

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Tutkintotyö

Marko Oja

## **LENTOPETROLIN JET A-1:N LISÄAINEISTAMISEN SUUNNITTELU**

Työn ohjaaja: Yliopettaja Heikki Aalto

Työn teettäjä: Lentotekniikkalaitos, valvojana insinööri Jari Ojansivu

Tampere 2007

# TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

Marko Oja	Lentopetrolin Jet-A1:n lisääineistamisen suunnittelu
Tutkintotyö	51 sivua + 11 liitesivua
Työn ohjaaja	Yliopettaja Heikki Aalto
Työn teettäjä	Lentotekniikkalaitos, valvojana insinööri Jari Ojansivu
Joulukuu 2007	
Hakusanat	Ilmavoimat, lentopetroli, Jet-A1, JP-8

## TIIVISTELMÄ

Vuonna 1995 Suomen Ilmavoimat saivat käyttöönsä ensimmäiset F 18C/D Hornet suihkühävittäjäkoneet. Uusien koneiden myötä alkoi lentopolttoainehuollossa uusi aikakausi. Suuri mullistus lentopetrolin osalta oli se, että siihen lisättävä jäänestoaainetta koneen polttoainejärjestelmän toiminnan turvaamiseksi. Vuosien saatossa lentopolttoainehuolto on sopeutunut haasteisiin ja pystynyt suoriutumaan annetuista tehtävistään.

Tässä työssä kehitetään lentopetrolin lisääineistamisen keinoja sekä menetelmiä. Insinööriyön lähtökohtana on toimintojen yksinkertaistaminen ja sen myötä saavutettava tehokkuus sekä luotettavuus. Tässä työssä käytetään työn tekijän ammattitaitoa lentopolttoainehuollon osalta sekä lisäksi apuna on ollut yhteistyökumppaneiden ammattitaitoa.

Insinööriyössä tarkastellaan eri vaihtoehtoja lentopetrolin lisääineistamiseksi hydrant-järjestelmässä. Työssä haetaan erilaisten kokoonpanojen kautta toimiva ratkaisu, jonka toteuttaminen on varteenotettava vaihtoehto nykyiselle käytännölle.

Työtä tullaan käyttämään toiminnan kehittämisessä sekä lisääineistamisen ideologian muutoksessa tulevaisuudessa Ilmavoimissa.

TAMPERE POLYTECHNIC

Mechanical and Production Engineering

Machine Automation

Oja, Marko Addition planning of the jet fuel Jet-A1

Engineering Thesis 51 pages, 11 appendices

Thesis supervisor Head teacher Heikki Aalto

Commissioning Company Air Material Command, Tampere

December 2007

Keywords Air Force, Jet fuel, Jet-A1, JP-8

## **ABSTRACT**

Jet fuel is type of aviation fuel designed for use in jet-engined aircraft like a Finnish Air Force Hornet F-18 C/D. This thesis was written because we want to know how we can make Jet-A1 fuel become JP-8 fuel.

Jet-A1 is the commercial industry standard for aviation fuel and is available worldwide. Jet-A1 is essentially identical to JP-8 except that it does not necessarily contain the additive required in JP-8.

This thesis I make consistently a correlations on the components. Then I take some good components and accomplish fine the structure.

The prototype this fuel-additive system will build in the Satakunta Wings Air Base.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Kone- ja laiteautomaatio

## ALKUSANAT

Lentopolttoainehuolto on kuulunut suoraan ja välillisesti työtehtävieni hoitoon Satakunnan lennostossa jo yli 17 vuoden ajan.

Em. työvuosieni kokemuksella esitän kiitokseni Lentotekniikkalaitokselle, joka antoi mahdollisuuden suorittaa tutkintotyöni lentopetrolin lisäaineistamiseen liittyvänä kehitystyönä.

Kiitokset kuuluu myös yhteistyökumppaneille joiden asiantuntemusta olen voinut hyväksikäyttää työn edetessä.

Kiitokset onnistuneesta yhteistyöstä ja ohjauksesta kuuluu LentotL/Tukikohtamateriaalitoimiston insinööri Jari Ojansivulle.

Eriyiskiitos Tampereen Ammattikorkeakoululle, jonka tiloissa olen viettänyt viimeisen 10 vuoden aikana 6 vuotta opiskellen sekä suorittaen kaksi tutkintoa. Em. kiitoksista suurin osa ohjautuu kuitenkin Yliopettaja Heikki Aallolle, joka isällisin neuvoin ohjasi toista kertaa lopputyöni päätökseen.

Ehdottomasti kaikkein suurin kiitos kuuluu kuitenkin perheelleni, joka on antanut minun käyttää aikaa suoriutua koulun opinnoista viimeisen kolmen vuoden aikana ja sen myötä saavuttaa tämä insinöörintutkinto.

Tampereella 5.12.2007

Marko Oja

# SISÄLLYSLUETTELO

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKUSANAT

## SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>YLEISTÄ</b> .....	<b>6</b>
2.1	F-18C/D (HN) tekniset tiedot/9/ .....	8
2.2	F-18C/D sisäiset polttoainesäiliöt/9/ .....	9
2.3	Lentopetroli Jet A-1 .....	10
2.3.1	Lentopetroli Jet A-1:n fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet/10/ .....	10
2.4	Lisäaine AL-41/1/ .....	11
2.4.1	AL-41:n fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet/10/ .....	11
2.5	Lisäaine AL-61/1/ .....	12
2.5.1	AL-61:n fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet/10/ .....	12
2.6	Lisäaineseos AL-48 (AL-41+AL-61)/1/ .....	12
2.7	Lentopetrolin laadunvarmistus/1/.....	13
2.7.1	Ominaispaine/1/ .....	14
2.7.2	Silmämääräinen puhtauden tarkastus/1/ .....	16
2.7.3	Vesipitoisuuden tarkastus/1/.....	17
<b>3</b>	<b>KIINTEÄN TANKKAUSJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT</b> .....	<b>18</b>
3.1	Yleistä .....	18
3.2	Maasäiliöt .....	18
3.3	Siirtoputkistot (imulinja) .....	19
3.4	Siirtopumput/3/ .....	20
3.5	Suodattimet/1/4/5/ .....	22
3.6	Säiliöiden- ja painelinjojen määrämittarit .....	26
3.7	Siirtoputkisto (painelinja).....	27
3.8	Pumppukärryt ILO 128, Hatz-diesel ja M2000/1/ .....	27
<b>4</b>	<b>LENTOPETROLIN LISÄAINEISTAMINEN NYKYTEKNIKALLA</b> .....	<b>32</b>
4.1	Yleistä .....	32
4.2	Pumppukärryn lisäaineen annostelija.....	32
4.3	Lisäaineen suodattaminen/1/ .....	33
4.4	Lisäaineen täyttölaitteet .....	33
<b>5</b>	<b>LENTOPETROLIN LISÄAINEISTAMISEN MUUTOKSET</b> .....	<b>35</b>
5.1	Lentopetrolin lisäaineistamisen ajankohta .....	35
5.2	Pumppaamon tarvitsemat muutokset .....	36
5.3	Pumppukärryn tarvitsemat muutokset.....	38
<b>6</b>	<b>KOMPONENTTIEN VERTAILU</b> .....	<b>39</b>
6.1	Yleistä .....	39
6.2	Mekaanisen lisäaineenannostelijan konstruktio/3/13/.....	40
6.3	Mekaanisen ja sähköisen lisäaineenannostelijan konstruktio/3/6/8/17/20/.....	41

6.4	Sähköisen lisäaineenannostelijan konstruktiio/7/8/19/20/ .....	45
<b>7</b>	<b>TULOKSET JA ANALYSOINTI</b> .....	<b>46</b>
7.1	Yleistä .....	46
7.2	Mekaanisen lisäaineenannostelija .....	47
7.3	Mekaanisen ja sähköisen lisäaineenannostelijan yhdistelmä .....	47
7.4	Sähköinen lisäaineenannostelija .....	48
<b>8</b>	<b>RAKENNETTAVA LISÄAINEENANNOSTELUJÄRJESTELMÄ</b> .....	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>LÄHDELUETTELO</b> .....	<b>50</b>
10.1	Painetut lähteet .....	50
10.2	Painamattomat lähteet .....	51
10.3	Sähköiset lähteet .....	51
<b>11</b>	<b>LIITTEET</b> .....	<b>51</b>

## 1 JOHDANTO

Lentopolttoainehuollolla on pitkä ja laadukas historia Suomen Ilmavoimissa. Ilmavoimat ovat kyenneet koko historiansa ajan hoitamaan itsenäisesti koneiden tankkaukset. Itsenäisen toiminnan edellytyksenä on ollut ja tulee olemaan ammattitaitoinen ja asiantunteva henkilöstö jokaisella organisaation tasolla.

Polttoaineiden laadun ja käytettävien järjestelmien osalta kehitys on jatkuvaa prosessia, jonka avulla pysyy tilannetietoisuus toimialan ajankohtaisista asioista sekä tulevaa visioiden. Suoritustavoitteet ovat kasvaneet ja koneiden tehojen lisäyksen myötä polttoaineen kulutukset ovat kasvaneet.

Tankkausmenetelmät ovat myös muuttuneet oleellisesti vuosien saatossa tankkauspistoolilla suoritetuista painetankkauksiin. Koneiden tankkaukset suoritettiin ennen maassa koneen moottorit sammutettuina, mutta nykyään tankkaukset voidaan suorittaa moottorit käyden sekä jopa ilmassa lentäen.

Lentopolttoainehuolto on yksi Ilmavoimien tehtävistä, jonka toimivuudella on suora vaikutus suoritettavaksi määrättyyn lentotoimintaan. Jokainen lentävä kone tarvitsee laatukriteerit täyttävää polttoainetta ennen jokaista lentotehtävää. Ilmavoimien toimintakyvyn takaamiseksi joukko-osastojen tulee ylläpitää jatkuvaa tankkausvalmiutta. Tämän vaatimuksen täyttäminen vaatii henkilöille ja muiden resurssien käytölle tiukat kriteerit.

Ilmavoimien lentopolttoainehuollon suorituskykyä arvioidaan erilaisilla mittareilla. Lentopolttoainehuolto on lentotoiminnan yksi tärkeimmistä ja kriittisimmistä toiminnoista.

## 2 YLEISTÄ

Työn tavoitteena on luoda toimiva vaihtoehtomalli nykyisin Ilmavoimissa käytössä olevalle Lentopetroli Jet-A1 lentopolttoaineen lisäaineistamiselle polttoainehuollon toimenpitein. Lähtökohtana on ulkomaisten Ilmavoimien tukikohdissaan käytössä olevat järjestelmät. Työn tulos tulee olemaan toteutuskelpoinen sekä polttoainehuollon sekä koneen käyttöhenkilöstön työkuormaa vähentävä.

Työllä saavutettu tulos tulee palvelemaan Ilmavoimien torjuntahävittäjää F-18C/D Hornet. Ilmavoimilla on tällä hetkellä käytössä 55 kpl F-18C/D Hornet hävittäjäkonetta. Hornet on ainoa Ilmavoimien suihkukone, joka tarvitsee päivittäisessä lentotoiminnassaan lisäaineella seostettua lentopetroliä.

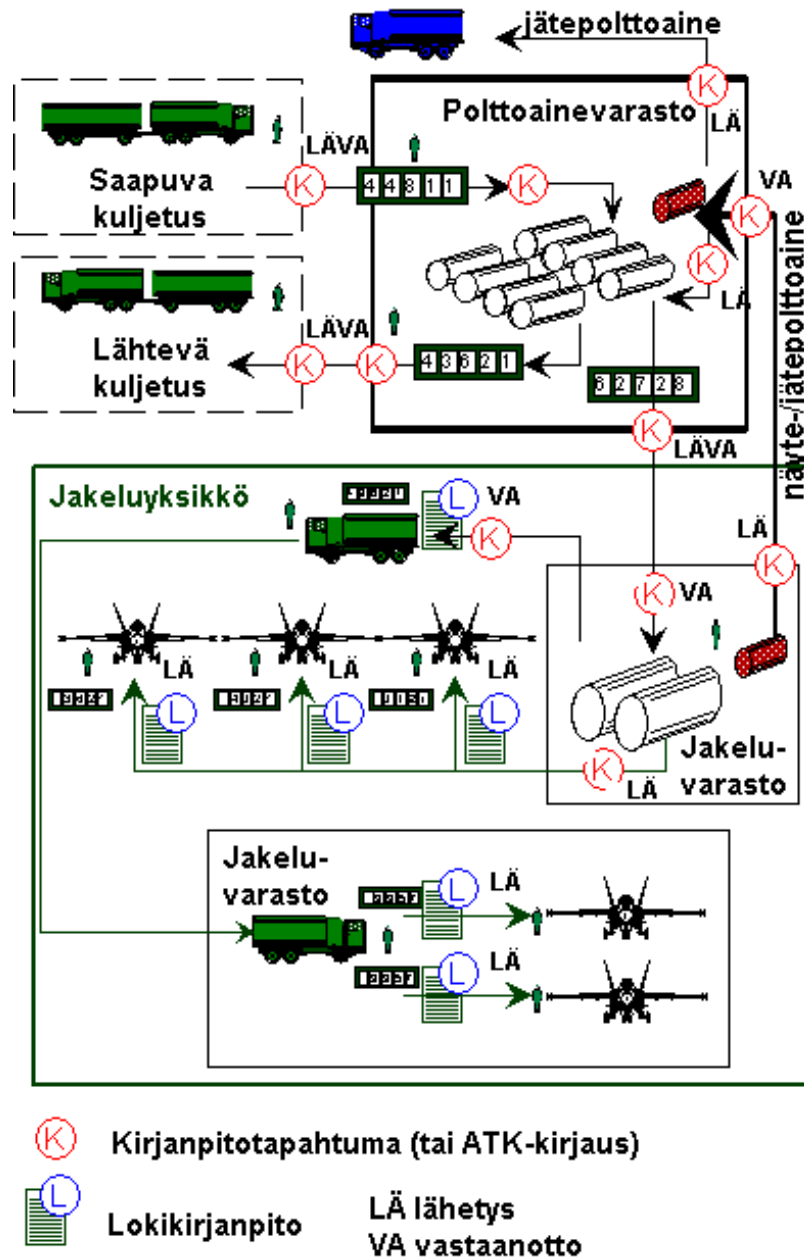


KUVA 1 Lentotehtävää suorittavat F-18C Hornetit

Ilmavoimien lentopolttoainehuolto on logistinen ketju, joka koostuu monesta pienestä ja tärkeästä toiminnosta. Polttoaineen käsittelyä ja jakelua ohjaavat monet erilaiset ohjeet sekä määräykset. Näiden ohjeiden ja määräysten avulla voidaan toteuttaa turvallista lentotoimintaa polttoaineiden osalta. Puolustusvoimien ja siviili-ilmailun välillä ei ole käytännön toteutuksessa eroja. Tämä luo selkeän ja johdon-



mukaisen yhteistyön mahdollisuuden lentopolttoaineiden valmistajan kanssa. Ilma-voimien lentopolttoainehuolto käsittää myös monia kirjaustapahtumia jakelun aikana. Seuranta suoritetaan jäljitettävyyden mahdollistamiseksi jos polttoaineen laadussa havaitaan poikkeamia tai mahdollisen lento-onnettomuuden sattuessa.



