

Juhani Keskitalo

**VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TIIVEYSTESTAAMINEN
PÄÄKOKOONPANOSSA**

VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TIIVEYSTESTAAMINEN PÄÄKOKOONPANOSSA

Juhani Keskitalo
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Juhani Keskitalo
Opinnäytetyön nimi: Voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaaminen pääkokoonpanossa
Työn ohjaaja: Mauri Haataja
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2014
Sivumäärä: 36 + 2 liitettä

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oy:lle. Työn päämääränä oli selvittää laitteisto- ja prosessikonsepti moottorin pääkokoonpanon aikana voiteluöljyjärjestelmälle tehtävää tiiveystestiä varten. Työn tavoitteena oli luoda selvitys prosessimuutoksesta investointiesitystä varten. Työhön tuli sisällyttää raakalayout ja kustannusarvio.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen ja haastatteleamalla pääkokoonpanon ja koeajon työntekijöitä. Haastateltavien joukossa oli asentaja, menetelmän kehittäjä, koeajohenkilöstöä sekä alueiden esimiehiä. Lisäksi kartoitettiin, kuinka voiteluöljyjärjestelmän tiiveystesti nykyisin suoritetaan koeajossa. Prosessimuutoksen ja layoutin suunnittelu aloitettiin ideaalitalanteesta, josta poimittiin parhaat ja pudotettiin toteuttamiskelvottomat ideat pois Wärtsilä Lean -periaatteiden mukaisesti. Työssä selvitettiin tarvittava laitteisto voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaamiseen.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin selvitys prosessi- ja layout-muutoksista. Siirrostä koeajosta kokoonpanoon aiheutuvat layout-muutokset olisivat melko pieniä ja kustannusarvion perusteella kustannukset pysyisivät maltillisella tasolla. Lisäksi suunniteltiin laitteisto järjestelmän tiiveystestausta varten. Opinnäytetyössä todettiin voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaamisen siirron koeajosta pääkokoonpanoon olevan mahdollista.

Työn tekninen toteutus onnistuisi ja se saataisiin sisällytettyä nykyiseen prosessiin. Suurimpina esteenä työn käytännön toteukselle olisivat koneikon koko ja järjestelmän testaaminen öljyllä. Koneikko säiliöineen ei mahtuisi kokoonpanohalliin, vaan se jouduttaisiin siirtämään hallin ulkopuolelle sijoitettavaan konttiin. Voiteluöljyjärjestelmän testaaminen öljyllä lisäisi työturvallisuusriskejä.

Asiasanat: testaus, layout, prosessit, kustannusarvio, laitteistot

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

Author: Juhani Keskitalo
Title of thesis: Testing of Lubrication Oil System's Sealing in Main Assembly
Supervisor: Mauri Haataja
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014
Pages: 36 + 2 appendices

This Bachelor's thesis was commissioned by Wärtsilä Finland Oy. The goal of this thesis was to find out the changes that should be done in the equipment and the process concept in the main assembly in order to test the sealing of the lubrication oil system. The aim of this thesis was to create a report of the process changes for the investment presentation. The thesis had to include a layout and a budget.

The thesis was started by reading books of the area of study and interviewing employees. For the thesis employees from the main assembly and test drive were interviewed, for example assemblers, process developers, test drive employees and supervisors. Also was found out how the testing of lubrication oil system's sealing is done nowadays in the test drive. Planning of process changes and layout was started from the ideal situation and from there the best ideas were chosen and unusable ones were discarded according to Wärtsilä Lean principles. The equipment needed for the testing of lubrication oil system's sealing was found out in the thesis.

The result of this thesis was a report of the changes in the process and layout. The layout changes that were done as a result of moving the testing place from the test drive to the main assembly were quite small and according to the budget costs were low. Also the equipment for the testing of lubrication oil system's sealing was designed. As a result of this thesis it was found out that it is possible to move the testing of lubrication oil system's sealing from the test drive to the main assembly.

Technically the results of this thesis can be used and included in the current process. The biggest challenges of using the results of this thesis in practice would be the size of the equipment and testing the system with oil. The equipment with its vessels would not fit in the main assembly hall and it should be situated outside the hall. The testing of lubrication oil system's sealing with oil would increase safety risks.

Keywords: testing, layout, process, budget, equipment

SISÄLLYS

| | |
|---------------------------------------|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| ABSTRACT | 4 |
| SISÄLLYS | 5 |
| SANASTO | 7 |
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 2 WÄRTSILÄ OYJ | 9 |
| 2.1 Historia | 9 |
| 2.2 Ship Power | 10 |
| 2.3 Power Plants | 10 |
| 2.4 Services | 10 |
| 2.5 Wärtsilä Vaasassa | 10 |
| 3 JOHTAMISFILOSOFIA | 12 |
| 3.1 LEAN | 12 |
| 3.2 Toyota KATA | 12 |
| 3.3 Wärtsilä LEAN | 13 |
| 4 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TESTAUS | 15 |
| 4.1 Testauksen nykytilanne | 15 |
| 4.2 LEANin mukaisesti | 15 |
| 4.3 Linjakokoonpanossa | 16 |
| 5 KOKOONPANO | 17 |
| 5.1 Paikkakokoonpano | 17 |
| 5.2 Linjakokoonpano | 17 |
| 5.3 Wärtsilän kokoonpanotehdas | 18 |
| 6 MOOTTORIN VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ | 19 |
| 7 TIIVEYSTESTAAMINEN | 21 |
| 7.1 Polttoainejärjestelmä | 21 |
| 7.2 Vesijärjestelmä | 21 |
| 7.3 Käynnistysilmajärjestelmä | 21 |
| 8 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TESTAAMINEN | 22 |
| 8.1 Koeajossa | 22 |
| 8.2 Pääkokoonpanossa | 23 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 9 PROSESSIN SUUNNITTELUA | 24 |
| 9.1 Paikan valinta | 24 |
| 9.2 Laitteiston suunnittelu | 24 |
| 10 LAITTEISTO | 26 |
| 10.1 Koneikko | 26 |
| 10.2 Säiliöt | 26 |
| 10.3 Suojat, siisteys, turvallisuus | 27 |
| 10.4 Kontti | 27 |
| 11 LAYOUTIN HAHMOTTELU | 29 |
| 12 KUSTANNUSARVIO | 31 |
| 13 MUUTOKSET PROSESSIIN | 32 |
| 13.1 Edut nykyiseen järjestelmään | 32 |
| 13.2 Paikan määräytyminen | 32 |
| 14 YHTEENVETO | 34 |
| LÄHTEET | 35 |
| LIITTEET | 36 |
| Liite 1 Lähtötietomuistio | |
| Liite 2 Riskien kartoitus -lomake | |

SANASTO

| | |
|------------------|---|
| Linjakokoonpano | pääkokoonpanotehdas Wärtsilän Vaasan toimitusyksikössä, jossa kootaan moottoreita linjakokoonpanoperiaatteen mukaisesti |
| Linja 1 | linjakokoonpanon linja, jossa tehdään pääsääntöisesti kaikki kaasumoottorit ja suurin osa v-moottoreista |
| Linja 2 | linjakokoonpanon toinen linja, jossa tehdään kaikki rivimoottorit ja osa pienemmistä v-moottoreista |
| Pilot-kokoonpano | pääkokoonpanotehdas Wärtsilän Vaasan toimitusyksikössä, jossa kootaan moottoreita solutuotantoperiaatteen mukaisesti |
| LT-järjestelmä | Low Temperature eli matalalämpötilajärjestelmä. LT -järjestelmällä jäähdytetään moottorin voiteluöljy ja ahtoilma |
| HT-järjestelmä | High Temperature eli korkealämpötilajärjestelmä. HT -järjestelmällä jäähdytetään esimerkiksi sylinteri |

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Wärtsilä Finland Oy Vaasan toimitusyksikön linjakokoonpanoon. Työn aiheena on selvittää, mitä laitteisto- ja prosessimuutoksia tarvitaan voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaamisen edellytysten kehittämiseksi moottorin pääkokoonpanossa (liite 1).

Voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaaminen suoritetaan nykyään moottorin koeajon yhteydessä. Ongelmana pääkokoonpanossa on ollut, että voiteluöljyjärjestelmän laatuongelmat on havaittu vasta toimitusprosessin seuraavassa päävaiheessa. Asiakas on usein läsnä moottorin koeajossa, joten jokainen vuoto moottorissa siinä vaiheessa on liikaa. Vuotoja on ollut paljon, ja yksi syy on, että vuodot korjataan eri tekijöiden toimesta. Tietoa havaituista vioista ei aina saada tekijöiden tietoon vaan he luulevat, että moottorit ovat olleet virheettömiä. Moottorin muut järjestelmät testataan pääkokoonpanossa, joten olisi luontevaa siirtää myös öljyjärjestelmän testaus sinne. Työhön kuuluu myös testauslaitteiston suunnittelu ja sen kustannusarvio. Kustannusarvion pohjalta on mahdollista tehdä investointiesitys.

2 WÄRTSILÄ OYJ

Wärtsilä on merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilän tavoitteena on lisätä alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuutta ja taloudellisuutta keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaisyötysuhteeseen. Vuonna 2013 Wärtsilän liikevaihto oli 4,7 miljardia euroa ja henkilöstömäärä noin 18 700. Yrityksellä on yli 200 toimipistettä lähes 70 maassa eri puolilla maailmaa. (1.)

2.1 Historia

Wärtsilä perustettiin vuonna 1836. Alun perin sahana toiminut yritys muutettiin rautatehtaaksi vuonna 1851. Wärtsilän toiminta Vaasassa alkoi vuonna 1936, kun yritys osti Onkilahden konepajan. Moottoreiden valmistus lisenssillä Vaasassa alkoi vuonna 1955. Tällä hetkellä Vaasassa valmistetaan Wärtsilä 20-, Wärtsilä 32-, Wärtsilä 34DF- ja Wärtsilä 34SG -moottoreita (kuva 1). (1.)



KUVA 1. Wärtsilä W34SG -moottori (1)

2.2 Ship Power

Ship Power on yksi kolmesta Wärtsilän pääsegmentistä. Se tarjoaa järjestelmiä, ratkaisuja ja tuotteita meriteollisuudelle. Wärtsilä toimittaa moottoreita ja aggregaatteja, alennusvaihteita, propulsiolaitteistoja, valvontajärjestelmiä sekä tiivisteratkaisuja kaikäntyyppiisiin aluksiin ja offshore-sovelluksiin. Wärtsilä on mukana kaikilla merenkulun pääsegmenteillä koneistojen ja järjestelmien toimittajana. (1.)

2.3 Power Plants

Wärtsilä on hajautetun energiantuotannon markkinoiden joustavien voimalaratkaisujen toimittaja. Ratkaisut kattavat perusvoimantuotannon, sähköverkon vakaaseen toimintaan ja kuormitushuippujen tasaamiseen tarkoitettut voimalat, teollisuuden oman energiantuotannon sekä öljy- ja kaasuteollisuuden tarpeet. Wärtsilä toimittaa voimaloita perusvoiman tuotantoon, kuormitushuippujen tasaamiseen ja teollisuuden omaan energiantuotantoon. Sen tarjoamien laitosten vahvuuksia ovat joustavat ratkaisut, korkea hyötysuhde ja alhaiset päästöt. (1.)

2.4 Services

Wärtsilä huoltaa ja kunnostaa sekä laivojen koneistoja että voimaloita. Perinteisen huoltotoiminnan rinnalla Wärtsilä on laajentanut palvelujaan asiakkaan liiketoimintaa tukeviin palveluihin. Näitä ovat esimerkiksi merkkiriippumaton huolto maailman pääsatamissa sekä ennakoiva ja moottorien kuntoon perustuva huolto ja koulutus. (1.)

2.5 Wärtsilä Vaasassa

Vaasan keskustassa (kuva 2) sijaitsee Vaasan toimitusyksikkö, joka on vastuussa Ship Powerin ja Power Plantsin myymien moottoreiden toimituksista. Tähän sisältyvät avainkomponenttien koneistus sekä moottoreiden ja generaattorilaitteistojen asennus. Vaasassa sijaitsee myös 4-tahtimoottorien tutkimuksen ja tuotekehityksen pääkeskus, moottorilaboratorio tuotekehitystä varten sekä Waskiluoto Validation Centre, jossa testataan uusia teknologioita. Vaasan Runsorissa on lisäksi Ship Power, Power Plants ja Services sekä niihin liittyvät

myynti ja projektinhallintatoiminnot. Henkilöstömäärä Vaasassa on yhteensä noin 3 000. (1.)



KUVA 2. Vaasan toimitusyksikkö (1)

3 JOHTAMISFILOSOFIA

3.1 LEAN

LEAN on johtamisfilosofia, joka pyrkii erilaisien turhuuksien eli hukkien poistamiseen. LEAN-toiminnan (LEAN Production) keskeiset periaatteet ovat asiakas-tyytyväisyyden ja laadun parantaminen, kustannusten pienentäminen ja läpimenoaikojen lyhentäminen (kuva 3).

| |
|--|
| <p>Johtamisperiaatteet</p> <ul style="list-style-type: none">• ihmiset tekevät tuloksen yhteistyössä• selkeät tavoitteet, mittarit ja seuranta• pitkälle menevä tulosvastuullinen delegointi ja hajautettu organisaatio• monitaitoinen ja yritteliäs henkilöstö• asiakkaan, omistajan ja henkilöstön yhteinen etu <p>Toimintatavat</p> <ul style="list-style-type: none">• perustana asiakkaalle tuleva lisäarvo• huomion kiinnittäminen kokonaisuuteen• jatkuva kustannusrakenteen keventäminen• tiedonkulun suoruus ja avoimuus• jatkuva oman toiminnan kehittäminen |
|--|

KUVA 3. Lean-toiminnan keskeiset periaatteet (2, s.11)

LEANin päähuomio on ihmisen, organisaation ja tekniikan yhdistämisessä. Keskeistä on koko henkilöstön voimavarojen saaminen yrityksen käyttöön. Kustannussäästöt, laatu ja nopeus saavutetaan kehittämällä työmenetelmiä, poistamalla jalostamattomat vaiheet toimitusketjuista ja organisoimalla työt paremmin. Ihmisten ja organisaation osien välisiä raja-aitoja poistetaan. (2, s.11)

3.2 Toyota KATA

Kata on Toyotan käyttämä johtamismalli. KATAN johtamismallissa tärkeintä ovat keinot, joilla tulostavoitteet saavutetaan. Mike Rother kirjoittaa kirjassaan, että

