

Emma Helakari

**KOKSIN SAMMUTUSVAUNUN SÄHKÖISTYKSEN JA  
AUTOMAATION ESISUUNNITTELU**

# **KOKSIN SAMMUTUSVAUNUN SÄHKÖISTYKSEN JA AUTOMAATION ESISUUNNITTELU**

Emma Helakari  
Opinnäytetyö  
Kevät 2014  
Automaatiotekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma

---

Tekijä: Emma Helakari  
Opinnäytetyön nimi: Koxsin sammutusvaunun sähköistyksen ja automaation esisuunnittelu  
Työn ohjaaja: Heikki Kurki  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014 Sivumäärä: 71 + 3 liitettä

---

Tämä opinnäytetyö liittyy automaattitoimisen koksinsammutusvaunun esisuunnitteluun. Työ tehtiin Siemens Osakeyhtiön metalliteknologiaosastolle. Työn tavoitteena oli selvittää automaattisesti toimivan koksinsammutusvaunun sähköistyksen ja automaation tarpeet ja tehdä niihin perustuen sähköistyksen ja automaation esisuunnittelu.

Sähköistyksen esisuunnittelussa eriteltiin vaihtoehtoja sähkökäytön ja sen tehonsyötön toteutukseen ja huomioon otettiin myös DC-käytön mahdollisuus. Instrumentoinnissa selvitettiin mitä instrumentteja vaunu tarvitsee kyetäkseen toimimaan prosessin edellyttämällä tavalla. Lisäksi selvitettiin vaunun tiedonsiirron toteutuksen vaihtoehtoja. Myös logiikalle määritettiin alustava kokoonpano. Opinnäytetyössä luotiin myös katsaus siihen, mitä turvallisuusvaatimuksia automaattisesti toimivalle laitteelle on ja miten ne tulee ottaa huomioon.

Työn lopputuloksena on dokumentti, jossa on esitetty opinnäytetyöhön kuuluvat osa-alueet.

---

Asiasanat: Koksamo, sähköistys, instrumentointi, automatisointi.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree programme in automation engineering

---

Author: Emma Helakari

Title of thesis: Preliminary Planning of the Coke Quenching Car EIA

Supervisor: Heikki Kurki

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014 Pages: 71 + 3  
appendices

---

The thesis was made during spring 2014. The thesis was made for Siemens Finland. It was planned to release an unmanned coke quenching car onto the market. The thesis concentrated on defining the basic solutions of the electrification, automation and instrumentation of the unmanned coke quenching car. In addition, the safety features that needed to be taken into account when implementing the project were gone through.

The aim was to create a basic engineering concept that would be easily customised for different customers. The design concentrated on wet quenching car, but is applicable also for dry quenching car.

As a result basic engineering document was made. It will be used in future designs when the realisation of the car starts.

---

Keywords: Coking plant, electrification, instrumentation, automation.

## **ALKULAUSE**

Haluan kiittää Siemensin Metal Technologies -yksikköä mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyöstä. Erityisesti haluan kiittää kehityspäällikkö Olaus Ritamäkeä kannustavasta ohjauksesta. Kiitän myös Oulun toimiston työntekijöitä saamastani avusta työn aikana.

Kiitän lisäksi perhettäni opiskelujen aikana saamastani tuesta.

Oulussa 9.5.2014

Emma Helakari

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	9
1 JOHDANTO	11
1.1 Työn lähtökohdat	11
1.2 Koksin valmistus	11
1.3 Koksamo	12
1.4 Koksin sammutus	13
2 KOKSIN SAMMUTUSVAUNUN PERUSTOIMINNOT	14
2.1 Koksiastian täyttö	14
2.2 Ajo kuivausasemalle	14
2.3 Paluu uunille kuivauksen jälkeen	14
3 TEKNINEN KOKOONPANO	16
3.1 Käyttövalmis-vaihtoehto	16
3.2 Asennus käyttöpaikalla -vaihtoehto	16
3.3 Ympäristöolosuhteiden aiheuttamat vaatimukset	16
4 SÄHKÖISTYS	18
4.1 Vaunun liityntä sähköverkkoon	18
4.1.1 Kiskoliityntä	18
4.1.2 Moottoroitu kaapelirumpuliityntä	20
4.2 Sähkökäytöt	22
4.2.1 Moottorin kokoluokan määrittäminen	23
4.2.2 Taajuusmuuttajakäyttö	28
4.2.3 DC-käyttö	33
5 INSTRUMENTOINTI	35
5.1 Vaunuun tulevat toiminnot	35

5.1.1 Punnitus	35
5.1.2 Paikannus	36
5.1.3 Paikannukseen liittyvät anturit	38
5.1.4 Vaunun lämpötilan mittaus	38
5.1.5 Lämpötilan säätö	39
5.1.6 Sivuoven avausmekanismi	42
5.1.7 Vaunun käsiajo	45
6 TURVALLISUUS JA SIIHEN LIITTYVÄ INSTRUMENTOINTI	47
6.1 Euroopan unionin asettamat turvallisuusvaatimukset	47
6.2 Yleistä turvallisuusvaatimuksista	47
6.3 Riskin arviointi	48
6.4 Varoituslaitteet	50
6.5 Mekaaniset rajakytkimet	50
6.6 Vaunun aitaamiseen liittyvät instrumentit	50
6.6.1 Ovien valvonta	51
6.6.2 Läsnäolon tunnistus	51
6.6.3 Vaunun valvonta	55
6.6.4 Ihmisen ja koneen törmäämisen estävät laitteet	56
6.7 Hätäpysäytin	56
7 AUTOMAATIO	58
7.1 Ohjelmoitava logiikka	59
7.2 Järjestelmään liityntä	62
7.2.1 Tiedonsiirto	63
7.2.2 HMI-liityntä	66
7.3 Sammutusvaunun sovellus	67
8 POHDINTA	68
8.1 Työn lopputulos	68
8.2 Jatkotoimenpiteet	69
LÄHTEET	71
LIITTEET	
Liite 1 S7-300 konfigurointi, alustava	

Liite 2 ET-200 konfigurointi, alustava

Liite 3 IO-lista, alustava

## SANASTO

AC	Alternating Current, vaihtosähkö
CPU	Control Processing Unit, logiikan keskusyksikkö
DC	Direct Current, tasasähkö
ETA	Euroopan talousalue
EU	Euroopan unioni
Failsafe	Turvatekninen versio Siemensin logiikoissa
HF	High Frequency, taajuusalue, 3–30 MHz
HMI	Human Machine Interface, käyttäjäliityntä
IMT	Industry Metal Technology
IWLAN	Industrial wireless local area network, teollisuuden tarpeisiin kehitetty langaton verkkotekniikka.
PIR	Passiivinen ultraäänianturi
Profibus	Process Field Bus, avoin kenttäväyläjärjestelmä
Profinet	Process Field Network, teollisuus-Ethernet-standardi, jossa aikakriittiset toiminnot on tehty mahdollisiksi reaaliaikaisilla protokollalisäyksillä.
Profisafe	Process Field Safety
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuinen etälu- kumenetelmä

RS-232	Kahden tietokonelaitteen väliseen tietoliikenteeseen tarkoitettu tietoliikenneportti.
RS-422	Samankaltainen kuin RS-485-liityntää, mutta RS-422-väylässä voi olla vain yksi lähetin kummankin suuntaisessa väylässä.
RS-485	Differentiaalinen sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti. Liikennöinti toimii vuorosuuntaisesti. RS-485 sisältää 32 lähetintä ja vastaanotinta
SIL3	Safety Integrity Level 3, turvallisuustaso
Siplus	Tuoteperhe Siemensin komponenteille laajemmalla tärinän, lämpötilan tms. kestävyydellä
STEP7	Siemensin logiikan ohjelmointiohjelma
UHF	Ultra High Frequency, taajuusalue, 890–960 MHz
WLAN	Wireless local area network, langaton lähiverkkotekniikka

# 1 JOHDANTO

Tässä luvussa esittelen lähtökohtia automaattisen koksen sammutusvaunun toteutukseen. Sammutusvaunuja käytetään metalliteollisuudessa koksen valmistuksen yhteydessä.

## 1.1 Työn lähtökohdat

Toimeksiantajana oli Siemens Osakeyhtiön Metal Technologies (I MT) -yksikkö, jonka tavoitteena on kehittää täysin automatisoitu koksen sammutusvaunu. Kehittämisessä on mukana myös Linzin I MT -osasto, jolla on kokemusta metalliteollisuuden siirtovaunuista toimittamiensa senkkavaunujen ansiosta. Linzin osasto osallistui projektiin tekemällä vaunun mekaanisen suunnittelun. Koska Siemensin Metal Technologies -yksikkö on kansainvälinen toimija, tehdään Siemensille työstä englanninkielinen versio.

Työssä käytiin läpi sähköistyksen, instrumentoinnin ja automaation toteutustavat siten, että tulevaisuudessa voidaan asiakkaiden kanssa valita heidän käyttöönsä sopivimmat vaihtoehdot. Huomioon oli otettava myös vaunun mahdolliset toimintaympäristöt niiden aiheuttamien vaatimuksineen, sillä tavoitteena on myydä vaunua eri puolille maailmaa.

Laitteiden valinnassa keskityttiin Siemensin tuotteisiin, vaikka myös muilta laitetoimittajilta olisi löytynyt lähes vastaavia tuotteita. Tämä otettiin lähtökohdaksi toimeksiantajan toiveesta. Mikäli Siemensiltä ei tarpeisiin soveltuvaa laitetta löydetty, otettiin muutkin toimittajat huomioon.

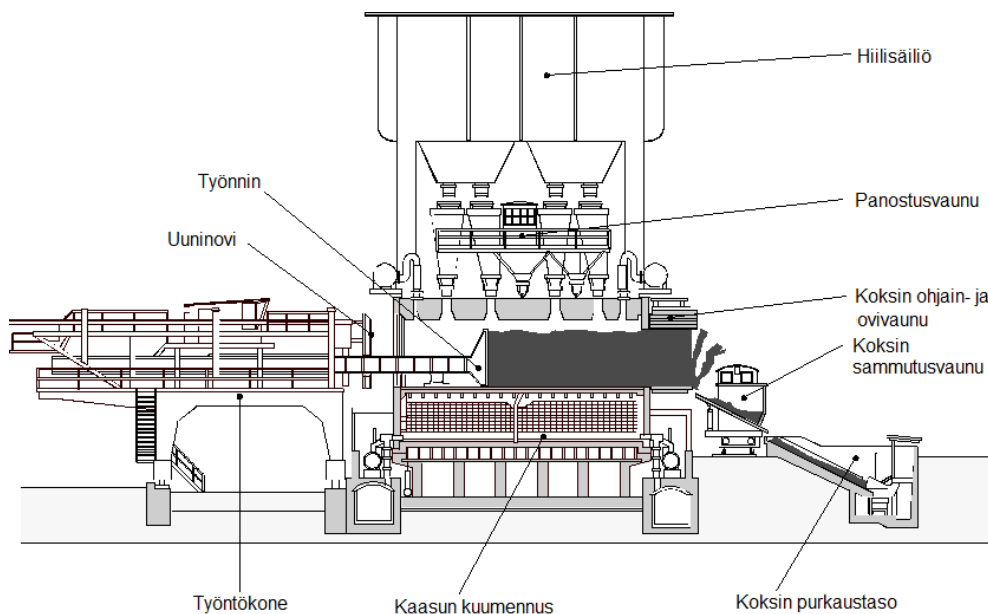
## 1.2 Koksen valmistus

Koksi on malmipohjaisen teräksen valmistuksen tärkeimpiä pelkistysaineita. Koksi valmistetaan kivihielestä, joka kuumennetaan 900–1200 °C:n lämpötilaan hapettomassa uunissa. Tämä käsittely tislaa haihtuvat aineet hielestä ja kovettaa koksen kiinteäksi ja lujaksi. Koksen valmistukseen käytettävän hiilen

laadun on oltava sopiva ja vaaditut ominaisuudet saadaan käyttämällä useiden hiililajien seosta. (1, s. 22.) Yhden koksitonnin tuottamiseen tarvitaan n. 1500 kg kivihiiltä (2).

### 1.3 Koksamo

Koksaamalla on, koosta riippuen, uuneja useista kymmenistä satoihin. Ne muodostavat pattereita. Uunit täytetään ja tyhjenetään eriaikaisesti tietyn sekvenssin mukaan. Näin koksia saadaan jatkuvasti huolimatta pitkästä koksausajasta, joka on 14–20 tuntia. Uunipatterin ympärillä on useita koneita, joita tarvitaan hiilen uuniin panostuksessa ja koksien purkamisessa. (1, s. 22.) Kuvassa 1 on layout-piirros tyypillisestä koksiuunista ja kuvasta näkee myös koksaamon koneet.



*KUVA 1. Yleiskuva tyypillisestä koksiuunista (3)*

#### **1.4 Koksen sammutus**

Koksen sammutukseen on olemassa kaksi erilaista menetelmää, jotka ovat märkäsammutus ja kuivasammutus. Märkäsammutus on halvemmän hintansa vuoksi käytetympi vaihtoehto. (4; 1, s. 22.)

Märkäsammutuksessa sammutus tapahtuu vedellä. Sammutusvaunu liikkuu lastauksesta sammutustorniin, jossa vesi sammuttaa koksen yleensä ylhäältä päin tulevana suihkuna, mutta nykyään se myös saatetaan johtaa vaunussa olevia putkia pitkin koksiastiaan alakautta. Menetelmien yhdistäminen on myös mahdollista. (4.)

Kuivasammutuksessa vaunu vie koksikuupan nostinlaitteelle, joka nostaa sen sammutustornin yläpäähän. Kuuma koksi pudotetaan sitten sammutustornin läpi, jossa se sammutetaan typpikaasulla. (4.)

## **2 KOKSIN SAMMUTUSVAUNUN PERUSTOIMINNOT**

Koksin sammutusvaunu kuljettaa koksin uunipatterilta sammutusasemalle. Sammutuksen jälkeen lasti puretaan, minkä jälkeen vaunu palaa takaisin, seuraavalle uunille hakemaan uuden lastin. Vaunu toimii sekvenssillä, jonka nopeuden määrittää uunien purkutahti.

### **2.1 Koksiastian täyttö**

Sammutusvaunun koksiastian täyttö alkaa järjestelmän saatua tiedon, että vaunu on oikealla uunilla ja koksi on valmis purettavaksi eli työnnettäväksi. Työntökone työntää uunista kuuman koksin ohjainvaunun läpi sammutusvaunulle. Sammutustavan mukaan, vaunu joko odottaa paikallaan, kunnes uunin tyhjennys on valmis ja koksi astiassa, tai liikkuu eteenpäin työntövaunun liikkeen mukaan tasaisen koksikerroksen saamiseksi. Ensimmäinen vaihtoehto on käytössä, kun sammutus tapahtuu kuivasammutuksella, toinen taas, kun käytössä on märkäsammutus. (4.)

### **2.2 Ajo kuivausasemalle**

Kun vaunu on saanut tiedon uunin tyhjennyksen päättymisestä, se ajaa sammutusasemalle. Märkäsammutuksessa vaunu ajetaan aseman sisälle, jossa vesisammutus tehdään vaunun ylä- tai alapuolelta tai molemmista suunnista yhtäaikaisesti. Kuivasammutuksessa vaunu ajetaan hissinnostimelle, jolla koksiastia nostetaan ja viedään sammutukseen. Noston jälkeen vaunu siirtyy viereiselle hissinnostimelle, jossa odottamassa ollut tyhjä astia lasketaan sen päälle. (4.)

### **2.3 Paluu uunille kuivauksen jälkeen**

Kuivasammutusvaunu voi seuraavaksi palata uunipatterille. Märkäsammutusvaunu lähtee myös palaamaan uunipatterille. Sillä on kuitenkin ennen seuraavalle uunille siirtymistä ohjelmassa koksin purku. Vaunu ajetaan

ennalta määritetylle paikalle, purkuliuskan vierelle, jossa sen sivussa oleva luukku avautuu ja sammutettu koksi valuu liuskalle ja siitä kuljettimelle. Tyhjennyksen jälkeen ovi suljetaan ja vaunu jatkaa uunille. Uunipatterilla vaunut asettuvat sen uunin eteen, jonka järjestelmä kertoo seuraavaksi olevan tyhjennysvuorossa. (4.)

## **3 TEKINEN KOKOONPANO**

Siemensin tuotekehityksen päämääränä on pystyä tarjoamaan asiakkaille kahta eri vaihtoehtoa vaunun kokoonpanoksi. Toinen vaihtoehtoista on käyttövalmisvaihtoehto ja toinen asennus käyttöpaikalla -vaihtoehto. Kumpikin on toiminnaltaan samanlainen, ainoastaan kokoonpano muuttuu. Asennus käyttöpaikalla -vaihtoehto pidentää asennusaikaa ja voi siten vaikuttaa tuotantoon.

### **3.1 Käyttövalmis-vaihtoehto**

Vaunun tilaus käyttövalmiina tarkoittaa kokoonpanoa, jossa vaunun sähkölaitteet ja automaatio sijaitsevat vaunussa olevassa sähkö- ja automaatiotilassa. Vaihtoehto nopeuttaa käyttöönottoa sekä lyhentää tarvittavaa seisokkiaikaa, sillä asennustöiden tarve käyttöpaikalla vähenee ja vaunu voidaan toimittaa valmiiksi kasattuna.

Vaihtoehdossa käyttöpaikalla tehtäväksi jää kuitenkin koneturvallisuuden edellyttämä aitaus, joka erottaa vaunun liikennöintialueen muusta ympäristöstä, sekä tehonsyötön vaatimat asennukset.

### **3.2 Asennus käyttöpaikalla -vaihtoehto**

Asennus käyttöpaikalla -vaihtoehdossa ohjaukseen ja syöttöön liittyvät laitteet, kuten logiikat ja taajuusmuuttajat, asennetaan vaunun ulkopuolella sijaitseviin sähkö- ja automaatiotiloihin tai kaappeihin. Tämä vaihtoehto vaatii enemmän kaapelointia sekä asennustyötä käyttöpaikalla ja hidastaa täten käyttöönottoa.

