



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
VASA YRKESHÖGSKOLA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Mustonen

LASERLAITTEIDEN KÄYTÖN  
TUTKINTA W32- GENERAATTORIN  
LINJAUKSESSA

Tekniikka ja liikenne  
2014

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Niko Mustonen
Opinnäytetyön nimi	Laserlaitteiden käytön tutkinta W32 generaattorin linjauksessa
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	23
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

---

Tämä opinnäytetyö tehtiin Wärtsilä Finland Oyj Abp:n DCV:n Pilot kokoonpano-osastolle. Työn aiheena on tehdä ohjeet generaattorin linjaukseen laserilla ja tutkimusta laserin hyödyistä ja haitoista. Tavoitteena on saada kokoonpanot käyttämään laseria mittakellojen sijaan generaattoria linjatessa.

Työn aikana linjattiin generaattoreita ensiksi mittakelloilla ja sen jälkeen laserilla, jotta voitaisiin vertailla tuloksia. Kuumaindikointiarvoja kerättiin myös moottoreista, jotka oli linjattu laserilla.

Tutkimuksen aikana selvisi, että kaikkia kytkintyyppisiä ei pysty linjaamaan laserilla. Laserilla linjaaminen on tarkempaa, nopeampaa ja turvallisempaa kuin mittakelloilla linjaaminen.

## ABSTRACT

Author	Niko Mustonen
Title	Research of the Laser Device used in W32 Generator Alignment
Year	2014
Language	Finnish
Pages	23
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

---

This thesis was made for Wärtsilä Finland PLC DCV Pilot Assembly Department. The topic of this thesis was to make instructions for aligning the generator with laser and to research the advantages and disadvantages of the laser. The aim was to get the assemblies to use laser alignment instead of dial indicators.

During the work the alignment was first performed with a dial indicator and secondly with lasers, so the results could be compared. Hot indication values were also collected from the engines that were aligned with laser.

During the study, it became clear that all couplings could not be aligned with laser. However, laser is more accurate, faster and safer than the dial indicators.

## SISÄLLYS

### TIIVISTELMÄ

### ABSTRACT

1	LINJAUSSANASTOA.....	2
2	JOHDANTO.....	3
3	YRITYSESITTELY .....	4
	3.1 Wärtsilä Oyj Abp historia .....	4
	3.2 Wärtsilä Finland Oy .....	5
	3.3 DCV .....	5
	3.3.1 Pilot- kokoonpano .....	6
4	GENERAATTORIN LINJAUS .....	7
	4.1 Linjauksen tarkoitus.....	7
	4.2 Huolimattoman linjauksen seuraukset .....	7
	4.3 Nykyinen menetelmä .....	8
	4.4 Mittakellot.....	10
	4.5 Linjaus laserilla.....	10
	4.6 Indikointi.....	13
5	LASERLAITE .....	14
6	TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTUS .....	15
	6.1 Tavoitteet .....	15
	6.2 Toteutus.....	15
7	NYKYISEN MENETELMÄN JA LASER-MENETELMÄN VERTAILU .	16
	7.1 Nykyisen menetelmän hyödyt ja haitat.....	16
	7.2 Laser-menetelmän hyödyt ja haitat .....	17
8	SAAVUTETUT TULOKSET .....	18
	LÄHTEET .....	19
	LIITTEET	

## 1 LINJAUSSANASTOA

Kello 12,3,6,9 asento = Mittakellojen / TD-yksiköiden asento.

Kytkin = Käytettävän ja käyttävän koneen välillä oleva tehoa välittävä kone-elin.

Kulmavirhe = Akselien keskilinjojen kulmapoikkeama.

Yhdensuuntaisuusvirhe = Akselien keskilinjojen poikkeama.

Käyttävä kone = Tehoa tuottava laite. Moottori.

Käytettävä laite = Tehoa vastaanottava laite. Generaattori.

TD-yksikkö = Transmitter/detector-units eli Lähetin/vastaanotin yksikkö  
Movable- ja stationary-yksiköt lähettävän ja vastaanottavat lasersäteen.

Yläkuolokohta = YKK eli kohta, jossa mäntä on aivan liikeratansa yläkohdassa.

Alakuolokohta = AKK eli kohta, jossa mäntä on aivan liikeratansa alakohdassa.

Hammasvällys = Hammasrattaiden kosketuksessa toisiinsa hampaiden väliin jäävä tyhjä tila.

Indikointi = Kampiakselin suoruuden mittaus.

QDMS = Quality Data Management System.

