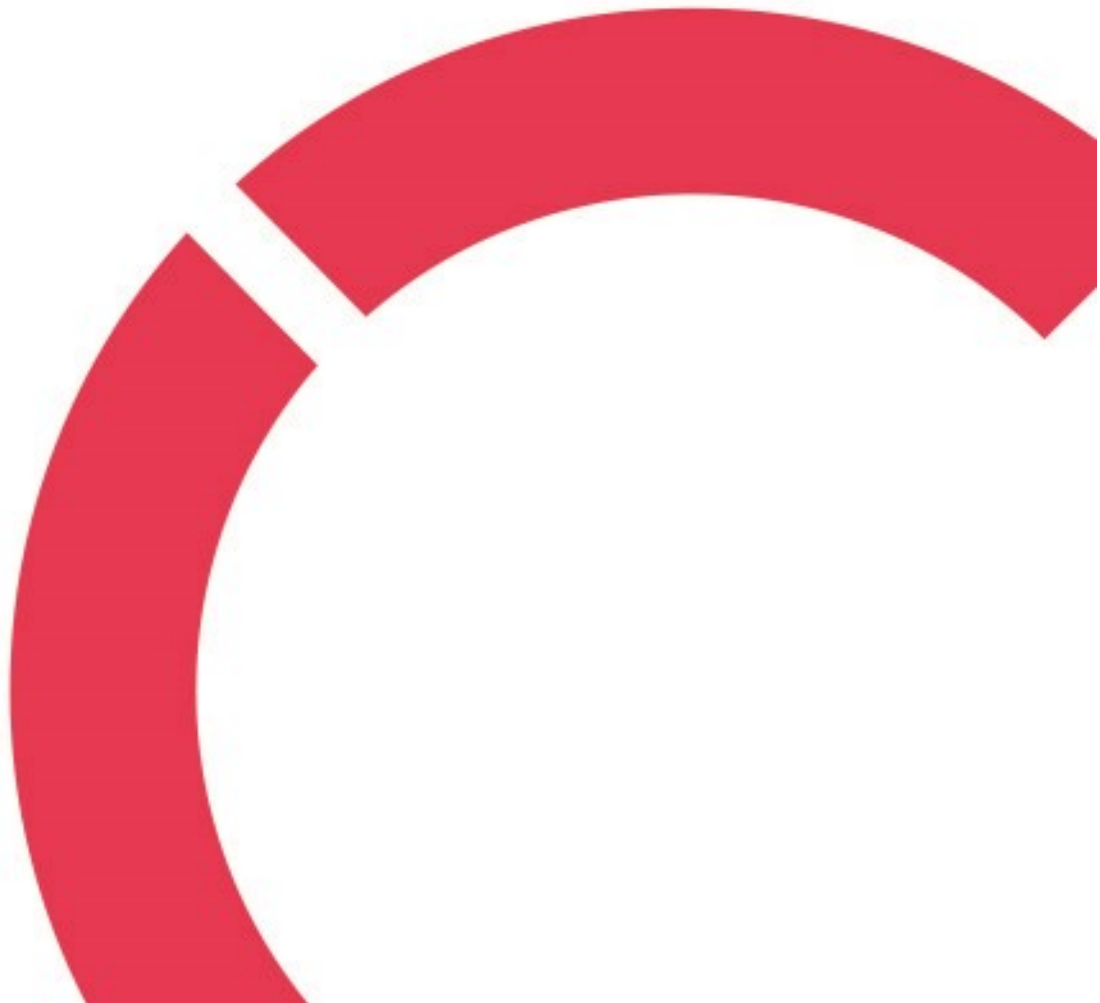


**Kim Kotajärvi**

**SONDINPUDOTUSJÄRJESTELMÄN MANIPULAATTORIN TESTI-  
LAITTEEN SUUNNITTELU**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Syyskuu 2022**



<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Syyskuu 2022	<b>Tekijä/tekijät</b> Kim Kotajärvi
<b>Koulutus</b> Sähkö- ja automaatiotekniikka		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
<b>Työn nimi</b> SONDINPUDOTUSJÄRJESTELMÄN MANIPULAATTORIN TESTILAITTEEN SUUNNITTELU		
<b>Työn ohjaaja</b> Kari Saaranen		<b>Sivumäärä</b> 25
<b>Työelämäohjaaja</b> Ismo Rentola		
<p>Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi SSAB:n Raahen terästehtaan sulaton sähkö- ja automaatiokunnossapito. Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella sondinpudotusjärjestelmän manipulaattorille testilaitte. Manipulaattorille pitää tehdä joka toinen kuukausi perushuolto, jossa se puhdistetaan ja tarkistetaan toiminta. Manipulaattorin toiminnan tarkistaminen huollossa on puutteellinen. Tavoitteena oli suunnitella testilaitte, jolla manipulaattorin toiminta voidaan tarkistaa. Opinnäytetyön tuloksena saatiin testilaitteiston rakenne selvitettyä.</p>		
<b>Asiasanat</b> Konvertteri, Manipulaattori, Pudotussondi, Sallintakytkin, Siemens, Testilaitte		

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> September 2022	<b>Author</b> Kim Kotajärvi
<b>Degree programme</b> Electrical and automation engineering		<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK
<b>Name of thesis</b> Design of a probe dropping system manipulator testing device		
<b>Centria supervisor</b> Kari Saaranen		<b>Pages</b> 25
<b>Instructor representing commissioning institution or company</b> Ismo Rentola		
<p>The thesis was commissioned by the electrical and automation maintenance department of the smelter department at SSAB Raabe steel factory. The topic of the thesis was to design a test device for the manipulator of the probe dropping system. The manipulator needs to be serviced every other month, when it is cleaned and the operation checked. Checking the operation of the manipulator during maintenance is insufficient. The goal was to design a test device that can be used to check the operation of the manipulator. As a result of the thesis, the structure of the test equipment was clarified.</p>		

<b>Key words</b> Converters, Drop in sensors, Enable switch, Manipulator, Siemens, Test device
---

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **ATEX**

Atmospheres explosibles. Räjähdysvaarallinen tila on tila, jossa voi esiintyä räjähdysvaarallinen ilma-seos.

### **CPU**

Central Processing Unit. Tietokoneen osa, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä.

### **EMC**

Electromagnetic compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus tarkoittaa elektronisen laitteen tai järjestelmän kykyä toimia luotettavasti luonnollisessa toimintaympäristössään.

### **FESTO**

Festo on saksalainen teollisuus- ja automaatioalan yritys.

### **HAPPIPUHALLUSLANSSI**

Happipuhalluskonvertterin putkimainen osa, jolla terässulaan puhalletaan happea hiilipitoisuuden pienentämiseksi.

### **HERAEUS ELECTRO-NITE**

Heraeus electro-nite on kansainvälinen perheomisteinen teknologiakonserni.

### **HMI**

Human Machine Interface. eli käyttöliittymä, joka yhdistää henkilön koneeseen, laitteeseen tai järjestelmään.

### **JATKUVAVALUKONE**

Prosessi, jossa sula metalli jähmettyy puolivalmisteeiksi eli valunauhaksi, josta valssattavat aihiot leikataan.

## **KENTTÄVÄYLÄ**

Kenttäväylä on automaatiossa käytetty teollisuuden tekniikka, jolla saadaan laitteistojen eri osat yhdistettyä toisiinsa yksinkertaisemmin kuin kaapeloimalla jokainen erikseen.

## **KONVERTTERI**

Konvertteri on sylinterinmuotoinen, ylöspäin suippeneva ja ylhäältä auki oleva astia. Konvertteri on valmistettu teräksisestä ulkovaipasta ja sen sisällä on tulenkestävä vuoraus.

## **KUONA**

Pääasiassa oksidisulasta koostuva liuos. Koska kuona on rautaa kevyempää, se kelluu rautasulan päällä, josta se voidaan kuoria pois.

## **KUONAPATA**

Sankomainen säiliö, joka on vuorattu tulenkestävillä tiilillä; käytetään terästehtaalla sulan kuonan kuljettamiseen.

## **LVD**

Low Voltage Directive. Pienjännitedirektiivillä säännellään sähköturvallisuutta. Pienjännitedirektiivin tavoitteena on varmistaa, että markkinoilla olevat sähkölaitteet ovat turvallisia ihmisille, kotieläimille ja omaisuudelle.

## **MASUUNI**

Jatkuvatoiminen kuilu-uuni, jossa pelkistetään rautamalmia. Masuunin lopputuotetta kutsutaan raakauraudaksi.

## **MELLOTUS**

Happipuhallusprosessissa raakauraudan hiilipitoisuuden alentaminen sulaan puhallettavan happikaasun avulla.

## **MIKSERI**

Magnesiitilla vuorattu lieriö, joka toimii raakaraudan koostumuksen tasausastiana ja varastointitilana.