KUVA 2 Lentopolttoainehuollon prosessikaavio kirjanpitotapahtumineen/1/

## 2.1 F-18C/D (HN) tekniset tiedot/9/



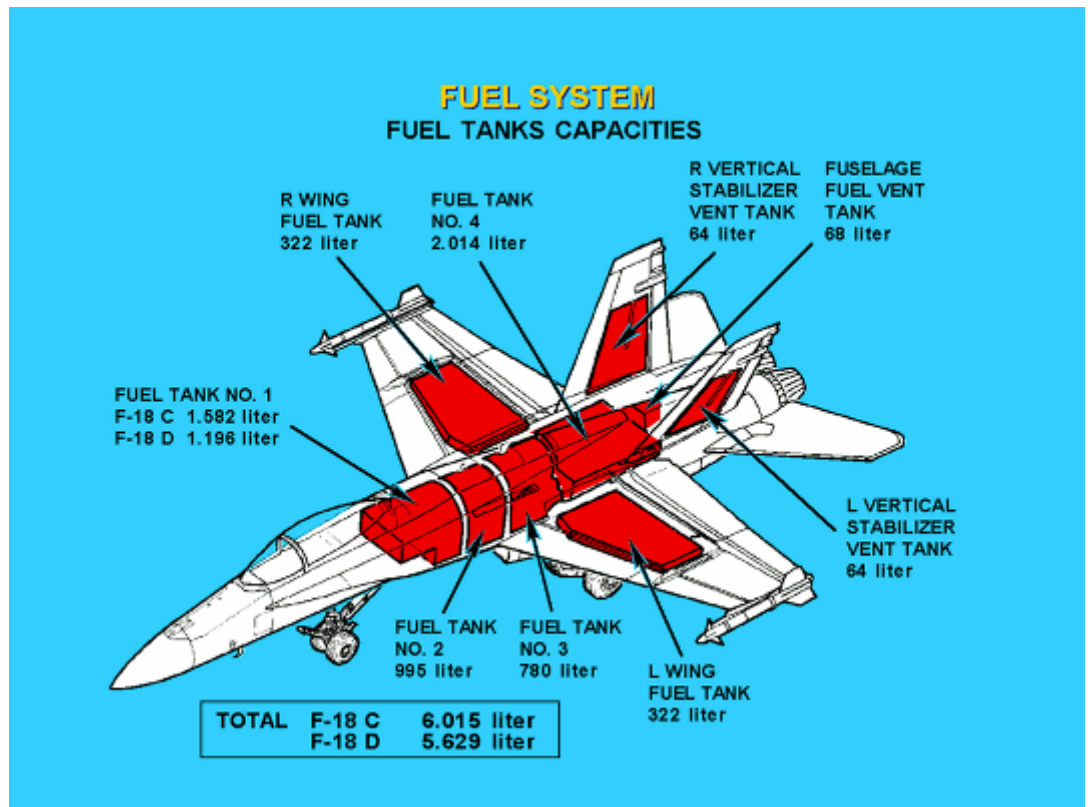
KUVA 3 Lentotehtävältä palannut Hornet F-18C

- Konetyyppi: Boeing F-18C ja F-18D Hornet
- Alkuperämaa: Yhdysvallat
- Tyyppi: Yksi- tai kaksipaikkainen suihkuvärittäjä (C/D)
- Voimalaitteet: Kaksi General Electric F404-GE-402 – ohivirtausmoottoria
- Yhden moottorin työntövoima: Jälkipoltolla 79 kN ja perusmoottorilla 53 kN
- Suoritusarvot: Suurin nopeus matalalla 1 300 km/h, korkealla 1,8 Machia, pisin lentomatka lisäsäiliöiden kanssa korkealla 3 700 km
- Tyhjäpaino: 10 900 kg
- Normaalipaino 16 100 kg
- Suurin lentopaino: 23 500 kg
- Polttoainetilavuus: F-18C runkotilavuus 6 015 ltr ja F-18D runkotilavuus 5 629 ltr. Lisäsäiliöiden tilavuus 1 250 ltr. Koneessa yhtä aikaa maksimissaan 3 kpl
- Pituus: 17,07 m

- Korkeus: 4,67 m
- Kärkiväli: 11,43 m ilman ohjuksia
- Aseistus: Tutka- ja infrapunaohjukset, 20 mm tykki
- Miehistö: 1 tai 2 henkilöä (C/D)
- Maksiminopeus: Mach 1,8, matalalla 1 300 km/h
- Lakikorkeus: 15 000 m

## 2.2 F-18C/D sisäiset polttoainesäiliöt/9/

Hornetin rungossa on 6 eritilavuudeltaan olevaa polttoainesäiliötä sekä lisäksi 3 eritilavuudeltaan olevaa paisuntasäiliötä.



KUVA 4 F-18C/D sisäiset polttoainesäiliöt ja niiden tilavuudet/9/

### 2.3 Lentopetroli Jet A-1

Maailmassa on nykyään noin kaksikymmentä virallista lentopetrolilaatua. Euroopassa siviili-ilmailun yleislaadun Jet A-1:n lisäksi eniten käytettyjä laatuja on amerikkalaisten Jet A ja venäläisten TS 1. Tämän lisäksi moottoreiden valmistajilla ja eri maiden sotilaskoneilla on omia laatuvaatimuksia. Yleislaadun Jet A-1 ominaisuudet täyttävät useimmat näistä laatuvaatimuksista. Laadut eroavat toisistaan lähinnä rikkipitoisuuden, pakkaskeston ja lisäainevaatimusten osalta./14/

Lentopetroli eli kerosiini on muodostunut siviili- ja sotilasilmailun tärkeimmäksi polttoaineeksi. Kerosiini nimitys oli alkujaan venäläisen petrolin kansainvälinen kaupp nimi. Sen tuoteominaisuudet ovat tarkentuneet vuosien saatossa ja tänä päivänä sitä voidaan pitää tiukasti valvottuna massatuotteena. Nykyiset laatuvaatimukset ovat hyvin tiukat ja niitä sovelletaan samalla tavalla varastointiin, kuljetukseen ja tankkauksiin. Siviili- ja sotilasilmailussa ei ole erilaisia laatuvaatimuksia vaan molemmilla ilmailun aloilla toimitaan polttoaineen riskitekijät tarkasti huomioiden.

Jet A-1 kansainväliset spesifikaatiot ovat:/1/

- DEFENCE STANDARD 91-91 (Jet A-1)
- ASTM specification D1655 (Jet A-1)
- IATA Guidance Material (Kerosene Type),
- STANAG 1135, NATO Code F-35.

#### 2.3.1 Lentopetroli Jet A-1:n fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet/10/

- kirkas, väritön neste, tyypillinen kerosiinin haju
- kiehumispiste/kiehumisalue 170–300 °C
- leimahduspiste > 40 °C (ASTDM D 56)
- alempi räjähdysraja 0.6 til- %
- ylempi räjähdysraja 6 til- %
- höyrynpaine n. 2 kPa 38 °C:ssa (vesi = 6,5 kPa)

- suhteellinen tiheys 780–840 kg/m<sup>3</sup> (15/4 °C, vesi=1000)
- vesiliukoisuus: Niukkaliukoinen (< 10 mg/ltr, 20 °C)
- kinemaattinen viskositeetti < 7 mm<sup>2</sup>/s (40 °C, vesi = 0,6 mm<sup>2</sup>/s)

#### 2.4 Lisäaine AL-41/1/

Hornet käyttää nykyään lentopetrolin lisäaineena on AL-41 2- (2-metoksietoksi) etanolia (>98 %), jonka toinen tuote nimi on DiEgME, (NATO CODE: AL-41). Jet A-1:n ja AL-41 seosta ei ole toistaiseksi spesifioitu koneen valmistajan toimesta JP-8:ksi eikä sillä ole Nato-koodia F-34. Tämän seurauksena hornet käyttää polttoaineena seostettua Jet A-1 + AL-41.

Hornetin tankattuun Jet A-1:een lisätään valmistajan ohjeen mukaisesti AL-41 lisäainetta 0,1 %. Ilmoitettu toleranssi lisäaineen määrälle on 0.08 – 1.2 %. Poikkeustapauksissa koneella voidaan lentää lisäaineistamattomalla Jet A-1:llä korkeintaan 10 lentotuntia.

##### 2.4.1 AL-41:n fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet/10/

- Väritön neste, jolla heikko ominaishaju
- Kiehumispiste/kiehumisalue 190–196°C
- Leimahduspiste 91 °C (ASTM D 93)
- Alempi räjähdysraja 1,5 til- %
- Ylempi räjähdysraja 16,1 til- %
- Suhteellinen tiheys 1019–1023 kg/m<sup>3</sup>(20 °C)
- Vesiliukoisuus: Täysin sekoittuva
- Jakautumiskerroin: n-oktanoli/vesi log P >1 (HPLC)
- Viskositeetti 3,5 cSt (25 °C)

## 2.5 Lisäaine AL-61/1/

AL-61 on korroosionesto- ja voitelevuuslisäainetta käytetään sekoitettuna AL-41:een. AL-61:n toinen tuote nimi on Nalco-5403 (NATO CODE:AL-61). AL-61 on tarkoitus voidella koneen polttoainejärjestelmän kriittiset osat (liukupinnat).

### 2.5.1 AL-61:n fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet/10/

- kirkas ja ruskea liuos
- leimahduspiste 66 °C (ASTM D 93)
- suhteellinen tiheys 9230 kg/m<sup>3</sup>
- vesiliukoisuus: Liukenematon
- viskositeetti 30 cSt (38 °C)

## 2.6 Lisäaineseos AL-48 (AL-41+AL-61)/1/

AL-48 lisäaineseosta voidaan käyttää edelleen lisäaineen AL-41 rinnalla ilman rajoituksia. AL-48 lisäaineseos sisältää AL-41:stä 98 % ja AL-61:stä 2 %. AL-48 on ollut hornet käytössä yli 12 vuotta, mutta siitä on luovuttu toistaiseksi teknisten ongelmien ja AL-61:n tarpeettomuuden takia. Korroosionesto- ja voitelevuuslisäaine AL-61 poistettiin tarpeettomana tutkimusten perusteella, koska Suomessa jalostetun Jet A-1:n voitelevuusominaisuudet ovat riittävät.

Jet A-1 ja AL-48:n seos on kansainvälisesti hyväksytty lentopolttoainetyyppi, jonka tuotenimikkeenä käytetään lentopetroli JP-8. Amerikkalainen spesifikaatio JP-8:lle on MIL-DTL-83133E ja brittiläinen on DEF STAN 91–87 AVTUR/FSII (entinen DERD 2453). Tämän seostetun polttoaineen Nato-koodi on F34.

Ilmavoimilla on valmius ottaa käyttöön JP-8 tyyppin mukainen lentopetroli lyhyelläkin varoitusajalla. Lisääntyneen kansainvälisen toiminnan seurauksena on Ilmavoimien tuote tarjonnassa oltava Nato-koodin F34 mukaista lentopetroliä. Ulkomaisille lento-osastoille luodaan täten edellytykset tukeutua harjoitustoiminnassa Ilmavoimien polttoainehuoltoon.

## 2.7 Lentopetrolin laadunvarmistus/1/

Lentopetrolin laatua valvotaan useissa erivaiheissa. Laadunvarmistuksella turvataan tuotteen spesifikaation mukaisuuden säilyminen alkutuotannosta koneeseen saakka. Tuotteen fysikaalisten ja kemiallisten ominaisuuksien laadunvarmistusta ohjaa alkutuotannossa eli jalostusvaiheessa seuraavat määräykset.

- Joint Fuelling Check List
- DEFENCE STANDARD 91-91 (Jet A-1)
- Naton standardit
- IATA Guidance Material
- Aviation fuel quality requirements for jointly operated systems eli AFQR-JOS

Polttoaineen jalostusvaiheen jälkeen tuotteelle tehdään useita laboratoriotestejä, jossa em. vaatimukset on täytyttävä. Hyväksytyjen testien jälkeen tuote-erästä kirjoitetaan laatutodistus tuotteen valmistajan toimesta, joka luovutetaan asiakkaalle.

Laadunvalvontaa varten on kehitetty erilaisia näytteenotto- ja tarkastusmenetelmiä. Ilmavoimien lentopolttoaineiden laadunvalvonnan osalta keskeisiä valvottavia ominaisuuksia ovat ominaispaino, puhtaus ja vesipitoisuus. Em. valvottavista ominaisuuksista suoritetaan puhtauden ja vesipitoisuuden määrittäminen ennen jokaisesta siirto- ja tankkaustapahtumaa.

Hydrant-järjestelmässä laadunvarmistusta suoritetaan suljetulla näytteenottojärjestelmällä. Suljetulla järjestelmällä saadaan kaikista hydrant-järjestelmän näytteenottopisteistä putkilinjoja pitkin imettyä näytepolttoainetta sykloniin laadunvarmistustoimenpiteitä varten.



KUVA 5 Pumppaamon suljettu näytteenottojärjestelmä

### 2.7.1 Ominaispaino/1/

Ominaispaino mitataan pääsääntöisesti vain kerran kun lentopetrolikuorma vastaanotetaan lennoston tukikohtaan. Määritys voidaan joutua tekemään jo kertaalleen vastaanotetulle ja hyväksytylle polttoaineelle, jos on aihetta epäillä polttoaineeseen sekoittuneen vieraita aineita myöhemmissä käsittelyvaiheissa. Mittauksen tarkoituksena on verrata lentopetrolin sen hetkistä ominaispainoa jalostamon ilmoittamaan arvoon 15 °C lämpötilassa. Areometriä luetaan 0.0005 kg/m<sup>3</sup> tarkkuudella ja lämpötila katsotaan 0.1 °C tarkkuudella. Muuntotaulukkoa hyväksikäyttäen saadaan muutettua mitattuarvo arvoon 15 °C lämpötilassa. Jalostamon ilmoittaman ja mitatun arvon suurin ero saa olla 0.002 kg/m<sup>3</sup>.





KUVA 6 Ominaispainon mittauksessa tarvitaan mittalasi, lämpömittari ja areometri/1/

Ominaispainon mittaamiseen voidaan käyttää myös digitaalista ominaispainomittaria Anton Paar DMA 35. Mittari näyttää suoraan lentopetrolin ominaispainon 15 °C lämpötilassa, joten erillisiä muuntotaulukoita ei tarvita vaan vertailu voidaan suoraan mittarissa näkyvällä arvolla.



KUVA 7 Digitaalinen ominaispainomittari/1/

### 2.7.2 Silmämääräinen puhtauden tarkastus/1/

Puhtauden tarkastus suoritetaan 5 litran avonäytteenä kirkkaaseen metalliastiaan otetusta lentopetrolista tai suljetulla näytteenottojärjestelmällä sykloniin otetusta näytteestä. Otetuista näytteistä tarkastetaan silmämääräisesti lentopetrolin väri, partikkelien ja vesipisaroiden esiintyminen. Näytteet otetaan ns. pohjanäytteinä eli laitteiden, säiliöiden ja putkistojen alimmista pisteistä.

Lentopetrolista erkautuneet vesipisarot ja partikkelit näkyvät silmämääräisessä tarkastuksessa metallisen -astian tai näytteenottosyklonin pohjalla tai seinämällä. Irto-veden voi havaita myös pisaroina varastosäiliön tai säiliöajoneuvon säiliöosaston pohjalla. Vesipisaroiden ja partikkeleiden havaitseminen merkitsee otetun näytteen hylkäämistä.

### 2.7.3 Vesipitoisuuden tarkastus/1/

Lentopetrolilla on ominaisuus liuottaa omaan molekyyli-rakenteeseen vettä. Tämän veden havaitseminen silmämääräisessä tarkastuksessa on mahdotonta. Liuenneen veden voi havaita vain käyttämällä Shell water detector kapseleita. Shell-ilmaisain kapselin toiminta perustuu kemialliseen reaktioon ilmaisainaineella käsitellyn paperin ja veden kesken. Lentopetrolia imetään muovisella ruiskulla kapselin läpi vähintään 5 ml ja kapselin väri ilmaisee polttoaineen mahdollisen vesipitoisuuden. Shell-ilmaisain kapseli alkaa reagoida jo vesipitoisuuden ollessa jopa alle 0.001 % (10 ppm). Vesipitoisuuden kasvaessa on värin muutos yhä selvempää jos vesipitoisuus nousee 0.003 % (30 ppm), on ehdottoman selvä sinivihreä väri havaittavissa. Pienikin kapselikeskiön värinmuutos merkitsee otetun näytteen hylkäämistä.



KUVA 8 Shell water detector kapseleita ja ruisku/1/

### 3 KIINTEÄN TANKKAUSJÄRJESTELMÄN KOMPONENTIT

#### 3.1 Yleistä

Kiinteä tankkausjärjestelmä (hydrant-järjestelmä) on tukikohdan kiinteälle koneiden seisontatasolle rakennettu maanalaisella polttoaineputkistolla varustettu järjestelmä. Järjestelmä sisältää tukikohdan alueella olevat maanalaiset polttoainesäiliöt. Maasäiliöiden välittömään läheisyyteen on rakennettu pumppaamo jossa on polttoaineen siirtoon ja laadunvalvontaan sekä suodatukseen tarvittavat järjestelmät. Polttoaine siirretään pumppaamon pumppujen avulla maasäiliöistä maanalaista putkistoa myöten seisontatasolla oleville tankkauskaivoille, joissa on tarvittavat liittimet tankkauslaitteen liittämiseksi järjestelmään. Tankkauskaivoissa on sähköiset ohjaislaitteet pumppaamon pumppujen käyttöön.

Hydrant-järjestelmällä voidaan tankata useita HN:a yhdenaikaisesti. Hydrant-järjestelmän suorituskyky on yleisesti 3.8 Bar tankkauspaineella n. 500 – 2000 ltr/min.