### **3.3 Ympäristöolosuhteiden aiheuttamat vaatimukset**

Vaunun käyttöpaikka on aina ulkona ja sääolosuhteet on suunnittelussa otettava huomioon. Lämpötila voi vaihdella välillä  $-40$ – $+50$  °C, eli laitteiden tulee kestää sekä pakkasta että lämpöä. Talviset olosuhteet, kuten lumi ja jää,

eivät myöskään saa aiheuttaa ongelmia vaunun toiminnalle. Lisäksi tehdasympäristössä ilmassa leijuva pöly ja muut epäpuhtaudet tulee ottaa huomioon. Ne vaikuttavat mm. laser- ja valosähköisiin toimilaitteisiin aiheuttaen häiriöitä. Sammutus itsessään saattaa aiheuttaa toimilaitteille ongelmia esimerkiksi märkäsammutuksen aiheuttaman höyryn vuoksi, joka saattaa syövyttää laitteita. Kuvasta 2 voidaan nähdä, mitä tutkan pinnoille on tapahtunut kolmen vuoden aikana sen oltua märkäsammutuspaikan välittömässä läheisyydessä.



*KUVA 2. Esimerkki ympäristöolosuhteiden vaikutuksesta*

Sammutusvaunun liikkuminen tulee myös ottaa huomioon. Se voi aiheuttaa ongelmia komponenteille, jos niitä ei ole suunniteltu kestävään tärinää.

## **4 SÄHKÖISTYS**

Sammutusvaunun sähköistyksen suunnittelussa otettiin huomioon erilaiset kokoonpanovaihtoehdot sekä niiden vaikutus sähköistykseen ja laitevalintoihin. Myös DC-käytön mahdollisuus otettiin huomioon. Vaunun ajomoottorille tehtiin suuntaa antava mitoitus. Lopullinen toteutus riippuu asiakkaan toiveista sekä olemassa olevan vanhan vaunun toteutuksesta.

### **4.1 Vaunun liityntä sähköverkkoon**

Sähköverkkoon liittymiseen on käytettävissä kaksi tapaa: kiskoliityntä tai kaapelirummulla toteutettava kaapeliliityntä. Valinta näiden väliltä tehdään asiakkaan kanssa yhteistyössä vanhaa liityntää mahdollisuuksien mukaan hyväksikäyttäen. Todennäköisempi vaihtoehto liitynnälle on kuitenkin kiskoliityntä, sillä se on helpompi toteuttaa.

#### **4.1.1 Kiskoliityntä**

Kiskoliityntää käytetään sähkön siirtoon liikkumattomasta syötöstä liikkuvalla kohteella. Siinä virtakiskot asennetaan radan vierelle. Vaunuun asennettavat virranottimet johtavat sähkön vaunun käytöille. Esimerkki tällaisesta nähdään kuvasta 3, joka on otettu erään Siemensin asiakkaan koksaamolta Intiasta. Euroopassa voimassa olevien turvallisuusvaatimusten vuoksi kuvan kiskojen kaltaiset suojaamattomat kiskot eivät tule kysymykseen. Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan kiskojen tulee olla kosketussuojatut vähintään luokan IP 2X vaatimusten mukaisesti (5. s. 128).



*KUVA 3. Kiskoliityntä vaunulle, esimerkki Intiasta (kuva: Siemens)*

Kiskokäytön etuja ovat helppo toteutus modulaarisen rakenteen ansiosta sekä mahdollisuus rakentaa virransyöttökiskosto toimintapaikalla valmiiksi ennen vaunun saapumista. Kiskot ovat helposti käytettävissä korkeammillakin nopeuksilla aina 600 m/min:iin asti. Vaunun liittäminen syöttöön on yksinkertaista, sillä kytkentä tapahtuu virranottimien avulla. Tämä helpottaa myös vaunun vaihtoa. Nykyiset kiskot (kuva 4) ovat kosketussuojattuja, asennustavan mukaan, IP 21:stä IP23:een. (6, s. 6–7.)



*KUVA 4. Nykyaikainen, kosketussuojattu kisko (7, linkit Product Groups -> Conductor Rails)*

Johdinkiskojärjestelmän suunnittelussa tulee ottaa huomioon muun muassa käyttöympäristön lämpötila sekä asennuksen vaatimat turvaetäisyydet. Virtakuormitettavuus luokitus tehdään standardin mukaan 35 °C:n lämpötilassa. Korkeammassa lämpötilassa kuormitettavuus laskee. Alempi lämpötila puolestaan tarkoittaa kuormitettavuuden lisäystä, kuten taulukosta 1 voidaan huomata. (6, s. 6-7.)

*TAULUKKO 1. Kiskojen virtakuormitettavuus valmistajan esitteestä (6, s. 6)*

Johdinkiskot	Alumiini teräksisellä liitosholkilla			Kupari		
	081313	081314	081319	081315	081316	081317
Kuormitusvirta [A] 100 %:n hyötyaika, 35 °C	500	800	1000	500	800	1250
Kuormitusvirta [A] 60 %:n hyötyaika, 20 °C	510	810	1050	520	880	1400

Turvaetäisyyksien huomioon ottamisella pyritään estämään puristuminen. Liikkuvan ja kiinteän puolen väliin tulee jäädä ainakin 0,5 metriä tai vaihtoehtoisesti turvallisuus varmistetaan muilla tavoin. Lisäksi sammutusvaunun sijainti ulkona aiheuttaa lisätoimenpiteitä kiskojen suojaukselle. Sääolosuhteet tulee ottaa huomioon ja muun muassa jään muodostuminen kiskojen pinnalle on estettävä esimerkiksi kiskoihin asennettavilla lämmittimillä. (6, s. 7).

#### **4.1.2 Moottoroitu kaapelirumpuliityntä**

Moottoroitua kaapelirumpua (kuva 5) käytetään myös laajalti liikkuvien kulkuneuvojen sähköistykseen. Rumpu asennetaan joko liikkuvaan kulkuneuvoon tai sen ulkopuolelle, yleensä radan päähän. Sen moottori synkronoidaan vaunun liikkeisiin jotta vaunu liikkuu ongelmitta radalla.

Sammutusvaunulla asennuspaikaksi olisi suositeltavaa valita jälkimmäinen vaihtoehto eli sijoitus radan varrelle, sillä rumpu on siellä helpommin

suojattavissa. Tällöin vältetään myös rummun palamisen mahdollisuus, mikä olisi mahdollista, jos sijoituspaikaksi valittaisiin vaunu ja kuumaa koksia pääsisi purkuvaiheessa rummulle. Sammutusvaunun radan pituus aiheuttaa sen, että rummun sijoitusta muualle kuin radan päähän tulee harkita. Sijoitus radan puoleenväliin lyhentää vaadittavaa kaapelin pituutta puoleen, pienentää rummun kokoa sekä pienentää rummulle tulevan moottorin momenttivaatimusta.

Kaapelirumpu on toteutettava moottoroituna siltä vaaditun kelaustehon vuoksi. Kaapelirummun moottorin ohjaus on siis myös huomioitava, sillä sammutusvaunun toimintasekvenssi sisältää kiihdytyksiä ja jarrutuksia. Rummun on toimittava samanaikaisesti ja samalla nopeudella vaunun kanssa, jotta kaapelille ei aiheudu ylimääräistä mekaanista rasitusta. Kaapelirummulla voidaan päästä jopa 600 m/min nopeuksiin. (8, s. 5). Sammutusvaunusovellus on siis hyvinkin toteutettavissa sen vauhdin ollessa maksimissaan noin 100 m/min.



*KUVA 5. Kaapelirumpu, esimerkki (7, linkit Product Groups -> Motor Driven Reels)*

Kaapelirumpua käytettäessä vaunun vaihto ei ole yhtä helppoa kuin käytettäessä virtakiskoja. Ellei kumpaakin vaunua varusteta omalla rummulla, tulee joka vaihdon yhteydessä kytkeä rumpukaapeli toiseen vaunuun, mikä aiheuttaa ylimääräistä työtä sekä pidemmän katkon tuotantoon. Mikäli kummallekin toteutetaan oma rumpu, sijoituspaikkaa joudutaan harkitsemaan uudelleen, jotta vaunujen kaapelit eivät vaikeuttaisi toistensa toimintaa. Kaapelin kulkutelineet ovat helpommin asennettavissa uunipatterin puoleiselle vaunun sivulle. Lisäksi toisella puolella oleva purkupaikka ainakin märkäsammutuksessa aiheuttaa ongelmia.

Kaapeliksi tulee valita erikoiskaapeli, joka kestää jatkuvat taivutukset sekä lämmönvaihtelut. Rumpuvalmistajilta löytyy yleensä myös sopivat kaapelit käytöille (8, s. 22). Lisäksi kaapelin kestävyys tulee varmistaa suojaamalla kaapeli koksilta, jotta se ei pääse aiheuttamaan eristeaurioita tai jopa polttamaan kaapelia poikki. Suojaus voidaan toteuttaa esimerkiksi tekemällä kaapelin telineiden päälle suojakatos.

## **4.2 Sähkökäytöt**

Teknisesti sähkökäyttö tarkoittaa työkoneen tai kuljetusvälineen käyttöä, jossa sähkömoottori muuttaa sähkötehoa mekaaniseksi tehoksi ja työkone edelleen hyötytehoksi. Sähkökäyttö siis tuottaa tarvittavan liike-energian vaunulle. Sammutusvaunun hitausmassa on suuri, joten käytön mitoitus perustuu kiihdytyksen ja jarrutuksen vaatimaan vääntömomenttiin. Vaunun käyttö on niin sanottu nelikvadranttikäyttö, joka tarkoittaa sitä, että vaunulla pystytään jarruttamaan sekä vaihtamaan suuntaa, eli vääntömomentin ja nopeuden suunta vaihtuvat. (9, s. 20; 10, s. 65; 11, s. 5.)

Koska vaunu tulee pystyä toimittamaan sekä AC- että DC -käytöllä, kumpikin vaihtoehto on käsitelty tässä luvussa. Sammutusvaunusta ei ole tässä suunnittelun vaiheessa olemassa vielä tarkkoja arvoja. Mitoitusarvot ovat aina tapauskohtaisia. Laskelmissa käytetyille lähtötiedoille on arvioitu suuruusluokka. Tarkempi mitoitus tehdään oikeilla arvoilla.

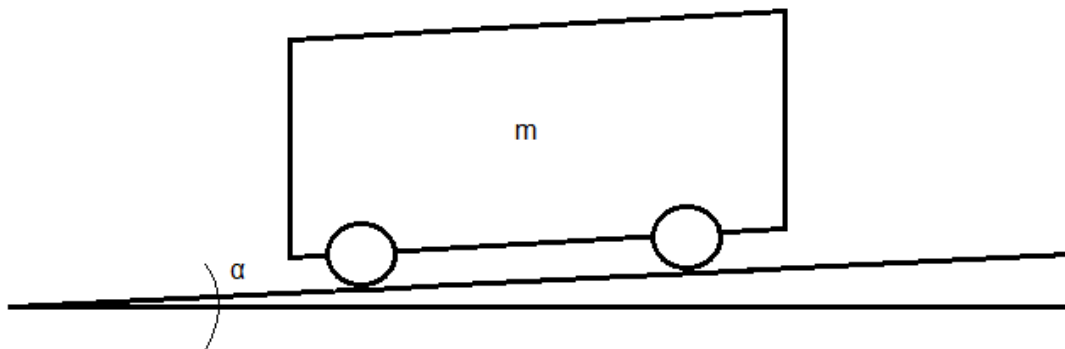
#### **4.2.1 Moottorin kokoluokan määrittäminen**

Moottorin koko määräytyy tarvittavan vääntömomentin mukaan (10, s. 7). Sen todellinen tarve määritetään yksilöllisesti asiakaskohtaisesti, kun vaunun ja sen käyttöympäristön tiedot saadaan asiakkaalta. Tässä moottorin kokoluokka on määritetty arvioituilla lähtöarvoilla.

Moottorin valinnassa tulee tehon ja vääntömomentin lisäksi kiinnittää huomiota moottorin käyttölämpötila-arvoihin, lämpenemään sekä käyttöjännitteeseen. Lisäksi käytettäessä vaihteistoa tulee sen aiheuttamat lisähäviöt ottaa mitoituksessa huomioon. Myös taajuusmuuttajan käyttö asettaa moottorille vaatimuksia. (10, s. 7.)

Sammutusvaunun moottorin mitoituksessa tulee ottaa huomioon vaunun kokonaisuudessa, jonka liikuttaminen aiheuttaa suurimman voitettavan kuormituksen moottorille. Massan lisäksi tulee kuitenkin ottaa huomioon myös radan kaltevuus, joka aiheuttaa nousuvastuksen vaunulle ja alas päin menessä vastaavasti mahdollisen jarrutuksen tarpeen. Myös pyörien laakereiden kitkan aiheuttamat vastusvoimat otetaan huomioon.

Pelkkien kuorman ja muiden vastustavien momenttien laskenta ei kuitenkaan riitä, vaan tulee myös ottaa huomioon moottorin käyttötapa ja tuuletuksen toteutus. Vaunun toiminnan mukaan moottorin käyttötapa voidaan määrittää joko S 5:ksi tai S 7:ksi. S 5 -käyttötapa tarkoittaa jaksollista käynnistys- ja jarrutuskäyttöä. S 7 -käyttötapa taas tarkoittaa keskeytymätöntä käynnistys- ja jarrutuskäyttöä (9, s. 226).



KUVA 6. Vaunun nousukulma

**Moottorin mitoitus esimerkki arvioituilla lähtötiedoilla**

Lähtötiedot ja -oletukset:

Nousukulma  $\alpha = 0,5^\circ$  (kuva 6)

Kiihdytysaika  $t = 7$  s

Loppunopeus  $v = 100$  m/min, eli 1,66 m/s

Vaunun massa  $m = 80$  t lastattuna

Renkaan halkaisija  $d = 0,6$  m, eli  $r = 0,3$  m

Liikkeen vastusvakio  $C = 0,01$ , sisältää vierintävastuksen jolle Engineering Toolboxista arvo 0,005 (12, Dirty tram rails) sekä samanarvoiseksi arvioidun laakereiden ja ilman vastuksen.

Vaihteiston välitys  $i = 1/18$

Vetäviä pyöriä 4 kpl

Lähtötiedoilla voidaan moottorinmitoitus tehdä seuraavin laskuin. Apuna käytettiin ABB:n teknistä opasta (13):

Kaavasta 1 voidaan ratkaista vaunun pyörän pyörimisnopeudeksi 53 rpm.

$$n_{\text{pyörä}} = \frac{v}{2\pi r},$$

KAAVA 1

missä

$n_{pyörä}$  = vaunun pyörän pyörimisnopeus,

$v$  = vaunun nopeus,

$r$  = vaunun renkaan säde.

Seuraavaksi kaavasta 2 saadaan moottorin pyörimisnopeudeksi 954 rpm.

$$n_{moottori} = n_{pyörä} \times \frac{i}{1}, \quad \text{KAAVA 2}$$

missä

$n_{moottori}$  = moottorin pyörimisnopeus,

$n_{pyörä}$  = vaunun pyörän pyörimisnopeus,

$i$  = vaihteiston välitys.

Kaavasta 3 saadaan vaunun kiihtyvyydeksi 0,24 m/s<sup>2</sup>.

$$a = \frac{v}{t}, \quad \text{KAAVA 3}$$

missä

$a$  = vaunun kiihtyvyys,

$v$  = vaunun nopeus,

$t$  = kiihdytysaika.

Kaavasta 4 saadaan kiihdytyksen aiheuttama voiman tarve, 19 kN.

$$F_{kiihdytys} = ma, \quad \text{KAAVA 4}$$

missä

$F_{kiihdytys}$  = kiihdytyksen aiheuttama voiman tarve,

$m$  = vaunun massa,

$a$  = kiihtyvyys.

Kaavasta 5 saadaan nousukulman aiheuttamaksi voiman tarpeeksi 7 kN.

$$F_{\alpha} = mgsin\alpha,$$

KAAVA 5

missä

$F_{\alpha}$  = vaunun nousukulman aiheuttama voiman tarve,

$m$  = vaunun massa,

$g$  = normaaliputoamiskiihtyvyys,  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,

$\alpha$  = vaunun nousukulma.

Kaavasta 6 saadaan vastuksen aiheuttama voiman tapeeksi 8 kN

$$F_{vastus} = mgC,$$

KAAVA 6

missä

$F_{vastus}$  = vastuskomponentin aiheuttama voiman tarve,

$m$  = vaunun massa,

$g$  = normaaliputomiskiihtyvyys,  $9,81 \text{ m/s}^2$ ,

$C$  = liikkeen vastusvakio.

Kokonaisvoiman tarve, 34 kN, saadaan laskemalla yhteen kaavojen 4, 5 ja 6 tulokset.

$$F_{kok} = F_{kiihdytys} + F_{\alpha} + F_{vastus},$$

KAAVA 7

missä

$F_{kok}$  = kokonaisvoiman tarve,

$F_{kiihdytys}$  = kiihdytyksen aiheuttama voiman tarve,

$F_{\alpha}$  = nousukulman aiheuttama voiman tarve,

$F_{vastus}$  = vastusvakion aiheuttama voiman tarve.

Kaavasta 8 lasketaan vääntömomentiksi 10 kNm.

$$M = F_{kok} r,$$

KAAVA 8

missä

$M$  = kokonaisvääntömomentti,

$F_{kok}$  = kokonaisvoima,

$r$  = vaunun renkaan halkaisija.

Kaavalla 9 jaetaan vääntömomentti vetävien pyörien kesken ja saadaan vääntömomentiksi pyörää kohden 2,5 kNm.

$$M_{pyörä} = \frac{M}{4},$$

KAAVA 9

missä

$M_{pyörä}$  = pyörän vääntömomentti,

$M$  = kokonaisvääntömomentti.

Kaavalla 10 saadaan moottorin akselille redusoiduksi vääntömomentiksi 140 Nm.

$$M_{moottori} = M_{pyörä} \times \frac{1}{i},$$

KAAVA 10

missä

$M_{moottori}$  = moottorin vääntömomentti,

$M_{pyörä}$  = pyörän vääntömomentti,

$i$  = vaihteiston välitys.

Kaavalla 11 saadaan moottorilta vaadituksi mekaaniseksi tehoksi 14 kW.

$$P = \frac{M_{moottori} \times n_{moottori}}{9550},$$

KAAVA 11

missä

$P$  = mekaaninen teho,

$M_{moottori}$  = moottorin vääntömomentti,

$n_{moottori}$  = moottorin pyöriminopeus.

14 kW:n moottoreita ei ole, vaan seuraava koko on 15 kW. Vaunu tarvitsee näillä arvoilla siis neljä 15 kW:n moottoreita, 1000 rpm:n pyörimisnopeudella. On huomattava, että vaihteiston häviöitä ei ole otettu laskelmassa huomioon. Tarkemmassa mitoituksessa vaihteiston hyötysuhteen huomioon ottaminen kasvattaa jonkin verran tarvittavaa moottoritehoa.

