

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Modernit tuotantojärjestelmät

Opinnäytetyö

Erkka Lepola

**SÄILIÖAJONEUVON MITTARIJÄRJESTELMIEN TEKNINEN
TARKASTELU KANNATTAVUUDEN SUHTEEN**

Työn ohjaaja: Päätoiminen tuntiopettaja, Risto Myllymäki
Työn teettäjä: K.P. Säiliöt Ay, valvoja Matti Koivunen
Tampere 2010

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Modernit tuotantojärjestelmät

| | |
|---------------|---|
| Lepola, Erkka | Säiliöajoneuvon mittarijärjestelmin tekninen tarkastelu kannattavuuden suhteen |
| Opinnäytetyö | 55 sivua |
| Työn ohjaaja | Päätoiminen tuntiopettaja, Risto Myllymäki |
| Työn tilaaja | K.P. Säiliöt Ay, valvojana toimitusjohtaja Matti Koivunen |
| Toukokuu 2010 | |

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia polttoainesäiliöajoneuvoissa käytettävien mittarijärjestelmien teknisiä ominaisuuksia kannattavuuden suhteen. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mittarijärjestelmien tuomaa lisäarvoa ADR-kuljetuksissa.

Työssä käsiteltiin säiliöajoneuvon yleistä toimintaperiaatetta ja päämäärää, jolla saavutetaan parhaat mahdolliset tulokset polttoaineiden kuljetuksissa. Säiliöajoneuvon rakenteen huomiointi ja ADR-lainsäädännön tunteminen on tärkeä osa-alue mittarijärjestelmien hyödyn ymmärtämisessä.

Mittarijärjestelmät on jaettu tässä tutkimuksessa kolmeen osa-alueeseen: mekaaniset, elektroniset ja mittatikkun perustuvat järjestelmät. Mittarijärjestelmien lisäksi käsiteltiin sinetöityjen osastojen järjestelmiä, tuotteen sekoittumisen estämiseen tarkoitettuja järjestelmiä ja muita tukijärjestelmiä, koska ne ovat tärkeä osa kokonaisvaltaista mittausjärjestelmää. Mittarijärjestelmiä tutkittiin objektiivisesti niiden toimintaperiaatteen ja käyttötarkoituksen mukaan.

Mittarijärjestelmien kannattavuutta tutkittiin lisäarvon tuottokyvyn mukaan suhteessa investointien määrään. Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin erilaisten mittarijärjestelmien teknisten ominaisuuksien suhdetta tehokkuuteen, turvallisuuteen ja kustannuksiin.

Parhaan mahdollisen mittarijärjestelmän valinta on aina kuljetusyriityksen tarpeiden ja vaatimusten suhteellinen summa investointien kannalta. Suuremmat investointikustannukset kehittyneempään järjestelmään ei aina tuo haluttua lisäarvoa kuljetusyriitykselle vaan mittarijärjestelmä tulee valita ajosuunnitelmien, kaluston, asiakkaiden ja polttoaineen tuottajan vaatimusten mukaan.

Hakusanat Säiliöajoneuvo, mittarijärjestelmät, virtausmittari, säiliöperävaunu, Sinetöityjen osastojen järjestelmä, mittatikku

TAMK University of Applied Sciences
Mechanical and production engineering
Modern production systems

| | |
|----------------------|--|
| Lepola, Erkkka | Technical research of tank truck measurement systems through profitability |
| Thesis | 55 pages |
| Thesis supervisor | Risto Myllymäki (BEng) |
| Co-operating Company | K.P. Säiliöt Ay. Supervisor Matti Koivunen, Managing Director |
| Graduation time | May 2010 |

ABSTRACT

The purpose of this engineering thesis is to research technical capabilities of different types of measuring systems used in tank trucks and trailers. Technical properties were compared to cost of investment against added value and profitability in the long run.

Thesis follows through from tank trucks operational principles and ADR national legislation to purpose of using measuring systems on tank trucks and trailers. Knowledge of tank trucks construct and legislation is important part of understanding the value of measuring systems.

Measuring systems are divided to three different parts: Mechanical, electrical and all electronic dipstick systems. In addition this thesis provides information about sealed parcel delivery and fuel mixing prevention which is important part of integrated measuring system. Different types of measuring systems were analyzed in objective way in comparison of technical capabilities and purpose of use.

Viability of measuring systems was investigated through return of investment and added value. Different types of measuring systems were investigated through their technical capabilities and relationship between effectiveness, safety and costs.

Choosing the best possible measurement system for transport company always has to be based on needs and relative cost of investments. Larger investment costs on more evolved measurement system do not always give enough added value for transport company. There for choosing the right type of measuring systems has to be based on logistic planning, vehicle equipment, customers and oil distributor demands.

Keywords Tank truck, measurement systems, flowmeter, tank trailer, sealed parcel delivery, Dipstick

Alkusanat

Tämä työ tehtiin Kangasalalla toimivan K.P. Säiliöt Ay:lle, joka valmistaa ja korjaa säiliöajoneuvoja. Opinnäytetyön tutkimusten perusteella pyritään laatimaan myyntikonsepti erilaisille mittarijärjestelmille, jolla voidaan konkreettisesti osoittaa mittarijärjestelmien lisäarvontuotto asiakasyrityksille. Monesti ongelmana mittarijärjestelmien myynnissä on suuret investointikustannukset, joista ei helposti voida laskea pääoman tuottoastetta. Joissain tapauksissa mittarijärjestelmien luomat mahdollisuudetkaan eivät ole tarpeeksi selkeitä asiakasyrityksille. Konseptilla pyritään helpottamaan kuljetusliikkeiden investointipäätöksiä järjestelmien hankinnassa.

Haluan kiittää K.P. Säiliöt Ay:n toimitusjohtajaa, Matti Koivusta, suunnitteluinsinööri Antti Hirvosta ja kaikkia niitä tahoja, jotka ovat auttaneet minua saamaan tämän haastavan tutkimuksen valmiiksi.

Tampereella 11.5.2010

Erkka Lepola

Sisällysluettelo

| | |
|--|----|
| 1 JOHDANTO | 8 |
| 2 SÄILIÖAJONEUVON TOIMINTAPERIAATE | 9 |
| 2.1 Vaatimukset ja määräykset | 10 |
| 2.1.1 Mittauslaitedirektiivi | 11 |
| 2.1.2 Vakauslaki..... | 11 |
| 2.2 Rakenne ja ominaisuudet | 12 |
| 2.2.1 Materiaalit ja valmistusmenetelmät | 12 |
| 2.2.2 Osastot..... | 13 |
| 2.2.3 Putkisto..... | 14 |
| 2.3 Lastaus- ja purkutoimenpiteet | 15 |
| 2.4 Toiminnan tehokkuus..... | 16 |
| 3 SÄILIÖAJONEUVON MITTARIJÄRJESTELMÄT | 17 |
| 3.1 Mittarijärjestelmien toimintaperiaate | 18 |
| 3.2 Mittarijärjestelmien komponentit..... | 20 |
| 3.2.1 Tuotepumppu | 20 |
| 3.2.2 Ilmanerottaja | 21 |
| 3.2.3 Virtausmittari | 22 |
| 3.2.4 Mittalaite | 23 |
| 3.2.5 Kuittitulostin | 24 |
| 3.3 Mekaaniset järjestelmät..... | 24 |
| 3.3.1 Venttiilien toiminta | 25 |
| 3.3.2 Mekaanisen mittarijärjestelmän toiminta..... | 26 |
| 3.3.3 Teknisten ominaisuuksien tarkastelu | 28 |
| 3.4 Elektroniset järjestelmät..... | 29 |
| 3.4.1 Mittalaite ja komponentit | 30 |
| 3.4.2 Venttiilien ohjaus | 35 |
| 3.4.3 Tukijärjestelmät..... | 36 |

| | |
|---|-----------|
| 3.4.4 Teknisten ominaisuuksien tarkastelu | 38 |
| 3.5 Mittatikkunaan perustuvat järjestelmät..... | 40 |
| 3.5.1 Mittauksen periaate ja ominaisuudet..... | 41 |
| 3.5.2 Tukijärjestelmät..... | 43 |
| 3.5.3 Teknisten ominaisuuksien tarkastelu | 44 |
| 4 MITTARIJÄRJESTELMIEN VERTAILU | 45 |
| 4.1 Turvallisuus..... | 46 |
| 4.2 Tehokkuus | 47 |
| 4.3 Kannattavuus ja vaatimukset | 50 |
| 5 PÄÄTELMÄT | 51 |
| LÄHTEET | 53 |

Asia- ja lyhenneluettelo

| | |
|------------|---|
| ADR | European Agreement concerning the international carriage of Dangerous Goods by Road (vrt. VAK) |
| VAK | Vaarallisten aineiden kuljetus |
| Dipstick | Elektroniseen mittatikkuun perustuva säiliöajoneuvon mittausjärjestelmä. |
| Vapaapurku | Aineen vapaa virtaus säiliöstä toiseen painovoiman avulla. |
| MID | Measuring Instrument Directive eli Mittauslaitedirektiivi |
| API-liitin | Säiliöajoneuvon putkistoon liitettävä adapteri, jolla saadaan polttoaineletku kytkettyä venttiiliin purku- ja lastaustoimenpidettä varten |
| YTE | Ylitäytönestin |

1 Johdanto

ADR-kuljetuksissa eli vaarallisten aineiden kuljetuksissa tien päällä käytetään säiliöajoneuvoja. Aineet, joita säiliöajoneuvoilla kuljetetaan, voidaan karkeasti jakaa kolmeen osa-alueeseen ominaisuuksiensa mukaan: palavat nesteet, kemikaalit ja kaasumaiset tuotteet.

ADR kuljetuksiin liittyy paljon erilaisia sääntöjä ja määräyksiä, joiden perusteella säiliöajoneuvot tulee valmistaa oikealla tavalla. Valmistusmenetelmät, materiaalit, lisävarusteet ja säiliöiden mallit vaihtelevat kuljetettavien aineiden mukaan.

K.P. Säiliöt Ay on Kangasalla toimiva yritys, joka valmistaa ja korjaa säiliöajoneuvoja. Yrityksen toiminta keskittyy vahvasti säiliöiden korjaus- ja muutostöihin. Yritys pyrkii aina uusiin innovatiivisiin ratkaisuihin, joilla tavoitellaan parasta mahdollista lisäarvon tuottokykyä asiakasyrityksille. Lisäarvoa luodaan valmistusmenetelmillä, joiden avulla säiliöajoneuvon hyötykuormaa saadaan kasvatettua ja polttoainekuluja vähennettyä. Tämä opinnäytetyö on osa K.P. Säiliöiden tuotekehitystyötä ja pyrkimystä kehittää tuntemusta toimialalla.

Kuljetusalan yritysten tuottavuus perustuu kuljetusten tehokkuuteen, johon vaikuttaa koko yrityksen toiminta suunnittelusta kuljetuskaluston käyttöön. Tässä tutkimuksessa keskitytään polttoainekuljetuksiin. Polttoainetta kuljettavien säiliöajoneuvojen rakenne on tarkkaan määritelty, joten ainut keino kasvattaa hyötykuormaa säiliöissä ovat valmistusmenetelmät ja lisälaitteet. Lisälaitteet polttoainekuljetuksissa ovat yleensä antureita sekä mittarijärjestelmiä, joiden avulla parannetaan turvallisuutta ja ennen kaikkea tehokkuutta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia erilaisten polttoainetta kuljettavien säiliöajoneuvojen mittarijärjestelmien teknisiä ominaisuuksia kannattavuuden suhteen. Mittarijärjestelmien lisäarvon tuottokyky perustuu hyötykuorman maksimointiin, turvallisuuden parantamiseen ja tehokkuuden kasvattamiseen.

Säiliöajoneuvon toimintaperiaatteen ymmärtäminen ja vaarallisten aineiden kuljetukseen liittyvien lakien ja määräysten tuntemus on olennainen osa työtä, kun tarkastellaan mittarijärjestelmien hyötyjä kannattavuuden suhteen.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään yleisiä tietoja vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvistä asioista, siltä osin mitä vaaditaan mittarijärjestelmien teknisten ominaisuuksien ja hyötyjen ymmärtämiseksi.

2 Säiliöajoneuvon toimintaperiaate

Polttoainetta kuljettavien säiliöajoneuvojen (kuvio 1.) tehtävä on kuljettaa polttoainetta öljyntuottajien varastosäiliöistä huoltoasemien maanalaisiin säiliöihin tai muiden asiakkaiden varastosäiliöihin. Säiliöajoneuvot lastataan varastosta ajoneuvoon yleensä pumpun avulla haluttuihin osastoihin säiliöajoneuvossa. /1/

Polttoaine syötetään asiakkaan säiliöön pumpun avulla tai vapaapurkuna, riippuen tuotteesta. Bensiiniä ei saa pumpata turvallisuus syistä vaan se pitää syöttää letkujen avulla vapaapurkuna asiakkaan maanalaiseen säiliöön. Diesel-polttoaine sen sijaan voidaan pumpata suoraan säiliöön. /1;2/

Erona pumppauksella ja vapaapurussa on lähinnä nopeus. Pumppaus on nopeampaa ja pumpun avulla saadaan tuote sellaisiin säiliöihin joihin vapaapurku ei ole mahdollista. Vapaapurku ei ole joissain paikoissa mahdollista, jos käytössä on maanpäällinen säiliö johon nestemäinen polttoaine ei pääse vapaasti kulkemaan. Vapaapurku tapahtuu aina painovoiman avulla, mikä rajoittaa purkausmahdollisuuksia tietyissä tilanteissa. /1;2/



Kuvio 1: Säiliöajoneuvoyhdistelmä (Kuva: K.P. Säiliöt Ay)

2.1 Vaatimukset ja määräykset

Vaarallisten aineiden kuljetuksesta tien päällä on asetettu, Suomessa liikenne- ja viestintäministeriön toimesta, laki vaarallisten aineiden kuljetuksesta tien päällä. Lain tarkoituksena on edistää vaarallisten aineiden kuljetuksiin liittyvää turvallisuutta sekä ehkäistä vahinko- ja vaaratilanteita. /3, s.9/

VAK laki rajaa säiliöajoneuvojen rakenteelliset ominaisuudet sekä käyttöominaisuudet kuljetusalan yritysten ja säiliöajoneuvojen valmistajien osalta. Näin ollen kaikki säiliöajoneuvot tulee rakentaa asetusten mukaisesti tarpeeksi turvallisiksi, mutta myös tehokkaiksi käyttää kuljetusalan yrityksille. Säiliöajoneuvojen valmistuksessa käytettävillä tuotantomenetelmillä pystytään parantamaan turvallisuutta ja käytön tehokkuutta lisäämällä erilaisia mittari- ja tukijärjestelmiä. Mittarijärjestelmien käytön ja asennuksen tulee täyttää vaarallisten aineiden kuljetuksesta asetetun lain lisäksi vakauslaki ja EU:n asettama mittauslaitedirektiivi. /1;3, s. 426, 886, 1124/

Lakien ja määräysten noudattamista valvovat Suomessa viralliset tarkastuslaitokset, jotka antavat hyväksyntöjä säiliöajoneuvojen käyttöön ja rakenteeseen liittyvissä asioissa. Lisäksi kyseiset viranomaistahot antavat MID-hyväksynnän mittarijärjestelmille, mikäli ne täyttävät Suomessa ja EU lainsäädännössä asetetut ehdot. /3,4,5/

2.1.1 Mittauslaitedirektiivi

Mittauslaitedirektiivi käytännössä määrittelee mittarijärjestelmille tietyt vaatimukset metrologisten ominaisuuksien, luotettavuuden ja suorituskyvyn uusittavuuden mukaan. Säiliöajoneuvoissa käytettävien mittarijärjestelmien tulee täyttää nämä ehdot. Valmistajalta on myös oltava tarpeelliset dokumentit järjestelmistä, jotta ne voidaan MID-hyväksyä ja CE-merkitä. Kaikkien säiliöajoneuvoissa käytettävien mittarijärjestelmien ja niiden osakomponenttien tulee olla hyväksytyjä ja soveliaita ADR-vaatimuksiin. /5, artikla 10/

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että jokainen järjestelmä, jota säiliöajoneuvoissa käytetään, tulee olla tarkastuslaitoksen hyväksymä kokonaisuutena. Mittarijärjestelmän valmistajan on myös toimitettava asiakkaalle toimittamastaan järjestelmästä, asianmukaiset dokumentit, joista ilmenevät järjestelmän todetut hyväksynät. /5/

Ongelma säiliöajoneuvoissa käytettävissä mittarijärjestelmissä on niiden käyttökohde ja soveltuvuus yleisiin ADR-säännöksiin. Joissain tapauksissa mittarijärjestelmällä on MID-hyväksyntä, mutta kokonaisuutena se ei täytä kaikkia ehtoja, joita säiliöajoneuvon toiminta ja siihen liittyvät mittaukset vaativat.

