}$ = eroarvon derivaatio

$u(t)$ = säätimen lähtö

$y(t)$ = prosessista saatu mittaussarvo



Kuvio 11. PID-säätimen lohkokaaevioesitys (What Is A PID Controller And How It Works? 2021.)

Kaskadi-säätö

Kaskadiohjauksessa on kaksi tai sitä useampia säätimiä, jossa yhden säätimen lähtö ohjaa toisen säätimen asetus pistettä. Asetuspistettä ohjaavaa säädintä kutsutaan ensisijaiseksi, uloimmaksi tai pääsäätimeksi. Asetusarvoa vastaanottavaa säädintä kutsutaan toisio-, sisempi- tai orjasäätimeksi. Kaskadiohjauksella pystytään parantamaan ohjajärjestelmän suorituskykyä yksisilmukkaiseen ohjaukseen verrattua. Kun prosessissa muutos on hidas, viiveet tai häiriöt ovat suuria tai jos sisäisen silmukan mittaus ja muutos ovat nopeampaa, kuin ulkoisen mittauksen. (Cascade Control Principle. N.d.)

6.2 Pneumatiikka

Pneumatiikka eli paineilmaan ja painekaasuihin keskittyvä tekniikan haara. Pneumatiikalla pystytään toteuttamaan nopeita liikkeitä turvallisesti, johtuen paineiden mahdollisuudesta pitää

matalina. Etuina paineilmassa on pienet painehäviöt kohtuullisilla matkoilla. Energiaa ei kulu, kuin käytettäessä tai vuodosta johtuen. Ilmaa on saatavilla kaikkialla ja sitä ei tarvitse johtaa erityisesti pois erillisiä putkistoja pitkin. Lisäksi ilmaa on helppo tuottaa kompressorilla ja säilöä painesäiliöihin. Pneumatiikassa tarkat säädöt ovat vaikeita ja kalliita toteuttaa. (Keinänen ym. 2019, 83-84.)

Painesäätimellä pystytään rajoittamaan eli suojaamaan laitteita liian suurilta paineilta ja tasaamaan verkostossa mahdollista painevaihtelua. Paineensäädin eli paineenalennusventtiilillä pystytään myös säätämään toimilaitteelle menevää paineen maksimivoimaa. (Keinänen ym. 2019, 103.)

6.3 Servotekniikka

Servotekniikka kehitettiin alun perin toisen maailmansodan aikaan sotateollisuuteen nopeisiin ja tarkkoihin liikkeisiin. Servoja alettiin käyttämään vasta myöhemmin prosessiteollisuudessa ja nykypäivänä niitä käytetään robotiikassa, työstökoneissa, sekä monessa muussa laitteessa. Proportionaalitekniikassa käytetään lähinnä avoimia ohjausjärjestelmiä, missä säädetään proportionaaliventtiiliä toimilaitetta. Servotekniikassa servoa ajetaan haluttuun arvoon tarkasti. (Fonselius ym. 1997, 7.) Servomoottori koostuu akselista, ankkurista, hiilistä, takogeneraattorista ja pulssianturista, joka sisältää valokennon (Fonselius ym. 1997, 10.). Oleellista servoissa on takaisinkytkentä tieto, jolla tiedetään missä paikassa tai asennossa servo on milläkin hetkellä. (Fonselius ym. 1997, 7.) Proportionaali- ja servoventtiilit ovat jatkuvatoimisia suuntaventtiilejä ja ne ovat rakenteeltaan luistirakenteisia 3-tiepatruunaventtiilejä tai 4-tieventtiileitä (Automaatiotekniikka 1. 2009, 175.).

6.4 Hydrauliiikka

Hydraulijärjestelmiä käytetään tehonsiirtoketjuina, joilla muutetaan mekaaninen teho hydrauliseksi tehoksi. Järjestelmissä viedään hydraulinen teho haluttuun paikkaan putkiston avulla, jossa se muutetaan taas mekaaniseksi tehoksi toimielimen avulla. Hydraulijärjestelmissä tehon siirto voidaan toteuttaa joko hydrodynaamisena tai hydrostaattisena voimana siirtomekanismin

avulla. Voiman välittäjäaineena toimii hydraulikassa neste, johonka teho sidotaan tilavuusvirtana tai paineena. Etuina hydraulijärjestelmissä pidetään sen suunnittelu vapautta ja komponenttien hyvää tehopainosuhdetta. Tehoja siirrettäessä putkistojen ja letkujen avulla suunnittelija pystyy suunnittelemaan tehonlähteen ja tehoa käyttävän lähteen eripaikkoihin ja suunnittelemaan putkistoreitin sopivaan kohtaan laitteistoa, kun ei tarvitse käyttää tarkoin määriteltyjä tehonsiirtora-toja. (Kajaste, J. Kauranne, H. Vilenius, M. 2008, 1.)

6.5 Proportionaali- ja servoventtiilit

Proportionaali- ja servoventtiilillä pystytään toteuttamaan jatkuvatoiminen portaaton säätö. Kun venttiilien karoja pystytään säätämään portaattomasti, niin samalla myös venttiilien ohjaamat suu-reet säätyvät portaattomasti, eli painetta tai virtausta voidaan säätää portaattomasti. Portaaton säätö mahdollistaa venttiilillä ajettavan toimilaitteen nopeuden, aseman ja momentin tai voiman jatkuvatoimisenohjauksen. Toimintaperiaatteeltaan proportionaali- ja servoventtiilit toimivat jatkuvatoimisina vahvistimina, joihin ohjattu tulosignaali, eli ohjaussignaali muunnetaan ja vahvistetaan hydrauliseksi lähtösignaaliiksi hydraulisessa ohjauksessa. Jatkuvatoimisuudella tarkoitetaan tässä tapauksessa sitä, että tulosignaali ohjaa portaattomasti ja jatkuvasti lähtösignaalin tasoa. (Kajaste, J. Kauranne, H. Vilenius, M. 2008. 327.) Ohjausjärjestelmän antaessa ohjausarvosignaalin sähköiselle käskykselimelle se vahvistetaan ja ohjauksikäsky ohjataan venttiilille, jonka kara liikkuu ohjaussignaalin mukaisesti asetettuun arvoon. Karan siirtyessä venttiilistä pääsee virtaamaan tilavuusvirta, joka määräytyy karan avauman mukaan. (Kajaste, J. Kauranne, H. Vilenius, M. 2008. 328.)

6.6 Logiikka

Ohjelmoitavat logiikat, eli PLC tulee sanoista Programmable Logic Controller. Ohjelmoitavia logiikoita käytetään yhä enenemässä määrin teollisuudessa. Nykypäivänä lähes kaikki ohjaus toteutetaan logiikoiden avulla. Logiikan sisääntulo analogia-/digitalikortit vastaanottavat tietoa kentältä erillisiltä antureilta ja siirtävät tämän datan bittitietona keskusyksikköön, eli CPU:hun. Kyseinen lyhenne tulee sanoista Central Processing Unit. Tätä bittitietoa hyväksi käyttäen logiikka tekee siihen ohjelmoitujen muuttujien avulla erillaisia asioita esimerkiksi antaa bittitiedon

digitaaliseen outputkortille, joka taas ohjaa laitetta X. Logiikoiden tehtäviin kuuluvat tietoliikenneohjausta, valvomotoimintaa, laskentaa, raportointia, säätöä ja hälytyksien käsittelyä. Pienemmissä logiikoissa tulojen ja lähtöjen määrä voi olla alle 10 ja taas suurissa modulaarisissa logiikoissa lähtöjen ja tulojen määrä voi nousta useisiin kymmeneen tuhansiin I/O-kanaviin. (Keinänen ym. 2019, 248.)

6.7 Rakenne

Logiikat jaetaan kahteen eri ryhmään rakenteensa perusteella modulaarisiin ja kompakteihin logiikoihin. Kompakteissa logiikoissa laajennettavuus on rajattua ja ne yltyvät yleisesti 10–30 I/O-kanavan tuloihin ja lähtöihin. Nämä logiikat soveltuvat hyvin pienempiin koneenohjaustehtäviin. Modulaarinen logiikka taas koostuu eri osista ja sitä pystyy niin sanotusti rakentamaan omien tarpeiden mukaisesti. Modulaarinen logiikka koostuu virtalähteestä, keskusyksiköstä ja tarvittavasta määrästä erilaisia I/O-kortteja. Lisäksi logiikkaan on mahdollista liittää myös tiedonsiirto- ja liikkeenohjausyksiköt. Modulaariset osat liitetään toisiinsa merkkikohtaisilla kehikoilla, taustalevyillä tai toisiinsa kytkemällä. (Keinänen ym. 2019, 249.)