#### 4.2.2 Taajuusmuuttajakäyttö

Taajuusmuuttajalla kyetään säätämään portaattomasti moottorin pyörimisnopeutta ja momenttia. Taajuusmuuttajan valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat moottori, käyttöolosuhteet sekä verkkojännite. Kun käytettävä moottori on valittu, teknisistä tiedoista saadaan taajuusmuuttajan valintaan vaikuttavat nimellisvirta, -teho ja -momentti. Käyttöympäristön olosuhteet, kuten lämpötila sekä pölyisyys ja kosteus vaikuttavat koteloinnin määrittämiseen sekä tuuletuksen tarpeellisuuteen. Taajuusmuuttajan tehon tarve pystytään laskemaan neljällä tavalla riippuen saatavilla olevista moottorin tiedoista.

1. Moottorin ottaman virran  $I_m$  kautta.
2. Moottorin ottaman näennäistehon  $S_m$  ja taajuusmuuttajan antaman näennäistehon  $S_{vlt}$  perusteella.
3. Moottorin ottaman pätötehon  $P_m$  perusteella. Tämä vaihtoehto ei ole yhtä tarkka kuin edelliset, sillä moottorin  $\cos \varphi$  sekä hyötysuhde  $\eta$  muuttuvat kuormituksen vaihdellessa.
4. Taajuusmuuttajien koot noudattavat normaalisti epätahtimoottoreiden nimelliskokoja, joten valinta tehdään useasti suoraan moottorinkoon mukaan. Tämä johtaa yleensä taajuusmuuttajan ylimitoitukseen, varsinkin, jos moottori ei ole täysin kuormitettu. (14, s. 85–87.)

Virtojen perusteella valittaessa jännitetasolla ei ole merkitystä. Menetelmissä 2–4, joissa valinta tapahtuu tehon avulla, tulee varmistua, että laskelmien jännitteet ovat samat kuin teknisissä tiedoissa annetut. Taajuusmuuttajakäyttö

aiheuttaa moottorille ylimääräisiä virtapiikkejä, joten tulee varmistua moottorin sopivuudesta tälle käytölle. Lisäksi taajuusmuuttajille on olemassa valmistajakohtaiset vaatimukset moottorikaapeleiden pituudelle sekä johdinten poikkipinnalle. Kaapelin pidentyminen aiheuttaa lämmön kehittymistä taajuusmuuttajassa. Poikkipinnan kasvaminen taas aiheuttaa sallitun jatkuvan antovirran pienenemisen. Kaapeloinnissa tulee kiinnittää huomiota häiriösuojaukseen taajuusmuuttajan ja moottorin välisessä kaapelissa, sillä taajuusmuuttajat aiheuttavat häiriöitä lähtöjännitteeseen. (14, s. 99–100, 117.)

Taajuusmuuttajakäyttönä voidaan käyttää Siemensiltä esimerkiksi Sinamics-sarjan S120:tä. Sinamics S120 on modulaarinen taajuusmuuttaja, jolla on helppo toteuttaa myös monimoottorikäytöt. Yhdelle moottorille tulee asentaa pulssianturi, josta saadaan takaisinkytkentä nopeuden valvontaan. Sinamics S120:llä on erikokoisia mod4uleita erilaisiin käyttötarkoituksiin. Sammutusvaunun sovelluksessa voidaan tilantarve siis kohtuullistaa esimerkiksi valitsemalla Booksize Compact -formaatti (15, s. 3/8).

### **Kaikkien moottoreiden ohjaus samalla taajuusmuuttajalla**

Monimoottorikäytöllä tarkoitetaan sitä, että yhdellä taajuusmuuttajalla käytetään useampaa moottoria. Tämä on käyttökelpoinen tapa myös sammutusvaunulle. Mitoitus tapahtuu samalla tavalla kuin yhden moottorin mitoitus, moottoreiden tehot lasketaan yhteen ja valitaan taajuusmuuttaja, jonka nimellisteho on vähintään moottoreiden yhteenlasketun tehon suuruinen. Myös taajuusmuuttajan nimellisvirran on oltava vähintään moottoreiden yhteenlasketun virran suuruinen. Koska taajuusmuuttajan lähtövirta on tässä tapauksessa suurempi kuin yksittäisen moottorin nimellisvirta, tulee jokainen moottori suojata lämpöreleellä samoin kuin suorassa verkkoliitännässä. (14, s. 102.)

### **Taajuusmuuttajan jarrutus sähköisesti**

Kun vaunua halutaan jarruttaa, muuttuu moottori generaattoriksi, jolloin se syöttää tehoa taajuusmuuttajan välipiiriin nostaan sen jännitettä.

Taajuusmuuttajan komponentit kuitenkin kestävät vain tietyn tasoisen jännitteen. Liiallisen jännitteen nousun välttämiseksi jarrutusenergia on johdettava joko hyötyjarrutuksena takaisin verkkoon tai jarruvastuksiin, jossa energia muutetaan lämmöksi. (16, s. 83–84.)

Jarrutuksessa taajuusmuuttaja pienentää syöttämäänsä taajuuden ohjearvoa ja moottori pyörii tällöin synkroninopeuttaan nopeammin. Tällöin momentin suunta on vaihtunut vastakkaiseksi pyörimissuuntaan nähden ja moottori pyrkii hidastamaan pyörimisnopeuttaan eli jarruttamaan. Tämä aiheuttaa sen, että kone syöttää tehoa takaisin taajuusmuuttajalle. Teho tulee joko syöttää takaisin verkkoon tai ohjata jarruvastuksille, jotta välipiirin jännite ei pääse nousemaan liikaa. (14, s. 91–92.)

Verkkoonjarrutus ei ole vaunulle paras vaihtoehto ainakaan kiskokäytössä, sillä jännitesyötön häviäminen tai sähkökatko aiheuttavat jarrutuksen toimimattomuuden ja pienetkin säröt verkkovirrassa voivat aiheuttaa säröjä jännitteeseen ja taajuusmuuttajan hajoamisen. Verkkoon jarrutus on myös vastusjarrutusta kalliimpi vaihtoehto (11, s. 22).

Vastusjarrutuksessa koneelta tuleva teho ohjataan jarrukatkojen avulla jarruvastuksille, joissa se muuntuu lämpöenergiaksi. Vaunulle tämä käyttö sopii varsinkin kiskokäytössä, sillä jännitesäröt tai syötön katkeaminen eivät vaikuta jarrutukseen. Huonoina puolina voidaan pitää jarruvastusten tilan tarvetta sekä niistä aiheutuvaa lämmön nousua. (11, s. 15–16.)

### Jarrutusvastuksen tehon mitoitus

Jarruvastuksen tehonkestoisuustarpeen mitoitus arvioiduilla lähtöarvoilla (17, s. 9.)

Jarrutusaika  $t = 7$  s

Vaunun massa, lastattuna  $m = 80$  t

Vaunun nopeus  $v = 100$  m/min

Vaunun pyörän renkaan säde  $r = 0,3$  m

Aloituspöörimisnopeus  $n_{alku} = 0$  rpm

Kaavasta 2 saadaan pyörimisnopeuden loppunopeus  $n_{moottori} = 954$  rpm

Vaihteiston välitys  $i = 18$

Kaavalla 12 lasketaan vaunulle jarrutuksesta aiheutuva negatiivinen kiihtyvyys,  $-0,23$  m/s<sup>2</sup>.

$$a_{pysäytys} = \frac{v}{t},$$

KAAVA 12

missä

$a_{pysäytys}$  = jarrutuksen aiheuttama negatiivinen kiihtyvyys,

$v$  = vaunun nopeus jarrutuksen alkaessa,

$t$  = jarrutukseen kuluva aika.

Kaavalla 13 lasketaan pysäytykseen tarvittavaksi voimaksi 18,4 kN.

$$F = ma_{pysäytys},$$

KAAVA 13

missä

$F$  = pysäytykseen tarvittava voima,

$m$  = vaunun massa,

$a_{pysäytys}$  = jarrutuksen aiheuttama negatiivinen kiihtyvyys.

Kaavalla 14 lasketaan pysäytykseen tarvittavaksi vääntömomentiksi 5,5 kNm.

$$T = Fr, \quad \text{KAAVA 14}$$

missä

$T$  = pysäytykseen tarvittava kokonaisvääntömomentti,

$F$  = pysäytykseen tarvittava voima,

$r$  = vaunun pyörän säde.

Kaavalla 15 saadaan moottorille redusoidun vääntömomentin arvoksi 300 Nm.

$$T_{moot} = T \times \frac{1}{i}, \quad \text{KAAVA 15}$$

missä

$T_{moot}$  = moottorille redusoitu vääntömomentti,

$T$  = pysäytykseen tarvittava kokonaisvääntömomentti,

$i$  = vaihteiston välitys.

Kaavalla 16 saadaan jarrutusvastuksilta vaadituksi maksimitehonkestoisuudeksi 31 kW.

$$P_{maks} = \frac{T \times n_{moottori}}{9550}, \quad \text{KAAVA 16}$$

missä

$P_{maks}$  = vaadittu maksimitehon kestoisuus,

$T$  = pysäytykseen tarvittava kokonaisvääntömomentti,

$n_{moottori}$  = moottorin pyörimisnopeus.

Kaavalla 17 saadaan laskettua jarrutukseen tarvittavaksi keskimääräiseksi tehonkestoisuudeksi 15 kW.

$$P_{kesk} = \frac{T \times \frac{n_{min} + n_{moottori}}{2}}{9550}, \quad \text{KAAVA 17}$$

missä

$P_{kesk}$  = keskimääräinen tehonkestoisuus,

$T$  = pysäytykseen tarvittava kokonaisvääntömomentti,

$n_{min}$  = moottorin minimipyörimisnopeus,

$n_{moottori}$  = moottorin pyörimisnopeus.

Vastuksen tehonkeston tulee siis olla maksimitehon suuruinen ja myös kaapelit tulee mitoittaa tälle arvolle. Keskimääräistä tehoa käytetään jäähdytyksen tarpeen määrittämisessä. Näissä laskuissa ei ole otettu huomioon laakerivastuksia ym., jotka jo itsessään hidastavat vaunun vauhtia. (17, s. 9.)

Jarrutusmatkan pituudella voi olla merkitystä sammutusvaunun käytölle, joten on hyvä selvittää matkan pituus, sekä siihen vaikuttavat asiat. Kaavalla 18 voidaan laskea jarrutusmatka. Jarrutusmatkaksi saadaan aiemmin määritetyllä 7 s:n jarrutusajalla 5,6 m.

$$s = \frac{v}{2} \times t,$$

KAAVA 18

missä

$s$  = jarrutusmatka,

$v$  = nopeus,

$t$  = jarrutusaika.

Mikäli jarrutusmatkaa halutaan lyhentää, täytyy jarrutusaikaa lyhentää. Jarrutusajan lyhentäminen nostaa jarruvastuksilta vaadittua tehonkestoisuutta, kun energia pitää pystyä muuntamaan lämmöksi lyhyemmässä ajassa. Myös vaunun nopeuden laskeminen vaikuttaa lyhentävästi jarrutusmatkaan.

#### 4.2.3 DC-käyttö

Vaikka AC-käytöt ovat nykyään yleisempiä, tuli suunnittelussa ottaa huomioon DC-käytön mahdollisuus sen varalta, että asiakas sellaisen haluaa. Tasavirtakäyttöjä on ennen käytetty tarkkaa nopeudensäätöä vaativissa

kohteissa niiden helpon toteutuksen vuoksi, mutta nykyään AC-käytöt ovat korvanneet ne lähes kaikkialla taajuusmuuttajien kehityksen myötä.

DC-käytön etuina voidaan pitää tarkkaa ja nopeaa momentin säätöä ja hyvää nopeusvastetta. Huonoina puolina mainittakoon sen kalleus sekä säännöllinen huollon tarve, joka aiheutuu muun muassa hiiliharjojen ja kommutaattorien kulumisesta. (18, s. 7.)

Siemensiltä löytyy vaihtoehdot DC-moottorille sekä sen ohjausyksikölle. DC-moottoreiden tehot alkavat kuitenkin vasta 30 kW:sta, joten tällöin olisi mahdollista käyttää kahta moottoria vaunun ajoon. Jos käytetään neljän moottorin sijasta kahta, tulee ottaa huomioon moottorin vääntömomentti. Sen tulee olla ainakin kaksinkertainen aiemmin tehtyyn mitoitus verrattuna. DC-moottorien vääntömomentit alkavat 330 Nm:stä. Koska neljällä AC-moottorilla moottorin vääntömomentiksi vaadittiin 140,6 Nm:ä tarkoittaa se sitä että yksi DC-moottori vastaa myös väännöltään kahta 15 kW:n AC-moottoria. (19, linkit Drive Technology -> Motors -> DC Motors -> SIMOTICS DC -> Series 6 – Shaft Height 160-280.)

Moottorin tehonsyöttöön voidaan käyttää esimerkiksi Sinamics DC Masteria. Sinamics DC Master on Siemensin Sinamics -perheeseen kuuluva DC-käyttö. DC-muuntimessa on takaisinkytkennällä varustettu ohjausyksikkö. Se on toimiva vaihtoehto AC-käytölle, käsittäen laajat säätömahdollisuudet. (20, linkit Catalog D 23.1 – 2010 with Errata, s.1/10.)

## **5 INSTRUMENTOINTI**

Instrumentoinnin suunnittelussa käytiin läpi vaunun toiminnot ja niihin suunnitellut instrumentit. Tässä osassa eriteltiin instrumentointiin vaihtoehtoja, joista voidaan tulevaisuudessa valita sopivin asiakkaan toiveiden sekä vaunun tulevan käyttöympäristön mukaan.

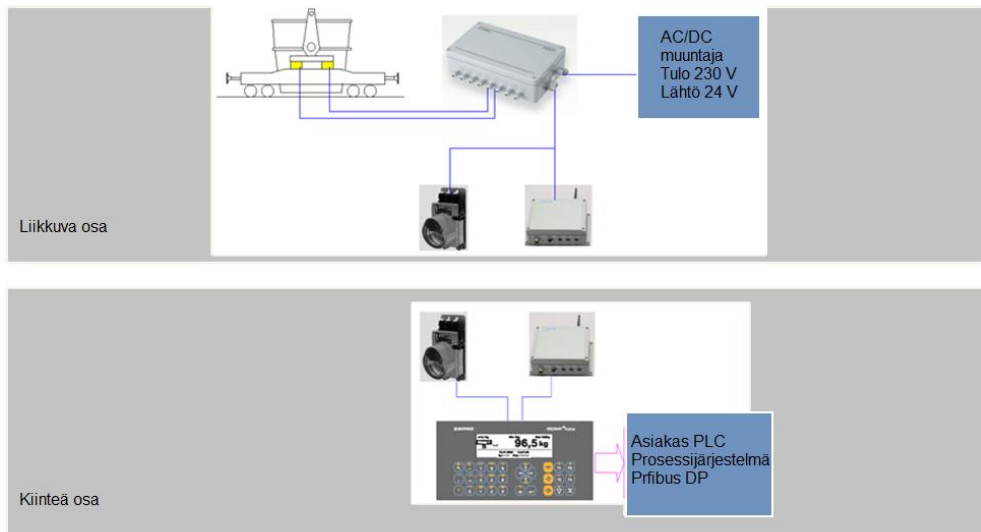
### **5.1 Vaunuun tulevat toiminnot**

Suurin osa instrumenteista sijoitetaan vaunuun. Instrumenttien sijoitus vaunuun antaa mahdollisuuden asennusten suorittamiseen muualla kuin käyttöpaikalla, jolloin säästyy aikaa.

#### **5.1.1 Punnitus**

Vaunuun voidaan integroida punnitussovellus, jolla asiakas saa tiedon koksen painosta. Toteutus perustuu Linzin senkkavaunuissa käytössä olevaan sovellukseen. Linzin mekaniikkasuunnittelu valitsee punnitusantureille sopivimmat paikat. Oletettavasti paikaksi valikoituvat koksikuupan kulmat, joihin kuhunkin sijoitetaan anturi.

Sovelluksessa on neljä punnitusanturia, joiden tiedot kerätään kuvan 7 osoittamalla tavalla punnitusyksikköön (Disobox). Senkkavaunun sovelluksesta poiketen tieto punnitusyksiköltä siirtyy väylää pitkin vaunussa sijaitsevalle logiikalle, joka kommunikoi langattomasti järjestelmän kanssa.



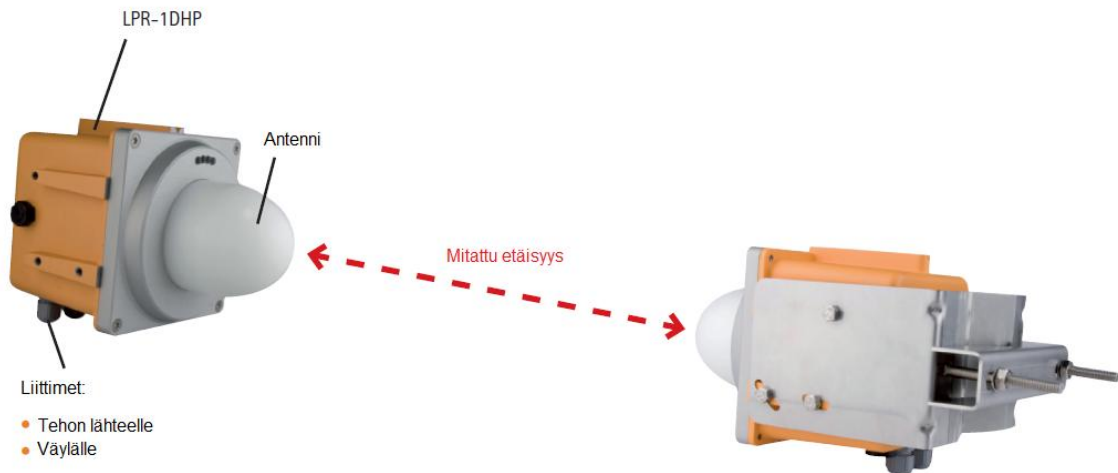
KUVA 7. Sovellusesimerkki senkkavaunusta (kuva Siemens, Linzin osasto)

Linin sovelluksessa käytettävien Schenckin antureiden lämpötila-alueen alaraja on  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Schenckin edustajan mukaan ne kuitenkin kestävät  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen asti ja heidän on mahdollista toimittaa antureita, jotka kestävät  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen asti.