2.1.2 Vakauslaki

Vakauslaki edellyttää, että kaikki mittarijärjestelmät, mukaan lukien säiliöajoneuvoissa käytettävät mittarijärjestelmät, tarkastetaan rakenteellisilta ominaisuuksiltaan, sekä näyttämältään eli mittaustulostarkkuudeltaan.

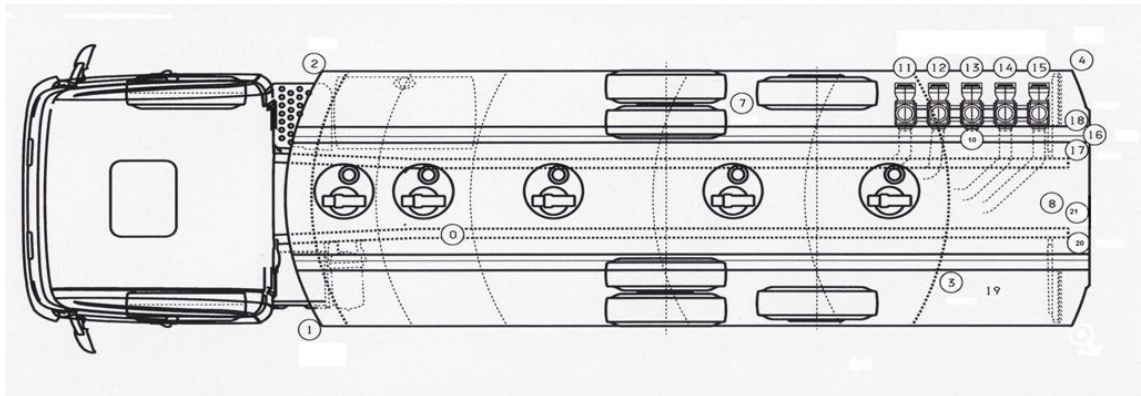
Lisäksi mittarijärjestelmään on kiinnitettävä sen vakauksesta ilmoitettava merkintä ja aika jolloin vakaus on suoritettu. Mittarijärjestelmät tulee vaa'ata määräajoin.

/4, luku 3, 12 §/

2.2 Rakenne ja ominaisuudet

Polttoainetta kuljettavien säiliöajoneuvojen muoto ja rakenne on vakiomuotoisena elliptinen säiliö, jossa on yleensä viidestä kahdeksaan osastoa tuotteille (Kuvio 2). Säiliön muodolla pyritään saamaan säiliön painopiste mahdollisimman alas jolloin ajot on mahdollista suorittaa taloudellisemmin, sekä turvallisuus paranee varsinkin kun säiliö on vajaakuormattuna. Säiliöajoneuvojen valmistajat ovat todenneet elliptisen muodon olevan paras täyttämään polttoainekuljetuksissa vaaditut ominaisuudet ja saavuttamaan parhaan mahdollisen hyötykuorman kuljetuksissa.

/6, kohta 4.1/



Kuvio 2: Säiliöajoneuvon rakennekuva (K.P. Säiliöt Ay)

2.2.1 Materiaalit ja valmistusmenetelmät

Polttoainetta kuljettavien säiliöajoneuvojen valmistusmateriaalina käytetään alumiinia. Alumiinin käyttö säiliövalmistuksessa perustuu sen keveyteen. Alumiini on melkein kolme kertaa kevyempi materiaali kuin esimerkiksi teräs. Alumiinin ominaispaino on keskimäärin $2,7 \text{ kg/m}^2$ ja teräksen ominaispaino on keskimäärin $8,0 \text{ kg/m}^2$. Alumiinin korroosionkestävyys on myös erittäin hyvä verrattuna muihin vaihtoehtoisii materiaaleihin. /7, s.177/

Säiliöajoneuvoissa käytettävän materiaalin tulee olla ominaisuuksiltaan sellainen, joka eristää lämpöä tarpeeksi tehokkaaksi. Vaatimusten mukaisesti polttoaineen lämpötilan muutokset säiliön sisällä eivät saa vaihdella liikaa. Tarvittaessa säiliöajoneuvo eristetään solumuovieristyksellä tai vastaavalla eristeellä, jotta lämpötilavaihtelu säiliön sisäpuolella saadaan minimoitua (kuvio 3). /6, kohta 4.5/



Kuvio 3: Säiliön eristys (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Säiliöön valmistetaan jokaiseen osastoon putkisto sekä tarvittavat venttiilit ja muut varustelut. Putkiston ja varusteiden asentamiseen vaikuttavat aina säiliöajoneuvon käyttötarkoitus sekä käytettävien osastojen määrä. Putkiston rakenne ja materiaalit pyritään aina tekemään mahdollisimman kevyiksi, määräykset ja asetukset huomioiden, parhaan hyötykuorman saavuttamiseksi.

2.2.2 Osastot

Osastot tarkoittavat säiliön osia, johon mahtuu tilavuudella mitattuna eri määrät kuljetettavaa polttoainetta. Osastojen lukumäärä ja tilavuus määräytyvät usein kuljetusyrityksen ja öljyntuottajayhtiöiden logistisesta suunnittelusta.

Osastot pyritään rakentamaan sen mukaan, mitä tuotetta kuljetetaan ja kuinka suuria määriä asiakasyrityksille eri kohteissa myydään. /6, kohta 4.3/

Säiliön runko valmistetaan ADR-vaatimusten mukaisesti. Jokainen osasto pyritään valmistamaan mahdollisimman vähäisellä määrällä alumiinilevyä, jolloin hitsausseamojen määrä vähenee. Tällä parannetaan rakenteellisia ominaisuuksia ja turvallisuutta minimoimalla repeämien määrä. Osastojen väleihin hitsataan alumiinista väliseinät, jotka erottavat osastot toisistaan. Turvallisuuden takaamiseksi jokaiseen osastoon hitsataan myös, ADR-vaatimusten mukaisesti, loiskeseinät, jotka osittain estävät nestemäisen polttoaineen liikkeen osaston sisällä. Loiskeseinän tehtävä on estää liian suuren voiman iskeytymisen säiliön rakenteeseen, joka saattaa murtaa seinämät. / 3, s.1130/

Kuljetusyrietykset pyrkivät aina purkamaan osaston tyhjäksi, sillä osastossa olevan tuotteen määrä on hankalaa saada selville. Toisaalta, jos osastoja tyhjenetään vain joltain osin, ei enää voida tarkkaan määrittää todellista purettua määrää, jolloin asiakkaiden vastaanottama tuotemäärä vaihtelee. Purettu määrä kuitenkin täsmää kilogrammoina ilmoitettuna koko säiliöajoneuvon osalta.

Purettavan tuotteen määrää ei välttämättä tunnetta, koska aineen tiheys vaihtelee lämpötilan vaihtelun seurauksena. Todellisen määrän selvittämiseksi tarvitsee tietää tuotteen sen hetkinen ominaislämpökapasiteetti, jotta saadaan selville todellinen laskutettava määrä kilogrammoina. Ongelma saadaan ratkaistua erilaisilla mittausjärjestelmillä. /6, kohta 4.3/

2.2.3 Putkisto

Putkisto koostuu aina vähintään osastokohtaisista putkista, ohjausventtiileistä, varoventtiileistä, paineventtiileistä sekä kaasunkeräysputkistosta (kuvio 4). Kaasunkeräysputkiston tehtävä on estää ympäristölle haitallisten kaasujen pääseminen ilmakehään.

Kaasunkeräysputkiston avulla voidaan säiliö myös tyhjentää onnettomuuden, kuten säiliöajoneuvon kaatumisen sattuessa.

Putkiston avulla vapautuvat kaasut palaavat takaisin säiliöön. Lisäksi putkistoon rakennetaan turvallisuusmääräyksien mukaan liekinestimiä sekä muita varojärjestelmiä vaatimusten mukaisesti. /3, s.1141-1144/



Kuvio 4: Putkisto, jakotukki, ohjausventtiilit ja muut varusteet (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Jokaiseen osastoon rakennetaan putkisto, joka mahdollistaa tuotteen purkamisen jokaisesta osastosta erikseen ja yhtä aikaisesti, mikäli tarpeellista. Tällä saadaan purkutoimenpidettä nopeutettua, sekä estetään aineiden sekoittuminen keskenään. Jokaisen osaston pohjarakenteen tulee olla kokonaan tyhjentyvä.

Putkisto rakennetaan mahdollisimman kevyeksi ja ADR-vaatimusten mukaisesti. Putkissa olevia venttiileitä, jotka ohjaavat tuotteen kuljettamisen putkistossa, hallitaan yleensä mekaanisesti tai pneumaattisesti. Putkiston ohjauksessa voidaan hyödyntää nykyään erilaisia järjestelmiä, jotka parantavat turvallisuutta ja tehokkuutta.

2.3 Lastaus- ja purkutoimenpiteet

Säiliöajoneuvoilla yleensä on määritelty tietyt ajorutiinit ja purkupaikat kuljetusyriyten asiakkaiden vaatimusten mukaisesti. Säiliöajoneuvon ajorutiini määrittelee myös osan säiliöajoneuvon osastojen tilavuuksista.

Osastot pyritään rakentamaan ajosuunnitelman mukaisesti siten, että voidaan tyhjentää kokonaan

Ajosuunnitelman lisäksi tehdään jokaiselle säiliöautolle lastaussuunnitelma, joka määrittelee lastattavan tuotteen määrän ja purkupaikat ajosuunnitelman mukaisesti. Lastaus tapahtuu lastauspaikassa pumpulla, lastauspaikan oman mittarin ja lastaussuunnitelman mukaisesti. Tällä pyritään hallinnoimaan myytävää tuotteen määrää sekä dokumentointia, koska kuljetettavan tuotteen todellinen lastausmäärä ja purettu määrä on hankalaa todentaa. /6, kohta 4.3/

Lastattava ja purettava tuotteen määrä vaihtelee dieselin, bensiinin tai muun polttoaineen tiheyden muutoksesta lämpötilan suhteen. Ominaislämpökapasiteetti vaikuttaa todelliseen lastattuun tai purettuun määrään kilogrammoina ilmoitettuna. Näitä asioita pyritään tarkastelemaan ja hallinnoimaan erilaisilla mittari- ja tukijärjestelmillä. /6, kohta 4.3/

2.4 Toiminnan tehokkuus

Säiliöajoneuvon toiminnan tehokkuuteen vaikuttaa ajoneuvoa hallinnoivan kuljetusyrityksen kokonaisvaltainen toiminta. Toiminnalla tarkoitetaan ammattitaitoisia kuljettajia, jotka vastaavat varsinaisista purku- ja lastaustoimenpiteistä, Logistista suunnittelua ja hallinnollisia palveluita.

Säiliöajoneuvon osalta kuitenkin loppukäyttäjän tehokkuutta voidaan helpottaa ja parantaa säiliöajoneuvojen valmistajien puolesta toteuttamalla ajoneuvo rakenteeltaan ja ominaisuuksiltaan tehokkaaksi. Tehokkuutta voidaan parantaa erilaisilla rakenteellisilla ominaisuuksilla, joilla todellinen hyötykuorma saadaan mahdollisimman suureksi.

Lisäksi laitteistoa, jota käytetään purku- ja lastaustoimenpiteissä, voidaan kehittää parantamalla tuotteen virtausnopeutta ajoneuvosta kohdesäiliöön mekaanisilla laitteilla, mutta myös elektronisilla järjestelmillä. Turvallisuuteen liittyvät asiat parantavat myös osaltaan ajoneuvon tehokasta käyttöä, kun virheitä käytössä ei pääse tapahtumaan. Virheiden kustannukset ovat parhaassa tapauksessa vain suuria rahallisia menetyksiä kuljetusyritykselle, mutta pahimmillaan hengenvaarallisia monille ihmisille.

Erilaisilla mittari- ja tukijärjestelmillä parannetaan säiliöajoneuvon turvallisuutta, mutta samalla myös käytön tehokkuutta. /1/

Purkutoimenpiteet voidaan toteuttaa monella tavalla. Yksinkertaisin tapa on avata mekaanisesti purettavan osaston purkuventtiilit. Mekaaniset venttiilit ovat varmatoimisia, mutta niiden puutteena on turvallisuuden ja väärinkäyttöjen mahdollisuus. Tämän takia on kehitetty pneumaattisesti toimivia venttiileitä, joihin on liitetty elektronisia antureita. Nämä estävät väärinkäyttöä sekä ohjaavat venttiileitä nopeammin ja turvallisemmin kuin vastaavat mekaaniset laitteet. /2/

Antureiden ja venttiileiden pohjaksi voidaan asentaa kokonaisvaltaisia järjestelmiä, jotka sisältävät tuotteen purettavan määrän mittausta, ylitäytön antureita, sinetöintijärjestelmiä, jotka estävät tuotteiden sekoittumista, venttiilien valvontajärjestelmiä sekä muita mittarijärjestelmiä. Mahdollisuudet asennettaville järjestelmille ovat suuret, mutta mittarijärjestelmien tarpeen määrittäminen, ajoneuvo- ja yrityskohtaisesti on vaikeaa. Jokaiselle ajojärjestelylle ja säiliöajoneuvolle on omankaltaiset tarpeet ja vaatimukset, joita pyritään selvittämään niiden teknisten ominaisuuksien osalta hyötysuhteessa toiminnan tehokkuuteen ja turvallisuuteen.

3 Säiliöajoneuvon mittarijärjestelmät

Säiliöajoneuvon mittarijärjestelmät ovat laitteita, joilla mitataan purettavaa määrää säiliöajoneuvosta kohdesäiliöön. Mittarin tehtävä on laskea polttoaineen purettu määrä. Kuljetusyritysten on välttämätöntä tietää purettu määrä, jotta polttoainekuljetuksista saadaan tarpeelliset dokumentit laskutusta ja seurantaa varten.

