

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka  
Automaatiotekniikka  
Max Sunnarborg

Opinnäytetyö

Langaton mittausjärjestelmä Naantalin öljynjalostamolla

Työn ohjaaja  
Työn tilaaja  
Tampere 03/2010

Diplomi-insinööri Mikko Numminen  
Neste Oil Oyj, ohjaajana insinööri Pauli Kaunisto

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkötekniikka, Automaatiotekniikka

Tekijä	Max Sunnarborg
Työn nimi	Langaton mittausjärjestelmä Naantalın öljynjalostamolla
Sivumäärä	48
Työn valmistumis- kuukausi ja vuosi	Maaliskuu / 2010
Työn ohjaaja	Diplomi-insinööri Mikko Numminen
Työn tilaaja	Neste Oil Oyj, Insinööri Pauli Kaunisto

## Tiivistelmä

Työssä kerrotaan Neste Oil Oyj:n Naantalın jalostamolle asennetusta langattomasta mittausjärjestelmästä. Siinä keskitytään laitteiden asennukseen, käyttöön ja käyttöönottoon. Lopuksi kerrotaan, miten raakaöljysäiliöiden turvallisuutta voisi parantaa.

Työn tarkoituksena on toimia ohjeena uusille työntekijöille sekä auttaa raakaöljysäiliöiden turvallisuutta parantavissa kysymyksissä. Työ tehtiin, jotta Neste Oil Oyj saisi itselleen tärkeää tietoa langattomasta mittausjärjestelmästä.

Työn tekemisessä on käytetty alan kirjallisuutta sekä verkkomateriaaleja. Kirjoittajalle ehti kertyä käyttökokemuksia vajaa puoli vuotta, joten niitäkin on hyödynnetty tässä teoksessa.

Työssä langaton mittausjärjestelmä todetaan luotettavaksi mittaukseksi kohteissa, joiden mittaus tieto on hyödyllinen mutta ei välttämätön.

## Tampere University of Applied Sciences

Writer	Max Sunnarborg	
Thesis	Wireless measurement system at Naantali oil refinery	
Pages	48	
Month and Year of Completion	March / 2010	
Thesis Supervisor	Master of Science in Technology Mikko Numminen	
Co-operating Company	Neste Oil Oyj, Engineer Pauli Kaunisto	

---

### **Abstract**

The diploma work deals with the wireless measurement system that was installed in Neste Oil Corporation's refinery in Naantali. It focuses on the installation, operation and implementation. In the end it discusses how crude oil tanks safety could be improved.

The purpose is to act as a guide for new employees and to facilitate the crude oil tank safety issues. The work was done, in order to Neste Oil Corporation should get itself important information for the wireless measurement system.

Literature and online materials have been used to complete this work. Author had time to accumulate experience in the use of under-a-half years, so also that has been used in this work.

In this work wireless measurement system is deemed reliable measurements in places, which the measurement data is useful but not essential.

---

Keywords

wireless data transmission, wireless technique, HART, level measurement

## Sisällysluettelo

1.	Johdanto.....	7
1.1	Tausta.....	7
1.2	Sisältö ja tavoitteet.....	7
1.3	Neste Oil Oyj.....	8
2.	Langattoman tiedonsiirron teknologiat.....	9
2.1	Langattoman tiedonsiirron periaate.....	9
2.2	HART.....	10
2.3	IEEE 802, pakettipohjaisten lähiverkkojen standardit.....	12
2.4	Langaton HART.....	13
2.4.1	Verkkoarkkitehtuuri.....	14
2.4.2	Langattoman HARTin protokolla.....	15
2.4.3	Turvallisuus.....	16
2.5	Verkkotopologiat.....	16
2.6	Langattoman HARTin edut ja haitat.....	19
3.	Tupavuoren kuumaöljyjärjestelmä.....	21
3.1	Prosessikuvaus.....	21
3.2	Kattilahuoneen Oilon-säätöyksikkö.....	21
3.3	Kattilahuoneeseen asennetut uudet mittalaitteet.....	22
4.	Asennus.....	23
4.1	Langattomaan mittausjärjestelmään liittyvät laitteet.....	23
4.1.1	Kuumaöljyn tuubivirtaukset ja kuumaöljypumppujen imupaine.....	23
4.1.2	Paisuntasäiliön paine ja kuumaöljyn ulostulolämpötila.....	24
4.2	Gateway-yksikkö oheislaitteineen.....	25
5.	Langattoman mittausjärjestelmän käyttöönotto ja käyttö.....	27
5.1	Lähettimien käyttöönotto.....	27
5.2	Gateway-yksikön käyttöönotto.....	27
5.2.1	Gateway-yksikön liittäminen automaatiojärjestelmään.....	28
5.2.2	Gateway-yksikön kunnossapidon kannalta tärkeät ominaisuudet.....	29
6.	Langattoman mittausjärjestelmän käyttökokemukset ja huolto.....	32
6.1	Käyttökokemukset Naantalın öljynjalostamolla.....	32
6.2	Mittausjärjestelmän huolto.....	32
7.	Tupavuoren raakaöljysäiliöiden turvallisuuden parantaminen.....	33

7.1	Kelluvakattoisten säiliöiden rakenne .....	33
7.2	Mahdolliset säiliöönnettomuudet .....	34
7.3	Kelluvan katon korkeuden mittaamisen haasteet .....	35
7.4	Eri mittausvaihtoehdot .....	35
7.4.1	Kelluvan katon korkeuden mittaaminen mikroaaltotutkalla.....	36
7.4.2	Katon korkeuden mittaaminen servopintamittarilla .....	36
7.4.3	Kelluvan katon ja säiliön nesteen pinnan suhteen mittaaminen paine- eron tai johdetutkan avulla .....	37
8.	Yhteenveto.....	39
	Lähteet.....	41
	Liitteet .....	43
	Liite 1: Rosemount 5400 -sarjan mikroaaltotutka .....	43
	Liite 2: Enraf 854 ATG -servopintamittari (1/2) .....	44
	Liite 3: SmartWireless THUM -adapteri .....	46
	Liite 4: Rosemount 3051S paine-eromittari .....	47
	Liite 5: Rosemount 5300 -sarjan johdetutka.....	48

## Lyhenteiden selitykset

ISM	ISM-taajuusalue (Industrial, Scientific and Medical)
O-QPSK	Quadrature Phase Shift Keying, nelivaiheinen vaiheavainnus
HART	Highway Addressable Remote Transducer, kenttäväylä-protokolla
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
NIST	National Institute of Standards and Technology, Yhdysvaltalainen kauppaministeriön alainen virasto, jonka tehtävänä on kehittää ja edistää mittaustekniikoita, standardeja ja tekniikkaa.
NaN	Not a number, epäluke

# **1. Johdanto**

## **1.1 Tausta**

Neste Oil Oyj:n Naantalin jalostamon Tupavuoren säiliöalueella on käytössä 1,5 MW:n uuni, jolla lämmitetään alueella olevia bitumisäiliöitä. Uuni lämmittää kuumaöljyä, joka kiertää bitumisäiliöiden sisällä olevissa kierukoissa. Uunin vikatilanteissa ohjaamoon tuli yksi yleishälytys, josta ei selvinnyt, mikä on vikana. Langattomilla lähettimillä pyrittiin parantamaan uunin käytettävyyttä.

Neste Oilin työntekijä Tuomas Vitala osallistui Emersonin lukijakilpailuun, jossa oli mahdollisuutena voittaa langattomia lähettimiä. Hän ehdotti uutta mittausjärjestelmää, jolla uunin kunnosta saataisiin parempaa tietoa ja joka myös parantaisi turvallisuutta. Emerson piti Tuomas Vitalan ehdotusta toteuttamisen arvoisena, ja alkusyksystä 2009 Naantalin jalostamolle asennettiin langattomia lähettimiä.

Neste Oil Oyj:llä eikä muualla Suomessa ollut aiemmin käytössä langattomia lähettimiä, joten nyt asennettava tekniikka oli uutta Suomessa. Tilat, joihin lähettimet suunniteltiin, ovat räjähdysvaarallisia tiloja, eli Ex-tiloja, joten laitteilta vaadittiin erityisiä ominaisuuksia.

## **1.2 Sisältö ja tavoitteet**

Työ koostuu kolmesta eri osiosta. Siinä kerrotaan yleisesti langattomasta tiedonsiirrosta prosessiteollisuudessa, langattomien lähettimien asennuksesta ja käytöstä. Lopuksi tutkitaan, voiko Tupavuoren säiliöalueella olevien maanpäällisten raakaöljysäiliöiden turvallisuutta parantaa langattomilla lähettimillä.

Tavoitteena on tehdä hyödyllinen teos, josta olisi apua muun muassa uusien työntekijöiden perehdyttämisessä ja jonka perusteella voitaisiin tehdä päätös tulevien lähettimien hankinnasta. Opinnäytetyössä keskitytään kunnossapidon kannalta tärkeisiin asioihin, kuten langattomaan mittausjärjestelmään liittyvien osien asennukseen, käyttöön-ottoon ja käyttöön.

### 1.3 Neste Oil Oyj

Neste Oy:n historia alkaa vuodesta 1948, jolloin yhtiö perustettiin turvaamaan Suomen öljyhuolto. Samana vuonna Neste hankki ensimmäisen säiliöaluksensa Norjasta ja aloitti öljyn maahantuonnin. Seuraavat merkittävät tapahtumat olivat 1950-luvulla, kun Naantalın öljynjalostamo alettiin rakentaa. Naantalın jalostamo käynnistyi kesällä 1957.

1960-luvulla Neste päätti kaksinkertaistaa Naantalın jalostamon kapasiteetin ja sen lisäksi Suomeen rakennettiin toinen öljynjalostamo Porvooseen vastaamaan Suomen kasvavaa öljyntarvetta. Seuraavien vuosikymmenten aikana Nesteen öljynjalostuskapasiteetti erityisesti Porvoossa kasvoi. Neste nousi samalla Suomen suurimmaksi yritykseksi.

Helsingin pörssiin Neste listautui vuonna 1995, ja kolme vuotta myöhemmin se yhdistyi Imatran voiman kanssa muodostaen uuden yhtiön, Fortumin. Vuonna 2005 Fortumin öljytoimiala erkaantui omaksi yhtiöksi ja Neste Oil Oyj listautui Helsingin pörssiin.

Nykyään Neste Oil Oyj perustaa strategiansa kolmeen päätekijään:

- raaka-ainepohjan laajentamiseen
- jalostusosaamisen hyödyntämiseen
- korkealaatuisten puhtaampien liikennepolttoaineiden toimittamiseen.

Neste Oil Oyj:llä on toimintaa maailmanlaajuisesti noin kymmenessä maassa. Suomessa sen öljynjalostamot sijaitsevat Naantalissa ja Porvoossa. Jalostamojen sijainti on logistisesti erinomainen, koska Suomessa jalostettava raakaöljy tulee pääosin Venäjältä. Neste Oil Oyj on investoinut voimakkaasti uusiutuviin polttoaineisiin. Sillä on Suomessa biodieselin tuotantolaitos Porvoossa. Neste Oil rakentaa parhaillaan (2010) kahta biodieselin tuotantolaitosta maailmalla. Singaporen ja Rotterdamın NExBTL-dieseltehtaat valmistuvat vuosina 2010 ja 2011.

Neste Oil pyrkii strategiansa avulla pääsemään maailman johtavaksi uusiutuvien polttoaineiden valmistajaksi. Erikoistuminen ja uudet innovaatiot mahdollistavat maailmanlaajuisesti pienen öljy-yhtiön menestymisen kansainvälisessä kilpailussa. Tulevaisuudessa yhtiö pyrkii valmistamaan erilaisista edullisista raaka-aineista ainutlaatuisilla jalostusmenetelmillä puhtaita polttoaineita liikenteen käyttöön. (Neste Oil Oyj)



## 2. Langattoman tiedonsiirron teknologiat

### 2.1 Langattoman tiedonsiirron periaate

Langatonta teknologiaa käytetään päivittäin, kun kuuntelemme radiota, vaihdamme kanavaa televisiosta tai puhumme kännykässä. Langaton teknologia on kuitenkin prosessiteollisuudessa melko uusi keksintö, koska se ei ole ollut aiemmin kilpailukykyinen vaihtoehto verrattuna langalliseen versioon.

Öljy- ja kaasuteollisuus on käyttänyt ennen langatonta teknologiaa, kun on haluttu tarkkailla kaukaisia öljykenttiä tai putkilinjoja, mutta prosessiteollisuudessa niiden toimintavarmuus ei ole ollut riittävän hyvä, ja hinta on ollut liian korkea. Nykyään uudet innovaatiot ja tekniikan kehittyminen ovat kuitenkin mahdollistaneet langattomien laitteiden mielekkään käytön.

Jokaisessa kommunikointiarkkitehtuurissa on kolme peruskomponenttia:

- lähetin, joka on lähetettävän signaalin lähde
- viestinväline, joka kuljettaa signaalin
- vastaanotin, joka käsittelee vastaanotetun signaalin.