### 5.1.2 Paikannus

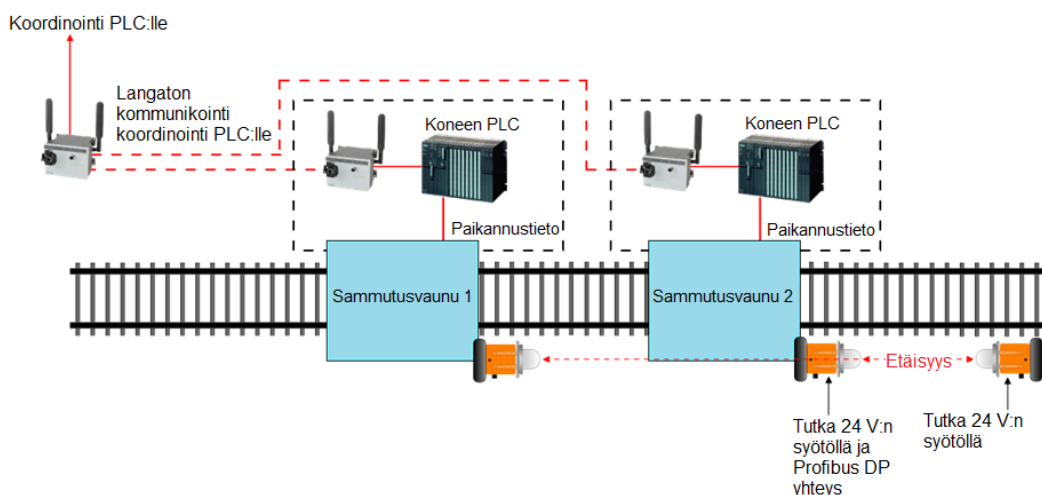
Automaattisen vaunun yksi tärkeimpiä sovelluksia on paikannus. Vaunun tulee aina tietää sijaintinsa, jotta se kykenee toimimaan. Paikannus tulee pystyä tekemään luotettavasti pienellä virhemarginaalilla. (4.)

Paikannus toteutetaan Siemensin ja Ruukin yhteistyössä tekemällä sovelluksella, jossa käytetään paikantamiseen Symeon (kuva 8) tutkia. Ruukin koksamon vaunuissa on käytössä tämä sovellus ja myös Intiassa on toteutettu paikannus eräällä koksamolla kyseisillä tutkilla. Tutkat on todettu luotettaviksi koksamon vaativissa olosuhteissa. Valmistaja lupaa tutkalle  $\pm 10\text{ mm}$ :n tarkkuuden, mutta käytössä on havaittu tarkkuus paremmaksi. Niiden hyviin puoliin lukeutuvat myös laaja käyttölämpötila-alue,  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ :sta  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen, sekä erittäin vähäinen huollon tarve. (4; 21.)



KUVA 8. Symeon tutkapari (21)

Symeon tutkien toiminta perustuu 61–61,5 GHz:n radioaaltoihin. Tutkaparista toinen sijoitetaan vaunuun ja toinen radan päähän samaan tasoon. Sjoituspaikan tulee olla tarpeeksi korkealla, jotta vältetään eteen tulevien objektien aiheuttamilta signaalihäiriöiltä. Vaunuun tuleva tutka on ns. parin äly, eli se yhdistetään väylään, ja radan päähän sijoitetulle tutkalle tuodaan vain käyttöjännite antennille. Esimerkki sammutusvaunulle tulevasta paikoitussovelluksesta on kuvassa 9. (4; 21)



KUVA 9. Esimerkki paikoitussovelluksesta (kuva: Siemens)

### **5.1.3 Paikannukseen liittyvät anturit**

Vaikka tutkapaikannus onkin osoittautunut hyvin toimivaksi paikannusjärjestelmäksi, turvallisuutta on mahdollista vielä parantaa asentamalla valokennokytkimiä (2 tai 3 kpl) radan varrelle valvomaan toimintaa. Kytkimet asennetaan radan varrelle ja niiden tarkka paikkatieto kerrotaan ohjelmalle, joka tarkkailee tutkan pysymistä sallitun toleranssin rajoissa kyseisestä paikkatiedosta vaunun ajaessa ohitse.

Vaunun tarkka paikoitus sammutuspaikalle varmistetaan valokennokytkimellä. Vaunun ollessa oikeassa kohdassa kytkimeltä lähtee signaali, jolla annetaan lupa sammutukseen. Märkäsammutuksessa anturi joutuu kovaan rasitukseen sammutuksen aiheuttaman höyryn vuoksi, joten kytkintä ei kannata asentaa sammutustorniin. Vaunuun voi kuitenkin lisätä ylimääräisen häiritangon, jolla tornin ulkopuolelle asennetulla valokennokytkimellä voidaan toteuttaa sama asia.

### **5.1.4 Vaunun lämpötilan mittaus**

Sammutusvaunun sähkö- ja automaatiotilan lämpötila on pidettävä sallituissa rajoissa, jotta laitteet toimisivat häiriöttömästi. Kaappeihin sijoitettavien laitteiden lämpötilaan vaikuttavat sekä ulkolämpötilan vaihtelut että kaappeihin sijoitettavien laitteiden aiheuttama lämpeneminen. Näiden vuoksi tulee lämpötila mitata sähkö- ja automaatiokaappien sisältä.

Lämpötilanmittaus on yksinkertaisinta toteuttaa termoelementin ja lähettimen muodostamalla kokonaisuudella. Siemensillä on tähän soveltuva tuoteperhe, kauppanimeltään Sitrans T. Siitä löytyy versio, joka on tarkoitettu lämpötila-alueelle  $-50$ – $+600$  °C. Lämpötila mitataan tilaan sijoitetuista kaapeista, jotka toimivat vaunun automaatio- ja sähkötilana. (22, linkit Teollisuus -> Tuotteet ja järjestelmät -> Prosessi-instrumentointi ja kaasuanalysaattorit -> Lämpötilan mittaus (SITRANS T).)

### 5.1.5 Lämpötilan säätö

Lämpötilaa kaappien sisällä tulee myös pystyä säätämään, jotta se pysyy laitteiden antamien rajojen sisällä. Tämä toteutetaan lämmittimillä ja jäähdyttimillä.

Lämmittimien ja jäähdyttimien tarve tulee arvioida tapauskohtaisesti, aina sijoituspaikan käyttöolosuhteiden mukaisesti. Valintaa ja mitoitusta tehdessä huomioidaan

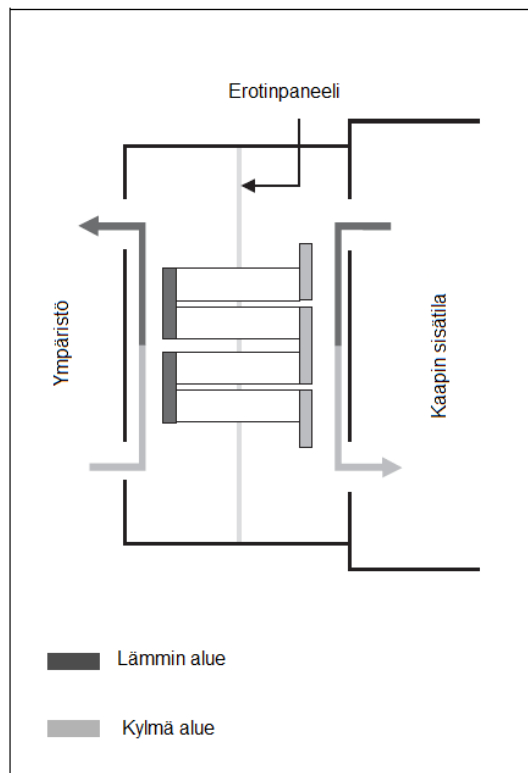
- ympäristön alimmat ja ylimmät lämpötilat
- kaappiin sijoitettujen laitteiden kokonaishäviötehot
- kaapin suurin sallittu sisälämpötila
- kaapin k- eli lämmönluovutuskerroin
- kaapin asennustapa. (23.)

Kun mitoitus on tehty, valitaan jäähdytysmenetelmä.

**Ilma-ilmamenetelmässä** lämpöä poistetaan kaapin ilmasta lämmönvaihtimella. Tämän tyyppinen jäähdytin sopii erityisen hyvin paikkoihin, joissa ympäröivä ilma on liikaista, koska kaksi erillistä piiriä estävät liian pääsyn kaappiin. Menetelmää sovellettaessa on otettava huomioon, että ympäröivän ilman lämpötilan on oltava matalampi kuin haluttu kaapin lämpötila. Tämä rajoittaa menetelmän käyttöä sammutusvaunulla silloin, kun käyttölämpötila nousee korkeaksi. (24, linkit Tuotteet -> Jäähdytys -> Jäähdytys ilmalla -> Ilma/ilma-lämmönvaihtimet -> Ilma/ilma-lämmönvaihtimet säädöllä -> SK 3126.100 -> Ladattavat -> Ohjeet.)

**Lämpösähköinen menetelmä** hyödyntää Peltier-ilmiötä jäähdytykseen ja lämmitykseen. Ilmiö perustuu sähkövirran aiheuttamaan elementin eri päiden lämpötilaeroon. Lämpötilan säätöön käytettäessä ilmavirta johdetaan elementin

päiden kautta kuvan 10 osoittamalla tavalla. (24, linkit Tuotteet -> Jäähdytys -> Jäähdyttimet -> Termoelektrinen jäähdytin Kokonaisjäähdytysteho/lämmitysteho 100 W -> SK 3201.300 -> Ladattavat -> Ohjeet.)



*Kuva 10 Peltier-ilmiön hyödyntäminen lämpötilan säädössä (24, linkit Tuotteet -> Jäähdytys -> Jäähdyttimet -> Termoelektrinen jäähdytin Kokonaisjäähdytysteho/lämmitysteho 100 W -> SK 3201.300 -> Ladattavat -> Ohjeet)*

Jäähdytyksessä kaapissa kulkeva ilma luovuttaa lämpönsä elementin kylmälle päälle ja laitteesta ulos tullessaan siis jäähdyttää kaapin ilman. Elementtien kuumassa päässä taas kiertää ilma, joka jäähdyttää niitä ottamalla lämpöä itseensä. Kun polaarisuus vaihdetaan, vaihtuvat myös kylmän ja lämpimän pään puolet, jolloin toiminta on päinvastainen ja laite toimii lämmittimenä. Tälläkin vaihtoehdolla hyvänä puolena on erilliset ilman kierrot. (24, linkit Tuotteet -> Jäähdytys -> Jäähdyttimet -> Termoelektrinen jäähdytin

Kokonaisjäähdytysteho/lämmitysteho 100 W -> SK 3201.300 -> Ladattavat -> Ohjeet.)

**Kompressorijäähdyttimet** toimivat samalla periaatteella kuin jääkaapit. Ne koostuvat neljästä pääosasta, höyrystimestä, kompressorista, lauhduttimesta sekä säätöventtiilistä. (24, linkit Tuotteet -> Jäähdytys -> Jäähdyttimet -> Seinäänasennettavat jäähdyttimet -> Seinäasenteiset jäähdyttimet Basis-säätimellä Kokonaisjäähdytysteho 0,30 kW -> SK 3202.300 -> Ladattavat -> Ohjeet)

Osien muodostamassa putkilla yhdisteyssä piirissä kiertää kylmäaine. Höyrystimessä aine muutetaan nestemäisestä kaasuksi, mikä aiheuttaa kaapin jäähtymisen. Höyry liikkuu kompressorin kautta lauhduttimeen, jossa se kompressorin luoman paineen vuoksi luovuttaa energiaa lämpönä, joka sitten haihtuu lauhduttimen pinnalta ja höyry palautuu nesteeksi. Lauhduttimesta neste palautuu höyrystimelle säätöventtiin kautta. (24, linkit Tuotteet -> Jäähdytys -> Jäähdyttimet -> Seinäänasennettavat jäähdyttimet -> Seinäasenteiset jäähdyttimet Basis-säätimellä Kokonaisjäähdytysteho 0,30 kW -> SK 3202.300 -> Ladattavat -> Ohjeet.)

Sammutusvaunukäytössä esimerkiksi RITTALin kompressorijäähdyttimen huonona puolena on sen tärinänkestoisuuden puute. Se ei valmistajan edustajan mukaan kestä tärinää.

Jäähdytysmenetelmän valinnassa tulee ottaa huomioon ympäristöolosuhteiden aiheuttamat ongelmat, joita joita ovat mm. pöly, höyry ja vaunun liikkeen aiheuttama tärinä. Ympäristön olosuhteet voivat lyhentää huoltovälejä, esimerkiksi suodattimien vaihdon tarpeen tihentyessä. Myös laitteen tärinän kesto on huomioitava valinta tilanteessa. Lisäksi veden kaappiin kondensoitumisen estämiseksi kaappeihin tulee asentaa lämmittimet.

### 5.1.6 Sivuoven avausmekanismi

Märkäsammutusvaunussa on sivuovi (kuva 11) sammutetun koksin poistamista varten. Vaunun saavuttua tyhjennyspaikalle, sen ovi avautuu, jonka jälkeen koksi valuu vaunusta liuskalle. Sammutuksen jälkeen koksi tyhjennetään ohjelman määrittämään tai manuaalisesti määritettyyn kohtaan liuskalle. Oven sulkeutumista tulee valvoa, jotta kuuma koksi ei päädy suoraan radalle oven jäätyä auki. Tämä voidaan toteuttaa mekaanisella kytkimellä, jonka antama tieto varmistaa, että vaunu on valmis vastaanottamaan uuden koksilastin. Oven sulkeutumisen valvontaan sopiva kytkin voidaan valita Siemensin Sirius-sarjan mekaansista kytkimistä, joiden lämpötilankesto on  $-40\text{ °C}$ :seen asti. (4; 19, linkit Industry -> Automation Technology -> Industrial Controls -> Position and Safety Switches -> Mechanical Position and Safety Switches 3SE5/3SF1.)



*KUVA 11. Esimerkki sivuovesta (kuva: Siemens)*

Sivuoven avauksen toteutusvaihtoehtoja on kolme, hydraulinen, pneumaattinen ja sähköinen. Todennäköisin toteutusvaihtoehto on hydraulinen, sen liikkuvaan laitteeseen sopivan toteutuksen ansiosta. Jotta avaukseen voidaan suunnitella toimiva järjestelmä, tulee ovesta saada erinäisiä tietoja, kuten korkeus, leveys ja paino. Näiden tietojen avulla voidaan määrittää tarvittava tehon tuotto laitteistolle sekä sen tilantarve.

### **Hydraulinen avausmenetelmä**

Hydrauliset järjestelmät ovat laajalti käytössä liikkuvissa laitteissa niiden pienen tilantarpeen ja helpon toteutuksen vuoksi. Hydraulisen järjestelmän etuja ovat

- suuret voimat ja momentit suhteellisen pienillä laitteistoilla
- edellämainittujen sekä nopeuden helppo säätö
- ylikuormitusmahdollisuus pysähdyksiin laitteiston kärsimättä
- standadoitujen komponenttien sähköisen säädön mahdollisuus
- hydraulinesteen toimiminen sekä voiteluna että jäähdyttäjänä. (25, s. 170–171.)

Järjestelmällä on myös huonoja puolia, sammutusvaunulla erityisesti hydraulinesteiden herkkä syttyvyys. Lisäksi järjestelmän hyötysuhde ei ole kovin hyvä ja tehohäviöt ovat melko suuret pitkillä siirtomatkoilla. (25, s 171.)

Suunnittelussa otetaan kuitenkin esimerkiksi syttyvyys huomioon komponenttien valinnassa. Laitteiston pienuuden ja lyhyiden siirtomatkojen vuoksi taas häviöt jäävät suhteellisen pieniksi sammutusvaunun järjestelmässä.

Tulevan sammutusvaunun ensimmäinen suunniteltu asiakas käyttää hydraulista oven avausta. Linzin osasto toteuttaa hydraulijärjestelmän suunnittelun tätä varten. Pumpun ohjauksen lisäksi tulee huomioida järjestelmän valvomiseen

tarpeelliset tiedot, kuten lämpötilanmittaus, pinnankorkeudenmittaus ja paineenmittaus.

### **Pneumaattinen avausmenetelmä**

Myös pneumatiikkaa käytetään paljon. Sillä voidaan toteuttaa nopeita liikkeitä, jotka eivät vaadi suurta tarkkuutta. (25, s. 19.) Pneumattisen järjestelmän hyviä puolia ovat

- yksinkertaisuus,
- syttymättömyys,
- puhtaus,
- ylikuormitusmahdollisuus pysähdyksiin laitteiston kärsimättä. (25, s. 19.)

Pneumatiikan huono puoli on, kuten hydraulikassakin, huono hyötysyhyde. Lisäksi ilmasta kondensoituvaa vesi voi aiheuttaa ongelmia järjestelmässä talvella jäätymisvaaran vuoksi. Pneumatiikkalaitteisto vaatii hydraulikkalaitteistoon verrattuna enemmän tilaa. (25, s. 22.)

### **Sähköinen avausmenetelmä**

Sähköinen avausjärjestelmä voidaan toteuttaa joko moottorin pyörittämällä akselilla, jolle vaijeri kelautuu moottorin pyöriessä avaten sivuoven, tai sähköisillä sylintereillä. Vaijerijärjestelmässä vaijeri kiinnitetään oven alalaitoihin ja akseli moottoreineen sijoitetaan oven yläpuolelle. Sylinteritoteutuksessa sylinterit sijoitetaan luukun laidolle luukun alaosaan, jolloin niiden työntöliike avaa oven.

Vaijerimekanismin huono puoli on se, että rakenteen vuoksi jää voi aiheuttaa ongelmia talvella. Sähkösylintereillä toimintaympäristö ja sään vaihtelut aiheuttavat mahdollisesti ongelmia. Eräs valmistaja sanoi suosittellevansa mieluummin hydraulikkaa tai pneumatiikkaa kuin ainakaan heidän sähköisiä sylintereitään tällaiseen kohteeseen.

### 5.1.7 Vaunun käsiajo

Vaunu tarvitsee ohjauspaneelin käsiajolle ongelmatilanteita varten tai mikäli vaunu on ajettava huoltoon. Käsiohjaukselle on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäinen vaihtoehto on riippuohjain, joka kiinnitetään vaunuun kaapelilla.

