



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lauri Pessinen

SCR – JÄRJESTELMÄN TEHDASTESTI- LAITE JA -OHJEISTUS

Case NOR – Annosteluyksikkö

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulussa tekniikan ja liikenteen yksikössä kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman päättötyönä Wärtsilä Vaasan, Product Center Ecotechille. Työtä ohjasi Vaasan ammattikorkeakoulusta lehtori Marko Rantasalo ja Ecotechilta Senior Development Engineer Daniel Nordberg. Projektin hallitsijana toimi manageri Veli-Pekka Västi. Haluan kiittää erityisesti Daniel Nordbergia kaikesta saamastani avusta opinnäytetyön kanssa. Automation Specialist Pasi Ala-Honkolan tuki sähkökaavioiden parissa ansaitsee myös kiitokset.

Vaasassa 9.5.2012

Lauri Pessinen

TIIVISTELMÄ

| | |
|--------------------|---|
| Tekijä | Lauri Pessinen |
| Opinnäytetyön nimi | SCR – järjestelmän tehdastesti-laite ja –ohjeistus, Case NOR – Annosteluyksikkö |
| Vuosi | 2012 |
| Kieli | suomi |
| Sivumäärä | 67 + 12 liitettä |
| Ohjaaja | Marko Rantasalo |

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Oyj Abp Vaasan Product Center Ecotech-yksikölle. Opinnäytetyön aiheena on suunnitella urea-annosteluyksikön testilaite ja luoda testiproseduuri. Työ parantaa ja nopeuttaa annosteluyksikön tehdastestausta sekä luoda testaukselle selkeä ohjeistus. Työssä tutkitaan mahdollisuutta käyttää logiikkaohjausta testilaitteen ja annosteluyksikön yhdistämisessä ja yhteiskäytössä.

Laitteen fyysinen toiminta ja ohjelman tunteminen todettiin tärkeäksi opinnäytetyön kannalta. Opinnäytetyön suorittaminen aloitettiin tutkimalla SCR -järjestelmän toimintaa yleisesti ja erilaisia testiproseduureja. Lisäksi tutustuttiin myös logiikkaohjaukseen ja sen vaatimuksiin kyseisessä testiympäristössä.

Virtaustestauksen suorittamiseksi on käytettävä urealiuosta. Logiikkaohjaukselle todettiin olevan käyttöä järjestelmän simuloinnissa. Lisäksi testin automatisoinnin kannalta logiikan käyttöönotto tukee testauksen yksinkertaisuutta. Logiikkaan pystyttiin liittämään myös tulostin ja ohjaukseen käytetään HMI:tä. Testilaitteiston komponentteina käytetään nykyisen NOR -mallin mukaisia komponentteja. Uuden testiohjeistuksen luonnissa otetaan huomioon myös logiikan käyttäminen.

| | |
|------------|--|
| Avainsanat | tehdastesti, testiohje, SCR-järjestelmä, ohjelmoitava logiikka, testilaite |
|------------|--|

ABSTRACT

| | |
|--------------------|---|
| Author | Lauri Pessinen |
| Title | FAT Device and Testing Guidelines for SCR -system, Case NOR – Dosing Unit |
| Year | 2012 |
| Language | Finnish |
| Pages | 67 + 12 Appendices |
| Name of Supervisor | Marko Rantasalo |

This thesis was made for Wärtsilä Vaasa Product Center Ecotech unit. The objective was to design a testing device for the urea dosing unit test device and create guidelines for testing. The thesis was made to improve and speed up the testing at the dosing unit factory with clear guidelines. The possibility to use a logic control in dosing unit and testing was studied as well.

The physical operation of the device and knowledge of the program was important for the thesis. This study was initiated by studying the performance of an SCR system in general and a various test procedures. Attention was paid to the control logic and the requirements in the specific test environment.

To perform the flow test preferably urea solution is used. Logic control system in the simulation was found to be useful. Regarding the automation of the testing, the introduction of logic supports the simplicity of testing. It is possible to connect the logic with the printer and control it with a HMI. Hardware components used are the same used in the current model of the NOR. The use of the test device was also considered when creating the new guidelines for the FAT-test.

| | |
|----------|---|
| Keywords | FAT-test, testing guideline, SCR-system, programmable logic control, FAT-device |
|----------|---|

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

| | | |
|---|---|----|
| 1 | JOHDANTO..... | 11 |
| 2 | WÄRTSILÄ | 13 |
| | 2.1 Yleistä | 13 |
| | 2.2 Missio, visio ja arvot..... | 14 |
| | 2.3 Ecotech..... | 14 |
| 3 | PÄÄSTÖRAJOITUKSET | 16 |
| | 3.1 NO _x | 16 |
| | 3.2 NO _x -päästöjen rajoittamistavat | 17 |
| | 3.2.1 Selective Catalytic Reaction | 17 |
| | 3.2.2 NO _x Reducer..... | 18 |
| 4 | UREA | 21 |
| | 4.1 Tarvittava määrä | 21 |
| | 4.2 Reaktio | 22 |
| | 4.3 Urean asettamat vaatimukset | 22 |
| | 4.3.1 Säiliö | 23 |
| | 4.3.2 Putket ja venttiilit | 24 |
| 5 | TESTAUSSUUNNITELMA..... | 25 |
| | 5.1 Testaaminen | 25 |
| | 5.1.1 Toiminnallisten ominaisuuksien testaus | 26 |
| | 5.1.2 Ei-toiminnallisten ominaisuuksien testaus..... | 27 |
| | 5.2 Testaussuunnitelman vaiheet | 27 |
| | 5.3 Sertifiointi | 28 |
| 6 | TYÖN LÄHESTYMISTAPA JA TOTEUTUS | 30 |
| | 6.1 Nykyiset ongelmat | 30 |
| | 6.2 Uudet vaatimukset | 31 |
| 7 | ANNOSTELUYKSIKKÖ | 32 |
| | 7.1 Virtauskaavio | 33 |
| | 7.2 Ohjaus | 34 |

| | | |
|--------|--|----|
| 8 | SUUNNITTELUUN VALMISTAVA OSUUS | 37 |
| 8.1 | Factory Acceptance Test..... | 37 |
| 8.2 | Tehdastesti annosteluyksikölle 20.3.2012 | 38 |
| 8.3 | Manuaalinen testaus..... | 39 |
| 8.4 | Logiikan käyttö vuoto- ja I/O-testauksessa..... | 40 |
| 8.5 | Logiikan käyttö vuoto-, virtaus- ja I/O-testauksessa | 40 |
| 9 | SUUNNITTELU | 42 |
| 9.1 | Testilaitte..... | 43 |
| 9.1.1 | Käytettävä aine..... | 43 |
| 9.1.2 | Kehikko..... | 44 |
| 9.1.3 | Pumppu | 47 |
| 9.1.4 | Paineilma..... | 48 |
| 9.1.5 | Putket ja venttiilit | 48 |
| 9.1.6 | Suutin | 49 |
| 9.1.7 | Paineen poistaminen..... | 50 |
| 9.2 | Testilaitteen fyysinen toiminta..... | 51 |
| 10 | OHJELMOITAVA LOGIIKKA | 53 |
| 10.1 | Logiikan vaatimukset..... | 53 |
| 10.1.1 | Ohjaustavan valinta..... | 54 |
| 10.1.2 | Virtauksen mittaus ja tulostus | 55 |
| 10.2 | Teoreettinen logiikkaohjelma | 55 |
| 10.3 | Logiikan valinta | 57 |
| 11 | ANNOSTELUYKSIKÖN UUSI TEHDASTESTIOHJEISTUS | 59 |
| 12 | KONSEPTIN VALINTA/MUUTOKSET | 61 |
| 12.1 | Parannusehdotukset..... | 61 |
| 12.2 | Suunnittelun jatkaminen/Muutettavat asiat..... | 61 |
| 12.3 | Komponenttivalinnat..... | 62 |
| 13 | YHTEENVETO JA ARVIOINTIA | 63 |
| 13.1 | Aikataulussa pysyminen | 63 |
| 13.2 | Projektin tulokset | 63 |
| 13.3 | Projektin jatkuminen..... | 64 |
| 13.4 | Loppusanat..... | 64 |

| | |
|--------------|----|
| LÄHTEET..... | 66 |
| LIITTEET | |

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

| | | |
|------------------|---|-------|
| Kuvio 1. | Liiketoiminta-alueiden osuus Wärtsilän liikevaihdosta vuonna 2011 | s. 12 |
| Kuvio 2. | Wärtsilän henkiläjakauma vuonna 2011 | s. 13 |
| Kuvio 3. | Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO päästöluokat | s. 15 |
| Kuvio 4. | SCR-järjestelmän mallikuva | s. 17 |
| Kuvio 5. | Wärtsilä NOx-Reducer | s. 19 |
| Kuvio 6. | Urean kulutuksen kaava (NOR 2009) | s. 20 |
| Kuvio 7. | Annosteluyksikön tärkeimmät osat | s. 31 |
| Kuvio 8. | Annosteluyksikön virtauskaavio | s. 33 |
| Kuvio 9. | NOR -järjestelmän ohjausyksikkö | s. 34 |
| Kuvio 10. | Tehdastestissä käytetty liitin järjestelmän paineistamiseen | s. 38 |
| Kuvio 11. | FAT testilaitteen tarpeet | s. 41 |
| Kuvio 12. | Fintankin miniAdblue tankkauspiste | s. 44 |
| Kuvio 13. | Dunlop, sähkökäyttöinen öljypumppu VT 200 | s. 45 |
| Kuvio 14. | Fintank pumppusarja nestekontteihin | s. 46 |
| Kuvio 15. | NOR – järjestelmän pumppuyksikkö | s. 47 |
| Kuvio 16. | Mahdollinen elektronisten komponenttien sijoitustapa | s. 47 |
| Kuvio 17. | NOR-järjestelmässä käytettävä suutin | s. 50 |
| Kuvio 18. | Testilaitteen mahdollinen layout | s. 52 |
| Kuvio 19. | Annostelun testausta kuormaa muuttamalla | s. 57 |

| | |
|--|-------|
| Taulukko 1. Typpioksidipäästöjen vähentämistapoja | s. 17 |
| Taulukko 2. NOR -järjestelmän osat | s. 18 |
| Taulukko 3. Eri aineiden vuotomäärät eräässä järjestelmässä | s. 23 |
| Taulukko 4. Erään järjestelmän testaustavoitteet | s. 25 |
| Taulukko 5. NOR A, annosteluyksikön laatuvaatimukset | s. 30 |
| Taulukko 6. Annosteluyksikön eri moodit | s. 35 |
| Taulukko 7. Pumppuyksiköiden putkenvalinta virtauksen perusteella | s. 43 |
| Taulukko 8. Annostelun tulojen toimintarajat | s. 56 |
| Taulukko 9. Logiikan mahdollisia valintaperusteita | s. 57 |
| Taulukko 10. Tarvittavat tulot ja niiden lukumäärät | s. 62 |

LIITELUETTELO

LIITE 1. Matlab -kuva annosteluyksikön toiminnasta

LIITE 2. Testitapojen vertailu SWOT -taulukossa

LIITE 3. Simulointiarvot

LIITE 4. Ohjaustapojen esittely

LIITE 5. NOR, Annosteluyksikön testiohje

LIITE 6. NOR, Annosteluyksikön tarkastuslista

LIITE 7. Testilaitteen virtauskaavio

LIITE 8. Testilaitteen yleiskuva

LIITE 9. Vuokaavio logiikan tuloista

LIITE 10. Logiikkaohjelman vuokaavio

LIITE 11. Siemensin logiikkaehdotukset

LIITE 12. OMRONin logiikkaehdotukset

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

| | |
|-----------------------|---|
| SCR | Typen oksidien vähentäminen katalyyttisesti |
| NO_x | Typenoksidit |
| NOR | Wärtsilän kehittämä, typen oksideja vähentävä järjestelmä. |
| NOR A | Nitrogen Oxide Reducer, tämän hetkinen malli |
| PLC | Ohjelmoitava logiikka |
| PC | Tietokone |
| HMI | Käyttöliittymä ihmisen ja ohjelmoitavan logiikan välillä |
| IMO | Kansainvälinen merenkulkujärjestö |
| MARIPOL | Kansainvälinen yleissopimus alusten aiheuttaman ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi |
| ISO | Kansainvälinen standardisointijärjestö |
| I/O | Signaalien sisään- ja ulostulo |
| LDU | Paikallisnäyttö |
| ModBus | Eräs sarjaliikenneprotokolla |

1 JOHDANTO

”Vihreät arvot” on tämän päivän yksi suurimpia megatrendejä. Osittain se johtuu ihmisen kasvaneesta arvostuksesta luontoa ja sen monimuotoisuutta kohtaan, mutta myös saasteiden ja kasvihuonekaasujen aiheuttamista haitoista. Pakokaasujen päästöjä merillä on rajoitettu jo vuosia erilaisilla määräyksillä, joista tiukimmat ovat Itämerelle, Pohjanmerellä ja Yhdysvaltojen rannikkoalueilla.

Ammoniakkia typenoksidien poistossa on käytetty jo 90-luvun alusta lähtien. Ammoniakkia säilytetään urean muodossa, jolloin sitä on helpompi hallita. Nykyään sitä käytetään laajasti eri kuorma-autoissa ja hieman vähemmän henkilöautoissa ja voimalaitoksissa. Tiukentuvien päästömääräysten noudattaminen on nykyään kasvava tapa tehdä kauppaa. Uusiutuvan energian siirtymävaiheessa on tarpeen ajatella myös vanhempien energiantuotantomuotojen ekologisuutta.

Työn tavoitteena on suunnitella NOR annosteluyksikön testauslaite. Laitteen avulla pyritään samankaltaistamaan annosteluyksikön testiympäristö todellisuuden kanssa. Lisäksi suunnitellaan testiproseduuri, jota tullaan käyttämään annosteluyksikön testauksessa. Lopputuloksena työstä toivotaan testin suoritusohjetta ja testilaitteistokomponenttilistaa, 3d:ksi mallinnettua kuvaa laitteesta sekä virtaus- ja kytkentäkaaviota.

Testin suorittamisen tulisi olla niin yksinkertainen, että tekniikasta ymmärtämätön pystyisi testin suorittamaan ja saataisiin tieto laitteiston toiminnasta eri kuormituspisteissä. Annostelun määrän tulee pysyä sallituissa rajoissa testin läpäisemiseksi. Sen selvittämiseksi tulee testiä kehittää nykyisestä testaustavasta automaattisempaan suuntaan ja tässä on ajateltu testilaitteen käyttöönottoa. Testin jälkeen tulee täyttää testilomake jokaiselle yksikölle ja siihen liitetään testistä saadut virtauksen arvot eri kuormilla.

Ennen työn suorittamista luotiin aikataulusuunnitelma, jonka päämääräksi otettiin valmistuminen toukokuussa. Näin saatiin luotua välitavoitteita, joiden valmistumisen kautta pystytään seuraamaan opinnäytetyön etenemistä. Aikataulutuksen pohjana käytettiin työn eri vaiheita, joita ovat esimerkiksi teoriaosuus ja käytän-

töön valmistava osuus. Nämä jaettiin vielä pienempiin kokonaisuuksiin, joihin kuluva ajankäyttöä arvioitiin suunnilleen. Suunnitelma hyväksyttiin opinnäytetyön ohjausryhmässä, johon kuuluivat koulun ja työpaikan ohjaaja sekä työpaikan manageri.

Työn suorittaminen aloitetaan NOR – järjestelmän ja annosteluyksikön mekaaniseen ja elektroniseen toimintaan tutustumalla. Seuraavaksi tutustutaan testien suorittamiseen ja ohessa käytiin suorittamassa annostelu- ja pumppuyksikön tehdastestit. Ennen suunnittelua pohditaan eri testitapoja ja niiden hyviä ja huonoja puolia. Suunnittelussa suunnitellaan testilaitteen teoreettinen virtauskaavio ja kytkentäkaavio valitun testitavan pohjalta, ja näiden perusteella valitaan sopiva logiikka. Valitaan myös muut laitteiston komponentit kuten putket, säiliö, venttiilit ja kehikko. Lopuksi mallinnetaan 3d-malli testilaitteesta.

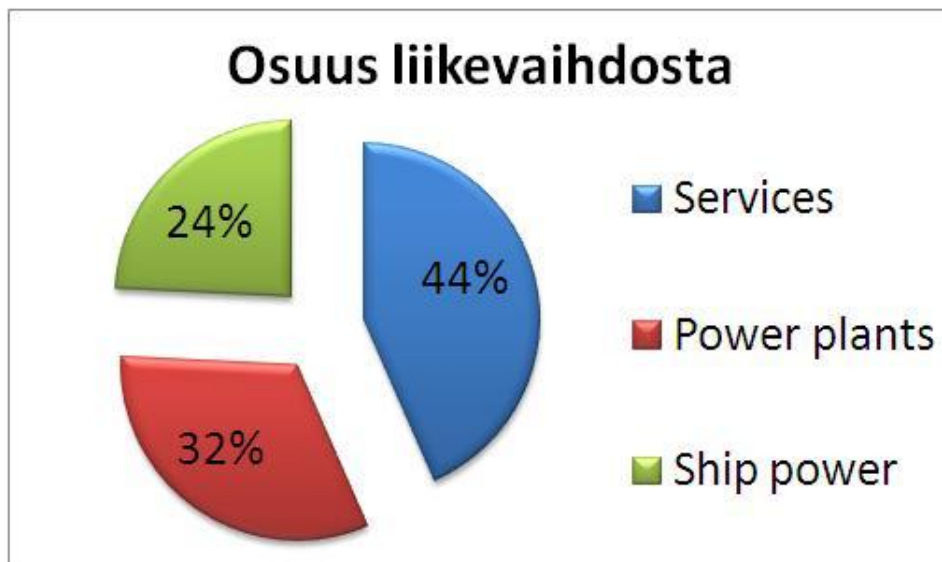
2 WÄRTSILÄ

Wärtsilä on markkinoiden johtava voimalaitostoimittaja, joka tukee asiakkaita koko tuotteen elinkaaren ajan. Vuosi 1834 oli merkittävä Wärtsilälle, silloin Tohmajärven kuntaan perustettiin Wärtsilä-niminen saha, jonka liiketoiminta on tähän päivään mennessä laajentunut huomattavasti.

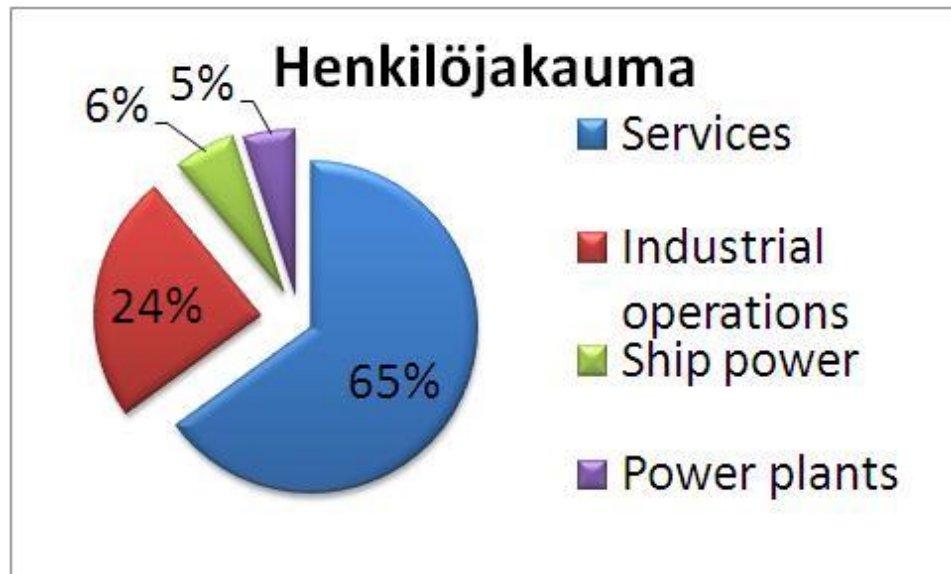
2.1 Yleistä

Vuonna 2011 Wärtsilän henkilöstömäärä oli noin 18 000 henkeä, yrityksellä on lähes 170 toimipistettä 70 maassa ja liikevaihto oli 4 209 MEUR. Wärtsilä on liiketoiminnallisesti jaettu kolmeen osioon: Services, Power Plant ja Ship Power (**Kuvio 1.**) Henkilöstöosastoja on neljä: Wärtsilä Industrial Operations, Services, Power Plant ja Ship Power (**Kuvio 2.**)

Suomessa Wärtsilä työllistää yli 3 400 henkilöä eri puolilla Suomea. Näitä sijain- teja ovat: Helsinki, Vaasa, Turku ja Espoo. Wärtsilän pääkonttori sijaitsee Helsin- gissä.



Kuvio 1. Liiketoiminta-alueiden osuus Wärtsilän liikevaihdosta vuonna 2011.



Kuvio 2. Wärtsilän henkilöjakauma vuonna 2011.

2.2 Missio, visio ja arvot

Missio

Toimitamme ratkaisuja, jotka tukevat asiakkaiden liiketoimintaa tuotteen koko elinkaaren ajan. Samalla kehitämme yhä parempia teknologioita, joista hyötyvät sekä asiakkaat että ympäristö.

Visio

Olemme kaikkien asiakkaittemme arvostetuin kumppani.

Arvot

Energia – Tartu tilaisuuteen ja pane toimeksi

Erinomaisuus – Tee asiat paremmin kuin kukaan muu alalla

Innostus – Tue avoimuutta, kunnioitusta ja luottamusta

2.3 Ecotech

Ecotech on keskitetty ympäristötuotteiden osaamisyksikkö. Ecotech kehittää päästöjä vähentäviä ja hyötysuhdetta parantavia ympäristöteknologisia ratkaisuja. Eco-

tech keskittyy myös päästöjen lainsäädännön osaamiseen ja edistämiseen. Ecotech tarjoaa apua Wärtsilän muille yksiköille Ship Powerille, Power Plantsille ja Servicele kehitykseen, suunnitteluun, järjestelmäintegraatioon ja myyntiin.