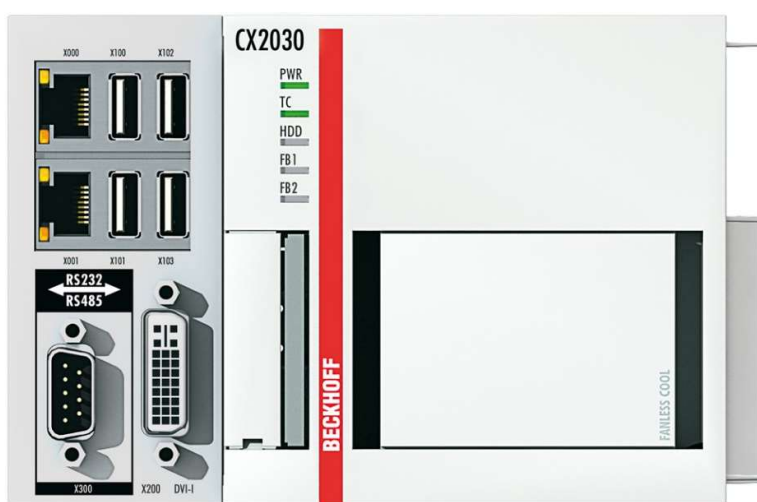
Tehonlähde

Logiikan tehonlähde antaa virtaa logiikan I/O-kortteille ja keskusyksikköön. Tehonlähteen jännitteinä käytetään 24VDC tai 230VAC (DC = tasajännite ja AC = Vaihtojännite). Lisäksi on mahdollista käyttää ulkopuolista varavirtaa UPS, eli Uninterruptible Power Supply -yksikköä sähkökatkojen varalta turvaamiseen. Tehonlähdettä valittaessa on hyvä huomioida ainakin seuraavat asiat. Kapasiteetin määrä tulevatko anturit, toimilaitteet ja logiikka saman tehonlähteen perään, jos tulee, täytyy laskea yhteen kaikkien ottama maksimi tehon määrä ja mitoittaa tästä hiukan suurempi tehonlähde. Stabiilisuus tehonlähteellä koko kuormitusalueella. Rippelin suuruus, eli suurin hyväksytty vaihtelu käyttöjännitteessä. Verkosta mahdollisten transienttihäiriöiden vaimennukset. Tehonlähteen oikosulkusuojaus ja sähköturvamääräykset. (Keinänen ym. 2019, 248.)

Keskusyksikkö

Keskusyksikkö on perusrakenteeltaan kuin tavallinen tietokone. Se koostuu prosessorista/proessoreista, muisteista ja tietoliikenneporteista. Logiikan prosessorien määrä voi

vaihdella tavallisesti yhdestä neljään. Prosessorien määrä vaikuttaa logiikan nopeuteen ja jokaisella prosessorilla on oma tehtävänsä. Prosessorien eri tehtäviä ovat käyttöjärjestelmän, sanaoperaation, bittioperaation ja CPU:n ulkopuolisista operaatioista huolehtiminen ja suorittaminen. (Fonselius ym. 1996, 107.) Beckhoff:in CX2030 on ohjelmoitava keskusyksiköstä (ks. Kuvio 12). Sen sisältä löytyy kaksi 1,5GHz nopeudella toimivaa Intellin Core i7 prosessori, ram muistia 2GB, flash muistia 20GB. Liitäntöinä laitteesta löytyy 2x RJ45 Ethernet porttia, 1x DVI-I näyttöpäätteelle menevä liitäntä, 4x usb-A 2.0 liitäntää ja 1x kommunikointi liitäntä RS232, PROFIBUS tai CANopen väylälle. Käyttöjännite 24VDC. (Beckhoff CX2030 Basic CPU module n.d.)



Kuvio 12. Beckhoff CX2030 Ohjelmoitava logiikka (Beckhoff CX2030 Basic CPU module n.d.)

Paneeli-PC

Joissain tapauksissa, kun tarvitaan parametrien-, ohjelmoitavan logiikan säätöä tai visualisointia, niin käytetään paneeli-pc:tä. Paneeli-pc koostuu yleensä kosketusnäytöstä ja mahdollisesta pc yksiköstä. Paneeli-pc liitetään automaation laiteverkkoon, johon on liitetty muut laitteet ja I/O-yksiköt. Rakenteeltaan ne ovat normi pc:stä kestävämpiä kestäämään teollisuuden vaativat olosuhteet ja ovat usein jopa IP-66 luokituksen laitteita. Paneeleissa on muutamia näytön kokovaihtoehtoja, monipuoliset asennusmahdollisuudet, ei liikkuvia osia, passiivinen jäähdytys, monipuoliset räätälöintivaihtoehdot jokaisen asiakkaan tarpeisiin. Liitäntöissä yleensä RJ-45 Ethernet-, USB- ja sähkönsyöttöliitännät. (Keinänen ym. 2019, 255.)

Muistit

Tietokoneissa on kaksi eri muistia, niin on myös logiikoissa ja nämä muistit ovat RAM-muisti, eli Random Access Memory-muistista ja ROM, eli Read Only Memory-muisti. Muistit jaetaan niiden käyttötarkoitusten mukaisiin tehtäviin. Esimerkkejä eri muistialueista ovat datamuisti, puskurointi apumuisti, lähtöjen ja tulojen muistialue, apumuisti, tietoliikenteeseen käytettävät muistialueet, ajastin- ja laskurimuistialueet. Apumuistialue tallentaa ohjelmistossa olevien lukitustietojen tiedot. Puskuroitu apumuisti säilyttää muistin ja datan sähkökatkojen yli. Tietoliikenteeseen käytettävää muistia tarvitaan kommunikointiin eri automaatiolaitteiden kanssa. Laskureille ja ajastimille käytetään yhteistä muistia, jotta saadaan rajoitettua niiden yhteistä suurinta lukumäärää. Datamuistia käytetään sovelluksen ja sen tietojen tallentamiseen. (Keinänen ym. 2019, 251.)

Digitaaliset tulo- ja lähtöyksiköt

Diskreetit eli digitaaliset lähtö (Output) ja tuloyksiköt (Input) saavat ja antavat erilaisilta antureilta on/off-signaaleja, eli päälle/pois signaaleja, jotka siirretään bittitietona keskusyksikölle. Tuloyksiköissä on signaalin galvaaninen erotus releellä tai opto erottimella ja jännitteen sovitus, jolla suojataan itse keskusyksikölle menevää signaalia. Modulaarisiin pieniin ja isoihin logiikoihin on saatavilla erilaisia tuloyksiköitä, joissa tulojen määrä ja jännitealueet vaihtelevat. Kytkennoissä pitää huomioida jännitteen kesto, tulon/lähdön jännitteensyötön kytkentä/tarve, anturin tyyppi (kaksi-johde-, PNP-, NPN-anturi), häiriönsuojaus, kaapelinreitti, johdin ja kaapelimerkinnot. (Keinänen ym. 2019, 251-252.)

Digitaalisessa lähtöyksikössä käytetään keskusyksiköltä saatua bittitietoa ohjaamaan digitaalista lähtöä, jolla voidaan ohjata esimerkiksi merkkilamppua, apu- tai normirelettä, magneettiventtiiliä tai kontaktoria. Erilaisista laitteista ja niiden tarvitsemasta jännitteen ja virran määrästä johtuen täytyy valikoida oikean tyyppinen lähtökortti. Kuten tulokortissa, niin myös lähtökortissa käytetään galvaanista erotusta ja jännitteen sovitusta lähtöyksikön tyyppin mukaan. Lähtöyksikössä on pääsääntöisesti jokin seuraavista kolmesta kytkimestä ohjaamassa virtaa ja jännitettä. Triakki, relekosketin tai transistori. Triakkaa käytetään siinä tapauksessa, jos pitää ohjata vaihtosähköä. Sen hyötyinä ovat ideaalinen jännitteen ja virran katkaisu, iso syöksyvirtojen kesto, kuluvien osien puuttuminen ja pieni koko. Transistori toimii tasasähköpuolella ja sen maksimijännitteen kesto on

yleensä 60VDC. Transistori on puolijohdekomponentti, eli sen yli menee pieni jännite myös sen ollessa johtavassa tilassa, joka aiheuttaa komponentin lämpenemisen ja mahdollisen jäähdytys tarpeen. Relekoskettimissa on laaja jännitealue yleensä 5-500V, se sopii sekä vaihto-, että tasasähkölle, koskettimissa ei ole häiriöherkkiä osia ja siinä on suuri tehoalue. (Keinänen ym. 2019, 251-252.)