## 2 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehtiin Wärtsilän Vaasan toimitusyksikön pilot kokoonpano-osastolle. Pilot-osastolla tehdään pääosin erikoismootoreita. Moottori valmistetaan alusta loppuun yhdessä työpisteessä, jota kutsutaan asennus soluksi. Toisin kuin linjalla eli toisessa kokoonpano hallissa, jossa on monta eri vaihetta jonka läpi moottori kulkee. Pilotissa on vain lohko-solu, asennus-soluja ja generaattori-solu. Laserlaitetta käytetään jo muissa moottorityypeissä vastaavissa kohteissa. Työssä kerätään vertailutuloksia mittakelloilla ja laserilla linjatuista moottoreista, jotta on mahdollista verrata kummalla menetelmällä saadaan tarkempi mittaustulos kyseisessä työssä. Generaattorit linjataan tällä hetkellä mittakelloilla. Laseria käytetään muissa moottorityypeissä vastaavissa töissä. Työssä tehdään myös ohjeet laserilla linjaukseen, jotka tulevat asentajille käyttöön.

### **3 YRITYSESITTELY**

#### **3.1 Wärtsilä Oyj Abp historia**

Wärtsilä perustettiin 12.4.1834 Karjalan lääninherran antaessaan oikeuden sahan rakentamiseen Tohmajärven kunnassa sijaitsevan kosken rannalle Wärtsilä nimiseen kylään. Vuonna 1851 sahan tilalle rakennettiin Wärtsilän rautatehdas ja vuoteen 1908 mennessä Wärtsilästä oli tullut koskiensa tuottamaa sähköenergiaa hyväksi käyttäen nykyaikainen rautatehdas.

Vuonna 1935 Wärtsilä osti Kone- ja Siltarakennus Oy:n osake-enemmistön saaden näin hallintaansa Helsingin Hietalahden laivatelakan ja Turun Crichton-Vulvanin telakan. Saman vuoden aikana myös Wärtsilän pääkonttori muutti Karjalasta Helsinkiin. Seuraavana vuonna, 1936, Wärtsilä osti Onkilahden konepajan Vaasasta, jossa Wärtsilän toiminta jatkuu edelleen tänäkin päivänä. Vuonna 1938 käynnistyi Wärtsilän dieselmoottorien aikakausi Wärtsilän solmiessaan lisenssisopimuksen Friedrich Krupp Germania Werft AG:n kanssa ja ensimmäinen moottori valmistettiin Turussa vuonna 1942. Vuonna 1960 Wärtsilä lanseerasi ensimmäisen alusta loppuun asti Vaasan tehtaalla itse suunnitellun ja rakennetun moottorin. Wärtsilän suunnittelemaa dieselmoottoreita valmistettiin Turussa vuonna 1988 ja saman vuoden aikana valmistui huipputason moottorilaboratorio Vaasaan.

Wärtsilä koki muutoksia yhtiössä, kun vuonna 1989 Wärtsilä ja Lohja tekivät sopimuksen fuusiosta ja vuonna 1990 fuusiosuunnitelma hyväksytään ja Wärtsilä sulautuu Lohjaan. Lohjan uudeksi nimeksi tuli Metra Oy Ab. Sen päätoimialat olivat rakentamiseen liittyvät toiminnot ja dieselmoottoriteollisuus. Vuonna 1991 Metran osakkeet menevät Lontoon pörssiin. Vuonna 1996 Metra ja Fincantieri sopivat Wärtsilä Dieselin ja New Sulzer Dieselin sekä Diesel Ricerchen yhdistämisestä vuonna 1997 uudeksi yhtiöksi, jonka nimeksi tuli Wärtsilä NSD Corporation. Vuonna 2000 Metran nimi muutettiin Wärtsiläksi. Vuonna 2007 uusi kokoonpanohalli, logistiikkakeskus, koeajo- ja viimeistelytilat rakennettiin Vaasaan.

Nykypäivänä Wärtsilä on yksi maailman johtavia voimaratkaisujen toimittajia energia- ja merenkulkuteollisuudessa. Wärtsilän markkinajohdosta kertoo se, että joka kolmas laiva maailmassa käyttää voimanlähteenä Wärtsilän moottoria ja koko maailman sähkötuotannosta 1 % on Wärtsilän voimalaitoksien tuottamaa. Wärtsilän liikevaihto vuonna 2013 oli 4,7 miljardia euroa. Toimipisteitä Wärtsilällä on yli 200 yhteensä lähes 70:ssä eri maassa. Henkilöstöä koko konsernissa on noin 18 700, joista Suomessa on yhteensä noin 3600. /1/ /2/