Riippuohjaimelle (kuva 12) asennetaan napit seuraaville ohjauksille:

- hätäseis-kytkin, koska SFS-EN 13850 edellyttää yhtä jokaiseen ohjauspisteeseen
- auto-käsi-kytkin, määrittämään vaunun tilan
- oikea-vasen-ohjauskytkin vaunun ajoon
- avaa-sulje-kytkin sivuoven avaukseen
- päällä-pois-kytkin käynnistämään vaunu toimintavalmiuteen.



*KUVA 12. Riippuohjain, esimerkki (26, linkit Products -> Handling equipments -> Lifting equipment-P02-PTRMP03-PL-PLB-DC16-DC30-TLPSeries)*

Toisena vaihtoehtona on Siemensin Mobile Panel 277F (kuva 13), joka toimii langattomasti. Tämä vaihtoehto on vartenotettava, mikäli tiedonsiirtoon valitaan Profinet-väyläratkaisu, sillä paneeli käyttää sitä. Paneeli avustaisi ajon lisäksi myös huollossa, kun toiminnan voisi testata käyttöpaikalla ja hälytykset näkisi heti. Paneelin käyttölämpötila-alue, 0–40 °C, kuitenkin saattaa rajoittaa sen käyttöä talviolosuhteissa. (19, linkit Automation Technology -> SIMATIC HMI operator control and monitoring systems -> Operator panels -> SIMATIC Mobile Panels -> 270 series -> SIMATIC Mobile Panel 277(f) IWLAN.)



*KUVA 13. Mobiilipaneeli 277F (20, linkit Technical info -> Images, graphics, drawings)*

## **6 TURVALLISUUS JA SIIHEN LIITTYVÄ INSTRUMENTOINTI**

Turvallisuusosassa etsittiin tietoa automaattisesti toimivan vaunun turvallisuusvaatimuksista. Lisäksi läpi käytiin vaihtoehtoja vaatimusten mukaisen turvallisuuden toteutukseen.

### **6.1 Euroopan unionin asettamat turvallisuusvaatimukset**

Euroopan unionin jäsenyyden myötä Suomessa suunniteltuja koneita koskevat EU:n direktiivit. Euroopan talousalueelle vietävien koneiden tulee olla näiden direktiivien mukaisesti suunniteltuja ja toteutettuja. Ostajien vaatimuksesta direktiivien mukaisuutta vaaditaan useasti myös ETA-alueen ulkopuolelle viedyiltä koneilta. (27, s. 15.)

### **6.2 Yleistä turvallisuusvaatimuksista**

Konedirektiivi (2006/42/EY) on vaunun turvallisen toiminnan määrittämisessä keskeisessä asemassa. Direktiivi ei kuitenkaan ota kantaa siihen, miten turvallisuusratkaisut tulee toteuttaa, vaan tämä on koneen valmistajan päätettävissä. Koska direktiivissä esitetään vain yleiset vaatimukset, on tehty niin sanottuja harmonisoituja standardeja, jotka täsmentävät konedirektiiviä. Niitä noudattamalla päästään vaadittuun turvallisuustasoon. (27, s. 58.)

Täsmentävät standardit jaetaan kolmeen eri tyyppiin:

- A-tyyppin standardit ovat turvallisuuden perusstandardeja, joissa esitetään kaikkiin koneisiin sovellettavat perusteet. Niitä seurataan, mikäli muita yksityiskohtaisempia standardeja ei ole olemassa. Näillä myös osoitetaan yleinen turvallisuustaso, jota muiden standardien on noudatettava.
- B-tyyppin standardit ovat turvallisuuden ryhmästandardeja, jotka käsittelevät yhtä turvallisuusnäkökohtaa tai yhtä suojausteknistä laitetta,

jota voidaan käyttää useissa erilaisissa koneissa. B-tyypin standardit jaetaan B1- ja B2-tyypin standardeihin. B1 -tyypin standardit koskevat yksittäisiä turvallisuusnäkökohtia, esimerkiksi turvaetäisyyksiä, pintalämpötiloja tai melua. B2-tyypin standardit taas koskevat suojausteknisiä laitteita, kuten kaksinkäsinhallintalaitteita, toimintaan-kytkentälaitteita ja kosketuksen tunnistavia laitteita.

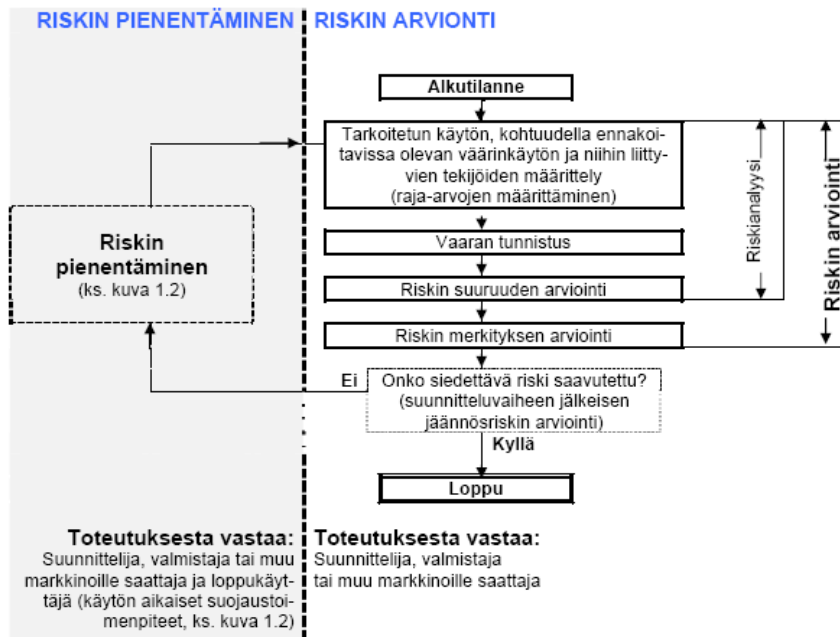
- C-tyypin standardit ovat konekohtaisia turvallisuusstandardeja, joissa käsitellään tietyn koneen tai koneryhmän yksityiskohtaisia turvallisuusvaatimuksia. (27, s. 59–62; 29, linkit Standardisointi -> Johdanto -> Standardien hierarkia.)

C-tyypin standardien lisäksi tarvitaan aina myös muita tyyppisiä, sillä C-tyypin standardeissa ei käsitellä kaikkia vaaratekijöitä. A- ja B-tyypin standardeissa käsitellyt asioita ei toisteta, vaan yleiset vaatimukset otetaan osaksi C-tyypin standardia niihin viittaamalla. (27, s. 59–62; 29, linkit Standardisointi -> Johdanto -> Standardien hierarkia.)

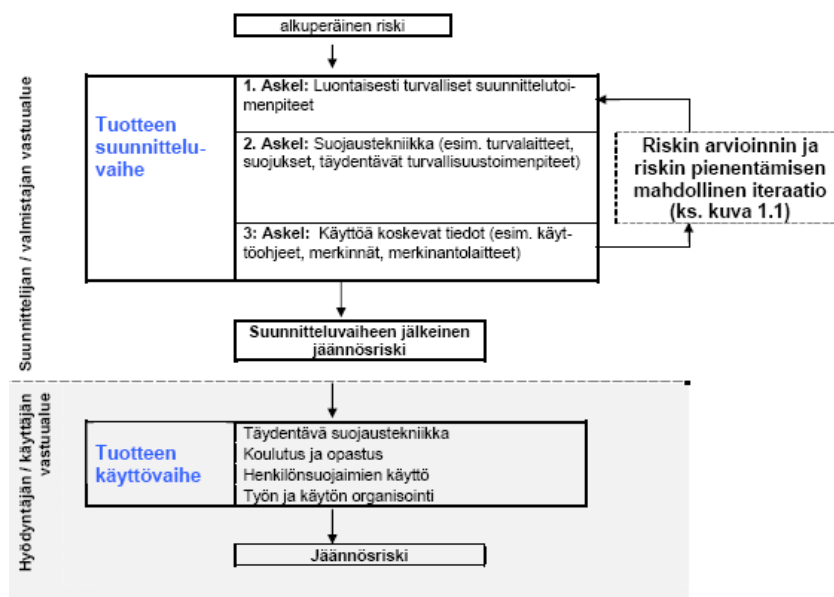
Sammutusvaunulle on sovellettavissa kuljetinlaitteita ja -järjestelmiä koskeva C-tyypin standardi SFS-EN 619. Lisäksi sovelletaan standardia SFS-EN 13850 hätäpysäytyksen suunnitteluperiaatteisiin. (28, s.16.)

### **6.3 Riskin arviointi**

Riskin arviointi on riskianalyysin ja riskin merkityksen arvioinnin käsittävä kokonaisprosessi. Se on sarja loogisesti eteneviä vaiheita, jotka tekevät mahdolliseksi järjestelmällisen koneisiin liittyvien riskien analysoinnin ja niiden merkityksen arvioinnin. Riskianalyysissa määritellään koneelle raja-arvot ja tunnistetaan siihen liittyvät vaarat sekä niiden suuruus. Riskin merkityksen arvioinnilla määritetään, onko riskin pienentämisen tavoitteet saavutettu. Kuvat 14 ja 15 esittävät riskin arvioinnin periaatteen sekä suunnittelijan ja loppukäyttäjän tehtävät riskin pienentämisessä. (29, s. 16.)



KUVA 14. Riskin arviointi ja sen vaiheet (30, linkit Standardisointi -> Johdanto)



KUVA 15. Riskin pienentämisen vaiheet (30, linkit Standardisointi -> Johdanto)

Koneen suunnittelijan on toteutettava ensisijaiset toimenpiteet riskin pienentämiseksi turvalliselle tasolle. Huonosti tai vaillinaisesti toteutettua 1. tai 2. askelta ei voi korvata 3. askeleen tarkoittamalla käyttöohjeistuksella. (30, linkit Standardisointi -> Johdanto.)

#### **6.4 Varoituslaitteet**

Vaunun liikkeistä tulee varoittaa ympäristöä ääni- ja valosignaaleilla. Standardi SFS-EN 12100 kuitenkin varoittaa liiasta aistien ylikuormituksesta, johon voivat johtaa liian usein toistuvat äänet tai valot. Se voi johtaa jopa varoituslaitteiden toimimattomaksi tekemiseen. (29, s. 96.)

Sammutusvaunulle tulee asentaa vilkku ja äänihälytin yksi kummankin liikesuunnan laitaan. Näiden toiminnan voi määrittää yhdessä asiakkaan kanssa, jotta vältetään standardissa mainitulta aistien ylikuormitukselta.

#### **6.5 Mekaaniset rajakytkimet**

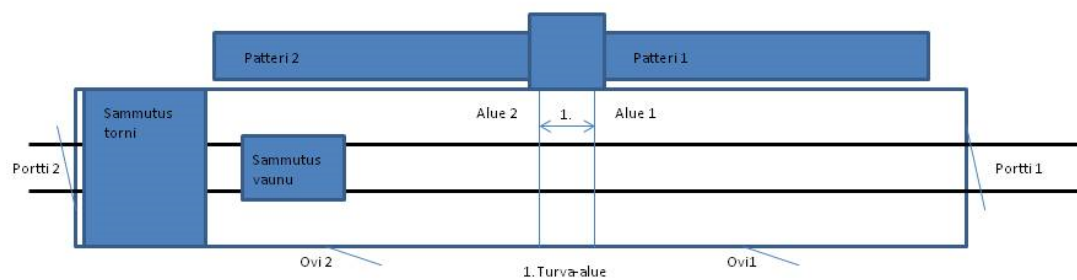
Vaunuun asennetaan mekaaninen rajakytkin. Kytkin pysäyttää vaunun, mikäli se on, paikannusjärjestelmästä huolimatta, ajamassa ulos radalta. Radan päihin asennetaan esteet, joiden avulla kytkin saa pysäytyssignaalin.

Rajakytkin ohjelmoidaan toimimaan vain vaunun ollessa automaattilla. Käsiäjolla voi kytkimen ohittaa, jolloin vaunu voidaan ajaa huoltopaikalle. Kytkin pitää huolta vaunun pysymisestä toiminta-alueella. Radan lopussa on kuitenkin standardin SFS-EN 619 mukaan oltava vielä päätepysäyttimet, jotka on mitoitettava kestämään vaunun liikkeen energia (28, s. 28).

#### **6.6 Vaunun aitaamiseen liittyvät instrumentit**

Sammutusvaunu on automaattisesti toimiva kone, jota koskevat tarkat turvallisuusvaatimukset. Automaattisesti liikkuva kone on standardin SFS-EN 619 mukaan erotettava muusta liikenne- ja työskentelyalueesta 2 metriä korkealla aidalla. Alueelle pääsyn mahdollistavat ovet on kytkettävä prosessiin

jolloin käyttöhenkilöstön on annettava lupa alueelle menoon, sillä se vaikuttaa tuotantoon. Lisäksi, mikäli asiakas haluaa, voi vaunun käyttöalueen jakaa osiin, jolloin alueelle menon voi toteuttaa tietyin rajoituksin tuotannon ollessa käynnissä. Alueeksi jako, esimerkki kuvassa 16, on toteutettava luotettavasti siten, että sekä ihmisten että koneen liikkumista voidaan valvoa ja estää yhteentörmäyksen mahdollisuus. Kuitenkin vaunun liikkuminen on tarkoitus rajata pääasiassa paikoitusjärjestelmän avulla ohjelmallisesti. Tätä on kuitenkin valvottava, jotta toiminta saadaan varmistettua. Ihmisten ja vaunun valvontalaitteiden hälytykset tulee olla aktiivisina vain, kun joku järjestelmän alueista menee huoltotilaan, jotta vaunun normaali liike ei aiheuta turhia hälytyksiä. (28, s. 26.)



*KUVA 16. Vaunulle suunniteltu aitaus ja alueisiin jako*

### 6.6.1 Ovien valvonta

Alueelle meno estetään lukoilla, joiden avauksen voi käyttöhenkilöstö sallia, kun prosessi on oikeassa kohdassa. Valvonnalle on useita vaihtoehtoja. Valinta riippuu vaunun ja ihmisten valvonnan järjestämisestä.

### 6.6.2 Läsäolon tunnistus

**Valoverhot ja -kennot** toimivat lähetin-vastaanotinperiaatteella. Lähetin lähettää valoa, joko infrapunavaloa tai lasersäteilyä, jonka vastaanotin tunnistaa. Kun valon pääsy vastaanottimeen estyy, se havaitsee säteen

katkeamisen. Tästä seuraa, että vastaanotin lähettää viestin, jota ohjelmassa käytetään pysäytyskäskynä. (31, s.360.)

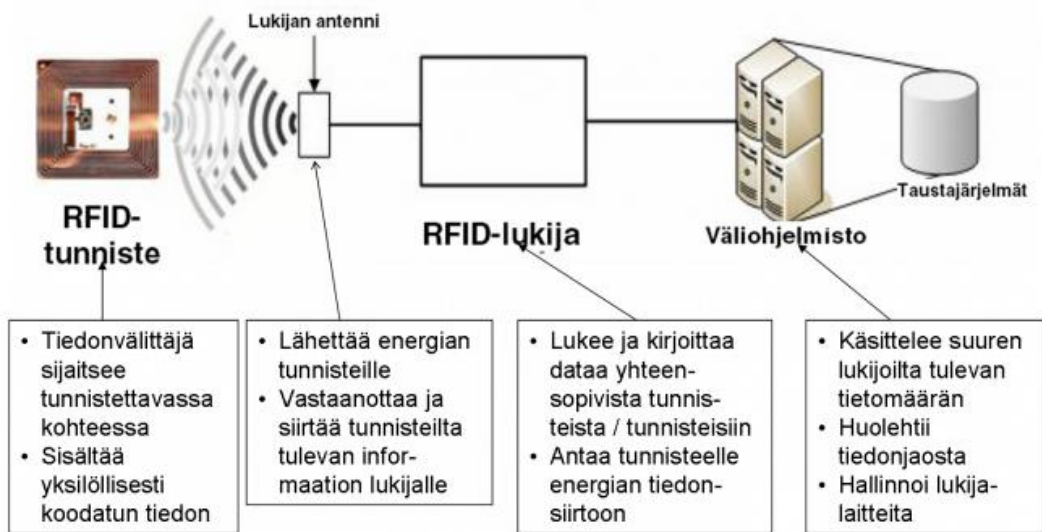
Valoverhoilla on yleensä hoidettu ihmisen tunnistus, sillä ne ovat varmatoimisia ja lisäksi ne ovat esitetyistä laitteita ainoita, jotka on hyväksytty henkilöturvallisuuslaitteiksi. Kuitenkin niiden toiminta sammutusvaunun toimintaympäristössä on epävarmaa, jolloin niiden käyttöä ei suositella. Tämä varmistui turvallisuuden asiantuntijan kanssa käydyn keskustelun yhteydessä.

**Passiivisella infrapunalaitteella** voidaan tunnistaa ihmisestä heijastuva lämpöenergia. Ihminen säteilee tietyllä tasolla, jolloin laitteet on määritetty havaitsemaan kyseinen taso. PIR-laitteita käytetään yleisesti varashälyttiminä sekä automaattiseen valojen sytytykseen, eikä koneiden turvalaitteiksi soveltuvia laitteita ole vielä markkinoilla. Passiivinen infrapunaturvalaite kuuluu tyyppitestattaviin turvakomponentteihin. (31, s. 363.)

Sammutusvaunulla käyttö vaatisi huolellista suunnittelua ja testausta, sillä ympäristössä on paljon häiriöitä mahdollistavia muita lämmönlähteitä.

**RFID** on yleisnimitys kaikille radiotaajuuksilla tapahtuvalle tunnistukselle. Oikean teknologian valinta sekä toteutuksen suunnittelu kohteeseen vaativat asiantuntemusta. Tekniikkaa hyödynnetään yhä yleisemmin esimerkiksi logistiikassa. (32, linkit RFID-tietoutta.)

Teollinen RFID järjestelmä koostuu tunnisteesta, lähetin-vastaanottimesta sekä tiedonkäsittely-yksiköstä. Kuvasta 17 saadaan lisätietoa komponenttien tehtävistä. Teollisuuden järjestelmissä käytetään pääasiassa kahta eri taajuusaluetta, HF (High Frequency eli 3–30 MHz) tai UHF (Ultra High Frequency eli 890– 960MHz). Käytettävän tekniikan valinnassa tulee ottaa huomioon muun muassa käsiteltävien tunnisteiden määrä, vaadittu luku- ja kirjoitusetäisyys sekä nopeus, jolla lukija voidaan ohittaa. Lisäksi tulee huomioida ympäristöolosuhteet. (33, s. 4–5.)