## **MULTI-LAB**

Heraeus Electro-Niten valmistama yksikkö, jonka näytöltä kaikki viestit, toimintavaiheet, mittaustulokset ja muut tiedot voidaan lukea.

## **ODOTTAMATON KÄYNNISTYS**

Odottamaton käynnistyminen on tilanne, jossa kone tai sen osa kytkeytyy päälle ja odottamattoman luonteen vuoksi aiheuttaa vaaraa henkilöille.

## **OHJELMOITAVA LOGIIKKA / PLC**

Programmable Logic Controller. PLC on tietokone, jota käytetään tuotantoprosessien ohjauksessa.

## **PUDOTUSSONDI**

Konvertertiin pudotettava mittausanturi, jolla voidaan mitata sekä terässulan lämpötilaa että happipitoisuutta.

## **PROSESSIAUTOMAATIO**

Prosessiautomaatio tarkoittaa tietokoneen käyttämistä koneiden ja tuotantoprosessien ohjaamisessa.

## **QUIK-TAP PUDOTUSSONDILAITTEISTO**

Heraeus Electro-Niten valmistama QuiK-Tap-pudotussondilaitteisto. Laitteiston toiminta perustuu sondianturin pudottamiseen sulaan teräkseen.

## **SARA-WEB**

SSAB:lla käytössä oleva turvallisuuden hallintaohjelma.

## **SENKKA**

Valusanko, sankomainen säiliö, joka on vuorattu tulenkestävillä tiilillä. Käytetään terästehtaalla sulan teräksen kuljettamiseen prosessivaiheesta toiseen.

## **SENKKAUUNI**

Teräksenvalmistuksen prosessilaitte, jossa säädetään senkassa olevan sulan teräksen kemiallista koostumusta ja lämpötilaa. Tämä ns. senkkametallurgiavaihe sijoittuu valokaariuunissa tai happipuhalluskonvertterissa tapahtuvan teräksen sulatuksen/mellotuksen ja jatkuvavalun väliin.

## **SEOSAINE**

Teräksen valmistusprosessin aikana sulaan lisättävä materiaali, joka muodostaa yhdisteitä raudan tai muiden metallien kanssa ja muuttaa metallin ominaisuuksia.

## **SIL-LUOKKA**

Safety Integrity Level. Turvallisuuden eheystaso. Määritellään standardin EN 62061 mukaan.

## **SONDIKASETTI**

Sondikasetti toimii sondien välivarastona, josta manipulaattori automaattisesti hakee sondin.

## **TANKKIVAKUUMI**

Kehittynyt jalostusmenetelmä, jossa terässulasta poistetaan alipaineessa happea, vetyä ja typpeä, jolloin saadaan vaativiin sovelluksiin sopivaa korkealaatuista terästä.

## **TERMOELEMENTTI**

Termoelementti mittaa kahden metallin välille syntyvää jännitettä, joka on verrannollinen anturissa olevan liitoskohdan ja mittarin päässä olevan liitoskohdan lämpötilaeroon.

## **TLJ**

Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä. Vaaratilanteita pyritään ennaltaehkäisemään turvallisuuteen liittyvillä järjestelmillä.

## **WINDOWS CE**

Microsoftin kehittämä graafinen käyttöliittymä.

**TIIVISTELMÄ  
ABSTRACT  
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY  
SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 SSAB.....</b>	<b>2</b>
2.1 SSAB Special Steels.....	2
2.2 SSAB Europe .....	2
2.3 SSAB Americas.....	3
2.4 Tibnor .....	3
2.5 Ruukki Construction .....	3
2.6 SSAB Raahe .....	4
2.7 Sulatto.....	4
2.8 Konvertteri.....	5
<b>3 SONDIN PUDOTUSJÄRJESTELMÄ.....</b>	<b>6</b>
<b>4 MANIPULAATTORI.....</b>	<b>7</b>
<b>5 HUOLTOTOIMINNAN NYKYTILA .....</b>	<b>11</b>
<b>6 TESTILAITTEEN TAVOITTEET .....</b>	<b>14</b>
<b>7 TURVALLISUUSTARKASTELU.....</b>	<b>15</b>
7.1 SARA-turvallisuusriskienhallintajärjestelmä .....	17
7.2 Turvallisuuteen liittyvien järjestelmien elinkaaren hallinta .....	17
<b>8 TESTILAITTEEN RAKENNE .....</b>	<b>18</b>
8.1 CPU 1214 FC .....	18
8.2 HMI-paneeli.....	19
8.3 Digitaalinen tulo/lähtö moduulit.....	20
<b>9 TYÖTURVALLISUUS TESTAUKSESSA .....</b>	<b>21</b>
9.1 Kompastuminen .....	21
9.2 Sondin asettaminen .....	21
9.3 Turvakytkin .....	21
9.4 Kahden käden toiminta .....	22
9.5 Huoltoalue .....	22
9.6 Hätä-seis .....	22
9.7 Käyttöohje ja opastus .....	22
<b>10 JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>23</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>24</b>
<b>LIITTEET</b>	



## KUVAT

KUVA 1. Feston kenttäväyläyksikkö .....	7
KUVA 2. Feston tuloyksikkö.....	7
KUVA 3. Feston venttiiliterminaali.....	8
KUVA 4. Kelkka laskeutunut alas sondi mukana.....	8
KUVA 5. Sondi pudotusasennossa. ....	9
KUVA 6. Pudotusluukku avattuna.....	9
KUVA 7. Sondi pudotettuna.....	10
KUVA 8. Manipulaattori huoltopukilla suojakilvet poistettuna.....	12
KUVA 9. Induktiivisien kytkimen tila tarkistetaan tuloyksiköiden indikointiledeistä.....	12
KUVA 10. Sylintereiden ajo ohituskytkimeltä. ....	13
KUVA 11. Simatic s7-1200f 1214fc.....	19
KUVA 12. Simatic HMI KTP900F-mobiilipaneeli .....	19
KUVA 13. Lähtömoduuli. ....	20

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin pudotussondilaitteiston manipulaattorin testilaitte. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi SSAB:n Raahen terästehtaan sulaton sähkö- ja automaatiokunnossapito. Manipulaattorin ohjaaminen ja testaaminen on ollut puutteellista huoltotilassa. Testaamisen puutteen vuoksi, manipulaattori on voinut palautua huollosta viallisena takaisin käyttöön. Testilaitteen tavoitteena oli lisätä manipulaattorin huollon onnistumista ja nostaa käytävyyttä.

Pudotussondilaitteistoa käytetään konverttereilla teräksen happi- ja lämpötilamittauksiin. Manipulaattorin tehtävä on pudottaa sondi konvertteriin pudotusluvan saatuaan. Manipulaattorille pitää tehdä joka toinen kuukausi perushuolto, jolloin se irrotetaan prosessiautomaation ohjauksesta ja siirretään huollettavaksi. Manipulaattorin huollossa ajetaan pudotussekvenssit läpi ja seurataan laitteen toimintaa. Tällä hetkellä manipulaattorin yksittäinen sekvenssiaskel suoritetaan venttiilin ohituskytkimestä painamalla. Tämä on hidasta ja usein huollossa ei toisteta liikkeitä tarpeeksi vikojen esiin saamiseksi. Suoraan venttiilistä ajettaessa ei ole mitään valvontaa, mikä mahdollistaa manuaalisessa testauksessa virheellisen ohjauksen. Myös manipulaattorin sähköosien testaaminen jää puutteelliseksi, kun venttiilejä ei ohjata samalla tavalla kuin laitteen ollessa prosessiautomaatioon kytkettynä.

Testilaitteella pitää voida ajaa sekvenssiaskeleet samalla tavoin kuin manipulaattorin ollessa prosessiautomaation ohjauksessa. Testilaitteen automaattijolla manipulaattorin liikkeet suoritetaan samassa järjestyksessä kuin prosessiautomaation ohjauksessa. Testilaitteeseen tehdään myös käsiajo mahdollisuus. Käsiajolla voidaan vika tilanteessa toistaa haluttua sylinterin liikettä ja tehdä havaintoja. Lämmönmittausjärjestelmän kunto pitää voida myös testata, jotta huollon jälkeen voidaan olla varmoja manipulaattorin kunnosta.

## 2 SSAB

SSAB on johtava erikoislujien terästen ja niihin liittyvien palveluiden toimittaja. Yhtiö toimii maailmanlaajuisesti visionaan vahvempi, kevyempi ja kestävämpi maailma. Vuonna 2026 on yhtiön tavoitteena tuoda markkinoille fossiilivapaa teräs ja päästä noin vuonna 2030 suurelta osin eroon toiminnan aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Tukholmassa. SSAB:llä on ollut terästuotantoa vuodesta 1878 alkaen. Yhtiöllä on toimintaa yli 50 maassa ja se työllistää 14000 työntekijää. Yhtiö koostuu viidestä divisioonasta: SSAB Special Steels, SSAB Europe, SSAB Americas, Tibnor ja Ruukki Construction. (SSAB 2022a.)