Analogiset tulo ja lähtöyksiköt

Analogisignaalien lukeminen vaatii logiikalta analogitulokorttia, joka muuntaa analogiasignaalin digitaalisignaalksi logiikalle. A/D-muunnin, eli Analogia-digitaalimuuntimella muutetaan esimerkiksi 0-20mA jänniteviesti 16 bittiseksi digitaalseksi viestiksi. Käytettävien bittien määrä vaikuttaa anturilta saatuun erottelukykyyyn. Ohjattaessa taas analogiasignaaleja tarvitaan analogilähtökortti. Analogiasignaaleilla toteutetaan yleensä säätöjä ja erilaisia ohjauksia. Lähtökortilla tarvitaan muuntaa digitaalinen ohjausviesti analogiseksi D/A-muuntimella, eli digitaalianalogimuunnoksella. Analogisia kortteja on virta, että jännite lähdoillä ja tuloilla saatavina. (Keinänen ym. 2019, 252.) Jänniteviesteinä käytettävät jännitteet ovat 0-5V, 0-10V ja -10/+10V (Keinänen ym. 2019, 252. ; SFS-IEC 381-2:1988.). Virtaviestinä käytettävät virta-alueet ovat 0-20mA ja 4-20mA (Keinänen ym. 2019, 252. ; SFS-IEC 381-1:1988.).

6.8 Optinen valokuitu

Kuituvalokennoanturi koostuu kuituvahvistimesta ja kahdesta valokuidusta lähettävästä ja vastaanottavasta. Kuituvalokennoja käytetään yleensä vaativissa olosuhteissa esim. vaikeasti tavoitettavissa kohteissa, herkästi likaantuvissa kohteissa, kemiallisissa kohteissa ja vaativissa lämpötiloissa -55-+315°C. Lisäksi suurien sähkömagnetismin alueilla, joissa voi tulla paljon häiriösignaaleja. Pienen painon ja kokonsa ansiosta esimerkiksi robotin käsivarressa. (Keinänen ym. 2019, 216.)

VISI LT-200

VISI LT-200 on AFRY:n oma kuitupohjainen mitta-anturihaarukka (ks. Kuvio 13). Anturi tuottaa mittauksen perusteella 4...20mA signaalin. LT-200 on hyvin robustinen eli jyrkätekoinen/kestävä mitta-anturi paperiteollisuuden tarpeisiin ja on suunniteltu nauhamaisen materiaalin mittaamiseen. Anturin toiminta perustuu kuituteknologiaan, jossa ir-valonvahvistin lähettää ja vastaanottaa

ir-valoa kahdesta eri kuitumittapään lävitse. Kohde eli yleisesti ottaen viira katkoo ja muuttaa tätä ir-valon läpäisyä mittapäiden välissä ja vahvistin tuottaa tästä ir-valosignaalista 4...20mA signaalin. LT-200 on saatavilla 100 mm ja 150 mm mittausalueilla. Mittapäissä on integroitu puhtaanapito paineilmalla tai paineilmalla ja vedellä riippuen kohteesta, mihin mittapää sijoitetaan. Mitta-anturia käytetään vaativimmissa ja likaisissa paikoissa. Esimerkiksi vesihöyryssä, vesisuihkussa, pölyissä ja likaisissa paikoissa, käytännössä voidaan käyttää kaikkialla paperikoneessa, jossa mitataan viiraa. Lämpötilan kesto anturilla on 180°C. (Siltanen, J. 2022)



Kuvio 13. AFRY:n LT-200 Mitta-anturihaarukka (AFRY Machine Vision. N.d.)

6.9 Konenäkö

Perinteisesti konenäöstä puhuttaessa tarkoitetaan kaksiulotteista tietokonenäköä. Tietokonenäkö perustuu esimerkiksi kameralla otettuun kaksiulotteiseen harmaasävykuvaan kolmiulotteisesta maailmasta, jonka tietokone lopuksi käsittelee. Kaksiulotteisesta kuvasta ei saa täsmällistä syvyyssihoa. Syvyyssuhteita voidaan kuitenkin päätellä kuvasta. Konenäköä voisi verrata hyvin vaikka ihmisen näköön. Silmät sisältävät optiikan ja kuvanmuodastamiselimien, joista tieto menee aivoihin, eli ohjausyksiköihin, jotka suorittavat erillaisia algoritmien. Joissakin tehtävissä ihmisen näköaistissa on kuitenkin rajoitteita ja puutteita, jotka rajoittavat muuten suorituskykyistä ja tehokasta järjestelmän käyttöä. Ihmisen tehdessä tarkkaavaista työtä esimerkiksi esineiden mittaamista, lajittelua, tarkastusta, laskentaa, jne. Aivot ja silmät väsyvät ja kyllästyvät tähän

työhön. Jatkuvasti vaativassa ja tarkassa työssä tekijän motivaatio häviää. Konenäköjärjestelmän parhaimpiin puoliin kuuluukin sen väsymättömyys ja toistettavuuden tasaisuus, sekä sellaisissa paikoissa toimiminen, joissa ihmistä ei voi käyttää tai ole järkevä käyttää. (Fonselius ym. 1996, 74-75.)

Toiminta

Konenäköjärjestelmissä yleensä käytetään puolijohdeanturilla toimivia viiva- tai matriisikameroita. Puolijohdeanturilla varustetuissa kameroissa valoherkkä pinta integroidaan suoraan piiriin. Piinpalainen joka on piirilevyssä sisältää suuren määrän pikseleitä ja elimiä, jotka ovat valoherkkiä. Pikselien koko voi olla esimerkiksi 2048×1 , eli viivakamerakenno tai 256×256 , eli matriisikamerakenno (ks. Kuvio 14). Kuvaa luetaan kamerakennolta pulssittamalla sitä. Puolijohdekameroissa on etuina aikasemmin käytettyihin vidicontyyppisiin kameroihin luotettavuus, tarkkuus ja kestävyys. Puolijohdekameroiden herkkyysalue verrattuna ihmissilmään on paljon laajempi. Herkkyysalue alkaa ultravioletista ja mennee pitkälle infrapuna-alueelle. Näitä kumpaakaan ääripään alueita ei ihmissilmällä voi havaita. (Fonselius ym. 1996, 75.)



Kuvio 14. Matriisi- ja viivakamera (Matriisikenno- vai viivakamerakuvaus. N.d.)

Viiva- ja matriisikamera

LID, Linear Image Device eli viivakamera koostuu yhdestä rivistä kuvaelementtejä, kahdesta analogisesta siirtorekisteristä ja ulostulovahvistimesta. Viivakamera pohjautuu CCD-komponenttiin, joka tulee englanninkielen sanoista Charge Couper Device. Viivakameran toiminta perustuu siihen, kun valo saavuttaa kuvaelementtirivin, niin jokaiseen kuvaelenttiin varautuu valon intensiteettiin perustuva varaus. Varaukset siirtyvät siirtorekisterien läpi kohti ulostulovahvistinta, josta ne muuntuvat vastaaviksi jännitetasoiksi. Ulostulovahvistimesta saadaan valoisuustilaan verrannollinen jännitepulsijono, josta muokataan videosignaali. AID, Area Imaging Device eli matriisikamera, jonka perinteisempi nimi on pintakamera, koostuu muuten täysin samoista osista kuin viivakamera, mutta matriisikamerassa pikselielementit on sijoitettu x-y-suuntaiseen matriisiin. Esimerkki matriisikameratoiminnasta. Matriisikameran CCD-elementti koostuu 488x380 pikseli matriisista, jotka ovat pysty- x vaakasuunnassa. Jokaisen elementin harmaasävyarvo muutetaan A/D-muuntimella 8-bittiseen digitaaliseen muotoon. 8-bittisellä A/D muuntimella saadaan erotettua siis 2⁸ eri harmaasävyä. Tässä tapauksessa 488x380 pikselin kuvan tallentamiseen tarvitaan 488x380 tavua muistia käytettäväksi. (Fonselius ym. 1996, 75-78.)

Valaistus

Yleisesti konenäköjärjestelmissä käytetään kohdevalaistusta. Varjottomaan ja tasaiseen valaistukseen pääsemiseksi tarvitaan yleensä useita valaisimia. Rengasvalaisimella, joka sijoitetaan kamerasobjektiivin ympärille, saadaan hyviä tuloksia valaisun suhteen. Vaativimmissa kohteissa on käytettävä erikoisvalaistusta. Esimerkiksi valoja vaativampiin kohteisiin ovat strukturoitu tai kollimoitu valo. Struktudut valaisimet valaisevat epätasaisesti kohdetta. Strukturoidut valaisimet voivat koostua yksinkertaisimmillaan yhdestä valojuovasta tai monimutkaisemmissa tapauksissa useammasta valojuovastosta tai muusta kuviosta. Struktutoidulla valolla pystytään saamaan kaksiulotteisesta kuvasta kolmiulotteista tietoa. Kollimoidussa valossa valonlähde on valonlähteen peilin tai linssin polttopisteessä, jonka avulla valo taittaa valonsäteet yhdensuuntaisiksi. Kollimoidulla valolla saadaan heijastava esine valaistua kirkkaaksi peilipintaisella taustalla, kun valaisin ja kamera ovat eri kulmissa. Näin saadaan erityisesti pintaviat näkyviin kirkkaista pinnoista. (Fonselius ym. 1996, 78.)