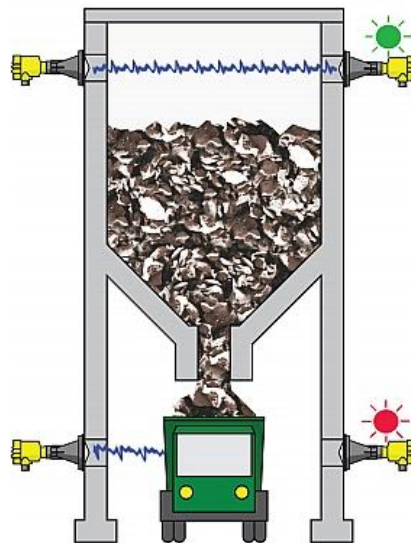
KUVA 17. RFID-järjestelmän komponentit (32, linkit RFID-tietoutta -> Tekniikan perusteet )

Vaunun aitauksen katkaisuun kahteen eri alueeseen tarvitaan noin 8 metrin lukuetaisyys. Tällöin ainastaan UHF-taajuus voidaan ottaa käyttöön, sillä HF-taajuudella enimmäislukuetaisyys on 1 metri. UHF-tekniikalla lukuetaisyys on useita metrejä. RFID-tunnisteita on erityyppisiä. Passiivisilla tunnisteilla ei ole omaa virtalähdettä, jolloin sen koko on pieni. Passiivisen tunnisteen kanssa toimintavarmuus ei ole hyvä, sillä tunnisteen peittämisellä voidaan mahdollisesti ohittaa valvonta. Aktiivisilla tunnisteilla päästään luotettavampaan toimintaan, mutta hinta on tällöin myös huomattavasti korkeampi. (33, s. 4–5.)

Valvonnan sovelluksessa myös ovien valvonnassa käytetään RFID-tunnistusta. Sillä varmistetaan, että huoltohenkilöstöllä on tunniste mukanaan alueelle mennessään. Ilman tunnistetta ei alueelle pääse. Ihmisen mennessä alueelle 1. järjestelmälle siirtyy tieto, jolla asetetaan alue huoltotilaan. Ohjelma siirtyy silloin tilaan, jossa se ei salli vaunun liikkuvan huollossa olevalle alueelle ennen työntekijöiden poistumista ja alueen läsnäolon tunnistuksen kuittausta.

RFID-sovellukseen liittyy muutamia ratkaistavia ongelmia, kuten tunnisteen luotettavan luvun varmistaminen sekä lukualueen vaikea rajattavuus. Myös sovellukselle sopivien laitteiden ja järjestelmän kokoamista varten joudutaan tekemään lisäselvitystä.

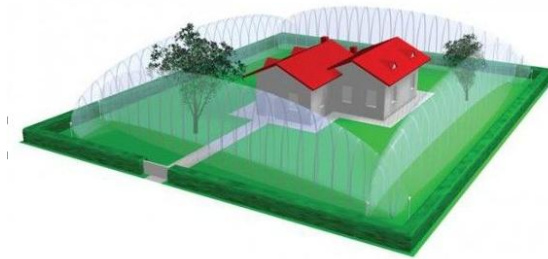
**Mikroaaltokytkin** toimii lähetin-vastaanotinperiaatteella, eli lähetin lähettää signaalin jonka vastaanotin vastaanottaa. Mikäli signaali katkeaa, vastaanotin aiheuttaa hälytyksen, samoin kuin valokennolla. Mikroaaltojen toiminta on kuitenkin luotettavampi, sillä sääolosuhteet sekä pöly aiheuttavat harvemmin ongelmia (34, Linkit Products -> Innovation -> VEGAMIP -> Applications). Sovellus toimisi usealla vertikaalisesti linjaan sijoitetulla kytkimellä, jotka muodostavat aidan. Kuvassa 18 nähdään esimerkki, jossa valvotaan rekan paikalla oloa.



*KUVA 18. Esimerkki mikroaaltokytkimestä (34, linkit Products -> Innovation -> VEGAMIP -> Applications)*

Ongelmana mikroaaltokytkimillä on toimintanopeus. Usean valmistajan kytkimien tutkimisen jälkeen niiden toimintanopeudeksi määrittyi 100 ms. Mikroaaltokytkintä voisi kuitenkin käyttää vaunun valvomiseen, jolloin hitauden voi kompensoida pidemmällä turva-alueella ihmisen ja koneen valvonnan välissä. (34, linkit Products -> Innovation -> VEGAMIP -> Applications.)

**Mikroaaltoaita** toimii periaatteessa samoin kuin mikroaaltokytkin, mutta tunnistusalue on laajempi. Aitaa käytetään normaalisti tunkeutujien havaitsemiseen murtohälytysjärjestelmissä (kuva 19). (35.)



*KUVA 19. Esimerkki tyypillisestä mikroaaltoaitasovelluksesta (35, linkit Coral Plus)*

### 6.6.3 Vaunun valvonta

Ihmisten liikkeiden lisäksi vaunun liikkumista tulee valvoa. Ajatuksena on pitää vaunu poissa huoltotilaan menneeltä liikealueelta paikannussovelluksen avulla. Oven avaus muuttaa ohjelman siten, että mikäli vaunu saa käskyn liikkua alueelle, se pysähtyy automaattisesti ennen asetettua rajaa. Koska tutkat eivät yksistään käytettyinä ole turvallisuuslaitteiksi soveltuvia, tulee vaunun pysähtyminen varmistaa, jos paikannus pettää.

Induktiosilmukka, joka asennetaan maahan, valmistajan määrittämään syvyyteen, havaitsee metallisen kappaleen aiheuttaman magneettikentän

muuttumisen. Mikäli vaunu ajaa sen valvomalle alueelle, se aiheuttaa hätäpysäytyskäskyn vaunulle.

Mikäli ihmisen valvontaan käytetään RFID-sovellusta, silloin myös vaunun liikettä voidaan valvoa samalla tekniikalla. Saman tekniikan käyttö myös tarkoittaisi mahdollisuutta käyttää tunnistusaitoja myös toisinpäin, jolloin alueelle 2 on mahdollista päästä tuotantoon vaikuttamatta.

Vaunun liikettä voidaan valvoa myös aiemmin esitetyllä, ihmisen kulunvalvontaan käytetyllä mikroaaltokytkimillä.

#### **6.6.4 Ihmisen ja koneen törmäämisen estävät laitteet**

Ihmisen liikkeen tunnistavia tekniikoita on myös käytössä erilaisissa laitteissa, jotka niin sanotusti skannaavat ympäristöä ja havaitsevat laitteen tiellä olevat esteet. Nämä eivät kuitenkaan ole turvalaitteiksi soveltuvia yksistään ja lisäksi sammutusvaunun yhteydessä toimintaympäristö aiheuttaa luotettavusongelmia. (27, s. 229.)

Laserskannerit ovat yleisimpiä tällaisista laitteista. Ne toimivat hyvin puhtaissa olosuhteissa, mutta eivät toimi Ruukin koksaamon henkilöstöltä saadun tiedon mukaan koksaamon pölyisissä olosuhteissa. Tunnistusmenetelmä toimii siten, että laite lähettää laservaloa ja tunnistaa heijastuksen, kun jokin este tulee tunnistusalueelle. Ultraäänilaitteet toimivat samalla periaatteella kuin laserskannerit, mutta niidenkin toimintaa vaikeuttavat samat asiat (27, s. 229). Lisäksi harkinnassa oli myös Symeon tutkaa hyödyntävä sovellus, mutta sen ongelmaksi paljastui signaalin pieni avauskulma, 2°.

#### **6.7 Hätäpysäytin**

Hätäpysäytin ei ole varsinainen turvalaite. Sillä kuitenkin varmistetaan laitteen pysähtyminen silloin, kun varsinainen pysäytin ei toimi tai kun kyseessä on hätätilanne. Hätäpysäytyksissä voidaan käyttää pysäytysluokkia 0 tai 1. 0-luokan pysäytys tarkoittaa energiansyötön katkaisua välittömästi. 1-luokan

pysäytys tarkoittaa, että kone ajetaan ensin turvalliseen tilaan eli esimerkiksi sammutusvaunu pysäytetään ja sen jälkeen katkaistaan energiansyöttö. (27, s. 179, 207.)

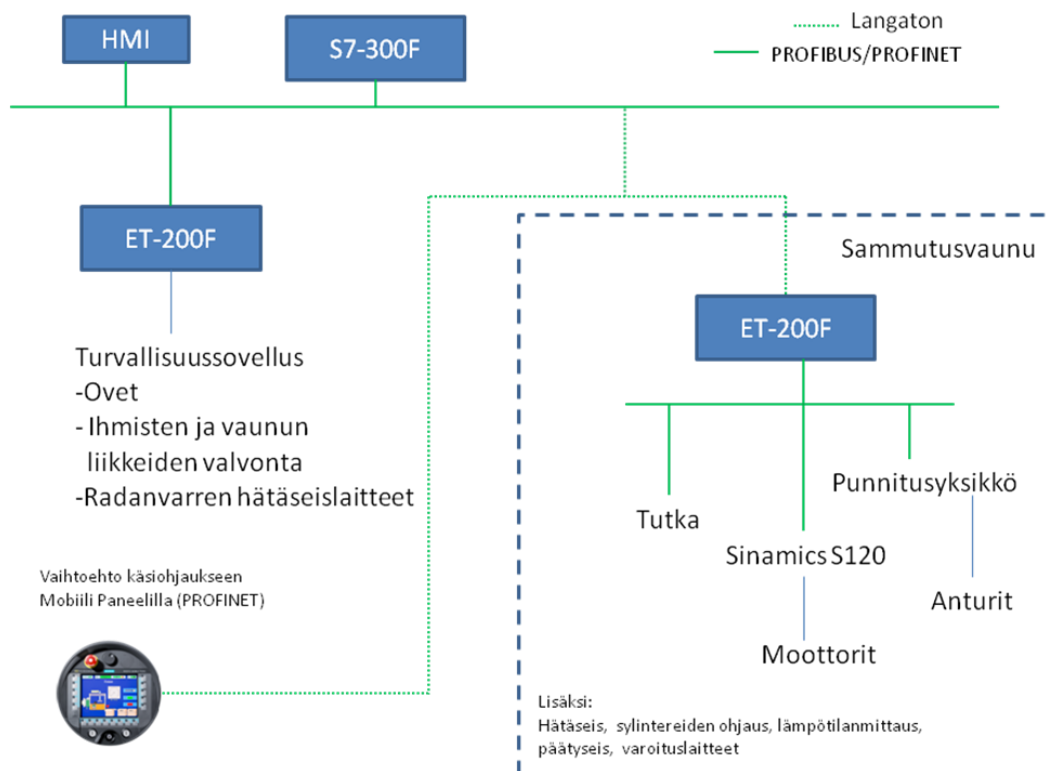
Vaunun hätäpysäytykseen tulee olla käytössä hätäpysäyttimet koko liikematkan alueella sekä jokaisella ohjauspaikalla tai ohjauspulpetilla. Radan varrelle sopivat vaijeritoimiset hätäpysäytyslaitteet. Niiden avulla hätäpysäytyksen saatavuus on koko vaunun toiminta-alueella sama. Lisäksi siten päästään vähemmillä laitteilla, sillä yhdellä vaijerihätäpysäyttimellä voidaan kattaa noin sadan metrin matka. Ohjauspaikoilla ja pulpeteilla voidaan käyttää perinteisiä sienipainikkeita.

Sammutusvaunulle voidaan asentaa vaijerihätäpysäytin. Kuitenkin tulee huomioida valmistajan ohjeet mutkien lukumäärän suhteen sekä lämpötilan muutoksen aiheuttama kompensoinnin tarve vaijerille. Hätäpysäyttimen sijoituskorkeus tulee määrittää sen mukaan, mikä on todennäköisin käyttötilanne vaunulla olevalle vaijerille. Esimerkkinä tilanteessa, jossa vaunu on ryömintänopeudella ja henkilö on esimerkiksi kaatunut sen alle, korkeuden tulee olla sellainen, että siihen yltää istualtaan. (36, linkit Extreme -> Emergency Pull-wire Switches Extreme - > ZS 75 -40°C Extreme -> Mounting notes.)

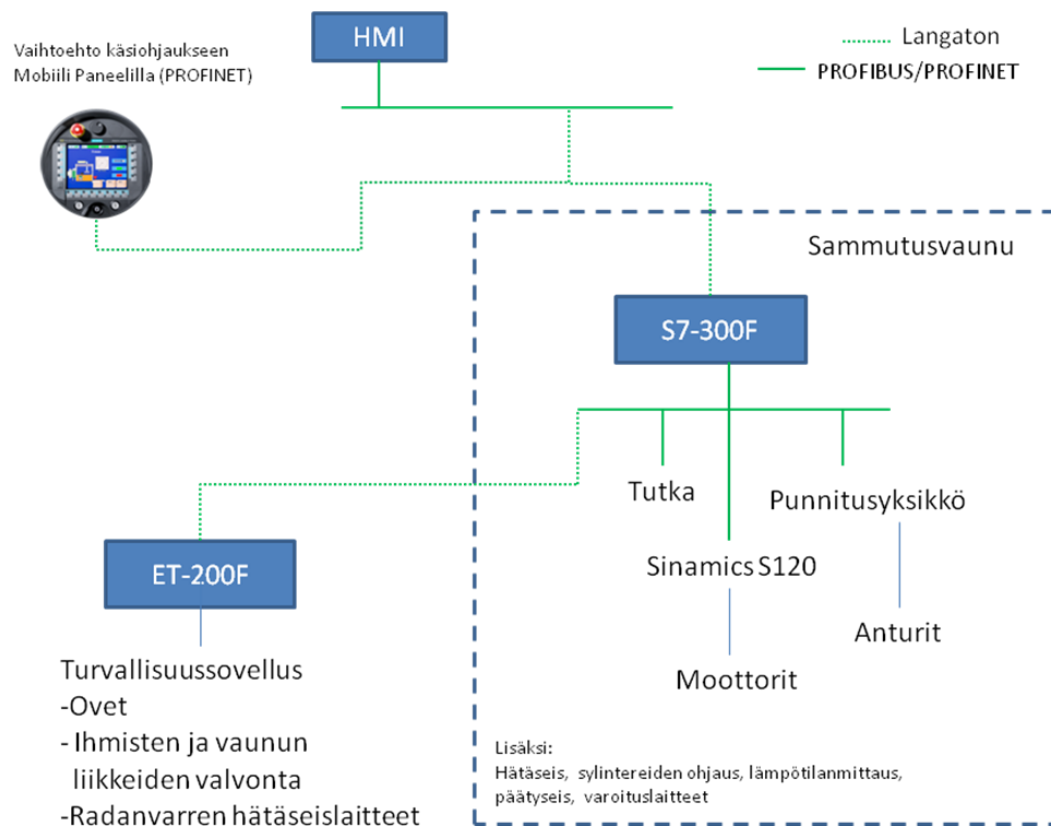
Vaijerihätäpysäyttimiltä vaaditaan nykyään, että ne toimivat myös siinä tilanteessa, että vaijeri löystyy. Sillä varmistetaan toiminta oikeassa käyttötilanteessa. Lisäksi vaunun käyttöympäristö asettaa laitteille lisävaatimuksia, sillä niiden tulee kestää vaihtuvat olosuhteet sekä pakkanen. Yksi vaihtoehto käytettäväksi on Steuten valmistama vaijerihätäpysäytin, jonka käyttölämpötila alue on laaja, jopa -40 °C:sta +85 °C:seen. Laite ja kannattimet on kuitenkin suojattava jäänmuodostumiselta, jotta se ei vaikuttaisi toimintaan. (36, linkit Extreme -> Emergency Pull-wire Switches Extreme - > ZS 75 -40°C Extreme.)

## 7 AUTOMAATIO

Tässä luvussa esittelen automaation alustava suunnittelun, joka käsittää ohjelmoitavan logiikan valinnan ja alustavan kokoonpanon sekä järjestelmän liitynnät. Sovellusohjelmointiin tarvittava laitteisto ja lisenssit suunniteltiin myös valmiiksi. Automaation suunnittelussa tuli ottaa huomioon sammutusvaunun operointiympäristö: vaihtuvat sääolosuhteet ja kiskoilla tapahtuvan liikkeen aiheuttama värinä. Liikkuva kohde aiheuttaa myös tiedonsiirrolle erityisiä haasteita. Liikkuvalle vaunulle langaton tiedonsiirto on käyttökelpoinen vaihtoehto. Kuvissa 20 ja 21 esitetään kokoonpanoesimerkit sekä käyttöpaikalla koottavalle vaihtoehdolle että käyttövalmiille vaihtoehdolle.



KUVA 20. Esimerkki kokoonpanosta, asennus käyttöpaikalla -vaihtoehto



KUVA 21. Esimerkki kokoonpanosta, käyttövalmis -vaihtoehto

## 7.1 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitavat logiikat ovat tärkeä osa nykyaikaista automaatiota. Niitä on kehitetty moneen eri käyttökohteeseen aina pienemmistä, esimerkiksi kiinteistöautomaation sopivista logiikoista (LOGO!, Siemens) laajempiin teollisuudessa käytettäviin, isoja prosesseja käsitteleviin logiikoihin (Siemens S7-logiikat). Nämä teollisuudessa käytettävät logiikat ovat rakenteeltaan yleensä modulaarisia, jolloin niistä on helppo kasata oikeanlainen kokoonpano ja myös mahdolliset laajennukset ovat helposti toteutettavissa. (22, linkit Teollisuus -> Tuotteet ja järjestelmät -> Automaatiotekniikka -> Ohjelmoitavat logiikat (SIMATIC).)

Sammutusvaunun logiikkaa valitessa kiinnitettiin huomiota logiikalta vaadittujen toimintojen lisäksi olosuhteisiin, joissa vaunu tulee toimimaan. Vaunun kyytiin sijoitettavan logiikan on kestävä lämpötilanvaihteluita sekä vaunun liikkeen aiheuttamaa tärinää. Lisäksi on järkevää valita PROFIsafea tukeva logiikka, jolloin turvatoimintojen toteutus yksinkertaistuu ylimääräisen kaapelointitarpeen minimoituessa (22, linkit Teollisuus -> Tuotteet ja järjestelmät -> Kone- ja prosessiturvallisuus sekä ATEX -> Koneturvallisuus -> Profisafe-Hybridiväyläteknikka).

