



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ANTTI HYVÄRINEN
LENTOPOLTTOAINEEN AUTOMAATTINEN
SEURANTAJÄRJESTELMÄ
Diplomityö

Tarkastaja: professori Kalevi Huhtala
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Teknisten tieteiden tiedekunta-
neuvoston kokouksessa 8.5.2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

HYVÄRINEN, ANTTI: Lentopolttoaineen automaattinen seurantajärjestelmä

Diplomityö, 82 sivua, 4 liitesivua

Lokakuu 2013

Pääaine: Koneautomaatio

Tarkastaja: professori Kalevi Huhtala

Avainsanat: Seurantajärjestelmä, polttoainejakelu, lentopolttoaine, tiedonkeruu, reaaliaikaisuus, laadunvalvonta

Tässä diplomityössä määriteltiin Ilmavoimien lentopolttoaineen seurantaan hankittavan automaattisen järjestelmän vaatimukset. Työssä perehdyttiin käytössä oleviin manuaaliin polttoainekirjanpidon menettelyihin ja kartoitettiin tarve näiden menettelyjen sähköistämiseksi ja osittaiselle automatisoinnille. Automaattisen seurantajärjestelmän päätavoitteiksi asetettiin reaaliaikaisen valtakunnallisen varastotilannekuvan tuottaminen sekä tukikohtien sisäisen jakeluseurannan automatisointi. Päätavoitteiden lisäksi tutkittiin edellytyksiä tuottaa järjestelmällä reaaliaikaista tilannekuvaa myös tukikohtien paikallisesta jakelutoiminnasta. Saavuttamalla seurantajärjestelmälle asetetut tavoitteet tehostetaan lentopolttoainehuollon johtamista ja laadunhallintaa.

Seurantajärjestelmän vaatimusmäärittelyä varten kartoitettiin kaikki ne tyypillisen lentotukikohdan lentopolttoainejakeluketjun tapahtumat, joita järjestelmällä on pystyttävä seuraamaan. Lisäksi määriteltiin yksityiskohtaisesti, mitä tietoja tapahtumista on kerättävä ja millä tavalla kerättyjä tietoja on voitava tarkastella. Tukikohdan polttoainejakelun tapahtumamäärittelyn jälkeen perehdyttiin käytettävissä oleviin teknisiin ratkaisuihin, joilla seurantajärjestelmän vaadittavat toiminnot voitaisiin toteuttaa. Työssä tutustuttiin myös muihin samantapaisessa käytössä oleviin järjestelmiin, joista tärkeimpänä puolustusvoimien maapolttoaineiden hallintajärjestelmä APAJA. APAJA-järjestelmä osoittautuikin monilta osin mahdolliseksi laajentaa myös lentopolttoainehuollon käyttöön.

Lentopolttoaineseurannan vaatimusmäärittelyn ja APAJA-järjestelmään tutustumisen pohjalta päädyttiin siihen, että lentopolttoaineen seurantajärjestelmä toteutetaan APAJA:n ominaisuuksia laajentamalla. Näin kyetään sekä toteuttamaan seurantajärjestelmän päätavoitteet että kätevästi yhdistämään lentopolttoaineseuranta maapolttoaineseurannan kanssa samaan järjestelmään. Hankintalainsäädäntö mahdollisti lisäksi saman järjestelmätoimittajan valinnan ilman kilpailutusta, mikä yksinkertaisti hankintaprosessia. Lopuksi tässä diplomityössä vielä pohdittiin, kuinka järjestelmähanketta on järkevintä jatkaa tästä eteenpäin ja kuinka järjestelmän käyttöönotto kannattaa toteuttaa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Automation Technology

HYVÄRINEN, ANTTI: An automatic system for jet fuel tracking

Master of Science Thesis, 82 pages, 4 Appendix pages

October 2013

Major: Machine Automation

Examiner: Professor Kalevi Huhtala

Keywords: Tracking system, fuel accounting, fuel distribution, aviation fuel

This master's thesis defined requirements of a jet fuel tracking system to be acquired for the Finnish Air Force. In this thesis, manual fuel accounting methods being used were examined, and needs for electrifying and automating these methods were surveyed. As the main goals of the automatic tracking system were set to produce real-time nationwide status information of fuel storages, and automate fuel distribution tracking inside every air base. Besides the main goals, prerequisites for producing real-time status information of distribution operations were also examined in this thesis. By reaching the goals of the system, management and quality control of jet fuel distribution can be intensified.