VISI50RH

VISI50RH kamera on entisen Vision Systems:sin ja nykyisen AFRY:n kehittämä älykamera (ks. Kuvio 15). Kamera toimii itsenäisenä kamerana, eli ei tarvitse toimiakseen mitään muuta, kuin sähkönsyötön. Kamerasta löytyy harmaasävy matriisikamerakenno kuvan tuottamiseen, prosessori kuvan käsittelyyn, I/O lähtöinä ja tuloina binääri ja mA-signaalit kommunikointiin eri automaatiojärjestelmien kanssa. Sekä älykamera mahdollisuudet kommunikoida Ethernet liitännän kautta väylään. Älykameralla tarkoitetaan kameraa, joka ottaa kuvan, käsittelee kuvan ja antaa kuvasta valmiin tiedon/mittaustiedon eteenpäin. Ei siis tarvitse erillistä tietokonetta toimiakseen. (Siltanen, J. 2022)



Kuvio 15. AFRY:n VISIEDGE Kamera (AFRY Machine Vision. N.d.)

Mittaus toimii kamerassa siten, että kamera ottaa ensin kuvan. Kuvauksen jälkeen kuva siirtyy matriisikennolta prosessorille, jossa prosessori käsittelee kuvaa eri algoritmien perusteella. Alkuun kuvaa rajataan ROI-alueella ja kuvasta poistuu kaikki niin sanotusti ylimääräinen data, mikä ei ole ROI-alueella. Tällä saadaan kuvan datamäärää pienemmäksi ja käsittelyaikaa nopeammaksi. ROI-alueesta luodaan intensiteettiprofiili, eli signaalin voimakkuus. Profiilista haetaan eri algoritmien perusteella erilaisia asioita esimerkiksi reunaprofiileja. Parametreilla pystytään säätämään ja päättämään mitä ja minkälaista reunaa tai asiaa etsitään kuvasta/profiilista. (Siltanen, J. 2022)

Kameransijoitukset kenttäolosuhteissa ovat hyvin monipuoliset. Kamerasta löytyy suojausteknologia lämpöä ja likaa vasten. Käyttölämpötilat kameralla on maksimissaan 60°C ja kameraan kiinnitettävällä lisäjähdyttimellä päästään 120°C maksimi lämpötiloihin. Kamera voidaan tarvittaessa siirtää kohteesta myös kauas tai pois mitattavan kohteen päältä, näin saadaan parempi puhtaana pysyvyys ja ei pääse aiheuttamaan prosessille prosessihäiriöitä. Skaalautuvuus on erittäin hyvä objektia vaihtamalla. Erikokoisilla objektiiveilla saadaan määriteltyä ja säädettyä mitta-alueita ja kameran etäisyyttä mitattavasta kohteesta. Mitta-alueet ovat muutamasta millimetristä aina useampaan metriin saakka. Kahdella kameralla pystytään toteuttamaan materiaalin keskeisyys- ja/tai leveysmittaus. Kameralla on kehitetty eri sovelluksia. Pääsääntöisesti kameralla mitataan nauhamaisista materiaaleista leveyttä, keskeisyyttä, reunanpaikkaa, ratakatkoja, reunanrisaisuutta tai pituusmerkkejä. (Siltanen, J. 2022)

Valaistuksena kameramittauksessa voidaan käyttää myötävalona kameraan integroitua laseria tai lediä, joissa on pulssitusmahdollisuus. Vastavaloa, joka on ulkopuolinen valonlähde ja joka sijaitsee kameraa vastapäätä, jolloin väliin jää mitattava kohde. Ilman omaa valaistusta, jolloin mitattava kohde itse tuottaa tarvittavan valon, esimerkiksi hehkuvat materiaalit terästeollisuudessa, jotka erottuvat muusta materiaalista hyvin. Pulssitetulla valolla saadaan liikepysäytettyä ja kompensoitua ulkopuolinen valo. Sillä säästetään valonlähdettä, jolla pidennetään valon elinikää, eikä tuoteta ylimääräistä lämpöä kameraan. Näin päästään pienemmällä jäähdytystarpeella. (Siltanen, J. 2022)

7 Tekninen piirustus

Tekninen piirustus on teknisen suunnittelun perusosa. Tekninen piirustus, joka myös tunnetaan nimellä luonnos, on yksityiskohtainen graaffinen esitys, jossa esitetään miten jokin asia toimii tai miten se on rakennettu. Tekniset piirustukset tehdään tarkassa mittakaavassa ja ne sisältävät elementtejä, jotka tekevät niistä yksiselitteisiä, eli elementtejä voidaan tulkita vain yhdellä tavalla. Tämä näkökohta on tärkeä asia, joka erottaa teknisen piirtämisen taiteellisesta piirtämisestä. Teknisen piirtämisen päätarkoitus on asian tarkka kuvaaminen. Asioita, joita teknisellä piirtämisellä tehdään ovat 3D eli kolmiulotteiset piirustukset, räjäytys piirustukset, täydelliset työpiirustukset, yksityiskohtaiset 2D eli kaksiulotteiset piirustukset ja kaaviot. (What Is Technical Drawing?. N.d.)

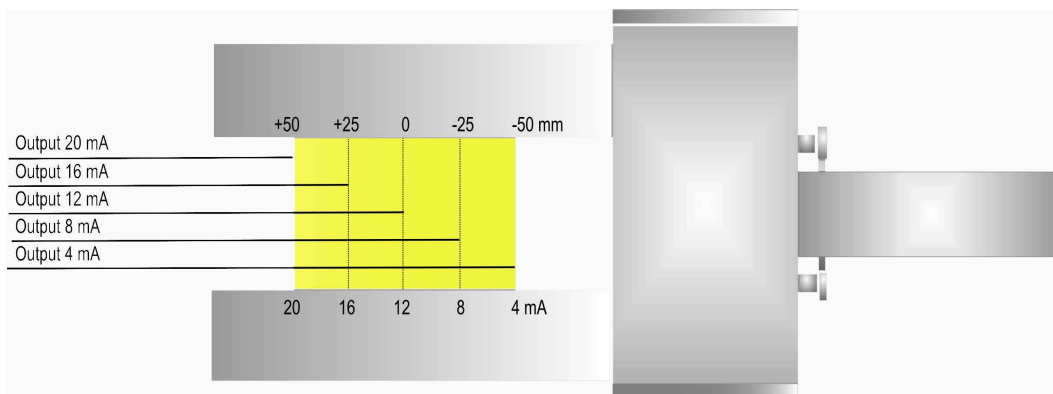
Tekninen piirustus on keino välittää tietoa insinöörien ja valmistajien välillä. Tekniset piirustukset täydentävät yleensä digitaalisia CAD-tiedostoja ja tarjoavat lisätietoa, jota ei voida helposti välittää osan muodon perusteella. Prototyyppi- ja valmistuskuvissa käsitellään tyypillisesti tiettyä teknisten piirustusten alatyyppejä, joka tunnetaan nimellä suunnittelupiirustus. Nämä sisältävät tietoa materiaaleista, viimeistelyvaatimuksista, osatiedoista, toleransseista, kulmamitoista ja muista mitoista. (Everything you need to know about technical drawings. 2021.)

Sähköpiirustukset ovat tärkeä työkalu suunnittelijoille, sekä huolto- ja asennushenkilöille. Niissä esitetään sähkölaitteet ja laitteistot (Harju, P. 2007. 183.). Piirikaavion tehtävä on esittää sähkölaitteiston toimintajärjestys, jonka avulla voidaan seurata kytkentöjen toimintaa ja virtapiirin kulkua. Piirikaavioissa ei ilmene yleensä kojeiden asennustapaa tai sijoituspaikkaa. (Harju, P. 2007. 186.)

8 Radanohjausjärjestelmän suunnittelu

8.1 Toimintaperiaate

Toimintaperiaatteeltaan laitteen mitta-anturi mittaa rataa tai mitattavaa materiaalia yleensä 100mm alueelta ja mitatusta mittaustuloksesta saadaan 4...20mA-mittaus arvo (ks. Kuvio 16). Mittaus-arvo lähetetään mitta-anturilta kaapelin välityksellä mA-arvona logiikan mA sisääntulokorttiin. Logiikka suorittaa erilaisia säätöalgoritmeja ja noudattaa annettuja säätöparametreja tuottaen mA ulostulokortille 4...20mA signaalin, joka ohjaa toimielintä. Tavoitteena on pitää rataa yleensä 0mm kohdassa, eli keskellä ja tällöin saadaan molempiin suuntiin mitta-aluetta 50mm. Anturilta saadun takaisinkytkentätiedon mukaan säädin saa mittaus-silmukan toteutettua ja se tavoittelee takaisinkytkentäarvoa 12mA, kun rata halutaan pitää 0mm kohdalla.



Kuvio 16. mittausalueen mA arvot. (Jokinen, M. 2022a.)