#### 3.2 Maasäiliöt

Lentopetrolia varastoidaan suurissa säiliöissä, joiden tilavuus saattaa olla miljoonista litroista tuhanteen litraan. Jalostamotoiminnassa säiliöiden tilavuudet ovat suurimmat sen takia, että saadaan valmistettua säiliöön oma tuote-erä. Tälle tuoteerälle tehdään tarvittavat laboratoriotestit joiden tulosten perusteella voidaan tehdä laatutodistus.

Lennoton tukikohdan alueella lentopetroli varastoidaan erikokoisiin maanalaisiin säiliöihin. Maasäiliöt sijaitsevat betonisessa kaukalossa, jossa on vuodonilmaisunturit. Vuosia sitten valmistetut ja asennetut maasäiliöt on hiekalla täytetyssä kaukalossa. Nykyisten määräysten mukaisesti maasäiliöt pitää olla asennettu betoniseen suojakammioon, jolloin säiliöt ovat tarkastettavissa myös ulkopuolelta mahdollisten vuotojen sekä maali- ja korroosiovaurioiden havaitsemiseksi.



KUVA 9 Maasäiliöt vaatimustenmukaisessa betonisessa suojakammiossa

### 3.3 Siirtoputkistot (imulinja)

Imuputkiston mitoituksella on oleellinen merkitys hydrant-järjestelmän toiminnan kannalta. Imuputkiston mitoituksen perustana voidaan pitää pumpun tuottokapasiteettia. Imulinjaan kuuluu säiliössä oleva kelluva imuputki ja pumppaamoon menevä imuputkisto. 5 tuuman putkiston sisähalkaisijalla saavutetaan optimaalinen hyötysuhde käytössä olevalla pumpulla. Maasäiliöt täytetään polttoainevarastolta 4 tuuman maanalaisista putkea käyttäen.



KUVA 10 Maasäiliöiden imu- ja täyttöputkistoja

Imulinja sisältää ennen pumppuja myös karkeasuodattimet. Karkeasuodattimessa lentopetroli kulkee tiheän metalliverkon läpi jolloin lentopetrolin seassa mahdollisesti olevat irtopartikkelit kokoluokassa  $> 2\text{mm}$  jäävät verkkoon kiinni.



KUVA 11 Pumpuille tulevien imulinjojen karkeasuodattimet

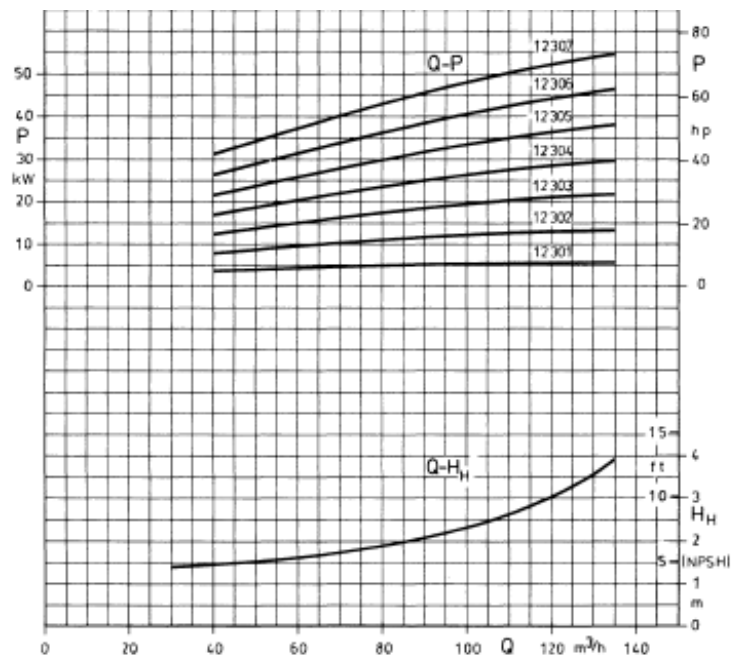
### 3.4 Siirtopumput/3/

Hydrant-järjestelmän tankkauskapasiteettia arvioitaessa tärkeimpänä komponenttina voidaan pitää siirtopumppuja. Siirtopumppuina käytetään kahta erilinjoissa olevaa Siemen & Hinschin valmistamia Sihi-pumppuja TKHA 12303. THHA 12303 on itseimevä keskipakopumppu, jonka imupuolella on erityinen ilmausporras. Ilmausportaan imuputkistosta mahdollisesti imevä ilma poistuu paineputkiston kautta, kun pumppu käynnistetään ilman vastapainetta tai kun vastapaine on korkeintaan n. 0.5 Bar. Ilmausporras on ilman erityisiä toimenpiteitä aina käyttövalmiina. Tästä johtuen pumppu sopii erityisesti kaasuntuvien polttoaineiden pumppaukseen, koska polttoaineesta erkanevaa kaasua imetään käytön aikana jatkuvasti pois.





KUVA 12 Sihi TKHA 12303 pumppu suorakytkettynä sähkömoottoriin

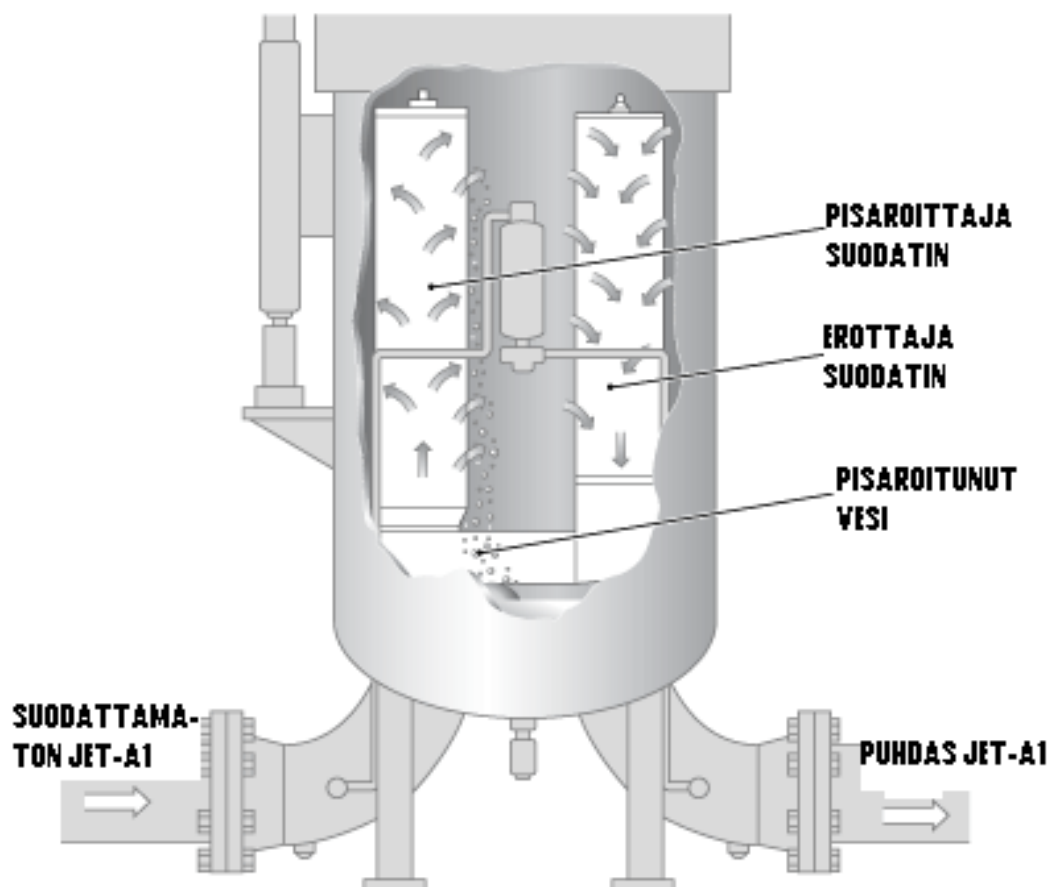


KUVA 13 TKH 12303 pumpun tehotarve ja tuottokapasiteetti/3/

### 3.5 Suodattimet/1/4/5/

Pumppujen jälkeen suoritetaan lentopetrolin suodatus. Suodatus tapahtuu kansainvälisten spesifikaatioiden mukaisilla suodattimilla. Spesifikaatioiden tarkoituksena on varmistaa, että lentopetrolissa mahdollisten epäpuhtauksien ja veden poistaminen tapahtuu asianmukaisesti valmistetuilla ja testatuilla suodattimilla. Lentopetrolin ominaisuuksien ja lentoturvallisuuden takaamiseksi suodatustoimenpiteet suoritetaan aina polttoainetta siirrettäessä tai konetta tankattaessa.

Vedenerottimen suodattimien toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Puhuttaessa lentopetrolin suodatuksesta niin oleellisimpana osana on mahdollisen vedenpoistaminen. Suodattimien toinen päätarkoitus on poistaa polttoaineen seassa mahdolliset partikkelit. Erottajasuodatin pystyy suodattamaan niinkin pienet partikkelit joiden koko on 5 mikronia ja sitä suuremmat.



KUVA 14 Vedenerotin suodattimen toimintaperiaate/12/



Yksi hydrant-järjestelmän painelinja voi syöttää pumpun ja putkiston kapasiteetin mukaan jopa usean tuhannen litran minuuttivauhdilla polttoainetta tankkauskaivojen kautta koneisiin.

Virtauksien kasvaessa suuriksi tarvitsee suodatusjärjestelmään asentaa ilmanerotin. Ilmanerotin tehtävänä on poistaa pumppauksesta aiheutuvat ilmakuplat ennen polttoaineen suodatusta. Ilman poistolla varmistetaan vedenerotimien suodattimien toimintavarmuus sekä vältetään mahdolliset ilman ja nesteen rajanpinnan suodattimille aiheuttamat mekaaniset vauriot.

Suodattimien kuntoa valvotaan käytönaikana ja määräysten mukaisten vuosihuoltojen yhteydessä. Vuosihuollossa suodatinastia tyhjennetään lentopetrolista, jonka jälkeen suodatinastia avataan tarkastusta varten. Tarkastuksessa pisaroittajasuodattimien kunto tarkastetaan visuaalisesti ja tarvittaessa vaihdetaan jos havaitaan suodattimien likaantuneen tai vaurioituneen mekaanisesti.

Pisaroittajasuodattimet vaihdetaan aina viimeistään 5 vuoden käyttöajan täytyessä tai suodattimien paine-ero saavuttaa arvon 15 Psi. Erottajapatruunoiden kuntoa seurataan visuaalisesti ja erillisellä vesitestillä. Vesitestin tarkoituksena on varmistaa erottajasuodattimien kyky erotella vesipisarat polttoaineen seasta.

Käytönaikainen valvonta suoritetaan paine-eroa seuraamalla. Suodattimien muodostuu verrattaessa järjestelmän paineita ennen ja jälkeen suodatinastian.

Suodatinastian koko ja sen sisältämien suodattimien määrä lasketaan virtausmäärien mukaan.

Aviation Fuel QC Bulletin No. 7 lokakuu 2005/11/ ilmoittaa maksimi virtauksen 5th edition pisaroittajasuodattimille arvona:

2.6 USG jokaista suodattimen pituus tuumaa kohden minuutissa.

Pumppaamon suodatinastia sisältää 6 kpl 22 tuuman pituisia pisaroittajasuodattimia ja 8 kpl 11 tuuman pituisia erottajasuodattimia.

Lentopetrolin maksimi virtausnopeus pumppaamon suodatinastiassa:

$$2.6 \text{ USGPM} \cdot 3.79 \text{ ltr} \cdot 6 \text{ kpl} \cdot 22" = \underline{1300 \text{ ltr/min}}$$



KUVA 15 Pumppaamon painelinjojen suodatinastiat

Hydrant-järjestelmässä käytetään tällä hetkellä Facetin valmistamia suodattimia, jotka täyttävät API bulletin 1581 3th edition, category A spesifikaation. Polttoainejärjestelmissä tullaan lähitulevaisuudessa siirtymään API bulletin 1581 5th edition, category C spesifikaation mukaisiin suodattimiin.

Oleellisena muutoksena 3th edition, category A ja 5th edition, category C suodattimilla on pumpattavan polttoaineen laatu. 3th edition suodattimia voidaan käyttää lentopetrolien Jet A-1, JP-8 ja Ilmavoimien Jet A-1 + AL-41 suodattamiseen. Vastaavasti 5th edition, category C suodattimilla ei saa suodattaa lentopetroli JP-8 ja Ilmavoimien Jet A-1 + AL-41. Normaalien tankkausikäytäntöjen mukaan em. suodattimet soveltuvat sellaisenaan HN:n tankkaukseen, koska lentopetrolin lisäaineistaminen tapahtuu polttoaineen suodattimien jälkeen.

Suodatinvalmistajilta on saatavilla myös 5th edition, category M suodattimia, jotka täyttävät MIL-F-8901 spesifikaation. Näiden suodattimien läpi voidaan suodattaa lisäaineistettua lentopetroli JP-8 sekä Jet-A1 + AL-41 lentopolttoaineita.



KUVA 16 *Pisaroittajasuodatin CA11-3*



KUVA 17 *Erottajasuodatin SS611FD*

### 3.6 Säiliöiden- ja painelinjojen määrämittarit

Hydrant-järjestelmään on asennettuna määrämittareita, jotka ilmoittavat polttoainemääriä volyymilitroina. Volyymilitramäärät ovat ns. todellisia litroja polttoaineen sen hetkessä lämpötilassa. Maasäiliöiden polttoainemäärät ilmoitetaan sähköisenä mittauksena suoritettuna prosenttilukuarvona. Sähköinen tieto voidaan siirtää tarvittaessa useisiin eri tarkkailupisteisiin sekä tietokoneelle. Sähköisellä tiedolla saadaan reaaliaikaista tietoa polttoaineen siirtymisistä.



KUVA 18 Maasäiliöiden määrämittarit

Säiliöistä polttoaine pumpataan runkolinjaan, josta se menee tankattaviin koneisiin. Runkolinjaan menevää polttoainemäärä seurataan Veeder-Root mittarista, joka on myös varustettu mahdollisuudella leimata erilaisia tositteita. Pumpattuja polttoainemääriä valvotaan ja kulutusmäärät kirjataan kirjanpitoon ohjeiden mukaisesti.



KUVA 19 Painelinjan määramittari

### 3.7 Siirtoputkisto (painelinja)

Hydrant-järjestelmässä on kaksi painelinjaa, joista kummassakin painelinjassa on neljä tankkauskaivoa. Painelinjat on asennettu kauttaaltaan maanalle muoviseen putkeen mahdollisten vuotojen havaitsemiseksi. Molemmilla seisontatasoilla on kaksi tarkastuskaivoa, joiden kautta putkistot kulkevat. 1 seisontatason reunassa kulkeva runkoputki on halkaisijaltaan 5 tuumaa ja seisontatason alla tankkauskaivoille kulkevat putket ovat halkaisijaltaan 3 tuumaa. 2 seisontatason eroavaisuutena on seisontatason reunassa kulkevan putken halkaisija, joka on 4 tuumaa.

### 3.8 Pumppukärryt ILO 128, Hatz-diesel ja M2000/1/

Pumppukärryt on hävittäjäkaluston tankkauksiin suunniteltuja ja varusteltuja siirrettäviä tankkauslaitteita. Pumppukärryjä on operatiivisessa käytössä kolme erityyppistä mallia. Niiden varusteisiin kuuluu mm. suodatinastia, määramittari, imu- ja tankkausletkut, paineensäädin, pumppu ja lisäaineenannostelulaite. Laitteet on suunniteltu käytettäväksi hydrant-järjestelmässä, jossa laitteiden toimintaan kuuluu



ainoastaan polttoaineen suodatus ja lisäaineenannostelu. Pumppukärkyjä voidaan käyttää myös itsenäisinä tankkausyksikköinä, koska laitteissa on oma moottori ja tuotepumppu. Moottorin tehtävänä on pyörittää tuotepumppua jolloin saavutetaan riittävä painetaso HN:n tankkauksen mahdollistamiseksi.

HN:n alin painetaso tankkauksen aikana on 1.4 Bar ja ylin painetaso 3.85 Bar. Painetasojen rajoilla on suuri merkitys koneen säiliöiden täytön yhteydessä. Alimmalla painerajalla varmistetaan, että koneen säiliöiden kohosulkuventtiilit toimivat ja sulkeutuvat asianmukaisesti koneen säiliöiden täytyttyä. Ylimmällä painerajalla varmistetaan, että koneen säiliöt eivät vaurioidu tankkauksen yhteydessä.