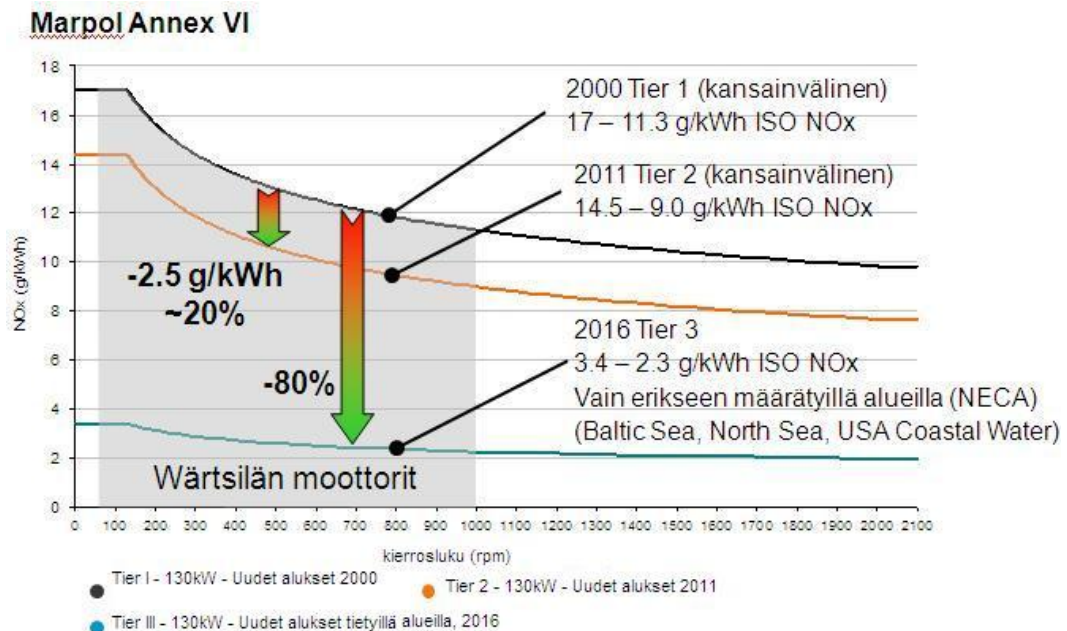
Ecotechilla on Suomessa osastoja Vaasassa, Espoossa ja Turussa. Lisäksi maailmalla Göteborgissa (Ruotsi), Winterthurissa (Sveitsi) ja Khololissa (Intia). Vaasan yksikössä kehitetään katalysaattoreita, päästöjen tarkkailua, prosessihallintaa ja energiatehokkuutta. /29/ /27/ /28/

3 PÄÄSTÖRAJOITUKSET

Meridieselistä syntyvät pakokaasupäästöt sisältävät seuraavia aineita: typpeä, happea, hiilidioksidia (CO₂), hiilimonoksidia (CO), rikin oksideja (SO_x), typen oksideja (NO_x), pienhiukkasia, vesihöyryä ja savua. Typen ja rikin oksidit ovat erittäin haitallisia ihmisten terveydelle, kasvillisuudelle ja ympäristölle. Niiden päästöjä rajoitetaan nykyään usein eri säädöksin ja standardein. /2/

3.1 NO_x

Typpioksidipäästöjen määrää rajoittavat useat eri standardit (**Kuvio 3.**) Suurin osa dieselmootoreiden typpioksidipäästöistä muodostuu paloprosessin aikana korkeassa lämpötilassa palamisilman tpestä ja hapesta. Monet typen oksideista ovat myrkyllisiä, suurin osa on luokiteltu kasvihuonekaasuiksi. Typen oksidit aiheuttavat myös happamoitumista. Kaasumootoreiden typpioksidipäästöt ovat yleensä hyvin paljon matalampia kuin dieselmootoreiden. /2/ /11/



Kuvio 3. Kansainvälisen merenkulkujärjestön IMO päästöluokat. /11/

3.2 NO_x-päästöjen rajoittamistavat

Typpioksidiarvojen vähentämiseen on 2 eri lähestymisnäkökulmaa (**Taulukko 1.**) Moottorin optimointi, jolloin pyritään polttoprosessin hallitsemisella vaikuttamaan muodostuvan typpioksidin määrään. Toinen tapa on pakokaasun katalyyttiset reaktiot, joissa pakokaasuja puhdistetaan. /2/

Taulukko 1. Typpioksidipäästöjen vähentämistapoja. /2/ /22/

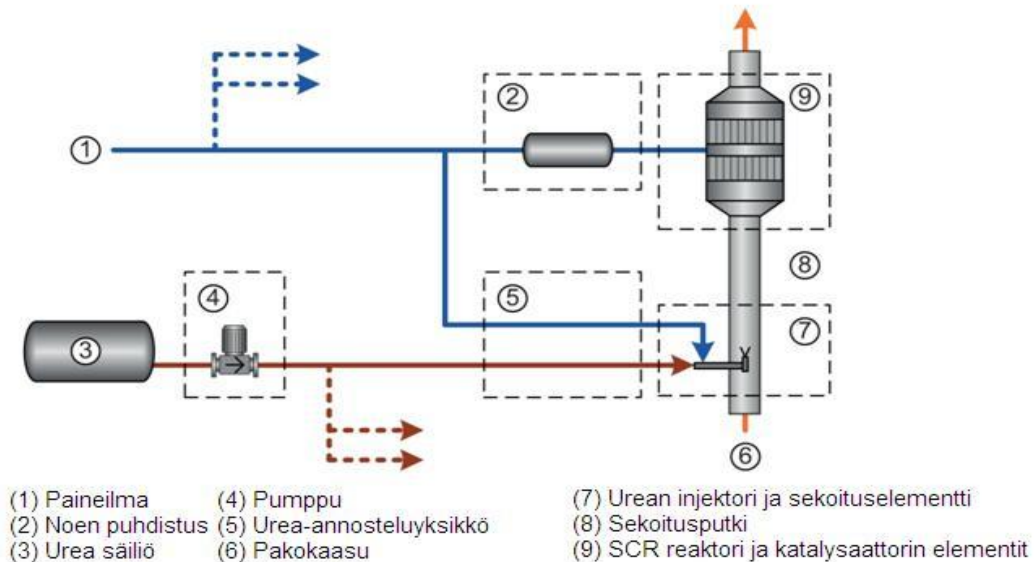
| Nimi | Toiminta | NO _x vähennys % |
|-------------------------------------|---|----------------------------|
| Veden emulsiointi polttoaineeseen | Ultraääntä käytetään veden ja polttoaineen emusioinnissa ennen ruiskutusta. | 20 - 30 % |
| HAM (Humid Air Motor) | Kosteuttamalla palamisilmaa | 50 - 60 % |
| DWI (Direct Water Injection) | Veden ruiskutus palokammioon erillisen suuttimen avulla | 50 - 60 % |
| EGR (Exhaust Gas Recirculation) | Osa pakokaasuista kierrätetään uudelleen polttokammioon. | 55 - 65 % |
| SCR (Selective Catalytic Reduction) | Pakokaasun sekaan ruiskutetaan urealiuosta. | jopa yli 95 % |

3.2.1 Selective Catalytic Reaction

SCR-tekniikkaa voidaan käyttää sekä dieselmootoreissa että kaasuturbiineissa pakokaasujen typpioksidiarvojen laskemiseksi. SCR-tekniikkaa käyttämällä on mahdollista saada noin 95 % vähennys typpioksidimääriin. Kyseinen tekniikka on

pian pakollinen investointi aluksissa. Investointi on halpa verrattuna käyttökustannuksiin koko elinkaaren ajalla.

Tyypillinen SCR-järjestelmä sisältää SCR-yksikön, urean annosteluyksikön, urea-tankin, pumpun ja järjestelmäkaapin (**Kuvio 4.**) Järjestelmäkaappi tutkii moottorilta tulevia sisääntuloja ja ohjaa SCR-järjestelmää niiden mukaan. Järjestelmässä käytetään lisäksi paineilmaa urealiuoksen syötössä, jotta pisarakoko saataisiin mahdollisimman pieneksi. Turbon jälkeen sijaitsee suutin, jonka kautta urealiuos syötetään paineilman avulla pieninä pisaroina pakoputkeen. Pakoputkessa urea muuttuu ammoniakiksi, joka reagoi voimakkaasti typen oksidien kanssa. Reaktion lopputuloksena syntyy vesihöyryä ja typpeä. /2/



Kuvio 4. SCR-järjestelmän mallikuva. /25/

3.2.2 NOx Reducer

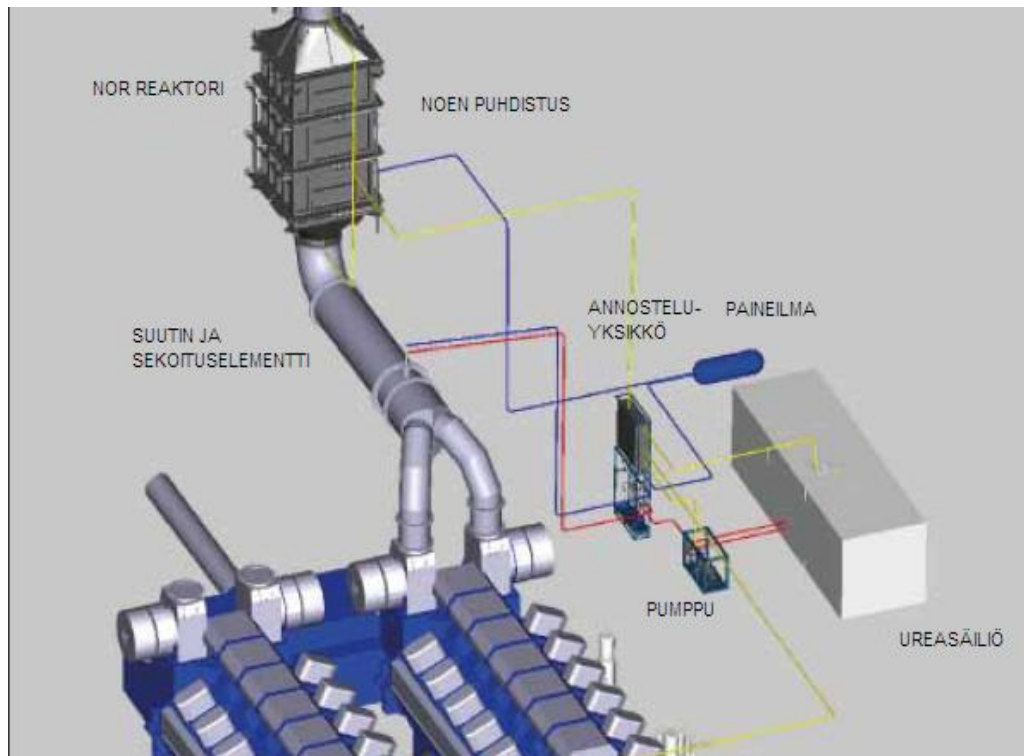
Wärtsilän SCR-ratkaisu on nimeltään NOx Reducer. NOR antaa mahdollisuudet yhtäaikaiselle moottorin optimoinnille ja SCR:n käytölle. Järjestelmän pääkomponentit ovat reaktori, jossa katalyyttielementit sijaitsevat. Reaktori sijaitsee pakoputken osana. Lisäksi järjestelmään kuuluu pumppu, annosteluyksikkö, noen puhdistaja, järjestelmäkaappi, suutinjärjestelmä ja sekoituselementti (**Taulukko 2.**) /2/

Taulukko 2. NOR -järjestelmän osat.

| Järjestelmän osa | Toiminta |
|-----------------------------|---|
| Reaktori | Reaktorissa olevat katalyytit aiheuttavat reaktion. |
| Ureatankki | Ureatankissa säilötään urealiuosta. Wärtsilä ei myy säiliöitä. |
| Pumppu | Syöttää urean säiliöstä annosteluyksikölle oikealla paineella. |
| Annosteluyksikkö | Annostelee oikean määrän liuosta. Annosteluyksikön kautta kiertävät paineilma sekä urealiuos. |
| Suutin ja sekoituselementti | Paineilma ja urealiuos kohtaavat suuttimessa. Liuos puhalletaan pieninä pisaroina pakoputkeen, jossa se sekoituu sekoituselementin avulla tasaisesti pakokaasuun. |
| Noen puhdistaja | Katalyyttielementtejä puhdistetaan puhaltamalla reaktoriin paineilmaa tietyin väliajoin. |
| Järjestelmäyksikkö | Vastaa prosessin hallinnasta ja oikean annosmäärän valitsemisesta moottorin ja prosessin sisääntulojen antamien tietojen avulla. |

Järjestelmään syötetään urealiuosta, joka on vedestä ja ureasta valmistettu liuos. Liuoksessa on painoltaan 40 % ureaa ja loput ovat deionisoitua vettä. Seos syötetään kuumaan pakoputkeen, jossa vesi höyrystyy ja urea muuttuu ammoniaksi. Ammoniakki reagoi typen oksidien ja hapen kanssa, jolloin jäljelle jää vain vesihöyryä ja puhdasta typpeä. Urealiuoksen kulutus on noin 15-20 l/h /MW. Katalyyttisen reaktion teho riippuu useista tekijöistä, kuten urean annostelusta, katalyyttielementtien määrästä ja pakokaasun lämpötilasta. Lopputuloksena saavutetaan noin 70-95 % vähennys typpioksiidiin. Typpioksidin määrä NOR-järjestelmän jälkeen on välillä 3,4-2,3 g/kWh, riippuen moottorin kierrosmäärästä.

/2/ /22/ /21/



Kuvio 5. Wärtsilä NOx Reducer. /22/

Kuviossa 5 punainen kuvaa Urealiuoksen kulkua järjestelmässä. Sininen kuvaa paineilmaa ja keltaiset ovat ohjaussignaaleja. Kuvasta näkee myös kuinka ohjaussignaalit kulkevat laitteelta toiselle. /22/

4 UREA

Luonnossa urea esiintyy lähinnä virtsa-aineessa sammakoiden ja nisäkkäiden proteiiniaineenvaihdunnan lopputuloksena. Nykyään urea on hyvin merkittävä raaka-aine kemianteollisuudessa ja sitä käytetään esimerkiksi muovin valmistuksessa. Ureaa valmistetaan ammoniakista ja hiilidioksidista.

Ensimmäisenä ureaa teollisesti loi Friedrich Wöhler, joka vuonna 1828 teki kokeita. Yhdistäessään hopeasyanidia ja ammoniumkloridia hän saikin aikaan ureaa. Ureaa on siis tuotettu synteettisesti jo melkein 200 vuotta. Sitä käytetään myös lisälannoitteena viljan kasvatuksessa.

4.1 Tarvittava määrä

Urean kulutukseen vaikuttavia tekijöitä on monia, jotka saadaan selville eri anturien lähettämien arvojen perusteella (**Kuvio 6.**) Varsinkin oikea ammoniakkin määrä on kriittinen reaktion onnistumisen kannalta. Ammoniakki tarvitsee typpioksidia reaktioon, joten jos pakoputkeen syötetään liikaa urealiuosta pakokaasun määrään nähden, ammoniakki jää reagoimattomaan muotoonsa.

$$V_{UREA} = \frac{P_{KONE} \cdot m_{NO_2} \cdot \frac{M_{UREA}}{2 \cdot M_{NO_2}} + P_{KONE} \cdot k_{SLIP}}{10 \cdot C_{UREA} \cdot \rho_{UREA}} \quad (1)$$

Kuvio 6. Urean kulutuksen kaava (NOR 2009). /24/

jossa

V_{urea} = Urean kulutus (l/h)

P_{KONE} = Koneen teho (kW)

m_{NO_2} = Päästöt ennen reaktoria [g/kWh]

M_{URE} = Urea ((NH₂)₂CO) moolimassa [g/mol] = 60,07

$$M_{\text{NO}_2} = \text{NO}_2 \text{ moolimassa [g/mol]} = 46,01$$

$$k_{\text{SLIP}} = \text{Reagoimattoman ammoniakkin määrä [g/kWh]} \sim 0,2$$

$$C_{\text{UREA}} = \text{Urean konsentraatio veden suhteen (\%)}$$

$$\rho_{\text{UREA}} = \text{Urean tiheys (kg/l)}$$

4.2 Reaktio

Veden ja urealiuoksen muuttuminen vesihöyryksi ja typeksi alkaa ureasäiliöstä, josta pumppu pumpkaa liuosta ja annosteluyksikön kautta sitä syötetään hienona suihkuna pakoputkeen paineilman avulla. Toimiva reaktio vaatii oikean lämpötilan ja oikean määrän urean ja veden seosta. Lämpötilaa tarvitaan kun urea muuttuu ammoniakiksi.



Pakokaasun typpioksidipäästöt reagoivat ammoniakkin kanssa katalyyttisessä pinnassa. Reaktiossa typpioksidi muuttuu typeksi ja vesihöyryksi. Reaktiossa on mahdollisuus saavuttaa noin yli 95 % vähennys typpioksidipäästöihin.



4.3 Urean asettamat vaatimukset

Ureaa käsiteltäessä tulee olla varovainen, sillä se ärsyttää hengityselimiä, ihoa ja silmiä. Veteen sekoitettaessa NOR -järjestelmän vaatimalla konsentraatiolla se ei ole vaarallista terveydelle. Urealiuosta ei suositella itse valmistettavaksi, sillä liuoksen puhtaudella on merkitystä reaktion onnistumisen kannalta. Liuokseen ei saa lisätä mitään ylimääräistä, ei edes jäätyksen estäjää tai vettä.

Urealiuoksen läikyttämistä, vuotamista ja pääsyä maaperään, vesistöön ja viemäriin tulee välttää. Vuodon pysäyttäminen on ensisijaisen tärkeää. Tämän jälkeen

urealiuos tulee kerätä säiliöön palamattomalla hyvin imukykyisellä aineella, kuten hiekalla tai mullalla, ja toimittaa säiliö hävitettäväksi. Liuos tulee varastoida alku-peräissäiliössä suojattuna suoralta auringonvalolta kuivassa, viileässä ja hyvin ilmastoidussa tilassa. Säilytysastia on pidettävä suljettuna tiiviisti ennen käyttöä. Säiliöt on avaamisen jälkeen suljettava huolellisesti uudelleen ja pidettävä pystysuorassa vuotojen estämiseksi.

Esimerkiksi kuorma-autoissa käytettävän 32.5 % urealiuoksen on todettu olevan noin 1,8 kertaa helpommin vuotava kuin vesi, suuremman viskositeettinsa vuoksi (**Taulukko 3.**) Tämä aiheuttaa ongelmia järjestelmän testaukseen, sillä urealiuoksen käyttämisessä ja säilyttämisessä on otettava huomioon sille annetut säädökset. Ilman käyttäminen tehdastestissä voisi olla mahdollisuus, sillä ilman on ilmoitettu vuotavan noin 3,7 kertaa helpommin kuin veden. /9/

Taulukko 3. Eri aineiden vuotomäärät eräässä järjestelmässä. /9/

| Aine | Vuotomäärä | Päätelmä |
|------------------|------------|---|
| Vesi | 0,8 ml/min | |
| 32,5 % urealiuos | 1,4 ml/min | 1,8 kertaa helpommin vuotavaa kuin vesi |
| Ilma | 3,0 ml/min | 3,7 kertaa helpommin vuotavaa kuin vesi |

4.3.1 Säiliö

Ammoniakki on helposti räjähtävä yhdiste, joten turvakeinona sitä säilytetään ureana mahdollisimman pitkään. Säiliön kokoa valittaessa tulee muistaa, että urealiuoksen kulutus on noin 15 l/ MWh 40% seoksella. Materiaalin valinnan kannalta vaihtoehtoja ovat esimerkiksi haponkestävä teräs, sisäpuolelta muovipinnoitettu teräs tai HDPE:tä (High Density Polyethylene). /21/ /22/

Kulutus riippuu halutusta typpioksidin vähennysmäärästä päästöjen perustasoon nähden. Lisäksi on varmistettava, että säiliön koko on riittävä liuoksen laajentamiseen nähden. 32,5 % liuos laajentuu jäähtyessään noin 7 % . /4/

4.3.2 Putket ja venttiilit

Urea aiheuttaa hieman hapettumista varsinkin kuparille ja sen eri seoksille, kuten messingille. Tämä on otettava huomioon putkien ja venttiilien materiaalivalinnoissa. Niiden tulee olla haponkestävää terästä, pinnoitettu muovilla tai kokonaan muovia. Wärtsilän NOR- järjestelmä on suunniteltu kokonaan ruostumattomasta teräksestä. Kuorma-autoissa vastaavasti materiaalina toimii nylonputki, sen joustavuuden takia.

Eräs NOR- järjestelmän ongelmista koskee putkien ja venttiilien liitoksia. Järjestelmässä ei saisi tapahtua vuotoja, jotta reaktion avulla saavutetaan haluttu tulos. Urealiuoksen kohdatessa ilman liuos alkaa kristallisoitua. Urean kristallisoituminen ilmenee valkoisena tahnamaisena aineena. /24/ /30/ /4/ /17/

5 TESTAUSSUUNNITELMA

Testaussuunnitelma on työohje, jonka mukaan testaukset tehdään. Usein suunnitelma sisältää kirjallisen ohjeen lisäksi myös kuvallisen dokumentoinnin eri työvaiheista, jotta työohjeesta saisi myös visuaalisen kuvan. Hyvän testaussuunnitelman tekeminen helpottaa henkilövaihdosten yhteydessä, koska työtavat ja käytetyt välineet pysyvät samoina. Laitteiden ja järjestelmien testauksessa on useita tavoitteita, kuten mahdolliset viat, vikojen syiden selvittäminen, laadullinen näkökulma ja tiedon tuottaminen päätöksen teon tueksi (**Taulukko 4.**)

Jokaisella tuotteella on laatuvaatimuksia, kuten osien laatu ja tärkeimpien toimintojen laadukkuus. Kun testaussuunnitelma on kunnossa, voidaan se ja testeistä saadut tulokset lähettää asiakkaalle, jolloin asiakas voi itse todeta kuinka testi on suoritettu ja millaisia tuloksia siitä on saatu. Kun laitteen mahdolliset virheet havaitaan jo tehtaalla, vähenevät myös vikatoimitusten ja reklamaatioiden määrä.

/26/

5.1 Testaaminen

Testaamisessa on monia vaiheita, joiden määrä ja tarkkuus riippuvat testattavasta tuotteesta. Aluksi tulee suunnitella laitteen vikojen ja kriittisten elementtien perusteella testattavat asiat, jotka yritys ja testauksen suunnittelija ovat nähneet välttämättömiksi suorittaa. Tämän listan pohjalta tulee suunnitella kuinka eri elementtien testaus suoritettaisiin ja minkälaisia hyväksyttäviä raja-arvoja asetetaan eri testien tuloksille.

Testien jälkeen testilomakkeen kentät täytetään tuloksilla numeroin ja sanallisesti. Tulokset täytyy testien jälkeen analysoida ja päättää mahdollisista jatkotoimista. Tulosten yhteneväisyyttä vertailemalla löydetään parantamiskohteita testiin tai testilaitteistoon. /8/ /19/

Taulukko 4. Erään järjestelmän testaustavoitteet. /8/ /19/

| Näkökulma | Selitys |
|---|--|
| Viat | Löydetään olemassa olevia vikoja. |
| Laatu | Pystytään toteamaan nykyisen tuotteen taso ja laatukustannusten vähentäminen, esimerkiksi reklamaatioiden määrä vähenee kun pystytään osoittamaan tulokset vaatimusten mukaisiksi. |
| Tiedon tuottaminen päätöksenteon tueksi | Saadaan selville tuloksia tutkimalla prototyypin toimintakykyä tehdasteistiin tai eri spesifikaatioihin perustuen. Näin saadaan myynnin tueksi tietoa laitteen tai järjestelmän toiminnasta, suorituskyvystä ja käyttöön liittyvistä ohjeista. |
| Vikojen ehkäisy | Vikojen löytäminen on tärkeää, mutta aina tulee selvittää vian aiheuttaja. Vian syy voi olla laitteen komponentissa, materiaaleissa, testissä tai testilaitteessa. |

5.1.1 Toiminnallisten ominaisuuksien testaus

Laitteella on toiminnot, jotka se suorittaa. Toiminnot tulee olla testaajan tiedossa, eli laite ja sen komponentit on hyvä kuvata testisuunnitelmassa. Tämä helpottaa testaajan valintaa. Toiminnalliset testit osoittavat laitteen toimivuuden eri tilanteissa, kuten normaalitilassa ja rasituksessa. Toiminnallisten ominaisuuksien testaamisessa otetaan huomioon laitteen teoreettinen toiminta, jota testataan käytännössä, tutkittaessa laitteen käyttäytymistä eri tilanteissa ja olosuhteissa.