Mittarijärjestelmiin liittyvät myös olennaisena osana erilaiset varo- ja hallintajärjestelmät. Tällaisia järjestelmiä käytetään parantamaan säiliöajoneuvon purku- ja lastaustoimenpiteiden turvallisuutta, tehokkuutta ja hallintaa.

Mittarijärjestelmän käyttö riippuu aina säiliöajoneuvon tyypistä, kuljetettavasta aineesta ja ajosuunnitelmasta. /3/

Mittarijärjestelmää käytetään Suomessa yleensä vain pumpattaville aineille. Polttoainetta kuljettavissa perävaunuissa ei käytetä mittarijärjestelmiä, koska purkutoimenpiteet toteutetaan pääsääntöisesti vapaapurkuna. Vapaapurku-mittareiden käytöstä on suomessa pääosin luovuttu, mikä johtuu ajosuunnitelmista ja säiliöajoneuvojen rakennesuunnittelusta.

Vapaapurkuna tyhjennetään yleensä koko osasto, jolloin tuotteen mittausta ei tarvita, sillä osaston koko on aina tiedossa. Joissain tapauksissa myös asiakkaalla on mittausjärjestelmä, jonka ansiosta vapaapurkuun ei tarvita säiliöajoneuvon erillistä mittarijärjestelmää. /2/

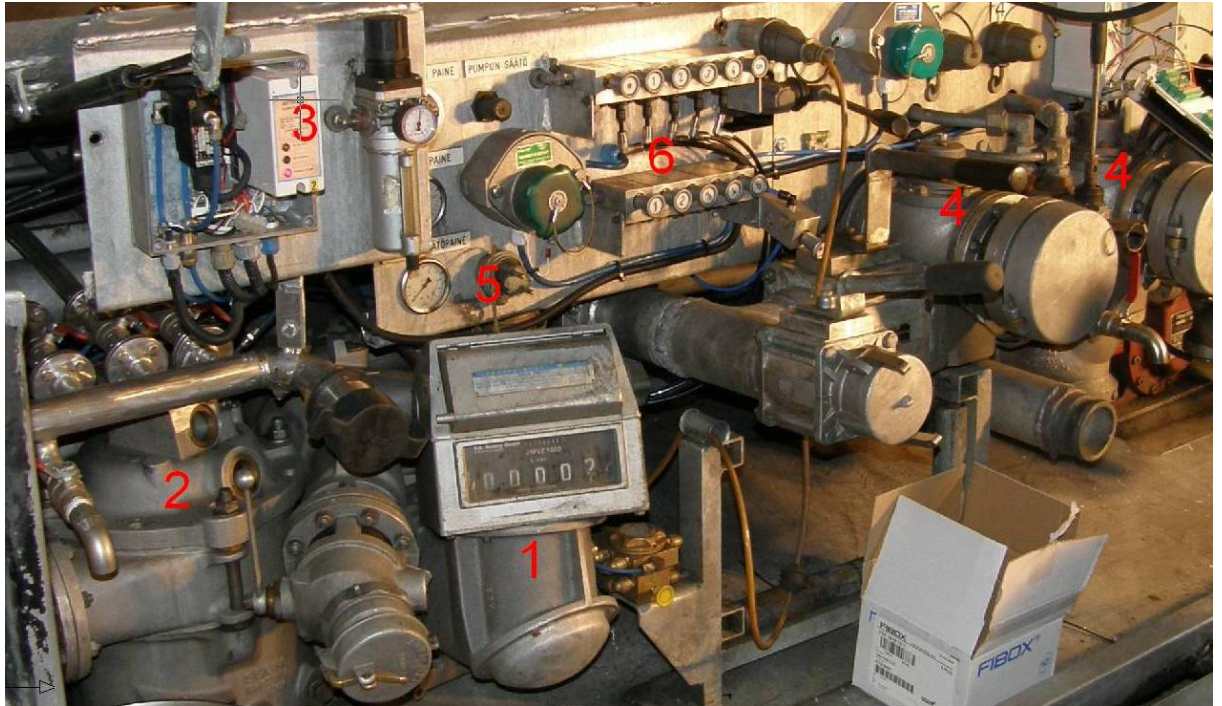
Jokaisessa tilanteessa tulee huomioida säiliöajoneuvon tyyppi, kuljetettava aine ja kuljetussuunnitelma, kun suunnitellaan mittarijärjestelmän ja siihen vaikuttavien asioiden toteutusta.

3.1 Mittarijärjestelmien toimintaperiaate

Mittarijärjestelmiä on erilaisia, mutta niiden pääasiallinen toimintaperiaate ja tarkoitus ovat samankaltaisia valmistajasta riippumatta. Teknisten ominaisuuksiensa ja samankaltaisen asennuksen ansiosta räätälöinti on jossain tapauksissa mahdollista ilman koko mittarijärjestelmän uusimista. /9/

Yksinkertaisimmat mittarijärjestelmät koostuvat seuraavista osista: Ilmanerottaja, virtausmittari, ja mittalaite. Periaatteessa nykyaikaisetkin mittarijärjestelmät koostuvat samoista komponenteista, mutta nykyään mittareihin on integroitu myös muita järjestelmiä tukemaan yleistä käyttöä. Kuvio 5 esittää erään mittausjärjestelmän toteutuksen osakokonaisuuden puoliperävaunussa. Kuvassa on näkyvillä mittarijärjestelmän kannalta tarkasteltuna:

1. Mittalaite
2. Ilmanerotin
3. Ylitäytönestin
4. Jakotukki
5. YTE-pistoke
6. Jakotukin lohko



Kuvio 5: Puoliperävaunun sivukaappi (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Yleisellä tasolla mittarilla purettaessa työkierto tapahtuu samalla tavalla järjestelmästä riippumatta. Purkutoimenpiteet toteutetaan polttoaineletkun avulla säiliöajoneuvon jakotukista. Polttoaineletku liitetään säiliöajoneuvosta kohdesäiliössä olevaan putkistoon, minkä jälkeen varsinainen purku, mittarijärjestelmät kautta, voidaan aloittaa. /9/

Polttoaineen paine purussa neste virtaa tuotepumpun (kuvio 6) ja venttiilien kautta aluksi ilmanerottajalle (kuvio 7), joka erottaa ilman varsinaisesta tuotteesta. Ilmanerottajalta polttoaine kulkeutuu virtausmittariin (kuvio 8) ja sen mittapesään, jossa varsinainen tuotteen laskeminen tapahtuu. Virtausmittariin kytketään laskijalaite (kuvio 9), joka indikoi varsinaisen laskennan numeraaliseksi tulokseksi. Tulos ilmoitetaan mittalaitteen näytölle yleensä litroina. Lopuksi mittalaitteeseen kytketystä kuittitulostimesta (kuvio 10) saadaan tulostettua mittalaitteen lukeman mukaan kuitti puretusta määrästä. /9/

3.2 Mittarijärjestelmien komponentit

Mittarijärjestelmien käytännön toteutukset vaihtelevat valmistajan ja tekniikan mukaan, mutta varsinainen toimintaperiaate on perinteisissä mittarijärjestelmissä samanlainen. Nykyään on kuitenkin kehitetty uusia järjestelmiä, jotka ovat täysin elektronisia, eikä varsinaisia mittapesiä tai ilmanerottajia tarvita. Näiden järjestelmien toimintaperiaate poikkeaa perinteisiin järjestelmiin verrattuna niin teknisiltä ominaisuuksiltaan kuin myös toteutukseltaan

3.2.1 Tuotepumppu

Tuotepumpun (kuvio 6) tehtävä on pumpata säiliöajoneuvon osastossa oleva tuote putkiston kautta purkuventtiiliin, josta varsinainen tuote saadaan ulos.

Säiliöajoneuvoissa käytettävät tuotepumput ovat pääsääntöisesti hydraulikkamoottorilla ohjattavia tuotepumppuja, joilla voidaan pumpata polttoainetta osastoista 500–1500 litraa minuutissa riippuen pumpun koosta, käyttötehosta, hydraulisen moottorin kierrosnopeudesta, sekä säiliöajoneuvon rakenteellisten ominaisuuksien rajoituksista. Yleensä saavutetaan kuitenkin n. 800–1000 l/min virtausnopeus. /8/

Tuotepumppu rajaa ajoneuvon hydrauliset asennukset ja komponentit vaatimustensa mukaan. Säiliöajoneuvon suunnittelussa tulee miettiä mahdollisuudet käyttää erityyppisiä tuotepumppuja niiden tilavaatimusten ja tuotto-ominaisuudet huomioiden. Tuotepumpun valinnassa täytyy myös huomioida muut purkutoimenpiteissä tarvittavat komponentit, kuten purkuletkujen koko, halutun virtausnopeuden saavuttamiseksi. /9/



Kuvio 6: Alfons Haar-tuotepumppu vetoautosäiliön kaapissa (kuva K.P. Säiliöt Ay)

3.2.2 Ilmanerottaja

Ilmanerottaja (kuvio 7) on välttämätön osa perinteisiä mittarijärjestelmiä. Ilmanerotajan tehtävä on erottaa putkistoon syntyvä ilma ennen kuin varsinainen tuote etenee virtausmittariin. Ilmanerotajan sisällä on kammio, johon polttoaine kulkeutuu ja jossa varsinaisesta tuotteesta erotetaan ilma ennen kuin polttoaine jatkaa matkaansa virtausmittariin. Ylimääräinen ilma virtausmittarissa sekoittaa virtausmittarin laskennan.

Ilman pääsy virtausmittariin tuottaa virheellisen laskennan puretussa määrässä, koska mittari saattaa tulkita sinne päätyneen ilman myös varsinaiseksi polttoaineeksi. Ilmanerottaja on valmistajasta riippuen erilaisia, mutta niiden käyttötarkoitus ja tekniset ominaisuudet ovat samankaltaisia. /9/

Ilmanerottajat ovat mekaanisia laitteita, mutta nykyään niihin on liitetty elektronia antureita, jotka mittaavat putkistossa olevia virtausarvoja ja näin ollen pystyvät erottelemaan ilmakuplat paremmin. Putkistossa syntyviä ilmakuplia ei saada poistettua välittömästi, ja ne saattavat päästä virtausmittarille asti.

Elektronisella anturilla varusteltu ilmanerottaja on kytketty myös pohjaventtiiliin pneumaattisesti, jolloin sulkuventtiili menee kiinni ja tuotteen purku keskeytyy automaattisesti, kunnes ilmanerottaja on poistanut ylimääräisen ilman putkistosta. /10/



Kuvio 7: FMC Seningin valmistama ilmanerotin (kuva K.P. Säiliöt Ay)

3.2.3 Virtausmittari

Virtausmittari (kuvio 8) on laite, jossa varsinainen polttoaineen mittaus tapahtuu. Mittarin laskentajärjestelmä vaihtelee hieman valmistajasta riippuen. Yleensä perinteisissä järjestelmissä virtausmittarit ovat pakkosyöttöön perustuvia mittareita, joissa nesteen liike aiheuttaa mittarissa olevien roottoreiden pyörimisen. Pyörimisnopeudesta mittari pystyy laskemaan varsinaisen aineen virtausnopeuden minuutissa. Tämä tieto välittyy mittalaitteelle erinäisin keinoin, joko mekaanisella pyörivällä akselilla tai anturilla. /9/



Kuvio 8: SAMPI-virtausmittari (kuva K.P. Säiliöt Ay)

3.2.4 Mittalaite

Mittalaite tai laskijalaite (kuvio 9) on virtausmittariin kytkettävä laite, joka ilmoittaa virtausmittarin laskeman nopeuden ja ajan perusteella ainemäärän, joka kulkee mittarin läpi. Mittalaitteet ilmoittavat tuloksen yleensä litroina. Mittalaitteiden ominaisuudet vaihtelevat valmistajasta ja mallista riippuen. Kuviossa 9 näkyvät kaksi elektronista mittalaitetta saavat lukeman antureiden avulla virtausmittarista, kun taas kuviossa keskellä oleva analoginen laite laskee tuotteen määrän mekaanisesti. /9/



Kuvio 9: Kolme erilaista mittalaitetta (kuva K.P. Säiliöt Ay)

3.2.5 Kuittitulostin

Kuittitulostimella (kuvio 10) tulostetaan asiakkaalle kuitti puretusta ainemäärästä. Kuitit toimivat myös rahtikirjoina kuljetusyrityksen kirjanpitoa varten. Kuitille tulostuva määrä ilmoitetaan yleensä litroina mittalaitteen antaman tuloksen perusteella.

Elektronisissa mittarijärjestelmissä kuitti tulostuu mittalaitteen antaman tulosten mukaisesti. Kuittiin voidaan määritellä erilaisia kriteerejä, kuten puretut litrat lämpötilakompensoituna tai muita haluttuja indikaattoreita. Mekaanisessa mittalaitteessa kuitti rullataan ulos laitteesta olevalla rullalla, jossa on mahdollista saada kuitille näkyviin ainoastaan mittalaitteen lukema. /9/



Kuvio 10: Mekaaninen ja elektroninen kuittitulostin (kuva K.P. Säiliöt Ay)

3.3 Mekaaniset järjestelmät

Perinteiset mekaaniset mittarijärjestelmät eroavat nykyään käytetyistä elektronisista mittarijärjestelmistä suhteellisen vähän. Suurin ero mekaanisissa ja elektronisissa järjestelmissä on teknisten ominaisuuksien määrä. Mekaanisissa järjestelmissä on osittain täysin samat komponentit kuin elektronisissa järjestelmissä. Suurimmat erot liittyvät venttiilien toimintaan, kuittien tulostukseen, mittalaitteen toimintaan sekä käyttö- ja turvallisuusasioihin.

3.3.1 Venttiilien toiminta

Mekaanisissa mittarijärjestelmissä käytettäviä venttiileitä ohjataan mekaanisesti. (kuvio 11). Säiliöajoneuvoissa käytettävät osastojen pohjaventtiilit ovat yleensä sellaisissa paikoissa, ettei niitä päästä helposti päästä avaamaan, joten niiden avausmekanismia ei päästä aina suoraan käyttämään.



Kuvio 11: Kahvalla avattava palloventtiili (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Mekaanisissa mittarijärjestelmissä, joissa on analoginen mittalaite ja mekaaninen virtausmittari, voidaan käyttää myös pneumaattisesti ohjattuja venttiileitä. Käytännössä kuitenkin, kun venttiilien ohjaustapa muutetaan pneumaattiseksi, päivitetään myös mittalaite.

3.3.2 Mekaanisen mittarijärjestelmän toiminta

Polttoainetta kuljettavissa ajoneuvoissa käytetään turbiinimittareita ja pakkosyöttöön perustuvia tilavuusmittareita, kun tarkastellaan mekaanisia järjestelmiä.