Normaalisti viestinväline on toteutettu kaapelilla, joka on yhdistänyt lähettimen ja vastaanottimen. Langattomassa sovelluksessa viestinvälineenä toimivat kaapelin sijasta radioaallot. Lähetin muuttaa viestin radioaalloiksi ja lähettää ne antennin avulla.

Vastaanotin puolestaan vastaanottaa radioaallot antennin avulla ja muuttaa viestin takaisin haluttuun muotoon. Erilaiset langattomat sovellukset käyttävät viestinvälineenä erilaisia tekniikoita, jotta saavutettaisiin mahdollisimman suuri hyöty.

Langattomat lähetystekniikat käyttävät erilaisia taajuuksia signaalin siirtämiseen.

Lyhyillä etäisyyksillä, kuten kaukosäätimissä, käytetään infrapuna-aaltoja. Niillä ei kuitenkaan voida lähettää signaalia pitkiä etäisyyksiä. Tämän takia yleisesti käytetään elektromagneettisen spektrin radioaaltoja. Langaton teknologia on nykyään yleistä ja monet radiotaajuudet ovat varattu. 2,4 GHz:n taajuusalue, jolla myös langaton HART toimii, on varattu teollisuuden, tieteen ja sairaanhuollon (ISM) käyttöön. Edellä mainituille aloille on varattu muitakin taajuuksia elektromagneettiselta spektriltä, mutta 2,4 GHz:n taajuusalue on maailmanlaajuisesti hyväksytty taajuus.

Koska samoilla taajuuksilla toimii monia langattomia laitteita, jotka kaikki lähettävät omaa signaalia, saattaa viestinnässä tapahtua interferenssiä. Sitä syntyy, kun kaksi aaltoa, joiden välinen vaihe-ero on vakio, yhdistyvät. Interferenssiä voidaan poistaa monella eri tavalla, esimerkiksi lisäämällä lähetysteho, mutta langattomissa laitteissa se lisää virran kulutusta, mikä puolestaan lyhentäisi akun käyttöikää. Langattomissa lähettimissä interferenssiä yritetäänkin poistaa vaihtamalla lähetystaajuutta ja muuttamalla lähetysreittiä. Lähettimet muodostavat itse verkkoja, ja ne yrittävät löytää jokaiselle viestille parhaan lähetysreitit.

Langaton tiedonsiirto ei ole täysin varmaa, joten se ei tule syrjäyttämään langallisia mittauksia lähitulevaisuudessa. Langattomia lähettimiä kannattaakin käyttää kohteissa, joiden mittaustieto ei ole välttämätöntä, mutta kuitenkin hyödyllistä, kuten Tupavuoren öljykattilassa. (Emerson, What is wireless)

## **2.2 HART**

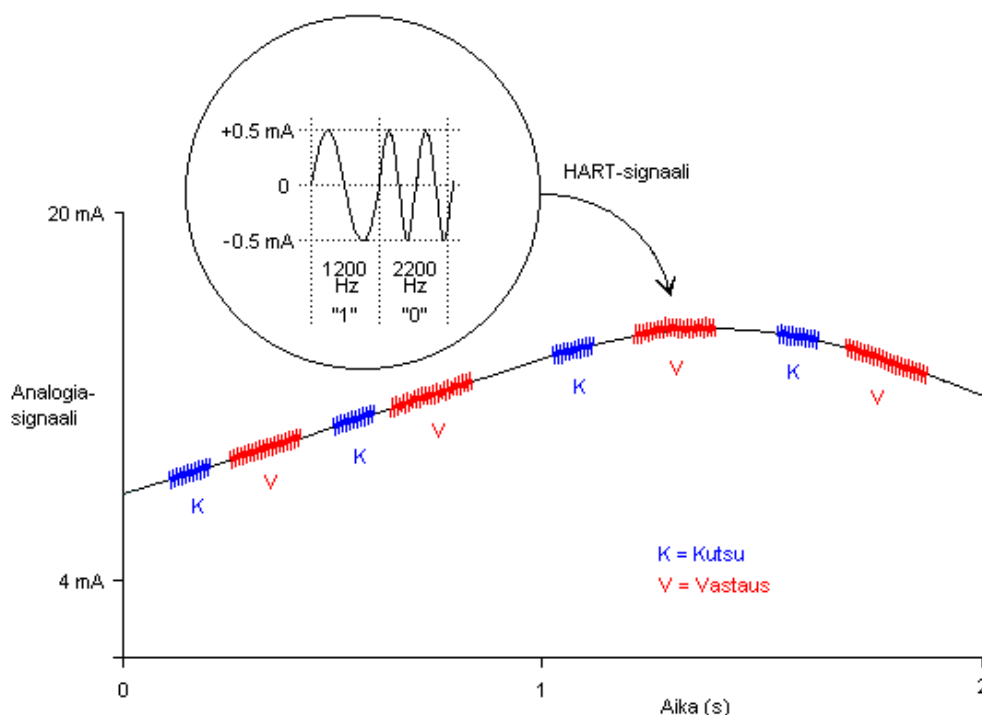
HART-protokolla ei ole ennen sisältänyt langatonta viestintää, mutta tekniikan kehittyessä ja teollisuuden tarpeiden kasvaessa se on otettu myös osaksi protokollaa. HART-protokolla kehitettiin 1980-luvun lopussa. Sen jälkeen siihen on tehty useita päivityksiä, kun tekniikka on kehittynyt ja vaatimustaso on noussut. Nykyään HART-protokollan kehityksestä vastaa HART Communication Foundation. Siihen kuuluu yli 200 alan yritystä. (HART Communication Foundation, HART Specifications)

Tällä hetkellä uusin tarkistettu protokolla on HART 7,2. Tarkistusnumeroinnissa ensimmäinen numero tarkoittaa laajaa tietojen tarkentumista ja jälkimmäinen numero tarkoittaa suppeaa tietojen tarkentumista. HART 7:n suurimpana uudistuksena oli langattoman tiedonsiirron mukaantulo HART-protokollaan. Uuden revision tulo ei kuitenkaan vaikuta aiempien versioiden käyttöön, vaan kaikki revisiot ovat keskenään yhteensopivia. HART-protokollan päivitys ja sen mukana tullut Wireless HART -standardi on mahdollistanut uudenlaisten kenttälaitteiden synnyn. (HART Communication Foundation, HART Specifications)

HART-standardit ovat kaikille avoimia. Niiden merkittävin ominaisuus on analogisen ja digitaalisen viestin yhteensovittaminen. Analoginen viestintä suoritetaan 4 – 20 mA:n virtaviestinä, jonka päälle lisätään digitaalinen viesti. Digitaalinen viesti on symmetristä, joten se ei vaikuta analogisen viestin arvoon. Muita merkittäviä ominaisuuksia

ovat HART-kommunikoinnin käyttämät topologiat. HART-yhteyden voi muodostaa tavallisella instrumentoinnissa käytetyllä parikaapelilla, joten perinteisen kenttälaitteen on voinut päivittää HART-yhteensopivaksi ilman, että kaapeleita on tarvinnut vaihtaa. (HART Communication Foundation, HART Specifications)

Analogisen ja digitaalisen viestin yhdistäminen mahdollistaa kaksisuuntaisen kommunikoinnin kenttälaitteiden kanssa. Kenttälaitteilta saadaan muutakin tietoa kuin pelkkä prosessiarvo. HARTin digitaalinen kommunikointi ei kuitenkaan ole kovin nopeaa, sillä HART-protokollan nopeus on 1200 bps. Digitaalisen viestin yhdistäminen analogiseen viestiin toteutetaan taajuusmoduloinnilla (Frequency Shift Keying, FSK), jossa bitti-arvoja 0 ja 1 edustavat taajuudet  $f_1=2200$  Hz ja  $f_2=1200$  Hz. Taajuuksien  $f_1$  ja  $f_2$  keskiarvo analogiseen kanta-aaltoon nähden on nolla, joten ne eivät vaikuta analogiaviestin arvoon. (HART Communication Foundation, HART Specifications)



**Kuva 1. HART-viestinnän perusidea**

([http://www.ac.tut.fi/aci/courses/7601000/pdf/Averkot\\_2\\_fieldbus\\_2p.pdf](http://www.ac.tut.fi/aci/courses/7601000/pdf/Averkot_2_fieldbus_2p.pdf))

HART-teknologia perustuu master/slave-protokollaan, joten kenttälaitteet (slave) viestivät ainoastaan silloin, kun master pollaa niitä. HART-protokollaa voidaan käyttää erilaisilla tavoilla, kuten point-to-point- tai multidrop- topologioilla. Yhteen

virtasilmukkaan voidaan kytkeä enintään 15 kenttälaitetta. Master ja slave kommunikoivat tavallisen instrumentointikaapelin välityksellä. Kaapelointi toteutetaan käyttäen normaaleja instrumentointistandardeja. (HART Communication Foundation, How HART Works)

HART-protokolla sallii kahden eri masterin käytön samassa verkossa. Ensisijainen master on usein teknisessä tilassa, ja sen kautta mittaustiedot menevät automaatiojärjestelmään. Toissijainen master on kannettava laite, joka voidaan kytkeä väliaikaisesti virtasilmukkaan. Toisen masterin lisääminen mittaukseen ei vaikuta ensisijaisen masterin ja slaven kommunikointiin. (HART Communication Foundation, How HART Works)

### **2.3 IEEE 802, pakettipohjaisten lähiverkkojen standardit**

IEEE on monikansallinen tekniikan alan järjestö, jonka yhtenä tehtävänä on standardien määrittely. IEEE 802. -alkuiset standardit käsittelevät lähiverkkoja. Esimerkiksi kotitalouksien ja prosessiteollisuuden langattomat lähiverkot pohjautuvat näihin standardeihin. Useille IEEE:n suosituille standardeille on keksitty oma nimi. IEEE 802.11 -standardi tunnetaan myös langattomana ethernetinä sekä Wi-Fi:nä. IEEE 802.15.4 -standardiin pohjautuvia langattomia viestintäteknologioita ovat muun muassa ZigBee ja WirelessHART.

Wi-Fi on käytetyin langattoman tiedonsiirron protokolla maailmassa ja sitä kehitetään jatkuvasti vaatimusten kasvaessa. Prosessiteollisuuden langattomien lähettimien tiedonsiirto perustuu samoihin IEEE:n standardeihin kuin esimerkiksi kotitalouksien langattomat verkot. IEEE 802.11- ja IEEE 802.15 -standardit käsittelevät langatonta tiedonsiirtoa ja ne luokitellaan lähinnä nopeuden mukaan. IEEE-standardit käsittävät OSI-kerrosarkkitehtuurin kaksi ensimmäistä kerrosta, eli fyysisen- ja siirtoyhteyskerroksen. OSI-kerrosarkkitehtuurin viitemalli luo perustan sille, miten eri laitteet liitetään toisiinsa hajautetuissa tietojärjestelmissä. Taulukossa 1 on yleisten langattomien verkkojen ominaisuuksia. (Emerson, Wi-Fi networks)

**Taulukko 1. Langattomien verkkojen ominaisuuksia. (Vaara-Sjöblom Elina, Verkonmuodostus- ja hallinta IEEE 802.15.4-standardiin perustuvassa sensoriverkossa)**

	802.11b (WLAN)	802.15.1 (Bluetooth™)	802.15.4 (L-R WPAN)
Toimintasäde	~100 m	10 - 100 m	~10 m
Tiedonsiirtokapasiteetti	~2 - 11 Mb/s	1 Mb/s	≤ 0,25 Mb/s
Virran kulutus	keskiverto	matala	erittäin matala
Koko	laaja	suppea	suppein
Hinta / monimutkaisuus	korkea	keskiverto	erittäin matala

OSI-kerrosarkkitehtuuri koostuu seitsemästä eri kerroksesta. Alimpana on fyysinen kerros, joka määrittelee siirtoyhteyden mekaaniset, fyysiset ja toiminnalliset ominaisuudet, ja sen tehtävänä on konvertoida bittejä radiotien signaaleiksi. Seuraavana on siirtoyhteyserros, jonka tehtävänä on ylläpitää kahden pisteen välistä yhteyttä, havaita fyysisellä kerroksella tapahtuneet siirtovirheet, toipua niistä ja huolehtia siitä, että fyysiselle kerrokselle ei tarjota enempää dataa kuin vastaanottaja tai siirtotie pystyy vastaanottamaan. OSI-kerrosarkkitehtuurin viisi muuta kerrosta järjestyksestä alimmasta ylimpään ovat verkkokerros, kuljetuserros, istunterros, esitystapakerros ja sovelluserros. (Granlund 2007 s. 6. Emerson, Wireless Security)

Wi-Fi laitteet toimivat 2,4 GHz:n ja 5 GHz:n taajuusalueilla, jotka molemmat ovat vapaita taajuuksia, toisin kuin esimerkiksi television tai radion käyttämät kansalliset taajuudet. Koska Wi-Fi-taajuuksilla on monia käyttäjiä, valmistajien pitää noudattaa annettuja standardeja laitteiden yhteentoimivuuden takaamiseksi. Laitevalmistajien pitää ottaa huomioon myös laitteiden lähetysteho, jota koskevat säädökset vaihtelevat maittain. (Wi-Fi Alliance)

