



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PRIMÄÄRIKASVUSLAITTEISTON OHJAUSJÄRJESTELMÄN UUSINNAN ESI-SUUNNITTELU

Opinnäytetyö

TEKIJÄ:

Jussi Mikkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Jussi Mikkonen	
Työn nimi Primäärikasauslaitteiston ohjausjärjestelmän uusinnan esisuunnittelu	
Päiväys	26.4.2021
Sivumäärä/Liitteet	32/1
Toimeksiantaja Terrafame Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä esisuunnittelua primäärin kasauslaitteiston ohjausjärjestelmän uusinnalle. Nykyiseen ohjausjärjestelmään ei ole enää saatavilla varaosia tai tuotetukea. Tämän lisäksi ohjausjärjestelmän topologia on monimutkainen, mikä vaikeuttaa vianetsintää sekä vikakorjausten tekemistä. Myöskin sähkö- ja automaatiopiirikaavioissa on huomattavia puutteita, eikä niitä ole saatavilla kuin PDF ja paperimuotoisena. Tästä johtuen kuvia ei ole saatu päivitettyä aikojan saatossa, ja niissä on paljon punakyniä.</p> <p>Esisuunnittelussa paneuduttiin ohjausjärjestelmän vaihtoprojektin aikataulutukseen ja siihen, kuinka vaihto olisi järkevintä toteuttaa, kerralla vai osissa. Terrafame Oy:llä ei ole luonnostaan useita viikkoja kestäviä seisokkeja, vaan yhtäjaksoiset suunnitellut tuotantokatkokset kestävät yleensä alle viikon kerrallaan. Tästä johtuen ohjausjärjestelmän vaihto tulee suunnitella huolella, jotta tuotannonmenetykset eivät kasva liian suuriksi.</p> <p>Ohjausjärjestelmän projektin aikataulusta tehtiin aikatauluriippumaton, yksikkömuotoinen aikataulu, joka alkaa hyväksytyt investointipäätöksen saamisen jälkeen ja ulottuu projektin loppuun saakka. Aikatauluriippumattomuudella tarkoitettiin, että aikataulua ei tehty millekään tietylle vuodelle, vaan vain tarkastellaan, kuinka kauan projektin eri vaiheisiin kuluu aikaa.</p> <p>Tämä aikataulu tehtiin kahtena versiona, jossa toisessa tarkastellaan ohjausjärjestelmän kerralla tekemisen ja toisessa osissa tekemisen etuja sekä niistä aiheutuvia tuotannonmenetykset kustannuksia. Opinnäytetyön yhtenä osiona myös tarkastettiin ja päivitettiin tarjouskyselyyn liittyvä tekninen dokumentaatio.</p>	
Avainsanat Ohjausjärjestelmä, esisuunnittelu	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Electrical and Automation Engineering	
Author Jussi Mikkonen	
Title of Thesis Preliminary Design of the Primary Heap Stacking Conveyor Control System Renewal	
Date April 26, 2021	Pages/Appendices 32/1
Client Organisation Terrafame Ltd	
<p>Abstract</p> <p>The purpose of the thesis was to make a preliminary design of the primary heap stacking conveyor control system renewal. Spare parts or product support are no longer available for the current control system. In addition, the topology of the control system is complex, which makes it difficult to troubleshoot and correct faults. There are also significant shortcomings in electrical and automation circuit diagrams, which are only available in PDF and paper format.</p> <p>Preliminary planning focuses on the scheduling of the control system replacement project and how the replacement would be most sensible to implement, all at once or in parts. Terrafame Oy does not naturally have long-term downtimes and continuous planned production downtimes usually last less than a week at a time. Because of this, the replacement of the control system should be carefully planned so that the cost of production loss does not become too high.</p> <p>The project schedule for the control system was made as a schedule-independent, unit-based schedule that starts running from receipt of the approved investment decision to the end of the project. Schedule independence meant that the schedule was not made for any specific year, but only to look at how long the various phases of the project would take. The source material of the thesis was partly found from Terrafame Ltd, but also from the study courses as well as from the library. An estimate of the duration of the various work phases of the schedule was requested from representatives of the engineering consultants.</p> <p>As a result of this thesis, these schedules were made in two versions, one looking at the benefits of making the control system in one go and the other at making it in parts. After that, the production loss costs of the different schedule versions were compared with each other. As one of the sections of the thesis, the technical documentation related to the tender inquiry was also checked and updated. The control system renewal project is topical and necessary. At present, the control system is not reliable and can cause serious production losses.</p>	
<p>Keywords Control system, Preliminary design</p>	

ESIPUHE

Haluan kiittää Terrafame Oy:n Mikko Toiviaista, Lasse Oittista, Kalevi Mularia, sekä muita Terrafamen henkilöitä opinnäytetyöni tekemiseen saamastani tuesta. Haluan myös kiittää Savonia AMK:n opettajia Jari Ijästä, Juhani Rouvalia ja Hannu Korhosta opintojeni tukemisesta matkan varrella ja innoittavasta opetuksesta opintojeni kursseilla. Kiitos kuuluu myös läheisilleni, jotka ovat kannustaneet minua eteenpäin opinnoissani.

Kuhmossa 23.4.2021

Jussi Mikkonen

SISÄLTÖ	
SELITTEITÄ	7
1 JOHDANTO	8
2 TERRAFAME OY.....	9
2.1 Avainlukuja.....	9
2.2 Tuotantoprosessi	10
2.2.1 Louhinta ja malminkäsittely	10
2.2.2 Bioliotus	11
2.2.3 Metallien talteenotto.....	11
2.2.4 Kuljetus.....	11
3 PRIMÄÄRIN KASAUSKULJETIN.....	12
3.1 Toiminta.....	12
3.2 Trippercar 1.....	13
3.3 Siltakuljettimen rakenne ja toiminta	13
3.4 Trippercar 2.....	16
3.5 Käynnistys ja pysäytys sekvenssit	16
3.6 Nykyinen ohjausjärjestelmä	17
4 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	18
4.1 Historiaa.....	18
4.2 Keskitetty automaatiojärjestelmä	18
4.3 Hajautettu automaatiojärjestelmä (DCS)	19
4.4 Osaava automaatio (SDS).....	19
5 HANKINNAN MÄÄRITTELY.....	20
5.1 Erittely	20
5.1.1 Järjestelmän rakenne	20
5.1.2 Automaatio- ja sähkötilat.....	21
5.1.3 Singaaliliitännät.....	21
5.1.4 Prosessiasemat sekä I/O:t	21
5.1.5 Ohjaustilojen laitteistot.....	22
5.1.6 Ohjelmointiasema	22
5.1.7 Liitännät toisiin järjestelmiin.....	22
5.1.8 Tietoliikenne	22
5.1.9 Varaosat.....	22

5.1.10	Operointinäytöt.....	22
5.1.11	Hälytykset ja tapahtumat.....	23
5.1.12	Trendit.....	23
5.1.13	Prosessitiedon tallennus.....	23
5.1.14	Ohjaussovellus.....	23
5.1.15	Turvallisuus.....	23
6	ESISUUNNITTELU.....	24
6.1	Laajuus.....	24
6.2	Ohjausjärjestelmän uusinnan toteutustavan valinta.....	24
6.3	Aikataulu yksikkömuotoisena.....	25
6.3.1	Uusiminen kerralla.....	26
6.3.2	Uusiminen osissa seisokkiaikataulujen puitteissa.....	26
6.4	Hyväksytyin SAT-testauksen jälkeen.....	27
6.5	Kustannukset.....	27
6.6	Dokumentointi.....	29
7	YHTEENVETO.....	30
8	LÄHDELUETTELO.....	31
	LIITE 1: PROJECT- TYÖKALULLA TEHTY YKSIKÖMUOTOINEN AIKATAULU.....	32

KUVALUETTELO

KUVA 1	Terrafame Oy Liiketoimintamalli (Terrafame Oy, 2021).....	10
KUVA 2	Primäärin kasauskuljetin.....	12
KUVA 3	Trippercar 1.....	13
KUVA 4	Sillan rakenteen periaatekaavio.....	13
KUVA 5	Primäärikasat.....	15
KUVA 6	Trippercar 2.....	16

SELITTEITÄ

SA-urakka on lyhenne sanoista sähkö- ja automaatiourakka.

SA-kuvat tarkoittaa sähkö- ja automaatiokuvia, eli piirikaavioita, layoutteja tmv.

DI, Digital Input, eli digitaalinen tulo.

DO, Digital Output, eli digitaalinen lähtö.

AI, Analog Input, eli analoginen tulo.

AO, Analog Output, eli analoginen lähtö.

F-DI, Failsafe Digital Input, eli digitaalinen turvatulo.

F-DO, Failsafe Digital Output, eli digitaalinen turvalähtö.

PCS, Process Control System, eli prosessinohjausjärjestelmä.

Profinet on internetpohjainen väylästandardi.

Profibus on väylästandardi.