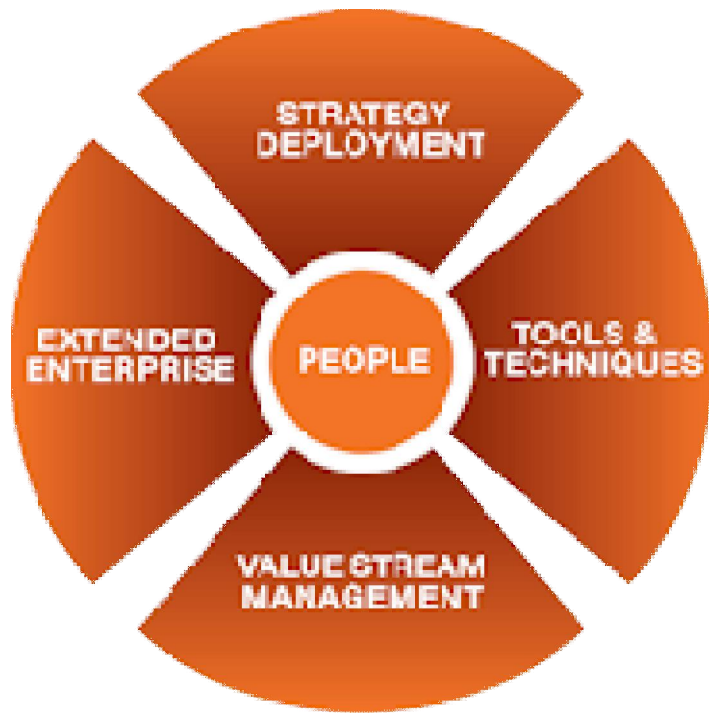
malli perustuu siihen miten tuotteita valmistetaan, eikä niinkään tuloksiin. Peruseriaatteet johtamismallissa ovat nolla-virheajattelumalli ja lisäarvon tuottaminen asiakkaalle. (3 s. 4-5)

Johtamismallissa määritetään alussa missä tilanteessa ollaan, minne halutaan ja millä keinoilla sinne kannattaa edetä. Lopun on tarkoitus olla jossain määrin epäselvää, koska tulevaisuuteen ei voi nähdä. Lähtötilanteen ja päämäärän välillä on niin sanottu harmaa vyöhyke, joka on täynnä esteitä, ongelmia ja kysymyksiä. Tavoitteen saavuttamista edesauttaa oman toimintavan tunteminen ja reagointi vallitseviin olosuhteisiin. Toyota KATAssa ideana on, ettei oltaisi ennalta määritellyn suunnitelman vankeja, vaan voitaisiin oppia ja tarvittaessa muuttaa suunnitelmaa edetessä kohti tavoitetta. Siinä on kyse jatkuvasta parantamisesta sekä reagoinnista kohdattaviin haasteisiin. (3, s. 8-9)

3.3 Wärtsilä LEAN

Wärtsilä LEAN on yhtiön sisäinen ohjelma, jonka keskeinen tavoite on tuottaa asiakkaalle lisäarvoa LEAN-periaatteiden mukaisesti. Ohjelma käynnistettiin vuonna 2009. LEANssa on tarkoitus välttää kaikkea tarpeetonta työtä ja keskittyä lisäarvoa tuottavaan työhön. LEAN-filosofian mukaan prosessin parannukset tapahtuvat työtä tehostamalla alhaisin investoinnein tai kokonaan ilman investointeja.

LEAN-projektin päätavoitteena on lisätä tehokkuutta lyhentämällä läpimenoaikoja, vähentämällä kapasiteettikustannuksia ja luomalla lisää tuotantokapasiteettia (kuva 4). Projektin tarkoituksena on tukea 6S-projektia sekä helpottaa visuaalista johtamista ja materiaalivirran hallintaa. Työympäristöä ja -turvallisuuksiin liittyvät parannukset on otettava huomioon. LEANin avulla havainnollistetaan esimerkiksi työvaiheet, kuljetukset, varastointi ja odotusaika sekä materiaali- ja tietovirrat. Päätavoitteeseen pääsyn edellytyksenä on kuljetusten ja varastoinnin minimoiminen ja odotusajan ja ylimääräisen työn poistaminen. (4.)



KUVA 4. Wärsilä LEAN (1)

Wärsilä LEANin tavoite on auttaa ymmärtämään, kuinka päästään strategisiin tavoitteisiin. Se on toimintatapa, jolla johdetaan ja kehitetään operaatioita liiketoiminnan kasvattamiseksi. Ensimmäisenä Wärsilä LEAN otettiin koekäyttöön PowerTechissa, josta se laajennettiin koskemaan myös Wärsilän muita toimintoja. Työntekijöitä on koulutettu soveltamaan LEAN-periaatteita ja tunnistamaan turhat tekijät prosessissa.

4 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TESTAUS

4.1 Testauksen nykytilanne

Tällä hetkellä voiteluöljyjärjestelmän tiiveys ja öljynkierto testataan koeajossa ennen varsinaista koeajoa. Tiiveystestauksen siirtämiseen pois koeajosta on useita syitä, joista tärkeimmät ovat asiakkaan mahdollinen läsnäolo koeajossa, koeajon ahtaat tilat ja tiivis koeajoaikataulu.

Voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaamisen siirtämistä pääkokoonpanoon puoltavat useat seikat, kuten paremmat työtilat ja -kalut, valmiina olevat ammattitaitoiset asentajat ja sitä kautta syntyvä ajansäästö. Periaate ”kuka tekee myös korjaa” toteutuu parhaiten tällä tavoin. Lisäksi aiemmin tapahtuvalla moottorin voitelulla saavutetaan laakerivaurioiden väheneminen. Muut järjestelmät esimerkiksi automaatio-, polttoaine-, vesi- ja käynnistysilmajärjestelmät testataan jo pääkokoonpanossa.

4.2 LEANin mukaisesti

LEAN-toiminnan mukaan testaaminen kokoonpanovaiheessa liittyy olennaisena osana sen johtamisfilosofiaan. Testaamisen aikaistamisella saadaan laadullista lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta, kun esimerkiksi koeajossa, jossa asiakas on usein paikalla, moottorin öljyvudot vähenevät. Lisäksi ajansäästö voi joissain vuototapauksissa olla merkittävä, jos korjaus voidaan tehdä etukäteen.

Testaaminen jo kokoonpanovaiheessa tukee nollavirhe-ajattelua. Aiemmin työntekijät menivät vain korjaamaan koeajoon mahdolliset vudot, eikä niiden syistä tai tekijästä ollut useinkaan selkeää tietoa. Testaaminen jo kokoonpanovaiheessa mahdollistaa myös sen, että työntekijät näkevät saman tien, kuinka heidän työnsä vaikuttaa lopputulokseen. Jokaisen työpisteen tulee pitää huolta siitä, ettei virheellisiä tuotteita siirretä seuraavaan vaiheeseen. Mitä myöhemmin virheet havaitaan, sitä kalliimmaksi niiden korjaaminen tulee. (2, s. 12)

Jatkuvan parantamisen periaatteen mukaan henkilöstö osallistuu jokapäiväiseen kehittämistyöhön. Virheiden paikallistaminen jo asennusvaiheen lopulla

tuottaa korjaavia toimenpiteitä. Asentajat pohtivat parannuskeinoja virheiden ja oman turhan työn vähentämiseksi. (2, s. 10-11)

4.3 Linjakokoonpanossa

Linjakokoonpanon peruseriaate on, että valmistettavan tuotteen tulee olla sieltä valmistuttua toimiva. Tämä tarkoittaa sitä, että tuote tai osa tuotteista pitää olla testattu joko kokoonpanon lopussa tai siinä vaiheessa, kun tuotteeseen ei enää tule toiminnan kannalta oleellisia muutoksia. Linjakokoonpanon toiminta perustuu Wärtsilä LEAN -periaatteisiin.

Moottori koeajetaan linjakokoonpanosta erillään, joten linjakokoonpanon pitää toimia peruseriaatteen mukaisesti. Linjakokoonpanosta valmistuu tilauksen mukaan sekä päämoottoreita että kokonaisia generaattoripaketteja. Generaattoripaketit valmistetaan linjakokoonpanon generaattorin asennusvaiheessa, vaiheen 7 jälkeen. Generaattorin asennusvaiheen työt eivät enää vaikuta moottorin voiteluöljyjärjestelmään, joten moottorin järjestelmän tiiveyttä ei tarvitse sen jälkeen testata. Tästä syystä vaihe 7 olisi paras vaihtoehto tiiveystestaamiselle. Lisäksi vaiheen 7 etuna on myös muiden järjestelmien testaus.