For the requirement specification of the tracking system, all fuel distribution operations which the system must track in a typical air base were surveyed. Besides, it was defined in detail what information should be collected from the operations, and how the information should be observable. After defining the fuel distribution operations, the available technical solutions were examined, which could be used to execute required functions of the system. In this thesis it was also got familiar with some other systems used for corresponding purposes, like the Finnish Defense Forces' land vehicle fuel control system called APAJA as the most important example. It turned out that many functions of the APAJA system could be applied to the jet fuel operations too.

After defining the system's requirements and examining the APAJA system, it was decided that the jet fuel tracking system will be executed by extending the APAJA's properties. This way it was possible both to reach the main goals of the system and to centralize the jet fuel tracking to the same system with the land fuel tracking. The acquisition legislation allowed selecting the same system supplier without tendering, which simplified the acquisition process. Lastly in this master's thesis, it was considered how this system project should be furthered and how the commissioning of the system should be executed.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Ilmavoimien Materiaalilaitoksen tukeutumisjärjestelmäsektoria mahdollisuudesta tehdä diplomityö lentopolttoaineen seurantajärjestelmästä. Kyseessä on jo toinen tukeutumisjärjestelmäsektorille tekemäni opinnäytetyö, joten tämä taho on näytellyt hyvin merkittävää roolia saattaessani tutkintojani onnistuneesti loppuun. Tähän diplomityöhön liittyen erityiskiitokset kuuluvat työn ohjaajalle insinööri Seppo Etelämäelle sekä sektorin johtajalle insinööriyliluutnantti Tuomas Sauramäelle. Kiitokset myös kaikille muille Ilmavoimien asiantuntijoille, joiden tietotaitoon sain tukeutua vieraillessani eri tukikohdissa tämän työn puitteissa. Tampereen teknillistä yliopistoa kiitän mielenkiintoisista opiskeluvuosista ja hyvästä opetuksesta.

Tampereella 30.10.2013

Antti Hyvärinen

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
2	Ilmavoimien lentopolttoainehuolto	2
	2.1 Lentopolttoainehuollon laatuvaatimukset	2
	2.2 Ilmavoimien Materiaalilaitos	3
	2.3 Polttoainevarastot ja jakelujärjestelmät.....	4
	2.4 Ilmavoimien lentopolttoaineseuranta ja -kirjanpito	7
3	Lentotukikohdan polttoaineseuranta	11
	3.1 Yleistä	11
	3.2 Varastoseuranta	11
	3.3 Jakeluseuranta	14
	3.4 Tietojärjestelmän ominaisuudet	23
	3.5 Vaatimukset käyttövarmuudelle.....	27
4	Polttoaineseurannan automatisointiin soveltuvaa tekniikkaa.....	32
	4.1 Tiedonkeruujärjestelmä.....	32
	4.2 Nesteen pinnankorkeuden mittaus säiliössä.....	33
	4.3 Nesteen virtauksen mittaus	35
	4.4 Automaattinen tunnistus	38
	4.5 Tietoliikennetekniikka.....	40
	4.6 Säiliöajoneuvon mittarijärjestelmät	46
	4.7 Mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä.....	50
5	Käytössä olevia seurantajärjestelmiä	54
	5.1 Yleistä	54
	5.2 APAJA-järjestelmä	54
	5.3 Tampereen joukkoliikenteen polttoainejärjestelmä	61
	5.4 Helsingin bussiliikenteen järjestelmä.....	62
6	Automaattisen seurantajärjestelmän alustava toteutus.....	65
	6.1 Yleistä	65
	6.2 Reaaliaikainen valtakunnallinen varastoseuranta	65
	6.3 Automaattinen jakeluseuranta.....	67
	6.4 Tukikohdan reaaliaikainen tilannekuva	70
7	Johtopäätöksiä hankkeen edistämiseksi	73
	7.1 Hankinnan yleisiä kustannusnäkökulmia.....	73
	7.2 Hankinnan edistäminen vaiheittain	74
	7.3 Järjestelmän käyttöönotto.....	75
	7.4 Kriisin ajan lentopolttoaineseuranta.....	77
8	Yhteenveto	79
	Lähteet.....	80
	Liitteet	83