ASI, Actuator Sensor Interface, on väylästandardi.

HART-väylä, Highway Addressable Remote Transducer, on anturitekniikassa käytettävä väyläratkaisu, jolla voidaan kuljettaa analogista virtaviestiä, mutta myös digitaalista signaalia samoja johtimia pitkin.

DCS, Distributed Control System, eli hajautettu automaatiojärjestelmä.

SDS, Smart Distributed System eli osaava automaatiojärjestelmä.

PID-säädin, Proportional-Integral-Derivative-säädin, eli suhde-integroiva-derivoiva-säädin. Säädintä käytetään säätötekniikassa perussäätimenä.

I/O on lyhenne sanoista Input/output, tulo/lähtö

FAT-testi, Factory Acceptance Test

SAT-testi, Site Acceptance Test

KVM-kytkin, mahdollistaa useamman tietokoneen käytön yhdellä näytöllä, näppäimistöllä sekä hiirillä.

AFC, Approved for Construction tarkoittaa, että dokumentaatio on valmis ja ne on tarkastettu ja hyväksytty.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä esisuunnittelua Terrafame Oy:n malminkäsittelyn primäärikasauslaitteiston ohjausjärjestelmän uusinnalle. Primäärikasauslaitteistossa käytössä olevan ohjausjärjestelmän topologia on monimutkainen, eikä ohjausjärjestelmälle ole enää tuotetukea eikä komponenteille valmisteta enää varaosia. Käyttövarmuuden parantamiseksi sekä vikakorjausten nopeuttamiseksi työn tilaajana oleva Terrafame Oy haluaa korvata Primäärikasauslaitteiston vanhan VIPA ohjausjärjestelmän uudella ohjausjärjestelmällä. Ohjausjärjestelmän uusintaan ajaa vioista aiheutuvat korkeat tuotannonmenetykuskustannukset, joita järjestelmäuusinnalla on tarkoitus saada huomattavasti leikattua.

Primäärikasauslaitteisto on ollut Terrafame Oy:n malminkäsittelyn pullonkaulana laitteiston alkua ajoista lähtien. Ohjausjärjestelmään on tehty lukuisia toimintaa ja toiminnallisuuksia parantavia muutoksia, mutta käyttövarmuus ei vielä ole halutulla tasolla. Ohjausjärjestelmän topologia on monimutkainen ja vikatilanteissa vianetsintä on haastavaa. Työn tarkoituksena on ohjausjärjestelmän uusinnan esisuunnittelu, jossa tarkastellaan järjestelmäuusinnan vaikutusta tuotantoon sekä kuinka se olisi järkevintä toteuttaa – kertarykäisyllä vai osissa olemassa olevien seisokkiaikataulujen lomassa.

Opinnäytetyöllä on suuri merkitys ohjausjärjestelmän uusinnan projektin edistämiseksi. Ohjausjärjestelmän uusinnan projekti on ollut suunnitteilla jo pitkään, mutta sitä on pidetty viimeisenä ratkaisuna käyttövarmuuden parantamiseksi. Nyt, kun ns. kaikki kivet on jo käännetty, tätä pidetään viimeisenä ratkaisuna ko. ongelmaan.

Opinnäytetyö on luottamuksellinen käyttövarmuuteen sekä ohjausjärjestelmän uusintaan liittyvien kustannusten suhteen, joten näitä kustannuksia käsitellään vain yleisesti tai yksikkömuotoisena. Tarkastelen myöskin ohjausjärjestelmän hankintaan liittyvää dokumentaatiota ja päivitän niitä vastaamaan tätä päivää, mutta nekin rajataan pois tästä raportista niiden luottamuksellisuuden takia.

2 TERRAFAME OY

Terrafame on vuonna 2015 perustettu suomalainen monimetalliyhtiö. Terrafame Oy:n päätuotteina ovat nikkeli, sinkki, koboltti ja kupari, jotka louhitaan ja rikastetaan Sotkamossa sijaitsevalla kaivoksella ja tehtaalla.

Terrafamen strategisena tavoitteena on olla nikkelinuotannossa kustannustehokkaimmassa neljänneksessä maailmanlaajuisesti. Vuonna 2018 päätettiin investoida akkukemikaalitehtaaseen, jonka on määrä käynnistyä vuonna 2021. Akkukemikaalitehtaan ansiosta Terrafame nousee jalostusketjussa askeleen ylöspäin valmistuen erikoiskemikaaleja sähköautojen akkuihin, samalla ollen yksi maailman suurimmista niitä tuottavista tuotantoyksiköistä.

Terrafamen arvot ovat Turvallisuus – Sitoutuminen – Tehokkuus, joiden eteen tehdään jatkuvasti lisää työtä. (Terrafame Oy, 2021)

2.1 Avainlukuja

Liikevaihto	338,3 M€
Käyttökate	23,8 M€
Oma henkilöstö	n. 870 hlö
Henkilöstö kumppaniyritykset ml.	n. 2000 hlö
Nikkelin tuotanto v.2020	28740 tn
Sinkin tuotanto v.2020	55100 tn
Kokonaislouhintamäärä	35,3 Mtn

(Terrafame Oy, 2021)

2.2 Tuotantoprosessi



KUVA 1 Terrafame Oy Liiketoimintamalli (Terrafame Oy, 2021)

Terrafame Oy:n tuotantoprosessi jakautuu neljään eri vaiheeseen, avolouhinta, bioliuotus, metallien talteenotto.

Terrafame Oy:n tuotantoprosessi eroaa merkittävästi tavallisesta malmin rikastuksesta. Rikastamisessa käytetään bioliuotusmenetelmää, jolla lopputuotteen hiilijalanjälki on noin 60 % pienempi, kuin tavallisilla tuotantomenetelmillä. (Terrafame Oy)

2.2.1 Louhinta ja malminkäsittely

Malmin louhinta tapahtuu avolouhoksella. Malmin ja sivukiven suhde on noin 1:1 ja malmia tuotetaan 18 miljoonaa tonnia vuodessa. Louhinnan jälkeen malminkäsittelyssä malmi murskataan pienikokoisiksi, lähes samansuuruisiksi rakeiksi. Murskauksen jälkeen malmi agglomeroidaan pyörivässä rummussa ja siirretään primäärikeräilyyn. (Terrafame Oy)

2.2.2 Bioliotus

Bioliotus on keskeinen elementti Terrafame Oy:n tuotantoprosessissa. Bioliotus tapahtuu kahdessa vaiheessa, primääri- ja sekundäärikasoilla. Primäärikasalla malmia liuotetaan n. 1,5 – vuotta, jonka jälkeen malmi siirretään sekundäärikasalle. Sekundäärikasalla malmin liuotusta jatketaan noin neljän vuoden ajan. Sekundäärikasat toimivat myös malmin loppusijoituspaikkana, joka liuotuksen loputtua maisemoidaan. Primäärikasaa kasataan ja puretaan jatkuvasti, kierto kestää n. 1,5 – vuotta.

Bioliotusprosessi on luonnonmukainen prosessi teollisessa mittakaavassa. Bioliotuksessa hyödynnetään malmin omia bakteereja metallien erottamiseen malmista. Malmikasoihin puhalletaan ilmaa sekä niitä kastellaan happamalla tuotantoliuksella, näin saadaan luonnollista prosessia kiihdytettyä teolliseen mittakaavaan. Biokasaliuotusprosessi tuottaa lämpöä, eli se on eksotermisen prosessi. (Terrafame Oy)

2.2.3 Metallien talteenotto

Bioliotuksessa kiertävästä tuotantoliuksesta erotetaan metallit saostamalla eri vaiheissa metallitehtaalla. Metallitehtaan viimeisen vaiheen jälkeen jäljelle jäävä liuos puhdistetaan ja kierrätetään takaisin prosessiin kasojen kasteluun. Lopputuotteet suodatetaan ja myydään jalostettavaksi. 2021 käynnistettävässä akkukemikaalitehtaassa malmin jalostusasetetta nostetaan pykälällä ylöspäin, jolloin Terrafame Oy tuottaa erikoiskemikaaleja, eikä niiden raaka-ainetta. (Terrafame Oy)

2.2.4 Kuljetus

Lopputuotteet toimitetaan asiakkaille ympäristöystävällisesti laiva- tai junarahtina. Terrafame Oy:n lopputuotteiden korkeitten pitoisuuksien ansiosta raaka-aineita ei tarvitse kuljettaa niin paljoa, joka myös osin pienentää päästöjä sekä kuljetuskustannuksia. (Terrafame Oy)