### 2.1 SSAB Special Steels

SSAB:n Special Steels -divisioona työllistää noin 3900 henkilöä. SSAB Special Steel toimii Euroopan, Amerikan, Aasian-Tyynenmeren, Lähi-idän ja Afrikan markkinoilla erikoislujien terästen markkina-johtajana. Myynnistä noin 50 % menee Eurooppaan ja 20 % Pohjois-Amerikkaan ja 30 % jakautuu Aasian-Tyynenmeren, Lähi-idän ja Afrikan markkinoille. SSAB Special Steels -divisioonalla on markkinoiden laajin tuotevalikoima, jaoteltuna erikoislujiin rakenneteräksiin, kulutusteräksiin, suojausteräksiin ja työkaluteräksiin. Raskaiden kuljetusvälineiden, rakennuskoneiden sekä materiaalienkäsittelylaitteiden valmistajat kuuluvat SSAB:n Special Steels-divisioonan tärkeimpiin loppukäyttäjäsegmentteihin. Erikoislujien terästen avulla lopputuotteista voidaan rakentaa aiempaa kevyempiä ja vahvempia, joiden nostokapasiteetti, hyötykuorma ja käyttöikä ovat aiempaa parempia. (SSAB 2022b.)

### 2.2 SSAB Europe

SSAB:n Europe -divisioona työllistää noin 6700 henkilöä ja valmistaa korkealaatuisia nauha-, levy- ja putkituotteita. SSAB Europen liikevaihdosta 50 % tulee kotimarkkinoilta Pohjoismaista, 40 % muualta Euroopasta ja 10 % muualta maailmasta. SSAB Europe palvelee asiakkaita useilla asiakassegmenteillä ja monenlaisissa sovelluksissa laajan tuotevalikoiman ansiosta. Euroopan meriteollisuus- ja energia-sektori sekä Pohjoismaiden markkinat käyttävät paljon kvarttolevyjä. Teräskattojen ja sadevesijärjes-

telmien valmistajat käyttävät ensisijaisesti maalipinnoitettuja materiaaleja. Kestävän kehityksen vaatimukseen SSAB European premium-tuotteet vastaavat markkinoilla olevia perustuotteita paremmin. (SSAB 2022c.)

### **2.3 SSAB Americas**

SSAB:n Americas-divisioona työllistää noin 650 henkilöä. SSAB Americas on Pohjois-Amerikan suurin kvarttolevyjen tuottaja. Divisioonan liikevaihdosta noin 85 % tulee Yhdysvalloista, 10 % Kanadasta ja 5 % Latinalaisesta Amerikasta. SSAB Americas-divisioonan valmistamia terästuotteita käytetään monilla teollisuuden aloilla. Energia-ala, raskaat kuljetukset, rakennusteollisuus, infrastruktuuri ja rakennuslaitteiden valmistajat ovat tärkeitä asiakassegmenttejä. SSAB Americas-divisioonan kvarttolevyt ja -kelat on valmistettu 94 %:sti kierrätysmateriaaleista ja teräs on täysin kierrätettävää. (SSAB 2022d.)

### **2.4 Tibnor**

Tibnor työllistää noin 1000 henkilöä. Tibnorilla on teräspalvelukeskuksia Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja yksiköitä Tanskassa ja Liettuassa. Tibnorin myynnistä noin 50 % on SSAB:n valmistamia ja noin 33 % muiden valmistamia koneenrakennusteräksiä ja pitkiä tuotteita. Lopun noin 17 %:n osuus muodostuu ruostumattoman teräksen, alumiinin ja kuparin myynnistä. Kaikille myymilleen tuoteryhmille Tibnor tarjoaa esikäsittelypalveluja. (SSAB 2022e.)

### **2.5 Ruukki Construction**

Ruukki Construction työllistää noin 1400 henkilöä. Ruukki Construction tarjoaa rakennus- ja kiinteistösiirtäjäalan asiakkailleen kestävän kehityksen mukaisia tuotteita ja palveluita. Toimintaa Ruukki Constructionilla on kymmenessä eri maassa ja tuotantoyksiköitä Suomessa, Puolassa, Ruotsissa, Virossa, Liettuassa ja Ukrainassa. Suurin teräksen toimittaja Ruukki Constructionille on SSAB Europe. (SSAB 2022f.)

## 2.6 SSAB Raahе

SSAB:n Raahen tehtaan päätuotteita ovat kuumavalssatut levy- ja kelatuotteet, jotka valmistetaan standardi-, premium- tai erikoisteräksestä. Tehdasalueella sijaitsevia tuotantolaitoksia ovat koksaamo, voimalaitos, kaksi masuunia, terässulatto ja kuumavalssaamo. Tuotanto laitosten lisäksi tehdasalueella on oma satama ja laboratorio. Masuuneissa valmistetusta raakaraudasta valmistetaan terässulattolla teräsaihioita. Kuumavalssaamossa teräsaihiot valssataan levy- tai kelatuotteiksi. SSAB:n Raahen tehdas työllistää noin 2500 omaa työntekijää. Lisäksi alueella työskentelee satoja urakoitsijoiden ja yhteistyökumppaneiden edustajia. (SSAB 2022g.)

## 2.7 Sulatto

Masuuneilta tuleva raakarauta panostetaan sulatolla mikseriin. Mikserissä raakaraudan lämpötila ja koostumus tasaantuvat, mikä helpottaa teräksen tekoa. Mikserien varastointikyvyllä voidaan tasata masuunien ja konverttereiden tuotanto- ja kulutusrytmiä. Mikseristä raakarauta kaadetaan panostus-senkkaan ja kuljetaan panostettavaksi konvertteriin. Konvertterissa suoritetaan raudan mellotus puhaltamalla happea sulaan rautaan. Mellotuksessa syntyy CO-kaasua, kun raudan hiili reagoi puhalletun hapen kanssa. CO-kaasu poistuu raudasta ja siitä tulee vähä hiilistä terästä. Konvertterilla suoritettun mellotuksen jälkeen teräs kaadetaan konvertterin kyljessä olevan aukon kautta terässenkkaan ja vietään jatkokäsittelyyn. (Metallinjalostajat ry 2014, 29, 35, 45.)

Kaasuhuuhteluasemalla teräksen koostumusta täsmätään senkan pohjareiän kautta puhaltamalla argonia ja lisäämällä seosaineita. Seosaineiden tarvitsema lämpöenergia tuotetaan puhaltamalla lanssin kautta happea ja lisäämällä alumiinia seokseen. Tyhjiökäsittelyssä tankkivakuumilla voidaan teräksestä valmistaa erittäin niukkahiilistä sekä alentaa tehokkaasti teräksen vety- ja happipitoisuuksia. Vakuumikäsittelyn jälkeen teräksen lämpötila nostetaan haluttuun lämpötilaan senkkauunissa ja epämetalliset sulkeumat poistetaan sitovan pintakuonan ja sulan sekoittamisen avulla. Senkkauunissa teräs lämmitetään sähkövirran ja valokaaren avulla. Jatkokäsitelty teräs valetaan jatkuvavalukoneessa teräsaihioiksi, jotka kuljetetaan jäähdytshalliin odottamaan jatkokäsittelyä. (Metallinjalostajat ry 2014, 29,46–48.)

## 2.8 Konvertteri

Konvertteri on sylinterinmuotoinen, ylöspäin suippeneva ja ylhäältä auki oleva astia. Konvertteri on valmistettu teräksisestä ulkovaipasta ja sen sisällä on tulenkestävä vuoraus. Konverttereita on kolmenlaisia. LD-konvertterissa happi puhalletaan ylhäältä lasketun lanssin kautta. OBM-konvertterissa taas happi puhalletaan pohjassa olevien suuttimien kautta ja näiden yhdistelmä, jossa molemmat puhallustavat ovat käytössä. (Metallinjalostajat ry 2014, 35–36.)

Konvertterissa raakaraudasta valmistetaan raakaterästä mellottamalla. Raakarauta sisältää 4–5 % hiiltä ja teräksessä sen osuus on tavallisimmin alle 1 %. Mellotuksessa ylimääräinen hiili poltetaan puhaltamalla lanssin kautta puhdasta happea 2-kertaisella äänen nopeudella raakarautasulaan. Pohjan kautta puhalletaan typpeä tai argonia sekoittamaan raakarautaa. Lanssin korkeutta säätämällä ja kaasujen koostumusta muuttamalla voidaan prosessin kulkua ohjata. (Metallinjalostajat ry 2014, 35–36.)