### **3.2 Wärtsilä Finland Oy**

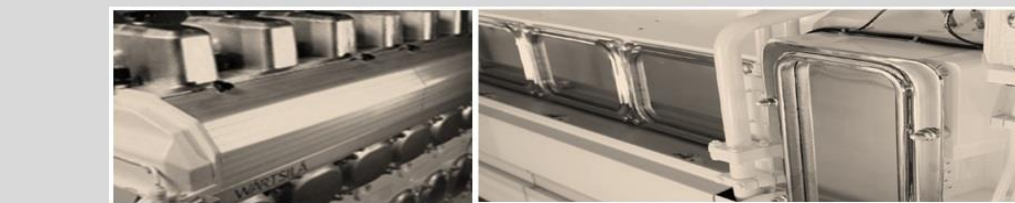
Wärtsilällä on toimistoja Helsingissä, Espoossa, Turussa ja Vaasassa. Wärtsilä toimii Vaasassa kolmessa eri toimipisteessä; Runsorissa on huollon, ship powerin ja power plantsin toimipiste (Power Gate), Vaskiluodossa on moottorilaboratorio ja keskustan lähellä Järvikadulla on toimistoja ja tuotetehdas (DCV). Vaasassa henkilöstöä on noin 2900. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Espoon Otaniemessä on Wärtsilä innovative node eli tutkimus- ja kehityskeskus. Henkilöstöä Helsingissä ja Espoossa on noin 285. Turussa on Wärtsilän service eli huolto, Wärtsilä 46- moottoreihin liittyvä tuote- ja sovellussuunnittelu. Myös Wärtsilä land & sea academy joka tarjoaa käyttö-, kunnossapito- ja hallintakoulutusta laivojen ja voimalaitosten operaattoreille sekä Wärtsilän omalle henkilökunnalle. Henkilöstöä Turussa on noin 380. /6/

### **3.3 DCV**

DCV eli Delivery Centre Vaasa sijaitsee Vaasassa Järvikadulla, Onkilahden vieressä. Henkilöstöä on noin 1400 Wärtsilän järvikadun alueella. Vaasassa järvikadulla on tutkimus- ja kehitysosasto, moottorilaboratorio, valmistusteknologiakeskus (MTC), osakokoonpano sekä kaksi kokoonpanoa ja koeajo-osastoa, kaasu- sekä dieselkoeajo, Pilot- kokoonpano ja linjakokoonpano. Vaasassa valmistetaan nelitahtimoottoreita. Taulukossa 1 on moottorityypit, joita Vaasassa valmistetaan. DCV:ssä on toimihenkilöitä noin 210 ja työntekijöitä noin 700. /6/



**Taulukko 1.** Wärtsilän tuotteet, joita valmistetaan DCV:ssä. Cylinder bore = Sylinterin halkaisija, Piston stroke = Iskun pituus, Speed = Pyörimisnopeus, Mean eff. pressure = Keskimääräinen tehollinen paine, Piston speed = Männän nopeus, Output = Teho, Fuel specification = Käytettävä polttoaine /6/



	WÄRTSILÄ 20	WÄRTSILÄ 20DF	WÄRTSILÄ 32	WÄRTSILÄ 34DF	WÄRTSILÄ 34SG
Cylinder bore	200 mm	200 mm	320 mm	340 mm	340 mm
Piston stroke	280 mm	280 mm	400 mm	400 mm	400 mm
Speed	900–1000 rpm	1000–1200 rpm	720–750 rpm	720–750 rpm	720–750 rpm
Mean eff. pressure	18.7–28.0 bar	20.0 bar	23.3–22.9 bar	20.0–19.8 bar	20.0–19.8 bar
Piston speed	8.4–9.33 m/s	9.3 – 11.2 m/s	9.6–10.0 m/s	9.6–10.0 m/s	9.6–10.0 m/s
Output	548–1800 kW	876–1584 kW	2700–9 200 kW	2010–9 000 kW	6960–10 000 kW
Fuel specification	Fuel oil	Fuel oil, natural gas	Fuel oil	Fuel oil, natural gas	Natural gas

### 3.3.1 Pilot- kokoonpano

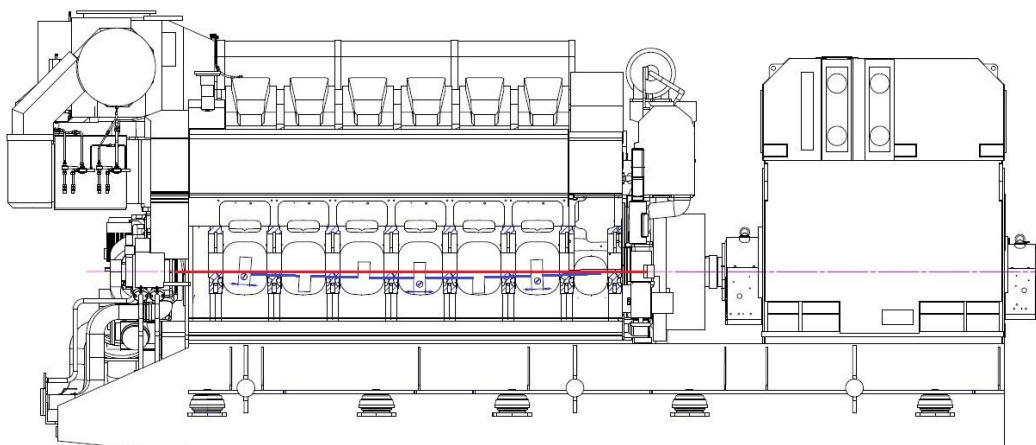
Pilotissa valmistetaan kaikki W32/34- tyyppin erikoismoottorit ja piensarjat. Pilotissa valmistetaan myös ydinvoimalaan menevät moottorit, joilla on erittäin tarkat laatustandardit. Pilotin työntekijöillä on laaja tietotaito koska moottorit valmistetaan yhdessä pisteessä melkein alusta loppuun. Pilotissa valmistetaan myös proto- moottorit eli moottorit, jotka ovat tulossa tuotantoon sekä laboratorioon tutkittavaksi ja kehitettäväksi menevät moottorit. Pilotissa on neljä asennusolua, jokaisessa solussa on kaksi asennuspaikkaa. Yhdessä solussa on keskimäärin 5-8 mekaanista asentajaa. Sähköasentajia liikkuvat solujen välillä töiden mukaan. Pilotissa on myös lohko- osakokoonpanosolu ja generaattorisolu. Pilotissa on noin 60 työntekijää, josta 12 sähköasentajaa, 6 toimihenkilöä ja yksi verstaapäällikkö.