Siemensin logiikoista vaunun ohjaukseen soveltuu tällä hetkellä parhaiten Simatic S7-300-logiikka, sillä uudemmista, S7-300 -logiikkaa vastaavista, S7-1200- ja S7-1500-logiikoista ei vielä löydy tarvittavia toiminnallisuuksia, kuten turvateknisiä Failsafe komponentteja. S7-300 -logiikalle löytyy Failsafe-vaihtoehto, joka tukee Profisafe-hybridiväylää. Lisäksi sille on saatavissa Siplus-versiot komponenteista. Siplus on Siemensin tuoteperhe vaativiin olosuhteisiin. Lämpötila-alue on tällöin jopa -40 °C:sta +70 °C:seen. Vaikka vaunun käyttölämpötila ja sen vaihtelu ei olisikaan rajoittava tekijä, on silti huomioitava vaunun liikkeen aiheuttama tärinä, ja Siplus-tuoteperheestä löytyy myös standardin EN 50155 mukaan raideliikennesovelluksiin mukautettuja versioita. (19, linkit Automation Technology -> Products for specific requirements -> Automation technology for extreme conditions.)

### **Logiikan osat**

**Teholähde** (Power) tuottaa keskusyksikön I/O-korttien sekä mahdollisten muiden korttien tarvitseman tehon. Tehon tuoton lisäksi sillä on toinenkin tärkeä tehtävä: se erottaa logiikan muusta verkosta galvaanisesti suojaten logiikan laitteita rikkoutumiselta. (37, s. 107.)

Siemensiltä löytyy logiikoille tarkoitetut tehonlähteet. SITOP-tuoteperheestä löytyy Siplus-mallin tehonlähde S7-300-logiikalle (38, s. 15/2). Osa toimilaitteista, esimerkiksi tutkat, tarvitsee myös tehonsyötön. Niille tulee kuitenkin valita oma syöttöyksikkönsä ja logiikalle omansa (37, s. 107).

**Keskusyksikkö** eli CPU on logiikan aivot ja sen ominaisuudet määräävät koko logiikan ominaisuudet, esimerkiksi tiedonkäsittelyn nopeuden ja ohjelmoinnin mahdollisuudet. Koska vaunulla tullaan käyttämään Profisafe-ominaisuutta, täytyy CPU:n olla turvateknistä mallia. Turvatekniset CPU:t on tarkoitettu ohjauksiin, joissa tulee ottaa huomioon koneturvallisuuden viranomaismääräykset. Näillä logiikoilla on mahdollista yhdistää kaksi erillistä järjestelmää, erillinen turvalogiikka sekä laitetta normaalitilanteissa ohjaava logiikka. Keskusyksiköksi sopii esimerkiksi Siplus-versio 315F PN/DP:stä, jossa F-kirjaimen merkitys on Failsafe eli turvatekninen malli. (22, linkit Teollisuus Tuotteet ja järjestelmät -> Automaatiotekniikka -> Ohjelmoitavat logiikat (SIMATIC) -> S7-300; 39, s. 5/95; 37, s. 107.)

**Kommunikointikortilla** yhdistetään logiikka väylään. Logiikalle siis tarvitaan DP- tai PN-väyläkortti, käytettävästä väylästä riippuen. Kortiksi valitaan joko CP 342-5 Profibus-väylälle liittämiseen tai CP 343-1 Profinetiä varten. Korteista löytyy myös Siplus-mallit. (39, s. 5/276, 5/278.)

**I/O-kortit** ovat tulo- ja lähtökortteja, joiden tehtävänä on välittää tietoa antureilta keskusyksikölle, joka taas välittää tiedon tehdyn ohjelmoinnin mukaisesti toimilaitteille. Tulo- ja lähtökortteja on sekä digitaalisia (1/0) että analogisia (0–10 V, 4–20 mA). Digitaalisia käytetään kun tarvitaan pelkkä päällä-pois tieto, esimerkiksi rajakytkimeltä. Analogista signaalia käytetään, kun halutaan välittää esimerkiksi lämpötilatieto anturilta eteenpäin. (37, s. 107–110.)

Digitaalitulo- ja -lähtökortteiksi tulee valita niin ikään Siplus-versiot korteista, samoin analogiatulo- ja -lähtökorteista. Turvaohjauksia varten tarvitaan lisäksi turvatekniikkaa tukevat lähtö- ja tulomoduulit. Ne voidaan kytkeä suoraan CPU:n yhteyteen tai kenttäväylän taakse hajautetuksi I/O:ksi. Myös turvaohjauksiin tulevat kortit tulee valita Siplus-versioina. (39, s. 5/147.)

**ET-200-logiikalla** voidaan toteuttaa ns. hajautettua automaatiojärjestelmää, jolla lähtö- ja tulopiirejä on mahdollista viedä lähemmäs toimilaitteita. Kun valvotaan vaunun turvallisuustoimintoja vaunun ulkopuolelta, käytetään ET-

200F-hajautettua I/O:ta sekä käyttöpaikalla asennettavassa että käyttövalmiissa vaihtoehdossa. Sen kortit voidaan määrittää, kun turvallisuussovellus on määritetty ja sen laitteet valittu. (22, linkit Teollisuus -> Tuotteet ja järjestelmät -> Automaatiotekniikka -> Hajautettu I/O (ET200).)

Mikäli toteutusvaihtoehdoksi valitaan asennus käyttöpaikalla -toteutus (kuva 20), tulee myös vaunuun oma ET-200F-logiikka, jolla voidaan kerätä vaunun laitteesta tieto ja toimittaa se päälogiikalle. Kummassakin tapauksessa ET-200-logiikan komponentit tulee valita Failsafe-mallin lisäksi Siplus-mallina. (22, linkit Teollisuus -> Tuotteet ja järjestelmät -> Automaatiotekniikka -> Hajautettu I/O (ET200).)

Logiikan ja korttien valinta voidaan tehdä Siemensin TIA Selection TOOLin avulla. Ongelmaksi tällä muodostuu vain se, että Siplus Failsafe -versioita ei työkalun kautta löydä, vaikka Siemensin sivuilla olevasta dokumentista sellaiset löytyykin. Kuitenkin Siemensin sivuilta saadaan työkalu, jolla standardilogiikan komponentit voidaan muuttaa Siplus-versioiksi (19, linkit Automation Technology -> Products for specific requirements -> Automation technology for extreme conditions -> Conversion tool). Ensin siis voidaan standardilogiikka konfiguroida TIA Selection Tool -valintaohjelman avulla ja tämän jälkeen tarvittaessa muuntaa tilausnumerot Siplus-versioiksi.

Liitteissä 1 ja 2 ovat esimerkkikonfiguroinnit S7-300F- sekä ET-200F-logiikoiksi sammutusvaunulle. Ne on tehty liitteessä 3 olevan alustavan I/O-listauksen mukaan. Konfigurointi on päivitettävä, kun kaikki järjestelmän komponentit on määritetty.

## **7.2 Järjestelmään liityntä**

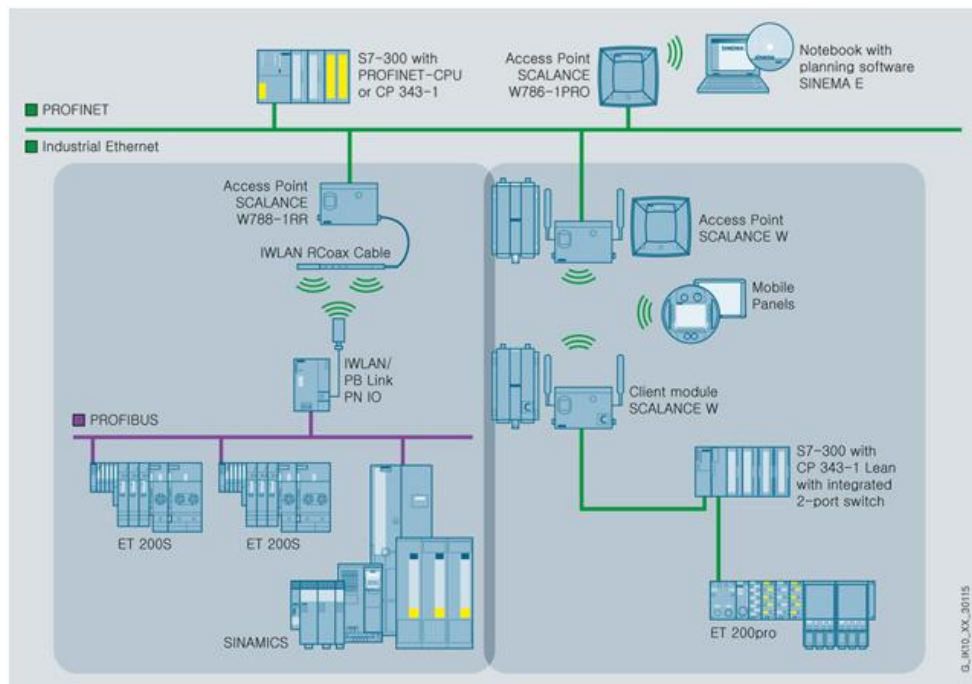
Sammutusvaunun kokoonpanosta riippumatta tullaan tiedonsiirtoa tarvitsemaan liikkuvan vaunun ja kiinteästi sijoitetun valvomon välillä. Vaunu tulee liittää muun muassa koneiden koordinoitua hoitavaan patteriautomaatioon (Coordination PLC). Yksinkertaisinta on käyttää langatonta tiedonsiirtoa, sillä se

ei vaadi ylimääräistä kaapelointia. Vaunulla myös turvallisuustoimintojen sekä sammutukseen liittyvien toimintojen koordinoinnin on oltava luotettavasti toteutettavissa järjestelmässä.

### 7.2.1 Tiedonsiirto

Käytettäviä tiedonsiirtovaihtoehtoja on kaksi: Profibus-väylä ja Profinet-standardia käyttävä teollisuus-Ethernet. Siemensillä on oma Scalance W -tuoteperheensä langattomiin Profinet-verkkoihin. Langattomalle Profibusille ei Siemensiltä sen sijaan löydy toteutusta, mutta myös sen toteutukseen löytyi vaihtoehtoja muilta toimittajilta.

**Scalance W** on tuoteperhe, joka sisältää langattomien lähiverkkojen komponentteja ja tarvikkeita. Sillä voidaan toteuttaa teollisuuskäyttöön soveltuva langaton tiedonsiirto. Sammutusvaunulla tiedonsiirto voidaan toteuttaa vaunuun sijoitettavan S7-300F-logiikan ja vaunun ulkopuolella sijaitsevan käyttäjäliitynnän sekä muiden vaunun toimintaan vaikuttavien sammutuksen toimintojen välillä. Kuvassa 22 on esimerkki yhdenlaisen järjestelmän toteutuksesta. Scalance mahdollistaa myös Profinetin käytön langattomasti. Scalance W:llä saadaan toteutettua teollisuuden tarpeisiin kehitetty langaton tiedonsiirto. (22, Linkit Teollisuus -> Tuoteuutiset -> Siemensin uutuustuote tukee nopeaa, langatonta IEEE802.11n-kommunikointistandardia.)



KUVA 22. Scalance-lähiverkko (19, Linkit Automation Technology -> Industrial Communication -> Industrial Wireless Communication -> Application examples.)

IWLAN on teollisuuden tarpeisiin kehitetty WLAN-standardiin perustuva tiedonsiirtomenetelmä, jolla pystytään vastaamaan automaation asettamiin vaatimuksiin, kuten reaaliaikaisuuteen. IWLAN-verkko Scalance W -laitteilla koostuu tukiasemista ja verkon liittyjistä (kuva 22). (19, Linkit Automation Technology -> Industrial Communication -> Industrial Wireless Communication -> Application examples/Introduction.)

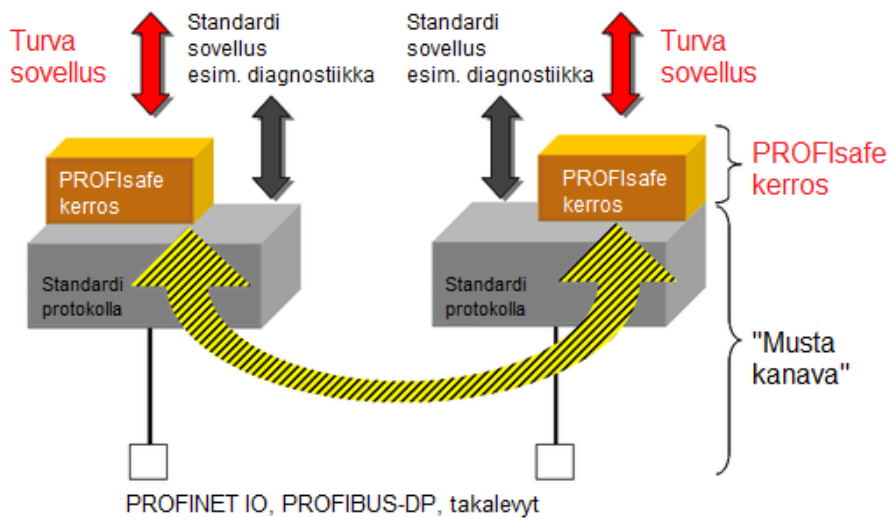
Scalancea voidaan käyttää ainoastaan Profinet sovelluksissa ja kuten aiemmin mainittu, ei Siemensillä ole vaihtoehtoa langattomaan Profibusiin. Kuitenkin on olemassa toimittajia, joiden laitteilla Profibusin langattomuus on toteutettavissa. Schildknechtin DataEagle sekä SATELin radiomodeemit ovat vaihtoehtoja, mikäli vaunun halutaan käyttävän Profibus-väylää.

**Schildknecht AG:n DATA Eagle** on langattoman tiedonsiirron Profibusilla mahdollistava laite. Sillä voidaan korvata Profibus-kaapeli helposti ilman eroja

PLC:n kokoonpanoon. Se on toimiva ratkaisu erityisesti käyttöpaikalla asennettavassa sammutusvaununsovelluksessa, jossa päälogiikka sijoitetaan vaunun ulkopuolelle tulevaan automaatiotilaan, jolloin masterina toimiva S7-300F-logiikka ja orjana toimiva ET200F-logiikka pystyvät kommunikoimaan keskenään. (40, linkit [Get information about wireless profibus.](#))

**SATELIN radiomodeemeja** voidaan myös käyttää Profibusin muuttamiseen langattomaksi. Radiomodeemeilla päästään luotettavaan tiedonsiirtoon jopa kilometrien matkoilla. Esimerkiksi SATELLAR-1DS on yksinään toimiva läpinäkyvä radiolinkki RS-232-, -485- tai -422-protokollin perustuviin järjestelmiin. (41, linkit [Tuotteet -> Radiomodeemit -> Älykkäät radiomodeemit -> SATELLAR-1DS -> SATELLAR RU User Guide V1.3.](#).) Toiminta turvallisuuskriittisissä sovelluksissa tulee kuitenkin tarkastaa.

Turvatiiedonsiirtoon käytetään Profisafe-tiedonsiirtoa. Turvallisuuden kannalta tarpeelliset tiedot siirretään yhdessä ja samassa väylässä vakiotiedonsiirron kanssa. Kuvasta 23 näkee Profisafen käyttämän siirtoperiaatteen, jossa turvallisuustiedonsiirto toteutetaan samanaikaisesti standarditiedonsiirron kanssa. Turvaviestit kasataan standardiviestin päälle ilman vaikutusta siihen. Profisafea voidaan käyttää turvallisuussovelluksissa SIL3:n tasoon asti. (42, linkit [Technology -> PROFIsafe -> Benefits.](#))



KUVA 23. Black channel -periaate (42, linkit Technology -> PROFIsafe -> Benefits)

Profisafe on integroitu turvallisuusteknologia tuotanto- ja prosessiautomaatioon. Se on myös saavuttanut kansainvälisen standardin, IEC 61784-3-3, aseman. (42, Linkit Technology -> Profisafe -> Overview.) Tavallista standardi laitetta ei ole mahdollista saada turvalaitteeksi vain Profisafen käyttöönotolla, vaan Turvallisuusluokka määräytyy käytetyn arkkitehtuurin ja toteutustavan mukaan.

## 7.2.2 HMI-liityntä

Miehittämätöntä automaattista sammutusvaunua täytyy kyetä seuraamaan valvomosta ja toiselta vaunulta, esimerkiksi koksinohjausvaunulta. Näytöltä voidaan seurata vaunun sijaintia, koksien painoa ja kriittisiä tietoja kuten kaappien lämpötiloja. Myös hälytykset tuodaan näytölle. Lisäksi vaunun käynnistyskäsky voidaan antaa paneelilta. Käynnistys ei voi tapahtua automaattisesti edes automaattitilassa, vaan käyttäjän tulee antaa se varmistettuaan kaiken olevan kunnossa käynnistystä varten.

Valvomoon vaunun käyttöpaneeliksi voidaan valita valvomon olemassa olevat näytöt tai lisätä Simatic HMI Comfort -paneeli. Sammutusvaunun seurantaan muilla vaunuilla, kuten koksinohjausvaunulla, voidaan tarvittaessa lisätä HMI Comfort -paneeli. Paneeli voidaan yhdistää sekä Profibusiin että Profinetiin. Paneeleissa löytyy eri kokoja, 4":sta 22":aan, joista voidaan valita sopivin yhdessä asiakkaan kanssa. Lisäksi tulee päättää, halutaanko kosketuksella toimiva näyttö vai näppäimillä varustettu versio. Laitteelle voi väylä-valinnasta riippuen toteuttaa myös aiemmin mainitun käsiajon mobiilipaneelilla, josta koneen valvonta myös onnistuu. (22, linkit Teollisuus -> Tuotteet ja järjestelmät -> Automaatiotekniikka -> Käyttöliittymät (SIMATIC HMI) -> Operointipaneelit -> Kosketunäytöt; 43, s.1/8.)

### **7.3 Sammutusvaunun sovellus**

Automaatioon liittyy kiinteänä osana myös sovellus. Sen tekeminen kuitenkin jätettiin työn ulkopuolelle. Sovelluksen teko ja sen tekemiseen käytettävät laitteet ja ohjelmien lisenssit otetaan kuitenkin huomioon jo työn tässä vaiheessa budjetointia varten.

Ohjelmointia varten tarvitaan Simatic Field PG -kannettava tietokone. Lisäksi tarvitaan ohjelmia ja käyttöjä varten erilaisia lisenssejä, jotka valitaan automaattisesti erillisellä työkalulla kokoonpanon mukaan tai Field PG:n kanssa. Lisenssien kustannusvaikutus voi olla merkittävä.