3 PRIMÄÄRIN KASAUSKULJETIN

3.1 Toiminta



KUVA 2 Primäärin kasauskuljetin

Kuvassa 2 näkyvä primäärin kasauskuljetin on 400 m pitkä siltakuljetin, joka voi telavaunujen ansiosta liikkua X ja Y suunnassa automatiikan tai käyttäjän komentojen mukaisesti. Agglomeroinnista tuleva tuote tulee keskikaistakuljetinta pitkin primäärikasan kasauskuljettimelle, josta se nousee Trippercar 1:llä tuotteen siltakuljettimelle. Siltakuljetinta pitkin tuote siirtyy Trippercar 2:lle, joka sitten pudottaa tuotteen primäärikasaan. Primäärikasauskuljetin tekee kahta 400 metriä leveää, 9,5 metriä korkeaa ja 2400 metriä pitkää primäärikasaa. (Rautiainen, 2019)

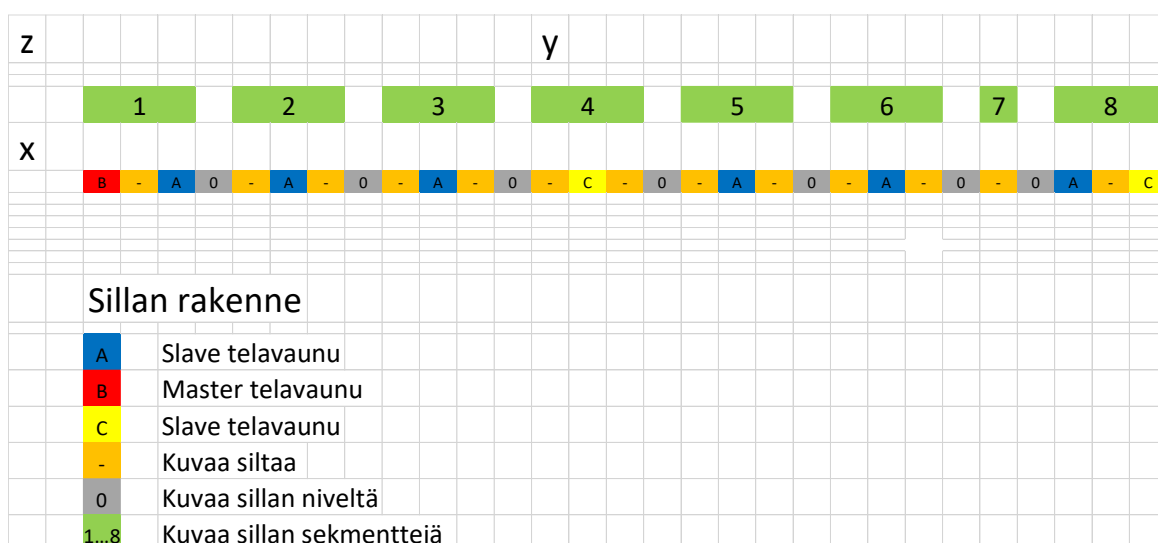
3.2 Trippercar 1



KUVA 3 Trippercar 1

Kuvassa 3 näkyvä trippercar 1 liikkuu siltakuljettimen mukana kiskoja pitkin keskikaistakuljettimen päällä y-akselin suunnassa (kuva 4). Trippercar 1 ja sillan välistä etäisyyttä valvotaan GPS-paikkannuksella. Trippercar 1 tehtävänä on nostaa tuote keskikaistakuljettimelta ja pudottaa se siltakuljettimelle. Keskikaistakuljettimen hihna kulkee trippercar 1 läpi, joten sitä ei saa liikuttaa, ellei keskikaistakuljetin ole toiminnassa. Muutoin käsiäjämisen mahdollisuus on olemassa. (Rautiainen, 2019)

3.3 Siltakuljettimen rakenne ja toiminta



KUVA 4 Sillan rakenteen periaatekaavio

Primäärin kasauskuljetin on käytännössä kuljetin, joka seisoo telavaunujen päällä. Telavaunujen ansiosta kuljetin pystyy liikkumaan kasaa kasatessaan ja vaihtamaan kasaa ajamalla. Silta koostuu yhdeksästä telavaunusta, yhdestä siltarakennelmasta, jossa on kahdeksan segmenttiä, jotka yhdistyvät toisiinsa nivelillä. Nivellettävyys toimii vain pystysuoralle liikkeelle, sivuttaissuuntaista liikettä silta ei kestä. Tämän takia osassa niveliä on vääntövoimaa mittaavat anturit. Jos anturi havaitsee yli määritellyn alueen olevan voiman, sillan liike pysäytetään.

Kuvassa 4 näkyvässä sillan rakenteen kaavassa olevat värit tarkoittavat:

- Sininen A-tyyppin slave telavaunu
- Punainen B-tyyppin master telavaunu
- Keltainen C-tyyppin slave telavaunu
- Oranssi kuvaa sillan vapaata rakennetta
- Harmaa kuvaa sillan segmentin niveliä
- Vihreä kuvaa sillan segmenttejä

Telavaunuja on kolmea eri tyyppiä, joilla on erilaisia toiminnallisuuksia. Tyyppin A-telavaunu (6 kpl), on slave tyyppinen telavaunu, joka automaattijolla liikkuu tyyppin B-master telavaunun mukana. Tyyppin A-telavaunu voi ottaa vastaan vain sillan pystysuoria z-akselin voimia. Tyyppi B on master telavaunu, joka pystyy ottamaan vastaan sillan voimia jokaisella akselilla x,y,z. Tyyppin C telavaunu on slave telavaunu joka pystyy ottamaan sillan voimia vastaan pystysuoria z-akselin voimia sekä poikkittaisia y-akselin voimia.

Kuvan 4 kaaviota luettaessa vasemmalta oikealle sillan ensimmäisessä segmentissä on kaavan osa (B-A-). Tämä tarkoittaa, että B-tyyppin master telavaunun segmentissä on myös A- tyyppin slave telavaunu, eli ensimmäisessä sillan segmentissä on kaksi telavaunua ottamassa vastaan sillan voimia. Sitten seuraa kaksi (-A-) lohkoa ennen sillan keskiosaa. Keskiosan (-C-) lohko, jonka jälkeen seuraa kaksi (-A-) lohkoa sekä yksi kannattelematon segmentti. Viimeisenä lohkona on (-A-C-) lohko, johon siltarakenne päättyy. Sillan molemmissa päissä on ”kieli”, johon keskikaistan Tripper-car 1 pudottaa aglomeraatin sillan hihnakuljettimelle.

Silta on määritelty pystysuoraan tasoon (z-akseli) staattiseksi. Vaakasuoralla tasolla (x-, y-akselit) se on c-tyyppin telavaunun lisäajokoneiston ansiosta staattisesti määrittelemätön, mutta suuren jännävälinsä vuoksi sitä voidaan pitää ns. staattisesti määriteltynä laitteistona.

Poikkileikkaustasolla se on määrittelemätön, rakenteensa vuoksi silta on herkkä lämpötilamuutoksille sekä maaperän korkeusmuutoksiin ja samanaikaiseen useaan suuntaan tapahtuviin kallistusmuutoksiin.

A-tyyppin telavaunu pystyy liikkumaan x-akselin suunnassa +/- 250 mm, joskaan käytön aikana sen ei tulisi koskaan koskea rajoitinta, jolloin saatettaisiin kohdistaa määrittelemättömiä voimia sillan rakenteisiin.

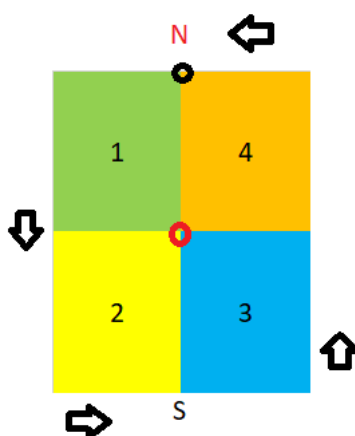
A-tyyppin ja C-tyyppin telavaunut on siltaan yhteydessä rullapöydän kautta, jolla saavutetaan +/- 1500 mm liikkuvuus y-akselin suunnassa. Tässäkään vaunut eivät saa koskettaa päätyrajoittimia staattisen varmuuden ylläpitämiseksi.

Kaikki 9 telavaunua tukevat siltaa z-akselin pystysuoria voimia vastaan, mutta vain B- ja C-tyyppin telavaunujen kautta siltaan määritellään poikittaissuuntaisia (y-akseli) voimia. Sillan x-akselin voimat kohdistuvat pelkästään B-tyyppin telavaunuun. Uloimmat telavaunut (B- ja C) määrittävät sillan aseman laitteistossa. Uloimpien telavaunujen keskellä olevat vaunut (A ja C keskellä) toimivat oheisvaunuina.

Jokaista yhdeksää telavaunua voidaan ohjata erikseen taajuusmuuttajakäytöllä, mutta normaalissa toiminnassa automatiikka hoitaa sillan liikuttamisen. Telavaunuissa on kulma-anturit, jotka vertaavat telavaunun asentoa suhteessa siltaan. Kulma-anturi ja pitkittäissuunnassa (x akseli +/- 1500 mm) sekä poikittaissuunnassa (y-akseli +/- 250 mm) olevat liu'ut kertovat järjestelmälle onko telavaunu liikkumassa tai jo liikkunut sivuun keskipaikaltaan, tällöin järjestelmä voi automaattisesti tehdä telavaunun asentoon liittyviä korjaustoimenpiteitä.