Turbiinimittareiden toiminta perustuu virtausmittarin sisällä olevaan pyörivään roottoriin. Roottorissa olevat terät on rakennettu samalla periaatteella kuin hammaspyörät, jolloin terät muodostavat kulman, jonka avulla virtaus muuttuu rotaatioenergiaksi. Roottori on kiinnitetty pyörivään akseliin, jolloin nesteen suhteellinen virtausnopeus aiheuttaa roottorissa pyörimisliikkeen, josta varsinainen virtausnopeus saadaan laskettua. /11/

Pakkosyöttöön perustuva virtausmittari on yleisemmin Suomessa käytetty mittari polttoaineen määrää laskettaessa. Pakkosyöttöön perustuva tilavuusmittari on ainoa virtausmittari mekaanisissa järjestelmissä, joka mittaa suoraan mittarin läpi kulkevan nesteen. Suora mittaus perustuu virtausmittarin ominaisuuteen sulkea läpi virtaava neste toistuvasti mittarin sisään pyörivien roottorien avulla. Roottorit estävät nesteen kulkeutumisen eteenpäin putkistossa hetkellisesti, jolloin virtausmittari tunnistaa nesteen määrän, joka on suljettuna roottoreiden muodostamaan taskuun. Kuvio 12 esittää erään tilavuusmittarin roottoreiden toiminnan. /12, s. 6/



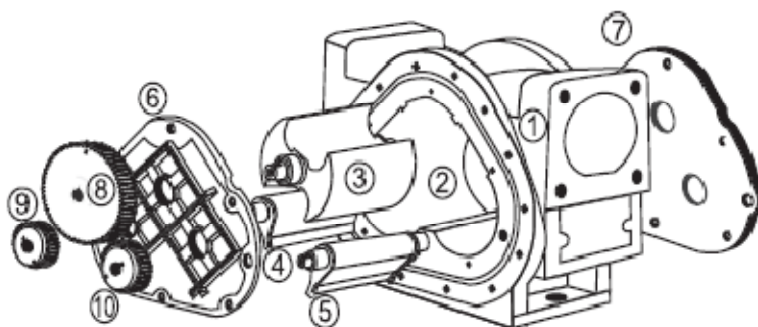
Kuvio 12: Tilavuusmittarin roottoreiden toimintaperiaate /12, s. 6/

Turbiinimittarin tavoin pakkosyöttöön perustuva mittari pystyy laskemaan nesteen virtausnopeuden nesteen suhteellisen virtaamisnopeuden kasvattaessa roottoreiden rotaatioenergiaa ja näin ollen pyörimisnopeutta.

Pakkosyöttöön perustuvat virtausmittarit ovat aina toiminnaltaan samanlaisia, mutta niiden rakenne vaihtelee hieman valmistajasta riippuen. Rakenteen erilaisuuden lisäksi virtausmittarien suurin mahdollinen nominaalinen virtausnopeus vaihtelee valmistajan ja mallin mukaan. Rakennemuutoksien takia, myös mittareiden nettopaino ja suurin sallittu työpaine vaihtelevat. Kuvio 13 esittää erään mekaanisen virtausmittarin räjäytyskuvan. /13 s. 2/

Virtausmittarin komponentit koostuvat yleensä seuraavista osista kuvion 13 mukaisesti:

1. Kotelo
2. Lieriömäinen sylinterin halkaisija
3. Nesteen estoroottori
- 4-5 Nesteen siirtoroottori
- 6-7 Tukilaatta
8. Estoroottorin vaihteisto
- 9-10 Siirtoroottorin vaihteisto



Kuvio 13: Liquid Controlsin pakkosyöttöön perustuva virtausmittari /12, s.6/

Virtausmittarissa oleva vaihteisto ohjaa roottoreita synkronoidusti keskenään, mikä mahdollistaa virtaavan nesteen erottamisen yhtenäisiksi samankokoisiksi osiksi. Nesteen estoroottorissa olevan nestetilän tilavuus tiedetään, joten voidaan suoraan määrittää tilaan kulkeutunut nesteen määrä ja näin ollen todellinen virtaavan nesteen tilavuus. Mekaanisessa virtausmittarissa täytyy tietää myös nesteen virtaussuunta, jotta vaihteisto toimii oikein ja mittaus voidaan toteuttaa. /12, s.6/

Virtausmittari kytketään mekaanisissa mittarijärjestelmissä mittalaitteeseen roottoreiden ja vaihteiston kautta kulkevan akselin avulla, joka pyörittää mittalaitteen näyttöä samalla, kun neste virtaa mittarin läpi. Mittalaitteen vaihteisto on säädetty siten, että se antaa lukeman virtausmittarin laskeman nesteen määrän perusteella. Täytyy kuitenkin huomioida, että vaihteisto, joka kytketään mittalaitteen ja virtausmittarin välille on yhteensopiva molempien laitteiden kanssa. Vääränlainen vaihteisto saattaa rikkoa virtausmittarin tai mittalaitteen osia. Lisäksi vääränlainen vaihteisto vääristää nestemäärän todellisen mittausarvon käyttökelpottomaksi. /14/

3.3.3 Teknisten ominaisuuksien tarkastelu

Mekaanisten mittarijärjestelmien etuna on niiden yksinkertaisuus. Yksinkertaisella laitteistolla laitevikojen määrä on suhteellisen pieni verrattuna uudempiin elektronisiin mittarijärjestelmiin, joita ohjataan pääsääntöisesti sähköisesti ja pneumaattisesti.

Mekaanisissa järjestelmissä inhimillisten virheiden määrä kuitenkin on suhteellisen suuri verrattuna elektronisiin tai osaksi elektronisiin järjestelmiin. Mekaanisista järjestelmistä puuttuu turvallisuuteen liittyviä komponentteja, jotka estävät tai sulkevat mittarijärjestelmän toiminnan, ja näin ollen nesteen virtauksen, heti kun vaaratilanne syntyy.

Mekaanisten järjestelmien yksinkertainen käyttö myös rajaa säiliöajoneuvon tehokkuutta. Mekaanisilla järjestelmillä pystytään purkamaan ja lastaamaan polttoainetta hitaammin kuin elektronissa järjestelmissä, sillä mekaaniset virtausmittarit kärsivät osien kulumisesta. Vaikka varsinaisesti virtausmittareissa ei ole metallikosketusta osien välillä, komponentit kuluvat, kun virtausnopeus tai käyttöpaine kasvaa tarpeeksi suureksi.

Mekaanisia mittarijärjestelmiä tarkasteltaessa, on järkevää tutkia mittarijärjestelmän ja siihen vaadittuja komponentteja kokonaisuutena. Kaikki venttiilit ja muut käyttöön tarvittavat osat ovat kuitenkin ehdoton vaatimus mittarijärjestelmälle.

Yleensä polttoainetta kuljettavissa ajoneuvoissa Suomessa kuitenkin käytetään erilaisia hybridi-malleja säiliöajoneuvon ohjausjärjestelmissä varsinkin, kun uusitaan laitteistoa. Yleensä ei kannata rakentaa koko järjestelmää ja putkistoa kokonaan uusiksi, sillä vanhan järjestelmän päälle voidaan rakentaa parannuksia suhteellisen helposti.

Polttoainetta kuljettavissa ajoneuvoissa, joissa on ollut käytössä täysin mekaaninen järjestelmä, modernisoidaan ja lisätään yleensä ainakin seuraavanlaisia komponentteja ja käyttöjärjestelmiä:

- Muutetaan venttiilien ohjaus osin pneumaattiseksi.
- Lisätään täyttöasteen tunnistusanturit.
- Mittalaite vaihdetaan elektroniseksi.
- Lisätään lämpötila-anturit.

Polttoainetta kuljettavissa säiliöajoneuvoissa modernisoinnit lähes aina parantavat säiliöajoneuvon tehokkuutta, joko vähentämällä inhimillisten virheiden määrää tai vastaavasti kasvattamalla purku- ja lastausnopeutta.

3.4 Elektroniset järjestelmät

Elektronisista mittarijärjestelmistä puhuttaessa tarkoitetaan käytännössä säiliöajoneuvoa, jossa on elektroninen mittalaite ja muita sähköisesti ja pneumaattisesti toimivia tukijärjestelmiä. Varsinainen virtausmittari toimii kuitenkin mekaanisesti samalla periaatteella kuin mekaanisissa järjestelmissä. Suurin eroavaisuus täysin mekaaniseen mittarijärjestelmään on mittalaite ja sen toiminnallisuuteen liittyvät mahdollisuudet.

Lisäksi elektronisiin mittarijärjestelmiin käytännössä aina liitetään antureita, joiden avulla voidaan estää säiliön ylitäytyminen ja valvoa venttiileiden toimintaa.

Elektronisiin järjestelmiin saatetaan liittää rinnalle toimintaa parantavia tai turvallisuutta ja valvontaa edistäviä järjestelmiä, kuten osastojen sekoituksenestojärjestelmä. Nämä järjestelmät ovat usein itsenäisiä järjestelmiä, jotka toimivat varsinaisen mittarijärjestelmän kanssa synkronoidusti /15/

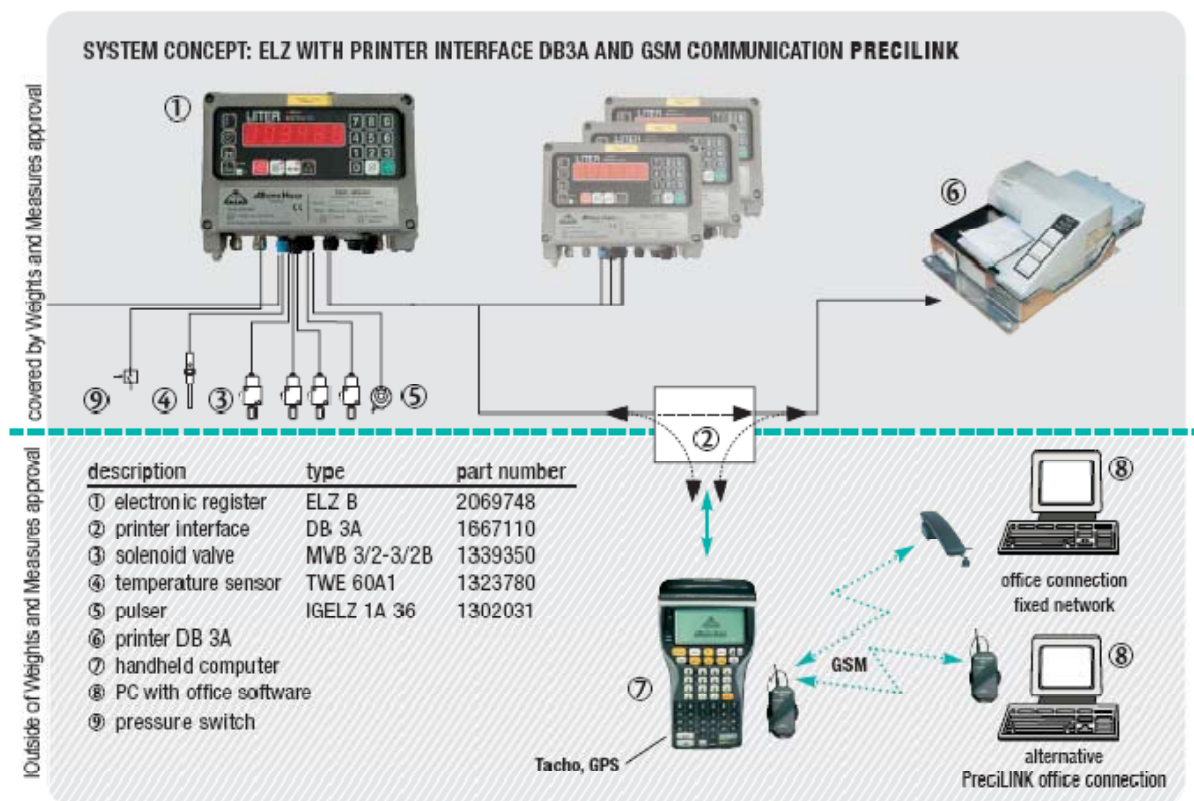
3.4.1 Mittalaite ja komponentit

Elektroninen mittalaite polttoaineen mittaamiseen on teknisiltä ominaisuuksiltaan erittäin monipuolinen verrattuna mekaaniseen mittalaitteeseen. Elektroniset mittalaitteet pystyvät parantamaan huomattavasti säiliöajoneuvon tehokkuutta ominaisuuksien ansiosta. Tekniset ominaisuudet eri valmistajien kesken ovat samankaltaisia tekniikaltaan, mutta niiden toteutus vaihtelee jossain määrin. Tehokkuutta parantavia ominaisuuksia valmistajasta riippumatta ovat:

- Lämpötilakompensointi
- Kuitissa näkyvien erilaisten tietojen määrittely
- Mittalaitteen kalibrointi mittaustarkkuuden parantamiseksi
- Sähköinen tiedonsiirto kuitteja ja laskuja varten
- Lisäaineen syöttöjärjestelmän liittäminen.

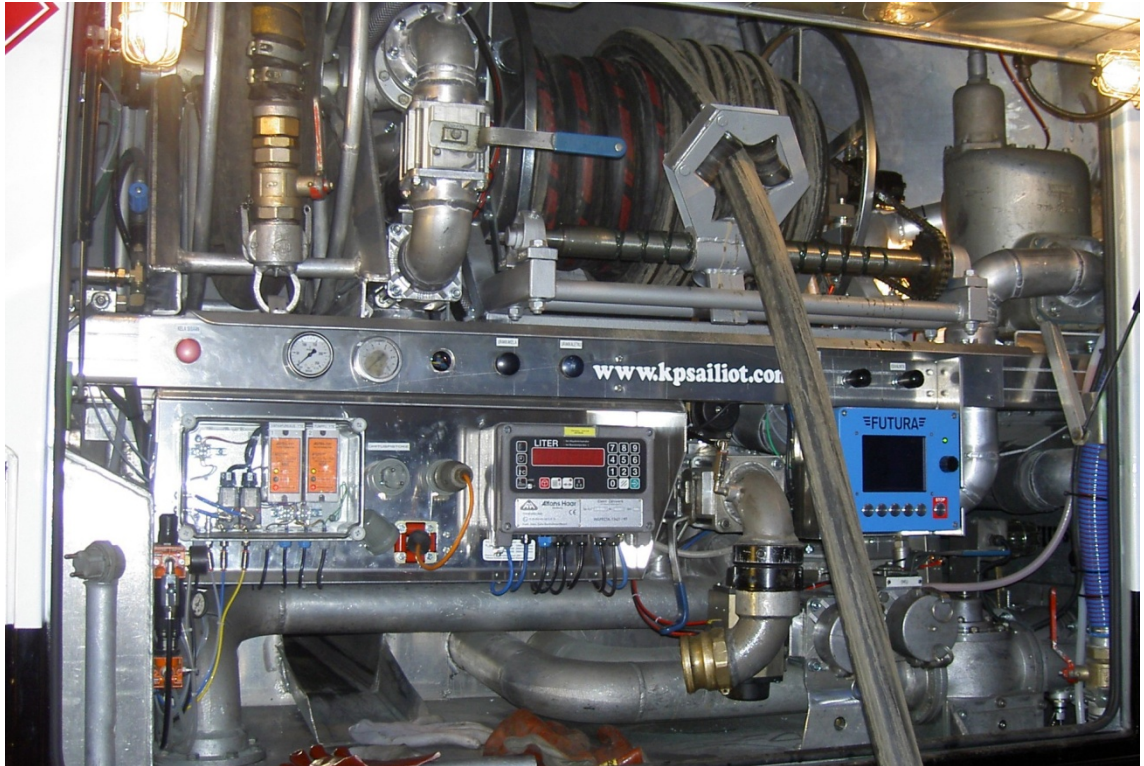
Kuviossa 14 on eritelty erään tuotevalmistaja mittalaitteeseen kytkettävät komponentit:

1. Mittalaite
2. Tulostus rajapinta
3. Magneettiventtiilit
4. Lämpötila-anturi
5. Pulssianturi
6. Tulostinyksikkö
7. Kannettava tietokone
8. Toimistolla käytössä oleva tietokone
9. Painekeytkin