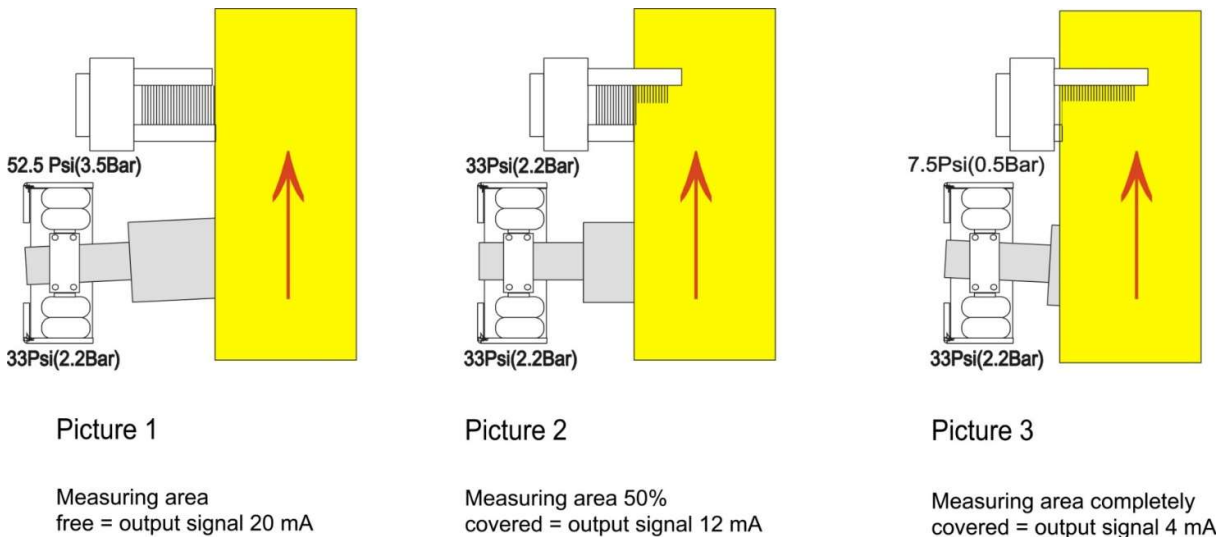
Paperiradan ohjauksen ja mittauksen toimintaperiaatetta on havainnollistettu alalla olevassa kuviossa (ks. kuvio 17). Havainne kuviossa käytetään mittauksena LT-200 mittausanturia ja ohjauksena pneumaattista paineilmaohjausta. Paineilmapalkeet sijaitsevat paperiradan käyttöpuolella, eli tässä tapauksessa radan vasemmalla puolella. Paineilmapalkeissa on alapuolella olevalla palkeella koko ajan vakioaine tässä tapauksessa 33Psi eli 2.2Bar:ia. Yläpuolella olevan palkeen paine vaihtelee logiikalta saadun ohjausvirtaviestin mukaan säätäen pneumaattista proportionaaliventtiiliä antamaan yläpalkeelle 7.5-52.5Psi eli 0.5-3.5Bar:ia. Seuraavaksi on havainnollistettu paperiradan ohjausta (ks. Kuvio 17).

Kuvion 17 kohdassa "Picture 1" nähdään radan karkaavaan hoitopuolelle ja mitta-anturin mittausalueen ulkopuolelle (ks. Kuvio 17). Tällöin mitta-anturi antaa logiikalle arvon 20mA. Logiikka antaa ulostulokortilta 20mA lähdön proportionaaliventtiilille, joka antaa yläpalkeelle 3.5Bar:ia painetta, jolloin rata lähtee ohjautumaan käyttöpuolta kohden.

Kuvion 17 kohdassa "Picture 2" rata pysyy keskellä mittausaluetta 0mm (ks. Kuvio 17). Mittausarvo on tällöin 12mA ja proportionaaliventtiin saama ohjausarvo on 12mA ja venttiin tuottamapaine on 2.2Bar:ia, eli täysin sama mikä on alapuolella olevan palkeen vakioaine. Tällöin radan ohjausrulla on 90° kulmassa rataa nähden.

Kuvion 17 kohdassa "Picture 3" rata on päässyt menemään käyttöpuolen reunaan (ks. Kuvio 17). Mitta-anturi antaa mittauksen tulokseksi logiikalle arvon 4mA. Proportionaaliventtiin saama ohjausarvo on tällöin myös 4mA ja sen tuottama paine on 0.5Bar:ia, jolloin rata lähtee liikkumaan

hoitopuolta kohden. Kuvio 17 on hyvin radikaali esimerkki radasta. Picture 1 ja 3 ovat harvinaisia ja ei haluttuja tilanteita oikein optimoidussa radanohjausjärjestelmässä, kun rata on päässyt jo aivan mitta-alueiden reunoille tai pahimmassa tapauksessa jo mitta-alueiden ylitse.



Kuvio 17. Paperiradanohjaus havainnekuva LT-200 mittauksella ja pneummaattisella ohjauksella. (Jokinen, M. 2022a.)

8.2 Vaatimukset

Vaatimuksia laitteelle tiedettiin aikaisemmista projekteista ja asiantuntemuksesta muiden työnteekijöiden kanssa seuraavanlaisesti. Logiikka tulee olla riittävän tehokas pyörittämään tarvittaessa Profinet- tai Profibus-väylää ja riittävää määrää I/O:ta. Aikaisemmissa projekteissa on käytetty logiikkana CX9020-0115 ja se otetaan tälläkin kertaan varteenotettavaksi vaihtoehdoksi. I/O-kortteina on aikaisemmin käytetty EL- ja KL-sarjaa. Digitaalisina tuloina vaatimuksina on asiakkaalta tulevat reunarajakytkimet, mahdolliset painonapit ja kytkimet keskuksessa ohjauksen säätöön ja muihin parametreihin. Digitaaliset lähdöt asiakkaalle, joita olisivat mahdolliset tiedot koneen toiminnasta ja virhekoodeista. Analogisia tuloja asiakkaalta olisivat ratanopeustieto, sauva-anturi, joka kertoo viiraa kääntävän rullan sijaintitiedon, eli takaisinkytkentätieto, mittausanturi, joka mittaa viiran reunan paikkaa LT-200- tai VISIEDGE-anturi. Analogiset lähdöt ohjauslaitteelle ohjaustietona ja asiakkaalle mahdollisia tietoja esimerkiksi mittaus- ja ohjaustietoa.

8.3 Mittaus- ja ohjauspuolen vaatimukset

Radanreunaa mitattaessa on tarkoitus käyttää kosketuksetonta mittausta, jolla saadaan vähennettyä kulutusosien tarvetta, niiden vaihtotarvetta ja mitattavan reunan kulumista tai rikkoontumista. Tähän tarkoitukseen käy hyvin AFRY:n omat mittalaitteet VISI LT-200 kuituoptynen infrapuna-anturi tai VISIEDGE älykamera. Ohjauksessa käytetään mA ohjauslähtö.

8.4 Räättälöintimahdollisuudet

Mahdollisia räättälöintivaihtoehtoja alkuvaiheessa tiedettiin olevan 10V jännitelähtö ja jänniteviestä tukeva analogiakortti, Profinet- ja Profibusväylät. Keskittävänä järjestelmänä, eli kahdella kameralla molemmilta puolilta mittaavana järjestelmänä. Kahdennetulla mittauksella, eli samaa reunaa mitataan kahdella eri anturilla. Mahdollinen paneeli-PC. Räättälöinnit tehdään asiakkaan toiveiden mukaisesti ja omina projekteina, joissa voi hyödyntää tässä opinnäytetyössä tehtyjä materiaaleja. Jos jotain räättälöintiä huomataan tarvittavan useammin, niin se lisätään myöhemmässä vaiheessa tuotteeseen tai tehdään täysin uusi tuote.

8.5 Eri komponenttivalinnat

Komponentteja valikoidessa otin huomioon aikaisemmassa projektissa käytettäviä osia vaihtoehto A (ks. Liite 1). Lisäksi tutkin muita mahdollisia komponentteja vaihtoehdot B-E (ks. Liite 2-5). Jotka voisivat palvella paremmin meitä ja asiakkaita. Komponenttien saatavuus ja mallien vanhentumisen otin huomioon eri valmistajien osia käyttämällä, joita käytetään laajemmissa määrin teollisuudessa. Vaihtoehtoja kertyi 5 erilaista kokoonpanoa, joita lähdin pohtimaan ja miettimään tarkemmin teemahaastattelun muilta suunnittelijoilta. Laadin koosteen positiivisista ja negatiivisista huomioista koskien osa valintoja (ks Liite 1-5). Kaikista osista pyysin sen hetkiset hinnat ja muutamasta logiikan osasta sain myös toimitusaika-arvioita. Opinnäytetyössä ei kuitenkaan paneuduta tuotteiden hintoihin sen enempää.