## 2.4 Langaton HART

Prosessiteollisuudessa langattomilta lähettimiltä vaaditaan pientä virrankulutusta, edullisuutta ja suhteellisen hidasta tiedonsiirtonopeutta. Langattoman HARTin fyysinen kerros pohjautuu IEEE 802.15.4-2006 -standardille, jonka HART-protokollaa käyttävät yritykset ovat yleisesti hyväksyneet. (HART Communication Foundation, Technical Data Sheet)

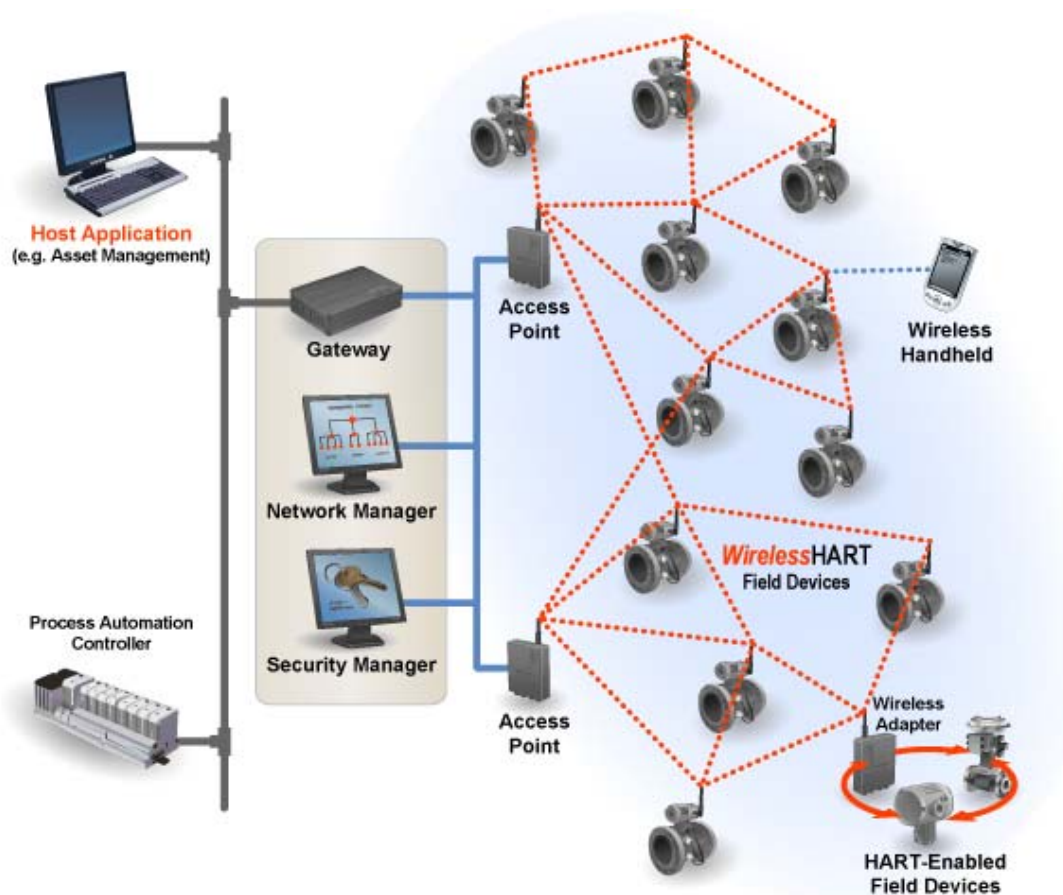
Langattomasta HART-arkkitehtuurista on pyritty tekemään mahdollisimman luotettava ja yhteentoimiva langaton verkko. Eri laitevalmistajien laitteiden pitää toimia yhteen ilman, että prosessi häiriintyisi. Langaton HART toimii myös muiden HART-laitteiden kanssa. Siinä käytetäänkin samanlaista laitenimeämistä ja käskyrakennetta kuin langallisissa HART-laitteissa.

#### **2.4.1 Verkkoarkkitehtuuri**

Langaton HART-arkkitehtuuri sisältää kolme peruselementtiä. Langattomassa verkossa tarvittavat kolme peruselementtiä ovat seuraavat:

- langattomat HART-kenttälaitteet, jotka ovat yhdistetty prosessiin tai tehtaan laitteisiin
- langaton HART-gateway-yksikkö, joka mahdollistaa kommunikoinnin automaatiojärjestelmän ja langattomien kenttälaitteiden välillä
- langattoman HART-verkon hallintaohjelma, joka on vastuussa verkon konfiguroinnista, eri laitteiden kommunikoinnin vuoronvarauksesta, reittitietojen hallinnasta ja verkon tilan raportoinnista.

Lisäksi langaton HART-arkkitehtuuri tukee langattomia HART-adaptoreita ja kannettavia HART-kenttälaitteita. HART-adaptoreiden avulla jo olemassa olevat HART-kenttälaitteet voidaan integroida langattomaan verkkoon. Kannettavilla HART-laitteilla voidaan ottaa suoraan yhteys kenttälaitteisiin. Edellä mainitut laitteet muodostavat keskenään langattoman verkon, kuten kuvassa 2 on esitetty. (Emerson, Wi-Fi networks)



Kuva 2. Langaton HART-verkko

[http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless\\_how\\_it\\_works.html](http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless_how_it_works.html)

#### 2.4.2 Langattoman HARTin protokolla

Langattoman HARTin protokolla, eli yhteyskäytäntö, pohjautuu IEEE STD 802.15.4-2006 -standardiin. Siinä on määritelty OSI-mallin kaksi ensimmäistä kerrosta. Fyysinen kerros määrittää protokollan fyysiset ominaisuudet. Langaton HART on fyysisiltä ominaisuuksiltaan melko hidas, mutta siitä onkin pyritty tekemään toimintavarma ja vähän virtaa kuluttava. Tiedonsiirtonopeus on 250 kBPS ja toimintataajuus on 2400 - 2483.5 MHz. Laitteiden nimellinen lähetysteho on 10 dBm (10 mW). (HART Communication Foundation, Technical Data Sheet)

Fyysinen kerros määrittää, miten bittivirta siirretään verkossa. OSI-mallin siirtoyhteyserkerros määrittää, miten bittijonot pakataan ja puretaan lähettävässä sekä vastaanottavassa laitteessa. Siirtoyhteyserkerros käsittää myös fyysisessä kerroksessa tapahtuneet virheet. Se on suunniteltu palvelemaan prosessiteollisuutta ja siinä on kiinnitetty

huomiota toimintavarmuuteen sekä viestien paikkansa pitävyyteen. Jokainen viesti sisältää aikaleiman, jonka avulla selviää, miten paljon viivettä viestissä on todelliseen prosessiarvoon verrattuna. Laitteiden tunnistamisessa käytetään samoja yksilöllisiä HART ID:itä kuin langallisissakin laitteissa. Tämän ansiosta myös langallisia HART-kenttälaitteita voidaan liittää langattomaan HART-verkkoon langattoman adapterin avulla. (HART Communication Foundation, Technical Data Sheet)

### 2.4.3 Turvallisuus

Turvallisessa kommunikoinnissa pyritään välittämään haluttu viesti lähettäjältä vastaanottajalle siten, ettei kolmas osapuoli pääse sekaantumaan viestin välitykseen. Turvallisessa kommunikoinnissa varmistetaan:

- lähettäjä ja vastaanottaja oikeiksi
- viestin sisältö samaksi, mitä se oli lähetettäessä
- viestin salaus siten, ettei ulkopuolinen pysty tulkitsemaan viestin sisältöä.

Viesti voidaan halutessa salata vaihtuvalla salausavaimella tai vaihtoehtoisesti salausavaimen voi vaihtaa vain käyttäjän niin halutessa.

Emersonin Smart Wireless sovelluksen salauksessa hyödynnetään 128-bittistä salausta. Laitteiden tunnistamiseksi gateway ylläpitää listaa laitteista, joiden kanssa se saa kommunikoida. Yksittäiset kenttälaitteet hyväksyvät viestejä ainoastaan laitteilta, jotka gateway on aiemmin hyväksynyt. Jokaiselle kenttälaitteelle tarvitsee myös asennusvaiheessa syöttää verkon ID sekä 32 numeroinen koodi, tämän jälkeen gateway tunnistaa laitteen automaattisesti. (HART Communication Foundation, WirelessHART Data Sheet. Emerson, Wireless Security)

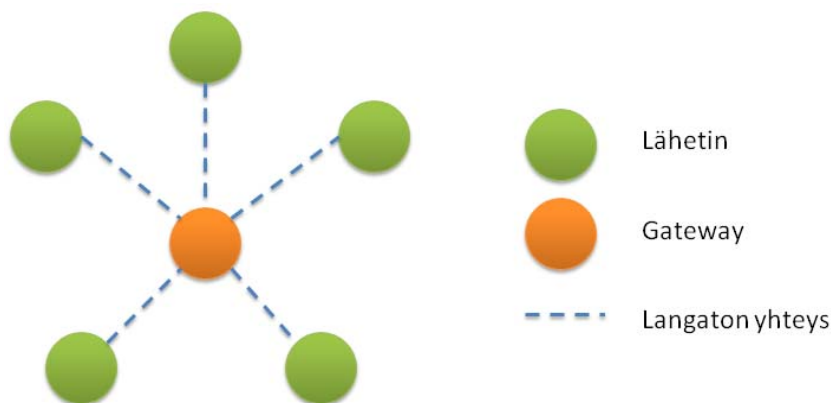
## 2.5 Verkkotopologiat

Langattomien verkkojen rakenne muodostuu sen perusteella, miten laitteet on järjestetty. Lähettimien, reitittimien ja gateway-yksiköiden fyysinen sijoittelu ja reitit, joita pitkin data kulkee, määrittelevät verkon rakenteen. Verkkorakenteita voi olla useita erilaisia, mutta yleisimmät topologiat ovat tähti (*star*), reikäkuvio (*mesh*) ja kasaantuva (*cluster-tree*). Seuraavaksi tutustutaan yleisimpiin verkkorakenteisiin sekä itsejärjestäytyviin verkkoihin. (Emerson, Topologies)



### Tähtitopologia

Tähtitopologia on point-to-point- arkkitehtuuri, jossa yksittäiset laitteet kommunikoivat suoraan reitittimen tai gatewayn kanssa. Gateway on langattoman mittausjärjestelmän yksikkö, johon lähettimien mittaustiedot kerätään ja joka lähettää mittaustiedot edelleen automaatiojärjestelmään.

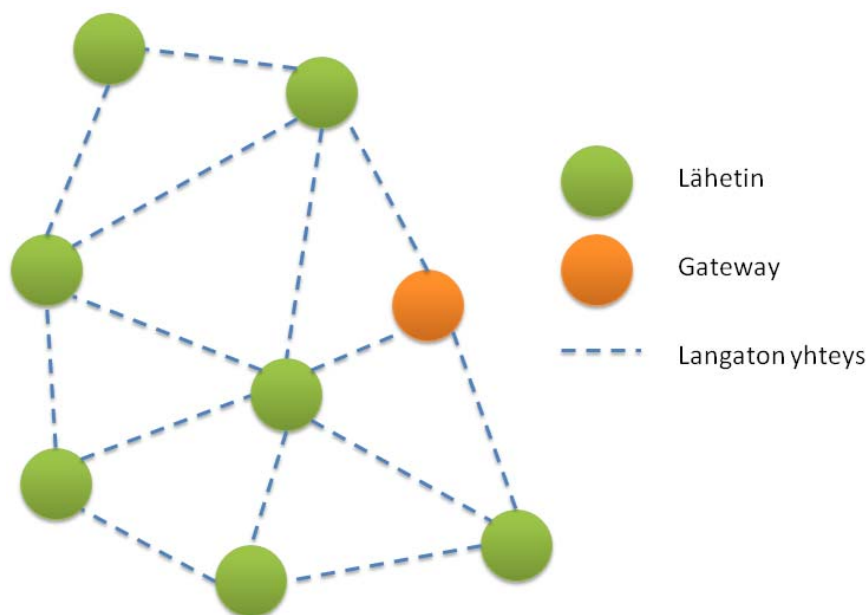


Kuva 3. Tähti verkkorakenne

Tähtiverkossa kaikki laitteet ovat suoraan yhteydessä keskusyksikköön, joten ne kuluttavat melko vähän virtaa. Koska kentälaitteiden ei tarvitse lähettää muiden laitteiden tietoja, niiden virrankulutus on vähäistä ja akun kestoikä pitenee. Jos laitteen ja gatewayn väliin tulee jokin este, voi olla, ettei data pääse perille tai se vääristyy. Tehtaissa tällaisia esteitä voivat olla esimerkiksi raskaat ajoneuvot tai väliaikaiset rakennelmat. (Emerson, Topologies)

### Reikäkuviotopologia

Toisin kuin tähtiverkossa, jossa jokainen laite kommunikoi suoraan gatewayn kanssa, reikäkuviossa laitteet voivat myös keskustella keskenään. Viesti voi ”hypätä” laitteelta laitteelle, kunnes se saavuttaa halutun gatewayn. Tätä toimintoa kutsutaan *multi-hoppingiksi*. (Emerson, Topologies)