Konvertteriin panostetaan kierrätysterästä panoksen jäädyttämiseen ja sula raakarauta. Lisäksi kuonanmuodostamiseen poltettua kalkkia ja erilaisia flukseja. Puhallus kestää noin 15–20 minuuttia ja se lopetetaan, kun haluttu hiilipitoisuus on saavutettu. Teräs on noin 1 600–1 700-celsiusasteinen. Sula teräs kaadetaan valusenkkään konvertterin kyljessä olevan aukon kautta. Konvertteriin muodostunut kuona kaadetaan erilliseen kuonapataan. Raahan tehtaalla on kolme 120 tonnin konvertteria. (Metallinjalostajat ry 2014, 35–36.)

Ennen kaatoa teräksen lämpötila ja happipitoisuus pitää tietää. Tämä voidaan selvittää käsimenetelmällä, jossa puhalluksen lopuksi otetaan käsin näyte ja lähetetään se laboratorioon analysoitavaksi. Toinen vaihtoehto on pudotussondimittaus. Pudotussondeilla voidaan mitata teräksen lämpötila ja happipitoisuus puhalluksen lopuksi. Konvertterin ohjausjärjestelmä antaa käskyn pudotussondilaitteelle pudottaa sondi pudotusputkea myöten sulaan teräkseen. Sondin termoelementtiin muodostuu jänniteero, jonka laite mittaa, ennen kuin sondi sulaa. (Ruuska & Leiviskä 2003, 3.)

### 3 SONDIN PUDOTUSJÄRJESTELMÄ

Sondin pudotusjärjestelmä on Heraeus Electro-Niten valmistama QuiK-Tap-pudotussondilaitteisto. Laitteiston toiminta perustuu sondianturin pudottamiseen sulaan teräkseen. Mittaustietona saadaan lämpötila tai samalla lämpötila sekä happipitoisuus, riippuen valitusta sondista. Pudotusjärjestelmään on suunniteltu laitteet eri toimintatarkoituksiin. Järjestelmä muodostuu manipulaattorista, sondikasetista, manipulaattorin ohjausyksiköstä, manipulaattorin kauko-ohjausyksiköstä ja sondeista. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 7.)

Manipulaattorin ohjausyksikkö hoitaa kaikki manipulaattorin ja Multi-labin ohjaustoimenpiteet. Multi-lab on yksikkö, jonka näytöltä kaikki viestit, toimintavaiheet, mittaustulokset ja muut tiedot voidaan lukea. Multi-lab voidaan liittää osaksi käyttäjän omaa prosessiautomaatiota. Manipulaattori on suunniteltu käsittelemään mittasondeja. Manipulaattori lataa sondin kasetista ja asettaa sen pudotusasentoon. Prosessiautomaatio antaa pudotussondijärjestelmälle mittauspyynnön, jonka saatuaan manipulaattori pudottaa sondin mittapään. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 7.)

Sondikasetti toimii sondien välivarastona, josta manipulaattori hakee automaattisesti mittaussondin. Sondikasetti sijaitsee manipulaattorin päällä. Manipulaattorin kauko-ohjausyksiköltä voidaan lukea manipulaattorin tila ja antaa manuaalisesti toimintakäskyjä. Kauko-ohjausyksikkö on sijoitettu manipulaattorin läheisyyteen. Sondi muodostuu teräksisestä mittapästä, johon on kiinnitetty johdin. Johdin on pakattu pahviputkeen ja liitetty kontaktipäähän pahviputken toisessa päässä. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 7.)

Sondilla voidaan mitata teräksen lämpötila puhalluksen aikana. Mittaus suoritetaan noin 2 minuuttia ennen puhalluksen loppua. Savukaasun lämpötila, puhallusaika ja puhalletun hapenmäärä määrittelevät mittausajankohdan. Sondi läpäisee pudotessaan kuonakerroksen ja jää kellumaan teräkseen. Sondin termoelementin jännite-ero välittyy kaapelia pitkin mittauslaitteelle. Puhalluksen jälkeisellä mittauksella voidaan mitata myös teräksen happipitoisuus. (Ruuska & Leiviskä 2003, 3.)

## 4 MANIPULAATTORI

Manipulaattori on suunniteltu käsittelemään mittasondeja. Se lataa sondin kasetista, asettaa sen pudotusasettoon ja käskyn saatuaan pudottaa mittapään. Manipulaattorissa on viisi pudotuslinjaa ja yhdessä linjassa on viisi sylinteriä. Sen venttiilit ja rajakytkimet ovat liitetty kenttäväylän kautta automaatioon. Kenttäväylä on rakennettu Feston valmistamien kenttäväyläyksiköiden (KUVA 1), venttiiliterminaalien (KUVA 2) ja tuloyksiköiden avulla (KUVA 3). Tuloyksiköihin on liitetty sylintereiden rajakytkimet. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 7–13.)



KUVA 1. Feston kenttäväyläyksikkö.



KUVA 2. Feston tuloyksikkö.





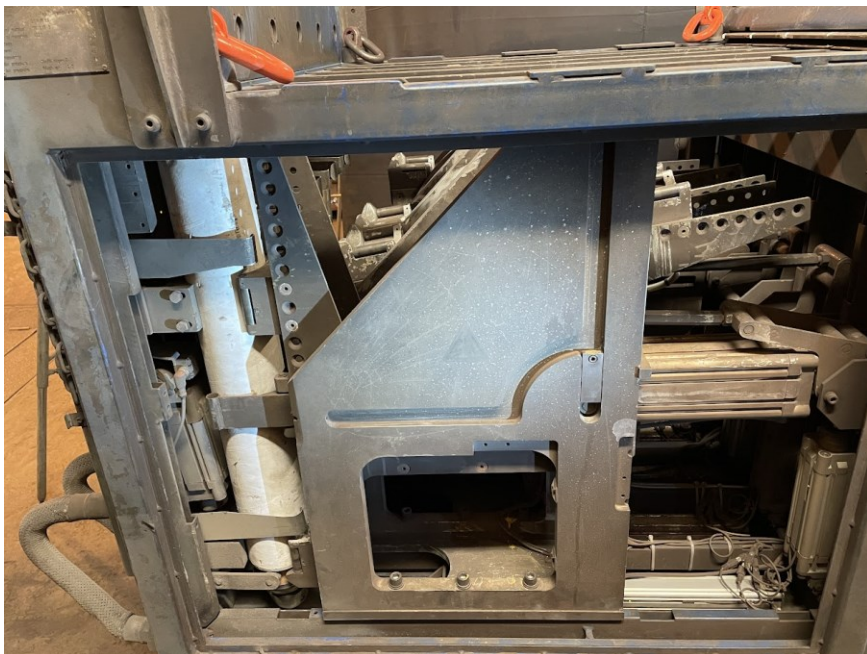
KUVA 3. Feston venttiiliterminaali.

Manipulaattorin sylintereille on määritelty alkuasento, josta sondin pudotuksen ohjaus käynnistyy. Pudotussignaalin saatuaan kääntösyylinteri ohjataan sisään ja kelkka kääntyy 90° alkuasennosta. Seuraavaksi pääsyylinteri työntää kelkan ylöspäin ja sondi pääsee kasetista putoamaan kelkkaan. Hetken kuluttua pääsyylinteri laskeutuu alas sondi mukanaan (KUVA 4). (Heraeus-Electro-Nite 1999, 9.)



KUVA 4. Kelkka laskeutunut alas sondi mukanaan.

Kääntösyylinteri ohjataan ulos, jolloin kelkka ja sondi kääntyvät pystysuoraan. Pääsyylinteri ohjataan ulos, jolloin kelkka vie sondin pudotuspaikkaan (KUVA 5). (Heraeus-Electro-Nite 1999, 10.)



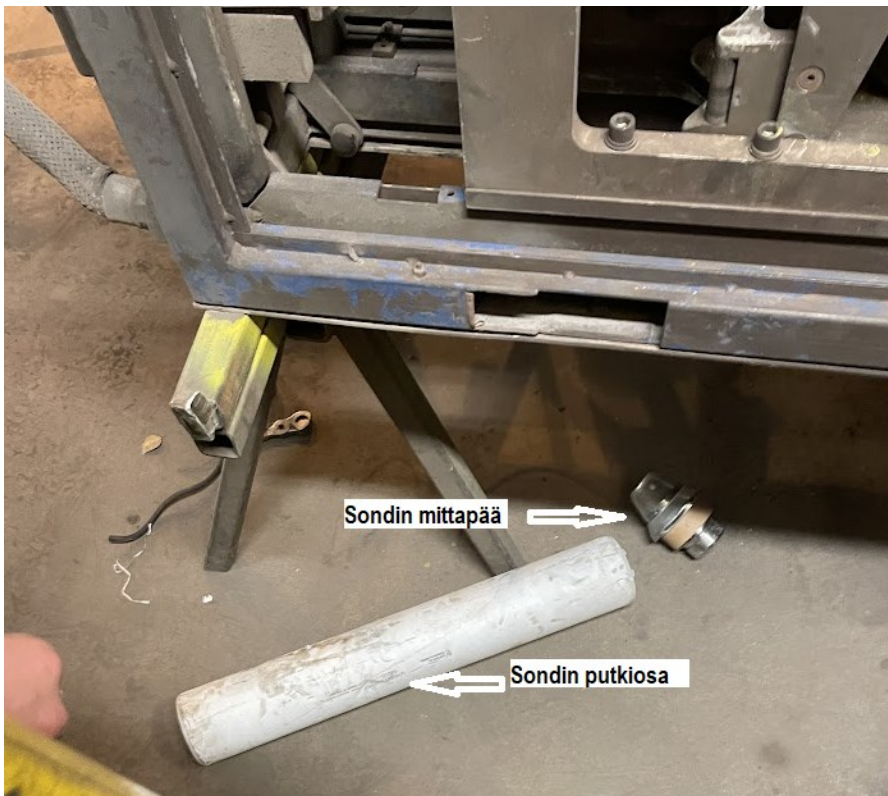
KUVA 5. Sondi pudotusasennossa.