Toiminnallisuuden testauksessa voidaan myös testata toimivuutta eri järjestelmien kanssa, mikä ei välttämättä vaadi muutoksia testilaitteistoon. Testiohjeistukseen muutos kuitenkin vaikuttaa, ja kaikki testattavan laitteen ympärille kiinnitettävät laitteet olisi hyvä esitellä toiminnallisuuden kannalta. Jos laite liittyy oleellisesti suurempaan kokonaisuuteen, olisi hyvä luoda mahdollisimman realistinen tes-

tiympäristö. Näin voidaan tutkia laitteen toimintaa osana suurempaa kokonaisuutta. /3/

5.1.2 Ei-toiminnallisten ominaisuuksien testaus

Ei-toiminnallisessa testauksessa voidaan tutkia laitteen suorituskykyä, paineenkestoa, rasituksen kestoa, käytettävyyttä, ylläpitoa, luotettavuutta ja siirrettävyyttä. Näiden tutkiminen on usein kriittistä tuotteen, yrityksen ja asiakkaan kannalta, sillä yritys haluaa tuotteen olevan näitä kaikkia. Tuotteen myyntiä helpottaa kun kyseiset testit on tehty, ja varsinkin se helpottaa tuotteen vertailemista vastaaviin tuotteisiin.

Asiakkaan ostopäätöksen helpottamista varten on tärkeää, että hän voi vertailla eri tuotteiden ominaisuuksia ja tuotteen soveltumista omiin käyttötarpeisiinsa. NOR – järjestelmän kohdalla yleisimmät kysymykset liittyvät järjestelmän kokoon ja hintaan. Oston yhteydessä yritys luovuttaa testatusta tuotteesta nämä tiedot osoittaakseen tuotteen olevan asiakkaan vaatimusten ja standardien mukainen. Asiakas voi käyttää näitä arvoja tarvittaessa kolmannen osapuolen, kuten eri maan viranomaisen pyytäessä, todistaakseen täyttävänsä heidän vaatimuksensa. /3/

5.2 Testaussuunnitelman vaiheet

Testaussuunnitelman luomisessa tulee ottaa huomioon kuka testaussuunnitelman luo. Se voi olla järjestelmän suunnittelija, mutta parhaimmassa tapauksessa suunnitelman luo joku ulkopuolinen taho. Tällöin suunnitelmasta tulee objektiivisempi kuin jos toteuttaja on joku järjestelmän kanssa päivittäin työtänsä tekevä.

Suunnitelmasta voisi esimerkiksi löytyä seuraavia:

- Taustatietoa
- Järjestelmän toiminta ja osien kuvaus
 - Normaalitila
 - Järjestelmän toiminta testin aikana
- Esitehtävät, valmistelut
 - Koneikon numero

- Visuaalinen tarkastus
 - Osien tarkastus
 - Materiaalitarkastus
- Elektroninen tarkastus
- Mekaaninen tarkastus
- Mistä testissä on kyse
 - Mitä testataan
 - Parametrit ja syöttöarvot
 - Kuinka testit toteutetaan
 - Millaisia tuloksia vaaditaan
- Toiminnallinen tarkastus
- Ei-toiminnallinen testaus
- Raportointi
 - Muistiinpanot
 - Saavutetut tulokset
- Jatkotoimenpiteet
- Testaushenkilö, -organisaatio
- Päivämäärä ja kellonaika

/8/ /13/

5.3 Sertifiointi

Sertifiointinissa osoitetaan vaatimusten täyttäminen sertifiointitodistuksella tai merkillä. Yleisimmin käytetty sertifiointin muoto on myyjän asiakkaalle antama vakuus siitä, että tuote on sopimuksen tai yrityksen spesifikaation mukainen. Nykyään on myös paljon erinäisten tahojen toimesta kehitetty sertifiointijärjestelmiä, joiden menettelytavat ja säännöt riippuvat sertifioidijan tarpeista.

Asiakkaat haluavat saada laadukkaita tuotteita ja täsmällisiä tuotetietoja ostopäätöksensä tueksi. Lisäksi halutaan takeita tuotteen turvallisuudesta, käyttöön sopivuudesta, huollettavuudesta ja vaihtokelpoisuudesta. Valmistaja on vastuussa omasta laaduntarkastustoiminnastaan, jonka tulee olla niin tehokas, että laatutaso säilyy.

Sertifiointi pyritään aina toteuttamaan tavalla, joka tyydyttää käyttäjän, asiakkaan, valmistajan, viranomaisen sekä myyjän tarpeet. Valmistajalta edellytetään varsinkin kykyä tehdä tasalaatuisia tuotteita. Mikä tarkoittaa, että myös testiproseduurin pitää olla riittävän kattava laadun ylläpitämiseksi. Nykyään ei usein riitä silloin tällöin tapahtuva pistokoetesti vaan painopiste on valmistajan omissa laatutoiminoissa. Tasalaatuisuuden tarkastamiseen kuuluu kokoonpanon ja testauksen lisäksi komponenttien alkutarkastaminen, varastointi ja kuljetus. /26/

6 TYÖN LÄHESTYMISTAPA JA TOTEUTUS

Opinnäytetyön aihe on kehittynyt tarpeen pohjalta. Wärtsilä on kehittänyt nykyisen käytössä olevan SCR -järjestelmän, ja sitä kehitetään edelleen uusiin ympäristöihin sopivaksi. Annosteluyksikön toiminta on kriittinen reaktion toiminnan eli typpioksidimäärän vähentämisen takia.

Tällä hetkellä annosteluyksiköiden testaaminen suoritetaan manuaalisesti käyttämällä paineilmaa ja vettä. Testaussuunnitelmaa ja testiproseduuria halutaan parantaa vastaamaan tuotteelle asetettuja vaatimuksia (**Taulukko 5.**) Korvaavien tapojen kehittämisen odotetaan laskevan laatu- ja kustannuksia.

Taulukko 5. NOR A, annosteluyksikön laatuvaatimukset. /20/

| Ref. No. | Description Test / inspection | Control Procedure | Acceptance Criteria | Certificate Type | Stamping |
|----------|---|-------------------|---|---|------------------------------------|
| 4 | SCR Dosing unit <ul style="list-style-type: none"> Visual inspection <i>Visuaalinen tarkastus</i> Check of dimensions <i>Mittojen tarkastus</i> Functional test <i>Toiminnallinen testaus</i> Soap-water pressure test <i>Saippuavesi painetestaus</i> | | Drawing <i>Piirustus</i> Test procedure <i>Testausmenetelmä</i> Pressure test, No leakage <i>Painetestaus, ei vuotoja</i> | FAT report <i>FAT raportti</i> Test certificate <i>Testaustodistus</i> | <i>[Serial No] Sarjanumero</i> |

6.1 Nykyiset ongelmat

Manuaalisen testaamisen on todettu olevan liian vaivalloista, eikä se ole parantanut laatua merkittävästi. Lisäksi testi sitoo yhden Ecotechin asiantuntijoista testi- ja kunnossapito-osastolle antamaan tietotaito-apua. Tämä aiheuttaa resurssipulaa organisaatiossa ja tähän halutaan muutos.

Yksi tärkeimmistä kysymyksistä suunnitteluvaiheessa oli, että otetaanko pumppu mukaan testilaitteeseen jos pumpun mallia tullaan muuttamaan tulevaisuudessa. Putkien ja venttiilien liitoksien vuotaminen tiivisteiden välistä on vaikeuttanut oikean annostelun saantia reaktorille, jossa urealiuoksen ja typpioksidien reaktio tapahtuu. Osissa tapauksista liitokset ovat olleet löysiä, mutta on myös ollut tapauksia, joissa liitokset ovat olleet kunnollisia ja vuotoja on silti ilmennyt.

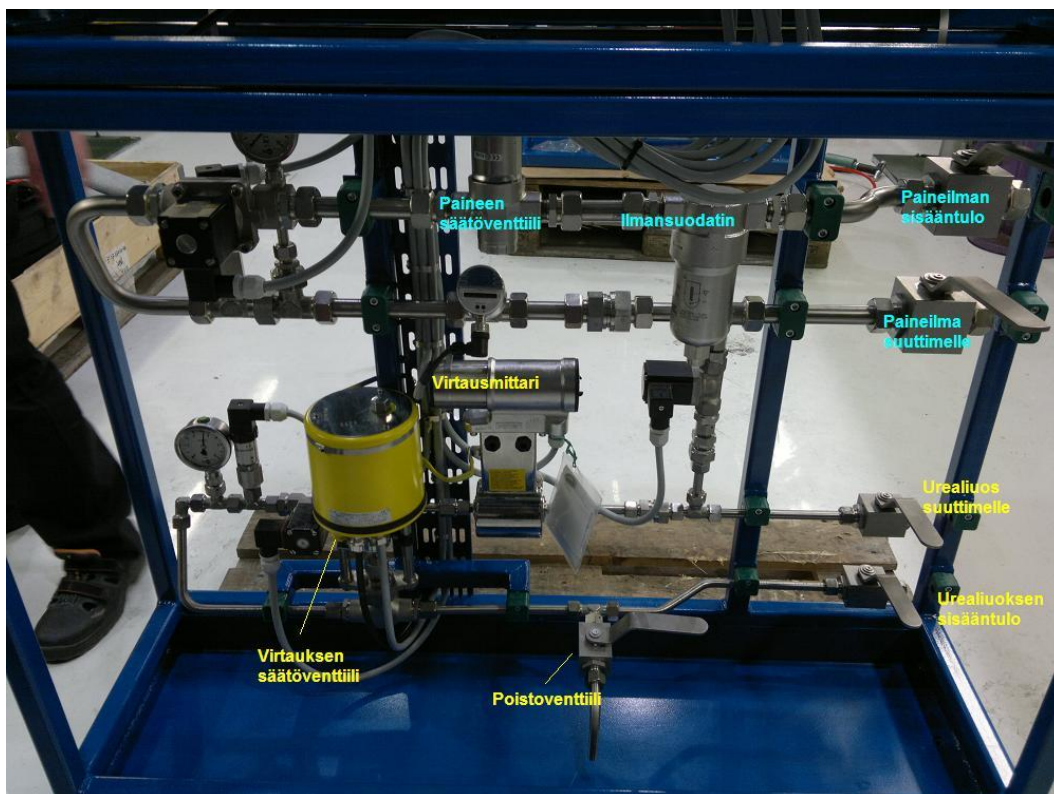
6.2 Uudet vaatimukset

Paras tilanne testaamisen kannalta olisi jos annosteluyksikön liittäminen testilaitteeseen olisi mahdollisimman yksinkertaista. Testaamisen halutaan olevan pikemminkin simulaatio kuin manuaaliohjauksinen. Lisäksi testilaitetta valmistettaessa tulisi ottaa huomioon NOR –järjestelmän muut osat, kuten noen poisto ja pumppuyksikkö, jotka tullaan mahdollisesti lisäämään testilaitteen ympärille tulevaisuudessa.

Testaamisen yksinkertaistaminen vähentäisi asiantuntijan tarvetta testipaikalla. Yksinkertaistamiseen halutaan selkeä ohjeistus, jonka avulla esivalmistelujen, testiproseduurin, dokumentaation tekeminen ja jälkitoimenpiteet suoritetaan. Näin mahdollistettaisiin kokemattoman ihmisen käyttäminen testaajana. Testiproseduriin halutaan selkeä järjestys, jossa laitteen funktionaalinen ja elektroninen toiminta käytäisiin läpi.

7 ANNOSTELUYKSIKKÖ

Annosteluyksikön osat on sijoitettu metallikehikon sisään (**Kuvio 7.**) Yksiköllä hallitaan urealiuoksen ja paineilman syöttöä pakoputkeen. Syötön suuruutta hallitaan sähkökaapissa sijaitsevalla ohjausyksiköllä, joka on sijoitettu kehikon päälle. Syötön suuruuteen vaikuttavat etukäteen määritetyt arvot (**Kuvio 6.**)



Kuvio 7. Annosteluyksikön tärkeimmät osat.

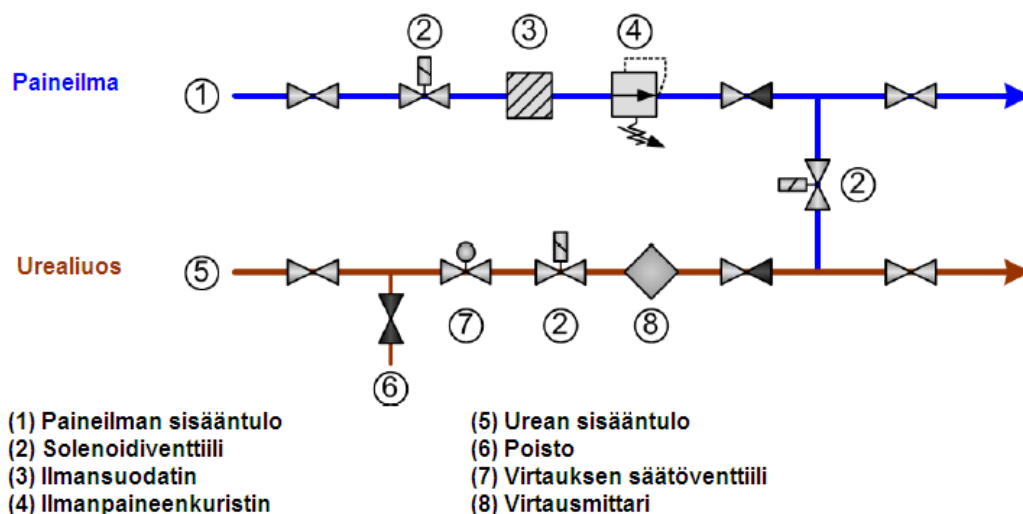
Annosteluyksikkö määrittää kuinka paljon urealiuosta ruiskutetaan järjestelmään ja säätää urealiuoksen virtausta säätöventtiilin avulla. Jokainen NOR reaktori tarvitsee oman annosteluyksikön, mutta samaa pumppuyksikköä voidaan käyttää useampaan reaktoriin. Urealiuos liikkuu pumpun avulla annosteluyksikköön, jonka kautta kulkee myös paineilma. Yksikön tulee sijaita mahdollisimman lähellä ruiskutuspaikkaa parhaan mahdollisen tuloksen saavuttaakseen. Sijainti on oleellinen myös suuttimen tukkeutumisen kannalta, mitä lyhyempi matka suuttimelle on, sitä vähemmän ureaa järjestelmään jää puhdistuksen jälkeen.

7.1 Virtauskaavio

Annosteluyksikköön tulee paineilmaa ja urealiuosta (**Kuvio 8.**) Molemmissa on ensiksi manuaaliventtiili. Paineilmakanavassa on toisena solenoidiohjatun sulkuventtiili, jota ohjataan ohjauskaapin signaalien avulla. Kolmantena on ilman-suodatin varmistamassa ilman puhtautta, sillä käyttöilman puhtausaste on määritetty ISO 8573-1 standardissa. Neljäntenä paineilmantasaaja, jonka avulla säädetään manuaalisesti paine järjestelmän vaatimaan arvoon.

Urealiuoslinjassa on heti manuaaliventtiilin jälkeen poistovenntiili, jonka avulla voidaan tyhjentää järjestelmä urealiuoksesta. Poistovenntiilin jälkeen on virtauksen säätöventtiili, jota käytetään virtauksen säätämiseen reaktion vaatimalle tasolle. Ammoniakki tarvitsee typenoksideja reaktion onnistumiseen. Mikäli pakoputkeen ruiskutetaan liikaa urealiuosta, on lopputuloksena suuri määrä reagoimatonta ammoniakkaa. Virtauksen määrää mitataan virtausmittarilla, joka sijaitsee solenoidiohjatun sulkuventtiilin jälkeen.

Molempien linjojen jälkeen on takaiskuventtiilit, jotka estävät virtauksien sekoittumisen ei-toivotusti. Paineilma- ja urealiuoslinja ovat yhteydessä ainoastaan solenoidiohjatun sulkuventtiilin kautta, joka on normaalisti suljettu. Venttiili on auki ainoastaan kun järjestelmää puhdistetaan sen pysähtymisen jälkeen ja ruiskutus-suutinta pitää jäähdyttää ennen kuin urealiuoksen syöttäminen alkaa. Jäähdyttäminen vähentää suuttimen tukkeutumisen riskiä, joka johtuu urean termisestä hajoamisesta. /18/



Kuvio 8. Annosteluyksikön virtauskaavio. /18/

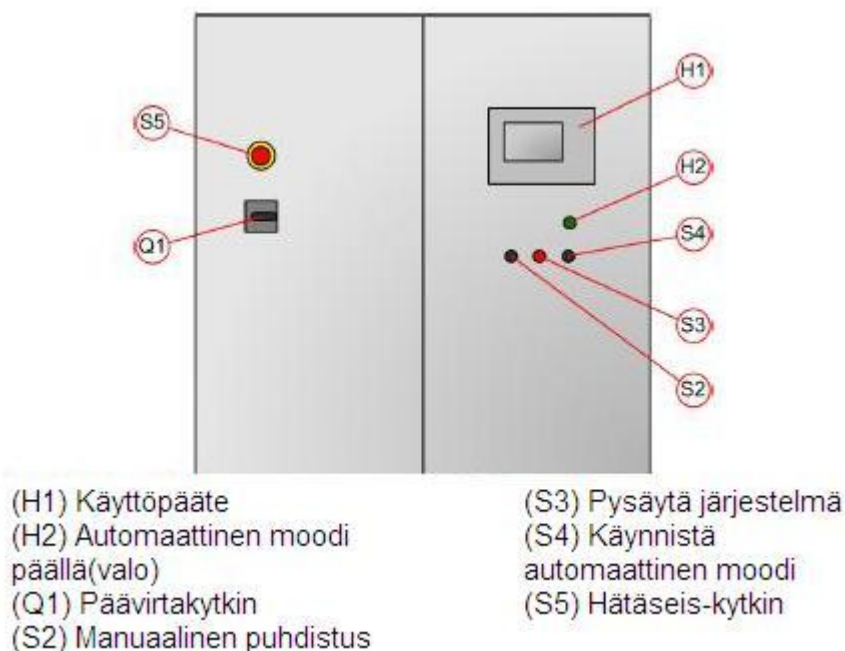
7.2 Ohjaus

Urealiuoksen syöttömäärään vaikuttaa moottorin kuorma ja nopeus. Syöttöä hallitaan Wärtsilän oman automaatio-ohjelman avulla. Ohjausyksikkö sijaitsee annosteluyksikön päällä. Ohjausyksikkö kommunikoi moottorin ohjausyksikön kanssa, kun moottorin kuorma kasvaa, lisääntyy myös urealiuoksen syöttömäärä. Urealiuoksen syöttöä hallitaan virtausta säätelämällä, jota varten järjestelmässä on säätöventtiili. Ohjausyksikön avulla hallitaan annosteluyksikön solenoidiventtiilejä.

Ohjausyksikköä hallitaan käyttöpäätteeltä tai tietokoneelta Wecsplorer -ohjelman kautta. LDU, eli käyttöpäätte sijaitsee ohjausyksikön kannessa (**Kuvio 9.**) Samassa paikassa sijaitsevat myös käynnistys-, sammutus-, päävirta- ja hätäseis -kytkin. Ohjausyksiköltä on mahdollista suorittaa järjestelmän manuaalinen puhdistus. Järjestelmän ollessa käynnissä palaa H2 kohdassa vihreä valo osoittaen automaattisen annostelun olevan päällä.

Ohjausyksikkö hallitsee myös noen puhdistusta, joka tapahtuu ennalta määrätyn suunnitelman mukaisesti. Reaktorin puhdistamista noesta suoritetaan koko ajan riippumatta järjestelmän tilasta, mutta moottorin tulee olla käynnissä ja kierros määrän yli 300 rpm. Noenpuhdistusventtiilit avautuvat tietyin väliajoin ja 1 kata-

lysaattorikerros puhdistetaan kerrallaan, joten venttiilit avautuvat yksi kerrallaan. Noen puhdistuksessa käytetään noin 8 barin painetta. Paineilman kulutus on riippuvainen venttiilien määrästä, joka määräytyy reaktorin koon mukaan.



Kuvio 9. NOR -järjestelmän ohjausyksikkö. /18/

Annosteluyksikön eri moodit on esitetty liitteessä 1, jossa niiden kierto ja vaatimukset on kuvattu Matlab-ohjelmalla tehdyllä kuvaajalla. Eri moodeja on 6 ja ne on lajiteltu järjestelmän eri vaiheiden mukaan (**Taulukko 6.**) Ohjausjärjestelmässä eri moodit on kuvattu lyhenteellä RM – Running Mode, eli käytettävä moodi.

Kun järjestelmä käynnistetään, tulee moottorin olla käynnissä ja lämpötilan reaktorissa riittävä. Paineilmaa ohjataan suuttimelle myös urealinjaa pitkin 5 minuutin ajan jäähdytystä varten. Jäähdytystä suoritetaan, ettei urea ala termisesti hajoamaan ennen aikojaan, vaan hajoaminen tapahtuisi pakoputkessa. Kun aika kuluu loppuun, solenoidiventtiili sulkeutuu ja urealiuoksen pumppaaminen aloitetaan.

/18/

Taulukko 6. Annosteluyksikön eri moodit.

| Moodi | Selitys |
|-------------------------------|---|
| Emergency_stop Hätäseis | Hätäseis on koko järjestelmän sammuttava tila. Kun hätäseis on päällä, ei mitään muuta toimintaa voi suorittaa. Jos hätäseis -nappulaan vaikutetaan annosteluyksikön ollessa käynnissä, järjestelmä sammuu välittömästi ja urealiuoksen syöttäminen katkeaa. Vain noen puhdistus ei keskeydy, vaan jatkuu edelleen ennalta määrätyn syklin mukaisesti reaktorin puhdistusta, mikäli moottori on käynnissä ja kierrosmäärä on yli 300 rpm. |
| Standby | Standby-vaiheessa virta on päällä, mutta urealiuoksen syöttö ei ole vielä käynnissä. Standby on merkinä järjestelmälle, että urealiuoksen syöttäminen voidaan aloittaa ja täten aktivoituu automaattisesti päälle. |
| Ready_for_Start Käynnistys | Kytetään paineilma- ja puhdistuslinjan venttiilit auki. Järjestelmä yrittää käynnistyä 5 kertaa, jos ei viides kerta tuo tulosta, järjestelmä palaa standby-moodiin. |
| SCR_Running Normaalikäynti | Puhdistuslinja sulkeutuu ja annostelu käynnistyy. Edellyttää, että moottori on käynnissä, reaktorin lämpötila on oikea ja suuttimen viilentämisen. |
| Shutdown_Stage Sammutus | Sammutussignaalin jälkeen ohjausyksikkö lopettaa urealiuoksen annostelun. |
| Purging_stage Puhdistus | Puhdistusvaihe suoritetaan aina sammutuksen jälkeen ja puhdistus voidaan suorittaa myös manuaalisesti (Kuvio 9.) Puhdistuksessa avataan puhdistuslinja ja paineilman avulla puhalletaan urea pois suuttimesta. Puhdistuksen jälkeen järjestelmä palaa standby-moodiin. |

8 SUUNNITTELUUN VALMISTAVA OSUUS

Testilaitteen ja testiproseduurin suunnittelemista varten tulee tuntea testattava laite. Laitteen toimintojen oppimisen avuksi on tehty Matlab -ohjelmalla kaavioita, joista näkyy mitä sisääntuloja ja mittausarvoja annosteluyksikön eri tilat vaativat käynnistyäkseen. Kuviossa 8 olevaa annosteluyksikön virtauskaaviota ja itse laitteen toimintaa tutkimalla pyritään pääsemään sisään funktionaaliseen toimintaan.

Annosteluyksikön uusinta mallia koottiin opinnäytetyön tekemisen aikaan Wärtsilä Vaasan Pilottitehtaalla. Kaavioiden lukeminen helpottui huomattavasti, kun laitteen näki fyysisesti ja sen toimintaperiaatteen havainnointi helpottui asentajien opastuksella. Testaussuunnitelman teon tueksi tutkittiin jo olemassa olevia suunnitelmia erilaisista laitteista ja lisäksi eritoten kiinnostivat aiempien mallien testikokemukset ja yleistyneet käytännöt.