9 Radanohjausjärjestelmä toteutus

Useiden teemahaastatteluiden, vertailujen ja pohdintojen jälkeen päädyin valitsemaan yhden optimaalisimman ja omasta mielestä parhaimman vaihtoehdon C (ks. Liite 3.) Tästä vaihtoehdosta lähdin rakentamaan täydellistä osaluetteloa komponenteista ja muista tarvittavista osista, mukaan

lukien mittausta ja ohjauslaitteistot niiltä osin mitä tässä kohtaa niistä tiedettiin (ks. Liite 6). Perusteluina painoi X-valmistajan laitteet ja kokemus laitteista pidemmältä ajalta aikaisemmissa projekteissa. Lisäksi paneeli-PC käyttömahdollisuudet, joita ei aikaisemmassa projektissa ollut. Myös hinta vaikutti osaltaan päätökseen.

Kokoonpanosta päätettiin suunnitella neljä eri versiota, kahdella eri mittauslaitteella ja kahdella eri ohjaustavalla. Mittaustavat ovat kuituoptiikkaa käyttävä infrapuna-anturi VISI LT-200 ja älykamerapohjainen VISIEDGE kamera. Ohjaustapoina tulee paineilmalla toimiva pneumaattinen säädin ja ulkopuolisella ohjauksella tulevaa säädintä, joka antaa kentälle 0...20mA signaalin. Ulkopuolisella ohjauksella tulevaa säädintä käytetään sellaisissa olosuhteissa, missä paine ilma ei riitä ohjaamaan seurattavan reunan ohjaustelaa. Tällaisissa kohteissa voidaan käyttää hydraulista-, servo-, taajuusmuuntajaohjausta tai jotain muuta ohjausta, joka ottaa vastaan 0...20mA ohjaussignaalin. Tähän päädyin, koska hydraulista ohjausta ei ole järkevä missään tapauksessa suorittaa keskuksen sisällä. Servo tai taajuusmuuntajalla toteutetut ohjauksissa vaihtelevien ohjattavien moottorien koot vaihtelevat aina tapauskohtaisesti ja niiden vaatimat ohjausyksiköiden koot vaihtelevat moottorin koon mukaan. Joten ei ollut myöskään järkevä näitä suunnitella keskuksen sisälle keskuksen optimoinnin ja eri puolille keskuksen sijoittuvien mittausyksiköiden vaihteluiden takia. Kaikista versioista toteutetaan 2D-kuvat (ks. Liite 10-17). 3D-kuvat (ks. Liite 7-9). Piirikaaviokuvat (ks. Liite 21-25). Lisäksi myös I/O-luettelo (ks. Liite 26). Räjätyskuvat (ks. Liite 17-19). 2D-, 3D- ja räjäytyskuvat on piirretty AutoDeski:in Fusion 360 ohjelmalla ja piirikaaviokuvat on piirretty AutoDeski:in AutoCad:illä.

9.1 3D-piirrokset

3D-piirrustuksissa suunnittelin miten komponentit tulevat mahtumaan kaappiin, ja mikä tulee olemaan järkevin järjestys komponenteille käytettävyyden ja johdotuksen kannalta. Aikaisemmassa projektissa oli komponentit piirretty 500x500 kaappiin, joten tämän perusteella lähdin alkuun suunnittelemaan komponentteja myöskin 500x500 kaappiin. Nopeasti kuitenkin huomasin, että komponentit eivät järkevästi tule mahtumaan näin pieneen kaappiin, joten kaappi vaihtui 600x600 kaappiin. Tähän kaappiin komponentit mahtuivat hyvin ja LT-200 mittauksessa tuleva kuitu mahtuu myös kaappiin paremmin.

Toteutin kaapin kannesta kuvan ja siihen tulevien komponenttien sijainnit (ks. Liite 7). Kaapin pohjasta on piirretty kuvan, jossa nähdään läpiviennit asiakkaalta tulevista ja menevistä kaapeleista ja kameran kaapeleiden läpivienneistä. Sekä paineilman ja LT-200 kuidun vaatimista läpivienneistä (ks. Liite 8). Mittauksesta ja ohjauksesta riippuen kaappiin tulee ylimääräisiä läpivientiaukkoja, koska kaapista on optimaalisinta tehdä pelkästään yksi vakioitu kaappi, jossa on myös vakioidut aukotukset. Ylimääräisiin läpivientiaukkoihin laitetaan läpivientitulpat, jolloin kaapin ilmatiiveys ja IP-luokitus saadaan pidettyä erittäin hyvänä.

Kaapin sisältö ja eri komponenttien sijoittuminen kaapin sisälle on havainnollistettu dokumenteissa (ks. Liite 9). Kaappiin on sijoitettu normaalitilanteesta poiketen VISIEDGE ja LT-200 mittaus vain havainnollistamaan niiden sijainnit. Normaalitilanteessa tulee käyttöön vain toinen näistä mittauksista tai mahdollisesti jokin muu mittaus. Yksi VISIEDGE mittaus tuo kaappiin mukanaan kuusi kappaletta kaksikerrosriviliittimiä, kaksi kappaletta päätypuristimia ja yhden Ethernet liitäntärajapinnan. Kun mittauksessa käytetään keskittävää tai mittaavaa järjestelmää tai kahdennettua mitausta tulee näitä VISIEDGE osia kaappiin kaksinkertainen määrä. LT-200 mittauksessa kaappiin tulee ir-valokuituvahvisti, kuituläpiviennin osat ja paineilman syöttö. Lisäksi kuvasta nähdään myös pneumaattisen ohjauksen sijoituspaikat ja sen komponentit. Pneumaattisessa ohjauksessa kaappiin tulee yksi paineilmasyöttö ja kaksi paineilmalähtöä.

3D-kuvien hyvinä puolina on se, että niistä saadaan tarkat mitoituskuvat laitteesta, kun kaikki komponentit ja osat on piirretty ja tehty oikeissa mittasuhteissaan. Tämä helpottaa paljon työn tilaamista ja työn suunnittelua, sekä muokkaamista tulevaisuudessa räätälöityihin projekteihin.

9.2 2D-piirrokset

Fusion 360 ohjelmalla on 3D-kuvista tehty 2D-kuvia ohjelmaan kuuluvalla työkalulla. 2D-kuvien avulla on alihankkijan mahdollista tehdä helposti kuvien mukaan tarvittavat työt koteloiden kasauksessa ja valmistuksessa. 2D-kuvista on piirretty näkyviin mitoitusaukotuksista, kouruista ja kiskoista (ks. Liite 10-13). Kannen mitoitusaukotukset ja rei'itykset (ks. Liite 10). Pohjan rei'ityksen reikien etäisyys-, välisyys- ja halkaisijamitat (ks. Liite 11). Pohjalevyn reikien ja kierteiden paikat (ks. Liite 12). Pohjalevyn mitoituksen mitat, joista nähdään kourujen ja kiskojen paikat ja mitat (ks. Liite 13).

Kaikki neljä eri vaihtoehto on piirretty ja toteutettu 2D-kuvina. Ensimmäinen vaihtoehto LT-200 mittauksella, joka toteutetaan kotelon ulkopuolisella ohjauksella (ks. Liite 14). Toinen vaihtoehto LT-200 mittauksella ja pneumaattisella ohjauksella toteutettuna (ks. Liite 15). Kolmas vaihtoehto toteutettuna VISIEDGE mittauksella ja kotelon ulkopuolisella ohjauksella (ks. Liite 16). Neljäs vaihtoehto VISIEDGE mittauksella ja pneumaattisella ohjauksella (ks. Liite 17).

Osasta työn osista tehtiin myös räjäytyskuvat (ks. Liite 19-20). VISIEDGE kamerasta tulevien liitännöiden liitännät kaapin päässä Ethernetille, I/O:lle ja sähkösyötölle. Lisäksi löytyy myös osaluettelo osille (ks. Liite 18). Osaluettelo, räjäytyskuva ja kasauserjestys osille, joita pneumaattisessa ohjauksessa tullaan käyttämään (ks. Liite 19). Osaluettelo, räjäytyskuva ja kasauserjestys osille, joita käytetään LT-200 kuidunläpiviennissä, letkun paineistuksessa ja anturin puhtaanapidossa (ks. Liite 20).

9.3 Piirikaaviot

Piirikaaviokuvista nähdään keskuksen sisäiset johdotukset sekä ulkoa tuleville ja lähteville kaapeleille oikeat riviliitinpaikat. Piirikaavioversioita tuli yhteensä viisi kappaletta, ne esitetään liitteissä 21-25. Kaikissa näissä versioissa on yksi sama piirikaavio, esitetään liitteessä 21. Tämä piirikaavio on sama ottamatta kantaa sen enempää, tuleeko mittaus olemaan LT-200 tai VISIEDGE mittauksella toteutettua, nämä mittaus vaihtoehdot löytyvät liitteistä 24-25. Jonka lisäksi se ei ota kantaa onko ohjaus tehty pneumaattisella vai kaapinulkopuolisella ohjauksella toteutettuna, ohjaus vaihtoehdot löytyvät liitteistä 22-23. Ensimmäisessä piirikaaviokuvassa on keskuksen sähkösyötöstä eteenpäin menevät kytkennät logiikalle asti ja logiikalta lähtevät ja tulevat johdotukset riviliittimien läpi asiakkaan järjestelmään, tämä esitetään liitteessä 21.