5 KOKOONPANO

Kokoonpano tai koonta on omassa tehtaassa eri vaiheissa valmistettujen ja muualta hankittujen osien sekä standardikomponenttien ja -tarvikkeiden liittämistä toisiinsa toimivaksi tuotteeksi tai sen osaksi. Kokoonpanotyön osuus tuotteen kokonaistyöajasta on usein 20-40 prosenttia. Kokoonpano voidaan järjestää paikka- tai linjakokoonpanoksi. (5, s. 111.)

5.1 Paikkakokoonpano

Kokoonpanopaikka soveltuu yksittäis- ja pienerätuotantoon. Siinä kokoonpanon hoitaa tuotteen koosta johtuen yksi henkilö tai työryhmä. Työ voi olla jaettu esimerkiksi mekaaniseen kokoonpanoon, hydrauliiikan kokoonpanoon ja sähkötöihin, jolloin kuitenkin joustavuus ja työn tuottavuus saattavat kärsiä täysin tasarvoiseen ryhmään verrattuna. (6, s. 24 – 25.)

5.2 Linjakokoonpano

Kokoonpanolinja soveltuu suurien erien valmistukseen ja joukkotuotantoon, jossa henkilöstön työ on jaettu eri vaiheisiin. Mitä pidemmälle työ ositellaan, sitä lähempänä työskentely on liukuhihnatyötä. Kokoonpanolinja voi olla myös siten järjestetty, että henkilöstö toimii ryhmänä ja vastaa tuoteyksikön kokoonpanosta ja laadusta alusta loppuun. Linjaan kuuluu työasemia, joissa on työvälineet. Työryhmä kulkee tuotteen mukana ja suorittaa kaikki kokoonpanovaiheet. Tuotteen valmistuttua ryhmä leimaa sen tai sitä koskevan tositteen tuotteen loppu-tarkastajana. Sen jälkeen ryhmä palaa linjan alkuun ja aloittaa uuden tuoteyksikön kokoonpanon. Tällainen järjestelmä soveltuu hyvin erätuotantoon.

Kokoonpanotehdas soveltuu suurille tuotteille ja tuotantomäärille. Se koostuu usein osakokoonpanopaikoista, -linjoista ja loppukokoonpanolinjasta. Kokoonpanoon liittyy läheisesti myös muita työvaiheita, kuten pintakäsittelyt, sähkö- ja putkityöt sekä pakkaus. Kokoonpanoon on usein tarkoituksenmukaista yhdistää muita toimintoja, kuten lopputarkastus ja asiakkaalle luovutus. (5, s.112.)

5.3 Wärtsilän kokoonpanotehdas

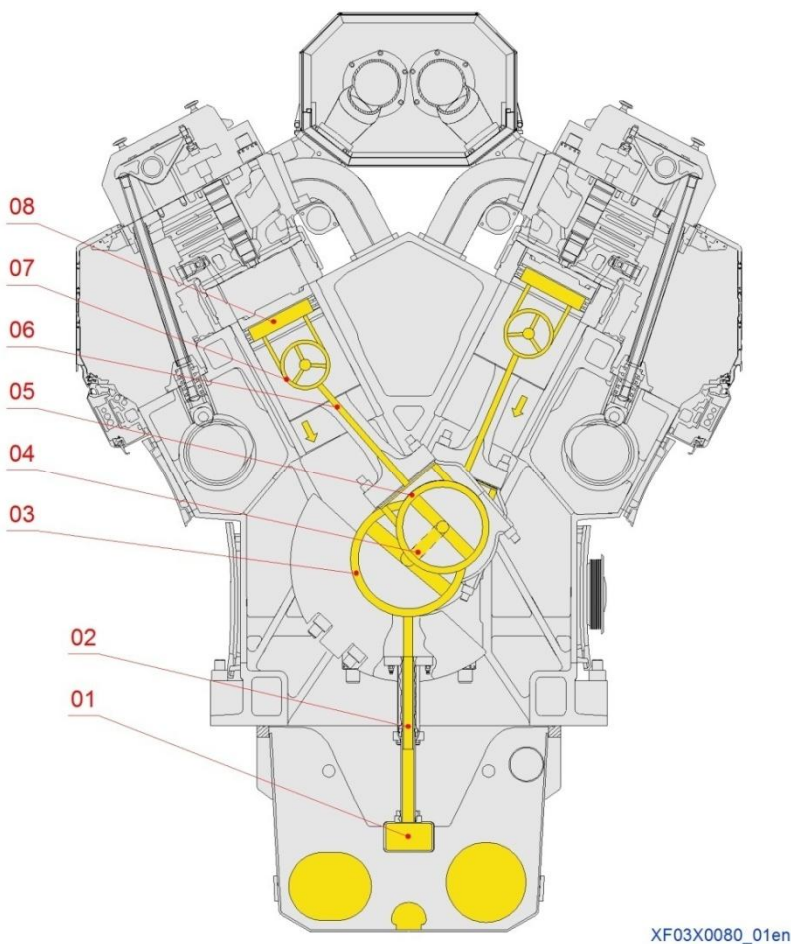
Wärtsilän kokoonpanotehtaassa sovelletaan linjakokoonpanomallia, jossa pystytään tuottamaan sekä suuria tuotteita että suuria tuotantomääriä. Kokoonpanoa tukevat erilaiset moduuliverstaat. Tällaisia ovat esimerkiksi kiertokankiversitas, moduulitehdas, lohkolinja ja ahdinsolu.

Linjakokoonpano koostuu kahdesta erillisestä linjasta, 1 ja 2. 1-linjalla kootaan kaikki kaasumoottorit ja suurin osa v-moottoreista. 2-linjalla tehdään kaikki rivi-moottorit, mutta myös v-moottoreita. Linjakokoonpanon molemmilla linjoilla on seitsemän vaihetta. Tuotannon ohjaajille tehtyyn haastatteluun perustuen vaiheet on tasattu siten, että jokainen vaihe on työnkuormittavuudeltaan samanpitäinen. Vaiheaika kaikissa vaiheissa on 16 tuntia. Tällä pyritään siihen, että siirrot tapahtuisivat vaiheiden välillä samanaikaisesti, eikä tuotantolinjalle syntyisi tyhjiä paikkoja. Tällä tavoin päästään tehokkuuden optimointiin ja resurssien hukkien minimointiin.

Linjakokoonpano on herkkä ongelmille. Mikäli jossain vaiheessa niitä mahdollisesti esiintyy se vaikuttaa kaikkien vaiheiden etenemiseen. Jotta ongelmiin pystytään reagoimaan riittävän nopeasti, on Wärtsilän linjakokoonpanossa käytössä Andon-järjestelmä. Järjestelmällä pystytään reagoimaan sekä materiaali-putteisiin että laadullisiin ongelmiin. Järjestelmän ansiosta ongelmiin reagoidaan alle 15 minuutissa.