Tuotepumpun käyttövoimana on kahta erilaista polttomoottoria. ILO 128 voimälähteenä on 2-tahtinen bensiinimoottori ja Hatz-diesel sekä M2000 malleissa on dieselmoottori Hatz 2 G 40. ILO 128 pumppukärkyjä ei ole varusteltu lisäaineenannostelulaitteistolla. Tämän puutteen takia ILO pumppukärkyjä ei tällä hetkellä käytetä HN:n normaalissa tankkaustoiminnassa vaan ainoastaan Hawk suihkuharjoituskoneen tankkauksiin.

Pumppukärkyt voidaan liittää imuletkulla ja imuliittimellä joko kiinteään hydrantjärjestelmän tankkauskaiwon polttoaineliittimeen, polttoaineperävaunun tai maasäiliön purkausputkiston liittimeen. Pumppukärkyyn tuotepumppu on imukykyinen ja pystyy siten imemään polttoaineen maanalaisesta säiliöstä tai perävaunusta.

Pumppukärkyissä ei ole säädettäviä tankkauspaineen tai tilavuusvirran säätölaitteita vaan tankkauspainee on rajoitettu paineen rajoittimella maksimiarvoonsa ja tilavuusvirtaa voidaan säätää jonkin verran pumpun käyttömoottorin pyörimisnopeuden säädöllä. Ennen suodatinastiaa on ensimmäinen paineensäädin, joka rajoittaa suodattimille tulevan paineen maksimissaan 55 Psi. Tankkausliittimessä (Carter) on toinen paineensäädin jonka tehtävänä on rajoittaa koneeseen menevän paineen maksimiarvoon 45 Psi. Paineensäätimien tehtävänä on myös rajoittaa paineiskuja joita esiintyy erityisesti hydrantjärjestelmässä. Hydrantjärjestelmässä voi olla paineputkistossa useita tuhansia litroja polttoainetta jonka liikemassat ovat suuria aiheuttaen paineiskuja.

Aviation Fuel QC Bulletin No. 7 lokakuu 2005/11/ ilmoittaa maksimi virtauksen 5th edition pisaroittajasuodattimille arvona:

2.6 USG jokaista suodattimen pituus tuumaa kohden minuutissa.

Pumppukärryssä suodatinastia sisältää 6 kpl 11 tuuman pituisia pisaroittajasuodattimia ja 6 kpl 11 tuuman pituisia erottajasuodattimia.

Lentopetrolin maksimi virtausnopeus pumppukärryn suodatinastiassa:

$$2.6 \text{ USGPM} \cdot 3.79 \text{ ltr} \cdot 6 \text{ kpl} \cdot 11" = \underline{650 \text{ ltr/min}}$$



KUVA 20 ILO 128 pumppukärry/1/



KUVA 21 Hazt-diesel lisäaineenannostelulaitteistolla varustettu pumppukärri/1/



KUVA 22 M2000 lisäaineenannostelulaitteistolla varustettu pumppukärri/1/



Pumppukärri kytketään koneeseen painetankkausliittimellä. Ilmavoimien käytössä oleva Carter-liitin on kansainvälisen ISO 45 (STANAG 3105) normin mukainen. Carter-liittimen kytkentä mahdollistaa tankkauslaitteiston käyttämisen kaikilla koneityypeillä, jotka tankataan painetankkauksena.



KUVA 23 Carter-liittimen kytkentäpinta ja sisärakenne/1/



KUVA 24 Carter-liitin kytkettynä HN koneeseen/1/

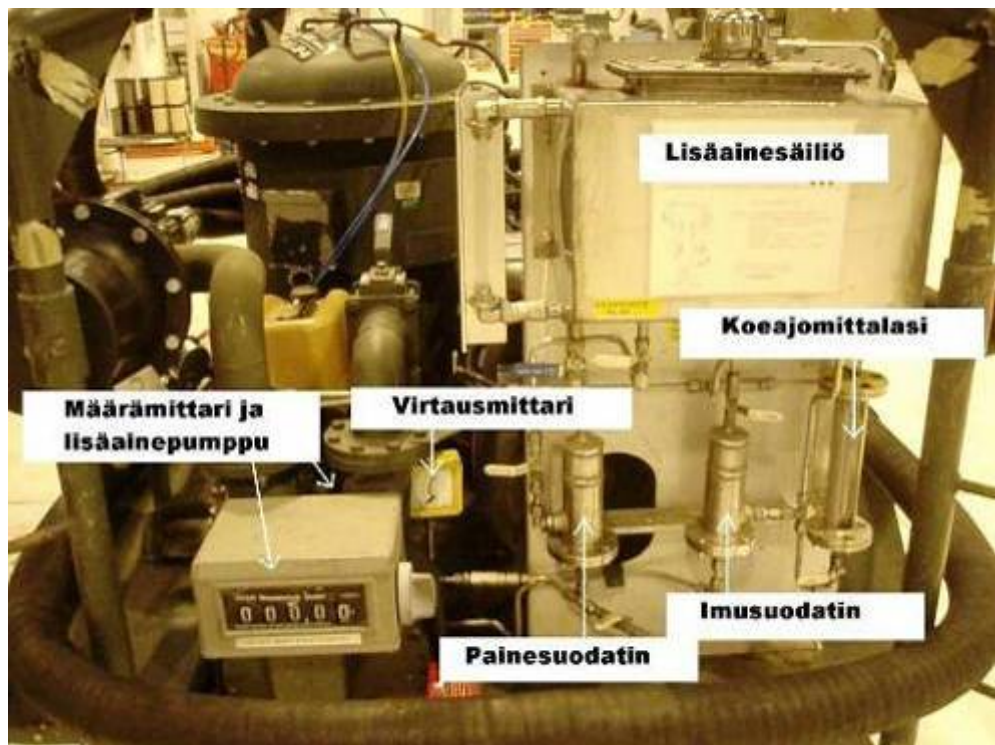
## 4 LENTOPETROLIN LISÄAINEISTAMINEN NYKYTEKNIIKALLA

### 4.1 Yleistä

Ilmavoimien nykyisen käytännön mukaan lisäaineistettua Jet A-1 ei saa varastoida maasäiliöihin eikä tankkausautoihin. Lentopetrolin lisäaineistaminen suoritetaan tankkaustapahtuman aikana mekaanisella annostelijalla. Annostelija syöttää käytettävän lisäaineen AL-48 tai AL-41 lentopetrolin sekaan suodattimien jälkeen. Tämän lisäaineistamisen seurauksena lentopetroli Jet A-1 muuttuu tyypiltään JP-8 tai Lentopetroli Jet A-1 + AL-41 kun polttoaine siirtyy HN:n polttoainesäiliöihin.

### 4.2 Pumppukärryn lisäaineen annostelija

Mekaaninen annostelija saa käyttövoimansa polttoaineen virtauksen pyörittämältä epäkeskoakselista. Annostelijapumpun sisällä on mäntä, jonka liikenopeus on täysin riippuvainen virtausnopeudesta. Männen iskunpituutta voidaan säätää portaattomasti annostelijapumpun päässä olevasta säätöruuvista. Annostelijapumpun lisäksi tankkauslaitteessa on lisäainesäiliö, lisäaineen imu- ja painesuodatin, mittalasi, varo- ja takaiskuventtiili sekä virtausmittari.



KUVA 25 Pumppukärryn lisäaineenannostelija

#### 4.3 Lisäaineen suodattaminen/1/

Sintrattu lisäaineen suodatin toimii järjestelmässä erottamassa partikkeleita lisäaineesta. Suodatinmateriaali on sintraamalla teräsjauheesta tehty. Suodattimella ei ole varsinaisesti vaihtoväliä vaan se tarkastetaan vuosittain ja pestään tarvittaessa ultraäänipesulaitteessa. Lisäaineen virtaus-suunta on ulkoa sisälle.

Käytössä on seuraavat sintratut suodatinmallit:

- Polar-inox Pos. 30–05 lisäainejärjestelmän imusuodattimena
- Polar-inox Pos. 20–05 lisäainejärjestelmän painesuodattimena



KUVA 26 Lisäaineen sintrattu suodatin/1/

#### 4.4 Lisäaineen täyttölaitteet

Lisäaineen käsittely tapahtuu jakeluprosessin aikana suljetussa järjestelmässä. Suljetun järjestelmän etuina voidaan pitää tuotteen puhtaana pysymisen ja työturvallisuuden. Pumppukärrien lisäainesäiliöt ovat mallista riippuen tilavuudeltaan 30–50 litraa, joten niitä on täytettävä tankkaustoiminnan aikana.

Tähän tarkoitukseen on valmistettu kuljetusalusta johon voidaan sijoittaa 500 litran lisäainekontti. Alustassa on myös käsitoiminen haponkestävät pumppu ja letkut

tuotteen siirtämistä varten. Täyttölaitteen ja täyden kontin massa on niin iso, että sen siirtelyyn tarvitaan normaalissakin toiminnassa moottoroitua vetolaitetta.

Kontit lähetetään lisäaineen valmistajalle niiden tyhjennyttyä. Lisäaineen valmistaja tarkastaa jokaisella täyttökerralla kontin kunnon ja tiiveyden. Tällä toimenpiteellä minimoidaan mahdollisten vuotojen aiheutuminen käytön aikana, koska lisäaineen ominaisuutena on voimakkaasti liuottava.



KUVA 27 500 litran lisäainekontilla varustettu annostelulaitteiston täyttölaite/1/

Lisäaineen täyttölaitteesta on tehty myös kevennetty versio. Kevennetyn täyttölaitteen tarve on tullut kun toimitaan sellaisissa olosuhteissa joissa ei ole käytössä sopivaa hinauskalustoa. Kevennetyssä täyttölaitteessa on periaatteeltaan samat varusteet kuin isommassa pumppuineen ja letkuineen sillä ainoastaan säiliön koko on pienempi. Pienempi täyttölaite on varustettu ruostumattomasta teräksestä tehdyllä 100 litran tynnyrillä. Tynnyrit lähetetään lisäaineen valmistajalle täyttöä varten. Ne voidaan tarvittaessa täyttää isommasta 500 litran täyttölaitteesta pumppaamalla suljetussa järjestelmässä.





KUVA 28 100 litran lisäainetyynyillä varustettu annostelulaitteiston täyttölaite/1/

## 5 LENTOPETROLIN LISÄAINEISTAMISEN MUUTOKSET

### 5.1 Lentopetrolin lisäaineistamisen ajankohta

Lisäaineiden lisääminen lentopetroliin on tulevaisuutta. HN:n valmistaja ohjaa käytettävän polttoaineen laatua ohjekirjallisuudessaan ja kyseiset vaatimukset ovat käytännön kokemuksen tulos. Muutoksissa ei tarkastella lisäaineen käytön vähentämistä tai lopettamista. Nykyiselle lisäaineineen käytölle on myös annettu toleranssit. Ohjekirjallisuus antaa lisäaineen pitoisuuden toleranssiksi 0.8–1.2 % tilavuusprosenttia lentopetrolin määrästä ja koneella voidaan lentää 10 tuntia ilman lisäaineellista polttoainetta.

Ideologian muutosta ehdotetaan kuitenkin lisääaineistamisen ajankohtaan. Nykyään lisääaineistaminen tapahtuu aina tankkauksen yhteydessä käytettävällä annostelulaitteella, joka kuuluu tankkauslaitteen rakenteeseen. Ajatuksena on lentopetrolin lisääaineistamisen tapahtuvan hydrant-järjestelmässä joten tankkauslaitteen osuus lisääaineistamisen osalta jäisi pois. Tämä mahdollistaisi sellaisten laitteiden käyttämisen, joissa ei ole annostelulaitteistoja. Lennättävän mekaanikon ei enää tarvitsisi huolehtia lisääineen annostelusta vaan sen toteutusta valvoisi polttoainehuollon henkilöstö.

Ennakoiva lisääaineistaminen ei ole muualla maailmassa uusi asia vaan se on ollut jo vuosikausia arkipäivää joka päiväsessä toiminnassa. Yhdysvaltojen Ilmavoimat suorittaa lentopetrolin lisääaineistamisen silloin kun polttoaine tuodaan tukikohdan maasäiliöihin. Ilmavoimien lisääaineistamisen muutoksessa ei ole tässä vaiheessa tarkoitus siirtyä maasäiliöihin tehtäviin seoksiin vaan tankkauksien yhteydessä hydrant-järjestelmän paineputkistoon suoritettaviin lentopetrolin lisääaineistamiseen. Huomioitavana aisana kuitenkin voidaan pitää sitä, että paineputkistossa tilavuus on useita tuhansia litroja ja se tulee jatkossa olemaan lisääaineistettua lentopetrolia. Paineputkiston polttoaine ei tuota sen enempää ongelmia vaikka siitä tankattaisiin esim. Hawk-harjoitushävittäjä, koska satunnainen tankkaus Hawk-kalustolle lisääaineistetulla lentopetrolilla ei aiheuta mitään erityisiä toimenpiteitä.

Toimintamallin hyväksymisen suorittaa Lentotekniikkalaitos, jonka vastuulla on toimintojen ohjeistaminen ja kouluttaminen Ilmavoimissa.

## 5.2 Pumppaamon tarvitsemat muutokset

Pumppaamoon asennettavalle annostelulaitteistolle asetetaan sitä vastoin omat valintakriteerit. Pumppujen ja laitteiden valmistajat tarvitsevat muutaman oleellisen tiedon, joiden avulla voidaan valita tarkoituksenmukaiset laitteet.

Lisääineen annostelujärjestelmän valintaan tarvittavat tiedot:

- Minimi polttoaineen virtaus hydrant-järjestelmässä
- Maksimi polttoaineen virtaus hydrant-järjestelmässä
- Minimi hydrant-järjestelmän paine
- Maksimi hydrant-järjestelmän paine

- Pumpattavan lisäaineen koostumus
- Pumpattavan lisäaineen pitoisuus polttoaineessa
- Laitteistojen sijoituspaikka ja käyttöolosuhteet

Nykyisin tankkauslaitteissa käytössä olevat annostelulaitteistot ei sovellu sellaiseen pumppaamon käyttöön liian pienen tuottokapasiteettinsa takia. Markkinoilta löytyy pumppaamoiden käyttöön erittäin hyviä ja luotettavia annostelujärjestelmiä joten valinnan vapautta on riittävästi. Valintaa huomioidessa oleellisina asioina tarvitsee tarkastella myös kustannustehokkuutta, toimintavarmuutta ja olemassa olevien komponenttien hyödyntämistä. Käytännössä on valittavana kolmella toimintamallilla olevaa annostelujärjestelmää, jotka toimivat sähköisellä, sähköisen ja mekaanisen yhdistelmällä sekä mekaanisella ohjauksella. Kaikilla em. ohjauksilla saadaan toimivat konstruktiot suunniteltua. Lopullinen valinta suoritetaan kokoonpanojen ja komponenttien vertailua suorittamalla.

Lisäaineen syöttöpumppujen sijoitus tulisi olemaan pumppaamosta ulos menevissä paineputkissa alla olevan kuvan mukaisesti. Sijoituspaikkaan voidaan joutua tekemään rakenteellisia muutoksia asennettavien laitteiden tilatarpeen vaatimana.



KUVA 29 Lisäainepumppujen sijoitus

Lisäaineen syöttöpumpulle tarvitaan tietysti lisääainetta. Tähän tarkoitukseen hyödynnetään nykyisin käytössä olevia 500 litran lisääaineen kuljetussäiliöitä. Kuljetussäiliö sijoitetaan pumppaamorakennuksen ulkopuolelle putkilinjojen yläpuolelle siten, että kontin asettaminen telineeseen onnistuu trukkia käyttäen. Kontti on sijoitettava lisääainepumpun yläpuolelle, koska markkinoilla olevien lisääainepumppujen kyky nostaa pumpattavaa lisääainetta on huono. Ympäriille rakennetaan metallinen kaappi sääsuojaksi.

Kuljetussäiliön ja pumpun väliin asennetaan vastaavanlaiset lisääaineen suodattimet kuin nykyisinkin on käytössä tankkauslaitteissa. Suodatinastiaan asennettaisiin sintrattuja Polar-inox Pos. 30–05 suodattimia kaksi kappaletta. Ennen lisääainepumppua asennetut suodattimet varmistaa, että mahdollisia partikkeleita ei pääse kulkeutumaan hydrant-järjestelmään ja lentopetroliin sekaan.