LYHENTEET JA MERKINNÄT

3G	Mobiiliverkkojen kolmas kehityssukupolvi.
AL-48	Lentopetroltiin lisättävä jäätyminenesto- ja voitelevuuslisäaine.
APAJA	Automaattinen polttoaineenjakojärjestelmä, jota puolustusvoimat käyttää maaliikennepolttoaineiden hallinnassa.
ATEX	ATEX-laitedirektiivissä säädetään räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävistä laitteista ja ATEX-olosuhdedirektiivi määrittelee räjähdysvaarallisten tilojen luokitukset.
AVGAS 100LL	Standardoitu lentobensiinilaatu
CAN-väylä	CAN-väylä eli <i>Control Area Network</i> on yleinen tiedonsiirtoväylä ajoneuvokäytössä.
CE-merkintä	CE-merkitty laite täyttää kaikkien sitä koskevien EU-direktiivien vaatimukset.
EMC	EMC-direktiivi määrittelee koneiden ja laitteiden sähkömagneettisen yhteensopivuuden vaatimukset.
Ethernet	Yleinen lähiverkkojen toteutuksessa käytetty tiedonsiirto-protokolla.
Ex	Ex-merkintä kertoo laitteen soveltuvuuden räjähdysvaaralliseen tilaan.
GPS	<i>Global Positioning System</i> , satelliittipaikannusjärjestelmä.
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i> , toisen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä.
HALNET	Puolustusvoimien sisäinen TCP/IP-tietoverkko.
HVK	Huoltovarmuuskeskus
Hydrant-järjestelmä	Lentotukikohtaan rakennettu kiinteä ilma-alusten tankkausjärjestelmä.
IJV	Ilmavoimien jakeluvarasto (lentopetrolin)
IP-luokitus	Sähkölaitteiden suojausominaisuuksista kertova luokitus.
IPO	Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeisto.

JET A-1	Yleisesti käytetty standardoitu lentopetrolilaatu.
JP-8	Jäätymisenesto- ja voitelevuuslisäaineistettu JET A-1 -lentopetroli.
JIG	Joint Inspection Group, siviili-ilmailun lentopolttoaihehuoltoa ohjaava organisaatio.
l/min	Litraa minuutissa, tilavuusvirrasta käytetty yksikkö
MAJA-salkku	APAJA-järjestelmän maastojakelusalkku maastossa tehtävien polttoaineenjaketutapahtumien hallintaa varten.
platta	Ilma-alusten seisonta-alue.
ppm	Parts per million, epäpuhtauspitoisuudesta käytetty yksikkö.
RFID	Lyhenne sanoista <i>Radio Frequency Identification</i> . Yleinen nimitys radioaaltoja hyödyntäville tunnistustekniikoille.
RS-232	Tiedonsiirtoon käytettävän sarjaväylän käytetyin standardi.
SA-toiminta	SA-toiminnalla tarkoitetaan puolustusvoimien sodanajan toimintaa.
SVY	Sotilasilmailun viranomaisyksikkö
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol</i> ja <i>Internet Protocol</i> ovat internetin keskeisimmät tiedonsiirtoprotokollat.
TETRA	<i>Terrestrial Trunked Radio</i> . Viranomaisille suunnattujen puheradioverkkojen yleiseurooppalainen standardi.
Trafi	Liikenteen turvallisuusvirasto
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
USB	Lyhenne sanoista Universal Serial Bus. Yleinen sarjaväylä-arkkitehtuuri oheislaitteiden liittämiseksi tietokoneiseen.
VDC	Jännitteestä käytetty yksikkö, voltia tasajännitettä.
Virve	Suomen viranomaisten käyttämä viestintäverkko.
WLAN	Lyhenne sanoista <i>Wireless Local Area Network</i> , langaton lähiverkko.

1 JOHDANTO

Ilmavoimat harjoittaa lentotoimintaa eri puolille Suomea sijoitetuissa lentotukikohdissa. Eräs tärkeä osa lentotoiminnan välttämättömiä edellytyksiä on toimiva lentopolttoainehuolto. Lentopolttoainehuollon toimenpitein mahdollisesta se, että ilma-aluksia varten on käytettävissä riittävä määrä niiden tarvitsemaa korkealaatuista lentopolttoainetta. Ilmavoimien lentopolttoainehuollon kustannukset ovat vuosittain jopa sata miljoonaa euroa, joten kyse on myös rahassa mitattuna hyvin merkittävästä osa-alueesta. Lentopolttoainehuollolla tarkoitetaan koko jakeluketjussa tapahtuvaa polttoaineen hankintaa, käsittelyä, valvontaa, kuljettamista ja varastointia.