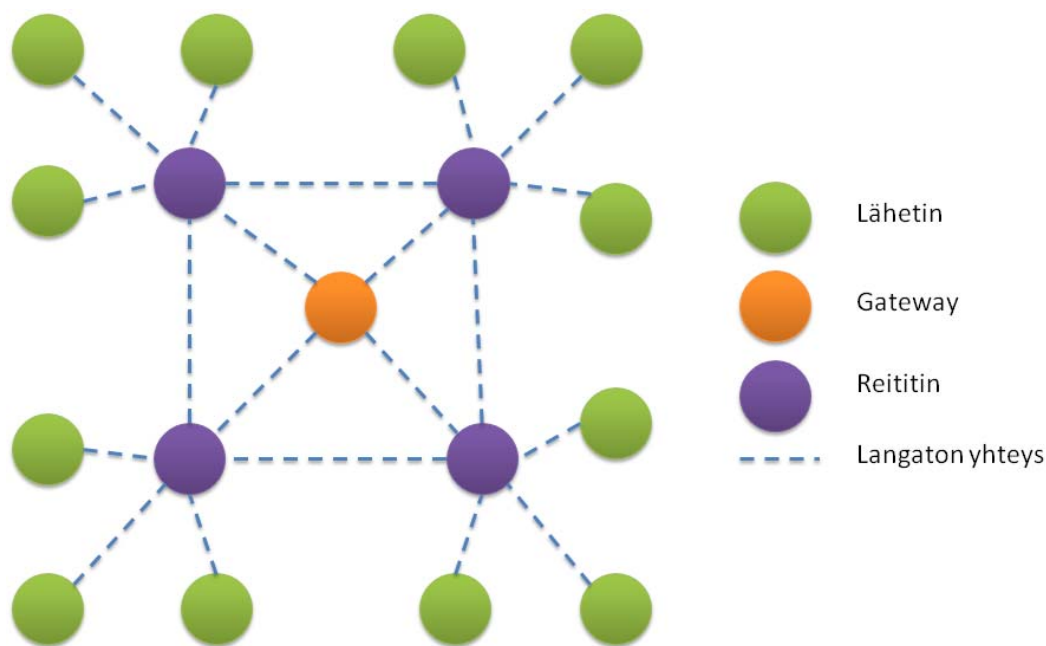
**Kuva 4. Reikäkuvioverkko rakenne**

Reikäkuviotopologiassa on sekä haittoja että hyötyjä verrattuna tähtirakenteeseen. Verkkoon on helppo lisätä uusia laitteita ilman, että tarvitsisi lisätä uutta gateway-yksikköä. Uuden laitteen tarvitsee vain olla valmiin verkon kantaman sisällä. Reikäkuviotopologiassa on myös korkeampi virheensietokyky. Jokaisella lähettimellä on monta eri reittiä, jota pitkin viesti voi kulkea. Jos yksi reitti on piilossa, viesti voi silti kulkea jostain muuta reittiä pitkin. (Emerson, Topologies)

Usean laitteen käyttäminen tiedonsiirrossa aiheuttaa kuitenkin korkeamman virrankulutuksen. Laitteiden tarvitsee jatkuvasti kuunnella, haluaako joku muu lähettää tietoa niiden kautta. Laitteet ovat koko ajan aktiivisina, joten akku kuluu nopeasti. Useamman laitteen käyttö kommunikoinnissa aiheuttaa myös viivettä, koska data joutuu kulkemaan pidemmän matkan kuin point-to-point-versiossa. (Emerson, Topologies)

### **Kasaantuva topologia**

Kasaantuva topologia on tähti- ja reikäkuviotopologian sekoitus. Langattomat laitteet, jotka ovat tähtimuodostelmassa, kasaantuvat reitittimien tai toistimien kautta gatewayhyn muodostaen reikäverkon. Tämä malli yrittää hyödyntää kummankin mallin etuja, potentiaalisen pienemmän virrankulutuksen, ja suuremman virheensietokyvyn. Kuitenkin tähtiverkon haavoittuvuus säilyy. (Emerson, Topologies)



Kuva 5. Kasaantuva verkkorakenne

### Itsejärjestäytyvät verkot

Koska prosessiympäristö on dynaaminen, jokin tietty topologia ei ole aina paras vaihtoehto, mutta itsejärjestäytyvissä verkoissa on sisäänrakennettua älyä ja joustavuutta. Ne käyttävät automaattisesti tähteä, reikäkuviota, kasaantuvaa tai kaikkia kolmea, jos on tarpeen, jotta saataisiin suurin mahdollinen hyöty. Itsejärjestäytyvissä verkoissa jokaisella laitteella on mahdollisuus toimia lähettimenä toiselle laitteelle, mutta jatkuvan laitekeskustelun sijaan laitteet ja gateway toimivat yhteen löytääkseen kulloinkin parhaan vaihtoehdon jokaiselle viestille. (Emerson, Topologies)

## 2.6 Langattoman HARTin edut ja haitat

### Edut

Langattoman verkon käyttöön on monia perusteluita. Langatonta teknologiaa on käytetty ja tullaan käyttämään paikoissa, joihin ei olisi mahdollista tai järkevää asentaa kaapeleita.

Langattoman verkon hankintaa voi perustella kustannuksilla. Kun ei tarvitse asentaa kaapeleita, säästävät sekä kaapeleista että sen asennuksesta aiheutuvat kulut.

Langallisessa versiossa kulut voivat nousta entisestään, jos tarvitsee hankkia esimerkiksi uusia I/O-kortteja, säätimiä ja kaapelihyllyjä.

Langattomassa järjestelmässä myös operointikulut vähentyvät, kun mittauspisteet voidaan tarkastaa langattomasti. Tällöin operaattorin ei tarvitse mennä laitteen luo katsomaan, mikä on vialla tai vaihtamaan laitteen parametreja. Koska gateway-yksikön voi liittää tehtaan omaan verkkoon, operaattori voi ottaa yhteyden ensin gateway-yksikköön ja sen jälkeen tarkastaa ja säätää lähettimen.

Laitteiden ylläpito on myös edullista. Langattomat laitteet lähettävät paljon informaatiota, joka helpottaa kunnossapitäjien työtä. Laitteet voivat kertoa akun jännitteen lisäksi esimerkiksi mittauspisteen lämpötilan. Tämän tyyppiset tiedot helpottavat analysointia, kun selvitetään, mikä mittauksessa on vialla. Esimerkiksi akun jännitteen ja mittauspisteen lämpötilan voi tarkistaa menemättä itse paikalle. Tämä nopeuttaa kunnossapitäjien työtä, varsinkin jos tarkastettavia laitteita on useita.

Kaikki laitteet, jotka käyttävät wirelessHART-standardia, toimivat keskenään, joten langattoman verkon laajennus on helppoa. Langattomia laitteita tulee myös jatkuvasti lisää, mikä tuo jatkossa joustavuutta langattoman verkon suunnitteluun.

### **Haitat**

Langattomat lähettimet eivät ole 100 %:isen varmoja. Itsejärjestäytyvissä verkoissa viesti pääsee perille yli 99 %:n varmuudella. Tämä ei kuitenkaan riitä prosessiteollisuuden kriittisissä kohteissa, joten langattomia laitteita ei voi käyttää todella tärkeissä mittauksissa.

Mittauksien päivitystaajuuden pitää myös olla suhteellisen pitkä, jottei akku kuluisi liian nopeasti. Hitaasti päivittyvät mittaukset eivät sovellu nopeasti muuttuviin dynaamisiin systeemeihin.

Vaikka langattoman verkon laajennus on melko helppoa ja halpaa, saattaa ensimmäisen laitteen hankkiminen kuitenkin maksaa paljon, koska silloin pitää hankkia myös gateway ja muut langattomaan järjestelmään tarvittavat laitteet. Langattomiin laitteisiin sopivat vain erikoisakut, jotka ovat suhteellisen kalliita. (HART Communication Foundation WirelessHART Overview)

### **3. Tupavuoren kuumaöljyjärjestelmä**

#### **3.1 Prosessikuvaus**

Naantalin öljynjalostamon Tupavuoren säiliöalueella on neljä säiliötä, jotka tarvitsevat lämmityksen. Säiliöiden YFB-82 - YFB-85 lämmitys toteutetaan kuumaöljyllä.

Kuumaöljy lämmitetään ensin uunissa ja sen jälkeen se pumpataan säiliöiden sisällä oleviin kierukoihin. Kattilahuoneessa, jossa sijaitsevat sekä polttoöljyjärjestelmä että kuumaöljyjärjestelmä, on kaksi erillistä kiertoa. Polttoöljyjärjestelmä lämmittää kuumaöljyä ja kuumaöljyjärjestelmä lämmittää säiliöitä.

Tupavuoren säiliöalueen kattilahuoneessa oleva uuni YBA-82 on teholtaan 1500 kW. Sitä lämmitetään polttoöljyllä, jota pumpataan säiliöstä YFB-87. Polttoöljypumppujen YGA-98A ja YGA-98B jälkeen polttoöljy esilämmitetään säiliöiden lämmityksessä käytettävällä kuumaöljyllä. Lopuksi esilämmitetty polttoöljy poltetaan uunissa YBA-82 ja sen luovuttama lämpöenergia siirtyy kuumaöljyyn, jolla lämmitetään säiliöitä.

Kattilahuoneen toinen järjestelmä, kuumaöljyjärjestelmä, kiertää samassa uunissa, jossa polttoöljy poltetaan. Säiliöiltä palaava kuumaöljy pumpataan pumpuilla YGA-95 ja YGA-95s uuniin YBA-82. Kun kuumaöljy kulkee uunin läpi, se lämpenee noin 40 °C:ta. Lämmityksen jälkeen kuumaöljy siirtyy runkolinjaa pitkin säiliöille ja osa siirtyy polttoöljyn esilämmityksessä käytettävälle lämmönsiirtimelle. Runkolinjasta haarautuvat putket menevät säiliöiden sisällä oleviin kierukoihin. Kierukoissa kuumaöljy luovuttaa lämpöenergiaa. Jäähdytymisen jälkeen kuumaöljy siirretään takaisin kattilahuoneeseen, jossa se lämmitetään uudelleen.

Kuumaöljy laajenee lämmitessään, minkä vuoksi kattilahuoneen katolla on paisuntasäiliö YFA-84. Paisuntasäiliön tyhjä tila on täytetty typellä, joten kuumaöljy ei pääse kosketuksiin hapen kanssa.

#### **3.2 Kattilahuoneen Oilon-säätöyksikkö**

Uunin toimintaa valvoo Oilonin toimittama paikallinen säätöyksikkö, joka on uunin mukana tullut alkuperäinen säätöjärjestelmä. Se tarkkailee uunin toimintaa erilaisilla mittauksilla ja antaa niiden perusteella Neste Oil Oyj:n automaatiojärjestelmään yleishälytyksen.

Oilonin järjestelmä antaa uunin tilasta vikatilanteissa vain yleishälytyksen automaatiojärjestelmään, josta ei selviä, mikä käytännössä on vikana. Järjestelmä näyttää koodin kattilahuoneessa olevaan paikallinäyttöön. Operaattorin pitää mennä paikalle tulkitsemaan koodi, jotta vika saadaan selvitettyä. Järjestelmä ei varoita etukäteen, vaan vian ilmaantuessa automaatiojärjestelmään tulee yleishälytys.

Uunin tilaa oli aikaisemmin vaikea analysoida ja mahdollisista vikatilanteista ei tullut etukäteen minkäänlaista varoitusta. Uusilla langattomilla mittauksilla pyrittiin parantamaan uunin käytettävyyttä ja estämään turhia käyttökatkoksia.

### **3.3 Kattilahuoneeseen asennetut uudet mittalaitteet**

Uunin YBA-82 kunnosta ei saatu aiemmin muuta tietoa kuin vikatilanteissa tullut yleishälytys. Uusilla mittalaitteilla saadaan lisää tietoa lämmitysjärjestelmän tilasta. Uudet mittaustiedot parantavat lämmitysjärjestelmän käytettävyyttä ja näin vähentävät turhia käyttökatkoksia. Kaikki mittalaitteet ovat langattomia ja Rosemount-merkkisiä.

Lämmitysjärjestelmään asennettiin viisi uutta mittausta: kaksi paine-eromittausta, kaksi painemittausta ja yksi lämpötilamittaus. Uusilla mittauksilla pyritään selvittämään mahdollinen vuoto kierukoissa, putkien koksautuminen ja uunin toiminta. Putkien koksautuminen voidaan havaita kuumaöljyn tuubivirtauksien mittauksista. Uunin toimintaa voidaan tarkkailla seuraamalla kuumaöljyn ulostulolämpötilaa. Uunin toimintaa tarkkaillaan myös päivittäisillä operaattoreiden kierroksilla. Kattilahuoneessa olevaan vihkoon merkitään kuumaöljyn sisääntulo- ja ulostulolämpötilat.

Uudet langattomat lähettimet ilmoittavat prosessisuureen lisäksi anturin lämpötilan, lähettimen elektroniikan lämpötilan sekä tehomodulin jännitteen. Lähettimeltä saadaan siis neljä eri mittaustietoa.