KUVA 30 *Lisäainekontin sijoituspaikka*

### 5.3 Pumppukärryn tarvitsemat muutokset

Pumppukärryn osalta muutosten taso on riippuvainen käytettävästä mallista. Jokaiseen ILO 128, Hatz-diesel ja M2000 mallin pumppukärryyn tehdään yksi kaik-



kia koskeva muutos. Pumppukärrijen nykyiset suodattimet eivät mahdollista lisäaineellisen lentopetrolin käsittelyä. Tämä aiheuttaa suodattimien 5th edition, category C vaihtamisen 5th edition, category M suodattimiksi.

Suodattimien käyttöä rajoittaa huomattavasti valmistajan tieto siitä, että kyseisiä M categoryn suodattimia ei saa käyttää vuorotellen Jet-A1:n ja lisäaineistetun lentopetrolin tankkauksiin. Ilmavoimilla on käytössä useita ILO 128 pumppukärriä, joita ei ole varustettu lisäaineen annostelulaitteistolla eikä niitä käytetä tällä hetkellä normaalissa HN:n tankkaustoiminnassa. Nämä ILO 128 pumppukärriä tulevat olemaan suunnitellusti käytössä tankattaessa lisäaineistettua lentopetrolia. ILO 128:n tarvitsee lisätä suodattimien vaihdon lisäksi paineiskuastia, joita on käytössä muissa pumppukärri malleissa.

Hatz-diesel ja M2000 pumppukärriihin tarvitsee ainoastaan vaihtaa suodattimet ja kytkeä lisäaineen annostelulaitteisto pois päältä. Näillä edellytyksillä voidaan tankkauksia suorittaa lisäaineellisella lentopetrolilla. Näiden pumppukärrijen varustaminen lisäaineistavaan hydrant-järjestelmään ei ole järkevää vaan kyseinen kalusto jäisi ainoastaan Jet-A1:n tankkauksiin. Tarvittaessa näillä pumppukärriillä voidaan suorittaa normaaleja lisäaineellisia tankkauksia kuten tähänkin mennessä.

Jatkossa seisontatasoille hankitaan yksinkertaisia suodatinyksiköllä varustettuja pumppukärriä joissa ei olisi moottoria ja omaa pumppua. Kevennetyt tankkauskärriä ovat menestyksekkäästi käytössä muiden maiden Ilmavoimilla.

## 6 KOMPONENTTIEN VERTAILU

### 6.1 Yleistä

Valinta suoritetaan kolmella erilaisella tekniikalla toimivasta lisäaineen annostelujärjestelmästä käyttötarkoitukseen sopivin konstruktio. Nämä kolme toimintamallia on mekaanisella, mekaanisen sekä sähköisen yhdistelmä ja sähköisellä ohjauksella toimivat lisäaineen annostelijat. Lähtökohtana on, että valitaan kaikista kolmesta toimintamallista luotettavimman, laadukkaimman ja kustannustehokkaimman kokoonpanon komponentit suorittaen kriittinen esikarsinta.

Tähän valintaan käytetään työn tekijän lähes kahdenkymmenen vuoden kokemusta lentopolttoainehuollon toimenpiteistä. Lopputuloksen saavuttamiseksi hyödynne-

tään myös yhteistyökumppanien ja maahantuojien suosituksia sekä heidän antamiin tietoihin komponenttien valinnassa.

Esikarsinnan jälkeen on valittu toimivat komponentit kaikkiin toimintamalleihin ja sitten suoritetaan tarkempi vertailu toimintamallien eroista, haitoista ja hyödyistä. Tämän arvion perusteella ehdotetaan Lennoston lentopolttoainepumppaamon tehtäviä muutoksia toteutettavaksi.

Annostelujärjestelmän komponenttien valintaa suorittaessani tarvitsin muutaman oleellisen arvon joita voin verrata laitteen spesifikaatioihin.

Hydrant-järjestelmän arvot ovat seuraavat:

- Polttoaineen virtausnopeuden vaihteluväli 500 <> 1500 Ltr/min
- Hydrant-järjestelmän paineen vaihteluväli 0.1 Bar <> 4.0 Bar
- Pumpattava lisäaine Diegme 2- (2-metoksietoksi) etanolia
- Lisäainepitoisuus polttoaineessa 0.1 % = 100 ppm = 1 ‰
- Laitteiden käyttöolosuhteet pumppaamossa -20 c° <> +40 c°

Seuraavissa kohdissa 6.2 mekaanisen lisäaineenannostelijan konstruktio, 6.3 mekaanisen ja sähköisen lisäaineenannostelijan konstruktio ja 6.4 sähköisen lisäaineenannostelijan konstruktio esitellään jokaisen toimintatavan käyttökelpoisin malli, joka on valittu lopulliseen vertailuun.

## 6.2 Mekaanisen lisäaineenannostelijan konstruktio/3/13/

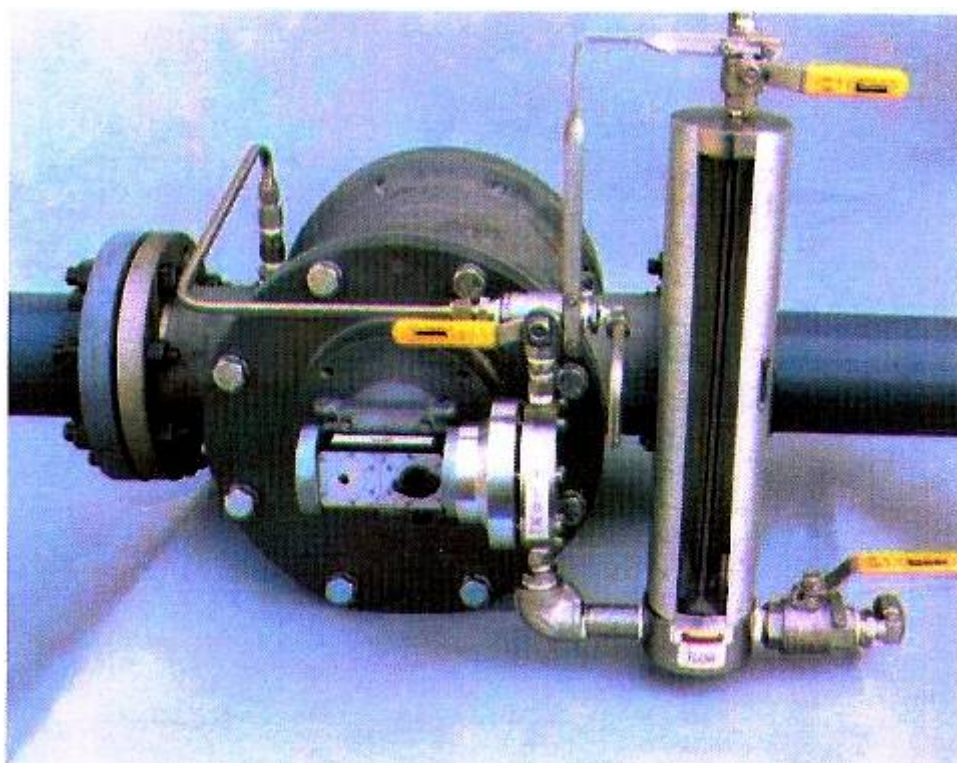
Mekaaniseksi lisäaineenannostelijaksi valittiin vertailuun Hammond Model 800-1S lisäainepumppu.

Kalvotoiminen lisäainepumppu saa käyttövoimansa polttoaineen virtauksesta epäkeskoakselin välityksellä. Pumpun antaman lisäaineen määrää säädetään yksinkertaisesti kalvon liikemäärää muuttamalla. Pumpun rakenne on yksinkertainen, koska pumppu itsessään ei määritä virtaus-suuntaa. Tämän takia pumppua ennen ja jälkeen on asennettu suuntaisventtiilit joilla määritetään lisäaineen virtaus-suunta. Lisäaineen virtaus ei tapahdu kalvopumpulla tasaisesti vaan sysäyksittäin.

Pumpun yhteydessä on myös mittalasi jolla voidaan suorittaa tarvittaessa lisäainemäärien tarkastusajoja. Tarkastusajo on ohjeistettu suoritettavaksi nykyisillä tankkauslaitteilla, joka päivä ensimmäisen tankkauksen yhteydessä. Tarkastuskoeajo on käytännössä ollut toimiva ja tankkaushenkilöstö on sen omaksunut, joten sitä jatkettaisiin tällä ratkaisulla samalla periaatteella.

Hammonds Model 800-1S valintaan vaikuttavat spesifikaatiot:

- Polttoaineen virtausnopeuden vaihteluväli 250 <math>\langle \rangle</math> 2500 Ltr/min
- Hydrant-järjestelmän maksimipaine 6.9 Bar
- Pumpattavat lisäaineet Kaikki polttoaineen lisäaineet
- Lisäainepitoisuus polttoaineeseen 0.05 – 0.4 %



KUVA 31 Hammonds Model 800-1S lisäaineen annostelulaitteisto/13/

### 6.3 Mekaanisen ja sähköisen lisäaineenannostelijan konstruktiio/3/6/8/17/20/

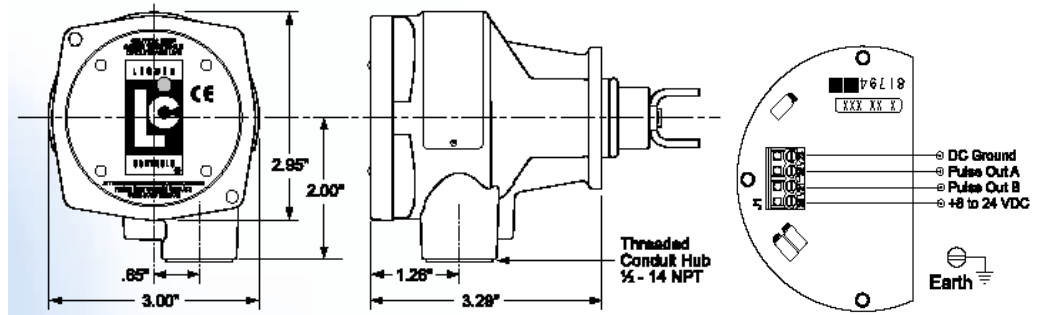
Mekaanisessa ja sähköisessä lisäaineenannostelussa yhdistyvät hienovaraisesti mekaniikka ja sähkötekniikka. Mekaaninen osuus tulee virtauksen määrätiedon siirtäminen akselin välityksellä pulssianturille ja loppuosa prosessista hoituu sähköisenä

tiedon siirtona käyttölaitteille. Sähköisellä ohjauksella suoritettavalla annostelulla voidaan suorittaa reaaliaikaista valvontaa mikä vastaavasti parantaa prosessin laatua. Lisäaineen annostelussa lentopetrolin sekaan sähköisellä ohjauksella voidaan puhua suhdessäädöstä. Suhdesäädössä vertaillaan kahden virtauksen suhdetta toisiinsa ja pyritään pitämään virtausmäärien suhde annetussa suhdearvossa. Erillistä mittalasi tai koeajojärjestelmää ei tarvita, koska laitteisto valvoo itseään keskeyttämällä jakeluprosessin jos asetusarvoista tulee poikkeamia.

Virtausmäärä tieto saadaan mekaanisesti polttoaineen virtauksen pyörittämän akselin kautta pulssianturille. Nykyään käytössä oleva veeder-root mittari poistetaan ja tilalle asennetaan pulssianturi, jonka lähettämä pulssien määrä on riippuvainen akselin pyörimisnopeudesta. Hydrant-järjestelmässä on asennettu tällä hetkellä liquid controls valmistama määrämittari johon voidaan asentaa saman valmistajan tekemä pulssimittari. Vastaavia pulssimittareita löytyy myös muilta valmistajilta kuten esimerkiksi Avery Hardoll. Asennussarjoilla antureita voidaan asentaa erivalmistajien mittareihin jolloin saavutetaan valinnan mahdollisuutta sekä sen myötä valinnan vaikeutta. Pulssianturia voidaan käyttää Atex:n mukaisessa tilaluokassa 1.

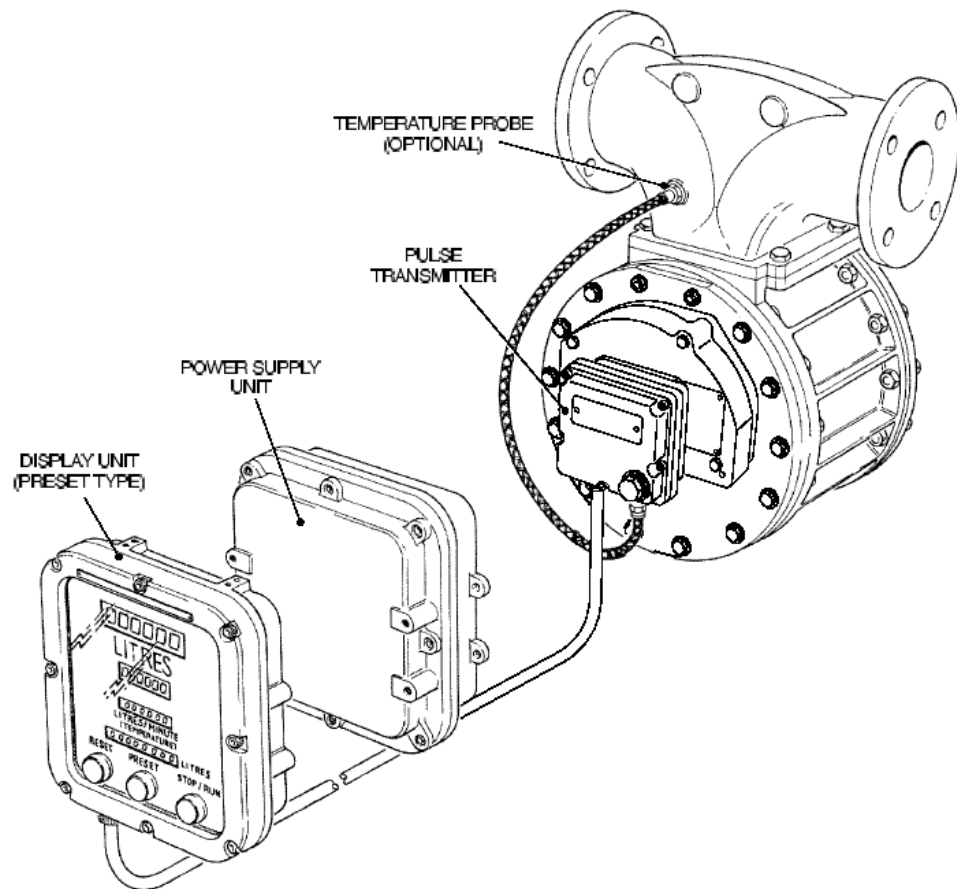


KUVA 32 *Liquid controls valmistama pulssianturi/6/*

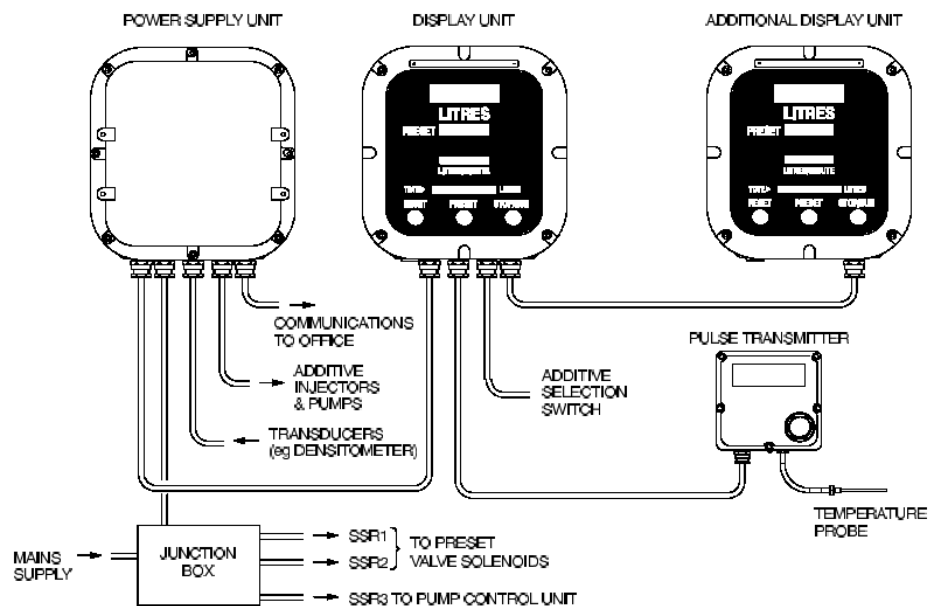


KUVA 33 Pulssianturin mitat sekä sähkökytkennät/6/

Säätöyksiköllä pulssianturin tieto käsitellään ja siirretään lisäainepumpulle sekä digitaaliselle määrämittarille. Säätöyksikön tehtävänä on antaa sähköinen tieto myös lisäainepumpulle, joka syöttää oikea-aikaisesti asetetun arvon mukaisen lisäaineen määrän polttoaineen sekaan. Sähköyksikkö suorittaa virranjaon laitteistoille sekä tarvittaessa siirtää sähköistä tietoa prosessin aikana tietokoneelle reaaliaikaisen valvonnan suorittamiseksi.