Näiden pohjalta alettiin suunnitella testilaitetta ja testisuunnitelmaa. Muita huomioon otettavia asioita olivat ohjeiden yksinkertaisuus ja testilaitteiston mahdollinen siirtäminen toisiin tiloihin tai vaihtoehtoisesti sen kokoaminen toisaalla. Testilaitteita tarvitaan vain 1, joten sen arvo toiminnallisuuden testaamisessa on hyvin suuri. Lisäksi sitä on helpompi kehittää tulevaisuudessa jos testaamiseen tarvitaan uusia näkökulmia tai testejä monipuolistetaan. Liitteessä 2 esitetään testaustavan valinta SWOT-taulukossa.

8.1 Factory Acceptance Test

FAT (Factory Acceptance Testing), suomeksi tehdastesti tarkoittaa yleensä järjestelmätoimittajan suorittamaa testausta, jossa todetaan järjestelmän vaatimustenmukaisuus. Tehdastesti on yleensä rajattu tekniseen toimivuuteen. Tehdastestin jälkeen järjestelmä voidaan toimittaa asennuspaikalle.

Funktionaalisisissa testissä tarkastetaan komponenttien kunto ja toiminta. Järjestelmän toimintaa tarkastettaessa pyritään tarkistamaan sen teoreettinen toiminta käytännössä. Lisäksi ohjaussignaalit ja sähköinen toiminta tulee vastata vaatimustasoa. Nämä tarkastetaan usein koettamalla vaihtaa signaalia ja tarkistamalla komponenttien toiminta.

Testissä voidaan simuloida mittauksia ja ohjauksia asettamalla yksitellen jokainen sisään- ja ulostulo. Tämän jälkeen tarkistetaan yleisesti elektroniikan sekä ohjelman toimivuus. Monimutkaisempien ohjausjärjestelmien toiminnan testaamiseksi joudutaan usein simuloimaan samanaikaisesti useita mittaus- ja ohjauspiirejä. /10/

8.2 Tehdastesti annosteluyksikölle 20.3.2012

Käytiin Wärtsilä Vaasan Pilottitehtaalla, jossa koottiin erääseen projektiin NOR pumppu- ja annosteluysikköä. Näille järjestelmän osille tuli tehdä tehdastesti. Tehdastestiä suoritettaessa tarkistettiin, että kokoonpanossa on oikeat osat oikeassa koneikossa. Osien tulee olla oikein asennettu eli kuvan mukaisessa paikassa, oikein päin, oikeaa asennuspastaa käyttäen ja tuettu oikein. Mukanani oli Eco-techin puolelta asiantuntija ja Pilottitehtaan puolelta kaksi asentajaa.

Annosteluysikön testaus aloitettiin käynnistämällä ohjausyksikkö ja liittämällä se tietokoneeseen, jonka avulla venttiilejä ohjattiin. Ennen yhdyskaapelin asennusta poistettiin väylän päätevastus ohjausyksiköstä. Kytkemisen jälkeen piti ohjausyksikön näytölle ajaa NOR-järjestelmän ohjelma muistikortin avulla. Kun vaihe oli suoritettu, ilmestyi näytölle uusi valvomo-ohjelma, jolla tarkkaillaan järjestelmän eri mittareita ja annostelua.

Testin alussa kytkettiin paineilma itse tehdyllä liittimellä ensin urealinjan- ja myöhemmin paineilman sisääntuloon. Säättämällä painetta, voidaan verrata mittareiden painetta syötettyyn arvoon. Kun jompikumpi linjoista on paineistettu, testataan paineen pysymistä järjestelmässä ruiskuttamalla saippuavettä putkiliitoksiin ja komponenttien tiivisteisiin. Jos kuplia ilmestyy, niin liitos pitää tarkistaa ja koota uudelleen ja testata uudelleen. Paineistamalla vain toinen puoli, voidaan testata myös takaiskuventtiilin toiminta. Lisäksi painemittareiden arvoa seurataan koko paineistuksen ajan, mistä tarkkaillaan paineen putoamista.

Testissä tarkistetaan, että osien huoltaminen on mahdollista ja kaikki mittarit ovat luettavissa. Suodattimien vaihto, painemittareiden lukeminen ja manuaaliventtiilin kääntäminen tulee olla mahdollisia. Jokainen osa ja johto tulee myös merkitä

esimerkiksi laatalla, jotta huoltaminen helpottuu. Lopuksi täytetään annosteluyksikön tehdastesti-dokumentti johon kirjataan tulokset ja puutteet.

8.3 Manuaalinen testaus

Testaus voidaan jatkossakin suorittaa manuaalisesti, jos automaation käytöllä ei saada laatukustannuksia vähennettyä. Manuaalisen testauksen puolesta puhuu myös Suomessa kasatut annosteluyksiköt, joissa todetut vuodot ovat vähentyneet huomattavasti ensimmäisiin Intiassa kasattuihin verrattuna. Viimeisin kokoonpano 20.3.2012 onnistui niin hyvin, ettei vuotoja löytynyt yhtään. Laitteita ei toimitteta yleensä eteenpäin jos vuotoja havaitaan, mutta joissain tapauksissa vuotoja on ilmaantunut toimituksen jälkeen.

Manuaalisessa testauksessa suoritetaan visuaalinen katselmus, vuototestaus, ja tarkistetaan elektroniikan toimivuus venttiilien ja näytön osalta. Manuaalisesti tehtynä ohjauskaappiin ei tarvitse kytkeä kuin virtajohto, tietokone ja muistikortti ohjelmiston siirtämiseen näytölle. Kuviossa 10 esitellään annosteluyksikköön käytettävää itse tehtyä liitintä, jolla järjestelmä paineistetaan.



Kuvio 10. Tehdastestissä käytetty liitin järjestelmän paineistamiseen.

8.4 Logiikan käyttö vuoto- ja I/O-testauksessa

Manuaalisten vaiheiden vähentämiseksi voidaan testaamisessa käyttää ennalta luotua sykliä, jolla järjestelmä tarkastetaan. Tähän on ajateltu ratkaisuksi logiikan lisäämistä. Logiikan lisäämisellä voidaan ohjelmallisesti hallita laitteen magneettiventtiilejä ja virtausta yhdessä mahdollisen testilaitteen kanssa. Tällöin tulisi kehittää laite, joka liitettäisiin annosteluyksikköön paineilman ja urean sisääntuloista.

Logiikan liittämässä järjestelmään tulee enemmän haasteita. Liittäminen järjestelmään tulisi olla mahdollisimman yksinkertainen ja suunniteltu siten, ettei siinä tule kytkentävirheitä. Jos jokainen sisään - ja ulostulo liitetään johtojen avulla järjestelmään, tulee liitoksien olla toimivia ja kulutusta kestäviä. Helpompaa olisikin jos järjestelmään suunniteltaisiin liitosta varten erillinen osa, joka tarvitsisi vain kytkää ohjauskaappiin. Samaa osaa voitaisiin mahdollisesti käyttää järjestelmän huoltamisen jälkeiseen testiin. Vastaavasti ohjauskaappia voitaisiin suunnitella uudelleen liittämisen helpottamiseksi.

8.5 Logiikan käyttö vuoto-, virtaus- ja I/O-testauksessa

Lähtökohtaisesti urealinjan vuototestaukseen voidaan käyttää myös nestettä paineilman sijaan. Tässä tapauksessa nesteen valinta on tärkeää, sillä esimerkiksi kuorma-autoissa käytettävä 32,5 % urealiuos on tutkittu olevan noin 1,8 kertaa helpommin vuotavaa kuin vesi (**Taulukko 3.**) Paineilman käyttäminen vuototestauksessa on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi vuotojen havaitsemiseen. Paineilman on todettu olevan noin 3,7 kertaa helpommin vuotavaa kuin veden, joten sillä voidaan korvata nesteen käyttäminen vuototestauksessa. Nestettä käytettäessä on kuitenkin otettava huomioon, että nesteen viskositeetin tulee olla sama tai suurempi kuin 40 % urealiuoksen. /9/

Virtauksen tutkimisessa ei paineilmaa voida käyttää, vaan tällöin on pakko käyttää nestettä. Riippuen käytettävästä testilaitteistosta ja nesteestä, voidaan vuoto- ja virtaustesti suorittaa samalla nesteellä. Veden käyttäminen virtaustestissä on mahdollista vain jos vuototestauksessa käytetään paineilmaa. Testissä tulee käyttää

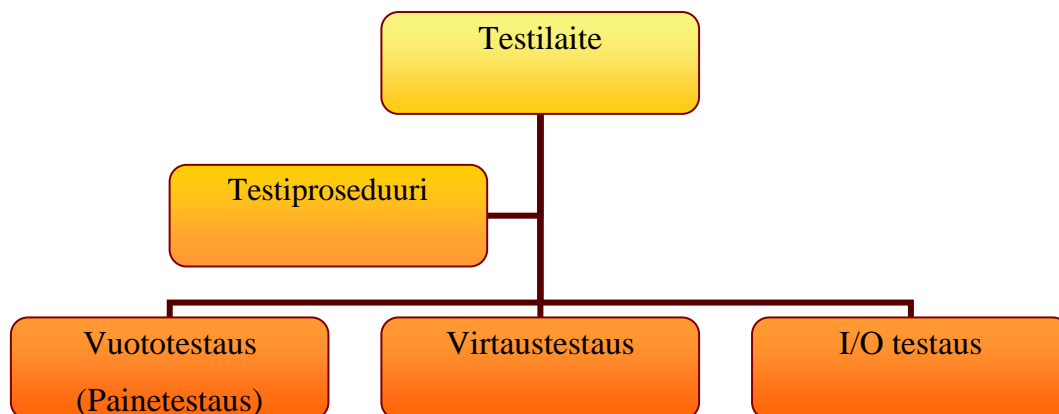
siis 40 % urealiuosta tai viskositeetiltaan vastaavaa nestettä, jotta järjestelmän toimintaympäristö saadaan toimitettavaa järjestelmää vastaavaksi.

Testilaitte tarvitsee tällöin oman pumpun, nestesäiliön, painelähteen ja ohjauslogiikan. Yksi tärkeimmistä kysymyksistä on, että saadaanko virtaustestin suorittamiselle riittävästi perusteita vai tuleeko siitä vain turhia kuluja. Tulee miettiä, että onko performanssitestin suorittaminen hyvä syy testin suorittamiseen nestettä käyttäen. Toinen mietinnän aihe on mahdollisen nesteen määrittäminen, sillä urealiuoksen säilyttämisessä ja käytössä on otettava huomioon lainsäädännölliset seikat. Kolmas huomioitava seikka on, että säästykö logiikkaohjausta apuna käyttäen aikaa ja auttaako se samankaltaistamaan riittävästi testiä testaajasta riippumatta. /9/

9 SUUNNITTELU

Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettiin tämänhetkinen manuaalinen testaus, jota on suorittamassa aina Ecotechin asiantuntija. Tehdastestissä pyritään tarkastamaan annosteluyksikön piirustusten mukaisuus ja laatu, mikä on tärkeää ennen kuin yksikkö päätyy asiakkaalle. Tehdastestissä suoritetaan aina visuaalinen katselmus, vuototestaus ja tarkistetaan elektroniikan toimivuus. Ohjelma ja sen toimivuus järjestelmässä on todettu toimivaksi, eikä sen toiminnallista tarkastelua tarvita.

Mahdollisuuksia testin suorittamiseen on useita. Liitteessä 2 on SWOT-taulukko, jota käytetään hyväksi suunnittelussa päätöksenteon tukena. Annosteluyksikön testaamista voidaan edelleen jatkaa manuaalisesti, kunhan tehdään hyvät testausohjeet. Pitää kuitenkin tutkia helpottaisiko logiikan käyttö testausta ja onko järjestelmän toiminnallisuuden tai laadun kannalta järkevää tutkia virtausta nesteen avulla (**Kuvio 11.**) Tärkeimpänä testissä on joka tapauksessa hyvät ohjeet testin suorittamiseksi, jotta asiantuntijan käytöstä voitaisiin luopua.



Kuvio 11. FAT-testilaitteen tarpeet.

Testilaitteen tarkoituksena on pyrkiä yksinkertaistamaan tehdastestiä ja yhdessä testiproseduurin kanssa tasoittamaan eri testaajien välisiä eroja. Mahdollista testilaitetta rakennetaan todennäköisesti vain 1 kappale ja sen käytön tulee olla käyttäjälleen mahdollisimman yksinkertaista. Testilaitetta suunniteltaessa tuleekin ottaa huomioon yksinkertaisuus, testin luotettavuus ja testattavan laitteen vaatimukset

kohteessa. Tulevaisuudessa testiin halutaan kytkeä myös pumppuyksikkö, joten testin laajennettavuuden kannalta logiikan käyttäminen on suositeltavaa.

9.1 Testilaitte

Testilaitteen suunnittelussa tulee käyttää mahdollisimman samankaltaisia komponentteja kuin alkuperäisessä NOR -pumppuyksikössä, jotta taataan testin realiteetti nykyisen laitteiston kanssa. Pumppua, putkistoa ja venttiilejä valittaessa on kuitenkin otettava huomioon annosteluyksikön 2 eri kokoluokkaa ja niiden erikoiset virtaukset. Pienempää kokoa käytettäessä virtauksen määrä on maksimissaan 145,5 l/h, ja suuremmassa mallissa 442,6 l/h.

Testilaitteen sijoittaminen suhteessa testattavaan laitteeseen on huomioon otettava asia. Laitte voidaan tankista riippuen sijoittaa sen viereen, päälle tai alle, mutta etäisyyksien ja käytettävän putkimateriaalin määrä on minimoitava. Putkimateriaalin määrä ja varsinkin taitettavien mutkien määrä korreloi suoraan kustannuksiin. Mutkien kohdalla tulee harkita, käytetäänkö taivutettuja mutkia vai valmiita putkiliitoksiin tarkoitettuja ratkaisuja.

9.1.1 Käytettävä aine

Virtaustestissä käytettävä neste on myös hyvin tärkeä valita oikein. 32,5 % urealiuoksen ollessa 1,8 kertaa helpommin vuotavaa kuin vesi voidaan todeta, että testissä on suotavaa käyttää nestettä, joka omaa vähintään yhtä korkean viskositeetin kuin 40 %:n urealiuos. Tähän ajateltiin ensin korvaavaa liuosta, sillä lähes jokaisen aineen viskositeettia voidaan muuttaa lisäämällä siihen vettä. Käytännössä jokainen nestemäinen aine sopivalla viskositeetilla on mahdollisuus, mutta urealiuksella on myös muita ominaisuuksia kuin vettä suurempi vuotavuuskerroin.

Testilaitteen materiaalivalinnoissa tulee ottaa huomioon niiden haponkestävyys. Urealla on hapettava vaikutus kupariin ja sen johdannaisiin, kuten messinkiin. Urea alkaa myös kristallisoitumaan kun se joutuu kosketuksiin ilman kanssa, mikä on selvä merkki vuotojen ilmaantuessa. Tämä sisäinen indikaattori vaikutti vahvasti urealiuoksen valitsemiseen virtaustestissä käytettäväksi aineeksi.

9.1.2 Kehikko

Kehikon materiaalivalinnassa tulee ottaa huomioon, että liikutellaanko testilaitetta ollenkaan. On olemassa työkoneiden ureatankin täyttämiseen suunniteltuja ratkaisuja, joissa pumppu ja suodatin on suunniteltu helposti kannettavaksi. Samanlaiseen ratkaisuun päädyttäessä, myös logiikan voisi sijoittaa koteloon. Tällöin ei tarvittaisi lisäksi kuin pumppu ja nestesäiliö. Kuitenkin keveys ei ole pakollinen kriteeri, joten myös integroitu ratkaisu on mahdollinen.

Fintankilla on Adbluen tankkaamiseen pienikokoinen kaappi (**Kuvio 12.**) Kaapissa on kaikki tarvittavat laitteet turvalliseen tankkaukseen ja mittari, josta tankkauksen edistymistä seurataan. Samankaltainen vaihtoehto on myös testilaitteen kannalta mahdollinen, sillä laitteeseen tulee vähemmän komponentteja kuin oikeaan pumppuyksikköön. Kaapin koko luonnollisesti muuttuu tarpeen ja käytettävien komponenttien mukaan. Kaappimainen ratkaisu on varsin kompakti, jos se kiinnitetään säiliöön tai säiliön lähettyville, jotta saataisiin minimoitua logistiikan tarve.



Kuvio 12. Fintankin miniAdblue tankkauspiste. /6/

Pumppu on kooltaan sen verran iso, ettei sen mukaan kannata muotoilla erillistä kantokotelo, esimerkiksi moottorisahoilla, vaan pumppu tulee kiinnittää tukevasti alustaan ja sitä kautta kehikkoon tärinän minimoimiseksi. Kehikon tulee kuitenkin olla sellainen, että laitteistoa pystytään huoltamaan helposti vikojen ilmentyessä. Tulevaisuudessa laitteistoa myös saatetaan laajentaa ja testattava laite saattaa saada uusia ominaisuuksia jolloin kehikon sisään tulee saada lisää komponentteja. Lisäksi kehikkoon ei kannata hirveästi panostaa rahallisesti ja ajatellaan enemmän

sen kestäkykyä kuin liikuttamista. Esimerkiksi renkaille nostaminen on hyvä ratkaisu ajateltaessa liikuteltavuutta, kuten kuviossa 13, mutta esimerkiksi pumppukärky löytyy lähes jokaisesta tehdasympäristöstä.



Kuvio 13. Dunlop, sähkökäyttöinen öljypumppu VT 200. /5/

Testilaitteen liikuttelumäärät jäävät varsin vähäiseksi, joko sitä ei liikutella ollenkaan tai sitten aina kun testaustarvetta on. Sen hyvät puolet on helppo liikuteltavuus, eli ihminen pystyy ilman apuvälineitä työntämään kehikkoa eteenpäin. Tähän malliin perustuvassa ratkaisussa, tulee kuljetuspinta-alaa hieman lisätä jolloin myös pumppu saataisiin lähemmäksi maata, ja näin vähennettäisiin tärinää. Logiikalle ja sen lisälaitteille pystytään kohtalaisen helposti rakentamaan telineet ja hieman roiskesuojaa mahdollisten roiskeiden välttämiseksi. Tähän tarkoitukseen sopii esimerkiksi pienikokoinen kaappi tai sopivan muotoinen levyratkaisu, jolla estetään roiskeet todennäköisistä suunnista.

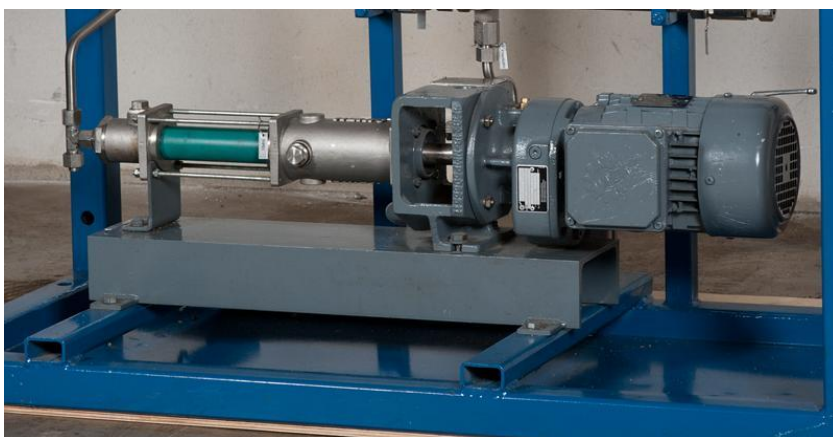
Toisena kuljetusmuotona voidaan käyttää lavakuljetusta, jolloin siirtäminen tapahtuu pumppukärryllä tai trukilla. Kuviossa 14 olevan konttisäiliön kuljetukseen käytetään lavaa tai vastaavaa tapaa, jolloin pumppukärkyä voidaan käyttää. Isoissa konttimaisissa säiliöissä on huonona puolena koko, eli mahdolliseen siirtämiseen on pakko käyttää siirtovälinettä. Testauksen kannalta on tärkeää, että nestettä on riittävästi ja tässä ratkaisussa sitä on vähintään riittävästi. Pumpun sijoittaminen tässä versiossa vaatii myös tukevan alustan, jolloin pumpun sijoittaminen säiliön kylkeen tai päälle ei ole paras ratkaisu, mutta varmasti riittävä. Testilaitteen avulla

suoritettavan järjestelmän paineenpoiston takia olisi kuitenkin suotavaa, että testi-laite sijaitsee tankin päällä.



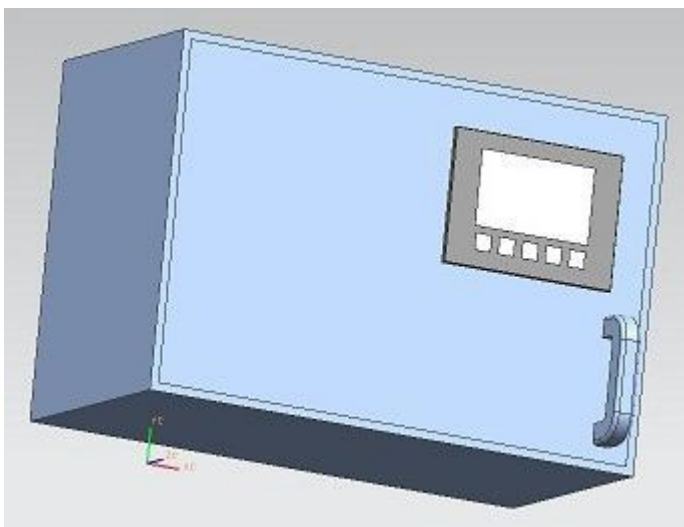
Kuvio 14. Fintank -pumppusarja nestekontteihin. /7/

Jos ratkaisun halutaan olevan samankaltainen kuin alkuperäisen pumppuyksikön, ratkaisussa voidaan käyttää metallikehikkoa. Pumppuyksiköstä poistettaisiin tällöin ylimääräiset komponentit, kuten mittarit, ja tilalle muotoillaan uudet putkiliitännät. Nykyinen malli on suunniteltu ajatellen tilan käyttöä ja huollettavuutta laivan konehuoneen kannalta. Kyseisessä ratkaisussa täytyy paikoittaa kiinnityspisteet uudestaan ja samalla ottaa huomioon PLC-laitteiston tilan käyttö fyysisesti ja käytön kannalta. Kuviossa 15 näkyy hieman pumppuyksikön metallikehikkoa ja samalla pumpun kiinnitys alustaansa sekä valumisallas, jonka funktio on estää urealiuoksen leviäminen ympäristöön.



Kuvio 15. NOR – järjestelmän pumppuyksikkö.

Unelmatilanne olisi, että mahdolliset manuaalikomponentit ovat helposti saatavilla, esimerkiksi HMI kasvojen kohdalla tai paikassa josta sen käsittely ja seuraaminen olisi helppoa. Kaikki sähkökomponentit kuten PLC, HMI ja tulostin on suojattava mahdollisilta roiskeilta ja kolhuilta. Tähän luontevin ratkaisu olisi ove-ton tai ovellinen kaappi, jonne roiskeet eivät yllä, kuten kuviossa 16. Urean kristallisoituminen ja hapettava vaikutus vaarantaa elektronisten komponenttien toimintakyvyn. Kaapissa tulee olla myös reikä jonka kautta johdotukset vedetään.



Kuvio 16. Mahdollinen elektronisten komponenttien sijoitustapa.