Telavaunujen ja siltarakenteen välistä kallistusta hallitaan hydraulisyntereillä. Sylinterit ovat proportionaaliventtiilin ja ohjauksjärjestelmän perässä. Siltaa ohjataan GPS- paikannuksella, jonka tarkkuus on x-, y-suunnassa 1 cm ja z-suunnassa 2 cm. GPS-paikantimet on asennettu laitimmaisiiin telavaunuihin sekä keskimmäiseen C-tyyppin telavaunuun.

Kuvassa 5 on nähtävillä, että GPS:n koordinaatiston nollakohtia on kaksi, toinen (musta ympyrä) sijaitsee primäärilohkojen välissä lohko 1 ja lohko 4 pohjoispäässä ja vastaavalla tavalla 3 ja 4 lohkon välissä pohjoispäässä (punainen ympyrä). Primäärin kasauksen kiertosuunta on niin, että lohko 1 sekä lohko 2 kasataan etelään päin ja lohko 3 ja 4 kasataan pohjoisen suuntaan. Primäärin kasauskuljetin siirretään lohko 2:lta lohko 3:lle ajamalla kääntämällä teloja 90 astetta sillan pitkittäissuuntaan (x-akseli). Toisella kasalla primäärinkasauskuljetin kohdistetaan GPS:n ja koordinaatiston avulla oikeaan linjaan, jonka jälkeen voidaan aloittaa uuden lohkon kasaus. Vastaavanlainen siirto tapahtuu lohko 4:lta lohko 1:lle siirryttäessä primäärinkasa-alueen pohjoispäässä. (Rautiainen, 2019)



KUVA 5 Primäärikasat

3.4 Trippercar 2



KUVA 6 Trippercar 2

Kuvassa 6 näkyvässä trippercar 2 sijaitsee siltakuljettimen päällä kiskoilla. Se nostaa siltakuljettimen hihnan sillan tasosta ylöspäin, jotta se voi pudottaa tuotteen heittokuljettimelle primäärikasan kasaukseen. Kasan pintaa seurataan pintatukien avulla, jonka perusteella ohjausjärjestelmä liikuttaa trippercar 2 siltakuljettimen päällä x-akselin suuntaisesti (kuva 4). Operaattori pystyy määrittämään ohjausjärjestelmästä halutun kasan korkeuden. Siltakuljettimen hihna kulkee trippercar 2 läpi, joten sitä ei saa liikuttaa, ellei siltakuljetin ole toiminnassa. Muutoin käsiajo mahdollisuus on olemassa. (Rautiainen, 2019)

3.5 Käynnistys- ja pysäytyssekvenssit

Siltakuljettimen, trippercar- vaunujen sekä keskikaistakuljettimen käynnistyssekvenssi menee seuraavasti:

- Trippercar 2
- Siltakuljetin
- Keskikaistakuljetin

Tällä pyritään estämään tuotteen kasaantuminen kuljettimen risteymäkohtiin. Hallittu sammuttaminen tapahtuu sekvenssillä päinvastaiseen suuntaan. Pysäytyssekvenssi tyhjentää kuljettimet agglomeroinnin tuotteesta, jotta seuraavalla käynnistyksellä laitteistoon ei kohdistettaisi ylimääräisiä raskuuksia. Keskikaistakuljettimella voi olla agglomeraattia riippuen kasauksen paikasta jopa 760 tonnia. (Rautiainen, 2019)

3.6 Nykyinen ohjausjärjestelmä

Nykyinen ohjausjärjestelmä on toteutettu VIPA järjestelmäkomponenteilla ja sille ei ole enää saatavilla tuotetukea eikä varaosia. Lisäksi ohjausjärjestelmän topologia on monimutkainen, joka osaltaan aiheuttaa haasteita vikatilanteissa ja niiden selvittämisessä.

Sähkö- ja automaatiopiirikaavioissa on huomattavia puutteita, eikä niitä ole kuin paperimuotoisena. Piirikaavioissa on myös lisäksi paljon punakyniä, joita ei ole edellä mainitusta syystä piirretty puhtaiksi. Ohjausjärjestelmän rakenne on vikaherkkä ja rakenteesta johtuen vianetsintä on todella haastavaa, rakenteen vuoksi myös ohjelmamuutosten hallinta ja tekeminen on haastavaa tai osittain mahdotonta. Lisäksi nykyistä ohjausjärjestelmän ohjelmaa tai piirikaavioita ei ole tehty perinteisen hyvän suomalaisen automaatio suunnittelun mukaisesti.

Nykyisen ohjausjärjestelmän vikojen aiheuttamat tuotannonmenetykset ja niistä aiheutuvat kustannukset ovat nousseet Terrafame Oy:ssä keskustelun aiheeksi. (Oittinen, 2019)

4 AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Automaatiotekniikka on kehittynyt hurjaa vauhtia viime vuosikymmenten aikana eri väyläteknologioiden standardoitumisen yhteydessä. Automaatiojärjestelmä koostuu eri tasoista, joilla jokaisella on omat tehtävänsä.

Automaatiojärjestelmän äly on PCS:llä (Process Control Station), joka on eri liityntätapojen kautta yhteydessä esimerkiksi tehtaan tai kiinteistön toimintaan liittyviin prosesseihin. PCS tarkastelee ja ohjaa prosessissa olevien mittausten säätöjen sekä ohjausten toimintaa. Prosessissa olevat kenttälaitteet voivat liittyä automaatiojärjestelmän I/O yksiköihin perinteisesti analogia- ja digitaalitulojen sekä lähtöjen kautta tai myös väylien ja binääristen liitännöiden kautta. Rosemount:n vuonna 1986 kehittämä HART (Highway Addressable Remote Transducer) on hybriditiedonsiirtoa hyödyntävä väylä, jossa on yhdistettynä analoginen milliampeeri signaali sekä digitaalinen tiedonsiirto. Jotkin automaatiojärjestelmät voivat hyödyntää suoraan HART-väylän suomia etuja. PCS:n voidaan myös liittää perinteisempiä väyliä, esimerkiksi Profinet, Profibus, ASI, joita käytetään laitteissa, jotka vaativat nopeampaa tiedonsiirtokykyä.

Myöskin langattomat väylärakenteet ovat yleistymässä. Niiden hankintaan ajaa esimerkiksi pidemmällä kenttälaitteen ja prosessiaseman välisellä etäisyydellä investointikustannussäästöt, koska laite ei kaapelointia tarvitse sekä laitteen pariston suhteellisen korkea pitkäikäisyys, joka on vuosia.

Automaatiojärjestelmän asemat liitetään toisiinsa yleensä Ethernet-pohjaisten väylien avulla. Automaatiojärjestelmän voi täten liittää helposti myös toimistoverkkoon, mutta tässä tulee muistaa tietoturvakysymykset. Väylät voivat olla perinteisellä sähköisellä tai sitten optisella tekniikalla toteutettuja. (Kippo & Tikka, 2008)

Käyttökohteita erityyppisille automaatio- tai ohjausjärjestelmille on todella paljon. Esimerkiksi nykyaikaisiin laivoihin on kehitetty autonomista ohjausjärjestelmää, joka osaa ohjata alusta ennalta määritellyn reitin mukaan, mutta myös tehdä reittiin korjauksia mahdollisten esteiden kohdalla. (Kokko, 2017)

4.1 Historiaa

Automaation historia ylettyy jopa parin vuosituhannen taakse, jolloin kehiteltiin vesikelloja sekä mekaanisia laitteita, jotka hyödynsivät takaisinkytkentää laitteen ohjauksessa.

Automaatio kehittyi Suomessa erityisesti metsäteollisuuden aloilla. Suomalaisia virstanpylväitä automaation saralla on Valmet Oy:n Damatic-järjestelmä sekä Ahlström Automationin Alcont-järjestelmä. (Automaatioseura, 2018, ss. 4-7)

4.2 Keskitetty automaatiojärjestelmä

Keskitetyllä automaatiojärjestelmällä tarkoitetaan vanhanaikaista automaatiojärjestelmää, jossa automaatiojärjestelmän säätimet sekä säätölaitteet sijaitsivat valvomossa ohjauspulpeteissa. Tästä aiheutuu ongelmia, jos valvomossa on vaikka tulipalo. Tällöin automaatiojärjestelmän kaikki komponentit saattavat vaurioitua kerralla. (Lepistö, 2018)

4.3 Hajautettu automaatiojärjestelmä (DCS)

Hajautettu automaatiojärjestelmä yleistyi 1980-luvulla. Tällöin alettiin ajattelemaan älyn viemistä valvomon pulpetista kentälle laitteiden suuntaan useaan itsenäiseen yksikköön, jolloin mahdollisissa vikatilanteissa vikapaikka rajautuu itsestään yhteen prosessinosaan, eikä koko tuotantolaitokseen.