Ohjauserjestelmä vaihtoehtoja tuli kaksi ja nämä esitetään liitteissä 22-23. Ensimmäinen ohjausvaihtoehto, eli kaapin ulkopuolisella ohjauksella toteutettu ohjaus, tämä esitetään liitteessä 22. Tällöin kaapista lähtee kaapin ulkopuolella olevalle ohjaukselle 4...20mA ohjausvirta. Liityntärajapinnat havainnollistettu pneumaattiseen ohjaukseen, joka on keskuksen sisällä. Nähdään liitteessä 23.

Mittaus vaihtoehtoja tuli kaksi, jotka esitetään liitteissä 24-25. Ensimmäisessä mittaustavassa on LT200:n mittaus ja siinä nähdään sen kytkennät logiikkaan, tämä esitetään liitteessä 24. Toinen

mahdollinen mittaustapa on VISIEDGE mittaus, joka sisältää kameran liitännät, joita se käyttää liitäntärajapintana riviliittimille ja RJ-45liittimelle, joka nähdään liitteessä 25. Riviliittimiltä jatketaan logiikkaan.

10 Johtopäätökset

Kehittämistyön tulokseksi sain toteutettua toimeksiantajayritykselle materiaalia, joista nähdään työn kehittämistulokset (ks. Liite 1-26). Tuloksena opinnäytetyössä syntyi toimeksiantajayritykselle viisi kappaletta eri osilla hahmoteltua osaluetteloa radanohjausjärjestelmästä kesän hinnoilla 2022 (ks. Liite 1-5). Näistä valitsin optimaalisimman ja järkevimmän kokonaisuuden (ks. Liite 6). Tästä yhdestä osaluettelosta lähdin tuottamaan toimeksiantajayritykselle tuotteistamisen mahdollistavia 2D rakenne-, mallinnus-, piirikaavio- ja räjähdyskuvia, sekä 3D mallinnuskuvia neljällä eri variaatiolla (ks. Liite 7-25). Lisäksi tein I/O-luettelot I/O liitännöistä (ks. Liite 26). Osaluetteloita tehdessä ja yhtä niistä valittaessa haasteita aiheutti saada tuotteesta mahdollisimman monipuolinen, mutta myös kompakti kokonaisuus. Jossa ei olisi mitään ylimääräistä, mutta taas kaikki tarvittava ja mahdollisimman moneen tehtaaseen nauhamaisen materiaalin mittaukseen soveltuva ja toimivan ratkaisun löytäminen.

Opinnäytetyö teoriassa vastaa toimeksiantajayrityksen odotuksia ja tarpeita tuotteen kaupallistamisessa ja tarvittavat materiaalit siihen syntyi, mutta käytännön tasolla tämä pystytään toteamaan vasta pidempää aikaväliä katsottaessa. Kun tuotteita on saatu valmistettua ja myytyä eri asiakkaille todetaan laitteen sopivuus eri asiakkaiden kesken. Toimeksiantajayritys on tyytyväinen aikaansaannokseen ja materiaaliin mitä tässä opinnäytetyössä syntyi. Tällä vastataan tutkimuskysymykseen, kuinka toteuttaa optimaalinen radanohjausjärjestelmä erilaisille nauhamaisille materiaaleille. Hyödyt toimeksiantajan näkemyksestä tässä opinnäytetyössä oli positiiviset ja hyvät. He saivat hyvät valmistusdokumentit, hinta-/arviolaskut sen hetkisen osien kustannuksista, joiden avulla on helpompi hinnoitella tuote.

Tässä tutkimuksessa suunnittelu, mallintaminen ja muut piirustukset toteutettiin Microsoftin Word-, Excel-ohjelmistoilla sekä AutoDeskin Fusion 360- ja AutoCad-ohjelmistoilla, joilla saatiin tehokkaasti suunniteltua ja mallinnettua tuotteet (ks. Liite 7-25). Lisäksi myös eri versiot ja versionhallinnat saatiin toteutettua. Tämä vastasi kysymykseen, kuinka toteuttaa kaupalliseen tarkoitukseen suunnittelu- ja rakennepiirustukset. Tutkimalla eri komponentteja, valmistajien

dokumentteja ja näistä tiedoista luomalla eri osaluetteloita vastattiin kysymykseen. Mitä komponentteja on järkevä käyttää optimaalisessa radanohjausjärjestelmässä. Optimaaliseen määrään I/O:ta päästiin teemakyselyitä tekemällä analysoiden eri tehdasympäristöjä ja asiakasrajapintoja, joista pohdin optimaalisimman I/O-määrä (ks. Liite 26). Tällä vastattiin kysymykseen mitä I/O:ta optimaalinen radanohjausjärjestelmä tarvitsee.

11 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteen oli toteuttaa AFRY:lle optimaalinen, mutta hyvin moneen paikkaan soveltuva radanohjausjärjestelmän tuotteistaminen. Aiheeseen kuului kaikki tarvittavien dokumenttien laatiminen siten, että laite voidaan teettää suoraan alihankkijalla. Tällöin yritykselle jää enää vain tehtäväksi koodin lataaminen logiikkaa, laitteen testaus ja toimittaminen asiakkaalle, myös tarvittaessa käyttöönotto. Lisäksi dokumentoitiin kaikki tarvittavat osat, jolloin saatiin tehtyä osaluettelot valmiiksi, joista on helppo laskea osien hinta. Tämän ansiosta pystytään helpommin hinnoittelemaan tuote. Opinnäytetyössä käytettiin laadullista kehittämistutkimusta hyödyntäen teemahaastatteluja. Opinnäytetyöstä rajattiin heti alkuun tuotteen logiikan koodaus pois, koska tämän kokoinen kokonaisuus olisi ollut aivan liian suuri kokonaisuus opinnäytetyöhön ja tässä haluttiin painottaa enemmän oikeiden komponenttien valitsemista ja laitteen tuotteistamista. Haasteita kehittämistutkimuksessa oli löytää mahdollisimman optimaalinen ratkaisu laitteiden osien osalta, joilla kuitenkin pystyttäisiin vastaamaan mahdollisimman moneen ohjaustilanteeseen.

Tietoperustaa suunniteltaessa ja toteuttaessa pohdittiin kaikkien lähteiden lähdekriittisyyttä ja eettisiä periaatteita, jolla pystytään antamaan lukijalle mahdollisimman luotettava, mutta kattava kokonaisuus tietoperustaan. Tutkimuksen luotettavuutta varmistettiin suosimalla ammattikirjallisuutta, joka on suunniteltu käytettäväksi koulutusmateriaalina korkeakouluissa ja työntekijöiden ammatillisessa koulutuksessa, joka lisäksi soveltuu ammattitutkintolain mukaisten tutkintojen opetusmateriaaliksi. Lisäksi hyödynnettiin korkeakoulujen omia virallisesti tuotettuja kirjallisuusmateriaaleja, virallisia laite- ja palveluntarjoajien teknisiä dokumentteja, vahvasti tekniikan alaan liittyviä julkaisijoita, tieteellisiä artikkeleita sekä noudattamalla kaikissa lähteissä lähdekriittisyyttä. Tutkimusaineistossa yritettiin käyttää aikaisempia opinnäytetöistä tuotettuja tutkimuksia avuksi, mutta vastaavanlaisia radanohjausjärjestelmään liittyviä tutkimuksia oli haastava löytää. Tuotteistamistutkimuksia kuitenkin löytyi, mutta harva niistä liittyi tekniseen alaan. Teemahaastatteluissa

saadut haastattelumateriaalit ja muut materiaalit, joita käytettiin opinnäytetyössä tietoperustana tai muuten hyödyksi, hyväksyttiin vielä jokaisella haastatellulla henkilöllä opinnäytetyön julkaisua varten.

Toimeksiantajan vaatimukset täyttyivät ja toimeksiantaja oli tyytyväinen saamaansa materiaaliin. Siitä on helppo lähteä rakentamaan laitetta tai tilaamaan suoraan alihankkijalta laite ja testaamaan käytännön tasolla miten kyseisen laitteen komponentit soveltuvat erilaisiin tehtäisiin ja radanohjauksiin. Jatkokehittämisvaiheet ja ideoita tulee varmasti tuotteen käytännön testauksissa esiin. Koska kyseessä on tuotteen ensimmäisiä versioita, niin mitä todennäköisemmin siinä huomataan parannusehdotuksia, jotka vasta pystytään huomaamaan ja toteamaan käytännön tasolla. Tuotteesta olisi myös hyvä tehdä tulevaisuudessa myyntimateriaalia ja videolla demonstroida laitteen toimintaa ja käyttöliittymävalikoita. Käyttöliittymävalikoimat saadaan toteutettua tehokkaasti ja paremmin, mitä pelkällä numeerisella näytöllä on aikaisemmin pystytty tuottamaan.