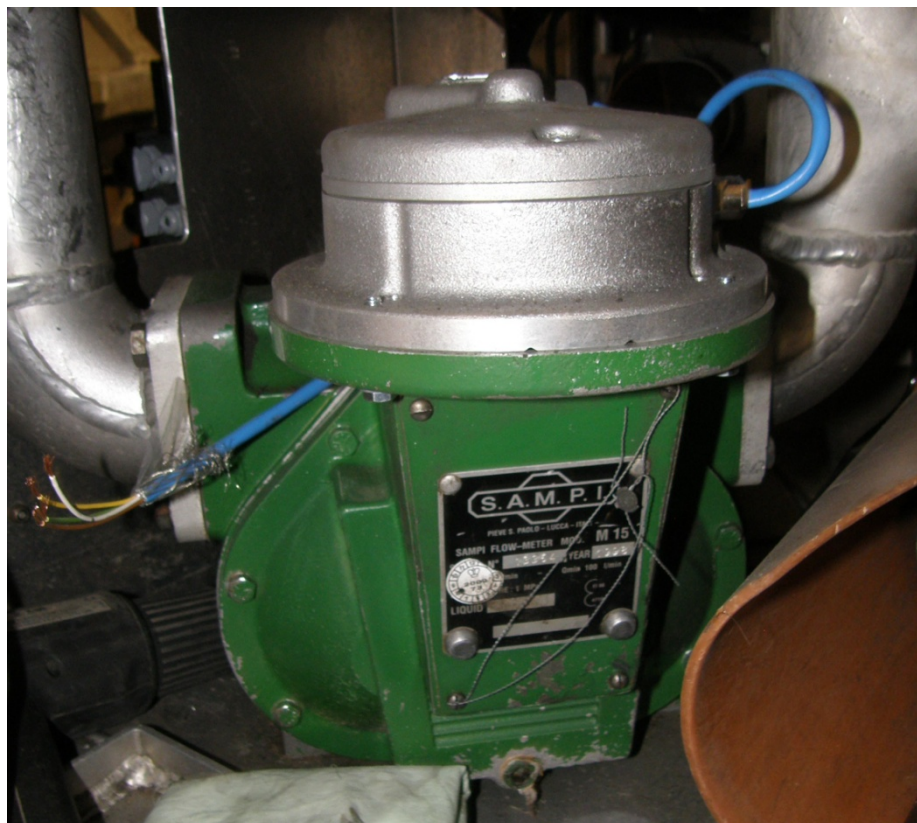
Kuvio 14: Alfons Haar ELZ-mittalaite ja järjestelmä /16/

Elektronisten mittalaitteiden etuna teknisten ominaisuuksien lisäksi on räätälöitävyys. Kuvion 14 perusteella voidaan esimerkiksi liittää säiliöajoneuvo langattomasti verkkoon, jolloin kuljetusyrittäjä näkee reaaliajassa, gps-paikannuksen avulla, missä ajoneuvo liikkuu. Lisäksi langattoman tiedonsiirron avulla voidaan kaikki kuittitulokset ja laskujen siirto lähettää suoraan kuljetusyrityksen toimistoon. Toisaalta säiliöajoneuvoon voidaan asentaa pelkästään kuittitulostin ilman langatonta tiedonsiirtoa. Mittalaite ja siihen liittyvä järjestelmä voidaan suhteellisen helposti, räätälöinnin ansiosta, integroida vanhaan käytössä olevaan järjestelmään, jolloin vanhojen säiliöajoneuvojen modernisointi on mahdollista. Kuvio 15 esittää erään säiliöajoneuvon modernisoidun mittarijärjestelmän. Järjestelmään on liitetty mittalaitteen lisäksi ylitäytönestimen, Futura-järjestelmä ja muita lisälaitteita parantamaan varsinaisen mittarijärjestelmän toimintaa. /16/



Kuvio 15: Säiliöajoneuvon modernisoitu mittarijärjestelmä (kuva: K.P. Säiliöt Ay)

Elektroninen mittalaite voidaan kytkeä lähes mihin tahansa virtausmittariin pulssianturin (kuvio 16) avulla, joka toimii periaatteessa samalla tavalla kuin mekaanisissa mittalaitteissa, mutta kytkennän lisäksi pulssianturi kytketään sähköisesti elektroniseen mittalaitteeseen. Pulssianturin kytkentään liittyvät vaatimukset ovat pääosin samanlaiset kuin mekaanisissa mittalaitteissa. /16/

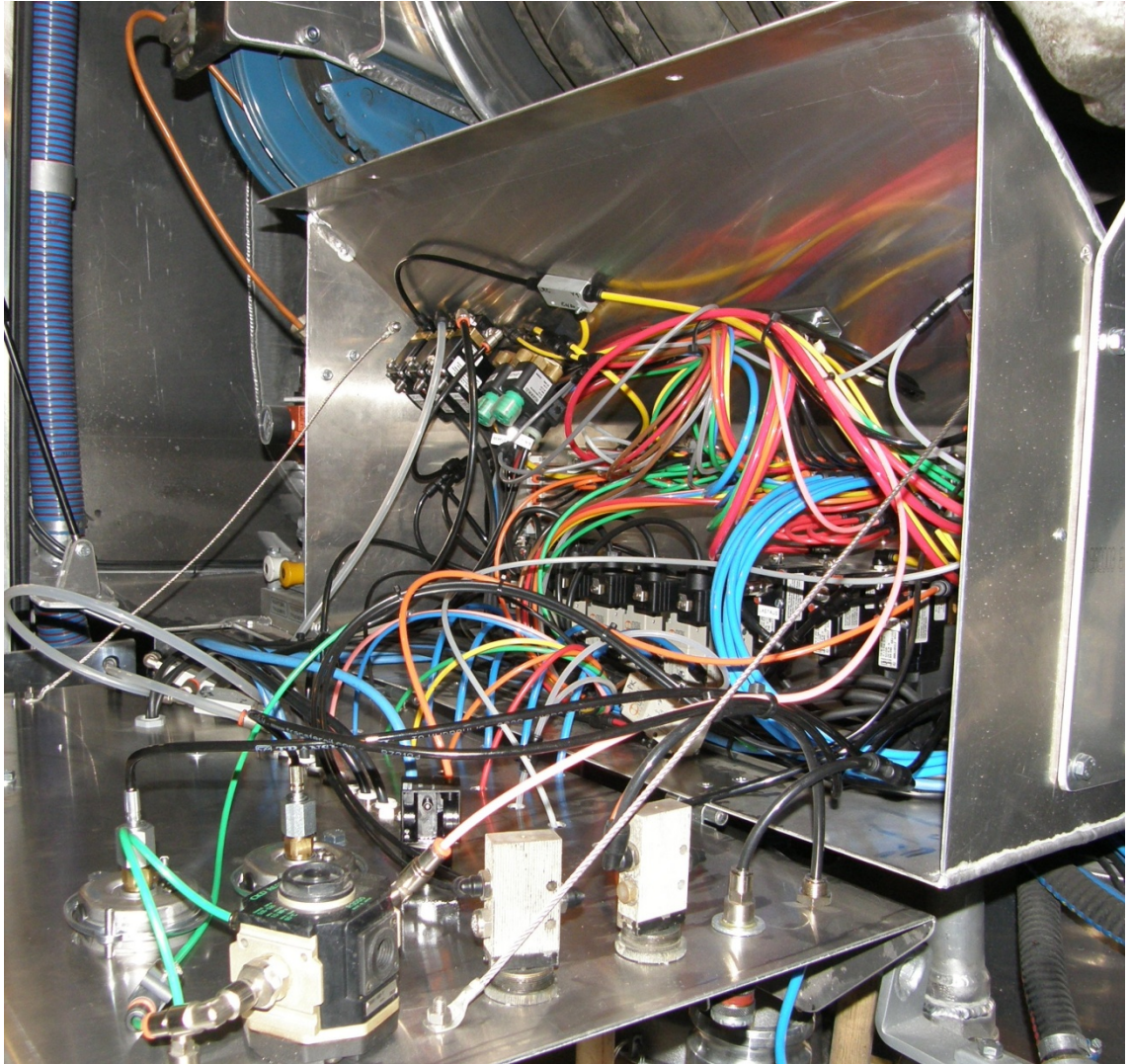


Kuvio 16: Pulssianturi asennettuna SAMPI-virtausmittarin päälle (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Elektronisen mittalaitteen etuna verrattuna mekaaniseen laitteeseen on muokattavuuden ansiosta kalibroitava mittauskerroin. Mittauskertoimen avulla saadaan mittalaitteeseen määriteltäviä virhekertoimia, jotka parantavat vanhan virtausmittarin mittatarkkuutta. Mittauskertoimen määrittäminen vaihtelee aina virtausmittarin tyyppin ja iän mukaan. Käytännössä virtausmittarille ja elektroniselle mittalaitteelle on tehtävä aina määräajoin vakaus, jolla määritellään mittalaitteiden tarkkuus ja toimivuus. Samalla pystytään määrittämään elektronisen mittalaitteen kalibrointikerroin koeajamalla mittalaitteistoa pumppaamalla esimerkiksi polttoöljyä mittalaitteiston läpi. Vakaus on lakiin määritelty pakollinen mittalaitteiden tarkastus, jonka suorittaa Suomessa tarkastuslaitokset vakauslain mukaisesti. /4, 17/

Mittalaitteen asennus ja komponentit kytketään yhtenäiseksi järjestelmäksi mittalaitteessa olevan logiikkapiirin avulla, sekä solenoidi-ohjatuilla pneumatiikkaventtiileillä. Vaikka mittarijärjestelmien valmistajilla on pneumatiikka- ja sähköasennuspiirustukset olemassa, täydellisen järjestelmän asennus (kuvio 17) vaatii ammattitaitoisen sähkö- ja pneumatiikka-asentajan, sillä jokaisen järjestelmän asennus vaihtelee jossain määrin toteutukseltaan.

Mittarijärjestelmään kuuluu yhtenäisenä osana usein eri valmistajien tukijärjestelmiä, sekä mittauslaitteita. Tästä johtuen jokainen asennus on hieman erilainen eikä valmistajan asennuspiirustuksia voida käyttää sellaisenaan integroidun kokonaisvaltaisen järjestelmän luomiseksi /9/



Kuvio 17: Erään mittarijärjestelmän asennus (kuva K.P. Säiliöt Ay)

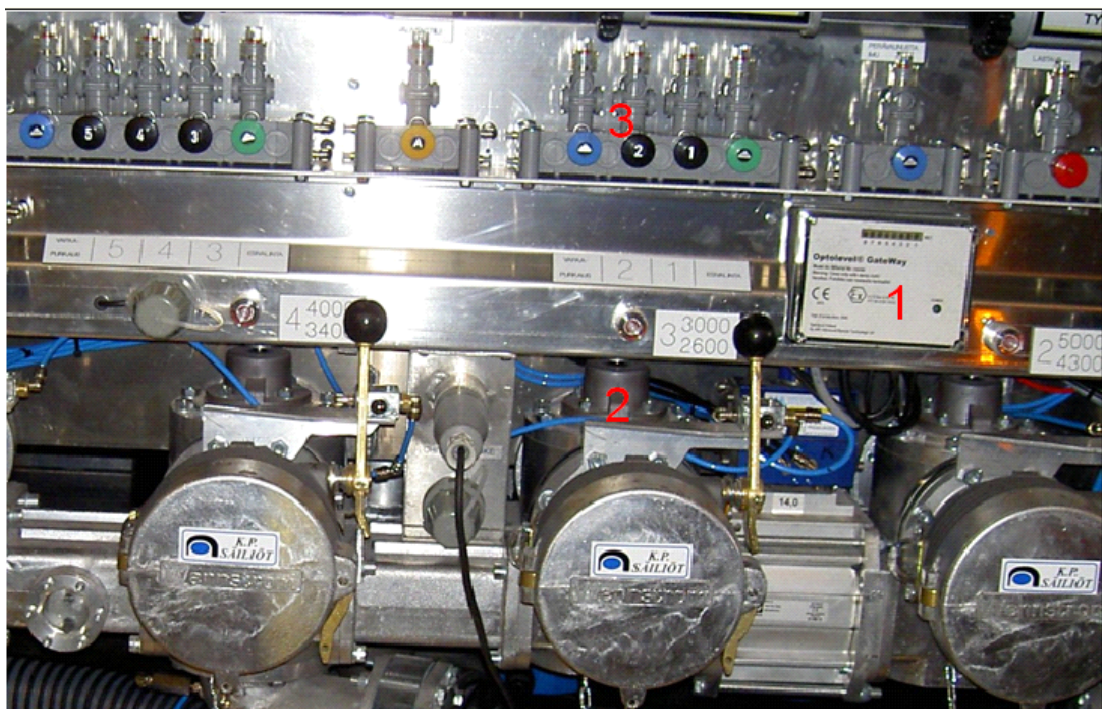
3.4.2 Venttiilien toiminta

Elektronisissa mittarijärjestelmissä venttiilien ohjaus on käytännössä pakko toteuttaa pneumaattisesti muista mittarijärjestelmän komponenteista johtuen. Pneumaattinen ohjaus mahdollistaa mittarijärjestelmien komponenttien ja tukijärjestelmien asennuksen mittarijärjestelmän yhteyteen. Lisäksi venttiilien pneumaattinen ohjaus on erittäin käytännöllinen verrattuna mekaaniseen ohjaukseen.

Mittarijärjestelmien tukijärjestelmien, kuten ylitäytönestimen, toiminta perustuu hyvin usein venttiilien ohjaukseen. Tukijärjestelmien logiikkapiiri tai kytkentäpiiri on kytketty magneettiventtiileihin, jotka ohjaavat venttiilien toimintaa pneumaattisesti.

Magneettiventtiilien avulla tukijärjestelmät pystyvät ohjaamaan venttiilien toimintoja erilaisten anturien ja sähköisten impulssien avulla. Kuvio 18 havainnollistaa pneumaattisesti ohjattujen venttiilien toimintaa ja niihin liittyvien järjestelmien rakennetta. /9/

1. Tukijärjestelmä, OptoLevel GateWay
2. Palloventtiilin pneumaattinen toimilaite
3. Jakotukin lohko venttiilien ohjaukseen.