Nämä yksiköt eli prosessiasemat toimivat itsenäisesti ja tutkivat kentältä instrumentoinnista sekä muista laitteista tulevia signaaleja. Prosessiasema toimii sitten sen kenttälaitteiden signaalien perusteella ja tekee tarvittavia ohjauksia ja säätötoimenpiteitä.

Nykyaikaisissa älykkäissä kenttälaitteissa on itsestään jo jonkin verran älyä sekä laskentakapasiteettia, joka mahdollistaa niiden osittaista itsenäistä toimintaa. Älykkäät kenttälaitteet voivat viestiä keskenään sekä prosessiaseman kanssa eri väyläjärjestelmiä hyödyntäen.

Isoissa laitoskokonaisuuksissa hajauttamalla voi myös saada kustannussäästöjä rakennusvaiheessa, kun hajautetuiden prosessiasemien sekä niiden keskusyksiköiden ja valvomoaseman välillä voidaan käyttää väylätekniikkaa. Tällöin voidaan kaapeloinnissa säästää joskus merkittäviäkin summia, kun paksuja runkokaapeleita sekä kaapelihyllyjä ei tarvitse rakentaa valvomolle asti. Nykyään perinteisen keskitetyn automaatiojärjestelmän rakentaminen voi myös olla osin mahdotonta. Tuotantolaitoksen instrumentoinnissa ja muissa komponenteista vaaditaan todella paljon tietoa valvomon operaattorin nähtäväksi, että valvomojen koko kasvaisi valtavasti. Hajautetulla automaatiojärjestelmällä operaattori pystyy ajamaan tuotantolaitosta etäyhteyden avulla esimerkiksi kotoa käsin, mutta tätä usein rajoittavat lait ja määräykset, jotka velvoittavat tuotantolaitoksessa paikallaoloa.

Hajautettu automaatiojärjestelmä koostuu valvomolaitteista, prosessiasemista, ristikytkennästä, kenttäkaapeloinnista sekä kentällä sijaitsevista laitteista.

Hajautuksessa on myös joitakin haittapuolia, joihin voidaan lukea tiedonsiirtomäärien kasvut sekä niiden mahdolliset viiveet. Hajautusta ei myöskään aina pystytä toteuttamaan prosessin kannalta optimaalisella tavalla, vaan joudutaan tekemään joitakin kompromisseja. (Lepistö, 2018)

4.4 Osaava automaatio (SDS)

Osaavassa automaatiojärjestelmässä prosessin älyä siirretään prosessiasemalta kenttälaitteeseen. Tässä tapauksessa kenttälaitteet eivät enää pelkästään tuota tietoa prosessiasemalle, vaan osaavat itse tehdä päätöksiä ja esimerkiksi ohjata toista laitetta. Nykyaikaisessa taajuusmuuttajassa tai proportionaaliventtiilissä voi olla sisäänrakennettuja PID-säätimiä, joka avaa uusia mahdollisuuksia ohjauksjärjestelmien rakentamisessa. Osaavalla automaatiojärjestelmällä on mahdollista luoda tehokkaampia tuotantolaitoksia. (Lepistö, 2018)

5 HANKINNAN MÄÄRITTELY

Hajautetun ohjausjärjestelmän uusinnan hankinta kilpailutetaan useammalla toimittajalla avaimet käteen urakkana, suunniteltuna, testattuna ja käyttövalmiina. Asennuksista, kaapeloinnista, kytkennöistä ja vanhojen asennusten purusta kilpailutetaan oma sähkö- ja automaatiourakka.

Käytössä oleva ohjausjärjestelmä korvataan uudella ohjausjärjestelmällä. Nykyisen ohjausjärjestelmän korvattavat komponentit on määritetty aikaisemmin osana primäärin kasauslaitteiston uusinnan esisuunnittelussa. Nykyisessä ohjausjärjestelmässä jokaisessa logiikassa on oma älynsä, nyt tämä äly on tarkoitus keskittää kolmeen tai neljään päälogiikkaan ja loput korvataan hajautusyksiköillä. Järjestelmän serverin redundanttisuudella pyritään nostamaan käyttövarmuutta, jos serveriin tulee vika, toinen serveri pystyy jatkamaan tehtävää ilman, että siitä aiheutuu tuotannonmenetystä.

- Uudet turvalogiikat vanhojen logiikoiden tilalle
- Hajautus-I/O:t
- Uudet redundanttiset serverit
- Operointiasemat
- Ohjelmointiasema
- Väylälaitteet
- Vanha Dupline-väylä korvataan uudella turva-I/O:lla

Turva-I/O asennetaan hajautetusti kaikkiin ohjausjärjestelmän komponentteihin. Näin säästetään asennusvaiheessa olevasta kaapelointiin kuluva ajasta sekä järjestelmän käyttövarmuus paranee. Järjestelmässä ei tällä hetkellä ole osaavan automaatiojärjestelmän (SDS) komponentteja, mutta tulevaisuudessa tilanne saattaa muuttua ja tähänkin kannattaa varautua.

Koko projektissa käytössä olevan I/O:n määrä on noin 1600 pistettä eri tuloja sekä lähtöjä (AI, AO DI, DO, F-DI, F-DO). Prosessinäyttöjen määrä on noin 50 kappaletta. (Terrafame Oy, 2019)

5.1 Erittely

5.1.1 Järjestelmän rakenne

Ohjausjärjestelmässä tulee olla kaksi serveriä, joiden tulee olla redundanttisia. Tällöin toisen serverin vikaantuminen ei vaikuta laitteiston toimintaan. Profinet väyläverkon topologia tulee olla rengasmainen ja sen kytkimien tulee tukea myös yksimuotokuituja. Ohjausjärjestelmien tietokoneiden, logiikoiden aikojen tulee hakea aika Network Time Protocol- palvelimelta. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.2 Automaatio- ja sähkötilat

Primäärin kasauslaitteistossa ja siihen kuuluvissa osissa on kaikkiaan 14 kappaletta erilaisia sähkötiloja. Automaatiolaitteet on sijoitettu samoihin tiloihin tilateknisistä syistä. Osassa sähkötiloista on mahdollista asentaa uudet ohjausjärjestelmän komponentit etukäteen, mutta osassa komponentit tulevat suoraan vanhojen komponenttien paikoille.

Sähkötilat, joissa logiikkalaitteet voidaan asentaa etukäteen:

- EH1 (sähkötila 2)
- EH2 (sähkötila 1)
 - o Tähän tulee uusi sähkötila primäärikentän jatkon yhteydessä, jonne toimittajan tulee toimittaa uusi hajautus-IO.
- Tripper 1
- Tripper 2

Seisokinaikaiset asennukset:

- EH3 (sillan sähkötila)
- Telavaunut 1–9

(Terrafame Oy, 2019)

5.1.3 Singaaliliitännät

Toimittajan tulee suunnitella uusien I/O- korttien asennukset ja kytkennät, kenttäkaapelointi pysyvät entisellään. Vain ristikytkennässä tapahtuvat muutokset ovat tarpeellisia. Poikkeuksena maakuljettimen uusien kenttäkoteloiden kaapeloinnit, joissa kenttälaitteet pysyvät vanhoina, mutta kaikki kaapelointi uusitaan. Koteloihin tulee myös suunnitella ääni- ja valohälyttimet. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.4 Prosessiasemat sekä I/O:t

Toimittajan vastuulla on varmistaa ohjausjärjestelmän logiikoiden muistin riittävyys.

Prosessi ja I/O toimitukseen tulee kuulua:

- Kaappeihin tarvittavat asennustarvikkeet
- Turvalogiikat ja Ethernet- kytkimet
- Hajautus I/O- moduulit
- I/O kortit, niiden pohjat sekä kytkentäterminaalit
- Tehonsyöttömoduulit

(Terrafame Oy, 2019)

5.1.5 Ohjaustilojen laitteistot

Toimittajan tulee toimittaa serverit malminkäsittelyn valvomon sähköautomaatiotilaan, jonne Toimittajan tulee hankkia ja asentaa servereille oma kaappi. Kaappiin kuuluu hiiri, näppäimistö, näyttö sekä KVM-kytkin. KVM-kytkintä hyödyntäen voidaan yhdellä hiirellä, näppäimistöllä sekä näytöllä hallita kahta tai useampaa tietokonetta, tässä tapauksessa servereitä.

Ohjauspaikkoina primäärin kasauskuljettimelle toimivat seuraavat tilat, joihin myös operointiasemat (OS1-4) asennetaan:

- Sillan ohjaamo
- MK-valvomo
- sähkökorjaamo
- MK-parakit

Operointiasemilla tullaan käyttämään pääosin vanhoja näyttöjä, näppäimistöjä sekä hiiriä. Jos tulee tarpeelliseksi niitä uusia, tulee niistä antaa erillinen tarjous.