KUVA 34 Virtausmittariin asennettavat osat/3/21/



KUVA 35 Sähköisen ohjauksen kytkentäkaavio/3/21/

Lisäainepumpuksi kokoonpanoon asennettaisiin moottoritoiminen hydraulisvälitteinen kalvoannostuspumppu. Prominentin toimittama moduulirakenteinen Hydro 3 HP3aH025120 vastaa pumppaamon ja hydrant-järjestelmän vaatimuksia. Pumppu toimii yhdellä annostelupäällä. Pumpun toiminnan ohjaus suoritetaan erillisellä taajuusmuuttajalla.



KUVA 36 Hydro 3 hydraulisvälitteiset kalvoannostuspumput yhdellä ja kahdella annostelupäällä/20/

#### 6.4 Sähköisen lisäaineenannostelijan konstruktiio/7/8/19/20/

Nykyään voidaan kutsua ”älykkääksi annostukseksi” kun käytetään mittaus- ja säätötekniikkaa kokonaisuudessaan lisäaineen annostelemiseen. Puhuttaessa sähköisestä annostelusta erona aikaisempiin vaihtoehtona voidaan pitää, että kaikki tiedot joita kerätään perustuvat sähköiseen mittaukseen tai tiedonsiirtoon. Täysin sähköisessä konstruktiossa anturina on järkevää käyttää ABB:n coriolis massavirtausmittaria. Normaalisti nesteiden mittauksiin käytetään magneettis-induktiivista läpivirtausmittaria, mutta lentopetrolin sähkönjohtavuus on usean suodatuskerran jälkeen laskenut 30–80 PS/m tasoon. Magneettis-induktiivinen läpivirtausmittari voidaan käyttää kun mitattavan nesteen sähkönjohtavuus on minimissään 40 PS/m.



KUVA 37 Coriolis massavirtausmittari FCM-2000/19/

Coriolis massavirtausmittarin kanssa voidaan pitää luonnollisena jatkona ABB standard drive-taajuusmuuttajaa. Sarjan ACS550 taajuusmuuttajassa on valmiit liitännät erilaisia kenttäväylämoduuleja varten. Laite täyttää asetut vaatimukset pumppaamon ja hydrant-järjestelmän osalta.





KUVA 38 ABB taajuusmuuttaja ACS550/19/

Lisäainepumpuksi kokoonpanoon asennettaisiin sama moottoritoiminen hydraulisvälitteinen kalvoannostuspumppu kuin kohdassa 6.3. Prominentin toimittama moduulirakenteinen Hydro 3 soveltuu erittäin hyvin sähköisellä ohjauksella tapahtuviin annosteluprosesseihin.

## 7 TULOKSET JA ANALYSOINTI

### 7.1 Yleistä

Työn tuloksena saavutettiin 3 erilaista ja hyvin toteutuskelpoista lisäaineenannostelujärjestelmää hydrant-järjestelmään rakennettavaksi. Alkuperäinen ajatus toteutuu jokaisessa vaihtoehdossa siten, että lentopetrolin sekaan saadaan annosteltua lisäainetta oikea määrä sekä oikea-aikaisesti.

Eri konstruktioiden kustannuksiin ei tarkoituksella oteta kantaa, koska ne ovat liian rajoittavana tekijänä valitessa käyttöön sopivaa ratkaisua. Liian usein hankinta ja ylläpitokustannukset ohjaavat ratkaisuja. Tämän seurauksena joudutaan usein tekemään kompromisseja ja saavutettu tulos ei vastaa haluttua tulosta järjestelmän toimivuuden ja käyttökelpoisuuden osalta. Kustannustehokkuus pitää kuitenkin ottaa jotenkin huomioon ja jalat pitää pystyä pitämään maassa. Tämän työn eri vaih-



toehtojen kustannuserot eivät ole niin suuret, että sillä voisi ja ennen kaikkea saisi olla vaikutusta lopulliseen tulokseen.

## 7.2 Mekaanisen lisäaineenannostelija

Mekaaninen lisäaineenannostelujärjestelmä edustaa perinteistä toimintamallia, jonka riippuvuus ulkopuolisista tekijöistä on vähäistä. Järjestelmän positiivisina asioina voidaan pitää yksinkertaisuutta ja sähköstä riippumatonta toimintaa. Nämä asiat huomioon ottaen voidaan ajatella, että tämä on yksinkertaisuuden kannalta erittäin sopiva sotavarusteeksi. Siinä on ainakin toinen puoli totta, koska välineistöltä on hyvä vaatia toimintavarmuutta ja yksinkertaisuutta. Hydrant-järjestelmä ei suoraanaisesti tue kriisiajan toimintaa sen kiinteän ominaisuuden takia, joten sen käyttötarkoitus painottuu enemmän syvän rauhanajan toimintaan. Tämän takia yksinkertaisuudelle ei lasketa tässä tapauksessa suurta painoarvoa.

Negatiivisena asiana voidaan pitää, että mekaanisesta annostelujärjestelmästä ei saada kerättyä reaaliaikaista sähköistä tietoa polttoaineen sekä lisäaineen kulutuksista. Prosessin valvonta sekä hallinta vikatapauksissa ei ole nykypäivän tasolla.

## 7.3 Mekaanisen ja sähköisen lisäaineenannostelijan yhdistelmä

Mekaanisen ja sähköisen lisäaineenannostelujärjestelmä sisältää pääosin uutta tekniikka annostelun toteuttamiseksi. Vastaavalla periaatteella toimivia laitteistoja joissa ei ole lisäainepumppua käytetään siviili-ilmailussa tankkausajoneuvoissa. Tällä on saavutettu etuna kuitenkin tulostaminen välittömästi asiakkaalle sekä sähköinen tiedonsiirto tankkausajoneuvosta tietojärjestelmään, joka suorittaa kirjanpidon sekä laskutuksen. Ilmavoimien käytössä kyseisellä ratkaisulla saavutettaisiin vastaava reaaliaikainen tiedonsiirto valvonnan ja järjestelmien toimivuuden tehostamiseksi. Kokoonpanossa pystyttäisiin hyödyntämään olemassa olevaa rakennetta joten suuriin putkistomuutoksiin ei olisi tarvetta ryhtyä.

Järjestelmään voidaan kytkeä tarvittaessa lisäaineen virtauksen seurannan ja lisäainekontin määrämittaukseen. Pumpun kalvorakenne mahdollistaa sähköisen tiedon keräämisen kalvon rikkoutuessa. Tämä edesauttaa käytönaikaista prosessin hallintaa ja luo sen seurauksena edellytykset laadukkaalle sekä hallitulle prosessille.

#### 7.4 Sähköinen lisäaineenannostelija

Sähköinen lisäaineenannostelujärjestelmä on perustoiminnoiltaan vastaavanlainen kuin edellisessä kappaleessa läpikäyty vaihtoehto. Suurimpana eroavaisuutena on anturitekniikka, jolla lentopetrolin virtausmääriä seurataan ja sen myötä muutetaan sähköiseksi tiedoksi. Taajuusmuuttajan sijoitus tulisi olemaan pumppaamohuoneessa joten laite pitää olla ATEX mukainen tilaluokkaan 1. Taajuusmuuttaja on soveltuva syöttämään sähköisen tiedon lisäainepumpulle sekä mahdollistaa sähköisen tiedonkeruun. ABB:ltä löytyy kaikki muut tarvittavat osat sähköisen ohjauksen toteuttamiseen.

Järjestelmään voidaan kytkeä myös tarvittaessa lisäaineen virtauksen seurannan ja lisäainekontin määrämittaukseen kuten kohdassa 7.3 mainitsin. Pumpuna järjestelmässä toimii vastaava hydraulis-välitteinen kalvopumppu kuin kohdassa 7.3, joten pumpun osalta ei tarvitse suorittaa näiden kahden sähköisesti ohjattavan järjestelmän vertailua.

## 8 RAKENNETTAVA LISÄAINEENANNOSTELUJÄRJESTELMÄ

Erilaiset viiveet ja odotusajat on toimintojen eri osa-alueilla pystytty minimoimaan ja sen myötä Ilmavoimien lentokaluston käyttökyky on saatu nostettua maailman laajuisesti korkealle tasolle. Lentokaluston käyttökyvyn korkealla tasolla pitämiseksi tarvitsee lentopolttoainehuollon kehittyä toiminnan edellyttämien vaatimusten mukaan. Lentopolttoaineen laadukkaalla käsittelyllä ja ajanmukaisilla laitteistoilla saavutetaan asetetut vaatimukset merkittävänä osana lentokaluston käyttökyvyn ylläpitämistä.

Tämän seurauksena lisäaineenannostelujärjestelmän valinnassa suuri painoarvo on nykyaikaisuudella ja sähköisellä ohjauksella toimivassa ratkaisussa. Valinnan suorittamista ei voi suorittaa ainoastaan em. kriteerien perusteella vaan laitteistojen arviointia ja vertailua tarvitsi suorittaa erillisen vaatimuslistan mukaan.

Vaatimuslista:

- olemassa olevien rakenteiden ja laitteiden hyödyntäminen
- testatut ja toimivat komponentit

- sähköisesti toimiva laitteistojen ohjaus
- mahdollistettava tiedonkeruu polttoaineen virtausmääristä
- käyttöolosuhteet (vallitseva ympäristön lämpötila, ATEX tilaluokka 1)
- virhetilanteiden ilmoitukset
- varaosien saatavuus

Em. vaatimukseen ja komponenttien analysointeihin perustuen valinta kohdistuu kolmesta aikaisemmissa kappaleissa läpikäydyistä vaihtoehdosta yhteen. Komponenttien vaatimuslistaan vertailun jälkeen pudotettiin pois esikarsinnassa mekaanisesti toimiva lisäaineenannostelujärjestelmä. Mekaanisesti toimivan järjestelmän suurimmat puutteet on sähköisen ohjauksen mahdottomuus sekä prosessin hallinta. Kokoonpano on tarkemmin esitelty kohdissa 6.2 ja 7.2.

Parhaaksi vaihtoehdoksi kahdesta jäljellä olevasta annostelujärjestelmästä osoittautui mekaanisella ja sähköisellä ohjauksella toimiva kokoonpano. Kokoonpano on tarkemmin esitelty kohdissa 6.3 ja 7.3.

Kyseinen kokoonpano on kokonaisuudessaan toimiva ratkaisu testatuista ja luotettavista komponenteista rakennettu annostelujärjestelmä. Lähes tasavertainen vaihtoehto oli näiden kahden kokoonpanon vertailussa sähköisellä ohjauksella toimiva järjestelmä. Kokoonpano on tarkemmin esitelty kohdissa 6.4 ja 7.4.

Lopullisesti yhtenä ratkaisevana tekijänä oli massavirtausmittarin suuri tilantarve. Tilatarpeen takia aiheutuisivat suuret putkilinjojen muutokset. Vastaavasti valitussa järjestelmässä ei tarvitse tehdä kuin 3/8 tuuman putkiyhde pumpulta runkolinjaan. Toinen ratkaiseva tekijä oli olemassa olevien järjestelmien hyödyntäminen. Mekaanisella ja sähköisellä ohjauksella toimivassa kokoonpanossa voidaan hyödyntää asennettua virtausmittaria siten, että siihen asennetaan pulssianturi. Sähköisellä ohjauksella toimivassa järjestelmässä em. virtausmittarilla ei olisi mitään käyttötarkoitusta.

Tässä työssä suoritettujen vertailujen ja analysointien perusteella esitetään, että kyseinen mekaanisesti ja sähköisesti toimiva lisäaineenannostelujärjestelmä rakennetaan lennoston tukikohdan hydrant-järjestelmään. Lisäaineenannostelujärjestelmästä saatujen käyttökokemusten perusteella vastaavat järjestelmät tultaisiin rakentamaan muidenkin lennostojen tukikohtiin joissa on vastaavat hydrant-järjestelmät.

## 9 YHTEENVETO

Työn lähtökohta oli haastava, koska tarkoituksena oli muuttaa Ilmavoimien lentopolttoainehuollon ideologia lentopetrolin lisääineistamisessa. Tavoite oli saavuttaa toteutuskelpoinen konstruktio lentopetrolin lisääineistamiseksi Hornet F-18C/D seisontatasolla maanalaisessa hydrant-järjestelmässä. Kokoonpanoon vaadittavien komponenttien rakenteista, yhteensopivuudesta ja toiminnasta oli tarjolla teknistä tietoa ammattitaitoisilta yhteistyökumppaneilta. Lopullinen tiedon käsittely jäi työn tekijän harteille, josta tuloksena saavutettiin hyväksyttävä ratkaisu.

Tässä työssä saavutettiin asetettu tavoite erinomaisesti käyttäen hyväksi työn tekijän ja yhteistyökumppaneiden ammattitaitoa. Hydrant-järjestelmässä suoritettava polttoaineen lisääineistaminen on Ilmavoimille poikkeuksellista ja vaatii lentotekniseltä henkilöstöltä avointa mieltä sen toteuttamiseksi. Saavutetut edut ovat suuret parempana laiteturvallisuutena sekä koneiden välissä tapahtuvan liikennöinnin vähenemisenä. Ilmavoimien henkilöstö on sitoutunut kehitystyön tuomiin muutoksiin, koska niillä saavutetut edut luovat turvallisen ja selkeän työympäristön.

Tässä työssä tarkasteltiin kolmea erilaista toteutusvaihtoehtoa lisääineen annostelulle. Selvitystyöhön sisältyi suurimäärä yhteydenottoja eritoimialojen ammattilaisiin ulkomaita myöten joiden tiedot kokoonpanoon ja komponentteihin liittyen olivat tarpeellisia lopullista valintaa tehdessä. Yhteistyökumppanit tarvitsivat paljon esitietoa hydrant-järjestelmän toiminnasta sekä toiminnan edellyttämistä vaatimuksista.

Lopputuloksena saavutettiin mekaanisella ja sähköisellä ohjauksella toimiva lentopetrolin lisääineen annostelujärjestelmä. Em. järjestelmän toimivuus, luotettavuus, rakennettavuus, huollettavuus sekä sähköisen tiedon kerääminen tulevat siirtämään Ilmavoimien lentopolttoainehuollon nykyaikaiselle tasolle.

## 10 LÄHDELUETTELO

### 10.1 Painetut lähteet

- 1 Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeisto IPO YL211-10-1S1. Julkaistu 3/2004.
- 2 Lentoteknillinen maapalveluohje MAPO 100-00-1S1. Julkaistu 1/2001.

## 10.2 Painamattomat lähteet

- 3 Neuvottelu 6.11.2007 Tuotantopäällikkö Tuomas Pöyri ja Suunnittelija Teuvo Ojala Jet-Tekno Oy
- 4 Sähköpostikeskustelut FAUDI Aviation GmbH & Co. KG/ Christof Sasse
- 5 Sähköpostikeskustelut Facet Industrial BV/Richard Stigers
- 6 Sähköposti ja puhelinkeskustelut JK Pajarinen & Co Tapio Gustafsson
- 7 Sähköposti ja puhelinkeskustelut ABB Veikko Ruohonen
- 8 Sähköposti ja puhelinkeskustelut Prominent Sami Jakopuro

## 10.3 Sähköiset lähteet

- 9 Lentoteknillinen koulu HN-yleisesittely. PowerPoint/7.10.2004
- 10 TMT-järjestelmä. Ilmavoimien käyttöturvallisuustiedotekokoelma
- 11  
<http://www.warnerlewis.de/download/JIG%2007%20Bulletin%20API%201581.pdf>
- 12 <http://www.velcon.com/>
- 13 <http://www.hammondscos.com/index.asp>
- 14 <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,88,286,2192>
- 15 <http://194.74.158.241/jig/IContent/Pub/AFQRJOSCheckListIssue21corr2.pdf>
- 16 <http://www.dstan.mod.uk/data/91/091/00000500.pdf>
- 17 [http://www.jkpajarinen.fi/index.php?node\\_id=8231](http://www.jkpajarinen.fi/index.php?node_id=8231)
- 18 <http://www.prominent.fi/desktopdefault.aspx/>
- 19 <http://www.abb.fi/>
- 20 <http://www.prominent.fi/desktopdefault.aspx/>
- 21 <http://www.meggittfuelling.com/pdf/F239%20press%20ctrl%20coupler.pdf>

## 11 LIITTEET

- 1 Pulssianturin tekniset tiedot
- 2 Säätyyksikön tekniset tiedot
- 3 Lisäainepumpun tekniset tiedot



# LIQUID CONTROLS

Simply the Best™



## Pulse Output Device (POD) Electronic Encoder





## Premier products, premier performance

### POD Features

- **Glandless Drive**
    - No dynamic seals to fail or leak.
    - Meets current environmental standards.
  - **Pulse Output**
    - The unscaled output easily adapts to remote totalizers, batch controllers, computers, PLC's and other pulse receiving devices.
    - No amplifier or signal conditioner is required.
  - **All wetted parts are 316 Stainless Steel or equivalent.**
  - **Meets Weights & Measures requirements**
    - Housing cover has a ready made location for lead wire seal.
  - **Pressure rating:**
    - Process wetted portion carries 350 PSI (24 BAR, 2,413 kPa) working pressure rating. Burst pressure exceeds 1,750 PSI (121 BAR, 12,066 kPa).
  - **Housing:**
    - Weatherproof NEMA 4X
- Explosion-proof rating:**  
UL listed to US and Canadian Safety Standard Class I, Div. 1 & 2, Groups C & D  
Flameproof rating: II 2 G EEx d II B T6, LCIE04ATEX6033
- **Connections:**
    - ½ in. NPT conduit port with a removable screw terminal block for all connections.