Kuvio 18: Säiliöperävaunun sivukaappi, venttiilien toiminta (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Säiliöajoneuvon venttiilien ohjaus vaatii kokonaisvaltaisen järjestelmän, joka on kytketty mittarijärjestelmään ja siihen liittyviin tukijärjestelmiin. Tukijärjestelmiin (kuvio 18 kohta 1) kytketyt magneettiventtiilit ohjaavat venttiilien toimintaa ja näin ollen mahdollistavat tai estävät purku- ja lastaustoimet. Tukijärjestelmät ohjaavat venttiileitä pneumaattisella ohjauksella magneettiventtiilien avulla, jotka on kytketty tukijärjestelmän logiikkapiiriin (kuvio 18 kohta 2). Samaan kytkentäpiiriin on liitetty tukijärjestelmän vaatimat anturit ja komponentit, jota pitkin tieto kulkee. Vastaavasti tukijärjestelmä on kytketty mittarijärjestelmään yhtenäisen kokonaisuuden saavuttamiseksi. Venttiilien varsinainen ohjaus tapahtuu pneumaattisella ohjauslohkolla joka on suoraan kytketty venttiileihin. (kuvio 18 kohta 3). Tukijärjestelmät ainoastaan sulkevat venttiilit vika- tai väärinkäyttötilanteessa tai vastaavasti estävät venttiilien avauksen. /9/

3.4.3 Tukijärjestelmät

Elektronisiin mittarijärjestelmiin kuuluvat olennaisena osana erilaiset tukijärjestelmät. Tukijärjestelmät ovat itsenäisiä lisäjärjestelmiä, jotka on kytketty mittarijärjestelmän yhteyteen parantamaan mittarijärjestelmän turvallisuutta ja toimintoja. Yleisesti käytettyjä tukijärjestelmiä ovat ainakin:

- Gps-paikannus ja sähköinen tiedonsiirto
- Ylitäytönestin
- Osastojen sinetöinti ja valvontajärjestelmä

Sähköinen tiedonsiirto ja gps-paikannus saattavat kuulua mittarijärjestelmään lisävarusteena, yhtenä mittarijärjestelmän moduulina. Sähköinen tiedonsiirto toimii mittalaitteen tukijärjestelmänä, joka mahdollistaa tiedonsiirron puretusta tai lastatusta määrästä suoraan kuljetusyrittäjän toimistolle. Näin myös tuotteen määrä saadaan tallennettua sähköisessä muodossa jatkotoimenpiteitä varten.

Gps sähköisen tiedonsiirron lisänä antaa tiedon siitä missä ajoneuvo on purettu tai lastattu ja mihin kellonaikaan. Ominaisuutena ja tukijärjestelmänä sähköinen tiedonsiirto ja gps parantavat huomattavasti säiliöajoneuvon tehokkuutta.

Ylitäytönestin estää säiliöajoneuvon ylitäyttämisen optisten antureiden avulla. Jokaista osastoa kohden kytketään yksi anturi säiliön päälle siten, että anturi tunnistaa nesteen ennen kuin säiliö on täynnä. Anturi antaa signaalin optisen pistokkeen kautta lastauspäähän, joka vastaavasti sulkee venttiilin ja näin ollen estää polttoaineen virtauksen. Varsinaiset ylitäytönestimet ovat nykyään vähemmän käytössä, sillä niiden tilalle on tullut laajempia valvontajärjestelmiä. Nykyään käytetyillä järjestelmillä on mahdollista, ylitäytön eston lisäksi, sallia tai estää lastaus- ja purkutoimenpiteitä antureiden avulla. Kuvio 18 esittää Suomessa usein käytetyn ylitäytönestimen ja venttiilien valvontajärjestelmän. /17/

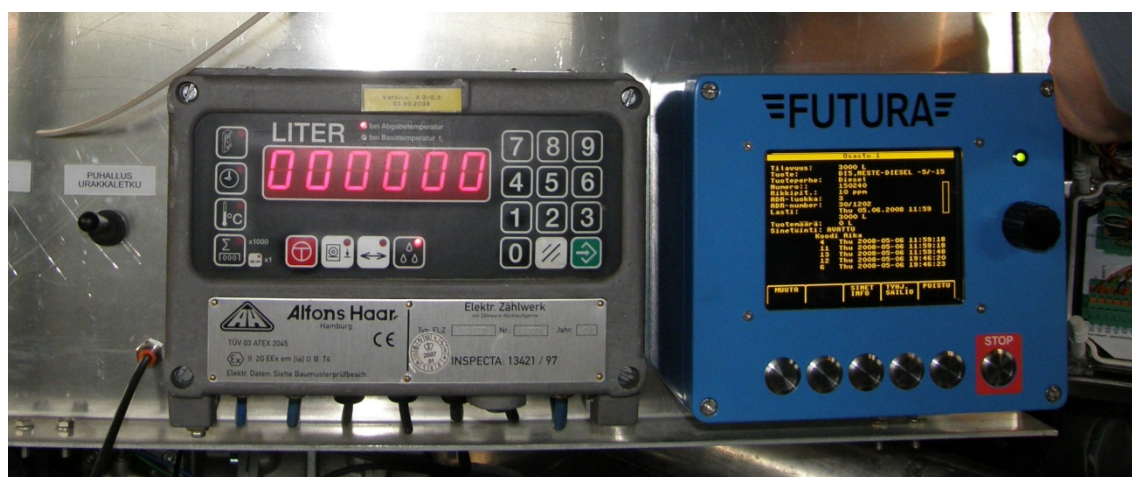


Kuvio 18: Venttiilien valvontajärjestelmä, OptoLevel Gateway (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Venttiilien valvontajärjestelmiä on kehitetty pelkästä ylitäytön estosta kokonaisvaltaisiksi venttiilien valvontajärjestelmiksi. Nykyaikaisilla valvontajärjestelmillä pystytään hallinnoimaan kaikkia venttiileitä, antureita ja säiliön kansien asentoa. Laajan hallinnan ansiosta voidaan käytännössä varmistaa, että purettu ja lastattu tilavuus vastaavat toisiaan, jolloin saadaan puhtaasti sinetöity järjestelmä. Tällä estää varkaudet, kun varsinaiseen tuotteeseen ei päästä käsiksi väärissä olosuhteissa. /17/

Valvontajärjestelmillä voidaan lisäksi hallita tyhjän- ja täydentilan valvontaa, jolloin eri polttoaineet eivät pääse sekoittumaan keskenään. Aineiden sekoittuminen vaikuttaa polttoaineen puhtauteen ja etenkin polttoaineen rikki- ja happipitoisuuteen, josta on annettu direktiivin mukainen määritelmä eri tuotteille.

Venttiilien hallintaan liittyvä tukijärjestelmä kytketään yleensä ylitäytönestimiin, kuittitulosimeen, sähköiseen tiedonsiirtoon ja varsinaiseen mittalaitteeseen, jolloin saadaan yhtenäinen toimiva mittarijärjestelmä. Kuvio 19 esittää erään Suomessa yleisesti käytetyn venttiilien hallintajärjestelmän. /17/



Kuvio 19: Futura järjestelmän käyttöpääte ja mittalaite (kuva K.P. Säiliöt Ay)

Venttiilien hallintajärjestelmän kytkeminen osaksi mittarijärjestelmää muuttaa käytännössä koko purku- ja lastaustoimenpiteen hallinnan tukijärjestelmän päätteen alaisuuteen. Tästä johtuen varsinaista pneumaattista ohjauslohkoa, jolla vanhemmissa järjestelmissä avataan venttiilit, ei enää tarvita koska kaikkien venttiilien toiminta tapahtuu hallintajärjestelmän kautta. Venttiilien hallintajärjestelmää ohjataan pneumaattisesti magneettiventtiilien avulla. Kaikki pneumaattiset toiminnot ja mittarijärjestelmän ominaisuudet kytketään tukijärjestelmän logiikkapiiriin, joko suoraan tai magneettiventtiilin kautta.

3.4.4 Teknisten ominaisuuksien tarkastelu

Elektronisten mittarijärjestelmien tehokkuus ja hyöty verrattuna mekaanisiin järjestelmiin on huomattavan suuri.

Elektronisten mittarijärjestelmien mittaustarkkuus on mekaanisia järjestelmiä parempi, sekä mittalaitteen ominaisuudet mahdollistavat tehokkuuden ja turvallisuuden parantamisen. Yhtenä ominaisuutena elektronisessa mittalaitteessa on lämpötilakompensointi, jonka vaikutukset polttoaineen purkamiseen ja lastaukseen ovat valtavat. Taulukko 1 esittää lämpötilan vaikutusta diesel polttoaineeseen.

Taulukko 1. Lämpötilan vaikutus. /15/

| Lämpötila °C | Määrä (l) | Poikkeama (l) |
|--------------|--------------|---------------|
| 0 | 39520 | -480 |
| 5 | 39680 | -320 |
| 10 | 39840 | -160 |
| 11 | 39872 | -128 |
| 12 | 39904 | -96 |
| 13 | 39936 | -64 |
| 14 | 39968 | -32 |
| 15 | 40000 | 40000 |
| 16 | 40032 | 32 |
| 17 | 40064 | 64 |
| 18 | 40096 | 96 |
| 19 | 40128 | 128 |
| 20 | 40160 | 160 |
| 21 | 40192 | 192 |
| 22 | 40224 | 224 |
| 23 | 40256 | 256 |
| 24 | 40288 | 288 |
| 25 | 40320 | 320 |
| 26 | 40352 | 352 |
| 27 | 40384 | 384 |
| 28 | 40416 | 416 |
| 29 | 40448 | 448 |
| 30 | 40480 | 480 |
| 35 | 40640 | 640 |
| 40 | 40800 | 800 |
| 45 | 40960 | 960 |
| 50 | 41120 | 1120 |
| 60 | 41440 | 1440 |

Lämpötilakompensoinnin avulla mittalaite pystyy laskemaan puretun ja lastatun polttoaineen määrän aina kompensoituna tiettyyn lämpötilaan, jolloin purettu ja lastattu määrä täsmäävät paremmin. Lämpötilan vaikutuksesta todellinen purettu tai lastattu polttoaineen määrä saattaa vaihdella taulukon 1 osoittamalla tavalla. Käytännössä purettu ja lastattu määrä saattavat vaihdella keskenään huomattavan paljon suhteessa varsinaisen polttoaineen hetkelliseen lämpötilaan.

Näin ollen lastattaessa oleva polttoaineen lämpötila ei vastaa enää purettua lämpötilaa, jolloin lämpötilavaihtelun erotus vaikuttaa todellisiin purettuihin ja lastattuihin määriin litroissa mitattuna.

Elektronisten mittarijärjestelmien käyttöikä on mekaanisia versioita parempi, sillä mekaanista kulumista ei tapahdu elektronisessa mittalaitteessa.

Lisäksi mittarijärjestelmään asennettavat tukijärjestelmät parantavat säiliöajoneuvon tehokkuutta ja turvallisuutta kokonaisvaltaisella säiliöajoneuvon hallinnalla.

Sähköisen tiedonsiirron ansiosta vältetään, ainakin osaksi, kuittien tulostukselta ja rahtikirjojen katoamiselta. Kuittien perusteella tapahtuva laskutus nopeuttaa kuljetusyrityksen hallinnollista toimintaa. Lisäksi kuittiin voidaan valita paljon informatiivista tietoa, verrattuna mekaanisiin järjestelmiin. Tämä edesauttaa säiliöajoneuvon liittyvää tietomäärää kuljetuksista.

Venttiilien valvontajärjestelmät parantavat turvallisuuden lisäksi myös säiliöajoneuvon tehokkuutta, sillä väärinkäytöksistä ja huolimattomuudesta aiheutuvat kustannukset ovat erittäin suuret kuljetusyritykselle.

Elektroniset mittarijärjestelmät vaativat aina suuren määrän pneumatiikka- ja sähköasennuksia, sen mukaan kuinka laaja järjestelmä halutaan käyttöön.

Ominaisuuksien lisääntyessä myös asennuksien määrä lisääntyy ja tämä lisää mahdollisuutta väärinkäytöksiin ja sähköisiin vikoihin. Ongelmana elektronisessa mittarijärjestelmässä ovat sen laajat ominaisuudet. Pahimmassa tapauksessa yksi viallinen anturi saattaa estää koko säiliöajoneuvon toiminnan. Sähköviat saattavat estää polttoaineen purkutoiminnan, koska venttiilien valvontajärjestelmää ei voida oikein asennettuna ohittaa.

3.5 Mittatikkuun perustuvat järjestelmät

Mittatikkuun perustuvat mittarijärjestelmät ovat täysin elektronisia järjestelmiä, jotka eivät järjestelmän sisällä vaadi mekaanisesti kuluvia osia. Mittatikkujärjestelmä eli Dipstick-järjestelmä on tällä hetkellä ainut mittausjärjestelmä, jolla pystytään määrittämään säiliöajoneuvon osastossa olevan polttoaineen määrä.

Muut mittarijärjestelmät laskevat ainoastaan puretun määrän, mutta eivät säiliössä jäljellä olevaa määrää.

Dipstick-järjestelmän muut ominaisuudet vastaavat elektronisia mittarijärjestelmiä tukijärjestelmineen. Suurimpina eroina elektronisten ja mittatikkuun perustuvien järjestelmien välillä ovat mittausperiaate, asennus ja komponentit.

Dipstick-järjestelmä ei vaadi varsinaista virtausmittaria laskentaperiaatteensa vuoksi.

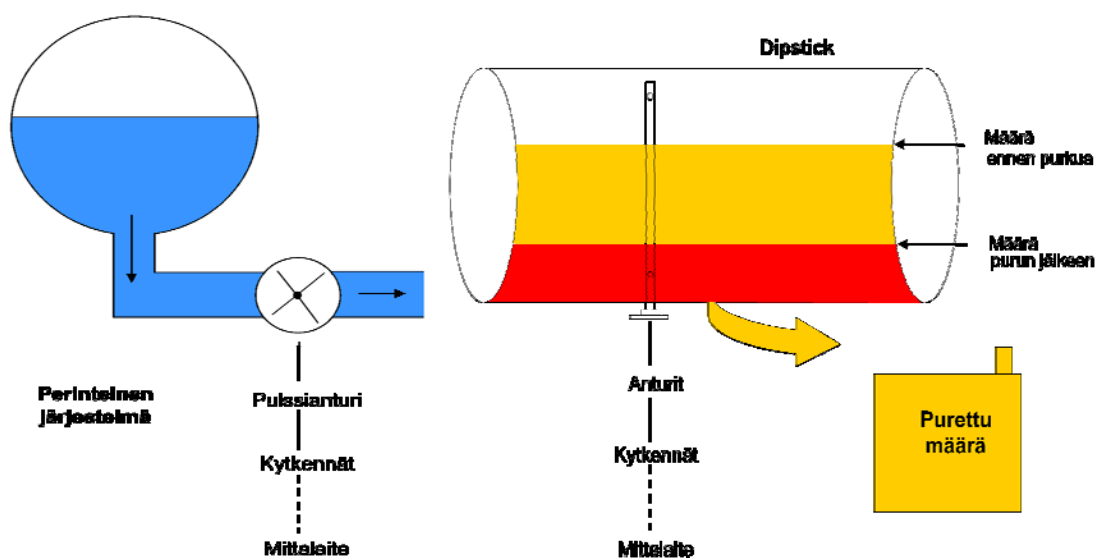
Dipstick-järjestelmä ei ole yhtä hyvin räätälöitävissä muiden järjestelmien kanssa siihen vaadittujen komponenttien ja asennuksen johdosta.

3.5.1 Mittauksen periaate ja ominaisuudet

Mittatikkuun perustuvat järjestelmät mittaavat säiliöajoneuvon polttoainemäärää jokaiseen osastoon asennettavilla mittausputkilla. Mittausputkien eli mittatikukkujen sisällä kulkee, järjestelmän valmistajasta riippuen, kelluva mittausanturi tai ultraääni impulssin tuottava laite, joiden avulla mittaus suoritetaan. Mittatikkuun kalibroidaan osastokohtaisesti säiliöiden tilavuus jolloin voidaan tarkasti määritellä säiliöajoneuvossa oleva tuotemäärä. /18/

Dipstick-järjestelmä laskee puretun ja jäljellä olevan polttoainemäärän erotuksen, mikä parantaa mittaustarkkuutta elektronisiin mittarijärjestelmiin verrattuna. Elektroniset mittarijärjestelmät eivät laske jäljellä olevaa tuotemäärää, joten todellinen osastossa oleva määrä ei ikinä ole tarkasti tiedossa; tämä johtuu lämpötilavaikutuksesta ja muista ilmiöistä, jotka vaikuttavat todelliseen purettuun polttoainemäärään.