## **4. Asennus**

### **4.1 Langattomaan mittausjärjestelmään liittyvät laitteet**

Langattomaan mittausjärjestelmään kuuluu viisi lähetintä, gateway ja siihen liittyvät laitteet. Lähettimillä mitataan paisuntasäiliön painetta, kuumaöljyn imupainetta, kuumaöljyn tuubivirtauksia ja kuumaöljyn ulostulolämpötilaa. Kolme lähetintä asennettiin kattilahuoneen sisälle ja kaksi sen katolle.

#### **4.1.1 Kuumaöljyn tuubivirtaukset ja kuumaöljypumppujen imupaine**

Tuubivirtauksien, eli säiliöille menevän kuumaöljyn paine-erojen, sekä kuumaöljypumppujen YGA-95 ja YGA-95s imupaine mitataan uunin välittömästä läheisyydestä, joten ne asennettiin kattilahuoneen sisälle. Kuvassa 6 näkyvät sisälle asennetut lähettimet. Vasemmalla oleva lähetin on kuumaöljyn imupaineen lähetin PT-9006. Kaksi muuta ovat tuubivirtauksien paine-erolähtimiä, kuten putkituksistakin voi päätellä. Paine-erolähtimien positiotunnukset ovat FT-9005 ja FT-9006. Paine-mittauksen ja paine-eromittauksien fyysinen asennus toteutettiin kuten tavallistenkin painemittauksien ja paine-eromittauksien asennus. Ainoana erona oli johtojen puuttuminen. Paine välittyy lähettimille tavallista instrumentointiputkea pitkin.

Tuubivirtauksien virtauslähettimet sekä kuumaöljypumppujen imupuolen painelähetin asennettiin kattilahuoneen sisälle. Kattilahuone teräskehikkoineen ja peltiseinineen muodostaa Faradayn häkin, joten se on haasteellinen ympäristö langattomaan tiedonsiirtoon. Kolmen sisällä olevan lähettimen kommunikointi onnistuu kuitenkin kattilahuoneen seinällä olevan puhallinsäleikön kautta.



Kuva 6. Imupaineen ja tuubivirtauksien paine-erojen lähettimet

#### 4.1.2 Paisuntasäiliön paine ja kuumaöljyn ulostulolämpötila

Paisuntasäiliö YFA-84 sijaitsee kattilahuoneen katolla, joten sen painemittauksen lähetin PT-9005 jäi ulos kattilahuoneen katolle. Kattilahuoneen katolta on suora näköyhteys tekniseen tilaan AB-143, jossa gateway-yksikkö ja sen antenni sijaitsevat. Kuumaöljyn ulostulolämpötilan lähetin TT-9418 asennettiin myös kattilahuoneen katolle, vaikka sen mittauspiste on uunin vieressä ulostuloputkessa. Lämpötilalähetin TT-9418 asennettiin aluksi ulos kattilahuoneen seinälle, joka oli tekniseen tilaan nähden kauimmaisina seinä. Lämpötilalähetin sai yhteyden gateway-yksikköön, vaikka kattilahuone oli lähettimen ja antennin välissä. Lämpötilalähetin päätettiin kuitenkin siirtää kattilahuoneen katolle, jotta signaali vahvistuisi.

Kuvassa 7 on paisuntasäiliön painelähetin PT-9005. Taustalla näkyy tekninen tila AB-143, jonka katolla on gateway-yksikön antenni.





**Kuva 7. Panielähetin PT-9005 ja tekninen tila, jonka katolla gateway-yksikön antenni**

## **4.2 Gateway-yksikkö oheislaitteineen**

Gateway-yksikkö asennettiin kuvassa 7 näkyvään tekniseen tilaan. Teknisen tilan sisäpuoli ei ole Ex-alueita, joten se ei ollut asennuspaikkana yhtä haastava kuin teknisen tilan ulkopuolinen alue. Tupavuoren säiliöalue on muuten Ex-alueita.

Gateway asennettiin teknisen tilan seinälle. Koska tekninen tila AB-143 on metalliseinäinen, asennettiin gateway-yksikköön erillinen antenni. Antenni asennettiin teknisen tilan katolle. Gateway-yksikön käyttöjännite on 24 VDC:tä ja sulakkeena on 500 mA:n lasiputkisulake.

Tupavuoren alueella on useita teknisiä tiloja, joiden välillä kulkee valokuiturengas. Gateway-yksikön asennuksessa hyödynnettiin valokuiturengasta ja gateway-yksikkö liitettiin valokuidun avulla metsoDNA-järjestelmään. Kuvassa 8 näkyy gateway-yksikkö asennettuna. Musta kaapeli on antennin johto, valkoinen kaapeli on virtajohto ja oranssi kaapeli on valokuitukaapeli.



**Kuva 8. Gateway-yksikkö asennettuna tekniseen tilaan AB-143**

## **5. Langattoman mittausjärjestelmän käyttöönotto ja käyttö**

### **5.1 Lähettimien käyttöönotto**

Käyttöönotto suoritettiin kahdessa osassa. Ensin otettiin käyttöön kentällä olevat lähettimet. Lähettimien käyttöönotossa piti ottaa huomioon, että lähettimet muodostivat samalla verkon, kun niitä otettiin käyttöön. Tämän takia ensimmäiseksi otettiin käyttöön gateway-yksikköä lähimpänä oleva lähetin. Kun kentällä olevat lähettimet oli otettu käyttöön, suoritettiin käyttöönoton toinen osa, eli langattoman mittausjärjestelmän kytkentä Naantalın öljynjalostamon automaatiojärjestelmään.

Lähetin otetaan käyttöön kytkemällä lähettimen akku eli tehomoduli kiinni lähettimeen. Ensimmäiseksi otettiin käyttöön kattilahuoneen katolla oleva painelähetin, koska se on lähimpänä teknistä tilaa ja siitä on suora näköyhteys gateway-yksikön antenniin. Kun tehomoduli oli kytketty, gateway-yksikkö havaitsi laitteen ja lisäsi sen laitelistaan.

Kun ensimmäinen lähetin oli saanut onnistuneesti yhteyden gateway-yksikköön, otettiin muut lähettimet käyttöön viuhkamaisesti aloittamalla gateway-yksikköä lähimpänä olevasta lähettimestä. Viuhkamainen lähettimien käyttöönotto mahdollisti sen, että lähettimet muodostivat mahdollisimman vahvan verkon. Kun lähettimiin kytkettiin tehomoduli, ne ottivat yhteyden gateway-yksikköön, mutta samalla ne ottivat yhteyden myös sitä lähellä oleviin muihin lähettimiin.

Jokaisella lähettimellä olisi hyvä olla yhteys kolmeen muuhun lähettimeen, jotta viestin perillemeno varmistuisi, vaikka lähettimen normaali viestireitti häiriintyisi. Ongelmatapauksissa lähetin lähettää oman viestin muiden lähettimien kautta.

### **5.2 Gateway-yksikön käyttöönotto**

Gateway-yksikön käyttöönotossa vaadittiin asetusten konfigurointia. Kuumaöljykattilalaitoksen langattomat lähettimet ottivat yhteyden teknisessä tilassa olevaan gateway-yksikköön, kun niihin liitettiin tehomoduli. Samalla myös lähettimet ilmestyivät laitelistaan, joka löytyy gateway-yksiköstä, jonka valikkoja pääsi selailemaan kannettavalla tietokoneella. Yhteys muodostettiin ristiinkytketyllä verkkokaapelilla ja Internet Explorer -selaimella.

Kannettavaan tietokoneeseen piti laittaa sama ip-osoite kuin gateway-palvelimelle, mutta siten muutettuna, että viimeisen numeron piti olla jokin muu kuin nolla. Internet-protokollana piti käyttää TCP/IP-protokollaa. Kun yhteysasetukset olivat valmiit, voitiin luoda yhteys gateway-palvelimeen Internet Explorer -selaimella.

Laitelistasta pystyy tarkistamaan lähettimiltä vastaanotetun signaalin vahvuuden, liittymisajan, yhteydet muihin lähettämiin, prosessiarvon ja paljon muuta. Se onkin kunnossapidon kannalta tärkeässä osassa. Gateway-palvelimelta saa kokonaisvaltaisen kuvan verkon toiminnasta.

Kuvassa 9 näkyy Naantalin öljynjalostamon langattoman mittausjärjestelmän lähettimet toiminnassa gateway-palvelimen laitelistassa. Gateway-yksikön positiotunnus on kuvassa 9 näkyvä hg1420.

Network Device Status											
HART Tag	Node state	Active neighbors	Neighbors	Service denied	Missed updates	Discarded updates	Reliability	Path stability	RSSI	Joins	Join Time
FT-9005	●	hg1420	2	●	65	1	100.0	100.0 %	-21 db	2	10/13/09 11:33:10
		PT-9006									10/13/09 11:45:15
FT-9006	●	TT-9418	2	●	86	0	100.0	100.0 %	-16 db	3	10/13/09 11:45:15
		PT-9006									
PT-9005	●	hg1420	3	●	0	0	100.0	98.2 %	-56 db	1	09/22/09 16:01:29
		TT-9418									
		PT-9006									
PT-9006	●	PT-9005	4	●	48	0	100.0	100.0 %	-16 db	2	10/13/09 11:25:19
		TT-9418									
		FT-9006									
		FT-9005									
TT-9418	●	hg1420	4	●	71	1	100.0	96.3 %	-58 db	4	10/22/09 14:50:44
		PT-9005									
		FT-9006									
		PT-9006									

Kuva 9. Laitelista gateway-palvelimelta palvelimelta

### 5.2.1 Gateway-yksikön liittäminen automaatiojärjestelmään

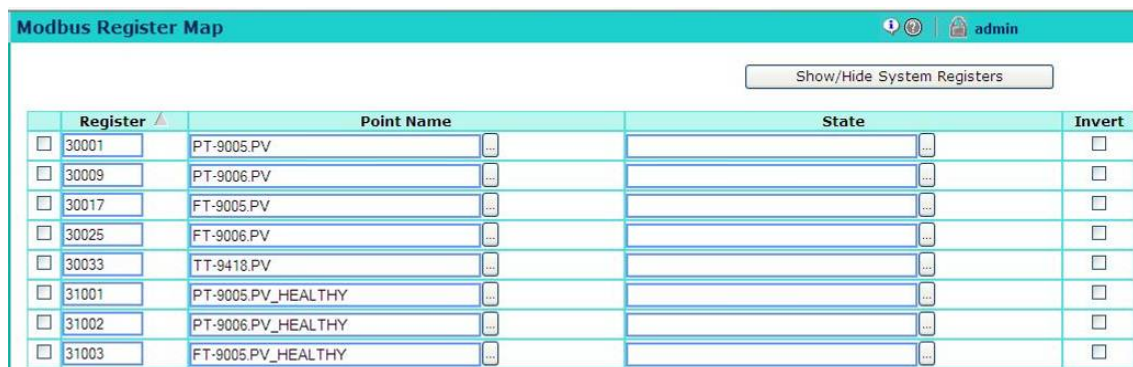
Gateway-yksikkö piti liittää öljynjalostamon metsoDNA-automaatiojärjestelmään, jotta mittaustiedot saatiin näkyviin operointinäytöille. Gateway-yksikölle piti syöttää oikea ip-osoite ja se piti konfiguroida vastaamaan metsoDNA:n asetuksia.

Gateway-yksikön ja automaatiojärjestelmän verkkokortin välinen kommunikointi toteutettiin valokuidulla, joka kiertää öljynjalostamon teknisten tilojen välillä.

Tiedonsiirrossa käytettiin Modbus TCP/IP-arkkitehtuuria, joka on avoin ja lisenssimaksuton yleisesti käytössä oleva sarjaliikenneprotokolla. Modbus on

sovellusprotokolla, joka määrittää, missä muodossa data lähetetään. TCP/IP -standardissa IP määrittää, mihin data lähetetään, ja TCP varmistaa, että data pääsee perille. (Granlund 2007, 6)

Langattoman lähettimen yksi mittaustieto on kooltaan 4 tavua ja jokaiselle lähettimelle on varattu tilaa automaatiojärjestelmästä 16 tavua, jotta jokaisen lähettimen neljälle eri mittaukselle riittää tilaa. Modbusissa yksi siirtorekisteri on kahden tavun kokoinen, joten gateway-yksiköllä varattiin jokaiselle laitteelle kahdeksan siirtorekisteriä. Gateway-yksikön Modbus Register Map on esitetty kuvassa 10. Siitä nähdään siirtorekistereiden osoitteet, jotka alkavat 30001:stä. Metson suunnittelutyökälulla, FbCADilla, määritellään, missä järjestyksessä Modbus-rekisterit luetaan. FbCADilla siis valitaan, mitä tavuja luetaan ja missä järjestyksessä. Näiden tietojen pohjalta voidaan suunnitella automaatiopiirit, operointinäytöt ja niihin liittyvät hälytykset.