## 4 GENERAATTORIN LINJAUS

### 4.1 Linjauksen tarkoitus

Moottori ja generaattori ovat yhteisellä alustalla ja niiden välissä on kytkin. Tätä kutsutaan gensetiksi eli generaattoripaketiksi. Näitä käytetään sähköntuottoon voimalaitoksissa. Myös laivoissa käytetään näitä sähköntuottoon. Generaattori väännättää moottorin kampiakselia ja tämän takia generaattori täytyy linjata moottorin kanssa. Linjauksen tarkoitus on saada kampiakseli suoristumaan, kun kone on käynnissä ja lämpöinen.

Kuvassa 1 on punaisella viivalla esitetty kampiakselin linja, kun kone on käynnissä ja sinisellä viivalla, kun kone ei ole käynnissä.



**Kuva 1.** Moottori ja generaattori yhteisellä alustalla. Moottori vasemmalla puolella ja generaattori oikealla puolella. /4/

### 4.2 Huolimattoman linjauksen seuraukset

Moottoreiden linjausvirheet voivat aiheuttaa mittavia ja toistuvia laitevaurioita. Linjausvirheet aiheuttavat ylimääräisiä kuormituksia ja värinöitä, joita seuraa ennenaikaiset laakeri-, akseli-, tiiviste- ja kytkinvauriot. Pahimmassa tapauksessa kampiakseli katkeaa minkä korjaus kulut ovat todella suuret. Riskinä on myös se että lattia ei jaksakaan kantaa moottoria, jonka seurauksena oikeinkin linjatun moottorin linjaus menee pieleen. Vaikka moottori ja generaattori ovat yhteisellä

alustalla niin se saattaa silti muotoutua lattian mukaan jos lattia antaa periksi joistakin kohdista.

### 4.3 Nykyinen menetelmä

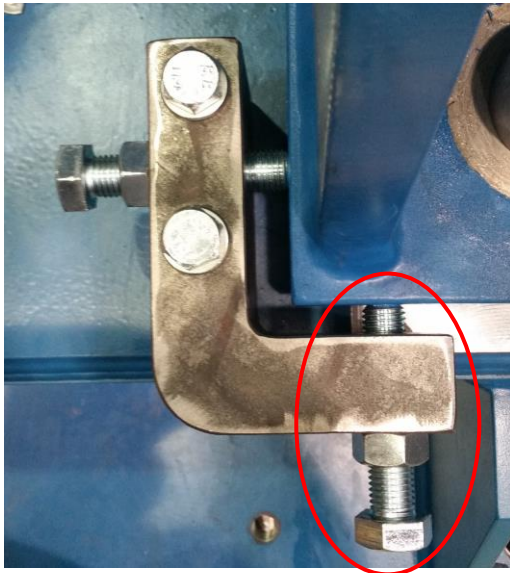
Tällä hetkellä generaattori linjataan mittakelloilla. Siihen tarvitaan kaksi työntekijää, koska moottoria täytyy pyörittää ja samalla täytyy lukea mittakelloista mitta-arvot. Mittakelloilla linjaaminen myös kuluttaa moottorin liukulaakereita koska moottoria joutuu pyörittämään kokonaisia kierroksia joka kerta, kun generaattoria on liikutettu. Moottorissa ja generaattorissa on linjaus hetkellä vain asennus öljyä laakeripinnoilla. Mittakellot eivät kerro tarpeeksi tarkkaa generaattorin takaosan korkeutta eivätkä sivuttaisasemaa. Mittakelloja tarvitaan kaksi, toinen näyttää sivuttaisenaseman ja toinen korkeuden mittakellojen sijainnista riippuen. Mittakelloja seurataan kolmessa kohdassa samalla, kun konetta pyöritetään. Niistä käytetään kelloarvoja: kello 12, kello 3, kello 6 ja kello 9.