Kuvio 20 esittää perinteisen virtausmittariin perustuvan mittarijärjestelmän ja Dipstick-järjestelmän mittauseroja. Dipstick-järjestelmä ei vaadi lainkaan mekaanista virtausmittaria. Virtausmittarin puuttumisen ansiosta Dipstick-järjestelmään ei tarvitse asentaa niin paljon putkistoa polttoaineen virtausta varten vaan polttoaine voidaan suoraan ohjata pohjaventtiililtä purkulinjaan. /18/



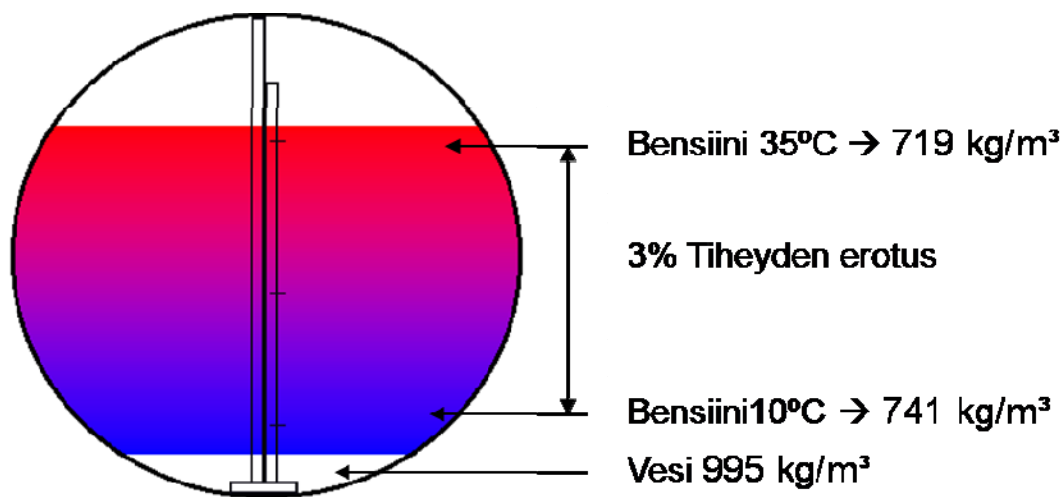
Kuvio 20: Mittausperiaatteiden erot /18/

Varsinainen mittaus suoritetaan kehittyneimmässä Dipstick-järjestelmässä ultraääni impulssin avulla, joka kulkee mittatikun pohjaan asennetusta laitteesta mittatikussa olevan polttoaineen sen hetkiseen nestepintaan ja heijastuu takaisin nestepinnasta. Järjestelmä pystyy laskemaan impulssin edestakaisen kulkunopeuden ansiosta todellisen polttoainemäärän säiliössä. /18/

Polttoaineen määrän laskeminen osastoissa ei kuitenkaan ole yksinkertaista. Todelliseen jäljellä olevaan polttoainemäärään saattaa vaikuttaa myös polttoaineen puhtaus eli lisäaineet, joita varsinaisen puhtaan tuotteen joukossa voi olla. Lisäksi nestepinnan aaltoilu tai säiliön kaltevuudesta johtuva nestepinnan epätasaisuus heikentävät mittaustarkkuutta. Myös varsinaisen purkulinjassa olevan tuotteen määrä on mahdotonta mitata ultranäänipulssin avulla, koska purkuputkistoon jää aina keskimäärin 15–30 litraa polttoainetta purkutoimenpiteiden jälkeen. /18/

Kaltevuudesta, aineen puhtaudesta ja muista mittaustarkkuuteen liittyvistä asioista johtuen mittatikujärjestelmään liitetään märkäantureita ja tunnistimia, joiden avulla voidaan tunnistaa polttoaineen laatu ja määrä. Polttoaineen laatu saadaan selvitettyä tunnistimen avulla (kuvio 21), joka mittaa nesteen tiheyttä. Polttoaineen tiheys poikkeaa lisäaineista, kuten vedestä tai alkoholista, jolloin varsinainen polttoaine saadaan eroteltua mittaustulokseen. Lisäksi märkäantureiden avulla voidaan laskea purettu määrä, kun tiedetään purkuputkiston koko.

Nesteen kulkeutuessa märkäanturin ohi putkisto on täynnä, jolloin mittauspääte automaattisesti lisää laskennallisen tuloksen purettuun kokonaismäärään. /18/



Kuvio 21: Tiheyden mittausanturin periaate, Dezidata GmbH /18/

Pelkkä mittatikku ei riitä kokonaisvaltaiseksi mittarijärjestelmäksi vaan vaatii rinnalleen tukijärjestelmiä, joiden avulla tarpeeksi tarkka tuotemäärän mittaus voidaan suorittaa. /18/

3.5.2 Tukijärjestelmät

Dipstick-mittausjärjestelmän tukijärjestelmät vastaavat teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin paljon Suomessa paljon käytettyä Futura-järjestelmää. Tukijärjestelmät ovat myös Dipstick-järjestelmässä hyvin laajalti venttiilien hallinta järjestelmiä erilaisten anturien avulla. Tukijärjestelmien päätehtävinä on estää tuotteen sekoittuminen, sinetöidä osastot ja parantaa sähköistä tiedonsiirtoa.

Tuotteen sekoittumisen esto purku- ja lastaus toiminnoissa toteutetaan Dipstick-järjestelmässä elektronisesti aineen tunnistusantureiden avulla. Järjestelmä perustuu venttiilien hallintaan, jotka järjestelmä sulkee automaattisesti havaitessaan tuotteiden sekoittumista, ylitäyttöä tai muita häiriötekijöitä. /18/

Osastojen sinetöintijärjestelmä perustuu venttiilien hallintaan ja tuotemäärien mittaukseen. Mikäli lastaus- tai purkutoiminnoissa tapahtuu jotain poikkeavaa, estää sinetöintijärjestelmä purkutoimenpiteet mittaustuloksen tai anturien antaman signaalin perusteella. /18/

Tukijärjestelmät vastaavat elektronisissa mittarijärjestelmissä käytettäviä tukijärjestelmiä ominaisuuksiltaan, mutta niiden toteutukset vaihtelevat valmistajan mukaan. Perinteisten elektronisten järjestelmien ohella myös Dipstick-järjestelmän tukijärjestelmät ovat käytännössä välttämätön osa kokonaisvaltaista mittarijärjestelmää.

3.5.3 Teknisten ominaisuuksien tarkastelu

Dipstick- eli mittatikkuun perustuvan järjestelmän erona perinteisiin järjestelmiin on mittausperiaate ja sen luomat tekniset ominaisuudet. Mittausperiaatteen ansiosta mekaanisista laitteista, kuten virtausmittarista, voidaan luopua, jolloin kuluvien osien määrä pienenee. Mittausperiaatteen ansiosta voidaan säiliöajoneuvon kaikki osastot rakentaa halutessaan tilavuudeltaan samansuuruisiksi.

Perinteisestä järjestelmästä poiketen pystytään jatkuvasti mittaamaan säiliössä jäljellä oleva polttoaineen määrä, jolloin voidaan purkaa polttoainetta ainoastaan haluttu määrä mistä tahansa halutusta osastosta. Perinteisissä mittarijärjestelmissä jäljellä olevaa tuotemäärää ei osaston sisällä tarkkaan tiedetä, joten kuljetusyriytysten on käytettävä säiliöajoneuvoja, joiden osastot on rakennettu ajosuunnitelman mukaan kokonaan tyhjennettäviksi purkupaikassa. Mittatikkuun perustuvan järjestelmän teknisten ominaisuuksien ansiosta säiliöajoneuvoa voidaan käyttää missä tahansa ajojärjestelyssä, jos polttoaine on osastoissa oikeanlaista. /9,17,18/

Mittatikkuun perustuvan järjestelmän etuna, mittausperiaatteen lisäksi, on komponenttien keveys. Mittausperiaatteen ansiosta myös purkuputkiston määrää saadaan vähennettyä, jolloin kokonaisvaltaisen järjestelmän paino on satoja kiloja kevyempi kuin mekaaniset järjestelmät. Keveyden ansiosta säiliöajoneuvoon saadaan lastattua enemmän polttoainetta. Säiliöajoneuvonmaksimi täyttöaste ja paino on tarkkaan määritelty, jolloin komponenttien ja säiliöajoneuvon keveys parantaa varsinaista hyötykuormaa. /9,17,18/

Mittatikkunaan perustuvan järjestelmän ominaisuudet kuitenkin edellyttävät huomattavan paljon sähkö- ja pneumatiikka-asennuksia, jotka edellyttävät valtavan määrän teknistä osaamista. Asennusten ja komponenttien määrä on myös taloudellisesti todella suuri investointi perinteisiin mittarijärjestelmiin verrattuna.

Täysin elektronisen järjestelmän ansiosta komponenteille ei tapahdu mekaanista kulumista, mutta laitevikojen ja häiriöiden määrä kasvaa huomattavasti elektroniikan kasvun myötä, verrattuna perinteisiin järjestelmiin.

4 MITTARIJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Mittarijärjestelmien vertailu on järkevää jakaa ominaisuuksiensa ja vaatimusten suhteen. Varsinainen kannattavuus syntyy aina kuljetusyrittäjän, polttoaineen tuottajan ja asiakkaiden vaatimusten perusteella. Lisäksi kannattaa huomioida myös säiliörakentajien vaatimukset ja ammattitaito mittarijärjestelmien asennuksien osalta, sillä varsinaisten mittarijärjestelmien komponenttien kustannusten lisäksi järjestelmän asennuksesta koostuva investointikustannus määrittelee todella suuren osan varsinaisesta mittarijärjestelmästä. /17, 9/

Varsinaisia investointikustannuksia ei kannata suoranaisesti tarkastella valmistajien osalta vaan pikemminkin mittarijärjestelmien teknisten ominaisuuksien osalta. Vaikka ominaisuudet ovat samankaltaisia niiden asennusvaatimukset ja toteutus vaihtelee valmistajasta riippuen. /9/

Investointien kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa voidaan periaatteessa rahallisesti määrittää, mutta taloudellinen hyöty perustuu hyötykuorman kasvatukseen ja toiminnan tehokkuuteen. Rahallinen hyöty on aina kuljetusyrittäjäkohtainen ja riippuu yritysten välisistä sopimuksista, asiakkaista, ajosuunnitelmista ja kuljetuksista. Näin ollen mittarijärjestelmien ainut järkevä vertailuperiaate on vaatimuksien suhde mittarijärjestelmien teknisiin ominaisuuksiin ja niiden luomiin etuihin tehokkuuden, turvallisuuden ja hyötykuorman kasvatuksen suhteen.

Mittarijärjestelmien osalta absoluuttisesti parasta mahdollista järjestelmää on mahdoton valita, koska valintaan liittyviä asioita voi tulkita monelta näkökannalta ja valintaan liittyvien muuttujien yhtälö on käytännössä mahdoton ratkaista. Paras mahdollinen järjestelmä on aina yrityskohtainen.

Mittarijärjestelmien tekniset ominaisuudet vaihtelevat mittausperiaatteen ja tukijärjestelmien mukaan, jotka ovat valmistajista riippumatta samankaltaiset. Kannattavuuden vertailun kohteena kannattaa käyttää erilaisten mittarijärjestelmien teknisten ominaisuuksien eroja.

4.1 Turvallisuus

Turvallisuuden vertailu eri mittarijärjestelmien kesken on erittäin tärkeä osa-alue kokonaisvaltaisessa mittarijärjestelmässä. Turvallisuudella vertailukohteena tarkoitetaan käytännössä polttoaineen turvallisia purku- ja lastaustoimintoja. Lisäksi turvallisuuden vertailussa on hyvä huomioida venttiilien hallinta, jolla pyritään estämään vaaratilanteissa syntyvät vahingot, sekä varkauden estot. Nykyään myös mittauslaitedirektiivi, vakauslaki ja ADR-säännökset vaativat tiettytyyppisiä turvallisuuteen liittyviä ratkaisuja säiliöajoneuvon rakenteessa, jotka vaikuttavat varsinaisiin mittarijärjestelmiin. /1,2,17/

Parhaassa tapauksessa turvallisuuteen liittyvät tekniset mittarijärjestelmien ominaisuuden parantavat myös tehokkuutta, kun väärinkäytön ja inhimillisten virheiden määrä vähenee. Inhimilliset virheet vaativat pahimmassa tapauksessa henkilövahinkoja, mutta myös taloudelliset kustannukset ovat lähes aina todella suuret.

Mittarijärjestelmien turvallisuuden vertailussa mekaanisten, elektronisten ja mittatikkuihin perustuvien järjestelmien osalta voidaan ainoastaan tarkastella järjestelmiin liittyviä tukijärjestelmiä. Varsinainen mittalaite ja mittausperiaate eivät sinänsä vaikuta turvallisuuteen muuten kuin mittaustarkkuuden osalta.

Mekaanisesti ohjatuista järjestelmistä puuttuu kokonaan turvallisuuteen liittyviä varotoimenpiteitä, joten on ainoastaan järkevää tarkastella nykyaikaisia elektronisia järjestelmiä ja mittatikkuihin perustuvia järjestelmiä.