6 MOOTTORIN VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ

Moottorin voiteluöljyjärjestelmän tehtävänä on suojata moottoria kulumiselta voiteluöljyn avulla. Voiteluöljy muodostaa suojaavan kalvon osien väliin. Öljyvirta johdetaan lähes kaikkiin kohteisiin joissa tapahtuu osien liukumista toisiaan vasten (kuva 5). Voitelujärjestelmät, joissa voiteluaineena käytetään öljyä, jaetaan yleensä kahteen järjestelmään: kiertoöljyvoiteluun ja tuoreöljyvoiteluun. (7, s. 291)



KUVA 5. Moottorin voiteluöljyjärjestelmä (1)

Kiertoöljyvoitelussa öljy johdetaan pumpun avulla säiliöstä voitelukohteisiin, kootaan näistä, ja johdetaan takaisin säiliöön. Kierto tapahtuu siten, että pumpulla imetään öljyä moottorin öljyaltaasta ja pumpataan se edelleen jäähdyttimen ja suodattimen kautta öljyputkiin ja -kanaviin. Öljy johdetaan kanavia pitkin

voideltavaan kohteeseen esimerkiksi laakereille, nokka-akseleille, sylintereihin ja venttiilikoneistoille. Voidelluista kohteista öljy valuu takaisin öljyaltaaseen. (7, s. 292)

Tuoreöljyvoitelussa eli läpivirtausvoitelussa öljy poistuu moottorista virrattuaan kerran voitelukohteen läpi. Tällaista voitelua käytetään suurten dieselmoottoerien sylinterien voitelussa, jolloin tarvittava öljymäärä voidaan syöttää porausten kautta suoraan sylintereiden seinämiin. Suurin osa tästä öljystä palaa, mutta pieni osa joutuu kampikammioöljyn joukkoon, joka kiertää normaaliin tapaan moottorin muissa voitelukohteissa. (7, s. 293)

7 TIIVEYSTESTAAMINEN

Moottori viimeistellään kokoonpanolinjan vaiheessa 7. Linjakokoonpanon menetelmän kehittäjien kanssa käytiin läpi linjakokoonpanossa suoritettavat tiiveystarkastukset. Vaiheella moottorille suoritetaan myös tarvittavat tiiveystarkastukset. Tällä hetkellä kokoonpanolinjalla testataan polttoaine-, vesi- ja ilmajärjestelmien tiiveys. Järjestelmät testataan paineilmalla ja vuotojen havaitsemisessa käytetään saippualiuosta. Saippua-liuos kuplii vuodon kohdalla. Vuodot korjataan samassa vaiheessa ja tarkastus tehdään sen jälkeen uudelleen. Öljyjärjestelmän tiiveys testataan vasta koeajossa.

7.1 Polttoainejärjestelmä

Polttoainejärjestelmän tiiveys testataan vaiheessa 7. Järjestelmä suljetaan laippoilla, jonka jälkeen se paineistetaan 2 bar:n paineeseen. Paineen noustua järjestelmässä etsitään mahdollisia vuotokohtia suihkuttamalla saippualiuosta liitoskohtiin, venttiileihin ja laippoihin. Mikäli paine ei järjestelmässä nouse 2 bar:n, on järjestelmässä jokin suurempi vuoto tai esimerkiksi venttiili auki. Mikäli vuotoja havaitaan, päästetään järjestelmästä paine pois, vuodot korjataan ja järjestelmä testataan uudestaan. Jos testaus onnistuu, päästetään järjestelmää paineet pois.

7.2 Vesijärjestelmä

Moottorissa on kaksi vesijärjestelmää, LT- ja HT-järjestelmät. Molemmat järjestelmät testataan samoin kuin polttoainejärjestelmä. Testattava järjestelmä laipoitetaan ja paineistetaan 2 bar:n paineeseen. Saippualiuosta suihkutetaan järjestelmän pumppuun sekä kaikkiin venttiileihin, laippoihin ja liitoksiin.

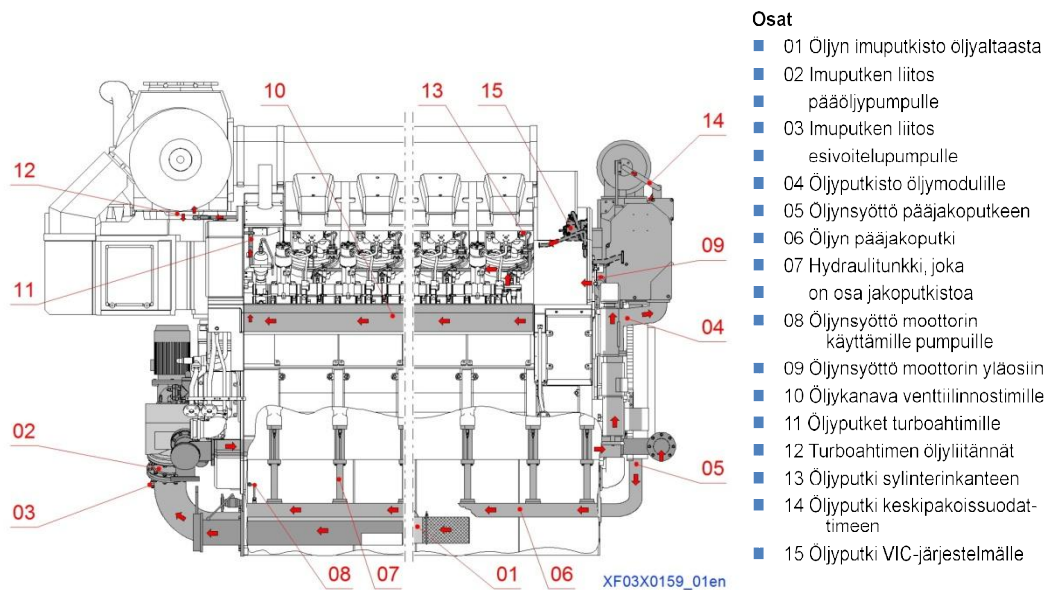
7.3 Käynnistysilmajärjestelmä

Käynnistysilmajärjestelmä testataan saippualiuoksen avulla, kuten muutkin järjestelmät. Paine järjestelmässä testauksen yhteydessä on 2 bar. Käynnistysilmajärjestelmän tiiveystestaamisen jälkeen testataan järjestelmän toimivuus. Käynnistysilmajärjestelmää testattaessa on jokainen liitos tutkittava tarkasti, koska järjestelmässä on aina ohivuotoja.

8 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TESTAAMINEN

8.1 Koeajossa

Ensimmäisenä pumpataan öljy moottorin öljyaltaaseen. Moottorin luukut ja suojakotelot avataan ja tarkistetaan voiteluöljyn kierto öljynpaineen ollessa päällä. Tarkistuksessa katsotaan, kiertääkö öljy kaikissa voideltavissa kohteissa (kuva 6). Tällaisia kohteita ovat muun muassa laakerit, männät, nostajien rullat, polttoainepumpun rullat, venttiilikoneisto, hammaspyörien roiskevoitelu sekä tarkistusreiät. Edellä mainittujen lisäksi tarkistetaan, että öljy menee generaattorille, turboahtimelle ja säätäjäpyörälle. Kun tarkistus on tehty, luukut ja suojat voidaan sulkea.



KUVA 6. Moottorin öljyjärjestelmän osat (1)

Ennen moottorin käynnistämistä käynnistetään moottorin esivoitelu. Esivoitelupumpun annetaan olla päällä niin kauan, että jokaisella laakerilla on suojaava öljykalvo ennen moottorin käynnistystä. Kun tämä on tehty, moottori käynnistetään. Moottorin käynnistyksen jälkeen tarkistetaan ilmeneekö öljyvuotoja. Koe-

ajon jatkuessa vuotojen tilannetta seurataan edelleen. Tällöin käydään läpi onko uusia vuotoja ilmennyt. Mikäli vuotoja ilmenee, koeajo keskeytetään ja vuodot korjataan ennen koeajon jatkumista.

8.2 Pääkokoonpanossa

Pääkokoonpanossa tiiveystestaaminen tapahtuu periaatteessa samalla tavalla kuin koeajossa tehtävä testi. Poikkeuksena on öljyn syöttötapa. Koeajossa öljy laitetaan öljyaltaaseen, josta se kiertää järjestelmään kun linjakokoonpanossa öljy syötetään varapumpun syöttölinjaan ja sieltä edelleen voiteluöljyjärjestelmään.