Kun mittakellot ovat kello 12 asennossa (**Kuva 2.**), silloin nollataan mittakellot eli kello 12:sta on nollauskohta. Kello 3 kohdassa nähdään sivuttaisasema. Kello 6 kohdassa nähdään generaattorin korkeus. Mittakellot asennetaan paikoille kuvan 2 mukaisesti. Kello 3 ja 9 välinen ero ei saa olla yli annetun toleranssin.



**Kuva 2.** Mittakellot ovat asennettuna paikoilleen. A-kello on pystyssä ja B-kello vaakatasossa.

Ensimmäisen sylinterin mäntä täytyy olla alakuolokohdassa silloin, kun asennetaan mittakellot kytkimeen kiinni. Generaattoria liikutellaan siirto- ja nostoruuveista (**Kuva 3. ja 4.**). Jokaisen generaattorin kiinnityskohdan vieressä on ruuville reikä millä nostetaan tai lasketaan generaattoria. Alustassa on generaattorin jokaisen kulman kohdassa paikka mihinkä kiinnitetään sivuttaissiirtoruuveille tehdyt palat (**Kuva 3.**). Kuvassa 3 alaspäin osoittavasta ruuvista voidaan työntää generaattoria. Näitä käytetään molemmissa linjausmenetelmissä.



**Kuva 3.** Sivuttaissiirtoruuvi.



**Kuva 4.** Korkeudensäätöruuvi.

#### 4.4 Mittakellot

Mekaaniseen linjaukseen käytetään mittakelloa. Mittakello (**Kuva 5.**) on mittalaite, jolla pystytään mittaamaan pieniä etäisyyksiä nolasta kymmeneen millimetriin 0.01millimetrin tarkkuudella. Mittakellot näyttävän analogiselle kellolle, jossa on vain yksi viisari ja kellon alaosassa on tappi, joka työntyy ulos. Kun tappi painuu sisäänpäin, niin viisari liikkuu mitta-asteikolla näyttäen kuinka paljon tappi on painunut. Asteikkoa pystyy pyörittämään, jotta nolakohtaan saa viisarin kohdalle kun mittakello on asennettu paikoilleen.

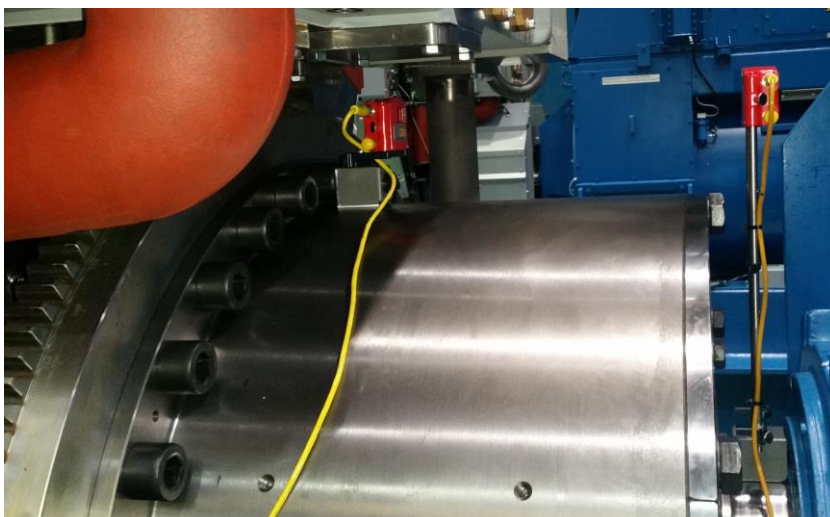


**Kuva 5.** Mittakello /2/

#### 4.5 Linjaus laserilla

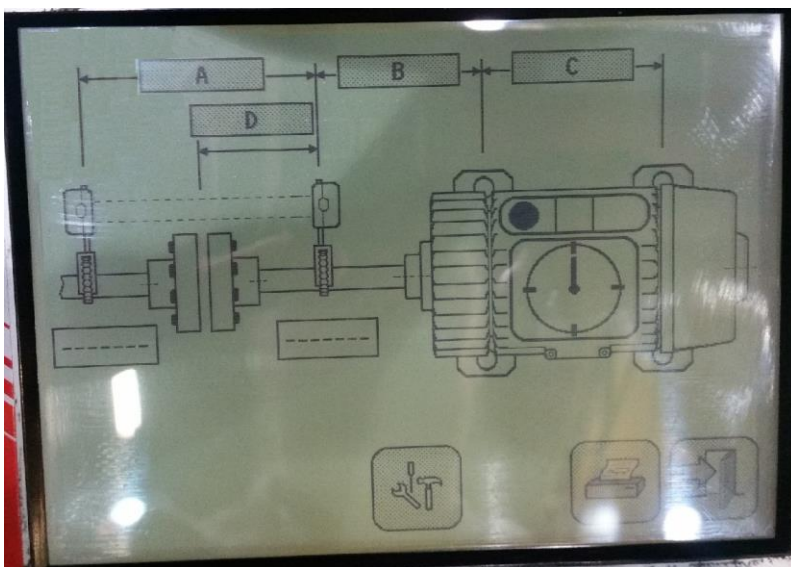
Laserlinjauslaitteet ovat kehittyneet hyvin tarkkoiksi ja helppokäyttöisiksi. Niiden soveltuvuus on myös hyvin laaja. Laserlinjaus soveltuu generaattorin ja moottorin linjaukseen erittäin hyvin.