Kontaktikappaleensylinteri ohjataan alas ja sondin toimivuus voidaan tarkistaa. Pudotusluvan saatuaan ohjataan portinsylinteri sisään ja portti aukeaa (KUVA 6). (Heraeus-Electro-Nite 1999, 10.)



KUVA 6. Pudotusluukku avattuna.

Pudotussylinterin haarukka työntää mittapään sondista irti. Kun Multi-Lab antaa luvan lopettaa mitaus, ohjataan kontaktikappaleensylinteri ylös ja se irtoaa sondista. Pääsylinderi ohjataan sisään ja sondin putkiosa putoaa (KUVA 7). (Heraeus-Electro-Nite 1999, 11.)



KUVA 7. Sondi pudotettuna.

Pienen viiveen jälkeen ohjataan pudotussylinteri sisään. Lopuksi portinsylinteri ohjataan ulos ja portti sulkeutuu. Nyt Manipulaattori on taas alkuasennossa. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 12–13.)

## 5 HUOLTOTOIMINNAN NYKYTILA

Valmistajan käyttöohjeen mukaan manipulaattorille on tehtävä viikoittain kontaktiosien ja luukun puhdistustoimenpiteet. Manipulaattorille tehdään turvatoimet kääntämällä pääkytkin OFF-asentoon ja sulkemalla typen pääventtiili. Kontaktikappaleen kansi ja etusuojalevy avataan. Poistetaan pudotusasennossa olevat sondit ja koneen sisälle sondeista irronneet pahvi- ja paperipalat. Sen jälkeen tarkistetaan kontaktikappaleen sisäpuoli ja puhdistetaan tarpeen vaatiessa pehmeällä pulloharjalla. Kannen puhdistus aloitetaan ajamalla luukku kiinni ja nostamalla sondikasetti pois. Manipulaattorin sisälle kertynyt pöly poistetaan imuroimalla. Huoltotoimien jälkeen kontaktikappaleen kansi ja etusuojalevy suljetaan. Turvatoimien purkamisen jälkeen sondikasetti asetetaan paikalleen ja luukku avataan. Tämän jälkeen laite voidaan ottaa käyttöön. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 57.)

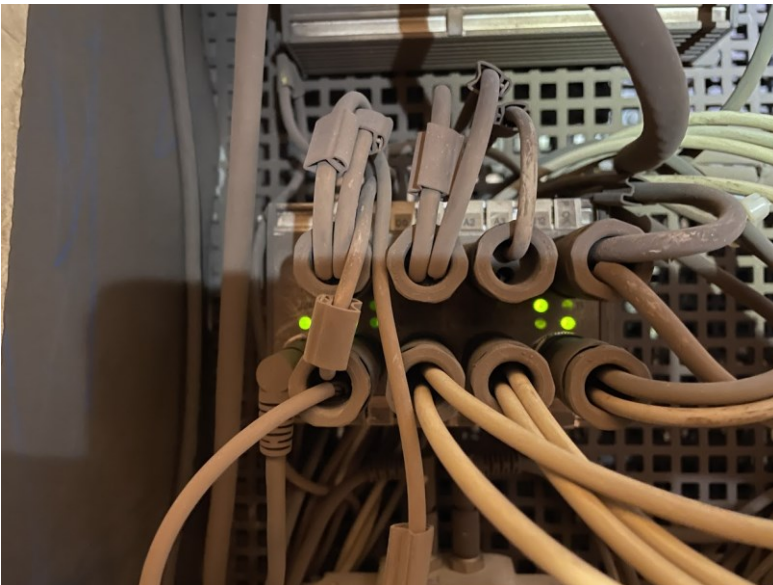
Valmistajan ohjeen mukaan manipulaattorille on tehtävä joka toinen kuukausi perushuolto. Manipulaattori huolletaan yleensä konvertterin muurauksen yhteydessä. Manipulaattori kuljetetaan huoltoon konvertterin mekaanisen kunnossapidon verstaalle. Ennen siirtoa manipulaattorin linjat on ajettava kuljetusasentoon, minkä jälkeen suljetaan typen pääventtiili ja käännetään pääkytkin OFF-asentoon. Irrotetaan pika- ja sähköliittimet ja viedään manipulaattori verstaalla olevalle huoltojalustalle. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 58–59.)

Huolto aloitetaan liittämällä manipulaattoriin huoltopistoke st2 ja paineilmaletku. Manipulaattorin linjoihin jääneet sondit poistetaan manuaalisesti ajamalla ne pudotusasentoon. Etulevy avataan ja poistetaan pudotusasennossa olevat sondit. Sen jälkeen voidaan manipulaattorin suojakilvet poistaa ja suorittaa visuaalinen tarkistus (KUVA 8). Kasetin ohjaimien, irrotettavien turvaleyvien ja manipulaattorin sisäpuolen osien kiinnitykset ja vahingot tarkistetaan. Havaitut vahingoittuneet osat korjataan tai vaihdetaan. Manipulaattorin sisäpuolelle kertynyt pöly imuroidaan huolellisesti. Luukun ohjaimet puhdistetaan pehmeällä kankaalla ja tarvittaessa rasvanpoistoaineella. Puhdistuksen jälkeen ohjaustangot rasvataan kevyellä koneöljyllä tai silikonisprayllä. Toiminnallisessa tarkistuksessa ajetaan liikkeitä venttiilien ohituskytkimiltä. Tarkistuksessa havainnoidaan sylintereiden liikkeitä ja paineilma putkistojen kuntoa. Havaitut viat korjataan ja vahingoittuneet osat vaihdetaan. (Heraeus-Electro-Nite 1999, 59–61.)



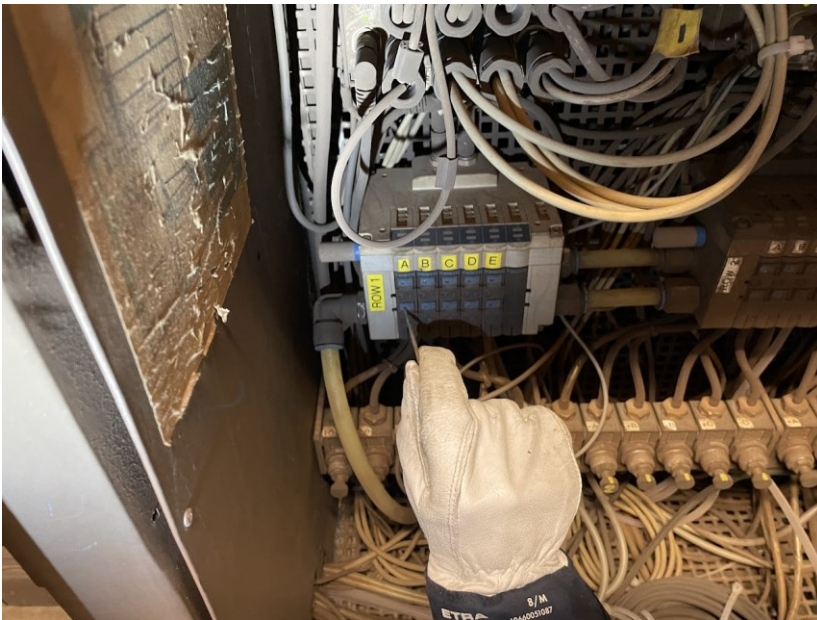
KUVA 8. Manipulaattori huoltopukilla suojakilvet poistettuna.

Sähköasentajat tarkistavat manipulaattorin sähkölaitteet visuaalisesti. Havaitut viat kiinnityksissä ja johdotuksissa korjataan. Sylintereiden induktiivisien rajojen toiminta tarkistetaan tuloyksiköiden indikointiledeistä (KUVA 9) ajamalla sylinteri ohiajokytkimellä tarkistettavalle rajakytkimelle (KUVA 10). (Mourujärvi 2022.)



KUVA 9. Induktiivisien kytkimen tila tarkistetaan tuloyksiköiden indikointiledeistä.