Koeajossa käytetään kahta, viskositeetiltaan erilaista öljyalaatua. Toista voiteluöljyä käytetään dieselmootoreissa ja toista kaasumootoreissa. Kokoonpanossa käytetään kuitenkin vain yhtä öljyalaatua varastointitilan minimoimiseksi. Pääkokoonpanossa voidaan käyttää pienemmän viskositeetin öljyä, jolloin mahdolliset vuodot tulevat nopeammin ja selvemmin esille.

Ensimmäisenä liitetään öljyletku koneikolta moottorin varapumpun liitántään. Liitántä on normaalisti peitetty umpilaipalla, mutta testausvaiheessa sen tilalle asennetaan laippa, jossa on öljylle pikaliitántä. Moottorin luukkujen ja suojakoteloiden ollessa auki voidaan pumppu käynnistää. Tarkistuksessa seurataan kiertääkö öljy kaikissa voideltavissa kohteissa. Tällaisia paikkoja ovat muun muassa laakerit, männät, nostajien rullat, polttoainepumpun rullat, venttiilikoneisto, hammaspyörien roiskevoitelu sekä tarkistusreiät. Kun tarkistus on tehty, imeetään öljy pois öljyaltaasta ja öljyjärjestelmästä. Tämän jälkeen suljetaan luukut ja suojat. Mikäli vuotoja esiintyy, sammutetaan pumppu vuotokohdan löydyttyä. Korjataan vika ja tehdään testaus loppuun.

9 PROSESSIN SUUNNITTELUA

9.1 Paikan valinta

Työn suorituksessa ensimmäisenä piti selvittää, missä vaiheessa linjakokoonpanoa tiiveystestaaminen olisi järkevintä suorittaa. Vaihtoehtoja on kaksi, vaihe 7. tai generaattorin ja alustan asennusvaiheessa. Vaiheen 7 etuja ovat seuraavat; vaiheella on jo työtasot valmiina, muut testit suoritetaan tässä vaiheessa ja päämoottorien luovutus koeajoon tapahtuu tämän vaiheen jälkeen. Generaattorin asennuspaikkaa testipaikaksi puolsivat lähinnä sekä se, että siellä on valmiit valuma-altaat, että tilaa enemmän koneikolle. Se, että kaikkia koneita ei asenneta ennen koeajoa alustalle ja että muutkin järjestelmät testataan vaiheessa 7, vaikutti olennaisesti vaiheen 7 valintaan voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaustaipaikaksi.

9.2 Laitteiston suunnittelu

Seuraavana vuorossa oli koneikon suunnittelu. Koneikon suunnittelusta vastasi alihankkija, jonka kanssa tarkastettiin vaatimusluettelo. Sen pohjalta esitettiin toteutusvaihtoehto ja tehtiin tarjous.

Koneikon suunnitteluun vaikuttavista tekijöistä tärkein oli öljyjärjestelmän suuri virtausmäärä, jotta paine saadaan tarvittaessa 1,5 bariin. Öljyjärjestelmän virtausmäärä on sillä tuotolla 1 000 l/min. Testin aikana öljyä tarvitaan vähintään 2 000 litraa, jotta kierto olisi jatkuvaa. Pyrittiin löytämään sellainen ratkaisu, jolla tarvittava öljymäärä saataisiin minimoitua. Öljymäärän minimoimiseksi kehiteltiin koneikkoa, joka tuottaa huoneenlämpöisellä öljyllä 1,5 bar:n paineen. Öljyn kiertämiseksi koneikkoon tarvitaan kalvopumppu tuottamaan alipainetta ja alipainetta hyväksi käyttäen öljy imetään öljyaltaasta öljyn suodattimen läpi uudelleen järjestelmään kierto. Tälläkin systeemillä minimäärä on vähintään 2 000 litraa.

Tällaiseen koneikkoon tarvitaan alipainetta kestävä säiliö, joten sen valintaan on kiinnitettävä huomiota. Kahden kuution säiliön avulla pystytään ilman öljyn uudelleenkiertoa testaamaan järjestelmää noin kahden minuutin ajan. Mikäli öljyn

määrä ei ole riittävä kiertämään koko järjestelmän läpi, pitää säiliössä olla optio 3 - 4 m³ säilytykseen. Öljynkierron nopeuttamiseksi ja vuotojen havaitsemisen nopeuttamiseksi selvitettiin, voidaanko käyttää öljylaatua, jonka viskositeetti on huoneenlämmössä alhaisempi kuin koeajossa käytettävän öljyn.

10 LAITTEISTO

Öljyn kierrättämiseen moottorissa tarvitaan koneikko, joka sisältää muun muassa säiliön, pumpun, suodattimen ja imupumpun. Laitteiston säilytyspaikka vaikuttaa siihen tarvitaanko lämmitettävä kontti. Myös turvallisuusmääräykset huomioonottaen se voi tulla kyseeseen, mikäli laitteistoa ei saa sijoittaa hallin puolelle.

10.1 Koneikko

Moottorin öljynkierron varmistamiseen tarvitaan koneikko, jolla saadaan kuljetettua öljy moottoriin riittävällä paineella ja tässä tapauksessa lisäksi kierrätettyä puhdistuksen jälkeen takaisin järjestelmään. Öljyn kierrätyksellä varmistetaan testaaminen mahdollisimman pienellä öljymäärällä, ilman pysäytyksiä. Koneikkoa suunniteltaessa pitää ottaa huomioon myös moottoriöljyn puhdistus sekä sen pois imeminen tiiveystestaamisen jälkeen. Koneikon pitää pystyä riittävään paineeseen ja virtaukseen, jotta öljynkierto on riittävää ja mahdolliset vuodot on helppo havaita. Pumppu ja säiliö pitää mitoittaa näiden tarpeiden mukaisesti.

10.2 Säiliöt

Säiliön valintaan vaikuttavat tekijät ovat öljyjärjestelmään luotava alipaine sekä säiliön riittävä koko, joten päädyttiin hinta-laatusuhteeltaan parhaaseen vaihtoehtoon, lasikuitusäiliöön. Öljyjärjestelmän koon määrittelyssä päädyttiin siihen tulokseen, että 2 000 litran säiliö takaa öljynkierron järjestelmässä.

Säiliö pitää olla helposti huollettavissa sekä täytettävissä. Öljyallas tyhjennetään tiiveystestin jälkeen ja öljy kierrätetään suodattimien läpi takaisin öljysäiliöön. Testissä öljyä jää moottoriin, esimerkiksi voiteluöljymoduuliin, useita litroja. Toimivuuden kannalta öljysäiliön täytön pitää olla sujuvaa. Ongelma ratkaistiin lisäämällä konttiin paikka täyttösäiliölle. Varsinainen öljysäiliö imee sieltä tarpeen tullen lisää öljyä kiertoan. Säiliön koon laskemiseksi otettiin huomioon sekä hukkaöljyn että öljynkierron vaatima öljymäärä. Öljyä joudutaan lisäämään järjestelmään sen hukan takia. Toimiva täyttösäiliön vaihtoväli on minimissään kaksi viikkoa.

10.3 Suojat, siisteys, turvallisuus

Öljyjärjestelmän tiiveystestauksessa pitää kiinnittää huomiota työturvallisuuteen. Testauksen siirtyessä koeajosta kokoonpanoon tulee linjalle voiteluöljyä, jonka varastointiin ja käyttöön liittyy lakisääteisiä, huomioon otettavia asioita. Lisäksi sen käyttöön liittyy muutamia riskejä, muun muassa roiskeet silmille ja lattioiden liukkaus. Suojilla peitetään kaikki öljyjärjestelmän aukot, joista öljyä voi roiskua. Kaikki roiskeet ohjataan takaisin öljyaltaaseen. Lattialle roiskunut öljy puhdistetaan tarkoitukseen sopivalla öljyn imulaitteella. Tällainen laite on jo käytössä Wärtsilän Pilot-kokoonpanossa.