Laserit asennetaan kello 12 asemaan sitten, kun ensimmäisen sylinterin mäntä on yläkuolokohdassa. TD-yksiköt kiinnitetään kytkimeen ja generaattorin akseliin magneettijalustan avulla. TD-yksiköihin on merkitty stationary ja movable eli paikallaan oleva ja liikkuva. Stationary tulee vauhtipyörän päähän kytkimeen kiinni ja movable-yksikkö tulee generaattorin akseliin kiinni kuten kuvassa 6.



**Kuva 6.** TD-yksiköt kello 12 asennossa.

Päätevastaanottimesta valitaan akselin vaakalinjaus, jonka jälkeen näytölle aukeaa kuva (**Kuva 7.**) mihin pitää mitata kolme eri kohtaa A, B ja C. A-mitta on vastaanottimien välinen etäisyys. B-mitta on movable-yksikön väli generaattorin ensimmäisen kiinnitysreiän keskelle. C-mitta on generaattorin kiinnitysreikien reikäväli. Linjattaessa on myös pidettävä hammasvälykset samaan suuntaan.

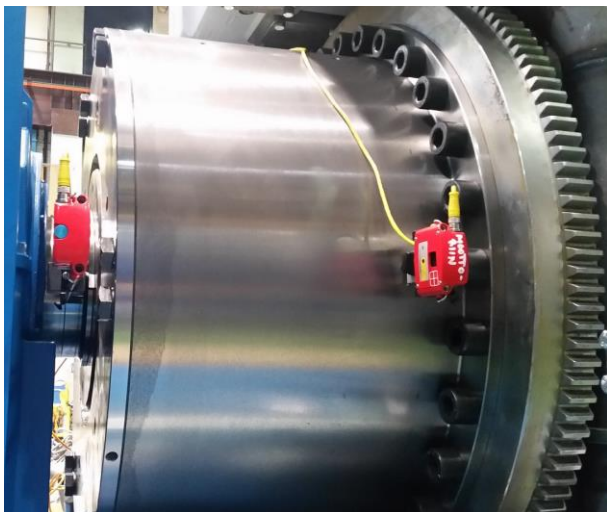


**Kuva 7.** Päätevastaanottimessa näkyvät A, B ja C-mitat.

Kun laserit on asennettu paikoilleen, kuten kuvassa 6 voidaan pyörittää TD-yksiköt kello 9 asentoon säätää varten. Laserit kohdistetaan TD-yksikössä olevaan kohdistustauluun kahden säätöruuvien avulla. Kun kohdistus on valmis, näytölle ilmestyy kello 9 ikoni mistä kuitataan kello 9 asento. Sen jälkeen pyöritetään TD-

yksiköt kello 3 asentoon ja kuitataan kello 3 asento näytölle ilmestyvästä kello 3-kuittauspainikkeesta. Tämän jälkeen pyöritetään TD-yksiköt takaisin kello 10 asentoon ja siitä kello 12 asentoon, että hammasvälykset ovat samaan suuntaan. Hammasrattaissa olevat välykset vaikuttavat linjaustulokseen. Kuitataan kello 12:sta asento kello 12-kuittauspainikkeesta. Nyt päätevastaanottimen näytöllä näkyy generaattorin korkeusasema.

Generaattorin korkeudelle on annettu oletusarvot mihinkä generaattori ensiksi asetetaan. Generaattoria lasketaan tai nostetaan arvoista riippuen. Arvon ollessa positiivinen, täytyy generaattoria laskea. Jos taas negatiivinen, niin generaattoria nostetaan. Kun generaattori on asetettu oletusarvoihin, voidaan TD-yksiköt pyörittää kello 3 asentoon (**Kuva 8**). Kello 3 asennossa nähdään generaattorin sivusuuntainen asema. Generaattoria työnnetään kuvassa 3 näkyvällä siirtoruuvilla. Sivuttaissuunnalle on myös annettu oma toleranssi sekä oletusarvo. Kun generaattori on saatu säädettyä sivuttaissuunnassa, niin täytyy tarkistaa onko korkeus muuttunut. Kun vaadittavat arvot on saavutettu, täytyy indikoida kampiakselin ensimmäinen kaula. Ensimmäisen kaulan tulee olla annetun toleranssin sisällä, muuten täytyy linjata generaattori uudestaan. /5/