Perinteisiin elektronisiin järjestelmiin ja mittatikkuihin perustuvaan järjestelmään voidaan molempiin asentaa teknisiltä ominaisuuksiltaan samankaltainen, turvallisuutta parantava järjestelmä. Turvallisuutta säiliöajoneuvon käytössä parannetaan venttiilien ohjauksen ja anturien avulla. Venttiilien ohjausjärjestelmiä kutsutaan yleisesti sinetöityjen osastojen järjestelmäksi ja tuotteen sekoittumisenestojärjestelmäksi. Käytännössä sinetöintijärjestelmällä tarkoitetaan venttiilien hallintaa siten, ettei tuotetta voida purkaa muuta kuin ajosuunnitelman osalta, jolloin järjestelmä on sinetöity. Tämä vähentää inhimillisten virheiden määrää sekä mahdollisia varkauksia. Tuotteen sekoittumisenestojärjestelmällä estetään eri polttoainelaatujen sekä ylimääräisten lisäaineiden sekoittuminen putkistossa erilaisten antureiden avulla. /17,18/

Perinteisiin elektronisiin järjestelmiin liitettävän venttiilien hallintajärjestelmän ja mittatikkuihin asennettavan hallintajärjestelmän välillä ei teknisiltä ominaisuuksiltaan ole suuria eroja. Perinteisiin järjestelmiin yhdistettävät turvallisuutta lisäävät tukijärjestelmät on kuitenkin integroitu mittatikkuihin perustuvan järjestelmän moduulista tai erillisestä hallinta järjestelmästä, joka yhdistetään ylitäytönestimeen ja mittalaitteeseen. Mittatikkuihin perustuvassa järjestelmässä ylitäytönestin on sisäänrakennettu varsinaiseen sinetöinti- ja valvontajärjestelmään eikä vaadi erillisiä lisälaitteita ylitäytöneston osalta. /9/

4.2 Tehokkuus

Eri tyyppisten mittarijärjestelmien tehokkuutta on järkevää tarkastella teknisten ominaisuuksien hyötyjen suhteen:

- Purku- ja lastaustoimintojen kannalta
- Mittarijärjestelmän käyttäjän kannalta
- Kuljetusyrityksen hallinnollisten elinten kannalta
- Hyötykuorman kasvatuksen osalta

Mittauslaitedirektiivi vaatii kaikilta mittalaitteilta tiettyjä metrologisia ominaisuuksia, jotka vaikuttavat mittaustarkkuuteen. Varsinaisia käytössä olevia mittalaitteita ja mittauseriaatteita sovelletaan säiliöajoneuvoissa niiden rakenteen, kuljetusten ja määräysten osalta. Tästä johtuen säiliöajoneuvoissa voidaan käyttää vain pakkosyöttöön ja turbiiniin perustuvia mekaanisia virtausmittareita sekä mittatikkuun perustuvaa mittausta. /12,18/

Mekaaniseen mittaukseen ja mittatikkuun perustuvien mittalaitteiden mittaustarkkuus on nykyään erittäin tarkka ja suuria eroja mittauseriaatteiden välillä ei ole. Periaatteessa mekaaninen virtausmittari on epätarkka ja herkkä virheille, mutta nykyään käytettävät kalibroivat pulssianturit, jotka liitetään mekaanisen virtausmittarin päälle, parantavat mittaustarkkuutta huomattavasti. Pulssianturit ovat elektronisten mittauslaitteiden varsinainen mittauselin. /15/

Purku- ja lastaustoimintojen tehokkuuden ero, Dipstick-järjestelmän ja mekaaniseen virtausmittariin perustuvan järjestelmän välillä, on huomattavan suuri, mikä johtuu mittauseriaatteesta. Perinteinen virtausmittariin perustuva järjestelmä vaatii nesteen kulkeutumisen aina virtausmittarin kautta. Käytännössä on mahdollista purkaa polttoainetta vain yhdestä osastosta kerrallaan, ellei käytössä ole useampia virtausmittareita. Dipstick-järjestelmällä voidaan kuitenkin purkaa tuotetta useammasta osastosta samanaikaisesti, koska mittatikkujärjestelmä mittaa jokaista osastoa samanaikaisesti. Virtausmittarille on myös rajattu maksimivirtausnopeus, jotta laitteen mittaustarkkuus ja mekaaniset osat eivät kulu. Mittatikkuun perustuvalla järjestelmällä voidaan kasvattaa virtausnopeutta, ja näin asiakkaalle saapuvat polttoainetoimitukset ovat paljon nopeampia suorittaa. /18/

Purkutoimintojen nopeus vaikuttaa suoranaisesti kuljetusyrittäjän kanteeseen säiliöajoneuvon tehokkuuden parantua. Mekaaniset virtausmittarit vaativat laskennan suorittamiseen aina vähintään virtausmittarin ja ilmanerotajan mittalaitteen lisäksi. Myös purkuputkiston määrä on jossain määrin suurempi kuin Dipstick-järjestelmässä, sillä virtausmittari vaatii nesteen virtauksen mittarin läpi laskennan suorittamiseksi. Taulukko 2. kuvaa perinteisen mittarijärjestelmän ja mittatikkuun perustuvan mittarijärjestelmän käytännön eroja. /18/

Taulukko 2. Mittarijärjestelmien vertailu /18/

| | Mekaaniset virtausmittarit | | Dipstick-järjestelmät | |
|--|----------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------|
| | Pakkosyöttö | Turbiini | Kelluja | Ultraääni impulssi |
| Purkunopeus | - | - | + | + |
| Paino | n. 225 kg | n.30 kg per mittari | | 65 kg / 6 osastoa |
| Lämpötilakompensointi | + | + | + | + |
| Osaston tyhjennystestaus | - | - | + | + |
| Integroitu sinetöinti järjestelmä | (+) | (+) | + | + |
| Täysin elektroninen järjestelmä | - | - | - | + |
| Mekaanisia liikkuvia osia | - | - | - | + |
| Yhtäaikainen purku osastoista | 1 | 1 | 3 | 4 |
| Tiheyden mittausjärjestelmä | - | - | (+) | + |
| Tuotteen puhtaus | - | - | + | + |
| Osastojen tilavuuden mittaus | - | - | + | + |
| Akselipainon mittaus | - | - | - | + |

Merkittävimmät erot virtausmittariin perustuvan ja mittatikkuun perustuvan järjestelmän välillä, taulukon 2 mukaan, ovat järjestelmien fyysinen paino, yhtäaikainen osastojen tyhjennys sekä osastossa olevan tuotteen mittaus.

Käytännössä painoerojen johdosta mittatikkujärjestelmällä saadaan pudotettua säiliöajoneuvon painoa satoja kiloja, mikä käytännössä tarkoittaa ADR-laissa määritellyn hyötykuorman kasvua. Mitä vähemmän säiliöajoneuvo painaa, sitä enemmän voidaan lain mukaan lastata polttoainetta ajoneuvoon. /2,18/

Osastojen jatkuva tilavuuden mittaus eli jäljellä olevan polttoaineen mittaus mahdollistaa käytännössä osastojen rakentamisen minkä kokoisiksi hyvänsä riippumatta ajosuunnitelmasta. Tämä on suuri etu kannattavuuden suhteen, sillä säiliöajoneuvosta voidaan vähentää osastojen lukumäärää, kun niitä ei tarvitse rakentaa ajosuunnitelman mukaan. /2,17,18/

Perinteiseen mittarijärjestelmään on mahdollista lisätä ominaisuuksia tukijärjestelmien avulla, mutta varsinaiseen mittaukseen liittyviä teknisiä ominaisuuksia, osastojen mittauksen ja laitteiden keveyden osalta, on mahdotonta rakentaa perinteiseen virtausmittarilla toimivaan järjestelmään.

Dipstick-järjestelmä on ehdottomasti tehokkaampi järjestelmä teknisiltä ominaisuuksiltaan, mutta järjestelmän asennukseen vaadittavien komponenttien ja investointien määrä on moninkertainen verrattuna täysin virtausmittarilla toimivaan järjestelmään. Elektroniseen, virtausmittarilla toimivaan järjestelmään voidaan asentaa lisäkomponentteja, joiden avulla päästään teknisiltä ominaisuuksiltaan hyvin lähelle Dipstick-järjestelmän tehokkuutta, mutta samalla investointien ja asennusten määrä lähenee Dipstick-järjestelmää. Asennuksien laajuuden vuoksi elektronisten vikojen ja asennukseen vaaditun ammattitaidon määrä kasvaa huomattavasti. /15,17/

Teknisiltä ominaisuuksiltaan laajat järjestelmät eivät aina ole yhtä käyttäjäystävällisiä, kuin perinteiset järjestelmät niiden monipuolisuuden vuoksi. Ominaisuuksien valtava määrä saattaa jopa heikentää säiliöajoneuvon kuljettajan tehokkuutta puutteellisen teknisen tietämyksen takia.

Perinteisiin mekaanisiin virtaus- tai turbiinimittariin perustuvien järjestelmien valmistajat ovat kehittäneet mekaanisia järjestelmiä asennusten ja komponenttien osalta yksinkertaisempaan muotoon. Perinteisissä, kehittyneemmissä mittarijärjestelmissä teknisten ominaisuuksien määrä on pienempi kuin Dipstick-järjestelmissä, mutta investointien ja asennusten määrä on minimoitu. Valmistajat ovat pyrkineet myös parantamaan mekaanisia laitteita kestävyuden ja painon suhteen, jolloin koko järjestelmän tilavaatimukset lähenevät Dipstick-järjestelmää. /15/

4.3 Kannattavuus ja vaatimukset

Mittarijärjestelmän kannattavuus kuljetusyritykselle riippuu täysin yrityksen asiakkaista sekä polttoaineen toimittajien vaatimuksista. Ajo- ja lastaussuunnitelmat pyritään tekemään Suomessa kohteisiin siten, että säiliöajoneuvon koko osasto voidaan tyhjentää kokonaisuudessaan. Tällöin varsinaiseen osaston jäljellä olevan polttoaineen mittaamiseen ei ole tarvetta, sillä osastojen lastattu tilavuus tunnetaan. Tämän kaltaisissa tapauksissa ei ole kannattavaa investoida Dipstick-järjestelmään, joka maksaa moninkertaisesti elektroniseen mittalaitteeseen ja virtausmittariin verrattuna. /2/

Asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen, sillä kuljetusyritysten laskutus perustuu osittain tai täysin polttoaineen tuottajan varastosta lastattuun polttoainemäärään ja asiakkaille kuittien perusteella purettuun määrään. Puretun ja lastatun määrän erotus on aina suhteellisen suuri litroina ilmoitettuna. Mittalaitteiden tarkkuus ja teknisten ominaisuuksien lisääminen pienentää tätä erotusta, mutta kasvattaa kalustossa tarvittavia kustannuksia. /2/

Varsinaisesti kannattava mittarijärjestelmä saadaan laskemalla teknisten ominaisuuksien investointikustannusten lisäarvon tuottokyky hyötykuorman ja toiminnan tehokkuuden suhteen pitkällä aikavälillä. Lisäarvon tuotto voidaan arvioida kuljettajan ajosuunnitelman mukaisen reitin suorittamisesta sekä polttoainelastin kasvuna parannetun hyötykuorman ansiosta. /2/

Polttoaineen tuottajilla on yleensä omat järjestelmät, joita he suosivat tai vaativat kuljetusyrityksiltä. Siksi kuljetusyritysten on jossain määrin sitouduttava polttoaineen tuottajien vaatimuksiin, jolloin kuljetuskaluston on oltava tietynlainen.

5 Päätelmät

Parhaan mahdollisen mittarijärjestelmän valintaa kuljetusyritykselle on erittäin vaikeaa tai jopa mahdotonta päättää. Mittarijärjestelmien osalta voidaan ainoastaan tutkia asiakkaan ja polttoaineen tuottajan vaatimuksia kuljetusyritykseltä.

Kuljetusyritysten kannattaa arvioida mittarijärjestelmältä vaadittujen ominaisuuksien ja investointikustannuksien suhdetta toisiinsa. Yleensä teknisten ominaisuuksien kasvaessa investointien määrä kasvaa. Toisaalta suuremmat investoinnit teknisesti kehittyneempään järjestelmään saattavat tuoda pitkällä aikavälillä säästöjä ja kasvattaa varsinaista pääoman tuottoastetta kuljetusten tehokkuuden ansiosta. Ongelmana on kuitenkin usein tiedon puute mittarijärjestelmien mahdollisuuksista teknisten ominaisuuksien osalta.

Yleisellä tasolla mittarijärjestelmien kannattavuuden tarkastelussa on järkevää konsultoida eri mittarijärjestelmien valmistajia sekä säiliöajoneuvojen valmistajia, jotka varsinaisen järjestelmän asentavat. Järjestelmien valmistajien ja mittarijärjestelmiä asentavien yritysten tuote- ja asennuskustannukset vaihtelevat suhteellisen paljon riippumatta teknisistä ominaisuuksista. Suomessa suositaan tietyntyyppisiä ratkaisuja, vaikka ne eivät aina olisikaan parhaita mahdollisia kuljetusyrityksen kannalta. Informaation lisäys toivottavasti parantaa tilannetta kuljetusyritysten, polttoaineen tuottajien, asiakkaiden ja säiliövalmistajien osalta.

Lähteet

1. Säiliöajoneuvon toimintaperiaate, rakenne ja ominaisuudet.
[Haastattelu] [Viitattu 02/2010]
Hirvonen, Antti, Suunnittelija. Keskustelut 15.1.2010-10.02.2010. K.P. Säiliöt
Ay
2. Säiliöajoneuvon toimintaperiaate, vaatimukset.
[Haastattelu] [Viitattu 02/2010]
Koivunen, Matti, Toimitusjohtaja. Keskustelut 12.12.2009-18.02.2010. K.P.
Säiliöt Ay
3. Miettinen, Virtanen, Häkkinen, Suominen 2009. Lakikokoelmat 2009,
Vaarallisten aineiden kuljetus tiellä 2009. Edita Publishing Oy, Helsinki 2009
[viitattu 01/2010]
4. FINLEX – Vakaoslaki 14.4.1965/219 [Sähköinen julkaisu] [viitattu 01/2010]
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1965/19650219>
5. Mittauslaitedirektiivi [Sähköinen julkaisu, PDF] [viitattu 01/2010]
[http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0022:
20091201:FI:PDF](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0022:20091201:FI:PDF)
6. Neste Oil, NESTE OIL AUTO2010 versio 122009 [Sähköinen julkaisu, PDF]
[viitattu 03/2010]
7. Mäkelä, Soininen, Tuomola, Öistämö 2001. Tekniikan kaavasto,
Tammertekniikka, Jyväskylä 2001. [viitattu 03/2010]
8. Alfons Haar pumpun esite [Sähköinen julkaisu, PDF][viitattu 03/2010]
http://www.alfons-haar.de/fileadmin/user_upload/FPO_100_e.pdf

9. Mittarijärjestelmät – Asennus, toimintaperiaate ja vaatimukset
[Haastattelu] [Viitattu 03/2010]
Kantonen, Jari , Asentaja. Keskustelut 15.3.2010-10.04.2010. K.P. Säiliöt Ay

10. Ilmanerotajan toiminta elektronisella anturilla, Flow Check
[Sähköinen julkaisu, PDF][viitattu 04/2010]
<http://www.wennstrom.com/pdf/FCENG26.pdf>

11. Turbiini virtausmittarin toimintaperiaate [Sähköinen julkaisu, www][viitattu 04/2010]
<http://www.flowmeters.com/ufm/index.cfm?task=turbine&TechFlash=turbine2.s wf>

12. Mekaanisen mittarijärjestelmän toiminta ja komponentit, Liquid controls
[Sähköinen julkaisu, PDF][viitattu 04/2010]
http://www.liquidcontrols.com/en/Literature/Documents/Installation/Meters/M100-10_M_MA_IOM_Manual.pdf

13. Mekaanisen mittarijärjestelmän specifikaatiot, Liquid controls
[Sähköinen julkaisu, PDF][viitattu 04/2010]
http://www.liquidcontrols.com/en/Literature/Documents/Specifications/M_MA_Meter_Specs.pdf

14. Vaihteiston valinta mekaanisiin mittarijärjestelmiin, Liquid controls
[Sähköinen julkaisu, PDF][viitattu 04/2010]
http://www.liquidcontrols.com/en/Literature/Documents/Installation/Meters/M100-30_49030_Gear_Plate_Selection_Guide.pdf

15. Elektroniset mittarijärjestelmät, Alfons Haar
[Haastattelu][viitattu 04/2010]
Toivio, Timo, Alfons Haarin edustaja. Keskustelut 1.2.2010-20.4.2010

16. Elektroninen mittalaitejärjestelmä, Alfons haar

[Sähköinen julkaisu, PDF][viitattu 04/2010]

http://www.alfons-haar.de/fileadmin/user_upload/ELZ_e.pdf

17. Mittarijärjestelmien tekniset ominaisuudet

[Haastattelu] [Viitattu 02/2010]

Pulkinen, Kari, Keskustelut 01.03.2010-22.04.2010. Mastertank Oy

18. Robert Bielmeier, Tekninen asiantuntija Dezidata GmbH, Dipstick järjestelmä

[Puhelinkeskustelut ja Sähköinen julkaisu, Power Point] [viitattu 05/2010]