Työturvallisuuteen voidaan oleellisesti vaikuttaa kouluttamalla henkilöstöä laitteen käytössä, käyttämällä asianmukaisia suojavarusteita ja suorittamalla työ ohjeiden ja sääntöjen mukaan. Työvaiheelle tehdään myös ennen käyttöönottoa riskien kartoitus (liite 2).

10.4 Kontti

Layoutin hahmottelussa lähdettiin liikkeelle ajatuksesta, että liikuteltava testausjärjestelmä saataisiin kokonaan sovitettua hallin nykyisiin rakenteisiin lähelle vaihetta 7. Tästä jouduttiin kuitenkin luopumaan muun muassa tilanpuutteen ja paloturvallisuuden vuoksi. Päädyttiin sijoittamaan järjestelmä hallin ulkopuolelle. Järkevimmäksi säilytyspaikaksi valikoitui lämmitettävä, valuma-altaallinen kontti (kuva 7).



KUVA 7. Valuma-altaallinen kontti (8)

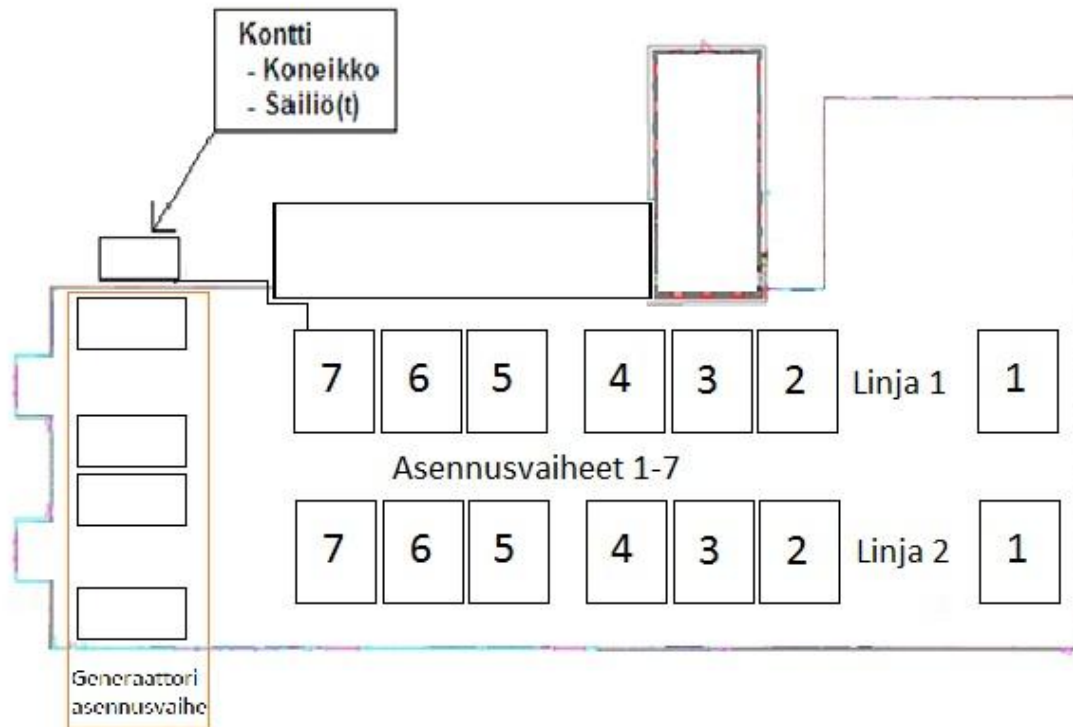
Konttiin mahtuu koneikko säiliöineen ja optio tuplata säiliökapasiteetti aina 4 m³ asti. Kontti on lämmitettävä ja ilmastoitu. Säiliön etuja ovat huoltotilan koko ja täyttösäiliön vaihtamisen helppous.

11 LAYOUTIN HAHMOTTELU

Hallin layout-muutoksen hahmottelu aloitettiin ideaalilanteesta. Yksi toisensa jälkeen jätettiin toteutuskelvottomat vaihtoehdot pois. Ideaalitalanne ja käytäntö olivat tältä osin melko kaukana toisistaan, mutta ideaalitalanne esittääkin tavoitteita, joihin pitäisi pyrkiä mahdollisimman hyvin.

Suunnittelussa lähdettiin ideaalitalanteesta liikkeelle ja paikaksi valikoitui vaihe 7. Kyseisessä vaiheessa suoritetaan myös kaikki muutkin tiiveys- ja automaatiotestit ja se on myös linjan viimeinen vaihe. Lähtötilanteessa mietittiin ratkaisua, jossa koneikko ja öljysäiliö olisivat samassa liikuteltavassa telineessä. Liikuteltavuudesta jouduttiin lopulta luopumaan säilytystelineen suuren koon vuoksi. Hallista ei löytynyt sopivaa säilytyspaikkaa niin suurelle kokonaisuudelle. Lopulta päädyttiin ratkaisuun, jossa koneikko sijoitetaan lämmitettävään ja ilmastoituun konttiin. Konttiin saadaan mahtumaan sekä koneikko, säiliöt että optio järjestelmän kasvattamiseksi 2-linjaa ajatellen. Se sijoitetaan hallin välitömään läheisyyteen, lähelle 7 vaihetta. Mitat ovat noin 1,5 x 1,0 x 1,2 metriä (m³). Säiliön tilavuus on kaksi kuutiometriä ja täyttösäiliön tilavuus kuutiometrin. Putkisto hallista konttiin kulkee ilmaitse.

Kontin sijoittaminen hallin ulkopuolelle vaatii Vaasan kaupungin rakennus- ja ympäristölautakunnan hyväksynnän, koska rakennuksen julkisivu muuttuisi. Mikäli ratkaisusta halutaan pysyvä, voidaan kontin tilalle myöhemmin rakentaa lisäsiipi, johon koneikko laitteistoineen sijoitetaan. Lisäsiipi tarvitsee toteutuakseen kaupungin luvan.



KUVA 8. Layout-suunnitelma testausjärjestelmän sijainnista linjakokoonpanossa (1)

Yhtenä lähtökohtana suunnittelussa oli, että ylimääräinen öljy ohjautuu takaisin öljyaltaaseen. Roiskeöljyt siivotaan tarkoituksenmukaisella öljyn puhdistuslaitteella. Moottorin voiteluöljyjärjestelmän testaamisen siirtäminen koeajosta linjakokoonpanoon aiheuttaa halliin melko vähäisiä layout muutoksia (kuva 6).

12 KUSTANNUSARVIO

Kustannusarvio on tehty saatujen tarjouslaskelmien perusteella ja siihen on lisätty arvioidut rakennuskustannukset. Kustannusarvio on laskettu vain 1-linjan osalta. Järjestelmän ja muutostöiden kustannusarvio on 26 000 euroa. Mikäli päädytään samanlaiseen ratkaisuun 2-linjan osalta, se voidaan toteuttaa putkiston ja vaihekohtaisten työkalujen investoinneilla. Linjoilla ei kuitenkaan voida suorittaa yhtäaikaisesti öljyjärjestelmän tiiveystarkastusta. Taulukossa 1. on eritelty kustannukset.

TAULUKKO 1. Kustannusarvio €

| | |
|--------------|----------|
| Koneikko | 10 000 |
| Säiliö | 2 000 |
| Putket | 5 000 |
| Kontti | 8 000 |
| Rakennustyöt | 1 000 |
| <hr/> | |
| Yhteensä | 26 000 € |

13 MUUTOKSET PROSESSIIN

Öljyjärjestelmän tiiveystestaamisen siirtäminen koeajosta linjakokoonpanoon ei varsinaisesti aiheuta prosessimuutoksia. Tämä selittyy sillä, että vaiheessa 7 testataan myös muut järjestelmät eli vesi-, automaatio-, polttoaine- ja käynnistysilmajärjestelmät. Öljyjärjestelmän tiiveystestaus sisällytetään vaiheen 7 muihin testauksiin. Tästä aiheutuu vaiheeseen 7 noin tunnin lisätyö, joka saadaan mahdutettua linjakokoonpanon 16 tunnin vaiheeseen. Mikäli vuoto on suuri ja vaatii esimerkiksi korjaajia eri osastoilta, voidaan moottori siirtää generaattorin asennuspaikalle korjauksia varten.