Tarkistuksessa havaitut vialliset induktiiviset kytkimet vaihdetaan uusiin. Kontaktikappaleet tarkistetaan ja tarvittaessa vaihdetaan uusiin. Sähköasentajien suorittaman tarkistuksen jälkeen manipulaattorin suojakilvet laitetaan paikalleen ja linjat ajetaan lepoasentoon. Huoltopistoke st2 ja paineilmaletku poistetaan ja manipulaattori asetetaan sisäiseen kuljetukseen valmistajan ohjeen mukaisesti. (Mourujärvi 2022.)



KUVA 10. Sylinterin ajo ohituskytkimeltä.

## 6 TESTILAITTEEN TAVOITTEET

Testilaitteen tavoitteena on lisätä manipulaattorin huollon onnistumista ja parantaa sen toimintavarmuutta. Manipulaattorin huollossa ajetaan pudotussekvenssit läpi. Yhdessä sekvenssissä on kolme toista askelta. Askeleet suoritetaan paineilmasylintereillä, joita on pudotuslinjassa viisi kappaletta. Sylintereitä ohjataan magneettiventtiileiden ohituskytkimestä manuaalisesti painamalla. Suoraan venttiilistä ajettaessa ei ole mitään valvontaa, mikä mahdollistaa manuaalisessa testauksessa virheellisen ohjauksen.

Myös manipulaattorin sähköinen testaaminen jää puutteelliseksi. Kun venttiilien ohjaaminen suoritetaan tehdasväylän kautta, saadaan varmuus niiden toiminnasta. Tavoitteena on suunnitella testilaitte, jolla voidaan ajaa sekvenssiaskleet samalla tavoin kuin manipulaattorin ollessa prosessiautomaation ohjauksessa. Testilaitteen automaattijolla manipulaattorin liikkeitä voidaan toistaa riittävän usein vikojen esiin saamiseksi. Testilaitteeseen tehdään myös käsiajomahdollisuus, jossa liikkeitä valvotaan antureilla ja estetään virheelliset ajot.

Testilaitteen tavoitteena saadaan manipulaattorin testaaminen ja vikojen löytäminen helpommaksi. Myös manipulaattorin testaamisen turvallisuustason nostaminen. Manipulaattorissa on noin 60 induktiivista rajakytkintä, joiden tarkistaminen tuloyksikön ledeistä on melko työlästä ja aikaa vievää. Testilaitteella rajojen toiminta tulee esille manipulaattoria ajaessa, eikä niitä tarvitse erikseen tarkistaa muutoin kuin visuaalisesti. Testilaitteella saadaan testattu myös kenttäväyläyksiköiden, venttiiliterminaalien ja tuloyksiköiden kunto.

## 7 TURVALLISUUSTARKASTELU

SSAB:n menettelytapa ohjeen mukaisesti tehtaalle tulevien uusien koneiden ja laitteiden on täytettävä konedirektiivin 2006/42/EY ja koneasetuksen 400/2008 oleelliset turvallisuusvaatimukset. Sähkölaitteen, koneen tai prosessin suunnittelussa tulee huomioida myös muut asiaan koskevat määräykset. Näitä ovat esimerkiksi EMC-, LVD- ja ATEX-määräykset. Standardia EN 60204-1 on noudatettava sähkölaitteiden suunnittelussa ja standardisarjaa EN 61439 ohjaus- ja sähkökeskusten suunnittelussa. Standardin EN 61508-1 tai 61511-1 mukaisesti on toteutettava toiminnallisen turvallisuuden hallinta elinkaaren ajalta. Standardin EN 62061 tai EN 13849-1, -2 mukaisesti on toteutettava koneturvallisuuden liittyvä ohjausjärjestelmä. Standardin EN 61508 tai EN 61511 mukaisesti on toteutettava prosessiturvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä. Asiaan kuuluvat B-tyypin turvastandardit on myös huomioitava, esimerkiksi EN 13850 -häätäpysäytys. (SSAB 2017)

SSAB:llä on käytössä SARA-WEB-turvallisuuden hallintaohjelma. Testilaitteen suunnittelu aloitettiin pitämällä turvallisuustarkastelu testilaitteelle. Tarkasteluun valittiin henkilöitä mekaanisesta- ja sähkökunnossapidosta, jotka suorittavat manipulaattorille huolto- ja korjaustoimenpiteitä. Tarkastelussa käytiin vaaratekijäluetteloa läpi ja nostettiin tarkasteluun tunnistetut vaaratekijät. Tunnistettu vaaratekijät arvioitiin turvallisuuden hallintaohjelmalla. SARA-tarkastelussa huomioitiin manipulaattorin laitteisiin ja työskentelytapoihin vaikuttavat turvavallisuusriskit ja pyrittiin tunnistamaan keskeisimmät vaaran paikat. Ensisijaisesti vaarat poistetaan rakenteeseen tai sen ympäristöön liittyvillä teknisillä toimilla. Jos vaaraa ei pystytä poistamaan teknisillä toimilla, on käytön turvallisuus varmistettava opastuksella, varoituslaitteilla, turvamerkeillä tai henkilösuojaimilla.

Turvallisuustarkastelussa tunnistettiin vaaratekijä, joka voidaan testilaitetta käyttämällä huomioida ja poistaa. Huollossa ilmenee ajoittain kelkan tai muiden osien jumiutumista, jolloin sylinteri ei liiku kokonaan ohjattua liikematkaa. Jumiutilanteessa manipulaattorin paineilman syöttö erotetaan ja käsiventtiilillä päästetään järjestelmästä paineet pois. Kun jumiutumisen aiheuttanut vika on korjattu ja paineilma liitetään manipulaattoriin takaisin, on sylinteri suorittanut aikaisemmin kesken jääneen liikkeen loppuun. Tämä johtuu siitä, että venttiilit ovat kaksiasentoisia, joten niissä on aina toinen suunta ohjattuna. Testilaitteella venttiilien ja sylintereiden asentotiedot voidaan tarkistaa ennen kuin paineilma venttiilin avausohjetta annetaan.



Turvallisuustarkastelussa tunnistettiin vaaratekijä, missä henkilö voi koskettaa jännitteisiin osiin ja saaden sähköiskun. Turvallisuustoimenpide vaaratekijän poistamiseksi on suunnitella kosketusjännitesuojaus standardin SFS-EN 60204-1 mukaisesti valmistettuja sähkölaitteita. Sähkökeskusten on oltava vain työkalulla avattavissa. Huoltotyössä on noudatettava sähkötyöturvallisuusstandardia SFS 6002. Huoltotyön suorittajan on oltava riittävän koulutuksen saanut ammattitaitoinen henkilö.

Turvallisuustarkastelussa tunnistettu vaaratekijä, jossa sähkölaite tai johtimet ylikuormittuvat, oikosulkeutuvat tai muun vian seurauksena aiheuttavat epäsuoran sähköiskun vaaran johtavan rakenteen kautta. Turvallisuustoimenpide vaaratekijältä suojautumiseen on käyttää syötön automaattista erottamista oikosulku- ja ylikuormitus tapauksissa standardin SFS-EN 60204-1 mukaisesti. Kunnossapitotöissä on noudatettava tehtaan vahinkokäynnistymisen estämisen työohjetta.

Turvallisuustarkastelussa tunnistettiin vaaratekijä, jossa EMC häiriö ohjausjärjestelmässä voi aiheuttaa laitteen odottamattoman käynnistymisen. Turvallisuustoimenpide vaaratekijältä suojautumiseen on suunnitella laitteisto siten, että se täyttävät standardin SFS-EN 60204-1 mukaiset EMC-vaatimukset.

Turvallisuustarkastelussa tunnistettiin vaaratekijä, jossa ohjausjärjestelmän vikaantuu, laitevika, ohjelmistovirhe tai energioiden palautuminen katkon jälkeen aiheuttaa laitteen odottamattoman käynnistymisen. Odottamaton käynnistyminen aiheuttaa laitteeseen takertumisen tai puristumisen vaaran. Turvallisuustoimenpide vaaratekijältä suojautumiseen on suunnitella sähköiset ohjauspiirit vapautumaan takaisin kytkennän puuttuessa. Takaisinkytkentänä käytetään HMI-paneelin sallintakytkintä. Sallintakytkimen ollessa pois päältä poistetaan venttiilien ohjausjännitteet. Laitteen ohjelmistojen testaus on tehtävä ennen käyttöönottoa. Laitteelle tehtävä toimintaohjeet ja kouluttaa huoltoa tekevät henkilöt. Sähkön- ja paineilman syötön erottaminen on tehtävä ennen huoltotöiden aloitusta.