9.1.3 Pumppu

Pumpun avulla testilaitte kierrättää urealiuosta annosteluyksikössä. Pumppu tulee laittaa päälle ennen AutoSCR- painikkeen painamista. Pumppu on kriittinen, ettei se saa pyöriä ilman nestettä tyhjäkäynnillä turhaan sillä viiden sekunnin tyhjäkäynti käräyttää NORissa käytetyn pumppumallin.

Testissä voidaan käyttää kahta erikokoista annosteluyksikköä, joten pumpun tulee pystyä vastaamaan molempien annostelupyyntöihin. Ylimääräinen liuos kierrätetään takaisin tankkiin koko testin ajan. Testin jälkeen pumppu jatkaa pyörimistään niin kauan ennen kuin se syklin mukaisesti sammuu. Pumppu on NOR – järjestelmässä kiinnitetty erillisen palkin päälle, jonka alla on vielä poikittain hitsatut tukipalkit (**Kuvio 15.**) Testikokoonpanossa pumppu tullaan kiinnittämään vähin-

tään yhtä tukevasti ja mallia kiinnityksestä voidaan ottaa suoraan nykyisestä pumpun kiinnityksestä.

9.1.4 Paineilma

Paineilmaa tarvitaan urean ruiskutukseen, noen puhdistukseen katalysaattorista ja noen puhdistusventtiilien jäähdyttämiseen. Ilmanpaineen noenpuhdistuksessa tulee olla 8 bar ja urean syötössä 4 bar. Paineilman kulutus noen puhdistukseen ja noen puhdistusventtiilien jäähdytykseen on sama jokaiselle venttiilille. Noen puhdistuksessa kuluvan ilman määrä on riippuvainen venttiilien määrästä ja millä syklillä noen puhdistus on ohjelmoitu.

Paineilmalinjan testaukseen on helppo valita käytettäväksi paineilma. Paineena voidaan käyttää esimerkiksi 4 bar, kunhan jokaisessa testissä paine pidetään yhtä suurena tuloksien vertailun vuoksi. Paineilma tulee puhdistaa suodattimen avulla ennen sen käyttämistä, joten pumpun eteen asennetaan suodatin. Paineilman puhtausluokka on vielä tärkeämpää, kun laite luovutetaan ostajalle.

Paineilmaa ei voida testilaitteistossa kierrättää takaisin käyttöön, joten ei ole suositeltavaa käyttää pieniä paineilma-akkuja. Lisäksi testiä voidaan joutua uusimaan tai tekemään useita testejä peräkkäin. Helpoin tilanne olisi, ettei säiliötä tarvitse täytellä testien välissä tai varsinkaan testin aikana. Tällöin olisi hyvä, jos paineilma saataisiin testipaikan sisäisestä verkosta tai suuresta painesäiliöstä. Mahdollista kompressorin käyttöä paineilman lähteenä pohdittiin, mutta siitä luovuttiin kustannuksien säästämiseksi.

9.1.5 Putket ja venttiilit

Aluksi ajateltiin muuttaa putkistoa paremmin urealiuokselle sopivaksi valitsemalla vähemmän hapettuvia materiaaleja. Vaihtoehtoina pyörivät kaikki muovista haponkestävään metalliin. Esimerkiksi kuorma-autoissa putkiston materiaalina on taipuisa nylonputki, jota käytetään auton SCR – järjestelmän lisäksi myös jarruletkuissa, mutta venttiilit ovat kuorma-autoissakin metallisia. /17/

Toisena mahdollisuutena on käyttää metalliputkia, jotka ovat sisäpuolelta muovipinnoitettuja. Tässä yhdistyy molempien hyvät puolet, eli muovia käytetään korvaamaan metallin mahdollinen hapettuminen. Muovilla on hyvä haponkestokyky. Putkiston kestävyvyn kannalta on hyvä että materiaalina on metallia, jolla on parempi kestävyys. /4/

Taulukkoa 7 voidaan käyttää putkien valitsemiseksi testilaitteeseen. Maksimivirtaus määrän ollessa suuremmassa annosteluyksikön koossa 442,6 l/h, tulee taulukon mukaan putken minimihalkaisija olla 18 mm. Putken halkaisija vaikuttaa myös suoraan venttiilien valintaan ulkohalkaisijaltaan.

Taulukko 7. Pumppuyksiköiden putken valinta virtauksen perusteella.

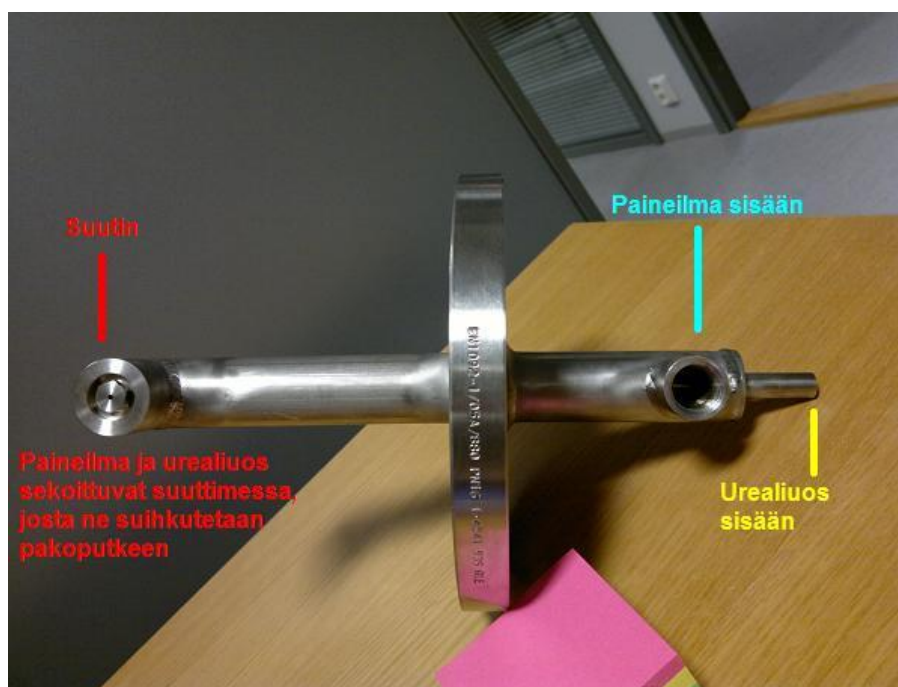
| Pump unit external piping:(minimum allowed size) PN16, inner diameter (mm) | | |
|--|--|---------------------------|
| | Max flow for the specific installation | Minimum allowed pipe size |
| | l/h | B |
| Size 1 | 0-100 | 8 |
| | 100-200 | 10 |
| | 200-300 | 12 |
| Size 2 | 0-200 | 10 |
| | 200-400 | 14 |
| | 400-600 | 18 |
| | 600-800 | 20 |
| | 800-1000 | 22 |

9.1.6 Suutin

Suutin on normaalisti asennettu keskelle pakoputkea, jolloin se on altis lämpenemiselle. Suutinta jäähdytetään normaalisti 5 minuuttia paineilmalla ennen kuin annostelu aloitetaan. Ennen suutinta on pakoputkessa sekoituslevy, jonka avulla vaikutetaan pakokaasun virtaukseen paremman reaktion saamiseksi. Jos kaikki ammoniakki reagoi pakokaasun kanssa, ei pitäisi jäädä reagoimatonta ammoniakkia.

Testijärjestelyyn halutaan lisätä myös suutin, jonka avulla voidaan seurata urealiuoksen ruiskutusta (**Kuvio 17.**) Näin voidaan samalla testata suuttimen kun-

to ja toimintakyky. Käytännössä halutaan mahdollisimman realistinen kuvaus prosessista, johon suutin liittyy olennaisesti. Sekoituslevyä testijärjestelmään ei kuitenkaan ole tulossa. Testissä suuttimeen ohjataan paineilma ja urealiuos, jotka yhdistyvät juuri ennen suutinta. Yhdistymisen seurauksena liuos purkautuu suuttimen pienestä reiästä hienona suihkuna ulos.



Kuvio 17. NOR-järjestelmässä käytettävä suutin.

9.1.7 Paineen poistaminen

Suuttimen kautta sekoitus tulee läpinäkyvään putkeen, jonka avulla suihkutusta voidaan tarkkailla. Suihkutuksen jälkeen tulee suihkutusaine poistaa. Läpinäkyvän putken jälkeen voidaan laittaa esimerkiksi avoin reikä, josta letku tai putki menee tankkiin kuitenkin siten, että reiän halkaisija on suurempi kuin tankissa olevan putken. Reiän ollessa avoinna, poistuu ilmaan myös ureaa, jolloin liuoksen konsentraatio muuttuu ja testihenkilöt altistuvat urean hengittämiseksi.

Järjestelmä olisi siis mahdollisuuksien mukaan pidettävä mahdollisimman suljetuna, ja ureaa ei saisi kulkeutua nestemäisenä tai ilman mukana järjestelmän ulkopuolelle. Käytännössä urealiuos pitäisi saada laskeutumaan mahdollisimman nopeasti nesteraajalle, jolloin paineilman poistaminen olisi helpoin suorittaa. Ilman

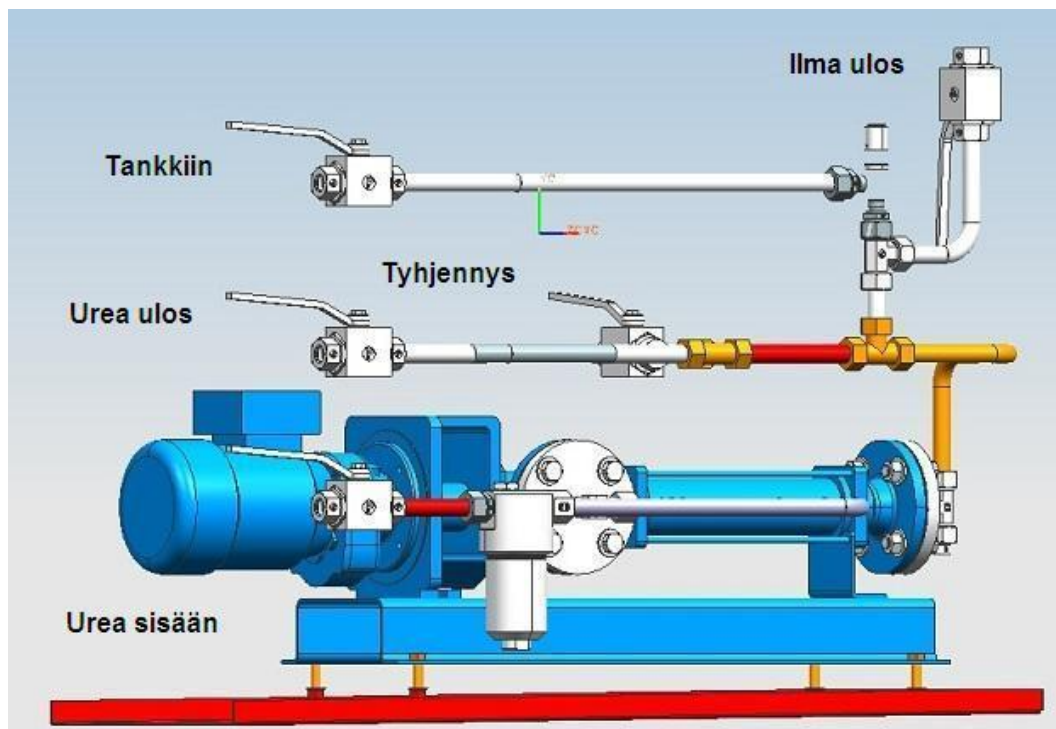
tulee kulkea yhteen suuntaan, jolloin paineenrajoitusventtiilillä voidaan säätää säiliön painetta sopivalle tasolle. Urean kulkeutuminen ilman mukana tulee kuitenkin saada vähennettyä minimaaliseksi tai poistettua kokonaan.

Paineenrajoitusventtiili rajaa virtauksen yksisuuntaiseksi, mutta ei välttämättä poista urean karkaamista. Urea tulisi saada suodatetuksi paineen alla tai sitten virtauksen tasaannuttua. Kumisten hukkaputkien asentaminen tasaa säiliön sisä- ja ulkopuolista painetta, eivätkä putket aiheuta materiaalikustannuksia. Niiden käytössä ongelma on kuitenkin sama kuin venttiiliratkaisussa. Molempien ratkaisujen apuna voidaan käyttää suodatinta, jonka avulla urean karkaaminen järjestelmän ulkopuolelle minimoitaisiin. Tässä voidaan käyttää apuna myös geometriaa tai säleikköjä.

9.2 Testilaitteen fyysinen toiminta

Testilaitteen avulla on tarkoitus tutkia järjestelmän tiiveyttä, virtausta sekä sisään- ja ulostulot. Testilaitteen tulee luoda annosteluyksikölle testiolosuhteet vaikuttamalla ohjausyksikön sisääntuloihin ja mahdollistamalla testiaineiden kierrättäminen järjestelmässä. Lopputuloksena saadaan todistettava varmuus annosteluyksikön toiminnasta ja virtausmäärien vastaavuudesta parametreihin.

Annosteluyksikkö haluaa tietyn määrän urealiuosta, mutta syöttöä ei hallita pumpun avulla vaan pumpun tehtävä on pyöriä ja ylimääräinen liuos kierrätetään takaisin tankkiin liitteessä 7 olevan virtauskaavion mukaisesti. Myös annosteluyksikön läpi menevä liuos kiertää takaisin tankkiin, kunhan ensin kulkee suuttimen läpi. Suuttimen läpi kulkiessaan liuos yhdistyy paineilman kanssa ja se suihkuteetaan 4 barin paineella ulos. Paineilmaa ei voida kierrättää tankkiin tämän jälkeen, mutta urealiuoksesta tulee poistaa ylimääräinen paine ennen kuin liuos voidaan kierrättää järjestelmässä uudelleen, mikä suoritetaan avaamalla tyhjennysventtiili (**Kuvio 18.**)



Kuvio 18. Testilaitteen mahdollinen layout.

Layout on suunniteltu NOR –järjestelmän pumppuyksikön mukaisesti. Mallista on poistettu ylimääräiset osat ja korvattu ne putkilla. Tyhjennysventtiilin sijaintia on muutettu testin jälkeistä paineen poistamista varten. Ratkaisussa ei ole kuvattu paineilmaliihtäntää annosteluyksikköön, joka toteutetaan kytkemällä painelähteen letkuliitännästä suodattimen, painemittarin ja manuaaliventtiilin kautta testattavaan laitteeseen kuvion 10 kaltaisen liitännän avulla.

10 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

PLC on pieni tietokone, jonka avulla voidaan korvata useita kymmeniä releitä ja jonka avulla voidaan seurata reaaliaikaisesti tuotantolaitteiden toimintaa. Ohjelmoitava logiikka eli PLC sisältää normaalisti telineen tai kuoren, prosessorin, sisään- ja ulostuloja, virtalähteen. Sen ohjelmoimiseen käytetään yleensä tietokonetta, johon valmistaja tavallisesti toimittaa ohjelmointisovelluksen. Lähes jokaisella valmistajalla on nykyään omat ohjelmansa.

Sisääntulojen avulla PLC ohjaa ulostuloja saadun datan perusteella. Sisääntuloja voivat olla esimerkiksi virtaus ja lämpötila. Näiden avulla voidaan määrittää jokin tietty ulostulo, kuten varoitus tai virtauksen ohjaus. PLCssä on yleensä kahdenlaisia sisään- ja ulostuloja: digitaalisia tai analogisia. Digitaaliset ovat binäärisiä laitteita, jotka ovat joko päällä tai pois päältä. Analogiset laitteet taas mittaavat jatkuvasti mittauspisteen arvoa, jonka ne ilmoittavat milliampeereina.

Teollisuudessa tulee saada tarkkaa ja reaaliaikaista tietoa. Lisäksi toimilaitteiden ja mittarien tulee olla jatkuvasti toimintakykyisiä, sillä pitkiin huoltotaukoihin ei ole usein varaa. Moni teollisuuden ala onkin nykyään deterministinen eli laitteiden kommunikaatio tapahtuu tietyin väliajoin, mikä helpottaa järjestelmien ennustettavuutta ja reaaliaikaista tarkkailua. Tietokoneen näytöllä saattaa helposti olla samaan aikaan auki sähköpostiohjelma ja valvontaohjelmiston tai esimerkiksi näytönsäästäjä päällä, joka estää näytön tarkkailun. PLCn yksi vahvuus ja samalla heikkous on sen rajoittuneisuus mittareiden luomisessa, kun taas PC:tä käyttämällä voi valvontaohjelmistosta luoda halutunlaisen. /14/ /1/

10.1 Logiikan vaatimukset

Annosteluyksikkö tarvitsee oikean annostelumäärän saavuttamiseen 4 tietoa, joista 2 tulee moottorilta ja 2 muuta SCR-reaktorilta. Nämä tiedot tulevat analogisen signaalin avulla, jossa signaalin voimakkuus vaihtelee välillä 4-20 mA. Signaali kuvastaa toimilaitteen antamaa lähtöarvoa verrannollisesti, esimerkiksi moottorin kuorma voi olla välillä 0-110 %, jolloin 4 mA kuvastaa moottoria ilman kuormitusta, 20 mA maksimikuormaa ja täten 12 mA moottoria 55 % kuormituksella.

Muut arvot ovat reaktorin paine-ero (mbar), reaktorin jälkeinen pintalämpötila (°C) ja moottorin kierrosluku (RPM). Liitteessä 3 esitetään raja- ja simuloitavien arvojen määrittäminen sekä milliampeereina että toimilaitteen arvoina.

Testattavan laitteen tulee aluksi saada annostelun käynnistämiseen vaadittavat arvot, lisäksi tulee testata jokaisen sisääntulon hälytysarvoja. Hälytykset testaamalla varmistetaan, ettei annostelu käynnisty kuin hyväksyttävien arvojen sisällä. Virtaustestin aikana voidaan 3 parametria pitää samana hyväksyttävien rajojen sisällä, jolloin moottorin kuormitusta muuttamalla saadaan riittävä määrä erilaisia testitilanteita.

10.1.1 Ohjaustavan valinta

Ohjaustapaa valittaessa tulee ottaa huomioon ensisijaisesti yksinkertaisuus ja testin monimuotoisuuden säilyttäminen, jotta kaikki tarpeelliset ominaisuudet tulevat testattua. Asiantuntijan poistaminen tehdastestin suorituksesta oli eräs kehitystavoitteista, jotka opinnäytetyölle määritettiin. Tämä on mahdollista vain poistamalla parametrien manuaalinen säätäminen, tällöin tulisi olla esisäädetyt parametrit. Teoreettisia testiparametrien ohjaustapoja määritettiin 3 erilaista, joiden vertailu liitteessä 4.

Suurimmat erot ohjaustavoissa tulee parametrien ohjauksessa ja testisekvenssin määrittämisessä. Käytettäessä potentiometrein varustettua ohjauspaneelia tulisi potentiometriä olla portaalliset ja mahdollisuuksien mukaan potentiometrejä olla vain 1, jolla ohjattaisiin kuorman määrää. Tällöin virtausta tarkasteltaisiin ohjausyksikön LDU-näytöltä. Ohjauspaneelin käyttäminen toisi testiympäristöön uuden laitteen, joka saattaisi hajota, sen käyttäminen unohtua tai sitä käytettäisiin väärin.

Valvomo-ohjelmaa ja HMI:tä käytettäessä järkevintä on määrittää syklin eri sekvenssit etukäteen, jolloin parametrien määrittämisessä ei voi tapahtua virheitä. Valvomo-ohjelmassa voidaan myös muokata parametreja niin halutessa, jolloin sen käyttö on hieman kyseenalaista. Valvomo-ohjelmassa pystytään tilastoimaan jokaisen testiajon tulokset tietokantaan, josta niitä on helppo seurata tai tarkastaa tarpeen vaatiessa. Yksinkertaistamalla testisykli voitaisiin ajaa yhdellä napin pai-

nalluksella ja suorituksen jälkeen PLCn avulla tulostettaisiin virtauksen arvot, joita verrataan laskettuihin arvoihin. Tällöin ei tarvittaisi tietokonetta edes tulostukseen ja mahdolliset väärinkäytöt poistuisivat.

10.1.2 Virtauksen mittaus ja tulostus

Virtauksen mittaus on mahdollista suorittaa asettamalla PLC ModBus-masteriksi erillisen kortin avulla, tällöin voitaisiin samalla tarkastaa ModBus-liitännän toimivuus. Toinen vaihtoehto on tarkkailla ohjausyksikön LDU-näytöltä virtausmittaria ja verrata sitä esilaskettuun arvoon. Jos syklistä on neljä 5n minuutin mittaisista sekvenssiä, tulisi 4:ssä eri vaiheessa ottaa virtauksen määrä ylös. Syklin aikana tulee tarkkailla yleisesti järjestelmän toimintaa ja suorittaa saippuaveden avulla painetestausta, jolloin virtauksen ylösottaminen saattaa inhimillisistä syistä unohtua.

Tulostimen liittäminen PLC:hen onnistuu käyttäen erillistä korttia. Samaa korttia ei voi kuitenkaan käyttää ModBusin liittämiseen, joten tarkoitukseen on käytettävä eri korttia. Tulostukseen pystytään ohjelmallisesti asettamaan malli, jolloin virtauksen eri arvot pystyttäisiin tulostamaan taulukko- tai käyrämuotoisesti. Tämä tulostus toimitetaan asiakkaalle ja 1 kopia otetaan omaan arkistoon, jolloin sitä voidaan tutkia huollon tai takuutoimien yhteydessä.

Tulostimen valinnassa tulee ensisijaisesti valita tulostin, joka sopii logiikkakortille. Vaikka kortti tukee useita eri tulostimia, tulee valinta suorittaa edellä mainituin perustein. Näin vältetään inhimillinen virhe. Huomioonotettavaa on tulostimen koko. Lisäksi mustekasetin ja ladattavan tulostepaperin määrä ovat ratkaisevassa asemassa tulostinta valittaessa. Tulostimen kestävyys kannalta on tärkeää suojata se mahdollisilta roiskeilta. /12/

10.2 Teoreettinen logiikkaohjelma

PLC käynnistetään ja varmistetaan, että siinä on oikea ohjelma oikeassa vaiheessa. Mahdolliset lisälaitteet tulee myös olla päällä ennen logiikkasyklin käynnistämistä. Tämä tarkoittaa, että ohjausyksikköön ja virtausmittariin tulee myös olla

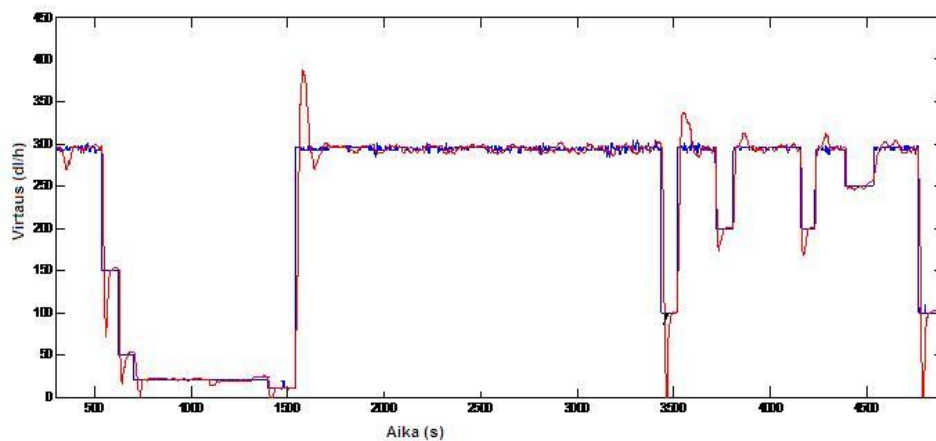
kytketty virta. Ohjausyksikköön ja sen LDU -näyttöön tulee olla ladattuna NOR – järjestelmän ohjelmat.