Lentopolttoaineen jakeluketjusta dokumentoidaan jatkuvasti paljon tietoa muun muassa polttoaineen kirjanpitoa, laadunvalvontaa ja jäljitettävyyttä varten. Toistaiseksi ilmavoimien lentopolttoaineen jakeluketjun dokumentointi on perustunut erilaisiin manuaalisiin kirjauksiin. Käytetyt menettelyt ovat ajoittain herättäneet ajatuksia niiden nykyaikaisesta automaattisella tiedonkeruujärjestelmällä. Sittemmin Puolustusvoimien Pääesikunta on yksittäisten aloitteiden pohjalta vaatinut selvitystä sähköisen kirjanpito- ja seurantajärjestelmän käyttömahdollisuuksista lentopolttoainejakelun dokumentoinnissa.

Vastuu sähköisen lentopolttoaineseurannan määrittelytyöstä on kohdistettu Ilmavoimien Materiaalilaitoksen tukeutumisjärjestelmäsektorille. Lähtökohtaisesti järjestelmän tärkeimmäksi vaatimukseksi on asetettu lentopolttoainevarastojen reaaliaikaisen valtakunnallisen saldotilannekuvan tuottaminen tietojärjestelmään. Toiseksi järjestelmällä tulee toteuttaa tukikohtien sisäisten polttoainejakelutapahtumien, kuten ilma-alusten tankkausten automaattinen seuranta. Järjestelmän on lisäksi oltava yhteensopiva puolustusvoimilla jo käytössä olevan maanalustopolttoaineiden hallintajärjestelmän kanssa, jotta eri puolustushaarojen polttoainejakelua voidaan tulevaisuudessa hallita yhdellä tietojärjestelmällä. Näistä lähtökohdista tämän diplomityön tarkoituksena on yksityiskohtaisesti määritellä lentopolttoaineen automaattisen seurantajärjestelmän vaatimukset ja selvittää teknisiä ratkaisuja järjestelmässä tarvittavan mittauksen ja tiedonkeruun toteuttamiseksi. Lisäksi tarkastellaan, kuinka löydettyistä teknisistä ratkaisuista voidaan toteuttaa ilmavoimien toimintaympäristöön soveltuva järjestelmäkokonaisuus. Lopuksi työssä vielä arvioidaan, kuinka järjestelmän hankinta ja käyttöönotto on vaiheittain järkevintä toteuttaa. Tavoitteena on, että tämän diplomityön pohjalta Ilmavoimien Materiaalilaitos kykenee hankkimaan järjestelmän prototyypin yksittäiseen tukikohtaan käytännön testauksia varten.

2 ILMAVOIMIEN LENTOPOLTTOAINEHUOLTO

2.1 Lentopolttoainehuollon laatuvaatimukset

2.1.1 Toiminnan ominaispiirteet

Lentopolttoainehuollolla tarkoitetaan ilma-alusten käyttämän lentopolttoaineen koko jakeluketjun ylläpitoon liittyviä tehtäviä. Laadukas ja oikeanlainen lentopolttoaine on erittäin tärkeä komponentti ilma-alusten lentoturvallisuuden kannalta. Huonolaatuisen lentopolttoaineen joutuminen ilma-alukseen voi pahimmillaan johtaa ilma-aluksen tuhoutumiseen ja vakaviin henkilövahinkoihin. Huolimaton tai ohjeiden vastainen toiminta lentopolttoainehuollossa vaarantaa helposti vähintään henkilöstön työturvallisuuden. Lentopolttoaineet ovat luokitukseltaan ympäristölle ja terveydelle vaarallisia sekä palo- ja räjähdysvaarallisia kemikaaleja. Myös näistä ominaisuuksista johtuen lentopolttoainehuollossa on noudatettava erityistä tarkkuutta ja huolellisuutta sekä määräysten mukaisia menettelytapoja. Toiminta jakeluketjun jokaisessa vaiheessa alusta loppuun on oltava tarkasti ohjeistettua, ja osallistuva henkilöstö on perehdytettävä tehtäviinsä riittäväällä koulutuksella. Jakeluketjun eri vaiheissa tehtävä dokumentointi on myös tärkeä osa lentopolttoainehuollon päivittäistä toimintaa. Tässä työssä määriteltävällä automaattisella seurantajärjestelmällä on tarkoitus osaltaan tehostaa ja varmentaa jakeluketjun dokumentointia.