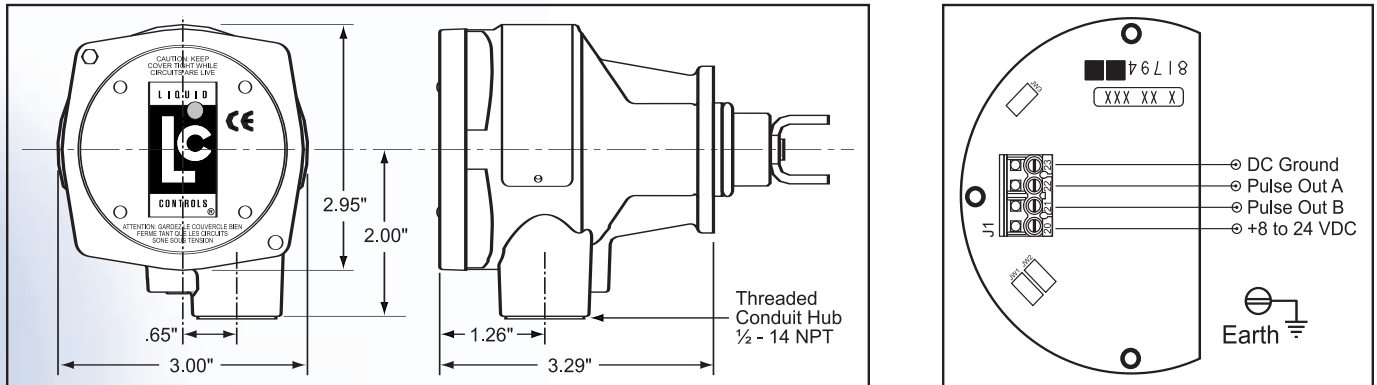
The Liquid Controls Pulse Output Device (POD) converts the rotary motion of the Liquid Controls Positive Displacement Flowmeter into electronic pulses. This allows the meter to interface with a wide variety of electronic monitoring devices and control equipment.

The POD mounts directly to the front cover of any Liquid Controls meter in place of the packing gland. The motion of the meter's blocking rotor is magnetically coupled through a stainless steel wall to the electronics compartment of the POD. This eliminates the dynamic seal of the packing gland and isolates the electronics from the process fluid in the meter.

### Technical Specifications

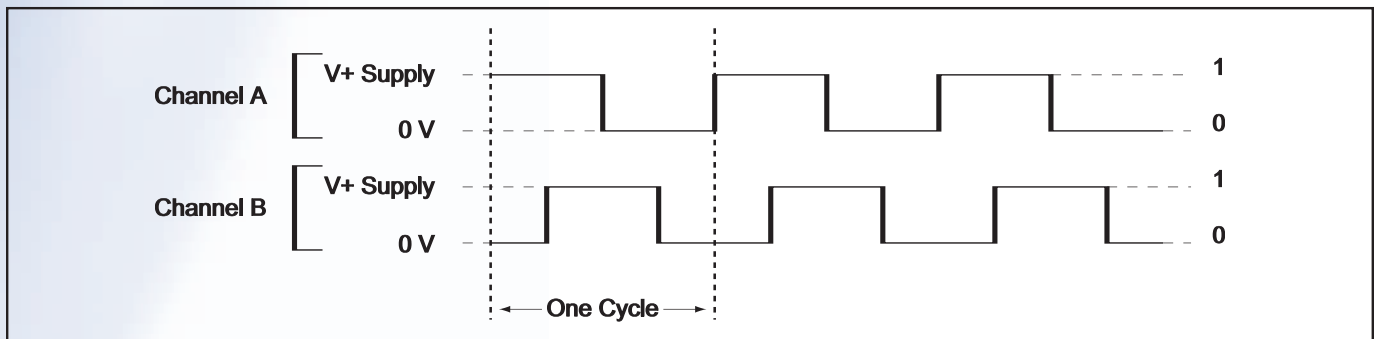
- **Voltage: (V+): +8 to +24 VDC** (POD5 is +5 VDC)  $\pm 5\%$ .
- **Current supply:** 26 mA typical.
- **Output Signal Resolution:** 100 pulses per encoder revolution, unscaled. For actual meter resolution, see the table on the page 3.
- **Square Wave:** Single or dual quadrature channel output.
- **Pulse Timing:** Nominal 50% on and 50% off.
- **Rise/Fall Time of Pulse:**  $< 5 \mu s$ .
- **Operating Temperature Range:**  $-40^{\circ}F$  to  $+185^{\circ}F$  ( $-40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ ).
- **Humidity Range:** 0-100 %, non-condensing.
- **Output:** Current sinking 100 mA maximum in "ON" state; V+ supply @ 1.0 K $\Omega$  in "OFF" state. Optional Open Drain FET (Field Effect Transistor). FET rating (drain to source voltage) +30 VDC maximum.
- **Shock:** 50 G's for 10 ms.
- **Vibration:** 1 G at 10-150 Hz.
- **Electromagnetic Compatibility (EMI, RFI, etc.):** to IEC 801 Standard.
- **Pulse Transmission Distance:** Up to 5,000 feet (1,524 meters).
- **Operates in bidirectional flow applications.**

# Pulse Output Device (POD)



**NOTE:** Dimensions shown are not for construction use. Consult factory when certified Engineering Drawings are required.

## Signal Output Schematic



The diagram shows the voltage output for a clockwise rotation of the POD with Channel A leading Channel B. For reverse flow (counterclockwise) applications, Channel B leads Channel A.

M & MA Series Meters	Pulses/Gallon/Channel	Pulses/Liter/Channel	Max Output kHz
MA-4	407.9	107.8	0.27
M-5, MA-5 (3:1)	407.99	107.8	0.41
M-5, MA-5 (1:1)	1,223.7	323.4	1.22
M-7, MA-7	555.5	146.8	0.93
M-10	555.5	146.8	1.48
M-15, MA-15	205.8	54.4	0.69
M-25	205.8	54.4	0.86
M-30	74.2	19.6	0.43
M-40	74.2	19.6	0.53
M-60 (new style)	39.8	10.5	0.40
M-60 (old style)	25.5	6.7	0.26
M-80	39.8	10.5	0.53

MS Series Meters	Pulses/Gallon/Channel	Pulses/Liter/Channel	Max Output kHz
MS-7	555.5	146.8	0.93
MS-15	205.8	54.4	0.69
MS-25	205.8	54.4	0.86
MS-30	74.2	19.6	0.43
MS-40	74.2	19.6	0.53
MS-75	25.5	6.7	0.30
MS-120	15.8	4.2	0.26





## A tradition of excellence that benefits you

Almost fifty years ago, Liquid Controls set a new standard of excellence in engineering and building the finest flow meter products possible, starting with metering aviation fuel for the United States Air Force.

Since that time, the industry base we serve has grown, broadened. Our product line has expanded to include a wide variety of flow meters, accessories and related items distributed worldwide. But our commitment to excellence will never change. The professionals at Liquid Controls are driven to bring you products that perform efficiently and accurately, with minimum maintenance for years to come. Delivering everything you'd expect from the very best—that's our goal.

### A good fit

In 2001, Liquid Controls joined the IDEX team of companies. IDEX is a leader in the manufacture of a broad range of pump products, dispensing equipment and other engineered technologies. Maintaining a theme of leadership, IDEX delivers Innovation, Diversity and **EX**cellence to thousands of valued customers around the world.



## **LIQUID CONTROLS**

A Unit of IDEX Corporation  
105 Albrecht Drive, Lake Bluff, IL 60044-2242  
1.800.458.5262 • 847.295.1050  
Fax: 847.295.1057  
[www.lcmeter.com](http://www.lcmeter.com)



CERTIFICATED FIRM  
Certificate No. 08732



CERTIFICATED FIRM  
Certificate No. 09069



Copyright © 2005 Liquid Controls, LLC  
Pub. 500041 (6/17/05)



Printed on recycled paper  
using soy inks

PRODUCTS - Measurement

## MASTERLOAD II ELECTRONIC METER CONTROLLER FOR LOADING DEPOTS



The Avery-Hardoll **MASTERLOAD II** is a powerful and versatile microprocessor based electronic meter controller. The unit is capable of enhancing the performance of most makes of positive displacement meters.

- Accurate, dynamic meter calibration
- Precise, programmable preset and flow control
- Flexible low cost entry to depot automation
- Two way data interchange to a range of office based terminal automation systems
- Additive injector control
- Temperature compensation to ASTM tables
- Automatic calibration

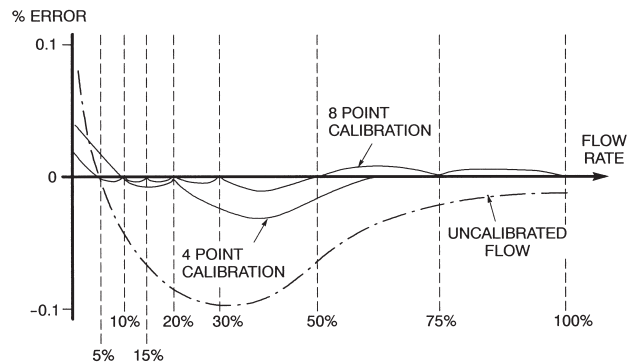
MASTERLOAD II is an intrinsically safe system ideal for use in category two hazardous areas. The system is comprised of a pulse transmitter mounted on the meter, a display unit giving readouts of batch volume, flow rate and a totaliser.



PULSE TRANSMITTERS

DISPLAYS of batch delivery, rate of flow and totaliser are given on large figure liquid crystal displays (LCD's). These displays may easily be configured at site to show a range of alternative values such as volume corrected to reference temperature. Additional display enclosures, with either repeat or supplementary information can be installed at convenient locations.

DYNAMIC CALIBRATION provides accurate error correction across the entire flow range. Most meters are calibrated at only one flow rate - generally 100%. In reality, meters operate at a variety of flow rates. Masterload calibration is corrected at all flow rates to provide the highest level of accuracy. With a choice of 1, 2, 4 or 8 calibration points across the flow range - the system allows the user the flexibility to configure each Masterload to suit the requirements of his own application. Masterload performs a curve fitting exercise to provide the required correction.



TYPICAL ERROR CURVES

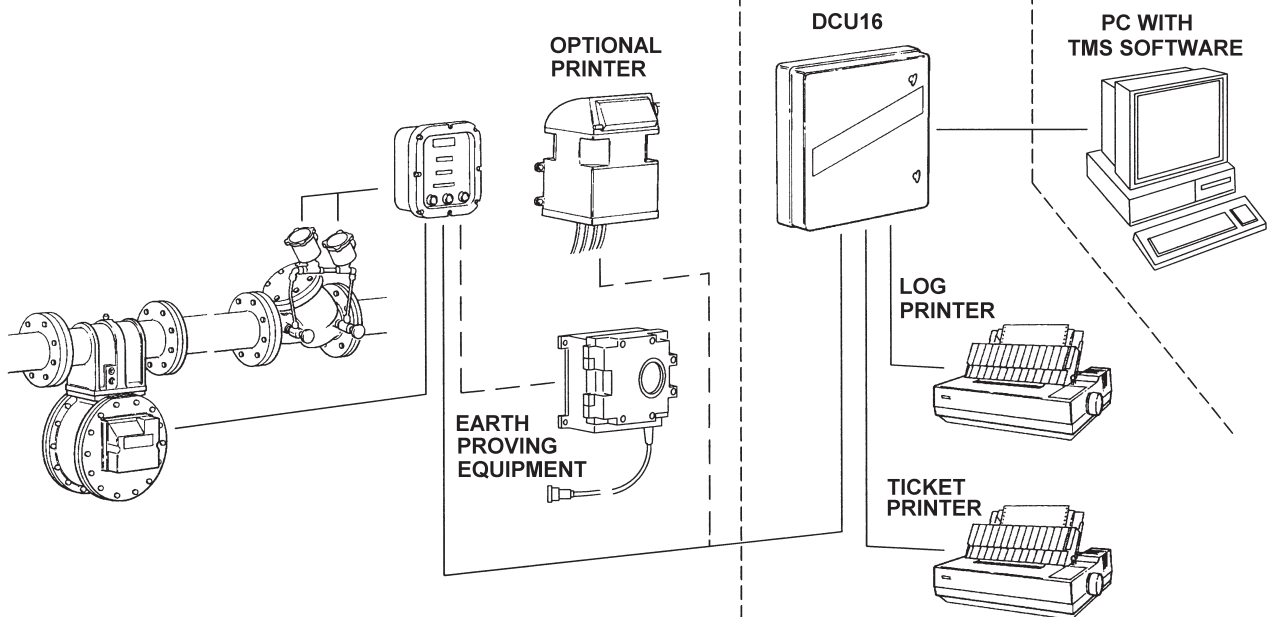
Retro fit: Masterload has been widely used to enhance the performance of most makes of positive displacement meters and can be supplied as a retrofit to existing meters.

### Masterload Flexibility

**Stage One:** a low cost entry to depot automation. Each meter can be converted to give all the benefits of electronic meter control with minimum disruption.

**Stage Two:** introduces simple communication to the depot office providing local printing of delivery tickets and a meter log.

**Stage Three:** the site can be up graded to a PC bases automation system such as the Avery-Hardoll Terminal Management System (TMS).



**TEMPERATURE COMPENSATION** is an optional facility providing a range of temperature related displays. Using a platinum resistance thermometer (PRT), the display may be configured to show product temperature or mean batch temperature. Alternatively, full temperature correction to standard temperature or to the IP/ASTM tables 53 and 54 may be configured.

**AUTOMATIC CALIBRATION** when calibrated against a Masterload reference meter. A simple infra-red connection links any Masterload meter to a Masterload reference meter. This allows calibration to be carried out completely automatically thus reducing down time, volume of product passed and the potential for human error. Calibration certificates are computer generated to the IP or customer's own specification.



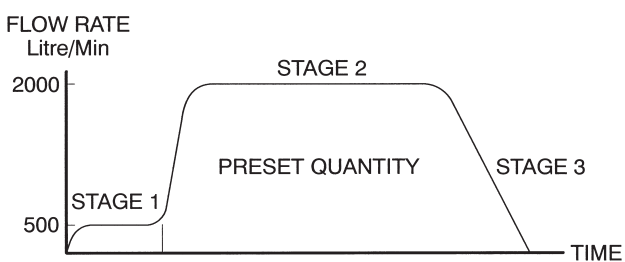
**PRESET DISPLAY UNIT**



**PRESET DISPLAY UNIT  
FITTED WITH AUTOCAL LINK**

**PRESET BATCH CONTROL** is provided by a solenoid operated flow control valve. Masterload controls the valve for slow start to prevent the build up of static, opens to a programmable maximum flow rate and provides a ramped closure to eliminate hydraulic shock. Final closure is accurate to within 0.05 of a litre when used with an Avery-Hardoll preset valve.

**VOLUME TO WEIGHT CONVERSION** provides a reading in weight. Available as either a simple manually entered density figure for low cost batch conversion or a dynamic input from an in-line densitometer which when linked to temperature correction offers the highest level of accuracy.