Tämän jälkeen käynnistetään ensimmäinen logiikan sekvenssi, joka tarkistaa ensin pumpun olevan käynnissä ja tämän jälkeen annostelun käynnistymisehdot. Esimerkiksi paine-eron ollessa 15 - 18 mbar järjestelmä ilmoittaa hälytyksestä. Sama tarkistetaan myös muista ohjattavista analogiatuloista taulukon 8 mukaisesti, josta selviää annostelun alkamisen raja-arvot. Kun tarkastus on suoritettu ja hälytykset kuitattu, aloitetaan järjestelmän simulointi.

Taulukko 8. Annostelun tulojen toimintarajat.

| Tulo | Raja-arvot |
|----------------------------------|-------------------|
| Lämpötila SCR -reaktorin jälkeen | 300-430 °C |
| Paine-ero | 0-15 mbar |
| Moottorin kierrosluku | 300-1200 RPM |
| Moottorin kuorma | 20-110 % |

Järjestelmän simulointi suoritetaan asettamalla lämpötila 375 °C, paine-ero 7,5 mbar ja moottorin kierrosluku 975 RPM. Kyseiset arvot on valittu, koska ne sijaitsevat toimintarajojen sisäpuolella ja niiden arvot milliampeereina ovat tasalukuja. Simuloinnissa vaihdetaan moottorin kuormaa 4n esivalitun arvon mukaan, jotta nähdään annostelumäärän muuttuminen syklin aikana. Arvoiksi muodostuivat: 27,5 %, 48,125 %, 75,625 %, 103,125 %, joita kuvaavat 8 mA, 11 mA, 15 mA, 19 mA. Jokaisen kuormasekvenssiin pituus on asetettu 5 min pituiseksi, jonka jälkeen kuorma saa uuden arvon. Viimeisen sekvenssin jälkeen tulostin tulostaa käyrän virtauksen muutoksista (**Kuvio 19.**) Käyrän perusteella määritetään läpäisikö laite testin vai ei. Lopuksi logiikka asettaa simulointiarvot nolnaan ja pumppu sammutetaan.



Kuvio 19. Annostelun testausta kuormaa muuttamalla. /16/

10.3 Logiikan valinta

PLC:n valinta on tärkeä projektin kustannusten optimoinnin ja oikeiden ominaisuuksien kannalta (**Taulukko 9.**) Sisään- ja ulostulojen oikean määrän selvittäminen auttaa, ettei turhista tuloista tarvitse maksaa. Logiikoilta kuitenkin oletetaan, että niiden tulisi olla helposti laajennettavissa ja parhaassa tapauksessa digitaalisia ja analogisia tuloja on muutama enemmän. Valinnan avuksi on hyvä kysyä, että onko järjestelmään tulossa muutoksia. Näin varmistetaan, että logiikkaan on mahdollista liittää lisäkortteja. Esimerkiksi Siemensin LOGOssa ei ole mahdollista liittää kahta samanlaista analogista ulostulokorttia SIMATIC Selection Toolin mukaan. /23/ /1/

Taulukko 9. Logiikan mahdollisia valintaperusteita. /1/

| Valintaperuste | Selitys |
|-------------------|--|
| Tulojen lukumäärä | Kustannusten kannalta tulee valita logiikka, jossa on riittävästi tuloja, mutta ei kuitenkaan turhia tuloja. |
| Tulojen tyyppi | Onko järjestelmässä painonappeja vai esimerkiksi lämpötilan perusteella kytkeytyviä tuloja. Lähtöjen osalta tulee tietää ohjataan digitaalisia, kuten releitä vai analogisia, kuten vir- |

| | |
|--|---|
| | tausmittaria. |
| PLCn muistinkoko | Muistin koko tulee valita tarpeen mukaan, ettei tila lopu kesken ja ohjelma jää tämän takia vajaaksi. |
| Modulaarisuus | Halutaanko, että virtalähde ja prosessori ovat samassa kotelossa, vai onko parempi että ne ovat erikseen? |
| Tasa- vai vaihtovirta | Tarvitseeko logiikka 230 VAC vai 24 VDC? |
| Tulojen kytkentä (sinking ja sourcing) | Sinkingissa tutkitaan maadoitusta ja sourcingissa virransyötöä. /15/ |
| Logiikkasyklin vaatima aika | Kuinka pitkä aika kuluu, kun sykli tutkii sisääntulot, suorittaa logiikassa määritellyt lähdöt ja päivittää I/O-listauksen? |
| Sarjaporttien tyyppi ja lukumäärä | Tarvitaanko ModBus-liitäntää, HMI:tä tai vaikka tulostinta? Tällöin tarvitaan sarjaportti, jonka avulla kytkentä tapahtuu. Esimerkiksi Siemensin S7-logiikassa tarvitaan molempiin liitäntöihin oma kortti. |

Siemensin logiikoita käytetään Wärtsilässä paljon, mutta testilaitteesta on tällä hetkellä tulossa uniikki, joten sen vuoksi on mahdollista käyttää mitä tahansa PLC-kombinaatiota. Omat kokemukset logiikoista pohjautuvat myös juuri Siemensin LOGOn ja S7-1200 sarjaan. LOGOn ominaisuudet ja lisäkortit ovat hyvin rajalliset, kun taas S7n malleihin ja OMRONin logiikoihin on varsin laaja kategoria erilaisia kortteja ja PLCn ja HMI:n yhtäaikainen ohjelmoiminen käy näppärästi yhtä ohjelmaa käyttäen. Opinnäytetyön rajauksen mukaan logiikkajärjestelmän valinta ei kuulu rajaukseen, mutta halusin tuoda oman panokseni vaihtoehtojen etsimisen muodossa. Siemensin logiikkavaihtoehdot esitellään liitteessä 11 ja OMRONin liitteessä 12.

11 ANNOSTELUYKSIKÖN UUSI TEHDASTESTIOHJEISTUS

Tehdastestilomake löytyy liitteestä 5. Tehdastesti alkaa alkujärjestelyistä ja visuaalisesta tarkastuksesta. Ennen testilaitteen kytkemistä tulee annosteluyksiköstä tarkastaa, että se on piirustusten mukainen. Tällöin testattavassa laitteessa on oikeat komponentit, oikeilla paikoilla, oikein päin ja ne on liitetty ja merkitty asi-aankuuluvalla tavalla. Ohjauskaapista tarkastetaan, ettei siellä ole irtonaisia johtoja, ja että johdot on kiinnitetty ja merkitty oikein. Merkitseminen on tärkeää huollon kannalta. Ennen testausta tulee myös testilaitte valmistella ja kuljettaa testipaikalle. Testilaitteelle tehdään myös omat esitarkastukset, kuten kytkeä PLC päälle ja tarkastaa nesteen määrä ja suodattimien puhtaus.

Ennen testin käynnistämistä kytketään molempiin laitteisiin virrat. Ohjausyksikköön ladataan ohjelma ja sama suoritetaan muistikortin avulla LDU - näytölle. Testilaitteen kytkentä voidaan tämän jälkeen suorittaa, jolloin liitetään laitteet fyysisesti ja elektronisesti. Kytkentöjen jälkeen avataan kaikki manuaaliventtiilit, avataan paineilma ja käynnistetään pumppu pumpun ohjausyksiköstä.

Testi käynnistetään painamalla ensin ohjausyksiköstä AutoSCR -painiketta ja tämän jälkeen käynnistämällä testisykli logiikan HMI – näytöltä. Syklissä on 4 pääsekvenssiin, joissa moottorin kuormaa muutetaan, jolloin annostuksen tulisi muuttua myös. Jokainen sekvenssi kestää 5 minuuttia, eli yhteensä testi kestää vähintään 20 minuuttia. Tämän aikana tulee testaajan tarkastella, ettei vuotoja esiinny. Urealinjan vuotaminen ilmenee kristallisoituneena ureana, ja paineilmalinjan vuotamista tutkitaan ruiskuttamalla saippuavettä putkien ja venttiilien liitoskohtiin. Vuotokohta paikallistetaan syntyvien saippuakuplien perusteella.

Testin edetessä täytetään tarkastuslistaa, jossa on eriteltyä testin samankaltaisuuden kannalta tärkeimmät kohdat, kuten kuitataan tankissa olevan riittävä määrä urealiuosta. Kun kaikki sekvenssit on ajettu, ohjausyksikkö antaa komennon annosteluyksikön puhdistukseen. Jos testilaitteisto on oikein kytketty, eikä muita testiin liittymättömiä häiriöitä ilmene, lopputuloksena tulostuu paperi, josta ilmenee virtauksen arvot kuorman muuttuessa. Tuloksia verrataan esilaskettuihin arvoihin, jos tulos on raja-arvojen sisällä, testi on läpi. Muussa tapauksessa testi on

hylätty ja se on syytä tehdä uudestaan. Testi tulee tehdä myös uudestaan, jos testin aikana ilmenee vuotoja, tai testi joudutaan jostain muusta syystä keskeyttämään.

Testin jälkeen tarkastuslomake ja tulostuneet virtauksen arvot liitetään toisiinsa ja toimitetaan laadunhallintaan. Aluksi annosteluyksikkö suorittaa puhdistuksen, jossa paineilmaa ohjataan myös urealinjaan. Puhdistuksen jälkeen tulee poistaa ylimääräinen paine avaamalla testilaitteen tyhjennysventtiili. Kun liuosta ei enää poistu järjestelmästä, venttiilin voi sulkea.

Laitteistolle suoritetaan purkutoimenpiteet, jossa laitteistoon kytketyt johdot ja putket irrotetaan. Putkiliitoksille suoritetaan puhdistus käyttäen apuna paineilmaa ja esimerkiksi harjaa. Järjestelmän tulee olla mahdollisimman puhdas. Lopuksi putket tulpataan ja testattava laite puhdistetaan toimitusta varten.

12 KONSEPTIN VALINTA/MUUTOKSET

Tässä osiossa esitellään parannusehdotukset, mitä valittiin ja miksi.

12.1 Parannusehdotukset

Aluksi samaa pumppu aiottiin käyttää molemmille annosteluyksikön kokoluokille, mutta hinnan vuoksi päädyttiin käyttämään pienempää pumpppua. Pumpppua ohjaamaan asetetaan taajuusmuunnin, jonka avulla saadaan pumpulle suurempi käytösäde. Nykyisen pumpun nominaaliarvo 50 Hz taajuudella on 300 l/h. Taajuutta nostamalla 87 Hz on mahdollista saada 480 l/h, joka on riittävä myös koon 2 vaatimuksille.

Taajuusmuuttajan lisääminen laitteistoon tuo mukanaan myös sen ohjauksen. Se voidaan asettaa tiettyyn arvoon, tai sitä voidaan säätää logiikan avulla. Taajuusmuuttajasta riippuen ohjaaminen voidaan toteuttaa kenttäväylien avulla, kuten: Profibus, ModBus tai taajuusmuuttajan omaa protokollaa käyttäen. Taajuuden ohjaaminen voidaan toteuttaa myös käyttämällä analogista ulostuloa, jolloin säätämällä mA arvoa vaihtuu myös muuttajan taajuus. Mahdollista on käyttää kahta digitaalista ulostuloa taajuuden nostamiseen ja laskemiseen, jolloin tulee käyttää myös yhtä analogista sisääntuloa taajuuden tarkkailuun. Eräänä mahdollisuutena logiikkaohjelman kannalta on käyttää pumpun käyntisignaalia syklin käynnistymisehtona.

12.2 Suunnittelun jatkaminen/Muutettavat asiat

NOR –järjestelmän mukana tulee aina oma taajuusmuuttaja pumpun ohjausyksikössä. Tätä taajuusmuuttajaa voidaan käyttää pumpun ohjauksessa, jolloin sen toiminta tulee myös testattua tehdastestissä testilaitteen osana. Näin tehdessä, logiikkaa ei tarvitse kytkeä taajuusmuuttajalle, ellei välttämättä halua kontrolloida pumpppua HMI:n kautta, vaan tarvitaan tulo, joka ilmoittaa pumpun olevan päällä.

Sähkökaavion tutkimisen jälkeen päädyttiin käyttämään pumpun ohjauskaapissa olevaa valoa, jonka funktiona on ilmoittaa pumpun olevan käynnissä. Valo päälle kytkeytyminen sopii myös jännitteen puolesta logiikkaohjauksen tuloksi. Pumpun

ohjausyksiköstä on joka tapauksessa käännettävä päävirtakytkin päälle ja varmistettava, ettei hätäseis ole painettuna mikä tarkoittaa, että samalla käyttökerralla voidaan hallinnoida pumppua. Päivitetty PLC-kaavio löytyy liitteestä 9 ja logiikkaohjelma liitteestä 10. Taulukossa 10 käy selville tulojen ja erikoisliitäntöjen tarve testilaitteen ohjelmoitavassa logiikassa.

Taulukko 10. Tarvittavat tulot ja niiden lukumäärät

| Liitäntä | Lukumäärä |
|--------------------------|------------------|
| Analogiset ulostulot | 4 |
| Digitaaliset sisääntulot | 7 |
| RS 232 (Tulostin) | 1 |
| RS 485 (ModBus) | 1 |
| Ethernet (HMI) | 1 |

12.3 Komponenttivalinnat

Suurin osa komponenteista valitaan NOR An mukaan, kuten venttiilit, putken materiaalit sekä pumppu. Testilaitteen logiikkaohjaukseen liittyvät komponentit valitaan tarpeen ja hinnan mukaan. Testilaitte tulee olemaan uniikki, joten ei ole tarpeen valita tutuinta vaihtoehtoa, mutta jos laitteen suunnittelua jatketaan Wärtsilän sisällä, kannattaa tarvittavaa logiikkaa harkita sen laajennettavuuden kautta.

Putkien ja venttiilien materiaali tulee olla myös NORin mukainen, haponkestävää terästä. Putkien pikaliittimien tulee olla myös haponkestävää materiaalia. Kaikkien materiaalien valinnassa otetaan huomioon Wärtsilässä jo löytyvien materiaalien käyttäminen, varsinkin jos laitteen rakentaminen suoritetaan sisäisesti.

13 YHTEENVETO JA ARVIOINTIA

Suunnittelun pohjana on aina laitteiston tai järjestelmän läpikotainen tunteminen, minkä takia kiinnitin aiheeseen hyvin paljon huomiota alusta alkaen kysyen eri osa-alueiden asiantuntijoilta ja laitteiston tuntevilta neuvoja. Suunnittelun edetessä huomasin varsin nopeasti, että koulussa opituista asioista on hyötyä, mutta niiden syvyys ei kuitenkaan riitä koko projektin leveydeltä. Pysin työn edetessä tärkeimmät päätökset kuvaamaan taulukoihin, joiden perusteella tein muun muassa valinnan testin automatisoinnista.

13.1 Aikataulussa pysyminen

Aloituspalaverissa sovittiin aikataulun luomisesta, ja omasta ajankäytön arvioinnista opinnäytetyön suhteen. Oman ajankäytön arvioinnin aloitin siitä, että hommat saadaan ajoissa tehtyä ja arkipäivät pyhitetään täysin opinnäytetyölle. Viikonloppuja ajattelin käyttää työn parissa vain jos todella pahalta valmistumisen suhteen. Työvaiheet aikataulutukseen valitsin oman pään mukaan, ja loppujen lopuksi vastasivat noin 80 % todellisuutta, minkä vuoksi ei tarvinnut esipäätetyltä työjärjestykseltä poiketa paljoa.

Logiikan valinnassa ja sähkökaavioiden tutkimisessa meni yllättävän kauan aikaa, mutta niiden tutkiminen ja päätökset niiden pohjalta tiesin tärkeiksi kokonaisuuden kannalta. Alkuperäisen aikataulusuunnitelman mukaan olin aikonut palauttaa työn äidinkielen tarkastukseen toukokuun alussa täysin valmiina, mutta työn valmistuminen venähti noin viikon verran.

13.2 Projektin tulokset

3d-malli valmistui yllättävän kivuttomasti, sen tekemisessä käytin apuna NORin pumppuyksikön mallia. 3d-malli ei ole lopullinen, mutta siitä käy ilmi kuinka testilaitteisto voidaan toteuttaa eräällä tavalla. Laitteiston komponenttivalinnoissa pyritään noudattamaan mahdollisimman tarkasti NORin komponenttilistaa. Kehikon lopullista valintaa ei tehty, koska se riippuu ureasäiliön koosta. Eräänä vaihtoehtona on kuitenkin 200 litran tynnyri, jonka vieressä, alla tai päällä on testilaitte. Kokonaisuuden kuljettaminen on helpointa suorittaa pumppukärryllä.

Logiikkakaavion luonti sujui helposti, koska niitä on koulussa tehty, myös vuo-
kaavioiden tekeminen Visiolla oli tullut tutuksi koulussa. Virtauskaavion luomi-
sessa pyrin mahdollisimman vähillä komponenteilla toteutettuun ratkaisuun. Lo-
giikan kytkentäkaaviota ei voi sanoa testilaitteen sähkökaavioksi, mutta omien
taitojen puitteissa pyrin ilmoittamaan mitä kytketään ja mihin.

Lopputuloksena saatiin myös testiohje, joka ottaa huomioon aikaisemmat laa-
tuongelmat, testin yksinkertaisuuden sekä uuden testilaitteiston. Testiohjeen rin-
nalle valmistui myös tarkastuslista, jonka tarkoituksena on toimia testaajan muis-
tin apuna. Tarkastuslistaan kuitataan tehty vaihe, tekijän allekirjoitus sekä testat-
tavan koneikon tiedot.

13.3 Projektin jatkuminen

Projektin jatkumisesta päätetään tulevaisuudessa, ja mukana olevat henkilöt mää-
räytyvät sen perusteella, missä laitteen jatkokehitys halutaan toteuttaa. Laitteen
rakentaminen alihankintana on vartenotettava mahdollisuus, mutta näiden suun-
nitelmien pohjalta laitteen valmistaminen ei vielä onnistu. Seuraavina vaiheina on
valmistuskuvien sekä sähkökaavion luominen.

Työn aikana oli puhetta NORin mahdollisista muutoksista kuten toisen lämpötila-
anturin lisäämisestä. Tämä tuo mahdollisesti mukanaan toisen lämpötila-anturin
simuloinnin, jolloin tulee lisätä yksi analoginen ulostulo testilaitteen vaatimuksiin.
Myöhemmin myös järjestelmään saatetaan kytkeä toimitettavan kokonaisuuden
pumppuyksikkö, joka ei käytännössä tuo lisää ongelmia vaan muuttaa hieman
kytkentöjä.

13.4 Loppusanat

Tammikuun haastatteluissa oli kolme vaihtoehtoa aihevalintaa varten, joista tämä
tuntui mielenkiintoisimmalta laajan kokonaisuuden vuoksi. Otin haasteen vastaan
ja aloin valmistautumaan aiheen suorittamiseen. Hiihtolomalla tuli aloittamisen
hetki, ja heti alusta lähtien tiedon tulva oli valtaisa, koska uuden järjestelmän ja
tekniikan tutuksi tuleminen vaati aikaa, ja samalla pyrin kirjoittamaan teoriaosuu-
den valmiiksi niin nopeasti kuin pystyin.

Teoriaosuuden valmistuttua aikataulullisesti näytin olevan muutaman päivän edellä, mutta käytännön osuus vei aikaa hieman enemmän kuin olin arvioinut. Sähkökaavioiden lukemisen opettelu oli ehdottomasti vaivanarvoista vaikka tiukan ajan puitteissa en kyennyt kytkentäkaavioita itse mallintamaan. 3d-mallin luominen onnistui. Vaikeuksia tuotti aluksi virtauskaavioiden ja Matlab -kaavioiden lukeminen, kokemukset niistä olivat varsin vähäisiä koulupohjalta, mutta onneksi tähän oli saatavissa apua osaston sisäisesti.

Kaikin puolin opinnäytetyön tekeminen oli hieno kokemus. Positiivista oli, että työ oli varsin monipuolinen ja antoi täten hyvän kuvan insinöörin tulevista työtehtävistä.

LÄHTEET

- /1/ Automation-Talk. 2011. How to Choose your PLC or PLC Choosing Criteria. Viitattu 17.4.2012.<http://www.automation-talk.info/2010/12/how-to-choose-your-plc-or-plc-choosing.html>
- /2/ Babicz, J. 2008. Encyclopedia of Ship Technology. Baobab Naval Consultancy. Wärtsilä.
- /3/ Copeland, L. 2004. A Practitioner's Guide to Software Test Design. Artech House: Norwood, MA. Sivut 19-48.
- /4/ Cummins Filtration. 2009. Diesel Exhaust Fluid (DEF) Q & A. Viitattu 15.3.2012.
http://www.cumminsfiltration.com/pdfs/product_lit/americas_brochures/MB10033.pdf
- /5/ Dunlop HiFlex. 2011. Pumput ja voiteluvarusteet. Viitattu 18.4.2012.
<http://www.dunlophiflex.fi/upload/?id=beccbe8ee48a4f82441a2d79125ff450>
- /6/ FinTank. 2012. AdBlue Tankkaussetit. Viitattu 18.4.2012.
<http://www.fintank.fi/adblue-tuotteet/pdf/adblue-tankkaus-setit.pdf>
- /7/ Fintank. 2012. Adblue tuotteet. Viitattu 18.4.2012.
<http://www.fintank.fi/adblue-tuotteet/img/urea-sarja.jpg>
- /8/ Foundation Level Syllabus. 2010. Käännösversio 2010. Perustason sertifi-
kaattisisältö. Viitattu 15.3.2012.
http://fistb.ttlry.mearra.com/sites/fistb.ttlry.mearra.com/files/FL%20Syllabus%2020101123_0.pdf
- /9/ Grimes, D. 2009. Challenges in dosing and delivering urea-based solu-
tions. Viitattu 23.3.2012.
http://findarticles.com/p/articles/mi_m0FZX/is_10_75/ai_n39385308/
- /10/ Heinonkoski, R. 2004. Koneautomaation kunnossapito. 2 uudistettu pai-
nos. Opetushallitus.
- /11/ Hellén, G. 2009. Emission Legislation - Ship power. Viitattu 15.3.2012.
Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /12/ Juvonen, A. 2012. Tech Support. Siemens Osakeyhtiö. Haastattelu
11.4.2012.
- /13/ Kankaanpää T. 2003. Testisuunnitelma. Vaasan ammattikorkeakoulu. Vii-
tattu 15.3.2012.
http://www.cc.puv.fi/~tka/kurssit/Tietojarjestelmien_suunnittelu/vamk_testisuunnitelma0_1.doc

- /14/ Kördel, L. 2000. Automaatiotekniikka. 1 painos. Kördel, L ja Micro Support AB.
- /15/ Motion Engineering. 2010. Sinking vs. Sourcing. Viitattu 17.4.2012. http://support.motioneng.com/hardware/io/slice-io/topic_sink_source.htm
- /16/ Nordberg, D. 2010. NOR 2009, dosing and pumping unit test report. Viitattu 18.4.2012. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /17/ Oksanen, T. 2012. Huoltopäällikkö. Veho Trucks Service Oy Ab. Haastattelu 13.4.2012.
- /18/ Operational Manual NOx Reducer. Viitattu 21.3.2012
- /19/ Paradigms of Black Box Software Testing. Tutorial at Quality Week. 2002. Cem Kaner, J.D. Florida Institute of Technology. Viitattu 15.3.2012. <http://www.kaner.com/pdfs/ParadigmsTutorial.pdf>
- /20/ Pitkänen, H. 2011. General Quality Control Plan for NOR. Wärtsilä Viitattu 6.3.2012. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /21/ Product Center Ecotech. 2011. NOR Technical Specifications. Viitattu 15.3. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /22/ Product Center Ecotech. 2011. Wärtsilä NOx Reducer - NOR system. Viitattu 15.3. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /23/ Siemens. 2012. SIMATIC Selection Tool. Viitattu 17.4.2012. <https://eb.automation.siemens.com/spicecad/api/konfigurator.jnlp>
- /24/ Soikkeli, N. 2009. NOR 2009 SCR System Design Handbook. Viitattu 15.3. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /25/ Solla, A. 2011 Sales support material for SP in 2-stroke applications. Viitattu 15.3. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /26/ Suomen standardoimisliitto SFS. 1988. Standardisointi. Tarkoitus ja hyödyntäminen. Suomen standardoimisliitto SFS. s.10-44.
- /27/ Wärtsilä. 2011. Konserniesittely. Viitattu 15.3.2012. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /28/ Wärtsilä. 2011. Product Center Ecotech info. Viitattu 15.3.2012. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /29/ Wärtsilä. 2012 Wärtsilä Suomessa. Viitattu 15.3.2012. Saatavilla Wärtsilän intrassa.
- /30/ Yara Suomi OY. 2011 KÄYTTÖTURVALLISUUSTIEDOTE, NOxCare urealiuos 40%. Viitattu 15.3.2012. Saatavilla Wärtsilän intrassa.