Jatkotutkimuksina radanohjousjärjestelmälle voisi myös tehdä kilpailu-analyysiä, joka tässä opinnäytetyössä jäi puuttumaan. Kilpailu-analyysillä tehtäisiin tutkimusta vastaavista kilpailija yritysten radanohjaukseen suunnitelluista laitteista. Laitteiden julkisilla teknisillä dokumenteilla, myyntiesitteillä ja tiedoilla voisi hyvin vertailla tätä laitetta kilpailijoiden laitteisiin. Kentäanalyysiä muista mahdollisista paikoista, missä kyseistä laitetta voitaisiin käyttää, kuin vain paperi-, kartonki- ja terästeollisuudessa. Missä muualla käytetään nauhamaisia materiaaleja, jotka vaativat tai tarvitsisivat ohjausta radalla ja tai oikealla paikalla pysäkkeen. Voisiko tällästä laitetta käyttää hyödyksi muovi-, kumi-, kangasteollisuudessa, myöhemmässä vaiheessa paperi- ja kartonkinteollisuudessa, kun paperia jatkokäsitellään. Markkina-analyysiä, kuinka järkevää on tuotteistaa uusia tuotteita radanohjaukseen. Onko tuotteen hinnoittelu kuinka kilpailukykyinen muihin järjestelmiin verrattuna.

Lähteet

AFRY Machine Vision. N.d. Afryn machine vision sivut. Viitattu 4.10.2022. <https://afry.com/fi-fi/palvelu/afry-machine-vision>.

Automaatiotekniikka 1. 2009. Oppimateriaali. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Viitattu 2.6.2022. http://www.tekniikka.oamk.fi/~tero/hi/auto1_s2006u.htm.

Beckhoff CX2030 Basic CPU module. N.d. Tuotetiedot Beckhoffin sivuilta. Viitattu 16.6.2022. <https://www.beckhoff.com/fi-fi/products/ipc/embedded-pcs/cx20x0-intel-celeron-core-i7/cx2030.html>.

Cascade Control Principle. N.d. Mikä on kaskadisäätö. Viitattu 10.10.2022. <https://instrumentationtools.com/cascade-control-principle/>.

Eettiset periaatteet. 2018. Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettiset periaatteet. Viitattu 15.10.2022. <https://www.jamk.fi/fi/file/eettiset-periaatteet>.

Everything you need to know about technical drawings. 2021. Kaikki mitä sinun tulee tietää teknisistä piirustuksista. Viitattu 20.10.2022. <https://www.3erp.com/blog/everything-you-need-to-know-about-technical-drawings/>

Fonselius, J. Pekkola, K. Selosmaa, S. Ström, M & Välimaa, T. 1996. Automaatiolaitteet. Helsinki: Oy Edita Ab.

Fonselius, J. Rinkinen, J & Vilenius, M. 1997. Servotekniikka. Helsinki: Oy Edita Ab.

Harju, P. 2007. Teknisen piirtämisen perusteet. Hamina: Kotkaset Oy.

Hägglom-Ahnger, U. & Komulainen, P. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. Helsinki: Opetushallitus.

Jokinen, M. 2022a. Yrityksen sisäinen myynti/tietomateriaali. Jyväskylä. AFRY.

Jokinen, M. 2022b. AFRY Machine Vision tuotepäällikkö. Haastattelu 10.5.2022.

Jälkikäsitteily. N.d. KnowPap- Paperinvalmistuksen oppimisympäristö. V.23.0 Taitotalo & Prowledge Oy. Viitattu 25.09.2022. http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/general/6_finishing/frame.htm.

Kajaste, J. Kauranne, H. Vilenius, M. 2008. Hydrauliteknikka. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.

Kananen, J. 2015. Kehittämistutkimuksen kirjoittamisen käytännön opas. Miten kirjoitan kehittämistutkimuksen vaihe vaiheelta. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Keinänen, T & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Lauttamus, M. 2022. AFRY Machine Vision Manager. Haastateltu. 19.10.2022.

Lehtimäki, T. Malinen, P. Salo, J. & Simula, H. 2010. Uuden B2B-Tuotteen menestyksekkäs kaupallistaminen. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. Viitattu 24.5.2022.

Matriisikenno- vai viivakamerakuvaus. N.d. SAMK automaation tutkimusryhmän verkkosivut. Viitattu 4.10.2022. <https://automaatio.samk.fi/testi-sivu/perinteiset-konenakojarjestelmat/viivakamerakuvaus/>.

Media kit. N.d. AFRY:N media kit sivusto. Viitattu. 4.10.2022. <https://afry.com/en/newsroom/press-images-logo>.

Paperikoneet yleistä. 1999. Vantaa: Sepsilva 1997.

Paperin ja kartongin valmistus. N.d. KnowPap- Paperinvalmistuksen oppimisympäristö. V.23.0 Taitotalo & Prowledge Oy. Viitattu 25.09.2022. http://www.knowpap.com/extranet/suomi/paper_technology/general/5_papermaking/frame.htm, KnowPap.

SFS-IEC 381-1:1988. Prosessin säädön ja ohjauksen analogiasignaalit. Tasavirtasignaalit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.03.1988. Viitattu 09.07.2022. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

SFS-IEC 381-2:1988. Analogiset signaalit prosessiohjausjärjestelmiin. Osa 2: Tasajännitesignaalit. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Vahvistettu 21.03.1988. Viitattu 09.07.2022. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Siltanen, J. 2022. AFRY Machine Vision Konenäköasiantuntija. Haastattelu 4.10.2022.

Teräskirja. 2014. Yhdeksäs, Painos. Bookwell Oy. Metallinjalostajat ry. Viitattu 25.09.2022. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/mobile/index.html.

Tietoa meistä. N.d. Afryn tietoa yrityksestä sivu. Viitattu 19.6.2022. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>.

What Is A PID Controller And How It Works? 2021. Mikä on PID-säädin. Viitattu 10.10.2022. <https://plcynergy.com/pid-controller/>.

What Is Technical Drawing?. N.d. Mikä on tekninenpiirustus. Viitattu 20.10.2022. <https://darnelltechnical.com/what-is-technical-drawing/>.

Liitteet

Liite 1. Vaihtoehto A (Salassa pidettävä)

Liite 2. Vaihtoehto B (Salassa pidettävä)

Liite 3. Vaihtoehto C (Salassa pidettävä)

Liite 4. Vaihtoehto D (Salassa pidettävä)

Liite 5. Vaihtoehto E (Salassa pidettävä)

Liite 6. Vaihtoehto C täydellinen osaluettelo (Salassa pidettävä)

Liite 7. 3D-kuva kotelosta päältä (Salassa pidettävä)

Liite 8. 3D-kuva kotelosta pohjasta (Salassa pidettävä)

Liite 9. 3D-kuva kotelosta sisältä (Salassa pidettävä)

Liite 10. 2D-kuva kotelon ovesta ja rei'ityksestä (Salassa pidettävä)

Liite 11. 2D-kuva kotelon pohjasta ja rei'ityksestä (Salassa pidettävä)

Liite 12. 2D-kuva kotelon pohjalevystä ja sen rei'ityksestä (Salassa pidettävä)

Liite 13. 2D-kuva kotelon pohjalevystä ja sen komponentimitoituksista (Salassa pidettävä)

Liite 14. 2D-kuva kotelosta LT-200 mittauksella (Salassa pidettävä)

**Liite 15. 2D-kuva kotelosta LT-200 mittauksella ja pneumaattisella ohjauksella
(Salassa pidettävä)**

Liite 16. 2D-kuva kotelosta VISI EDGE mittauksella (Salassa pidettävä)

**Liite 17. 2D-kuva kotelosta VISI EDGE mittauksella ja pneumaattisella ohjauksella
(Salassa pidettävä)**

Liite 18. VISIEDGE kameraliittimet (Salassa pidettävä)

Liite 19. Räjätyskuva pneumaattisestaohjauksesta (Salassa pidettävä)

Liite 20. Räjätyskuva LT-200 mittauksen läpiviennistä (Salassa pidettävä)

Liite 21. Sähkökuvat 1 sivu (Salassa pidettävä)

Liite 22. Sähkökuvat 2 sivu vaihtoehto A (Salassa pidettävä)

Liite 23. Sähkökuvat 2 sivu vaihtoehto B (Salassa pidettävä)

Liite 24. Sähkökuvat 3 sivu vaihtoehto A (Salassa pidettävä)

Liite 25. Sähkökuvat 3 sivu vaihtoehto B (Salassa pidettävä)

Liite 26. I/O-Luettelo (Salassa pidettävä)