**PRESET BATCH DELIVERY**

**ADDITIVE INJECTION CONTROL** provides a relay output to control piston injectors.

**DRIVER INTERFACE** is as simple as setting a digital watch. Using a maximum of three buttons, the operator can easily enter load information from simple menu instructions. When connected to a Data Capture Unit (DCU) or Terminal Management System, the same buttons are used to enter passcodes. PIN numbers and pot numbers which can be varied by the system.

**DATA COMMUNICATION** to RS422 specification offers comprehensive two-way data communication between the meters and the office system. Approved to EN ISO 6551-1995 Level A, Masterload offers the highest level of data security available.

## SPECIFICATION

<b>Sealing</b>	All units are designed for outdoor use and are sealed to specification IP 65.	
<b>Security</b>	Full wire sealing Automatic error checking Alarm reporting Data Storage for 40 transactions	
<b>Operating temperature (excluding transmitter)</b>	-20 to 40 deg C	
<b>Transmitter</b>		
Temperature	-30 to 120 deg C	
Fitting	Direct drive available for most makes of meter	
Approval	EN ISO 6551-1995 Level A	
Channels	3 Independent	
Security	Sense line	
<b>Humidity</b>	up to 100%	
<b>Safety classification</b>	Category 2	
<b>Atex Approvals</b>		
Power supply unit (flameproof)	II 2 G EEx d IIB T6	
Certificate No.	ITS04ATEX11903	
Display unit	II 2 G EEx ib IIB T4	
Certificate No.	BAS02ATEX2199	
<b>Temperature probe PRT</b>		
Accuracy	+/-0.1 deg C	
Discrimination	0.1 deg C	
Range	-30 to 120 deg C	
Set up	Factory set (no adjustment required)	
Alarm limits	Programmable	
Display	deg F or deg C selectable	
Compensation	15, 20 or 31.5 deg C	

**Location** Flexible fitting (max 50 metres between units)

## Product correction tables

IP/ASTM Table selection to specification IP65.  
Generalised crude (A tables)  
Generalised products  
Table 54  
Table 53

## Display

Batch	LCD Min. volume - one unit 6 figures standard units, (2 decimal places selectable)
Flowrate	Sampled every 0.6 secs
Totaliser	8 figure
Remote display	Max of 3 remote displays (various displayed data)
Interfaces	RS422 7 switch monitoring contacts Auto calibration port
ID Mode	Simple password entry

## Delivery override

Key Operated IP 65 Box (option)

## Power supply

110, 220-240V AC  
12/24V DC

## Relays

Max of 11 plug-in  
Typical - 1 Deadman  
Pulse output

## Inputs

4 x (4-20mA)

## Power consumption

350mA max. (excluding relays)

## Linearisation

1, 2, 4 or 8 selectable  
Full dynamic interpolation  
Accuracy +/- .02 @ measuring condition and 15 deg C if temperature compensation fitted

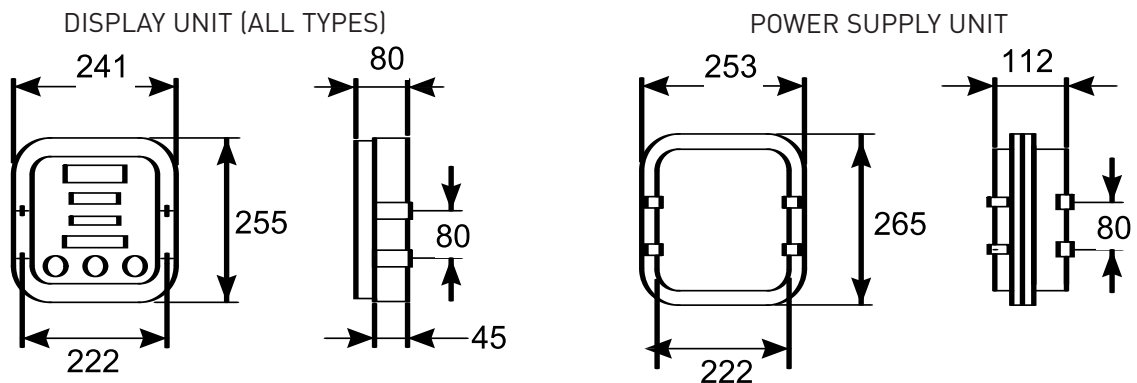
## Manual input

Density for weight indication

## Non volatile memory

Infinite data retention

## DIMENSIONS



### Avery-Hardoll

Holland Way  
Blandford Forum  
Dorset DT11 7BJ  
UK

### Whittaker Controls

12838 Saticoy St  
North Hollywood  
California 91605-3505  
USA

Tel: +44 (0) 1258 486600  
Fax: +44 (0) 1258 486601

Telephone: +1 818 765 8160  
FAX: +1 818 759 2194

www.meggittfuelling.com

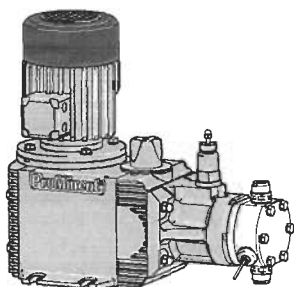
www.wkr.com  
www.meggitt.com

**MEGGITT**



## 3.4 ProMinent® Hydro Hydraulic Diaphragm Metering Pumps

### 3.4.1 ProMinent® Hydro Hydraulic Diaphragm Metering Pumps



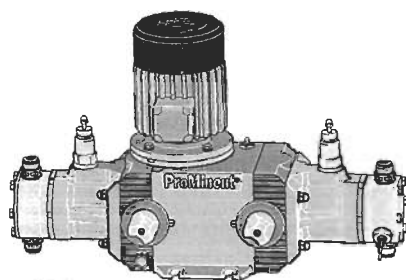
pk\_2\_074

#### ProMinent® Hydro main pump H

The ProMinent® hydraulic diaphragm metering pump is a standard sized metering pump with a 0.37/0.75 kW dual wound three phase motor, 230/400 V, 50/60 Hz, enclosure rating IP 55, insulation class F. The stroke length is 15 mm and is adjustable within 1 % accuracy. The cast aluminium housing is combined at any one time with 5 gear reductions. Comes in 3 liquid end sizes and 3 liquid end materials. All pump types are standard sized and fitted with a preset bypass valve integrated into the hydraulics, as well as a multi-layer diaphragm with diaphragm rupture signalling. Metering reproducibility under defined conditions and when installed correctly, is better than  $\pm 1$  % in a stroke length range of between 20 and 100 % (instructions in the operating instructions manual must be followed precisely).

#### ProMinent® Hydro double-head version

The double-head version is fitted with a second liquid end which operates on a push-pull action (Boxer principle). Each liquid end is provided with a separate stroke length-adjusting knob so that each liquid end can operate at an independent feed rate.



pk\_2\_073

#### ProMinent® Hydro add-on pumps

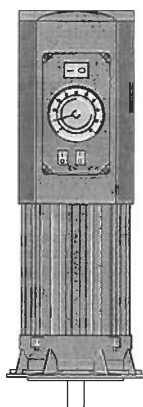
For the Hydro add-on pumps the same basic instructions apply as for the simplex pumps. A main power end can be combined with an add-on power end in both simplex and duplex forms.

### ProMinent® Hydro Pump Controller

#### Stroke length actuator/controller

**Actuator** with stroke positioning motor for automatic stroke length adjustment. Setting time approx. 1 sec. for 1 % stroke length, fitted with limit switches for min./max. settings. Resistance potentiometer 1 k Ohm for scanning the current setting. Enclosure rating IP 54.

**Variable speed controller** consisting of actuator with stroke positioning motor and inbuilt follower for stroke length adjustment via a standard signal. Standard signal current input 0/4-20 mA, corresponds to stroke length of 0-100 %. Can be switched between manual and automatic operation, key switch for stroke adjustment for manual operation, mechanical position display of stroke length actual value - output 0/4-20 mA for remote display.



pk\_2\_103

#### Variable speed motors with integrated speed controller (Identity Code characteristic V)

Power supply 1 ph, 230 V, 50/60 Hz (HP2a- 0.37 kW; HP3a- 0.75 kW). Can be externally controlled via 0/4-20 mA (see fig. pk\_2\_103).

The following functions are integrated into the snap on lid (see 2.17.2)

- Start/stop switch
- Manual/external switch
- Potentiometer for speed control during manual operation

#### Speed controllers in metal housing (Identity code characteristic Z)

Frequency changer housed in IP 54 protective housing with integrated control unit and main switch, designed for max. 0.37/0.75 kW motor output (see chapter 2.17.2).

Externally controlled with 0/4-20 mA / 0-10 V to correspond to 0-50 (60) Hz output frequency.

Integrated controller with versatile functions e.g. switching between external/internal control. In the case of internal control, frequency input via arrow keys. Multi-lingual fault message display etc. and motor temperature monitoring (thermistor-protection).

The speed controller assembly consists of a speed controller and a variable speed motor (see also identity code characteristic R).



## 3.4 ProMinent® Hydro/ 3 Hydraulic Diaphragm Metering Pumps

### Technical Data Hydro/ 3

Pump type HP3aH	at 50 Hz operation				at 60 Hz operation							
	bar	l/h	ml/ stroke	strokes/ min.	Pump Capacity at Max. Back Pressure	Max. Stroke Freq.	Pump Capacity at Max. Back Pressure	Stroking rate at max. back- pressure	Suct- tion Lift	Admissible Priming Pressure Suction Side	Connection Suction / Discharge Side	Shipping Weight
	bar	l/h	ml/ stroke	strokes/ min.	psi	l/h/gph	strokes/ min.	mWG	bar	G - DN	kg	
100010	100	10	2.8	60	1450	12/ 3.1	72	3	5	Rp 3/8-DN 10*	41	
100021	100	21	2.8	125	1450	25/ 6.6	150	3	5	Rp 3/8-DN 10*	41	
100025	100	25	2.8	150	1450	30/ 7.9	180	3	5	Rp 3/8-DN 10*	41	
100031	100	31	2.8	187	1450	37/ 9.8	224	3	5	Rp 3/8-DN 10*	41	
100035	100	35	2.8	212	1450	- / -	-	3	5	Rp 3/8-DN 10*	41	
064019	64	19	5.3	60	928	23/ 6	72	3	5	G 3/4-DN 10**	41	
064040	64	40	5.3	125	928	48/12.6	150	3	5	G 3/4-DN 10**	41	
064048	64	48	5.3	150	928	58/15.3	180	3	5	G 3/4-DN 10**	41	
064060	64	60	5.3	187	928	72/19	224	3	5	G 3/4-DN 10**	41	
064068	64	68	5.3	212	928	- / -	-	3	5	G 3/4-DN 10**	41	
025048	25	48	13.4	60	362	58/15.3	72	3	5	G 1-DN 15***	41	
025100	25	100	13.4	125	362	120/31.7	150	3	5	G 1-DN 15***	41	
025120	25	120	13.4	150	362	144/38.0	180	3	5	G 1-DN 15***	41	
025150	25	150	13.4	187	362	180/47.5	224	3	5	G 1-DN 15***	41	
025170	25	170	13.4	212	362	- / -	-	3	5	G 1-DN 15***	41	

PVDF material version max. 25 bar.

\* Material SST/HCT with double-ball valve

\*\* HV version with 1 1/4 DN 20 connector

alternatively to G 3/4-DN 10, a double-ball valve SST with RP 3/8 is available.

\*\*\* HV version with connection G1-DN 15

### Liquid End Materials In Contact With Dosing Chemical

Material	Liquid End	Suction/Discharge connector	Seals/ball seat	Valve Balls
SST	Stainless steel no. 1.4571	Stainless steel no. 1.4571	PTFE/ZrO <sub>2</sub>	Stainless steel
PVT	PVDF (Polyvinylidene fluoride)	PVDF (Polyvinylidene fluoride)	PTFE/PTFE	Ceramic
HCT	Hast. C	Hast. C	PTFE/Hast. C	Ceramic

### Motor Data HP3a

Identcode characteristic	Power supply	Remarks
S	3 ph, IP 55 220-240 V/380-420 V 250-280 V/440-480 V	50 Hz 0.75 kW 60 Hz 0.75 kW
L1	3 ph, II2GEEExIIIT3	220-240 V/380-420 V 50 Hz 0.75 kW
L2	3 ph, II2GEEExIIICT4	220-240 V/380-420 V 50 Hz 0.75 kW with PTC thermistor, speed adjustment range 1:5
P1	3 ph, II2GEEExIIIT3	250-280 V/440-480 V 60 Hz 0.75 kW
P2	3 ph, II2GEEExIIICT4	250-280 V/440-480 V 60 Hz 0.75 kW with PTC thermistor, speed adjustment range 1:5
R	3 ph, IP 55	230 V/400 V 50/60 Hz 0.75 kW with PTC thermistor, speed adjustment range 1:20 with external fan 1 ph 230 V; 50/60 Hz
V0	1 ph, IP 55	230 V ± 10 % 50/60 Hz 0.75 kW variable-speed motor with integrated frequency converter
V2	3 ph, II2GEEExIIICT4	400 V ± 10 % 50/60 Hz 0.55 kW Ex variable-speed motor with integrated frequency converter

For further information you can request motor data sheets. Custom motors and/or custom motor flanges are available on request.

#### Notice for use in Ex-zone:

After 01.07.2003, only pumps with the corresponding EC-Ex-RL 94/9 code can be used in explosion-threatened operating areas. The explosion group, category and enclosure rating indicated in the identification shall comply with or exceed the conditions in the intended place of use.

## 3.4 ProMinent® Hydro/ 3 Hydraulic Diaphragm Metering Pumps

### 3.4.3 Identcode Ordering System Hydro/ 3 (HP3a)

HP3a

ProMinent® Hydro/ 3

H	Main drive
D	Main drive, Double-head version
E	Main drive for add-on drive
F	Main drive, Double-head version for add-on drive
A	Add-on drive
B	Double-head version add-on drive

**Pump type:**

100010	100 bar, 10 litre	064019	64 bar, 19 litre	025048	25 bar, 48 litre
100021	100 bar, 21 litre	064040	64 bar, 40 litre	025100	25 bar, 100 litre
100025	100 bar, 25 litre	064048	64 bar, 48 litre	025120	25 bar, 120 litre
100031	100 bar, 31 litre	064060	64 bar, 60 litre	025150	25 bar, 150 litre
100035	100 bar, 35 litre	064068	64 bar, 68 litre	025170	25 bar, 170 litre
PVT max. 25 bar					

**Liquid end material:**

SS	Stainless steel
PV	PVDF
HC	Hastelloy C

**Seal material:**

T	PTFE seal
---	-----------

**Positive displacement element:**

0	Standard composite diaphragm with rupture indicator
---	---

**Liquid end version:**

0	No valve springs (standard)
1	With valve springs
D	Double ball valve (for 100010-100035, 064019-064060)
H	HV-Version

**Hydraulic connector:**

0	Standard threaded connector
E	With DIN ISO flange
F	With ANSI flange

**Version:**

0	With ProMinent® logo
1	Without ProMinent® logo
M	Modified

**Electrical power supply:**

S	3 ph, 230 V/400 V, 50/60 Hz, 0.75 kW
L	3 ph, 230 V/400 V, 50 Hz (Exe, Exde), 0.75 kW
P	3 ph, 265 V/440 V, 60 Hz (Exe, Exde), 0.75 kW
R	3 ph, variable speed motor, 230 V/400 V, 0.75 kW
V (0)	Variable speed motor with integrated frequency converter
V (2)	Variable speed motor with integr. frequency converter (Exde)
Z	1 ph, variable speed control set, 230 V, 50/60 Hz
3	No motor, with B 5 flange, size 80
4	No motor, with C 56 flange, (NEMA)
0	Add on drive

**Enclosure rating:**

0	IP 55 (standard)
1	Exe motor version ATEX-T3
2	Exde motor version ATEX-T4
A	ATEX power end

**Stroke sensor:**

0	No stroke sensor (standard)
1	Stroke sensor (for explosion-proof applications)

**Stroke length adjustment:**

0	Manual (Standard)
1	With stroke positioning motor, 230 V/50/60 Hz
2	With stroke positioning motor, 115 V/60 Hz
A	With stroke control motor 0...20 mA 230 V/50/60 Hz
B	With stroke control motor 4...20 mA 230 V/50/60 Hz
C	With stroke control motor 0...20 mA 115 V/60 Hz
D	With stroke control motor 4...20 mA 115 V/60 Hz

**Hydraulic oil:**

0	Standard
1	Food products grade
2	Low temperature to -25 °C

HP3a

H

064060

SS

T

0

0

0

0

0

S

0

0

0

0