LIITE 1

1(1)

| Testitavan valinnassa käytetty SWOT-taulukko | | | | |
|---|---|--|---|--|
| Testaustapa | Vahvuudet | Heikkoudet | Mahdollisuudet | Uhat |
| Manuaalinen | <ul style="list-style-type: none"> • Investointikustannukset olemattomat. • Työskentelytavat ovat jo olemassa. • Yksinkertainen • Ei hajoavia lisälaitteita | <ul style="list-style-type: none"> • Ongelmien ilmentyessä tarvitaan asiantuntija-apua. • Virtaustestiä ei voida suorittaa nesteellä. • Tarvitsee kattavan testiohjeistuksen. | | <ul style="list-style-type: none"> • Manuaalisessa testauksessa vaikuttaa paljon testin tekijä. |
| Logiikka + paineilma | <ul style="list-style-type: none"> • Pienet investointikustannukset. • Testilaitteen koko jää pieneksi. • Yksinkertainen. • Noen puhdistusta voidaan tarkastella. | <ul style="list-style-type: none"> • Virtaustestiä ei voida suorittaa nesteellä. • Lisälaitteen liittämisen tuomat ongelmat (johdotus, huolto, käyttöliittymä) | <ul style="list-style-type: none"> • Testilaitetta voi mahdollisesti käyttää huoltotoiminnan tukena. | |

| Testaustapa | Vahvuudet | Heikkoudet | Mahdollisuudet | Uhat |
|---|---|--|--|--|
| Logiikka + paineilma + neste | <ul style="list-style-type: none"> • Kattava testi. • Realistisin testijärjestelmä • Noen puhdistusta voidaan tarkastella. • Virtausta voidaan testata nesteellä. | <ul style="list-style-type: none"> • Kallein investointi • Lisälaitteen liittämisen tuomat ongelmat (johdotus, huolto, käyttöliittymä) | <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollisuus laajentaa testattavaa laitteistokokonaisuutta. • Käytännössä voidaan simuloida NOR -järjestelmää ilman moottoria ja reaktoria. | <ul style="list-style-type: none"> • Kemikaalilainsäädäntö. (Urealiuoksen säilytys ja käyttö) |

| Simulointiarvot | | | | | |
|--------------------------------|-------------------|-----------------|---------------------------------|--|--------------------------|
| Kohde | Raja-arvot | Signaali | Raja-arvotestaus | Simulointiarvot | Arvot mA |
| Paine-ero | 0-30 mbar | 4-20 mA | 0 mbar, 30 mbar; 4 mA, 20 mA | <u>Rajaarvot: 0 > X > 15,</u> 7,5 mbar | 8mA |
| Lämpötila | 0-600 °C | 4-20 mA | 0 °C, 600 °C; 4 mA, 20 mA | <u>Rajaarvot: 430 > X > 300,</u> 375 °C | 14mA |
| Moottorin kuorma | 0-110 % | 4-20 mA | 0 %, 110 %; 4 mA, 20 mA | <u>Rajaarvot: 20 > X > 110;</u> 27,5 %, 48,125 %, 75,625 %, 103,125 % | 8mA, 11mA, 15mA, 19mA |
| Moottorin RPM | 0-1200 RPM | 4-20 mA | 0 RPM, 1200 RPM; 4 mA, 20 mA | <u>Rajaarvot: 300 > X > 1200,</u> 975 RPM | 14mA |
| Pumppu | - | I/O | - | On /Off | 1/0 |
| Noenpuhdistus-venttiilit, HSD | on/off | on/off | Laskuri | - | 1/0 |
| Noenpuhdistus-venttiilit, Rele | on/off | on/off | Laskuri | - | 1/0 |
| Taulukointi | 0-1000 l/h | mb_master | Vertailu | - | mb_adr |

Ohjaustapojen esittely

| Ohjaustapa | Käyttö | Hyvät puolet | Huonot puolet |
|---------------|--|---|--|
| Ohjauspaneeli | Ohjauspaneelissa on painonappi pumpun käynnistämiseksi ja potentiometrit testiparametreille, joilla urean syöttö määritetään. | Voidaan simuloida kaikkia arvoja kattavasti. | Jos annostelua halutaan vertailla esilaskettuihin arvoihin, tällöin tulee parametrit määrittellä hyvin tarkasti, joka portaattomilla potentiometreillä on vaikeaa. |
| Logiikan HMI | Näyttöön ohjelmoidaan painonappi syklin käynnistämiseksi. Lisäksi näyttöön voidaan ohjelmoida ilmoittamaan, että mikä vaihe testissä on menossa. | Tietokonetta ei tarvita, kuin ohjelmoinnissa, jolloin laitteiden käyttötarkoitus pysyy oikeanlaisena. | HMI-näyttöjen toiminnot ja mittarit ovat yleensä hyvin rajattuja. |
| PC | Tietokoneella voidaan valmistaa testiä varten oma valvomo-ohjelma, johon voidaan mallintaa esimerkiksi testilaitteen piirros ja mittarit. | Kaikki on mahdollista PC:n avulla. | Tietokonetta käytetään moneen muihin asiaan samaan aikaan, jolloin väärinkäyttöä saattaa ilmetä. |



26.4.2012
NOR Annosteluyksikkö
FAT- Testiohje

Tämä ohje on luotu NOR - Annosteluyksikön testaamista varten.

Testi on jaettu kolmeen osaan:

FAT esijärjestelyt

FAT

FAT jälkitoimet

Esijärjestelyissä tarkistetaan liitokset ja suoritetaan visuaalinen katselmus.

FATissa tarkastetaan Annosteluyksikön fyysinen toiminta ja samalla tutkitaan automaation oikeanlainen toiminta.

Testissä käytetään urealiuosta ja järjestelmä puhdistetaan kokonaan, jotta Annosteluyksikkö olisi mahdollisimman puhdas asiakkaalle toimitettaessa.

Testin jälkeen Annosteluyksikkö irrotetaan testilaitteesta ja sille suoritetaan pakkaukseen valmistavat toimenpiteet.

Testissä on yksi(1) liitetiedosto, joka tulee tulostaa ennen testin aloittamista, ja testaushenkilön tulee täyttää se käsin.

LIITE 1: NOR - Annosteluyksikkö, tarkastuslista

FAT esijärjestelyt

1 Runko hitsattu hyvin

Tarkista, että runko on hitsattu hyvien käytäntöjen mukaisesti, eikä suuria hitsausroiskeita näy.

Jos roiskeita näkyy, niin irrota ne esimerkiksi viilaa käyttäen.

Myös terävät kulmat tulee viilata, ettei niissä ole leikkautumisvaaraa.

Jos runkoa joudutaan korjaamaan, tulee maalivauriot korjata.

2 Oikeat komponentit asennettu

Visuaalisesti tarkastetaan, että komponenttilistausta vastaa asennettuja.
Luetaan komponentin merkikilvestä tiedot, ja verrataan piirustukseen.
Väärät osat on vaihdettava

3 Komponentit tuettu kunnolla

Komponentit ja putket tulee olla tuettu hyvin, etteivät ne pääse liikkumaan.
Tuet tulee olla piirustusten mukaiset
Komponenttien kiinnittämisessä tulee käyttää vain piirustusten mukaisia kiinnikkeitä.

4 Komponentit ja putket ulkoisesti ehjiä

Visuaalinen tarkastus putkille ja komponenteille, ettei niihin ole asennuksen yhteydessä syntynyt vaurioita.
Putkissa ei saa olla lommoja.

5 Komponentit asennettu virtauksen kannalta oikeinpäin

Komponenttien tulee olla asennettu piirustustenmukaisesti, jotta virtaus on oikeasuuntainen.

6 Piirustusten mukaiset mitat

Tarkasta kuvassa ilmoitetut päämitat.
Kehikon mitat: leveys, korkeus, syvyys
Urea- ja ilmaputkien korkeus maasta.

7 Komponentit merkitty asianmukaisesti

Annosteluyksikön komponenttien merkitsemisessä tulee käyttää asianmukaisia kylttejä, jotka tulee olla kiinnitetty pitävällä liimalla tai rautalangalla.
Tarkista merkinnät piirustuksesta.

8 Ohjauskaappi piirustusten mukainen

Tarkasta ensin ulkopuolelta, että kaikki komponentit ovat paikoillaan.
Avaa kaappi, ja tarkista että riviliittimet ja MCM ovat oikeilla paikoilla.
Tarkasta, ettei yksikään virtaviipu ole ON-asennossa.

9 Liitokset kunnossa

Tarkista ettei ylimääräisiä johtoja roiku kaapissa.
Jokaisen johdon tulee olla kuvanmukaisesti asennettu.
Tarkista ettei johdot ole liian kireällä repeytymis- ja väsymisvaaran vuoksi.

10 Johdot merkitty asianmukaisesti

Johtojen merkintään tulee käyttää johtojen merkitsemiseen tarkoitettuja merkkejä, joissa lukee myös mihin paikalle kyseinen johto tulee olla asennettu.

11 Päävirran kytkeminen ohjauskaappiin

Kytke töpsemi pistorasiaan ja toinen pää seuraavasti.

X1-1 sininen

X1-2 ruskea

Tarkista että vihreä suojamaadoitus on kytketty luotettavasti runkoon

Tarkista myös, että johto ei ole liian kireä repeytymisvaaran vuoksi.

Käännä päävirta päälle

12 Ohjelman lataaminen LDUlle muistikortin avulla

Sammuta näytöstä virrat

Aseta PCMCIA-muistikortti sille varattuun porttiin näytön taakse, älä käytä voimaa.

PCMCIA-kortti menee vain yhdessä asennossa sille tarkoitettuun porttiin.

Käynnistä näyttö

Asenna ensin Kernel, jonka jälkeen asennetaan Rootfilesystem

Lisätietoja

[Doc ID: DBAA722572](#)

Chapter 7: Downloading Kernel and Filesystem to LDU-10

IDM: AUTOMATION -> Engine Automation -> Tools -> LDU10

13 Päätevastuksen irroitus

Poista kaapista CAN-väylän päätevastus,

X24-3 ja X24-4

ja talleta vastus paikkaan josta se ei katoa tai hajoa, esimerkiksi kaapin sisälle.

14 Tietokoneen kytkeminen ohjauskaappiin

Tietokone liitetään väylään kytkemällä CAN-adapter tietokoneeseen ja liittimet X24-3 ja X24-4

Tarkistetaan että liitokset ovat kunnolla kiinni.

15 Ohjelman lataaminen ohjausyksikköön Wecsplorerilla

Käynnistä Wecsplorer, anna käyttäjätunnus & salasana.

Valitse oikea järjestelmä.

Valitse yläpalkista Download.

Lisätietoja

[Doc ID: DBAA722572](#)

Chapter 6. Downloading software to engine modules via CAN-bus

IDM: AUTOMATION -> Engine Automation -> Tools -> LDU10

17 Päätevastuksen takaisinlaittaminen

Irrota johto ensin tietokoneesta ja sitten

X24-3 ja X24-4 .

Kytke päätevastus takaisin samaan paikkaan.

18 Testilaitteen elektroninen kytkentä

Kytke johdotuskaavion mukaisesti.

Älä kiristä johtoja liian tiukalle repeytymisvaaran vuoksi.

Tarkista liitosten pitävyys.

19 Testilaitteen mekaaninen kytkentä

Kytke testilaitteen urealinjan ulostulo annosteluyksikön sisääntuloon käyttäen pikaliittimiä.

Aseta putket vastakkain pikaliittimen sisälle ja kiristä.

Kytke paineilma annosteluyksikön ilman sisääntuloon.

20 Manuaaliventtiilien avaaminen

Avaa paineilmalinjan kaikki manuaaliventtiilit.

Avaa urealinjan manuaaliventtiilit, paitsi poistoventtiilit.

22 Ilmalinjan paineensäätö 4bar

Säädä ilmanpaine annosteluyksikön säätöventtiilillä 4bar.

Ilmanpaineen säätämistä varten manuaalinen puhdistus päälle ohjausyksiköstä.

23 Kytke AutoSCR päälle

Paina AutoSCR painiketta Annosteluyksikön ohjausyksikössä

24 Päävirran kytkeminen pumpulle

Varmista, että pumpun ohjausyksikön hätäseis ei ole vaikutettuna.

Kytke virta pumpulle painamalla S5.

Pumpun käyminen on ehtona testisyklin käynnistymiselle.

25 Päävirran kytkeminen logiikalle

Kytke PLClle jännite

Logiikasta riippuen: paina virta päälle

HMI saa virtansa logiikalta.

Odota että HMI käynnistyy ja aloitusnäkyvä tulee näkyviin.

FAT

26 Testisyklin käynnistäminen HMI:n kautta

Tarkista, että kaikki edellämainitut kytkennät ja oikeat venttiilit avattu.

Logiikan tulee olla RUN-modessa.

Käynnistä testisykli painamalla START.

27 Saippuavesitestauksen suorittaminen ilmalinjalle

Testin aikana, suihkuta saippuventtä paineilmalinjalle.

Jos linja vuotaa, ilmenee se saippuakuplina.
Vuotojen ilmetessä, keskeytetään testi.
Testin keskeyttämiseksi, painetaan HMIstä STOP

28 Syklin tarkkailu

HMI ilmoittaa käynnissä olevan syklin ja teoreettisen virtausmäärän.
Vertaa tätä arvoa LDUn näyttämään arvoon.

29 Urealinjan tarkkailu

Jos uralinja vuotaa, ilmenee se urean kristallisoitumisena.
Vuotojen ilmetessä, keskeytetään testi.
Testin keskeyttämiseksi, painetaan HMIstä STOP

FAT jälkitoimet

30 Syklin loputtua tulosten kerääminen

Syklin loputtua, järjestelmä suorittaa automaattisesti puhdistusvaiheen.

31 Sulje manuaaliventtiilit

Sulje manuaaliventtiilit kääntämällä vipua myötöpäivään.

32 Pumpun sammutus

Pumppu sammutetaan pumpun ohjausyksiköstä (S4)

33 Paineenpoistaminen järjestelmästä

Avaa testilaitteen poistoventtiili ja odota paineen ja urean poistumista.
Odotaa 5 minuuttia ja sulje venttiili.

34 Mekaanisten ja elektronisten kytkentöjen irroitus

Irraita kiinnitetyt johdot varovasti annosteluyksikön ohjauskaapista.
Irraita kiinnitetyt putket toisistaan
Älä jätä komponentteja maahan lojumaan.

35 Putkiliitoksien puhdistus

Puhdista juuri avattujen liittimien putket.
Apuvälineinä voi käyttää paineilmaa, harjaa ja vettä.

36 Putkien tulppaus

Tulppaa putket

37 Yleisilmeen kohennus

Puhdista ylimääräiset ureariskeet esimerkiksi paineilmalla.

LIITE 1
NOR Annosteluyksikkö
FAT- Tarkastuslista
Koneikon tiedot:

| |
|------------------|
| Tilaus Numero: |
| Koneikon numero: |
| Sarjanumero: |

Tarkastuksen kuittaus
 Kuittaus Muistiinpanot

FAT esijärjestelyt

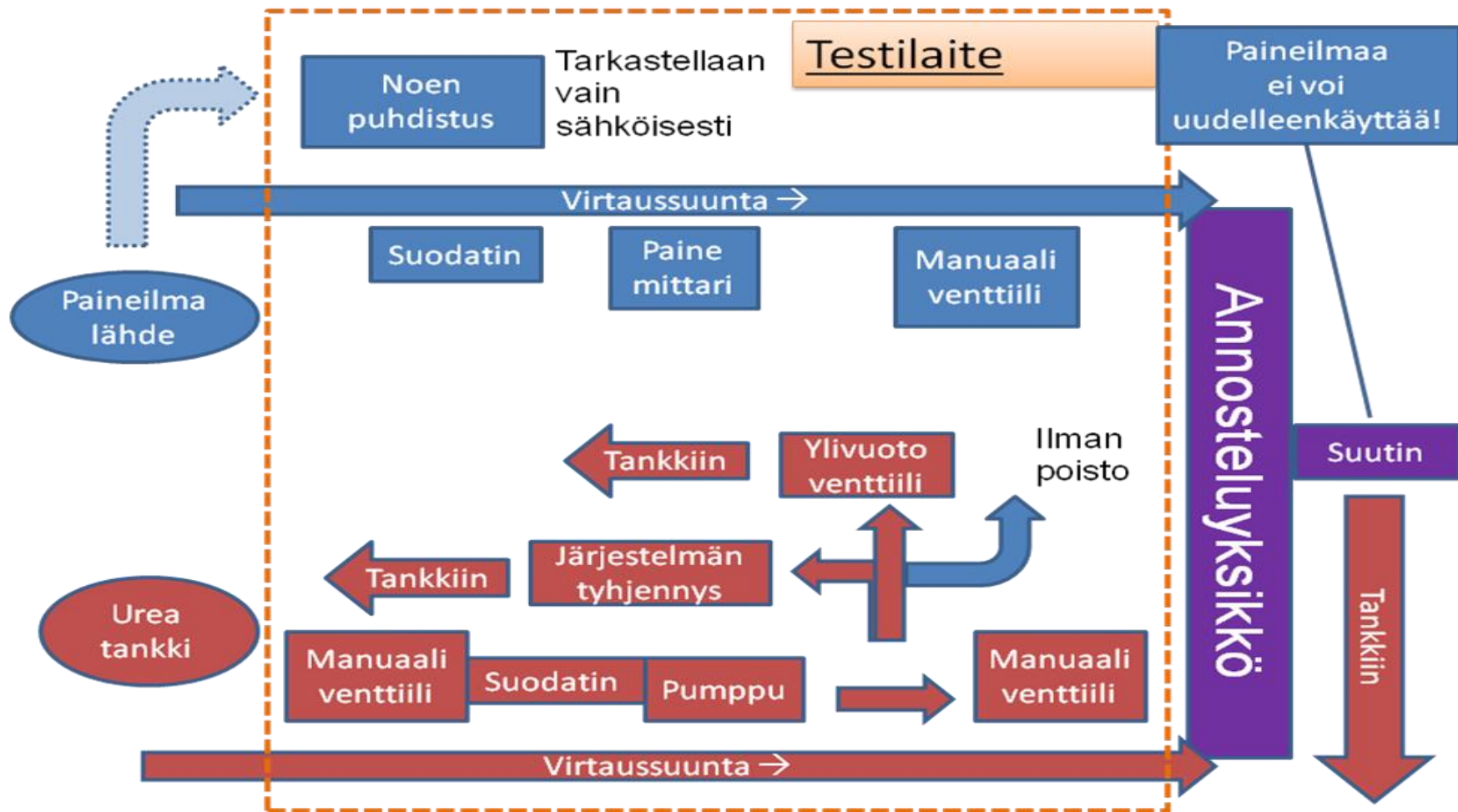
| | | | |
|----|--|--------------------------|----------------------|
| 1 | Runko hitsattu hyvin | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 2 | Oikeat komponentit asennettu | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 3 | Komponentit tuettu kunnolla | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 4 | Komponentit ja putket ulkoisesti ehjiä | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 5 | Komponentit asennettu virtauksen kannalta oikeinpäin | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 6 | Piirustusten mukaiset mitat | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 7 | Komponentit merkitty asianmukaisesti | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 8 | Ohjauskaappi piirustusten mukainen | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 9 | Liitokset kunnossa | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 10 | Johdot merkitty asianmukaisesti | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 11 | Päävirran kytkeminen ohjauskaappiin | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 12 | Ohjelman lataaminen LDUlle muistikortin avulla | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |
| 13 | Päätevastuksen irroitus | <input type="checkbox"/> | <input type="text"/> |

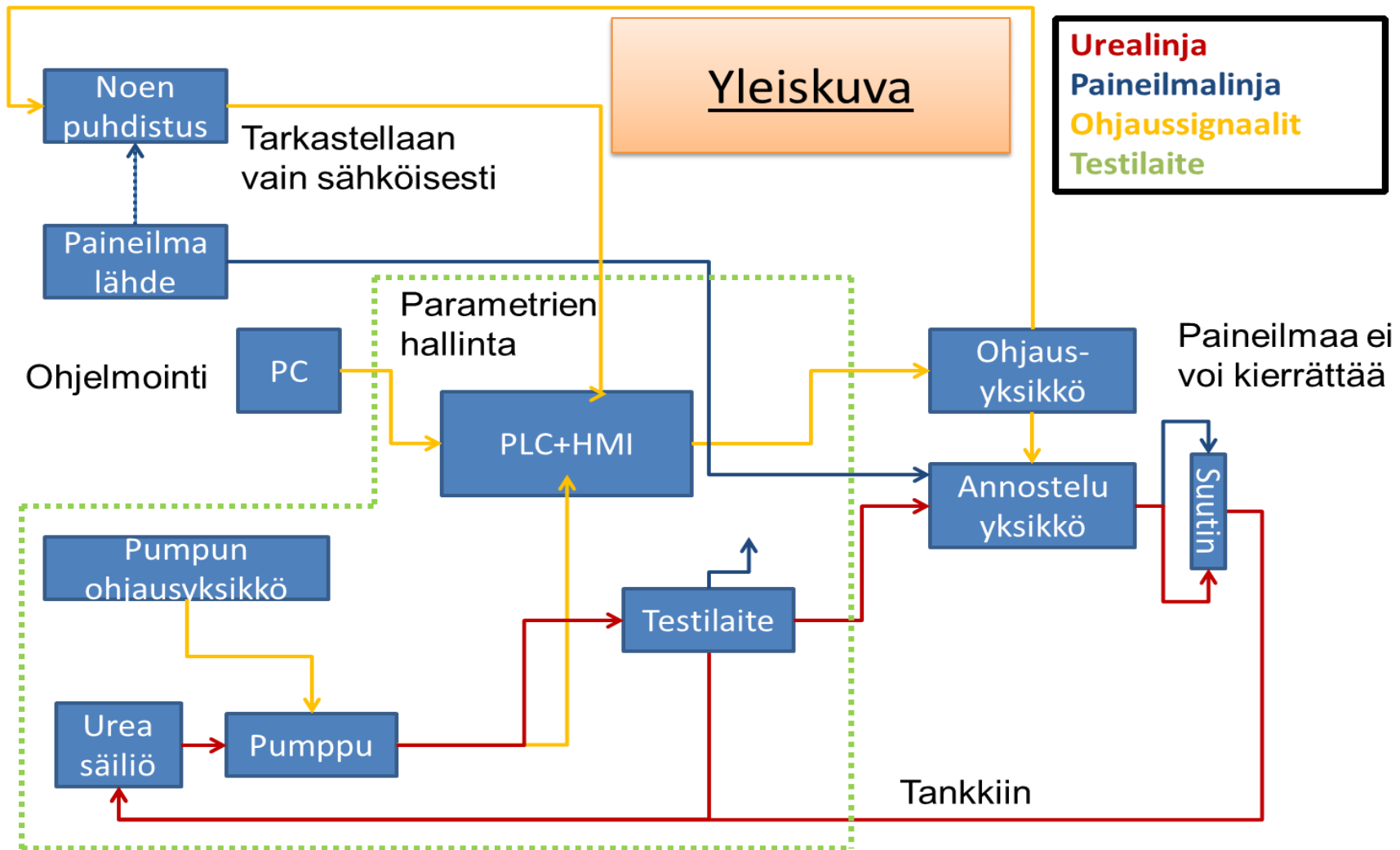
| | | | |
|------------------------|--|--------------------------|--------------------------|
| 14 | Tietokoneen kytkeminen ohjauskaappiin | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15 | Ohjelman lataaminen ohjausyksikköön Weexplorerilla | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 17 | Päättevastuksen takaisinlaittaminen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 18 | Testilaitteen elektroninen kytkentä | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 19 | Testilaitteen mekaaninen kytkentä | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 20 | Manuaaliventtiilien avaaminen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 21 | Ilmalinjan paineensäätö 4bar | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 22 | Kytke AutoSCR päälle | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 23 | Päävirran kytkeminen pumpulle | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 24 | Päävirran kytkeminen logiikalle | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| FAT-testi | | | |
| 25 | Testisyklin käynnistäminen HMI:n kautta | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 26 | Saippuavesitestauksen suorittaminen ilmalinjalle | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 27 | Syklin tarkkailu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 28 | Urealinjan tarkkailu | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| FAT jälkitoimet | | | |
| 29 | Syklin loputtua tulosten kerääminen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 30 | Sulje manuaaliventtiilit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 31 | Pumpun sammutus | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 32 | Paineenpoistaminen järjestelmästä | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 33 | Mekaanisten ja elektronisten kytkentöjen irroitus | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