## 7.1 SARA-turvallisuusriskienhallintajärjestelmä

SARA-turvallisuushallintajärjestelmä on työväline, jolla voidaan laatia turvallisuustarkasteluja työpaikoista, työtehtävistä ja työssä käytettävistä koneista. Järjestelmällä voidaan myös hallita aikaisemmin laadittuja dokumentteja. SARA:lla voi tehdä koneen valmistajan VNa 400/2008 koneasetuksen, VNa 403/2008 käyttöasetuksen sekä VNp 738/2002 työturvallisuuslain mukaiset turvallisuustarkastelut. Tarkastelumenettelyn valintoja ovat koneasetuksen mukainen tarkastelu, työpaikan turvavallisuustarkastelu ja muilla ohjelmilla laaditut tarkastelut. Kaikissa menettelyissä käydään vaarantekijäluettelo systemaattisesti läpi, jotta kaikki vaarantekijät tulevat tunnistettua. Tarkasteluun on valittava henkilöitä, jotka edustavat käyttöä ja kunnossapitoa, sekä tarvittaessa asiantuntijoita eri aloilta. (SSAB 2013.)

Tunnistettu vaarantekijä arvioidaan ja mietitään turvallisuustoimenpiteitä, kuten suojaukset, henkilösuojaimet, turvakytkimet tai suoja-aidat. Tavoitteena on päätyä olemattoman riskin tasolle (alle 5). Jos turvallistamistoimenpiteillä päädytään siedettävän riskintasolle (alle 30), on vaara-alueella olevien ihmisten tiedostettava riskin olemassaolo. Turvallistamistoimenpiteille valitaan tarkastelussa vastuuhenkilö, joka vastaa toimenpiteen toteutuksesta. Toteutuksen jälkeen vastuuhenkilö kuittaa järjestelmään toimenpiteen suoritettuna. (SSAB 2013.)

## 7.2 Turvallisuuteen liittyvien järjestelmien elinkaaren hallinta

SSAB:n Raahan tehtaassa koneiden turvallisuuteen liittyvissä järjestelmissä on noudatettava SSAB:n TLJ-ohjetta laitteen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Koneiden suunnittelussa on noudatettava soveltuvia viranomaismääräyksiä. Asiaankuuluvia standardeja noudattamalla saavutetaan vaatimuksenmukaisuus. Kohdetta koskevat määräykset on aina varmistettava. Keskeisimpiä määräyksiä on työ-, kone-, sähkö- ja kemikaaliturvallisuus sekä paineastia-, atex- ja ympäristömääräykset. Standardia SFS EN 61508-1-Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus käytetään turvallisuuteen liittyvien järjestelmien elinkaarimallin hallintaan. Prosesseissa ja kattilalaitoksissa käytetään pääosin standardia SFS EN 61508 (1–8). Koneissa ja konelinjoilla käytetään pääosin, standardia SFS EN 13849 (1–2). Jos kohteeseen soveltuvat paremmin standardit SFS EN 62061 ja 61511, on näiden käyttö mahdollista. (SSAB 2022g.)

## 8 TESTILAITTEEN RAKENNE

Testilaitteessa pitää olla ohjelmoitava logiikka, jolla hoidetaan manipulaattorin liikkeiden ohjaus huoltotilassa. Laitetoimittajan kanssa käyty keskustelut ja aikaisempi kokemus Siemensin valmistamista tuotteista olivat tukena komponenttien valinnassa. Valitsin logiikaksi Siemens Simatic S7-1200-F-turvalogiikan. Logiikka täyttää SIL-3-luokituksen ja on riittävän suorituskykyinen. Logiikan integroituilla digitaalisilla lähdöillä ohjataan mittausjärjestelmän releitä ja analogiset tulot käytetään mittausjärjestelmän lämpötilan lukemiseen.

Manipulaattorin kenttälaiteväylä kytketään logiikkaan kommunikaatio moduulin kautta. Kenttäväylällä ohjataan manipulaattorin venttiilejä ja luetaan induktiivisten rajakytkimien tilatiedot. Manipulaattorin turvarajat, HMI-paneelin hätä-seis-painike ja sallintakytkin liitetään vikaturvalliseen tulomoduuliin. Manipulaattorin paineilman magneettiventtiilin-, venttiiliterminaalien- ja luukun venttiilien ohjausjännite liitetään vikaturvalliseen lähtömoduuliin.

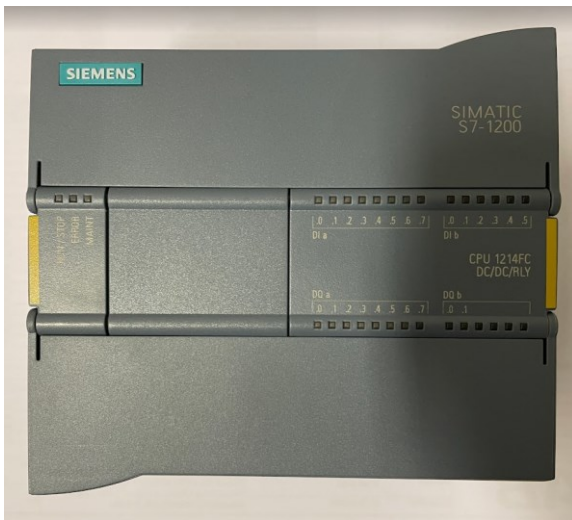
Ohjaukset suoritetaan kannettavan HMI-paneelin avulla. Paneeli mahdollistaa huoltohenkilön liikkumisen manipulaattorin ympärillä suorittaessaan testausta. Paneeli on varustettu sallintakytkimellä, jolla voidaan kahden käden ohjaus valvontaa suorittaa EN ISO 13851-standardin mukaisesti. Paneelin näytöllä voidaan seurata manipulaattorin toimintaa. Lämmönmittausjärjestelmän testaaminen suoritetaan liittämällä manipulaattorin kontaktikappaleeseen erillinen kalibraattori. Kalibraattori lähettää milliampeeri viestin logiikkaan ja sen arvo näytetään paneelissa.

### 8.1 CPU 1214 FC

Siemens s7-1200-sarjan logiikat ovat saatavilla vakio- tai vikaturvallisina versioina. S7-1200-sarjan logiikoiden suorituskyky riittää tehokkaaseen suorittamiseen keskisuuren ja sitä alhaisemmilla suorituskykyalueilla. S7-1200-ohjaimiin on integroituna IO:ta ja sitä voidaan laajentaa lisäämällä IO-moduuleita. Ohjaimissa on laaja valikoima teknisiä toimintoja ja integroitu tiedonsiirto. (Siemens 2022a.)

Testilaitteen logiikaksi valittiin Simatic s7-1200f-sarjasta 1214fc CPU (KUVA 11). CPU:ssa on sisäänrakennettuna 14 digitaalista tuloa, 10 digitaalista relelähtöä ja 2 analogista sisääntuloa. CPU:lla

voidaan saavuttaa standardin IEC 61058 mukainen toiminnallinen turvallisuusluokka SIL 3 ja se on suojattu EMC-häiriöiltä standardin IEC 61000-4-2 mukaisesti. (Siemens 2022b.)



KUVA 11. Simatic s7-1200f 1214fc CPU.

## 8.2 HMI-paneeli

Testilaitteen HMI-paneeliksi valittiin Simatic HMI KTP900F mobile (KUVA 12). Paneelissa on 9 tuuman TFT-laajakuvanäyttö, joka on himmennettävissä portaattomasti. Kosketusnäytön lisäksi paneelissa on 10 funktionäppäintä. Paneelissa on valaistu hätäpysäytyspainike, kolmiasentoinen sallintakytkin ja avainkytkin. Paneelilla on saavutettavissa standardin IEC-61058 mukainen toiminnallinen turvallisuusluokka SIL 3. Paneeliin on esiasennettu Windows CE-käyttöjärjestelmä. (Siemens 2022c.)



KUVA 12. Simatic HMI KTP900F-mobiilipaneeli. (Siemens 2022).

### 8.3 Digitaalinen tulo/lähtö moduulit

Testilaitteeseen valittiin vikaturvalliseksi lähtömoduuliksi SM 1226, F-DQ (KUVA 13). Siinä on neljä digitaalista lähtöä. Vikaturvalliseksi tulomoduuliksi valittiin SM 1226, F-DI moduuli. Siinä on 16 digitaalista tuloa. Moduuleilla on saavutettavissa standardin IEC 61058 mukainen toiminnallinen turvallisuusluokka SIL 3. (Siemens 2022d.)



KUVA 13. Lähtömoduuli. (Siemens 2022).

## **9 TYÖTURVALLISUUS TESTAUKSESSA**

Manipulaattorin laitteisiin ja työskentelytapoihin vaikuttavat keskeisimmät vaaran paikat on testilaitteen suunnittelussa otettu huomioon. Ensisijaisesti vaarat on poistettu rakenteeseen tai sen ympäristöön liittyvillä teknisillä toimilla. Jos vaaraa ei pystytty poistamaan teknisillä toimilla, on käytön turvallisuus varmistettu opastuksella, varoituslaitteilla, turvamerkeillä tai henkilösuojaimilla. Manipulaattorin valmistajan omia huolto- ja turvallisuusohjeita on myös noudatettava.