**Kuva 8.** TD-yksiköt kello 3 asennossa. Generaattori on vasemmalla ja moottori oikealla puolella.

## 4.6 Indikointi

Indikoinnilla tarkoitetaan kampiakselin suoruuden mittausta. Moottorit indikoidaan kylmänä sekä kuumana. Moottori täytyy kylmäindikoida, koska generaattori vääntää kampiakselia. Kylmäindikoinnilla esiasetetaan kampiakseli niin, että se on käyntilämpötilassa suorassa. Kylmäindikointi tehdään generaattorin linjauksen jälkeen. Moottori on kylmäindikoinnin aikana asennus lämpötilassa. Kuumaindikointi suoritetaan mahdollisimman pian koeajon jälkeen, kun kone on vielä lämmin. Kuumaindikoinnilla tarkistetaan, että kampiakseli on oikeassa asennossa. Kylmä- ja kuumaindikoinnille on annettu omat toleranssit. Mitatut arvot lisätään Wärtsilän sisäiseen tiedonkeruu järjestelmään eli QDMS:sään.



## 5 LASERLAITE

Laserlinjauslaite perustuu kahteen TD-yksikköön (transmitter/detector-units eli lähetin ja vastaanotin-yksiköt). TD-yksiköt sisältävät laserlähettimen sekä vastaanottimen. TD-yksiköt kommunikoivat päätevastaanottimen (**Kuva 9.**) kanssa, joka näyttää mittaustulokset näytöllä. Linjausarvoja pystyy seuraamaan reaaliajassa päätevastaanottimen näytöltä, koska laserlinjauslaite suorittaa korjauslaskut automaattisesti linjausarvoihin.



**Kuva 9.** Päätevastaanotin ja TD-yksiköt.

Laserlinjauslaitteen hallinta tapahtuu päätevastaanottimen käyttöliittymällä. Laitteessa on kosketusnäyttö. Laitteen mukana tulee myös tulostin, jolla tulokset voi tulostaa paperille. Kyseisessä laserlaitteessa on viisi eri ohjelmaa: Akselinlinjaus – koneet vaakatasossa, akselinlinjaus – koneet pystytasossa, nivelakselilinjaus, usean peräkkäisen koneen linjaus ja suoruuden mittaus. Tässä työssä käytetään vain akselinlinjausta, jossa koneet ovat vaakatasossa eli moottori ja generaattori ovat yhteisellä alustalla ja joiden välissä on kytkin.

## **6 TYÖN TAVOITTEET JA TOTEUTUS**

### **6.1 Tavoitteet**

Työn tavoitteena on tutkia lasermenetelmän hyödyt ja rajoitteet. Selvittää laserin tehokkuus, aikasäästö, laatu ja turvallisuus. Laserlinjaus olisi tarkoitus saada viralliseksi generaattorin linjausvälineeksi kokoonpanoissa. Tavoitteena on tutkia laserin edut verrattuna vanhaan toimintatapaan eli mittakellon käyttöön ja laatia ohjeet laserin käyttöä varten.

### **6.2 Toteutus**

Työ toteutettiin pilot kokoonpanossa kolmessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa kerättiin käyttökokemusta laserilla linjaamisesta. Ja erilaisia W32-moottorityyppjä linjattiin sekä mittakelloilla että laserilla, jotta saatiin vertailukelpoiset mittatulokset. Työhän osallistui kaksi asentajaa. Moottorin linjaaminen nykyisellä ja lasermenetelmällä kesti kolmesta viiteen tuntiin. Moottoreita oli yhteensä neljä kappaletta, yksi V-moottori ja kolme rivimoottoria.

Toisessa vaiheessa laadittiin ohjeet laserlaitteelle. Ohjeet tehtiin MS Word-muodossa. Ohje sisältää koko työvaiheen. Ohjeessa on sekä tekstiä että kuvia havainnollistamaan vaihetta. Ohjeessa viitataan Wärtsilän laatuohjeistukseen, josta selviää toleranssit linjaukselle. Tässä vaiheessa aloitettiin myös vähän hahmottelemaan mittapöytäkirjaa.

Kolmannessa vaiheessa kerättiin kuumaindikointi tuloksia QDMS:stä semmoisista moottoreista, jotka oli jo linjattu laserilla. Tuloksia analysoitiin tuotesuunnittelijan ja laadunvalvojan kanssa. Tuloksista saatiin selville, että laserilla linjattujen moottoreiden indikointiarvot ovat toleranssin sisällä.