Lentopolttoainehuoltoa koskevista vaatimuksista on säädetty monissa laissa, asetuksissa ja standardeissa. Suomen ajantasainen lainsäädäntö julkaistaan oikeusministeriön säädöstietopankissa [1]. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes) on julkaissut standardeja vaarallisten kemikaalien käsittelystä [2]. Kansainvälisessä siviili-ilmailussa merkittävä lentopolttoainehuollon toimintaa ohjaava organisaatio on Joint Inspection Group (JIG). JIG on foorumi, jossa polttoainehuollon parissa toimivat asiantuntijat yhteistyössä kehittävät alan toimintamenettelyjä. JIG on julkaissut muun muassa lentopolttoaineen laadunvarmistusta ja turvallista käsittelyä ohjaavia standardeja. [3] JIG:n tai muiden siviili-ilmailuorganisaatioiden julkaisemia standardeja tosin ei yleensä noudateta virallisina ohjeina sotilasilmailussa. Lain mukaan Suomen sotilasilmailutoimintaa ohjaa Sotilasilmailun viranomaisyksikkö. Käytännössä sotilas- ja siviili-ilmailun toimintatavat eivät rauhanaikana kuitenkaan juuri poikkea toisistaan. Ilmailun valvontaviranomainen siviili-ilmailussa on Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, ja ilma-alukset on merkitty siviili-ilma-alusrekisteriin. Sotilasilma-alukset on merkitty sotilasilma-alusrekisteriin, ja siitä syystä valvova viranomainen on SVY. [4, 5] Kulloinkin valvontaviranomainen val-

voo myös, että lentoteknillinen huolto ja esimerkiksi polttoainehuolto on järjestetty tarkoituksenmukaisella ja lentoturvallisuuden takaavalla järjestelyllä.

2.1.2 Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeisto

Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeisto (IPO) on kattava ohjekirja Ilmavoimien lentopolttoainehuollon toimintamenettelyistä jakeluketjun kaikissa vaiheissa. IPO:n sisällössä lentopolttoainehuollon menettelyohjeistus on viety Ilmavoimien ja maavoimailmailun joukkojen käytännön toiminnan tasolle siten, että ylemmän tason lait ja asetukset tulevat noudatetuiksi.

IPO ohjeistaa muun muassa ilmavoimissa sovellettavat lentopolttoaineen laadunvarmistustoimenpiteet, tankkauskaluston käytön ja kunnossapidon, sekä yleisesti ilma-alusten tankkaustoiminnassa huomioitavat asiat. Suoraan ilma-aluksia koskevassa toiminnassa on kuitenkin ensisijaisesti noudatettava ilma-alustyyppikohtaisia ohjeita. IPO:ssa on määritelty myös lentopolttoaineen kirjanpidon ja seurannan edellyttämä dokumentointi, jota Ilmavoimien lentopolttoaineen jakeluketjussa on toteutettava. Nämä ohjeet on huomioitava automaattisen seurantajärjestelmän suunnittelussa. [6]

2.2 Ilmavoimien Materiaalilaitos

Ilmavoimien Materiaalilaitos on Tampereen ja Lempäälän rajalla Vuoreksessa sijaitseva ilmavoimien asiantuntijaorganisaatio. Sen vastuulla on ylläpitää puolustusvoimien lentotoiminnan materiaalisia edellytyksiä. Laitos vastaa ilma-alusten ja niiden tarvitsemien laitteiden ja varusteiden huolto-, korjaus- ja materiaalitoinnoista. Se huolehtii ilma-alusten lentokelpoisuudesta ja lentotukikohtien asianmukaisesta käyttökelpoisuudesta. Yhteistyössä ilmailuteollisuuden kanssa Ilmavoimien Materiaalilaitos tuottaa Puolustusvoimien ilma-alusten edellyttämät palvelut koko niiden elinkaaren ajan. [7]