Register	Point Name	State	Invert
<input type="checkbox"/> 30001	PT-9005.PV		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 30009	PT-9006.PV		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 30017	FT-9005.PV		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 30025	FT-9006.PV		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 30033	TT-9418.PV		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 31001	PT-9005.PV_HEALTHY		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 31002	PT-9006.PV_HEALTHY		<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 31003	FT-9005.PV_HEALTHY		<input type="checkbox"/>

Kuva 10. Modbus-rekisteri gateway-yksikkö palvelimelta

### 5.2.2 Gateway-yksikön kunnossapidon kannalta tärkeät ominaisuudet

Aiemmin kerrottiin, kuinka gateway-yksiköllä suoritetaan lähettimien käyttöönotto ja konfiguroidaan tiedonsiirtoliikenteet. Kunnossapidon kannalta gateway-yksiköllä on myös muita hyödyllisiä ominaisuuksia. Langattomien lähettimien tehomodulien jännite laskee ajan myötä ja niiden jännitetasoa pitää tarkkailla. Gateway-yksiköltä pystyy tarkistamaan jokaisen lähettimen mittausarvot. Prosessimittausarvon lisäksi lähettimiltä voi tarkastaa mittauspisteen lämpötilan ja tehomodulin varauksen. Kuvassa 11 näkyvät viiden lähettimen mittausarvot. Kuvakaappaus gateway-yksikön Explorer-välilehdeltä on otettu joulukuussa 2009, joten paisuntasäiliön painelähettimen (PT-9005) ja kuumaöljyn ulostulolämpötilalähettimen (TT-9418) sisäiset lämpötilat ovat noin  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

HART Tag	HART status	Last update	PV	SV	TV	QV	Burst rate
<a href="#">FT-9005</a>	●	12/22/09 14:17:41	43.882 kPa ●	20.067 DegC ●	21.250 DegC ●	7.174 V ●	32
<a href="#">FT-9006</a>	●	12/22/09 14:17:37	42.863 kPa ●	23.733 DegC ●	23.000 DegC ●	7.140 V ●	32
<a href="#">PT-9005</a>	●	12/22/09 14:17:20	34.237 kPa ●	-4.021 DegC ●	-4.250 DegC ●	7.151 V ●	32
<a href="#">PT-9006</a>	●	12/22/09 14:17:42	193.546 kPa ●	19.019 DegC ●	20.500 DegC ●	7.225 V ●	32
<a href="#">TT-9418</a>	●	12/22/09 14:17:16	188.716 DegC ●	NaN DegC ⚠	-4.750 DegC ●	7.193 V ●	32

**Kuva 11. Lähettimien mittausarvot**

Kuvassa 11 näkyy langattomien lähettimien tärkeimmät ominaisuudet kunnossapidon kannalta. Positiotunnuksen perässä näkyy lähettimen HART-tila, joka kertoo, onko yhteys lähtetimen ja gateway-yksikön välillä kunnossa. Last update kertoo, koska laitteen asetukset ovat viimeksi päivitettyt. Seuraavana taulukossa on PV, eli primary value, joka kertoo prosessisuureen mittausarvon. Ensisijaisessa mittausuudessa näkyy myös yksiköt, jotka voivat olla SI-järjestelmän yksiköitä tai imperiaalisia yksiköitä. Secondary value SV kertoo lähettimen anturin lämpötilan. Lämpötilalähtetimellä TT-9418 anturin lämpötila on sama kuin prosessisuureen mittausarvo, joten secondary value on NaN. Tetriatry value TV ilmoittaa lähettimen elektroniikan lämpötilan. Quaternary value QV ilmoittaa tehomodulin jännitteen ja viimeisenä on burst rate, joka ilmoittaa lähettimien päivitystiheyden sekunteina.

Tärkeistä mittauksista, kuten tehomodulien jännitetasoista, voidaan luoda trendinäyttöjä. Jos halutaan tutkia, miten mittausarvot muuttuvat ajan suhteen, kannattaa gateway-yksikköön luoda niistä oma trendinäyttö. Trendinäytön avulla esimerkiksi pakkasen vaikutus tehomodulien jännitetasoon saadaan selville. Joulukuussa 2009 käyttökokemukset olivat varsin positiivisia tämän asian suhteen. Kuvasta 12 voidaan havaita, ettei jännitetaso tehomoduleissa muutu kovinkaan paljon, vaikka lämpötila liikkuu pakkasen puolella. Kuvassa 12 y-akseli on jännite ja x-akseli on aika.



Kuva 12. Langattomien lähettimien tehomodulien jännitteiden trendinäyttö

## **6. Langattoman mittausjärjestelmän käyttökokemukset ja huolto**

### **6.1 Käyttökokemukset Naantalin öljynjalostamolla**

Langaton mittausjärjestelmä asennettiin Naantalin öljynjalostamolle alkusyksystä 2009. Laitteiden asennus ja käyttöönotto sujuivat ilman suurempia ongelmia. Asennuksessa oli mukana Emersonin edustajia, mikä varmasti auttoi asennuksen ja käyttöönoton sujuvuutta. Mahdollisten uusien langattomien laitteiden asennus ja käyttöönotto kuitenkin varmasti onnistuisi jatkossa Neste Oil Oyj:n omalla henkilöstöllä.

Helmikuuhun 2010 mennessä käyttökokemukset langattomasta mittausjärjestelmästä ovat olleet varsin hyviä. Mittausjärjestelmässä ei ole ollut mitään ongelmia, vaikka se on joutunut sään puolesta haastavaan testiin. Talvella 2010 lämpötila on käynyt alimmillaan alle -20 °C. Tähän mennessä kerättyjen käyttökokemusten perusteella voidaan sanoa, että Naantalin öljynjalostamolle asennettu langaton mittausjärjestelmä on luotettava.

### **6.2 Mittausjärjestelmän huolto**

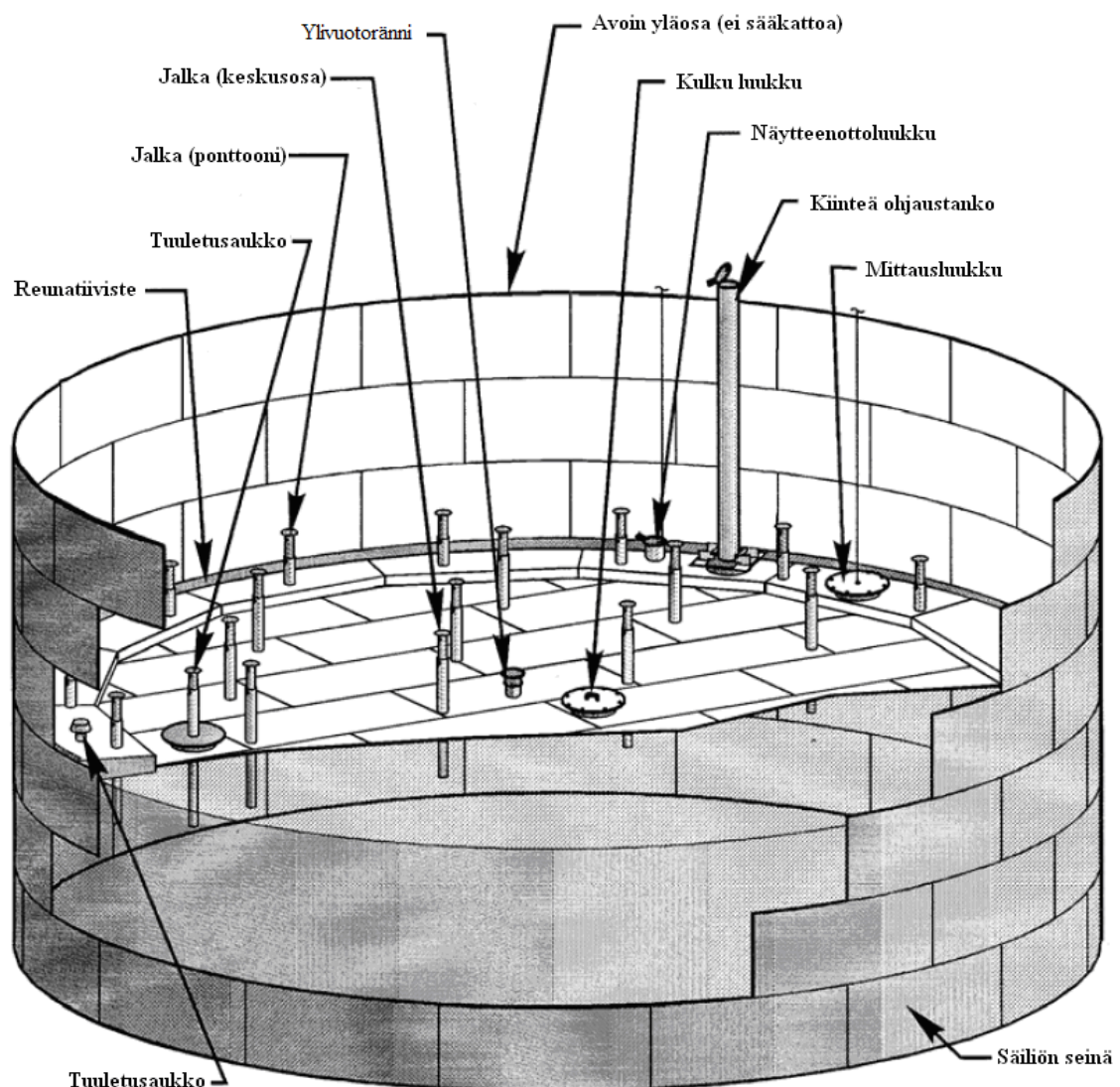
Tupavuoren kuumaöljyjärjestelmä koestetaan vuosittain ja sen yhteydessä tarkistetaan myös langaton mittausjärjestelmä. Koestuksessa tulee kiinnittää erityistä huomiota tehomodulien jännitetasoon. Kun tehomodulin jännitetaso on noin 6 VDC, tulee tehomodulin uusiminen ajankohtaiseksi. Lähettimet sammuvat, kun jännitetaso laskee alle 5,2 VDC:n. Mielestäni langaton mittausjärjestelmä ei vaadi muuta huoltoa. (Sähköpostikeskustelu Sunnarborg-Hakonen)



## 7. Tupavuoren raakaöljysäiliöiden turvallisuuden parantaminen

### 7.1 Kelluvakattoisten säiliöiden rakenne

Kelluvakattoiset, ilman sääkattoa olevat säiliöt ovat sylinterin muotoisia, ylhäältä avoimia teräksisiä säiliöitä. Katot kelluvat ponttoonien avulla säiliössä olevan nesteen päällä ja ne on valmistettu teräslevyistä. Katon ja säiliön reunan välissä on tiiviste, joka yhdistää katon ja säiliön reunan. Tiiviste on elastinen, jotta katto pääsisi liikkumaan vapaasti pinnan mukana. Tiivisteiden tarkoituksena on vähentää höyryntyvien kaasujen vapautumista nesteestä ilmakehään. Katossa on kiinni jalat, joiden päällä se lepää, kun säiliö on tyhjä. Tyypillisen, ilman sääkattoa olevan säiliön poikkileikkaus, jossa on ponttoonien avulla kelluva katto, on esitetty kuvassa 13. (EPA)



Kuva 13. Tyypillinen ilman sääkattoa oleva säiliö, jossa on ponttoonien avulla kelluva katto (EPA)

Naantalin Tupavuoren säiliöalueella on kolme kuvan 13 kaltaista säiliötä, joissa säilytetään raakaöljyä. Säiliöiden positiotunnukset ovat NFB-29 - NFB-31 ja ne on rakennettu 60-luvulla. Säiliöt ovat noin 14 metriä korkeita ja niiden halkaisija on 52 metriä.

Säiliöissä on pintamittaukset, jotka mittaavat raakaöljyn pintaa, mutta katoille ei ole omaa pintamittausta. Jos katto jää jumiin tai se alkaa vajota, siitä ei tule minkäänlaista hälytystä jalostamon automaatiojärjestelmään. Nyt halutaan parantaa säiliöiden käytön turvallisuutta lisäämällä kelluvalle katolle oma mittaus, joka kertoisi, onko kelluva katto jäänyt jumiin ja onko katon päälle kertynyt liikaa painoa.

## 7.2 Mahdolliset säiliöonnettomuudet

Prosessiteollisuudessa on tapahtunut useita säiliöonnettomuuksia, joista on syntynyt sekä henkilö- että materiaalivahinkoja. 2000-luvun pahin petrokemiassa tapahtunut säiliöonnettomuus tapahtui Englannissa Buncefieldissä, jossa salamasta aiheutunut turvamekanismin vioittuminen aiheutti säiliön ylivuodon ja siitä seuranneen laajan monien säiliöiden palon. Taloudelliset kustannukset olivat noin miljardi puntaa ja 43 ihmistä loukkaantui. (Buncefield investigation board)

Säiliöonnettomuudet voivat johtua muustakin kuin luonnon aiheuttamista tekijöistä. Laitteviat, kunnossapidon tai käytön huolimattomuus, eroosio, staattinen sähkö ja monet muut tekijät voivat aiheuttaa häiriön säiliön käytössä ja siitä saattaa seurata onnettomuus, joka useimmiten on säiliöpalo. Säiliöpaloista voi aiheutua laajat vahingot, joten niiden ehkäiseminen on tärkeää.