Kaikkien ohjaustilojen laitteistojen tarvittavat kaapelit sekä Profinet- verkkoon kytkeytymiseen laitteet asennuksineen kuuluvat toimitukseen. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.6 Ohjelmointiasema

Ohjelmointiasema tulee sijoittaa sähkökorjaamolle. Koneen tulee olla asennettuna ja käyttövalmiina, sekä sen tulee sisältää kaikki ohjausjärjestelmän sovellusten hallintaan tarvittavat ohjelmat sekä niiden lisenssit. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.7 Liitynnät toisiin järjestelmiin

Järjestelmästä tulee olla tarpeellinen tiedonsiirtoyhteys muihin järjestelmiin. Tämä tiedonsiirtoyhteys toteutetaan olemassa olevan DP/DP- couplerin kautta. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.8 Tietoliikenne

Toimittajan tulee toimittaa kaikki tarpeelliset tietoliikennelaitteet asennettuna konfiguroituna sekä testattuna ohjausjärjestelmän käyttöönottoa varten. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.9 Varaosat

Varaosien saatavuus on taattava vähintään 20-vuodeksi sekä toimittajan tulee toimittaa tilaajalle laitteiston toiminnan kannalta välttämättömien osien varaosasuositusluettelo kappalemäärineen. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.10 Operointinäytöt

Prosessinäyttösivut tulee olla järjestettävissä hierarkiaksi tai puutopologiaksi. Näyttösivujen välillä tapahtuva navigoinnin tulee olla loogista ja kulkea prosessin mukana. Prosessiasemalta on voitava tarkastella myös muiden alueiden prosesseja, mutta toisten alueiden prosessien ohjauksiin tulee olla rajallinen pääsy pääte tai operointiluokkien kautta. Pääsy laitteiston parametreihin sekä niiden muokkaukseen tulee suojata käyttäjäryhmillä sekä salasanoilla.

Prosessia kuvaavien kuvakkeiden värikoodausten tulee olla tilaajan määrittelyn mukaisia sekä kuvakkeissa tulee käyttää käyttötilanteita symboloivia värikoodauksia, esim. käy, seis, lukitukset yms. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.11 Hälytykset ja tapahtumat

Hälytyksille on oltava mahdollista antaa:

- Prioriteettitasot
- Aikaleima
- Ryhmähälytykset
- Suodattaa hälytyksiä prosessikontekstin perusteella
- äänihälytykset
- jakaa hälytyksiä järjestelmä-, virranjakelu- ja prosessihälytyksiin

Hälytykset tulee ilmoittaa hälytysnäyttöissä sekä yhden hälytysrivin näkymisellä näyttöjen yläreunoissa. Hälytyksistä tulee myös antaa valvomoon äänihälytys. Hälytyksestä tulee päästä hälytyksen aiheuttajan prosessinäyttöön, jossa myös hälytyksen aiheuttajan tulee indikoida vilkkumalla.

Hälytykset tulee tallentaa historiatietokantaan, jotta niitä voidaan tarkastella myös myöhemmin. Hälytysryhmittelyt sekä ryhmien värikoodaukset tilaajan määrittelemällä tavalla. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.12 Trendit

Trendit tulee olla saatavilla vähintään analogisista tuloista sekä lähdöistä, moottoreiden käyntitiedoista ja GPS- paikannuksista. Osa trendinäytöistä tulee kiinteästi prosessinäyttöön, mutta osan tulee olla käyttäjän muokattavissa. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.13 Prosessitiedon tallennus

Hälytysten ja trendien tiedot tulee tallentaa vähintään kahden kuukauden ajaksi, jotta käyttäjä voi niihin palata myös myöhemmässä vaiheessa. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.14 Ohjaussovellus

Ohjelmointi tulee tehdä hyvän ohjelmointitavan mukaisesti kommentoituna suomen kielellä. I/O-pisteet nimetään positioiden mukaisesti. Järjestelmän on oltava ohjelmitavissa off-line sekä on-line tiloissa. On-line ohjelmointi tai ohjelman lataus ei saa häiritä käynnissä olevaa prosessia tai sen osia. (Terrafame Oy, 2019)

5.1.15 Turvallisuus

Turvallisuuteen liittyvät toiminnot on toteutettava samoihin näyttöihin, kun muut järjestelmän näytöt. Toimittajan tulee myös laatia hätäseis-matriisi tilaajalle. (Terrafame Oy, 2019)

6 ESISUUNNITTELU

Opinnäytetyön esisuunnittelussa mietitään ohjausjärjestelmän uusinnan toteutuksen eri vaihtoehtoja. Ohjausjärjestelmän uusinta ei saisi aiheuttaa kohtuuttomia ylimääräisiä seisakkeja, vaan vaihdon tulisi olla suunniteltu tarkkaan vastaamaan olemassa olevia seisokkiaikatauluja. Tai vaihtoehtoisesti, jos ohjausjärjestelmän vaihto edellyttää pidempää yhtäjaksoista seisokkia, tulisi se suunnitella etukäteen huollla. Tällöin seisokista syntyvät tuotannonmenetykset olisivat hyväksyttävempiä, kun myös muita tehtaan osia huolletaan samalla pysäytyksellä.

6.1 Laajuus

Itse ohjausjärjestelmän uusiminen- projekti kestää toteutuessaan kaikkineen hyväksytystä investointiesityksestä projektin loppuun vähintään vuoden. Ohjausjärjestelmässä on noin 1600 I/O-pistettä, eli järjestelmä on isohko. Järjestelmä on myös hajautettu laajalle alueelle ja sen komponentteja sijaitsee kolmessatoista eri paikassa.

6.2 Ohjausjärjestelmän uusinnan toteutustavan valinta

Opinnäytetyössä tehdään kaksi aikataulua ohjausjärjestelmän vaihtoon liittyen ja niitä verrataan keskenään. Näistä kahdesta aikataulusta on tarkoitus löytää kustannustehokkaampi tapa ohjausjärjestelmän vaihdolle.

Terrafame Oy:llä ei ole luonnostaan kovin pitkiä koko tuotantolinjaston kattavia seisokkeja, vaan tuotantolinjaston useassa osassa on rinnakkaisia linjastoja, joita voidaan hyödyntää linjaseisokkien aikana. Näin saadaan osa tuotannosta pysymään käynnissä, ja täten seisokin tuotannonmenetyksiä leikattua. Kaikkia osia ei toisaalta pysty järkevästi tai kustannustehokkaasti kahdentamaan ja tämä primäärinkasauslaitteisto on siitä yksi esimerkki. Tämän johdosta laitteiston toiminta on tuotannon kannalta kriittinen.

Kustannustehokkaampi vaihtoehto tulisi siis olemaan se, joka sopii paremmin olemassa oleviin paikallisiin seisokkiaikatauluihin. Tätä aikataulua ei tehdä aikataulusidonnaisesti, vaan katsotaan, kuinka kauan ohjausjärjestelmän vaihdon eri osioihin menee aikaa yksikkömuotoisesti. Esimerkiksi, jos SAT-testiin (Site Acceptance Test) menisi kuvitteellisesti 1,5- viikkoa, mutta sitä voi aloittaa tekemään jo osin asennuksien kanssa rinnakkain. Tämä voisi lyhentää sen aiheuttamaa seisokin pidentävää aikaa noin puoleen viikkoon.

SAT- testissä ohjausjärjestelmän jokainen I/O-piste testataan erikseen kentältä valvomopäätteelle. Tällä testauksella koestetaan kytkentöjen oikeellisuus sekä samalla testataan ohjelman toimintoja, esimerkiksi tulevatko hätäpysäytys käskyt perille ja näkyvätkö ne valvomopäätteellä.

6.3 Aikataulu yksikkömuotoisena

Tätä aikataulua ei ole tarkoitus tehdä millekään vuodelle sidottuna, vaan käyttää primäärinkasauslaitteiston uusinnan suunnittelun työkaluna. Aikataulun tekeminen yksikkömuotoisena tarkoittaa siis vain eri työvaiheiden keston suunnittelua aikajanalla. Yksikkömuotoisen aikataulun suunnitteluun käytettiin Microsoft Office Project-työkalua, jossa aikataulun saa esitettyä aikajanamuotoisesti selkoklukuisena. Aikataulu löytyy jänamuotoisena liitteestä 1 (LIITE 1: PROJECT- TYÖKALULLA TEHTY YKSIKÖMUOTOINEN AIKATAULU).

Aikajana alkaa juoksemaan hyväksytyt investointipäätöksen saamisen jälkeisestä ajasta, jonka jälkeen alkaa kuvitteellinen projekti rullaamaan eteenpäin tarjouskyselyiden jättämisellä. Tarjouskyselyihin annetaan vastausaika kalenterikuukausi, jonka aikana mahdollisille järjestelmätoimittajille tarjotaan mahdollisuutta käydä tarjouta läpi työn tilaajan kanssa.