## 7 NYKYISEN MENETELMÄN JA LASER-MENETELMÄN VERTAILU

### 7.1 Nykyisen menetelmän hyödyt ja haitat

Nykyisen menetelmän hyödyt:

- Sopii kaikille kytkintyypeille
- Entuudestaan tuttu laite
  - Ei vaadi käyttökoulutusta.
- Kalibrointi
  - Suoritetaan Wärtsilän sisällä.
- Pieni fyysinen koko
  - Helpottaa liikuttamista ja säilyttämistä.
- Edullinen

Nykyisen menetelmän haitat:

- Linjausnopeus
  - Hitaampi linjata kuin laserilla.
- Ei näytä arvoja reaaliajassa
  - Moottoria täytyy pyörittää jokaisen muutoksen jälkeen.
- Vaatii kaksi asentajaa
- Ei kerro generaattorin takaosan asentoa
- Uudelleen linjaus
  - Mittakelloilla lähes mahdotonta saada sama mittatulos kaksi kertaa jos mittakellot on irrotettu välillä.
- Työturvallisuus
- Vaikea lukea
  - Mittaajan täytyy osata tulkita mittakelloa.
- Tarkkuus
  - 0.01mm.

## 7.2 Laser-menetelmän hyödyt ja haitat

Laser-menetelmän hyödyt:

- Linjausnopeus
  - Nopeampi linjata kuin mittakelloilla.
- Työturvallisuus paranee
- Tarvitsee vain yhden työntekijän
- Tarkkuus paranee
  - 0.001mm.
  - Kertoo myös generaattorin takaosan aseman.
- Muutokset näkyvät reaaliajassa
- Mittaustulokset ovat monipuolisemmat
- Uudelleen linjaus
  - Laserille syötetään kolme eri mitta-arvoa joiden avulla päätevastaanotin laskee generaattorin paikan.
- Helppo käyttää
  - Helppolukuinen

Laser-menetelmän haitat:

- Kalibrointi
  - Täytyy lähettää laitteentoimittajalle kalibroitavaksi.
- Hankintahinta
- Suositellaan koulutusta
- Suuri
  - Laitteen oma säilytyssalkku vie paljon säilytystilaa.
- Ei sovellu kaikille kytkintyypeille

## 8 SAAVUTETUT TULOKSET

Todettu, että laser linjausta voidaan käyttää tutkitussa ympäristössä. Rajoitteena ovat muutamat kytkintyytit, joita ei voida linjata laserin avulla. Molempia linjaus menetelmiä siis tarvitaan jatkossakin. Tilanteissa, joissa laseria voidaan käyttää, on se suositeltavaa. Laser antaa etuja muun muassa 1) asennusnopeudessa 2) tarkkuudessa 3) työturvallisuudessa. Asennusnopeus tulee mm. siitä, että linjauksen pystyy tekemään yksi asentaja, kun taas mittakelloilla tarvitaan kaksi asentajaa. Tarkkuus paranee mm. siitä, että mittatulos luetaan aina samasta kohdasta, kun taas mittakelloilla luetaan tulos samaan aikaan kuin moottoria pyöritetään. Työturvallisuus paranennus tulee siitä, että ei tarvitse nousta alustan päälle. Työn aikana selvisi myös että on tullut langaton malli laserlaitteesta. Tämä helpottaisi työtä entisestään.

Virallistamalla ohjeet, mittapöytäkirjaa päivittämällä ja QDMS päivityksellä saadaan luokituslaitokselta hyväksyntä laserlinjaukseen. Tämän ansiosta laserlinjausta voidaan jatkossa käyttää kaikissa moottoreissa, joissa se on mahdollista. Mittapöytäkirjaan lisättiin yksityiskohtaisempi taulukko mihin voi merkata laserlinjauksen tulokset. Tämä helpottaa myös tulosten kirjaamista QDMS:sään.

Uudelleen linjaus laserilla on myös helpommin toteutettavissa kun taas mittakelloilla, koska inhimillisten virheiden määrä laskee. Mittakellot pitäisi laittaa samaan kohtaan missä ne ovat olleet ensimmäisen linjauksen aikana. Kun taas laserlaitteelle kerrotaan lähettimien etäisyys, jonka ansiosta saadaan sama tulos kaksi kertaa, vaikka lähettimet olisivat olleet irti välillä.

## LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä yritysesittely <http://www.wartsila.com/fi/about/company-management/history> Viitattu 28.11.2014
- /2/ Wärtsilä lyhyesti. Wärtsilä intranet. Viitattu 28.11.2014
- /3/ Mittakello kuva <http://webshop.industriacenter.fi/product/638/mittakello-2046-sb-mitutoy> Viitattu 1.12.2014
- /4/ Wärtsilä sisäinen kuvapankki. Wärtsilä intranet. Viitattu 4.12.2014
- /5/ Fixturlaser shaft 200 käsikirja. Viitattu 4.12.2014
- /6/ Yritysesittely [http://compass.wartsila.com/local-sites/finland/Finnish/Wartsila\\_Suomessa/Documents/2014%20Welcome%20to%20W%C3%A4rtsil%C3%A4%20in%20Finland\\_SU.pptx](http://compass.wartsila.com/local-sites/finland/Finnish/Wartsila_Suomessa/Documents/2014%20Welcome%20to%20W%C3%A4rtsil%C3%A4%20in%20Finland_SU.pptx) Viitattu 17.12.2014

Linjausohje laserilla.

Ei julkaista salaisen materiaalin vuoksi.