Ilman sääkattoa olevan säiliön kelluva katto on altis luonnonvoimille, vuodenaikojen mukaan katon päälle voi kerääntyä vettä tai lunta. Ylimääräinen paino katon päällä tuo lisää painoa ja jos painoa kertyy tarpeeksi, voi katto vajota pinnan alle. Ponttoonien kulumisen ja mahdollinen puhkeaminen, jonka seurauksena säiliössä oleva neste pääsee ponttoonien sisälle, voi myös upottaa katon.

Säiliön reuna ja kelluva katto ovat kiinni toisissaan elastisen reunatiivisteiden avulla. Katon jumittuminen on epätodennäköistä, mutta jos katto ei pääse liikkumaan vapaasti voi se aiheuttaa kipinän, joka palavia nesteitä sisältävässä säiliössä on erittäin

vaarallista. Tällä hetkellä Neste Oil Oyj Naantalin Tupavuoren raakaöljysäiliöiden NFB-29 - NFB-31 kelluvissa katoissa ei ole mittausta, jonka avulla voitaisiin havaita edellä mainittuja vaaratilanteita. Säiliöiden kuntoa tarkkaillaan operaattoreiden kierroksilla, mutta mahdollisten lisämittausten tarpeellisuutta on hyvä pohtia.

### **7.3 Kelluvan katon korkeuden mittaamisen haasteet**

Raakaöljysäiliön kelluva katto liikkuu säiliöissä olevan nesteen pinnan mukana, joten kaapeleiden asentaminen katolle ei ole suotavaa. Säiliöt ovat myös räjähdysvaarallista aluetta, joten mittauksessa voi käyttää vain Ex-hyväksytyjä laitteita. Katolle voisi asentaa langattoman mittalaitteen, mutta koska säiliön reunat ovat paksua teräslevyä, vaatii mittauksen signaali reitittimen säiliön reunalle, jotta mittaussignaali pääsee kulkemaan ulos säiliön sisältä.

Koska katon tulee liikkua säiliössä olevan nesteen pinnan mukana, on luonnollista mitata säiliössä olevan nesteen pinnan ja kelluvan katon välistä suhdetta. Jos säiliössä olevan nesteen pinnan ja katon korkeuden välinen suhde muuttuu, voidaan päätellä, että katto on joko jumiutunut tai siihen on kertynyt liikaa painoa. Katolle voi kertyä lunta tai vettä vuodenaikojen mukaan, joten katon ja säiliön nesteen pinnan välinen ero ei ole aina sama, vaan ylimääräisestä painosta johtuen suhde pienenee ajoittain. Pahimmillaan lunta voi olla katolla jopa puoli metriä. Katon ja säiliön nesteen pinnan välinen suhde-alue tulisi selvittää, jotta saadaan selville turvallinen toiminta-alue.

Säiliössä on nesteen pinnanmittaukselle oma suojaputki, joka kulkee kelluvan katon läpi säiliön yläreunasta säiliön pohjaan saakka, joten siihen ei vaikuta luonnonvoimista muu kuin lämpötila. Katon korkeuden mittaukselle sen sijaan on hankalaa rakentaa omaa suojaputkea, joten mittauksen tulisi olla sellainen, joka ei vaadi suojaputkea.

### **7.4 Eri mittausvaihtoehdot**

Työ käsittelee langattomia lähettämiä, joten kelluvan katon korkeuden mittauksessa on keskitytty langattomiin mittausvaihtoehtoihin. Suomen standardoimisliiton standardi SFS 5684: Säiliön sähköinen ylitäytön estolaitteisto. Rakenne, koestus ja asennus, vaatii palavia nesteitä sisältäviin säiliöihin ylitäytön estolaitteiston. Raakaöljysäiliöissä

ylityton estolaitteisto on toteutettu mekaanisella kytkimellä, joka laukeaa, kun kelluva katto nousee riittävän korkealle. Ylityton estolaitteisto sekä silion nesteen pinnanmittaus toimivat verkkovirralla, joten kelluvan katon mittauksessa ei välttämättä tarvitse kytt tehomodulia, koska mittauksen toteuttamisesta verkkovirralla selvittn pienellä kaapeleiden asennuksella.

#### **7.4.1 Kelluvan katon korkeuden mittaaminen mikroaaltotutkalla**

Esimerkiksi Emersonin 5400 -sarjan mikroaaltotutkat (Liite 1) voivat mitata jopa 35 metriin asti. Ne läpäisevät kuitenkin vain noin 10 cm lunta. Jos lunta on enemmän, pinnanmittaus-signaali ei pääse enää heijastumaan takaisin mittauspinnalta, vaan se absorboituu lumeen. (Sähköpostikeskustelu Sunnarborg-Hakonen)

Katolle kertyy vettä sekä lunta. Jos katolle asennettaisiin metallinen levy, joka olisi katon muun pinnan ylhpuolella, varmistuttaisiin siitä, ettei mikroaaltotutka mittaisi veden pintaa, joka on katon päällä. Talvella levyn päälle kuitenkin kertyisi lunta, johon mikroaallot absorboituisivat. Mittauslevy saataisiin pysymään kuivana, jos siihen asennettaisiin lämmitysvastukset, jotka sulattaisivat siitä talvella lumet pois. Tämä kuitenkin vaatisi sähkökaapeleiden asennuksen liikkuvaan kattoon. Koska katto on räjähdysvaarallista aluetta ja liikkuvaan kattoon on hankalaa asentaa kiinteitä kaapeleita, tämä ei ole toimiva ratkaisu.

#### **7.4.2 Katon korkeuden mittaaminen servopintamittarilla**

Mikroaaltotutkan signaali absorboituu lumeen, jos sitä on kertynyt runsaasti katon päälle. Toinen vaihtoehto mitata katon korkeus silion ylhreunasta on servopintamittari. Lhettimest lähtee vaijeri, jonka päässä on paino. Lähettimen elektroniikka laskee painon mitattavaan pintaan. Lähettimen elektroniikka laskee lasketun vaijerin pituuden ja näin saadaan pinnankorkeus selville. Vaijerin voisi ankkuroida kiinni kelluvaan kattoon, jolloin lumi, roskat tai vesi eivät pääsisi katon ja vaijerin väliin ja näin aiheuttaisi vr mittaustulosta.

Katon korkeuden mittaukselle on hankalaa rakentaa omaa suojaputkea, joten vaijeri olisi altis säiliössä puhaltaville tuulille ja muille sääoloille. Vaijeri on kuitenkin ohut ja sen pitäisikin pysyä kireällä. (Sähköpostikeskustelu Sunnarborg-Kilpiäinen)

Enrafin 854 ATG -servopintamittari (Liite 2) voi mitata pintaa 27 metriin saakka ja sen mittausvirhetarkkuus on alle  $\pm 4$  mm. Mittari sopii räjähdysvaarallisiin tiloihin ja sen mittausviesti on 4 - 20 mA. Pintamittari ei ole langaton, mutta Rosemountin Smart-Wireless THUM -adapterilla (Liite 3) on mahdollista muuttaa standardivirtaviestiä lähettävät mittalaiteet langattomiksi. Lähettimeen liitettävä THUM-adapteri muuttaa virtaviestin langattoman HARTin mukaiseksi viestiksi.

### **7.4.3 Kelluvan katon ja säiliön nesteen pinnan suhteen mittaaminen paine-eron tai johdetutkan avulla**

Katon korkeuden säiliön yläreunasta voi mitata mikroaaltotutkalla tai askelmoottori-pintamittauksella. Jos halutaan tietää katon ja säiliön nesteen pinnan välinen ero ilman automaatiojärjestelmässä suoritettavaa korkeuksien välistä vertailua, voidaan se selvittää esimerkiksi paine-eromittauksella tai johdetutkalla. Katon yläpuolella vallitsee ilmanpaine, joka poikkeaa katon alapuolella olevasta raakaöljyn paineesta.

#### **Paine-ero**

Katto painaa raakaöljyä ja se aiheuttaa painetta, jos katon päälle tulee ylimääräistä painoa, se painaa enemmän ja näin aiheuttaa paineen kasvua katon alapuolella. Jos katto jää jumiin ja säiliön nesteen pinta laskee, katon alapuolella oleva paine laskee. Katon jäädessä jumiin, kun säiliössä oleva pinta on nousussa, paine puolestaan kasvaa katon alapuolella. Tarkkailemalla paine-eroa voidaan päätellä, onko katon ja säiliön nesteen pinnan välinen ero normaali.

Emersonin langaton paine-eromittari Rosemount 3051S on tarkka paine-eromittari (Liite 4). Sen tarkkuus on 0,10 % mittausalueesta. Ilmanpaineen ja raakaöljyn väliset paine-eromuutokset eivät ole kovin suuria, joten mittarilta vaaditaan korkeaa tarkkuutta. Minuutin päivitysvälillä valmistaja lupaa tehomodulin kestävä noin 10 vuotta. (Emerson Process Management, Rosemount 3051S Wireless)

## **Johdetutka**

Päältä asennettavalla johdetukalla voitaisiin selvittää katon korkeuden ja nesteiden pinnan välinen eroarvo ilman automaatiojärjestelmässä suoritettavaa vertailua.

Johdetukalla voidaan selvittää nesteen pinnan korkeus tutkan yläosasta. Johdetutka selvittää pinnan korkeuden lähettämällä signaalin johdetukaa pitkin, ilman ja nesteen rajapinnasta se saa heijastuksen signaaliin ja näin saadaan pinnankorkeus selville.

Johdetutka voitaisiin asentaa kattoon kiinni ja sen sauva-anturi ohjattaisiin kelluvan katon läpi nesteeseen. Jos nesteen pinnan ja kelluvan katon korkeuden välinen suhde muuttuisi, johdetutka huomaisi sen ja antaisi hälytyksen.

Rosemount 5300 -sarjan johdetukan (Liite 5) mittaustarkkuus on noin  $\pm 3$  mm. Se ei ole langaton, mutta se lähettää standardivirtaviestiä, joten Rosemountin SmartWireless THUM -adapterilla siitä voidaan tehdä langaton.

Sekä paine-eromittauksessa että johdetukamittauksessa lähetin pitäisi asentaa katolle. Katolle on hankala asentaa kaapeleita, joten mittausarvon lähettäminen automaatiojärjestelmään pitäisi suorittaa langattomasti. Mittaus vaatisi reitittimen säiliön seinämän yläreunalle, joten mittaus vaatisi kaksi erillistä laitetta ja se toisi lisää kustannuksia.

## 8. Yhteenveto

Työssä perehdyttiin langattomaan tiedonsiirtoon prosessiteollisuudessa yleisesti, Naantalin jalostamolle asennetun langattoman mittausjärjestelmän asennukseen, käyttöönottoon ja käyttöön. Lopuksi vielä mietittiin, miten Tupavuoren raakaöljysäiliöiden turvallisuutta voisi parantaa uusilla mittauksilla.

Langaton tiedonsiirto tulee yleistymään teollisuudessa, mutta se ei vielä ole tarpeeksi toimintavarma kriittisiin mittauskohteisiin. Langatonta mittausta tulisikin käyttää kohteissa, joihin on muuten vaikea asentaa mittausta, ja kohteissa, joiden mittaus antaa hyödyllistä tietoa, mutta ei ole kriittinen. Tupavuoren kuumaöljyjärjestelmä on ensimmäinen kohde Suomessa, jonne on asennettu Emersonin langaton mittausjärjestelmä.

Langattomien lähettimien asennus toteutettiin aivan kuten langallistenkin mittalaitteiden asennus olisi toteutettu, ainoana erona oli kaapeleiden puuttuminen. Langattoman mittausjärjestelmän käyttöönotossa ei ollut hankaluuksia, käyttöönottoa ja asennusta tosin helpotti Emersonin edustajien mukanaolo. Uskon kuitenkin, että langattoman mittausjärjestelmän mahdollinen laajennus onnistuu Neste Oil Oyj:n omalla henkilökunnalla.

Langattomat lähettimet toimivat tehomodulin avulla. Lämpötilan vaikutus tehomodulien jännitteeseen arvelutti, mutta vaikka lämpötila laski talvella 2009 - 2010 alle -20 °C asteen, ei tehomodulien jännitetasoissa näkynyt merkittäviä muutoksia. Langaton mittausjärjestelmä on toiminut muutenkin varmasti, mielestäni sitä voidaan pitää luotettavana järjestelmänä.

Työssä pohdittiin, miten Tupavuoren raakaöljysäiliöiden turvallisuutta voisi parantaa uusilla mittauksilla. Kelluva katto liikkuu pinnan mukana, joten katon korkeuden ja säiliön nesteen pinnan välinen ero pitäisi pysyä lähes vakiona. Katon päälle voi kertyä lunta tai vettä vuodenaikojen mukaan, joten katon paino muuttuu ja sen takia katon ja pinnan välinen ero saattaa muuttua. Katon ja pinnan välisestä erosta voidaan kuitenkin päätellä, onko säiliön käytössä ongelmia.

Katon korkeuden määrittävät mittalaitteet voidaan asentaa joko säiliön yläreunaan tai sen katolle. Aikaisempia kokemuksia kelluvan katon mittauksesta Suomen oloissa ei ole kovin monta, joten kannattaa kokeilla, mikä eri vaihtoehdoista toimii Suomen oloissa parhaiten.