Tarjosten viimeisen jättöpäivän jälkeen työn tilaaja aloittaa viikon kestävä prosessin, jossa käydään saadut tarjouksen ohjausjärjestelmän uusinnasta läpi ja valitaan ohjausjärjestelmän toimittaja. Toimittajan valinnan jälkeen alkaa ohjausjärjestelmän uusimisen suunnittelu-aika, joka kestää kaikkineen viisi kuukautta. Suunnittelun alkaessa pidetään järjestelmätoimittajan kanssa projektin kickoff palaveri, jossa käydään käytännön asioita läpi. Suunnittelukauden aikaisia seurantalavereja pidetään toimittajan kanssa kuukauden välein.

Suunnittelu-aikaan kuuluu kaksi pääosiota, sovellussuunnittelu sekä kenttäsuunnittelu. Sovellussuunnittelussa tehdään logiikkaohjelmat ja valvomosovellus, johon myös kuuluvat ajotapalaverit sekä laitteiston ja sen osien toiminnankuvausten luonti. Toiminnankuvausten määrittäminen on keskeinen osa suunnitteluprosessia, johon kaikki suunnittelu ja asennukset nojaavat. Ajotapalavereissa määritellään laitteiston tarvittavat toiminnallisuudet. Sovellussuunnittelussa toimittaja myös suunnittelee ohjausjärjestelmän vaatimat ennakkohuoltotyöt. Kenttäsuunnittelussa suunnitellaan asennuksen aikaiset SA-kuvat tilaajan ALMA-suunnittelujärjestelmään. Toimittaja toimittaa tilaajalle SA-urakan tarvittavan tarjouskyselymateriaalin AFC (Approved for Construction) määräpäivään mennessä. Kenttäsuunnitteluun kuuluu myös varaosasuosituslistan toimittaminen tilaajalle.

Suunnitteluvaiheessa järjestelmätoimittaja suunnittelee yhdessä työn tilaajan kanssa FAT-, SAT-testien ja kuumetestauksien toteutuksen. Tässä suunnitelmassa tulee olla esillä yksityiskohtaisesti, miten testaukset etenevät ja kuinka testaukset toteutetaan. FAT-, SAT-testien sekä kuumetestien toteutussuunnitelma on todella tärkeä mm. laitteiston turvallisuuden, projektin etenemisen, laitteiston käyttövarmuuden sekä laitteiston oikeanlaisen toiminnan varmistamisen kannalta.

SA-urakan tarjouskyselymateriaalien saamisen jälkeen tilaaja lähettää SA-urakasta tarjouskyselyn muutamalle valitulle urakointiyritykselle. Tarjouskyselyyn annetaan vastausaika kolme viikkoa, jonka aikana annetaan mahdollisuus tarjouskyselyn läpikäymiseen. Kolmen viikon jälkeen tilaaja käy SA-urakan tarjoukset läpi ja valitsee SA-urakan toimittajan.

Tämän jälkeen alkaa itse ohjausjärjestelmän uusiminen. Järjestelmätoimittajan pitämät koulutukset operaattoreille, kunnossapito henkilöstölle sekä toimihenkilöille pidetään sopivissa ajankohdissa projektin aikana. Ohjausjärjestelmän uusiminen alkaa FAT-testauksella (Factory Acceptance Test) ja

valmistelevien asennusten tai asennusten teolla riippuen toteutusvalinnasta – kerralla (kohta 6.3.1) vai paloissa (kohta 6.3.2).

6.3.1 Uusiminen kerralla

Ohjausjärjestelmän vaihtoon kerralla tarvittaisiin yli 20 henkilön työvoima, kun osa vaihtaa vanhoja ohjausjärjestelmän osia uusiin, osa kaapeloisi uusia yhteyksiä ja osa asentaisi uusia koteloita keski-kaistakuljettimen varrelle.

Tässä aikataulun versiossa ajatellaan, että kaikki asennukset tapahtuisivat tehdasseisokissa, jolloin laitteistoon voidaan asentaa uusia komponentteja sekä kaapeleita helpommin ja nopeammin. Tällöin ei tarvitse ottaa huomioon käynnissä olevaan laitteistoon liittyviä riskejä, vaan riskit rajautuvat enemmän normaalin tekemisen piiriin.

Ennen seisokin aloittamista tehtäisiin FAT-testaus, jossa ”kuiva koestetaan” ohjelmaa ja ohjausjärjestelmän komponentteja sekä sen toiminnallisuuksia. FAT-testi kestää kaikkineen viikon. Hyväksytyt FAT-testauksen jälkeen ja kun ohjausjärjestelmän komponentit saapuvat tehtaalle voidaan aloittaa seisokki.

Kaikkien asennusten tekemiseen kaapelinvetoineen ja kytkentämuutoksineen menee aikaa 2,5 viikkoa. Asennusten loppuvaiheilla voidaan aloittaa tietoliikenneyhteyksien koestaminen sekä SAT- testi.

SAT-testissä testataan jokaisen I/O-pisteen toimivuus kentältä instrumentoinnista valvomopäätteelle asti. Tällä SAT-testillä varmistetaan kytkentöjen oikeellisuus ja samalla voidaan tarkastella ohjelman toimintaa. SAT-testin tekeminen loppuun pidentää seisokkia kolmella päivällä.

6.3.2 Uusiminen osissa seisokkiaikataulujen puitteissa

Osa asennuksista pystytään tekemään myöskin käynninaikaisena työnä. Käynninaikana asentamisen huonona puolena mainittakoon, että siinä kestää huomattavasti pidempään. Kaikkia töitä ei kuitenkaan pysty tekemään käynninaikaisesti, joten tämäkin vaihtoehto vaatii tuotantokatkoksen, eli seisokin.

Laitteiston käynnissä ollessa kaapelointiin sekä muihin asennustöihin liittyy joitakin riskejä. Nämä riskit tulisi kartoittaa huolella ja saattaa sähkö- ja automaatiourakoitsijan sekä heidän asentajiensa tietoon. Näin asentajat tiedostavat käynnissä olevan laitteiston toiminnan ja osaavat suhtautua siihen riittävällä vakavuudella.

Työ alkaisi FAT-testillä. Samanaikaisesti voidaan aloittaa valmistelevien asennusten tekeminen, jossa kaapeloidaan ja asennetaan ne komponentit, jotka eivät vaadi tuotantokatkosta. Näissä asennuksissa kestää viisi viikkoa. Asennusten loppuvaiheilla pystytään koestamaan tietoliikenneyhteyksien toimivuus, joka edistää tulevaa SAT-testiä merkittävästi.

Käynninaikaisten asennusten jälkeen alkaisi viikon kestävä seisokki, jossa asennetaan loput laitteet ja tehdään kytkentämuutokset vanhalta ohjausjärjestelmältä uudelle ohjausjärjestelmälle. Sitä mukaa, kun laitteita on kytketty uuteen ohjausjärjestelmään, voidaan aloittaa SAT-testin tekemistä. SAT-testaus pidentää seisokkia kolmella päivällä.

6.4 Hyväksytyt SAT-testauksen jälkeen

Asennusten ja hyväksytyt SAT-testauksen jälkeen voidaan aloittaa niin sanotut vesiajot, kuumatesetit. Kuumatesauksessa laitteistoa ajetaan ensin ilman agglomeroitutuotetta, jonka jälkeen tehdään myös koeajot tuotteella.

Vesiajosten jälkeen aloitetaan oikeat koeajot ja viritysjakso, jossa järjestelmätoimittajan edustaja on paikalla opastamassa jokaisen vuoron operaattoreita laitteiston käytössä sekä on muutenkin tehdasalueella kymmenen vuorokauden ajan 24 h vuorokaudessa. Kahden viikon viritysjakson aikana ohjausjärjestelmän toimintoja hienosäädetään järjestelmätoimittajan toimesta, esimerkiksi säätöpiirien parametrien hienosäätöä. Järjestelmätoimittajan edustaja on 10 vuorokauden paikallaolojakson jälkeen paikalla 20 vuorokauden ajan toimistoaikoihin ja toimistoaikojen ulkopuolella on tavoitettavissa heti ja saapuisi tehdasalueelle viimeistään tunnin kuluessa. Laitteiston 24 kuukauden takuu-aika alkaa viritysjakson jälkeen.

Hyväksytyt SAT-testin jälkeen alkaa myös asennustenaikkeisten kytkentäkuvien puhtaaksi piirtäminen, jonka tulee olla hyväksytysti valmiina määräpäivään mennessä.

6.5 Kustannukset

Kustannuksissa käsitellään ohjausjärjestelmän uusintaan liittyviä tuotannonmenetyskustannuksia. Tuotannonmenetyskustannukset on merkittävä kustannustekijä ohjausjärjestelmän uusinnan projektin asennusvaiheessa. Nämä tuotannonmenetyskustannukset ajavat ohjausjärjestelmän uusintaan suurimpana yksittäisenä tekijänä. Ohjausjärjestelmän uusintaan liittyviä kustannuksia ei käsitellä niiden luottamuksellisuuden vuoksi, mutta kyse on suhteellisen suuresta hankinnasta.