13.1 Edut nykyiseen järjestelmään

Työn tuloksena syntyi kustannuksia laskeva lopputulos. Tämä johtuu työn vähentämisestä koeajossa, jossa se on hidasta ja kallista toteuttaa. Asiakas on usein koeajotilanteessa läsnä. Kaikki viat moottorin koeajossa vähentävät asiakkaan luottamusta moottorien laadukkuuteen. Tämän lisäksi ylimääräisistä moottorin käynnistyksistä ja sammutuksista syntyy kustannuksia. Mahdolliset epäkohdat moottorissa havaitaan jo pääkokoonpanossa, jossa on ammattitaitoiset työntekijät saatavilla heti ja paremmat työskentelyolosuhteet. Mitä aiemmin vika havaitaan, sen halvemmaksi se tulee korjata. Invenstointi vastaa työn aluksi määriteltyyn ongelmaan. Voiteluöljyjärjestelmän laatuongelmaa ei havaita vasta seuraavassa tuotantoprosessin päävaiheessa, vaan se selviää jo kokoonpanovaiheessa.

13.2 Paikan määräytyminen

Työssä päädyttiin tulokseen, jossa järjestelmän tiiveys testataan visuaalisesti vaiheessa 7. Järjestelmä paineistetaan koneikon avulla. Koneikko ja säiliöt mitoitettiin öljyjärjestelmän koon mukaan sopiviksi. Työssä päädyttiin 20 kW sähkömoottoriin, 2 m³ säiliöön ja pumppuun, jolla saavutetaan 80 m³/h tuotto. Roiskeiden aiheuttaman alueen öljyntyminen pyritään estämään muovisilla suojilla. Suojilla suojataan kampikammion luukut ja nokkaluukut. Koneikon paikaksi valikoitui tilanpuutteen ja turvallisuuden vuoksi ulos hallin ulkopuolelle sijoitettava kontti. Putkisto vedetään ilma- ja maateitse ulos säiliöiden luo. Järjestelmä mi-

toitettiin aluksi 1. linjalle, josta kerättyjen käyttökokemusten mukaan se voidaan tarvittavin muutoksin kopioida toisellekin linjalle.

14 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä todistettiin voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaamisen siirron koeajosta pääkokoonpanoon olevan mahdollista. Työssä selvitettiin mahdollinen ratkaisu moottorin öljyjärjestelmän tiiveystestaamiseen kokoonpanossa. Laitteisto testausta varten on jo olemassa koeajossa, joten sen tuonti pääkokoonpanoon on melko yksinkertainen toteuttaa. Muutostyössä piti ottaa ennakoitua enemmän huomioon rakennusteknisiä ratkaisuja. Haasteita aiheuttivat esimerkiksi lattian suuri kantavuus, öljyn säilytys ja laitteiston sijoittelu.

Työssä saavutettiin sekä teknisesti että kustannuksellisesti toteutettavissa oleva ratkaisu. Työn käyttökelpoisuutta tukevat vuotojen vähentyminen asiakkaan näkökulmasta ja työskentelyolosuhteiden parantuminen korjauksissa. Ratkaistavia asioita ovat vielä muun muassa testijärjestelmän käytettävyys ja öljyn käyttäminen kokoonpanossa.

LÄHTEET

1. Wärtsilä. Saatavissa: <http://compass.wartsila.com>. Hakupäivä 26.4.2014
2. Kajaste Veikko – Liukko, Timo 1995. Lean-toiminta Suomalaisten yritysten kokemuksia. Tampere: Tammer-Paino Oy.
3. Rother, Mike 2011. Toyota Kata. Porvoo: Bookwell Oy.
4. Wärtsilä LEAN. Saatavissa: <http://compass.wartsila.com>. Hakupäivä 11.2.2014.
5. Lapinleimu, Ilkka – Kauppinen, Veijo – Torvinen, Seppo 1997. Kone- ja metalliteollisuuden tuotantojärjestelmät. Porvoo: WSOY.
6. Lapinleimu, Ilkka 2000. Ideaalitehdas. Tampere: Tampereen teknillinen korkeakoulu.
7. Kleimola, Matti – Pohjanpalo Yrjö 1986. Dieselmoottori. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
8. Tarjous kontista. (Scandic Container Oy)

LIITTEET

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Riskien kartoitus -lomake

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä¹ Juhani Keskitalo puh. 044 336 5225 sähköposti:
t7keju00@students.oamk.fi

Tilaaaja² Wärtsilä Finland Oy, DCV/PF

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot³ Janne Kansanaho puh. 010 709 2304

Työn nimi⁴ Moottorin voiteluöljyjärjestelmän tiiveystestaaminen
pääkokoonpanossa

Työn kuvaus⁵ Selvitetään laitteisto- ja prosessikonsepti moottorin
pääkokoonpanon aikana

voiteluöljyjärjestelmälle tehtävää tiiveystestiä varten.

Työn tavoitteet⁶ Työn tavoitteena on luoda selvitys prosessimuutoksesta
investointiesitystä

varten. Selvitys sisältää raaka -layoutin ja budjettiarvion
kustannuksista.

Tavoiteaikataulu⁷ Selvityksen tulee olla 15.12.2011 mennessä työn tilaajan
käytössä.

Päiväys ja allekirjoitukset⁸ Vaasa 12.9.2011

Juhani Keskitalo

Janne Kansanaho

Työturvallisuusriskien arviointi



Arvioitava työ: _____

Arvioinnin tekijät: _____ Pvm.: _____

| Kysymykset ennen työn aloitusta | Kunnossa | Vaatii toimenpiteitä | Tarvittavat toimenpiteet ennen työn aloitusta |
|--|----------|----------------------|---|
| Onko työn suorittajalla riittävä koulutus ja osaaminen kyseisen työvaiheen suorittamiseksi? | | | |
| Onko työalueen järjestys ja siisteys hyvä? Onko liukastumis- ja kompastumisriskit minimoitu? | | | |
| Onko korkealla tehtäviä töitä/putoamisvaaraa? Tarvitaanko telineitä, A-tikkaita, tasoja työkaluille, putoamissuojaimia tms. | | | |
| Onko raskaita käsin tehtäviä nostoja? | | | |
| Sopivatko käytössä olevat työkalut kyseiseen työhön? Aiheutuuko työkalujen käytöstä vaaraa esim. työkalun lipsahtaminen? Tarvitaanko muita apuvälineitä? | | | |
| Onko työssä melua, tarvitaanko suojaimia? | | | |
| Onko työympäristössä kuumia tai kylmiä pintoja? | | | |
| Onko valaistus riittävä? | | | |
| Käytetäänkö vaarallisia kemikaaleja? Toimitaanko käyttöturvallisuustiedotteen mukaisesti (esim. suojaimet)? | | | |
| Tarvitaanko tuli- tai säiliötyölupa? | | | |
| Voiko jokin esine pudota tai kaatua työntekijän päälle? | | | |
| Kohdistuuko käsiin esim. viilto-, leikkaus-, pisto- tai puristumisvaara? | | | |
| Kohdistuuko silmiin vaaraa esim. paineilmasta, hydraulijärjestelmistä, lentävistä hiukkasista? Tarvitaanko maskia tms? | | | |
| Minkälaisia poikkeavia tai häiriötilanteita työssä voi esiintyä? Vaatiiko ne varautumista? | | | |