## Lähteet

### 1. Sähköiset lähteet

Neste Oil Oyj, [www-sivu] [viitattu 15.2.2010] <http://www.nesteoil.fi>

HART Communication Foundation, Wireless HART Technical Data Sheet, [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
[http://www.hartcomm.org/protocol/training/resources/wiHART\\_resources/wirelesshart\\_datasheet.pdf](http://www.hartcomm.org/protocol/training/resources/wiHART_resources/wirelesshart_datasheet.pdf)

HART Communication Foundation, HART Specifications, [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
[http://www.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol\\_specs.html](http://www.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol_specs.html)

Emerson, PlantWeb University: What is wireless, [www-sivu] [viitattu 15.02.2010]  
[http://plantweb.emersonprocess.com/university/engSch\\_Wireless\\_XML.asp#Wireless%20101](http://plantweb.emersonprocess.com/university/engSch_Wireless_XML.asp#Wireless%20101)

Emerson, PlantWeb University: Wi-Fi networks [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
[http://plantweb.emersonprocess.com/university/engSch\\_Wireless\\_XML.asp#Wireless%20204](http://plantweb.emersonprocess.com/university/engSch_Wireless_XML.asp#Wireless%20204)

Wi-Fi Alliance, Discover and Learn [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
[http://www.wi-fi.org/discover\\_and\\_learn.php](http://www.wi-fi.org/discover_and_learn.php)

HART Communication Foundation, How HART Works, [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
[http://www.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol\\_how.html](http://www.hartcomm.org/protocol/about/aboutprotocol_how.html)

Emerson, Wireless Security [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
<http://www2.emersonprocess.com/EN-US/PLANTWEB/WIRELESS/TOPICSTOCONSIDER/Pages/Security.aspx>

Emerson, PlantWeb University: Topologies, [www-sivu] [viitattu 15.02.2010]  
[http://plantweb.emersonprocess.com/university/engSch\\_Wireless\\_XML.asp#Wireless%20105](http://plantweb.emersonprocess.com/university/engSch_Wireless_XML.asp#Wireless%20105)

HART Communication Foundation, WirelessHART Overview, [www-sivu] [viitattu 15.2.2010]  
[http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless\\_overview.html](http://www.hartcomm.org/protocol/wihart/wireless_overview.html)

EPA, United States Environmental Protection agency [www-sivu] [viitattu 2.2.2010]  
<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch07/final/c07s01.pdf>

Buncefield investigation board, [www-sivu] [viitattu 3.2.2010]  
<http://www.buncefieldinvestigation.gov.uk/reports/volume1.pdf>

Emerson Process Management, Rosemount 3051S Wireless Series of Instrumentation  
[www-sivu] [viitattu 4.2.2010] <http://www2.emersonprocess.com/en-US/brands/rosemount/Pressure/Pressure-Transmitters/3015S-Wireless/Pages/index.aspx>

Vaara-Sjöblom Elina, Verkonmuodostus- ja hallinta IEEE 802.15.4-standardiin perustuvassa sensoriverkossa. Tietotekniikan Pro-Gradu-tutkielma. Jyväskylän yliopisto 2008  
[https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18723/URN\\_NBN\\_fi\\_jyu-200806305569.pdf?sequence=1](https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/18723/URN_NBN_fi_jyu-200806305569.pdf?sequence=1)

## 2. Painetut lähteet

Puska, Matti, Langattomat lähiverkot. Talentum Media Oy. Jyväskylä 2005.

Granlund Kaj, Tietoliikenne, WSOY, 2007.

## Liitteet

### Liite 1: Rosemount 5400 -sarjan mikroaaltotutka

**Product Data Sheet**  
00813-0100-4026, Rev FB  
February 2008

Rosemount 5400 Series

## Two-wire Radar Level Transmitter

The Rosemount 5400 Series is a reliable 2-wire radar level transmitter for liquids and slurries, designed for outstanding performance in a wide range of applications and process conditions. It measures level directly and is unaffected by most fluid property changes, including temperature, pressure, vapor gas mixture, density, turbulence, bubbling/boiling, dielectric, pH, viscosity, crystallization, etc.

- *Innovative design. Best-in-class performance*
- *Non-contacting, making it virtually unaffected by process conditions*
- *No moving parts, means little or no maintenance*
- *Application flexibility with full range of antennas, and two models 5402 (26 GHz) and 5401 (6 GHz)*
- *Less affected by coating with Condensation Resistant Antenna*
- *Reduced echoes from obstacles / tank walls with Circular Polarization*
- *Powerful, easy-to-use configuration tool with "Measure-and-Learn" function*



## Liite 2: Enraf 854 ATG -servopintamittari (1/2)



# Product sheet

## Servo Gauge 854ATG

### A compact, intelligent and reliable Advanced Tank Gauge

#### Benefits

##### Simple Commissioning

##### Easy to install

##### Proven reliability

##### Multi-functional

The series 854ATG servo gauge is a very reliable, versatile and accurate automatic tank gauge with a minimum of moving parts.

The present instrument range is designed for the measurement of all kind of liquids in any type of storage tank. Operating pressures up to 40 bar (4 MPa / 600 psig) and a very wide product temperature range can be handled.

Simple configuration and diagnostics are possible via the Portable Enraf Terminal (PET) connected through a safe infra-red coupling or via Enraf configuration software. The instruments are Explosion proof and certified by the authorities for Weights & Measures.

The multi-functional instrument is modularly constructed. The option slot for additional features allows the connection of temperature measuring elements for spot- and average product temperature, as well as for product temperature profiles.

Other options are full integration in a Hybrid Inventory Management System (HIMS), analog level output, density measurement, product interface, water/product interface measurement and Modbus output via RS-232C or RS-485 for direct connection to other host control systems.



WE THINK TANK

As tank gauging has evolved, the servo level gauge has become an industrial standard all over the world. A true test of its quality is the dependability and low warranty record that the ATG has maintained for many years.

Jatkuu

## Jatkuu (2/2)

## Technical specifications

Measuring specifications	
Measuring range	: Standard 27 m (88 ft) Optional 37 m (121 ft) 35 m (115 ft) (with measuring wire up to 150 m (492 ft))
Measuring accuracy level	: $\leq \pm 0.4$ mm ( $\pm 0.016$ ") <sup>1)</sup>
Measuring accuracy interface	: $\leq \pm 2$ mm ( $\pm 0.08$ ") <sup>2)</sup>
Measuring accuracy density	: $\leq \pm 3$ kg/m <sup>3</sup> ( $\pm 0.19$ lb/ft <sup>3</sup> ) <sup>3)</sup>
Measuring accuracy temp.	: $\pm 0.1$ °C ( $\pm 0.18$ °F) <sup>1) 4)</sup>
Sensitivity	: $\pm 0.1$ mm ( $\pm 0.004$ ") <sup>1)</sup>
Repeatability	: $\pm 0.1$ mm ( $\pm 0.004$ ") <sup>1)</sup>
Wave integration time	: Programmable, three setpoints, between 0.5 s and 10 s
Mechanical	
Flange	: See 'Identification code', Pos 9, 10
Dimensions	: See back page
Weight	: Medium pressure version 16 kg (35 lb) Chemical version 21 kg (46 lb) High pressure version 26kg (57 lb)
Cable entries	: 4 pcs ¾" NPT threaded
Environmental	
Operating pressure	: M and C version : up to 6 bar / 0.6 MPa (90 psi) H version : up to 40 bar / 4 MPa (600 psi) (up to 25 bar / 2.5 MPa in acc. to PED)
Ambient temperature	: -40 °C to +65 °C (-40 °F to +149 °F)
Protection class	: IP 65 according to EN 60529 (NEMA 4)
Safety	: Explosion proof - II 1/2 G EEx d IIB T6 or EEx de IIB T6 or EEx d [Ia/Ib] IIB T6 or EEx de [Ia/Ib] IIB T6 according to ATEX - Class I, Division 1, Groups B, C and D, in acc. to ANSI / NFPA 70 (FM, USA)
Materials	
Housing servo comp. & cover	: All types cast aluminum Int. reg. AA A356 EN1706 AC-AISI7Mg0,3
Drum compartment	: M version cast aluminum Int. reg. AA A356 EN1706 AC-AISI7Mg0,3 C & H version stainless steel ASTM A351, CF-8M, G-X6 CrNiMo 18 10 (1.4408)
Finish aluminum parts	: Chromatized according to MIL-C-5541C
Measuring drum, drum shaft	: Stainless steel (1.4401) EN10088 $\approx$ AISI 316
Measuring wire	: See 'Identification code', Pos 12
Magnet cap	: Stainless steel (1.3953)
O-rings	: Drum cover Silicone / FEP (others NBR 70)
Electrical	
Power supply	: 110/130/220 V (+10% to -20%) and 230 V ( $\pm 15\%$ ), optional 65 V (+10% to -20%), also suitable for 240 V (+10% to -20%)
Frequency variations	: 50 Hz to 60 Hz ( $\pm 10\%$ )
Power rating	: 25 VA, I <sub>max</sub> = 2 A
Transmission	
Type	: Serial, ASCII coded, Bi-Phase Mark modulated (BPM)
Isolating voltage	: > 1,500 V
Lightning protection	: Full galvanic separation via isolating transformers
Protocol	: Standard Enraf fieldbus (GPU protocol)
Common mode rejection	: > 150 dB
Cabling	: Two conductors, twisted pair, R <sub>max</sub> = 200 Ω / line, C <sub>max</sub> = 1 μF
Transmission to Portable Enraf Terminal (PET)	: Infra-red, serial
Options	
Alarm relay outputs	: 2x SPDT, galvanically isolated, V <sub>max</sub> = 50 Vac or 75 Vdc, I <sub>max</sub> = 3 A
Density measurement	: See 'Identification code', Pos 15 (with density displacer)
Analog level output	: 4 - 20 mA (accuracy $\pm 0.1\%$ full scale)
Input boards	: Spot RTD, VITO probes for average temperature and/or water measurement, HART® devices
Data transmission	: Standard Modbus via RS-232C or RS-485 i.s. output for Tank Side Indicator (TSI)
Cable entries	: Adapters available to fit other sizes cable glands

HART® is a trademark of the HART Communications Foundation.

<sup>1)</sup> Under reference conditions

<sup>2)</sup> Difference product density 100 kg/m<sup>3</sup> (6.25 lb/ft<sup>3</sup>)

<sup>3)</sup> (optional) with a density displacer and calibrated for density measurement

<sup>4)</sup> With VITO temperature probe

## Liite 3: SmartWireless THUM -adapteri

**Product Data Sheet**  
00813-0100-4075, Rev BA  
February 2010

Smart Wireless THUM Adapter

# Smart Wireless THUM™ Adapter

- *An installation-ready solution that provides rich WirelessHART™ data*
- *2- or 4-wire HART™ devices*
- *Flexibility to meet your most demanding applications*
- *Wireless output with >99% data reliability delivers rich HART data, protected by industry leading security*
- *Gain access to additional HART information, such as diagnostics or multivariable data*
- *Add wireless to almost any measurement point*
- *WirelessHART capabilities extend the full benefits of PlantWeb® to previously inaccessible locations*



Wireless**HART**

## Liite 4: Rosemount 3051S paine-eromittari

### Product Data Sheet

00813-0100-4801, Rev LA

October 2008

Rosemount 3051S Series

## Rosemount 3051S Series of Instrumentation Scalable Pressure, Flow, and Level Solutions

- Industry leading performance with 0.025% accuracy
- Industry's first %-of-reading flow transmitter delivering a 10x performance improvement
- Industry's first installed 10-year stability
- Unprecedented reliability backed by a 12-year limited warranty
- Scalable SuperModule® Platform provides a foundation for integrated pressure, flow, and level solutions
- WirelessHART™ capabilities extend the full benefits of PlantWeb® to previously inaccessible locations
- Scalable MultiVariable™ Transmitter enables pressure, temperature, and fully compensated mass and energy flow
- Advanced Diagnostics provide process insight to prevent abnormal situations and increase plant productivity
- Safety Certified to IEC 61508



WirelessHART  
Expanding the Possibilities

HART  
MultiVariable

FOUNDATION  
CE

## Liite 5: Rosemount 5300 -sarjan johdetutka

**Product Data Sheet**  
00813-0100-4530, Rev BA  
May 2009

Rosemount 5300 Series

# Superior Performance Guided Wave Radar Level and Interface Transmitter

- *Industry leading measurement capability and reliability provided by direct switch technology*
- *Increased plant availability with advanced diagnostics and PlantWeb® functionality*
- *Increased safety and proven FMEDA suitable for SIL2 with a SFF>90%*
- *Reduced cost and increased safety from the robust modular design*
- *Reduced instrument count and process penetration with a MultiVariable™ transmitter*
- *Improved throughput and product quality due to superior performance and accuracy*
- *Reduced startup cost through powerful and easy-to-use configuration tools and seamless plant integration*
- *Improved EMC performance and higher safety with smart galvanic interface*
- *Reduced operating costs with predictive maintenance and easy troubleshooting*



**HART** 

 **FOUNDATION**