Tuotantoon vaikuttava aikataulun osuus osissa tekemällä rajautuu niihin SA-asennuksiin, jotka vaativat tuotantolinjan pysäyttämisen, SAT-testiin ja niin sanottuihin vesiajoihin. Osissa tekemällä tarvittaisiin seitsemän vuorokauden tuotannonkatkos, jonka jälkeen laitteisto luovutettaisiin tuotannolle ja alkaisi koekäytöt.

Kerralla tekemällä tarkastellaan kustannuksia, jos kaikki asennukset tehtäisiin tuotantolinjan seisoessa kerralla. Tällöin kustannuksiin lukeutuvat kaikki SA-asennukset, SAT-testi ja niin sanotut vesiajot. Kerralla tekemällä työvoimaa tarvittaisiin huomattavasti enemmän verrattuna osissa tekemiseen. Toisaalta kerralla tekemällä asennuksiin menevä aika leikkautuu noin viikolla. Tällöin kylläkin kokonaistuotantokatkos kasvaisi 18 päivän mittaiseksi.

TAULUKKO 1 Vertailu

	Kerralla d	Osissa d	Ero d
Asennuksiin kuluva aika	18	28	10
Tarvittava seisokin pi- tuus	18	7	11

Taulukossa 1 on nähtävillä, kuinka osissa tekemällä asennuksiin kuluisi noin 10 päivää enemmän aikaa, mutta seisokki lyhenisi yli puolella, vain viikon mittaiseksi. Valmistelevien asennusten avulla saadaan seisokkia ja niistä aiheutuvia tuotannonmenetyskustannuksia pienennettyä yhdellätoista päivällä. Vaikkakin sähköurakoitsijan palveluksia tarvitaan pidemmän aikaa, niistä aiheutuvat kustannukset ovat huomattavasti tuotannonmenetyskustannuksia pienempiä.

Ohjausjärjestelmän uusiminen kerralla tulisi kannattavaksi, jos järjestelmäusinnasta riippumaton tekijä aiheuttaisi tarvittavan noin kolmen viikon tuotannonpysäytyksen. Tällöin kylläkin ohjausjärjestelmän komponentit ja tarvikkeet sekä uusintaan tarvittavan työvoiman tulisi olla valmiina, jotta ohjausjärjestelmän uusinta voisi alkaa todella lyhyellä varoitusajalla. Vaikka teoreettisesti tällöinen tilanne voisi olla mahdollinen, ei sen varaan kannata tätä ohjausjärjestelmän uusinnan projektia laskea ja jäädä odottamaan jotain, mitä ei välttämättä tapahdu koskaan.

Asennuksiin kestävään aikaan kysyin arviota suunnittelutoimiston asiantuntijalta ja niissä on hieman pelivaraa. Tarkempi aika-arvio saadaan SA-urakkatarjouksen mukana projektin edetessä. Asennuksiin kuluvaan aikaan sekä seisokin kesto on kannattaa varata hieman ylimääräistä aikaa, jotta aikataulu ei käy liian tiukaksi. Kyse on kuitenkin suhteellisen suuresta projektista, jossa voi tulla mutkia matkaan.

Ongelmia aikataulun suhteen voisi esiintyä esimerkiksi yllättävissä lisäkaapelointitarpeissa, tai jos koronapandemia jatkuu ohjausjärjestelmän uusintaan asti, niin mahdollisissa tartuntaepäilyissä tai tartuntatapauksissa.

Ohjausjärjestelmän uusintaan liittyen on tehty osana aiempaa esisuunnittelua projektiluokitusraportti, jossa on tarkasteltu projektiin merkittävästi vaikuttavia tekijöitä. Mutta tämän raportin luottamuksellisuuden vuoksi sitä ei käsitellä tässä raportissa.

6.6 Dokumentointi

Opinnäytetyön yhtenä osana tarkastettiin sekä päivitettiin primäärinkasauslaitteiston tarjouskyselyyn liitteenä tulevia dokumentteja. Näitä dokumentteja ovat:

- Primäärinkasauslaitteiston DCS-hankinnan määrittely
- Sijoitus kuvat
- Järjestelmäkaaviot
- Kaapeliluettelot
- Koteloiden layout-kuvat
- Laiteluettelot

Nämä dokumentit olivat peräisin aikaisemmin käynnissä olleesta primäärinkasauslaitteiston ohjausjärjestelmän uusinnan esisuunnittelusta, mutta dokumenteissa oli puutteita. Osa laitteiston toimintaa ja käyttövarmuutta parantavia tekijöitä on aikaisemman esisuunnittelun jälkeen jo toteutettu tai on toteutumassa lähiaikoina, jonka takia nämä laitteiston osat tuli poistaa tarjouskyselymateriaalista. Tämän lisäksi esimerkkikaavioihin tuli joitakin lisäyksiä.

Näitä edellä mainittuja dokumentteja ei niiden luottamuksellisuuden takia käsitellä tässä raportissa tämän tarkemmin.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda yksikkömuotoinen aikataulu ohjausjärjestelmän uusinnan projektin kulusta kahdella eri skenaariolla.

Ohjausjärjestelmän uusintaprojekti on ajankohtainen ja tarpeellinen. Nykyisellään ohjausjärjestelmä ei ole luotettava ja voi aiheuttaa vakaviakin tuotannonmenetyksiä. Uudella ohjausjärjestelmällä saadaan huomattavasti parannettua laitteiston luotettavuutta sekä käyttövarmuutta ja mahdollisissa vikatilanteissa vikatilanteiden aiheuttajan löytäminen on nopeampaa. Lisäksi mahdollisissa varaosatarpeissa uuden ohjausjärjestelmän ansiosta varaosien löytäminen on nopeampaa ja helpompaa ja niistä aiheutuvien tuotantokatkoksien pituus lyhenee.

Ohjausjärjestelmän uusimisen yhteydessä tulee myös ajan tasalla oleva sähkö- ja automaatiidokumenttaatio, jonka ansiosta muutosten tekeminen ja hallinta sekä vianetsintä on yksinkertaisempaa. Lisäksi uuden järkevämmän ohjausjärjestelmän topologian ansiosta ohjelmamuutosten tekeminen ja hallinta muuttuu helpommaksi vianetsinnän ohella.

Ohjausjärjestelmän vaihto kannattaa toteuttaa osissa, jolloin valmistelevien töiden ansiosta seisokkiaika lyhenee reilusta kahdesta viikosta vain viikon mittaiseksi. Tämän mittainen seisokki voisi jopa mahtua lähes suoraan olemassa olevien seisokkien lomaan, tai sen aiheuttama tuotantokatkoksen pidentyminen olisi kohtuullinen.

Työn yhtenä osiona myöskin päivitettiin joitakin ohjausjärjestelmän hankintaan liittyviä dokumentteja vastaamaan tätä päivää, mutta niitä ei luottamuksellisuuden vuoksi käsitellä tässä raportissa.

8 LÄHDELUETTELO

- Automaatioseura. (2018). *Automaation historia, nykytila ja tulevaisuus*, 4-7. Haettu 12. 4. 2021 osoitteesta https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1380/automaatio_ennen_nyt_ja_tulevaisuudessa_av_artikkelisarja_2018.pdf
- Kippo, A. K.;& Tikka, A. (2008). *Automaatiotekniikan perusteet*. Helsinki, Suomi: Edita Prima Oy.
- Kokko, O. (26. 5. 2017). Reaktiivinen laivamallin automaatiohjausjärjestelmä. Espoo, Suomi. Haettu 19. 4. 2021 osoitteesta https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/27091/master_Kokko_Olli_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lepistö, P. (2018). *Hajautettu automaatiojärjestelmä*. Savonia AMK Moodle oppimisympäristö, Kuopio.
- Oittinen, L. (2019). *Terrafame Oy sisäinen materiaali*. Sotkamo: Lasse Oittinen.
- Rautiainen, M. (2019). *Terrafame Oy sisäinen materiaali*. Sotkamo: Matti Rautiainen.
- Terrafame Oy. (8. 10. 2019). *Sisäinen materiaali*. Sotkamo, Suomi.
- Terrafame Oy. (2021). *Taloudellinen katsaus 2020*. Sotkamo: Terrafame Oy.
- Terrafame Oy. (30. 3. 2021). Terrafame Oy liiketoimintamalli. *Liiketoimintamalli - strategia*. Sotkamo, Suomi: Terrafame Oy.
- Terrafame Oy. (ei pvm). *Tuotantomenetelmämme*. Haettu 29. 3. 2021 osoitteesta <https://www.terrafame.fi/tuotantomenetelmamme.html>

LIITE 1: PROJECT- TYÖKALULLA TEHTY YKSIKÖMUOTOINEN AIKATAULU