Vaunun sovellusta varten tarvitaan STEP 7-ohjelmointityökalu, sillä TIA Portal ei ole S7-300 yhteensopiva. TIA Portalia toimii kuitenkin käyttäjäläilyntään käytettävien HMI Comfort -paneelien ohjelmointialustana.

## 8 POHDINTA

Tässä osiossa tehdään katsaus suunnitteluprosessin lopputulokseen ja onnistumiseen. Lisäksi selvitetään, mitä tietoja suunnittelun jatkoa varten tarvitaan.

### 8.1 Työn lopputulos

Opinnäytetyössä tehtiin Siemens Osakeyhtiön metalliteknologiaosastolle miehittämättömän, automaattisen koksinsammutusvaunun sähköistyksen ja instrumentoinnin esisuunnittelu. Työn tavoitteena oli selvittää automaattisesti toimivan koksinsammutusvaunun sähköistykseksi ja automaatiolle ratkaisuvaihtoehdot. Lisäksi selvitettiin konedirektiivin aiheuttamia vaatimuksia automaattisesti toimivalle miehittämättömälle koneelle.

Työn aihe oli mielenkiintoinen ja laajuutensa vuoksi haastava. Työssä piti oppia priorisoimaan ja aikatauluttamaan eri osa-alueet, jotta työ etenisi oikeassa aikataulussa. Lisäksi piti kyetä päättämään, milloin on saanut tarpeeksi tietoa aiheesta esisuunnittelua varten. Useassa osassa on asioita, joihin olisi ollut mielenkiintoista keskittyä syvällisesti ja perussuunnitteluvaiheessa, kuten esimerkiksi turvallisuusjärjestelmän suunnittelu. Ajan rajallisuuden vuoksi on tarkoituksenmukaista jättää yksityiskohdat jatkokehitykseen ratkaistavaksi.

Työn aikana oppi hyvin hakemaan tietoa ja myös hyödyntämään laitetoimittajien edustajia ja viranomaisia yhtenä lähteenä. Työtä helpotti se, että työn teko tapahtui Siemensin Oulun toimistolla, jossa pystyi käyttämään hyväksi myös kokeneempien työntekijöiden tietämystä. Työn mielenkiintoa lisäsi mahdollisuus tarkastella instrumentointia haastavissa olosuhteissa ja yhdistää automaatiotekniikan ja sähkötekniikan opintojani. Haastavimmaksi alueeksi työn edetessä osoittautui turvallisuusjärjestelmän toteutus, sillä automaattisesti toimivalle koneelle on EU:ssa tiukat vaatimukset. Se jäikin osittain keskeneräiseksi ja vaatii lisätutkimusta.

Vaikka aikataulutaminen ja työ yleensä olivat haastavat, työ eteni ja valmistui aikataulun mukaisesti. Työn lopputuloksena on dokumentti, johon on selvitetty opinnäytetyöhön kuuluvat osa-alueet. Siemensille tuleva dokumentti on englanninkielinen.

## **8.2 Jatkotoimenpiteet**

Työn päämääränä oli tehdä esisuunnitelma automaattisen koksinsammutusvaunun sähköistyksen, instrumentoinnin ja automaation toteutuksesta. Päämäärässä onnistuttiin, mutta jotkin aihealueet jäivät silti pisteeseen, jossa niistä tarvitaan lisätietoa ennen yksityiskohtaisempaa suunnittelua.

Sähköistyksen suunnittelu jatkuu, kun saadaan selville asiakas. Asiakkaalta täytyy suunnittelua varten saada tiedot mm. siitä, miten vaunu halutaan liittää verkkoon, jotta voidaan suunnitella järjestelmän sijoitus ja valita komponentit vallitsevien sääolosuhteiden mukaan.

Instrumentoinnissa tulee selvittää parhaat instrumenttien asennuspaikat ja tehdä asennuspiirrokset. Turvallisuusjärjestelmälle tulee tehdä lisäselvitys. Tulee selvittää, ovatko tässä työssä luetellut, aidatun alueen osiin jakamiseen tarkoitetut vaihtoehdot toimivia. Järjestelmä tulee suunnitella loppuun ja sen jälkeen tulee tehdä turvallisuustarkastelu, jolla määritetään jäännösriski ja päätetään, onko se hyväksyttävä.

Automaattisesti toimiva vaunu tarvitsee myös ohjelmistosovelluksen, jonka teko sovittiin jätettäväksi opinnäytetyön ulkopuolelle. Sitä varten tulee selvittää vaunulta vaadittu toiminta vikatilanteissa sekä käynnistys- ja pysäytys-tilanteiden toimintakuvaukset. Langatonta tiedonsiirtojärjestelmää varten tulee selvittää kokoonpano ja logiikan konfigurointi tulee päivittää turvallisuusjärjestelmän määrityksen jälkeen.

Yleisesti joka osioon tulee liittää laitteiden tekniset tiedot. Lisäksi tulee laatia asennussuunnitelma ja piirtää kytkentäkaaviot. Vaunun käyttöä varten tulee kirjoittaa yksityiskohtaiset huolto- ja käyttöohjeet.

## LÄHTEET

1. Teräskirja. 2003. Metallinjalostajat Ry.
2. Grande Cache Coal. Saatavissa: <http://www.gccoal.com/about-us/met-coal-101.html>. Hakupäivä 7.5.2014.
3. HSE. Control of exposure to fume at coke ovens: Advice to employers. [http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/ocs/400-499/433\\_4.htm](http://www.hse.gov.uk/foi/internalops/ocs/400-499/433_4.htm). Hakupäivä 20.4.2014
4. Keskustelut Siemensin työntekijöiden kanssa. Tammikuu–Huhtikuu 2014.
5. SFS-EN 60204-1. 2006. Koneturvallisuus. Koneiden sähkölaitteisto. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS Ry.
6. Insulated Conductor Rail Single Power Line Program 0813. Conductix. Saatavissa: [http://www.conductix.fi/sites/default/files/downloads/KAT0813-0002-E\\_Insulated\\_Conductor\\_Rail\\_SinglePowerLine\\_0813.pdf](http://www.conductix.fi/sites/default/files/downloads/KAT0813-0002-E_Insulated_Conductor_Rail_SinglePowerLine_0813.pdf). Hakupäivä 20.4.2014.
7. Conductix. Saatavissa: <http://www.conductix.com/>. Hakupäivä 20.4.2014.
8. Product Overview. Motor Driven Reels. Conductix. Saatavissa: [http://www.conductix.fi/sites/default/files/downloads/KAT7100-0002-E\\_Product\\_Overview\\_Motor\\_Driven\\_Reels.pdf](http://www.conductix.fi/sites/default/files/downloads/KAT7100-0002-E_Product_Overview_Motor_Driven_Reels.pdf). Hakupäivä 20.4.2014.
9. Mård, Matti 1992. Sähkökäyttö ja tehoelektroniikka. Jyväskylä: Otatieto.
10. Niiranen, Jouko 1999. Sähkömoottorikäytön digitaalinen ohjaus. Helsinki: Otatieto.
11. Tekniset oppaat nro 8. Sähköinen jarrutus. 2001. ABB. Saatavissa: [http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/\\$File/Tekninen\\_opasnro8.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/2e30f9c0e2d07b9ac1256d28004152df/$File/Tekninen_opasnro8.pdf). Hakupäivä 20.4.2014.

12. The Engineering Tool Box. Rolling Resistance. Saatavissa:  
[http://www.engineeringtoolbox.com/rolling-friction-resistance-d\\_1303.html](http://www.engineeringtoolbox.com/rolling-friction-resistance-d_1303.html).  
Hakupäivä 20.4.2014.
13. Tekniset oppaat nro 7. Sähkökäytön mitoitus. 2001. ABB. Saatavissa:  
[http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/\\$File/Tekninen\\_opasnro7.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/$File/Tekninen_opasnro7.pdf). Hakupäivä 20.4.2014.
14. Tietämisen arvoista asiaa taajuudenmuuttajista. 1992. Danfoss A/S.
15. Simotion Sinamics S120 & Simotics. Equipment for Production Machines. 2013. Siemens. Saatavissa:  
[http://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/Documents/Catalog\\_PM21-SINAMICS\\_S120.pdf](http://www.industry.usa.siemens.com/drives/us/en/motion-control-systems-and-solutions/Documents/Catalog_PM21-SINAMICS_S120.pdf). Hakupäivä 20.4.2014
16. Jokinen, Kari 2010. Moottorikäyttöjen ohjaus ja suojaus. Luentomoniste. Vaasan ammattikorkeakoulu, tekniikka ja liikenne.
17. Vacon CX/CXL/CXS taajuusmuuttajat. Jarrukatkojat ja -vastukset. 2001. Saatavissa: [http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id\\_3341/cf\\_2/Vacon-CX-Brake-Choppers-Resistors-User-Manual-Ud21.PDF](http://www.vacon.com/ImageVaultFiles/id_3341/cf_2/Vacon-CX-Brake-Choppers-Resistors-User-Manual-Ud21.PDF). Hakupäivä 20.4.2014.
18. Tekninen opas nro 1. Suora momentinsäätö. 2001. ABB. Saatavissa:  
[http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/fdba0b31a34b89d1c1256d280040b4ae/\\$File/Tekninenopasnro1.pdf](http://library.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/fdba0b31a34b89d1c1256d280040b4ae/$File/Tekninenopasnro1.pdf). Hakupäivä 20.4.2014.
19. Siemens Global. Saatavissa: <http://www.siemens.com/entry/cc/en/>.  
Hakupäivä 21.4.2014.
20. Information and Download Center.  
[https://intranet.automation.siemens.com/mcms/infocenter/content/en/Pages/order\\_form.aspx?nodeKey=key\\_9178610&infotype=1](https://intranet.automation.siemens.com/mcms/infocenter/content/en/Pages/order_form.aspx?nodeKey=key_9178610&infotype=1). Hakupäivä 20.4.2014.

21. Symeo LPR-1DHP Data Sheet. Saatavissa:  
[http://www.symeo.com/cms/upload/PDF/Datasheet\\_LPR-1DHP.pdf](http://www.symeo.com/cms/upload/PDF/Datasheet_LPR-1DHP.pdf).  
Hakupäivä 21.4.2014.
22. Siemens Osakeyhtiön sivut. Saatavissa:  
<http://www.siemens.com/answers/fi/fi/>. Hakupäivä 21.4.2014.
23. Laskentaperusteita keskuskaapin lämpötilansäädössä. OEM. Saatavissa:  
[http://www.oem.fi/Tuotteet/Keskus/Kotelolammitimet/Yleista/Laskentaperusteita\\_keskuskaapin\\_lamportilansaadossa/824453-516555.html](http://www.oem.fi/Tuotteet/Keskus/Kotelolammitimet/Yleista/Laskentaperusteita_keskuskaapin_lamportilansaadossa/824453-516555.html). Hakupäivä 7.5.2014.
24. RITTAL. Saatavissa: <http://www.rittal.com/fi-fi/content/fi/produkte/produkte.jsp>. Hakupäivä 21.4.2014.
25. Keinänen, Toimi – Kärkkäinen, Pentti 2009. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatikka. 1.–2. Painos. Helsinki: WSOYpro.
26. Giovenzana. Saatavissa:  
[http://www.giovenzana.com/Custom/GIOVENZANA/EN/Azienda\\_azienda.aspx](http://www.giovenzana.com/Custom/GIOVENZANA/EN/Azienda_azienda.aspx). Hakupäivä 5.5.2014.
27. Siirilä, Tapio 2008. Koneturvallisuus. EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 2., uudistettu painos. Keuruu: Inspecta.
28. SFS-EN 619. 2010. Kuljetinlaitteet ja -järjestelmät. Turvallisuusvaatimukset ja sähkömagneettista yhteensopivuutta koskevat vaatimukset. Kappaletavarakuljettimet ja -laitteistot. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS Ry.
29. SFS-EN-ISO 12100. 2010. Koneturvallisuus. Yleiset suunnitteluperiaatteet, riskin arviointi ja riskin pienentäminen. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS Ry.

30. Metsta. Koneturvallisuuden teemasivut.  
[http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden\\_teemasivut/](http://www.metsta.fi/www/koneturvallisuuden_teemasivut/). Hakupäivä 20.4.2014.
31. Siirilä, Tapio 2009. Koneturvallisuus. Ohjausjärjestelmät ja turvalaitteet. 2., uudistettu painos. Keuruu: Inspecta.
32. RFIDLab Finland ry. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/>. Hakupäivä 22.4.2014.
33. Radiotaajuinen tunnistus eli RFID teollisuuden sovelluksissa. 2014. Sarlin asiakaslehti. 1/2014. S.4–5.
34. VEGA. Saatavissa: <http://www.vega.com/en/index.htm>. Hakupäivä 22.4.2014.
35. CIAS. Saatavissa: <http://www.cias.it/en/products/microwave-barriers/>  
Hakupäivä 7.5.2014.
36. Steute. Saatavissa: <http://www.steute.com/en/home.html>. Hakupäivä 22.4.2014.
37. Fonselius, Jaakko – Pekkola, Kari – Selosmaa, Seppo – Ström, Markku – Välimaa, Taisto 1999. Automaatiolaitteet. 1.–2. painos. Helsinki: Edita.
38. Power Supply SITOP. Catalog KT 10.1. 2012. Siemens. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/palvelut\\_ja\\_koulutus/tek\\_ninen\\_tuki/tuoteluettelot/kt10\\_1.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/palvelut_ja_koulutus/tek_ninen_tuki/tuoteluettelot/kt10_1.pdf). Hakupäivä 22.4.2014.
39. Products for Totally Integrated Automation and Micro Automation. Siemens. 2011. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/palvelut\\_ja\\_koulutus/tekninen\\_tuki/tuoteluettelot/st70.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/palvelut_ja_koulutus/tekninen_tuki/tuoteluettelot/st70.pdf). Hakupäivä 22.4.2014.
40. Schildknecht AG. Saatavissa: <http://www.schildknecht.info/>. Hakupäivä 7.5.2014.

41. SATEL. Saatavissa: <http://www.satel.com/fi>. Hakupäivä 22.4.2014.
42. PROFIBUS International. Saatavissa: <http://www.profibus.com/>. Hakupäivä 22.4.2014.
43. Human Machine Interface Systems/PC-based Automation. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt\\_is/palvelut\\_ja\\_koulutus/tek\\_ninen\\_tuki/tuoteluettelot/st80\\_st\\_pc.pdf](http://www.siemens.fi/pool/products/industry/iadt_is/palvelut_ja_koulutus/tek_ninen_tuki/tuoteluettelot/st80_st_pc.pdf). Hakupäivä 7.5.2014.

S7-300\_1 (SIMATIC S7-300)

Error-free

Rack\_1

▼ Device details

Article overview Properties Messages

Module	Rack	Slot	Order number	Equipment identifier
[-] DIN rail 480 mm	DIN rail 480 mm		6ES7390-1AE80-0AA0	
Load current supply PS 307; AC 120/230V, DC 2	DIN rail 480 mm	1	6ES7307-1EA80-0AA0	
[+] CPU 315F-2 PN/DP	DIN rail 480 mm	2	6ES7315-2FJ14-0AB0	
CP 343-1, Industrial Ethernet, S7-300	DIN rail 480 mm	4	6GK7343-1EX30-0XE0	
Digital input 32DI, 24V DC; isolated	DIN rail 480 mm	5	6ES7321-1BL00-0AA0	
Digital output 32DO, 24V DC, 0.5A; isolated	DIN rail 480 mm	6	6ES7322-1BL00-0AA0	
Digital input 24DI, 24V DC; diagnostics, fail-safe	DIN rail 480 mm	7	6ES7326-1BK02-0AB0	
Analog input 8AI; 16-bit; isolated	DIN rail 480 mm	8	6ES7331-7NF00-0AB0	

ET 200M\_1 (SIMATIC ET 200M)

Error-free

▼ Device details

Article overview Properties Messages

Module	Rack	Slot	Order number	Equipment identifier
[-] DIN rail 480 mm	DIN rail 480 mm		6ES7390-1AE80-0AA0	
Load current supply PS 307; AC 120/230V, DC 2	DIN rail 480 mm	PS	6ES7307-1EA80-0AA0	
[+] IM 153-4 High Feature for ET 200M, PROFINET	DIN rail 480 mm	0	6ES7153-4BA00-0XB0	
Digital input 32DI, 24V DC; isolated	DIN rail 480 mm	2	6ES7321-1BL00-0AA0	
Digital input 24DI, 24V DC; diagnostics, fail-safe	DIN rail 480 mm	3	6ES7326-1BK02-0AB0	

Vaunulla:				Radan varrella:		
Tulot:						
Käyntiin	Vaunun käynnistys	DI			Vaunun valvonta	DI
Seis	Vaunun pysäytys	DI			Vaunun valvonta	DI
Käsi-auki	Sivuluukun sylinteri - auki	DI			Vaunun valvonta	DI
Käsi-kiinni	Sivuluukun sylinteri - kiinni	DI			Vaunun valvonta	DI
Käsi-vasen	Vaunun ohjaus vasemmalle	DI			Vaunun valvonta	DI
Käsi-oikea	Vaunun ohjaus oikealle	DI			Vaunun valvonta	DI
Seis	Vaunun pääteraja	DI			Vaunun valvonta	DI
Auki-kiinni	Sivuoven tilatieto	DI			Vaunun valvonta	DI
T1	Lämpötilanmittaus - kaapit	AI	4 - 20 mA		Paikannus-apu	DI
T2	Lämpötilanmittaus - kaapit	AI	4 - 20 mA		Paikannus-apu	DI
T3	Lämpötilanmittaus - hydraulikka	AI	4 - 20 mA		Paikannus-apu	DI
P1	Paineenmittaus - hydraulikka	AI	4 - 20 mA		Sammutuspaikan varmistus	DI
L1	Pinnanmittaus - hydraulikka	AI	4 - 20 mA	Hätäseis4		DI
Hätäseis	Vaunun hätäseis	DI		Hätäseis5		DI
Hätäseis2	Valvomon hätäseis	DI		Hätäseis5		DI
Hätäseis3	Käsi käytön hätäseis	DI				
Lähdöt:						
Auki	Sivuluukun sylinteri - auki	DO				
Kiinni	Sivuluukun sylinteri - kiinni	DO				
Käyntiin ohjaus		DO				
Kiinniohjaus		DO				
Signaali valo - vasen		DO				
Signaali valo - oikea		DO				
Signaali ääni - vasen		DO				
Signaali ääni - oikea		DO				