### **9.1 Kompastuminen**

Kompastumisen vaara testilaitteen kaapeleihin ja paineilmaletkuun on huomioitava huoltopaikalla. Kaapeleiden ja paineilman liitynnät sijaitsevat manipulaattorin takaosassa. Huoltopaikalla testilaitteen sähkökaappi pitää sijoittaa manipulaattorin taakse, jolloin kaapeleiden ja paineilmaletkun yli ei tarvitse kulkea huoltoa suorittaessa. HMI-paneelin liityntä logiikkaan on tehty kaapelilla ja liikkua tämä on huomioitava.

### **9.2 Sondin asettaminen**

Manipulaattorin testaaminen on suoritettava sondilla. Tässä on mahdollisuus vaaratilanteeseen, jos sondin asettaa muu kuin testilaitetta ohjaava henkilö. Sondin asettamisen aikana on manipulaattorin venttiilien ohjauksen jännitteet ohjattava pois päältä ja paineilmaventtiili suljettava. Tämä on mahdollista tehdä turvalogiikan ja paneelin sallintakytkimen avulla. Sondin asettamisen aikana ei paneelin sallintakytkintä saa painaa.

### **9.3 Turvakytin**

Testilaitteeseen asennetaan turvakytin, joka katkaisee manipulaattorille menevät sähkönsyötöt. Turvakytin on avattava, jos manipulaattori on kytketty testilaitteeseen ja sille suoritetaan huolto- tai korjaustöitä. Myös paineilmansyöttö on erotettava ja manipulaattorin paineilma järjestelmästä päästettävä paineet pois.

## **9.4 Kahden käden toiminta**

Testilaitteella manipulaattorin ohjaaminen rakennetaan kahden käden toiminnalla. Ohjatakseen manipulaattoria on puristettava HMI-paneelin pohjassa olevasta sallintakytkimestä ja toisella kädellä painettava suoritettavan ohjauksen kytkintä. Tällä toiminnalla voidaan suojata vain ohjausta suorittava henkilö. Ohjaavan henkilön on huomioitava muut huoltoon osallistuvat henkilöt, eikä ohjausta saa suorittaa, jos on vaarana henkilön joutuminen manipulaattoriin puristuksiin.

## **9.5 Huoltoalue**

Testilaitteen välittömässä läheisyydessä ei saa olla muita kuin laitetta huoltavat henkilöt. Huoltoalue on rajattava riittävän suurelta alueelta, ettei sinne vahingossa kukaan voi joutua.

## **9.6 Hätä-seis**

Testilaitteen HMI-paneeli on varustettu hätä-seis-painikkeella. Hätä-seis-painikkeen painaminen katkaisee manipulaattorin sähkön- ja paineilmansyötön. Hätä-seis-painikkeen vapauttamisen jälkeen on laitteen hätä-seis-piiri kuitattava paneelin hätä-seis-kuittauspainikkeesta.

## **9.7 Käyttöohje ja opastus**

Ennen testilaitteen käyttöönottoa on tehtävä käyttöohje. Ohjeessa on esitettävä laitteen toiminta ja eri toimintatilat. Ohjeessa pitää esittää, kuinka laite saatetaan turvalliseen tilaan. Testilaitetta saa käyttää vain opastettu henkilö. Opastuksessa on käytävä läpi laitteen turvallisuuteen ja käyttöön liittyvät asiat.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

SSAB:n Raahan tehtaan sähkösuunnittelusta, suunnitteluohjeista ja suunnitteludokumenttien arkistoinnista vastaa investointipalvelu. Testilaitteen lopullinen suunnittelukin tehdään investointipalvelun kautta menettelytapaohjeen mukaisesti. Tavoitteena oli suunnitella testilaitte, jolla manipulaattorin toiminta voidaan tarkistaa.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi suunnitelma siitä, millä komponenteilla testilaitte valmistetaan. Turvallisuus tarkastelussa esille nousseet asiat on huomioitu testilaitteen komponentteja valitessa. Testilaitte oli tarkoitus suunnitella ja valmistaa opinnäytetyön tekemisen aikana, mutta maailmanlaajuisen komponenttipulan takia ei saatu varmaa toimituspäivää tilatuille komponenteille, joten päätettiin tehdä vain suunnitelma laitteistosta. Laitteiston komponentit on tilattu ja testilaitte valmistetaan niiden saavuttua.

Testilaitteella saadaan manipulaattorin testaaminen ja vikojen löytäminen helpommaksi. Myös manipulaattorin testaamisen turvallisuustasoa saadaan nostettua. Manipulaattorissa on noin 60 induktiivista rajakytkintä, joiden tarkistaminen tuloyksikön ledeistä on melko työlästä ja aikaa vievää. Testilaitteella rajojen toiminta tulee esille manipulaattoria ajaessa, eikä niitä tarvitse erikseen tarkistaa kuin visuaalisesti. Testilaitteella saadaan testattu myös kenttäväyläyksiköiden, venttiiliterminaalien ja tuloyksiköiden kunto. Tällä hetkellä näiden viat huomataan vasta, kun manipulaattori on palautettu prosessiautomaation ohjaukseen. Sulatolla on käytössä kolme manipulaattoria ja testilaitetta voidaan käyttää näiden kaikkien huollossa. Uskoisin, että testilaitteen valmistuttua manipulaattoreiden käyttövarmuutta saadaan nostettua.

Opinnäytetyön aikana opin mitä pitää ottaa huomioon, kun uusi laite valmistetaan tehtaalle. Miten laitteen valmistuksessa on huomioitava konedirektiivin ja koneasetuksen turvallisuusvaatimukset. Kuinka sähkölaitteita valmistettaessa on noudatettava useita standardeja ja määräyksiä. Opin käyttämään SARA-WEB-turvallisuuden hallintaohjelmaa ja tekemään sillä turvallisuustarkastelun.



## LÄHTEET

Heraeus-Electro-Nite. 1999. *QuiK-Tap Sondien pudotusjärjestelmä käyttö-, asennus- ja toimintaohjekirja* numero 98/279-v.2.00

Metallinjalostajat ry. 2014, *Teräskirja*, 9.painos., Bookwell oy. Saatavissa: [https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja\\_flip/mobile/index.html#p=38](https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/mobile/index.html#p=38). Viitattu 21.9.2022.

Mourujärvi, M. 2022. Haastattelu. *sähköasentajien tehtävät manipulaattorin huoltotyössä*.

Ruuska, J. Leiviskä, K. 2004. *LD-KG-konvertterin lämpötila- ja lisäainemallit*. Saatavissa: <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn951-42-7547-0>. Viitattu 21.9.2022.

Siemens 2022a. *Simatic S7-1200*. Saatavissa: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/plc/s7-1200.html>. Viitattu 14.10.2022.

Siemens 2022b. *6ES7214-1HF40-0XB0*. Saatavissa: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/555499?pdtdi=td&dl=en&lc=en-WW>. Viitattu 14.10.2022.

Siemens 2022c. *6AV2125-2JB23-0AX0*. Saatavissa: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/579082?pdtdi=pi&dl=en&lc=en-WW>. Viitattu 14.10.2022.

Siemens 2022d. *6ES7226-6DA32-0XB0*. Saatavissa: <https://support.industry.siemens.com/cs/pd/555484?pdtdi=td&dl=en&lc=en-WW>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2013. *SARA-turvallisuusriskienhallinta yleisohje*. Saatavissa: [http://firaatuit02.rrsteel.net/sara/tiedostot/ohjeet/1\\_Ohje\\_yleinen.pdf](http://firaatuit02.rrsteel.net/sara/tiedostot/ohjeet/1_Ohje_yleinen.pdf). Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2017. *Toiminnallinen turvallisuus, turvallisuuteen liittyvä ohjausjärjestelmä ja koneen sähkölaitteet*. Saatavissa: <http://firaatuit02.rrsteel.net/sara/tiedostot/ohjeet/M%C3%A4%C3%A4r%C3%A4ys%20ja%20standardi%20luettelo.pdf>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022a. *SSAB lyhyesti*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022b. *SSAB Special Steels*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-special-steels>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022c. *SSAB Europe*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-europe>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022e. *SSAB Americas*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ssab-americas>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022d. *Tibnor*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/tibnor>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022e. *Ruukki Construction*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/liiketoiminta/ruukki-construction>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022f. *SSAB:n Raahen tehdas*. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe>. Viitattu 14.10.2022.

SSAB 2022g. *SSAB TLJ ohje*. Saatavissa: <https://files.ssab.com/SSABLink/document/BBE528E7-AD6A-436D-A840-74D822B1EDCB/0FF66745-9836-4D07-980B-32FFD314A072>. Viitattu 14.10.2022.