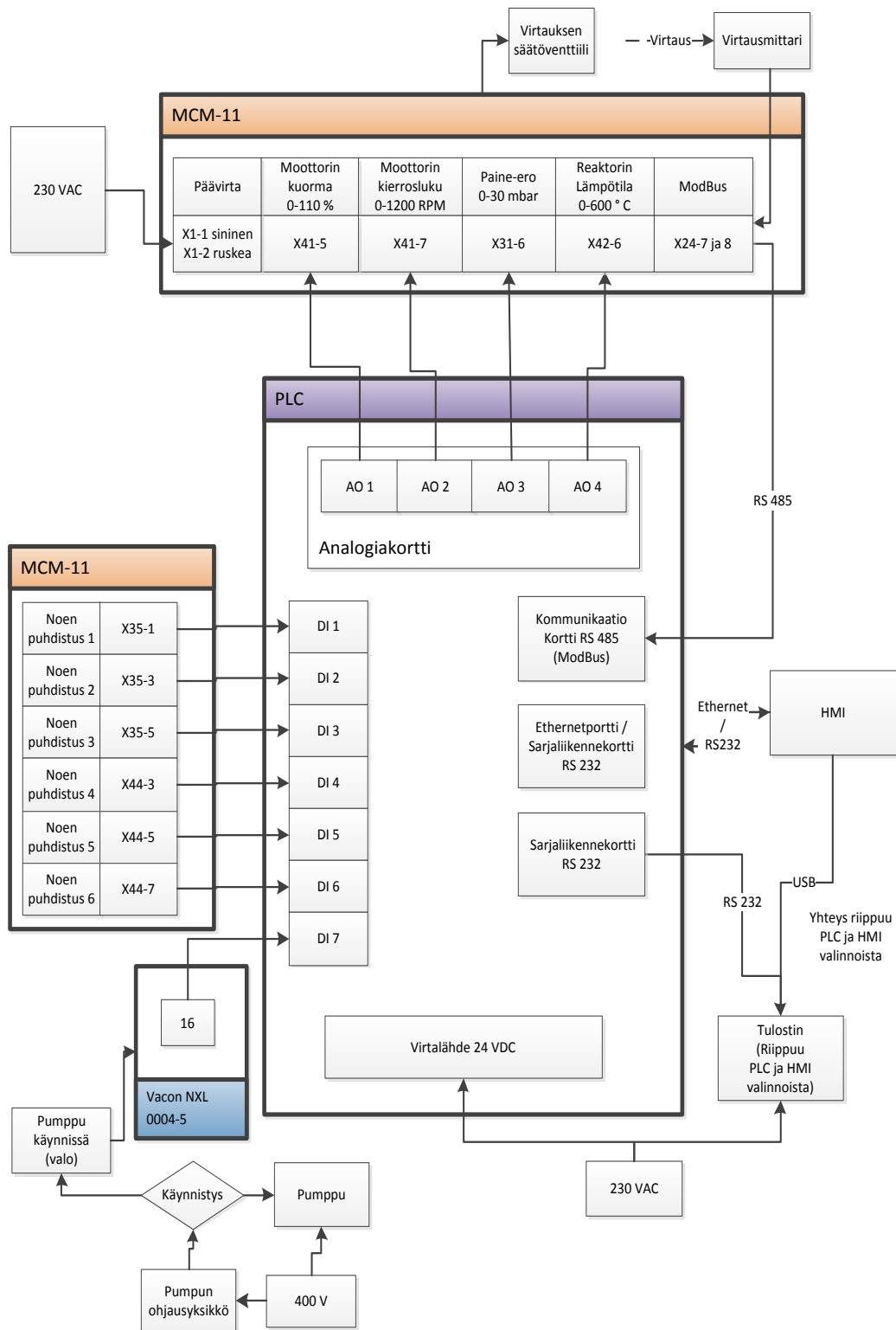
34 Putkiliitoksien puhdistus

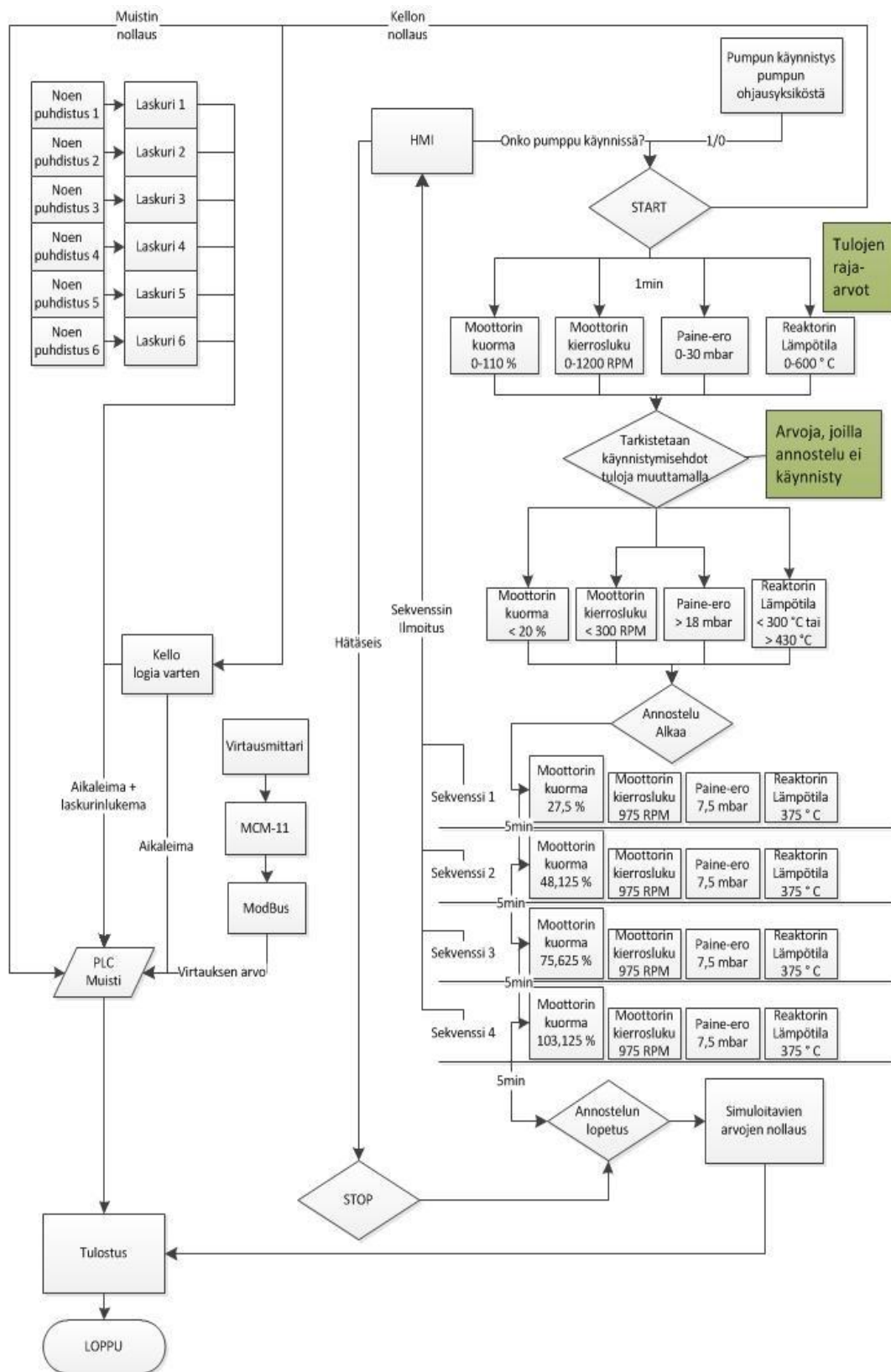
35 Putkien tulppaus

36 Yleisilmeen kohennus









SIEMENSIN OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

Station:'S7-300(1)'

Checking state: Without errors

| Order No. | Designation | Quantity |
|---|--|----------|
| 6ES7307-1BA01-0AA0 | SIMATIC S7-300 STABILIZED POWER SUPPLY PS307 INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: DC 24 V DC/2 A | 1.00 |
| 6ES7314-1AG14-0AB0 | SIMATIC S7-300, CPU 314 CPU WITH MPI INTERFACE, INTEGRATED 24V DC POWER SUPPLY, 128 KBYTE WORKING MEMORY, MICRO MEMORY CARD NECESSARY | 1.00 |
| 6ES7323-1BH01-0AA0 | SIMATIC S7-300, DIGITAL MODULE SM 323, OPTICALLY ISOLATED, 8 DI AND 8 DO, 24V DC, 0.5A AGGREGATE CURRENT 2A, 1X20 PIN | 1.00 |
| 6ES7331-7KB02-0AB0 | SIMATIC S7-300, ANALOG INPUT SM 331, OPTICALLY ISOLATED, 2 AI, 9/12/14 BITS RESOLUTION, U/I/THERMOCOUPLE/RESISTANCE, INTERRUPT, DIAGNOSTICS, 1 X 20 PIN, REMOVE/INSERT W. BACKPLANE BUS | 1.00 |
| 6ES7332-5HF00-0AB0 | SIMATIC S7-300, ANALOG OUTPUT SM 332, OPTICALLY ISOLATED, 8 AO, U/I; DIAGNOSTICS; RESOLUTION 11/12 BITS, 40 PIN, REMOVE/INSERT W. ACTIVE, BACKPLANE BUS | 1.00 |
| 6ES7341-1AH02-0AE0 | SIMATIC S7-300, CP341 COMMUNICATION PROCESSOR WITH RS232C INTERFACE (V.24) INCL. CONFIG. PACKAGE ON CD | 1.00 |
| 6ES7341-1CH02-0AE0 | SIMATIC S7-300, CP341 COMMUNICATION PROCESSOR WITH RS422/485 INTERFACE INCL. CONFIG. PACKAGE ON CD | 1.00 |
| 6ES7390-1AE80-0AA0 | SIMATIC S7-300, RAIL L=480MM | 1.00 |
| 6ES7392-1CJ00-0AA0 | SIMATIC S7-300, FRONT CONNECTOR FOR SIGNAL MODULES FASTCONNECT, (INSUL. PIERC. CLAMPS), 20-PIN | 4.00 |
| 6ES7392-1CM00-0AA0 | SIMATIC S7-300, FRONT CONNECTOR FOR SIGNAL MODULES FASTCONNECT, (INSUL. PIERC. CLAMPS), 40-PIN | 1.00 |
| 6ES7953-8LF20-0AA0 | SIMATIC S7, MICRO MEMORY CARD F. S7-300/C7/ET 200, 3.3 V NFLASH, 64 KBYTES | 1.00 |
| 6GK7343-1EX30-0XE0 | COMMUNIKATIONSPROCESSOR CP343-1 FOR CONNECTING SIMATIC S7-300 TO IND. ETHERNET VIA ISO AND TCP/IP, PROFINET IO-CONTROLLER OR PROFINET IO-DEVICE, INTEGR. 2-PORT SWITCH ERTEC200 S7-COMM., FETCH/WRITE, SEND/RCV W. AND W/O RFC1006, MULTICAST DHCP, NTC-CPU SYNC, DIAGNOSTIC, INITIALIZATION VIA LAN, 2 X RJ45 CONNECT. FOR LAN WITH 10/100 MBIT/S | 1.00 |
| SIMATIC selection aid, Version 8.0.17 Page:1 From 1 May 9, 2012 | | |

+ HMI

Station: 'S7-400(1)'

Checking state: Without errors

| Order No. | Designation | Quantity |
|---|--|----------|
| 6ES7400-1JA01-0AA0 | SIMATIC S7-400, UR2 RACK, CENTRALIZED AND DISTRIBUTED WITH 9 SLOTS 2 REDUNDANT PS PLUGGABLE | 1.00 |
| 6ES7407-0DA02-0AA0 | SIMATIC S7-400, POWERSUPPLY PS407: 4A, WIDERANGE, 120/230V UC,5V DC/4A | 1.00 |
| 6ES7412-2XJ05-0AB0 | SIMATIC S7-400, CPU 412-2 CENTRAL PROCESSING UNIT WITH: 512 KB WORKING MEMORY, (256 KB CODE, 256 KB DATA), 1. INTERFACE MPI/DP 12 MBIT/S, 2. INTERFACE PROFIBUS DP | 1.00 |
| 6ES7421-7BH01-0AB0 | SIMATIC S7-400, DIGITAL INPUT SM 421, GALVANICALLY ISOLATED, 16 DI, 24V DC WITH 0.05 MS INPUT DELAY, ALARM, DIAGNOSTICS | 1.00 |
| 6ES7422-1BH11-0AA0 | SIMATIC S7-400, SM 422 DIGITAL OUTPUT MODULE, OPTIC, ISOLATED, 16 DO, 24V DC, 2A | 1.00 |
| 6ES7432-1HF00-0AB0 | SIMATIC S7-400, SM 432 ANALOG OUTPUT MODULE OPTIC, ISOLATED, 8 AO, 13 BIT RESOLUTION, U/I | 1.00 |
| 6ES7441-2AA04-0AE0 | SIMATIC S7-400, CP 441-2 COMMUNICATIONS MODULE FOR POINT TO POINT CONNECTIONS 2 CHANNELS INCL. CONFIG. PACKAGE ON CD | 1.00 |
| 6ES7492-1AL00-0AA0 | SIMATIC S7-400, FRONT CONNECTOR FOR SIGNAL MODULES WITH SCRE-TYPE CONTACT, 48-POLE | 2.00 |
| 6ES7921-4AG00-0AA0 | FRONT CONNECTOR MODULE WITH TWISTED RIBBON CABLE CONNECTION FOR ANALOG MODULES OF S7-400, WITH POWER SUPPLY VIA SCREW-TYPE TERMINAL | 1.00 |
| 6ES7923-0BF00-0DB0 | CONNECTING CABLE SHIELDED FOR SIMATIC S7-300/400 BETWEEN FRONT CONNECTOR MODULE A, TERMINAL BLOCK 16 X 0.14MM2 WITH IDC CONNECTORS, LENGTH 5.0 M | 4.00 |
| 6ES7924-0CC10-0AB0 | TERMINAL BLOCK TPA 3-ROW FOR ANALOG SIMATIC S7 MODULES SORT: SPRING TERMINAL WITHOUT LED, PACK. UNIT=1 PCS 16 POLE IDC CONNECT. FOR CABLE | 4.00 |
| 6GK7443-1GX20-0XE0 | COMMUNICATION PROCESSOR CP 443-1 ADVANCED FOR CONNECTING SIMATIC S7-400CPU TO INDUSTRIAL ETHERNET: PROFINET IO-CONTROLLER WITH RT AND IRT, MRP, PROFINET CBA TCP/IP,ISO,UDP,S7-COM,S5-COMP, COM,(SEND/RECEIVE)W.FETCH/WRITE WITH AND W/O RFC 1006,MULTICAST DIAGNOSTIC EXPANSIONS,SNMP,DHCP FTP CLIENT/SERVER,E-MAIL, DATA STORAGE ON C-PLUG, PROFINET-S5 4XRJ45(10/100 MBIT) SWITCHED, GIGABIT-S5 1XRJ45 (10/100/1000 MBIT) | 1.00 |
| SIMATIC selection aid, Version 8.0.17 Page:1 From 1 May 9, 2012 | | |

+ HMI

Station:'S7-1200(1)'

Checking state: Without errors

| Order No. | Designation | Quantity |
|---|---|----------|
| 6AV6647-0AD11-3AX0 | SIMATIC HMI KTP600 BASIC COLOR PN, 5,7" TFT DISPLAY, 256 COLORS ETHERNET INTERFACE CONFIGURATION FROM WINCC FLEXIBLE 2008 COMPACT SP1 OR WINCC BASIC V10.5 INCLUDED IN STEP7 BASIC V10.5, CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD | 1.00 |
| 6EP1332-1SH71 | SIMATIC S7-1200 POWER MODULE PM1207 STABILIZED POWER SUPPLY INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: 24 V DC/2.5 A | 1.00 |
| 6ES7212-1HD30-0XB0 | SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, COMPACT CPU, DC/DC/RLY, ONBOARD I/O: 8 DI 24V DC; 6 DO RELAY 2A; 2 AI 0 - 10V DC, POWER SUPPLY: AC 20.4 - 28.8 V DC, PROGRAM/DATA MEMORY: 25 KB | 1.00 |
| 6ES7232-4HD30-0XB0 | SIMATIC S7-1200, ANALOG OUTPUT, SM 1232, 4 AO, +/-10V, 14 BIT RESOLUTION, OR 0-20 MA, 13 BIT RESOLUTION, | 1.00 |
| 6ES7241-1AH30-0XB0 | SIMATIC S7-1200, COMMUNICATION COMMUNICATION MODULE CM 1241, RS232, 9 PIN SUB D (FEMALE), SUPPORTS MESSAGE BASED FREEPORT | 1.00 |
| 6ES7241-1CH31-0XB0 | SIMATIC S7-1200, COMMUNICATION COMMUNICATION MODULE CM 1241, RS485, 9 PIN SUB D (MALE), SUPPORTS MESSAGE BASED FREEPORT | 1.00 |
| 6GK7277-1AA10-0AA0 | Compact Switch Module CSM 1277 | 1.00 |
| SIMATIC selection aid, Version 8.0.17 Page:1 From 1 May 9, 2012 | | |

OMRONIN OHJELMOITAVAT LOGIIKAT

Modulaarinen CJ2-sarjan logiikka
 Ethernet-pohjainen ratkaisu

| Määrä | Tuote nro. | Tuotekuvaus |
|-------|------------|---|
| 1 | 315604 | CJ1W-PD022 Power supply unit, 24 VDC, output capacity: 19.6W P |
| 1 | 329448 | CJ2M-CPU31 CPU with built-in EtherNet/IP port, 5k steps program, 32k word data memory, 32k word x 1 bank EM, 2,560 I/O max, option port for RS232/485, USB programming port, 3 expansion racks max. P |
| 1 | 136028 | CJ1W-ID201 Input unit, 8x 24VDC inputs, independent commons, screw terminal P |
| 1 | 315601 | CJ1W-OD202 Output unit, 8x transistor outputs, PNP, 2.0A, 24 VDC, with short-circuit protection and alarm, screw terminal P |
| 1 | 104446 | CJ1W-DA041 NL Analogue output unit, 4x 1 to 5V, 0 to 5V, 0 to 10V, -10 to 10V, 4 to 20mA, externally powered 24VDC 200mA P |
| 1 | 209403 | CP1W-CIF01 CP1 RS-232C serial communications option P |
| 1 | 209404 | CP1W-CIF11 CP1 RS-422/485 serial communications option P |
| 1 | 250158 | NS5-TQ11-V2 Programmable terminal (HMI), 5.7 inch, TFT, 256 colours (32,768 colours for .BMP/.JPG), 320x240 pixels, 2 x RS232 ports, Ethernet (10/100 Base-T), 24VDC, 20MByte memory, 24VDC, beige case P |
| 1 | 235581 | HMC-EF183 Flash memory card, 128MB P |

Kompaktilogiikka CP1L-sarja

Sarjaliikenne-pohjainen ratkaisu

| Määrä | Tuote nro. | Tuotekuvaus |
|-------|------------|--|
| 1 | 237109 | CP1L-M30DT1-D CP1L PLC CPU, 24VDC supply, 18x 24VDC inputs, 12x PNP outputs 0.3A, 10KSteps program, 32KWord data memory P |
| 1 | 237121 | CP1W-DA041 CP1 Expansion analogue output unit, 4x 1 to 5V, 0 to 5V, 0 to 10V, -10 to 10V, 0 to 20mA, 4 to 20mA, 1:6000 resolution P |
| 1 | 209403 | CP1W-CIF01 CP1 RS-232C serial communications option P |
| 1 | 209404 | CP1W-CIF11 CP1 RS-422/485 serial communications option P |
| 1 | 250156 | NS5-TQ10-V2 Programmable terminal (HMI), 5.7 inch, TFT, 256 colours (32,768 colours for .BMP/.JPG), 320x240 pixels, 2 x RS232 ports, 20MByte memory, 24VDC, beige case P |

Kompaktilogiikka CP1L-sarja

Ethernet-pohjainen ratkaisu

| Määrä | Tuote nro. | Tuotekuvaus |
|-------|------------|--|
| 1 | 364425 | CP1L-EM30DT1-D CP1L PLC CPU, 24VDC supply, 18x 24VDC inputs, 12x PNP outputs 0.3A, 2 analog inputs 10K Steps program, 32KWord data memory, with build in Ethernet P |
| 1 | 237121 | CP1W-DA041 CP1 Expansion analogue output unit, 4x 1 to 5V, 0 to 5V, 0 to 10V, -10 to 10V, 0 to 20mA, 4 to 20mA, 1:6000 resolution P |
| 1 | 209403 | CP1W-CIF01 CP1 RS-232C serial communications option P |
| 1 | 209404 | CP1W-CIF11 CP1 RS-422/485 serial communications option P |
| 1 | 250159 | NS5-TQ11B-V2 Programmable terminal (HMI), 5.7 inch, TFT, 256 colours (32,768 colours for .BMP/.JPG), 320x240 pixels, 2 x RS232 ports, Ethernet (10/100 Base-T), 24VDC, 20MByte memory, 24VDC, black case P |