Puolustusvoimauudistuksen myötä kaikkien kolmen puolustushaaran materiaalilaitokset yhdistetään yhdeksi Puolustusvoimien Pääesikunnan alaiseksi Logistiikkalaitokseksi. Logistiikkalaitos tulee vastaamaan myös Ilmavoimien Materiaalilaitoksen nykyisistä tehtävistä. Siirryttäessä uuden keskitetyn Logistiikkalaitoksen toimintamalliin tullaan eri puolustushaarojen tiettyjä logistisia toimintoja yhdenmukaistamaan. Tällä on omat vaikutuksena muun muassa ilmavoimien lentopolttoainelogistiikkaan ja sen ohjaamiseen käytettäviin tietojärjestelmiin. Logistiikkalaitoksen tulevien toimintojen asettamat vaatimukset huomioidaan myös lentopolttoaineen seurantajärjestelmän suunnittelussa.

2.2.1 Tukeutumisjärjestelmäsektori

Ilmavoimien Materiaalilaitoksen tukeutumisjärjestelmäsektori tuottaa Puolustusvoimien lentoteknisille joukoille ja osaltaan myös ilma-alusten huoltoyrityksille operatiivisten vaatimusten ja huoltosuunnitelmien edellyttämän tukeutumisvarustuksen. Se sisältää korjaamo- ja käyttöhuoltokaluston, erikoisneste- ja kaasuhuollon sekä lentotekniset tukikohtajärjestel-

mät. Tukikohtajärjestelmiin kuuluvat muun muassa lentopolttoainehuollon varustus ja lentokoneiden pysäytysjärjestelmät. Tukeutumisjärjestelmäsektori vastaa myös IPO:n sisällöstä. Lentopolttoainekirjanpidon ja -seurannan kehittäminen osana lentopolttoainehuollon edellytyksiä kuuluu tukeutumisjärjestelmäsektorin vastuulle. Tämä diplomityö tehtiin tukeutumisjärjestelmäsektorin tilauksesta.

2.3 Polttoainevarastot ja jakelujärjestelmät

2.3.1 Lentopolttoaineet

Suurin osa Puolustusvoimien ilma-aluksista on varustettu suihku- tai potkuriturbiinimoottoreilla. Tällaiset ilma-alukset käyttävät polttoaineenaan lentopetrolia eli kerosiinia, jonka Euroopassa yleisin standardoitu tyyppi on JET A-1. JET A-1 -polttoaine on määritelty standardissa DEF STAN 91-91. Eri lentopetrolilaaduista on julkaistu useita erilaisia spesifikaatioita ja standardeja. Lisäksi sotilasilmailuun on luotu omia laatuvaatimuksia, joita polttoaineilta vaaditaan sotilaskäytössä. Puolustusvoimissa käytettävä polttoainelaatu on jäätyminenesto- ja voitelevuuslisäaineella AL-48 lisäaineistettua JET A-1:tä, joka vastaa sotilaskäyttöön luokiteltua kerosiinilaatua JP-8. Se on määritelty amerikkalaisessa spesifikaatiossa MIL-DTL-83133E ja brittiläisessä standardissa DEF STAN 91-87 AVTUR/FSII. JP-8 -polttoainelaatua käyttävät lähes kaikki Ilmavoimien lentokoneet sekä Maavoimien helikopterit. Ainoastaan mäntämoottorilla varustetut Vinka-alkeiskoulutuskoneet käyttävät polttoaineenaan lentobensiiniä AVGAS 100LL. Lentobensiinin osuus ilmavoimien lentopolttoainekulutuksessa on niin pieni, että tässä työssä keskitytään tarkastelemaan ainoastaan lentopetrolin varasto- ja jakelujärjestelmiä. [6]

Suomen ainoa lentopetrolia valmistava öljynjalostamo on Neste Oilin jalostamo Porvoossa. Lentopolttoainetta tuodaan Suomeen jonkin verran myös laivalla ulkomailta. Ilmavoimat hankkii tällä hetkellä kaiken käyttämänsä lentopetrolin Neste Oililta. Polttoaine noudetaan joko Porvoon jalostamolta tai Neste Oilin Kemin terminaalista. Lentopolttoainetta varastoidaan myös Huoltovarmuuskeskuksen varmuusvarastoissa, joissa Ilmavoimilla on omat kiintiönsä.

2.3.2 Ilmavoimien polttoainevarastot

Lentopetroli toimitetaan lentotukikohtiin säiliöautokuljetuksina joko suoraan öljy-yhtiön terminaaleilta tai HVK:n varmuusvarastoilta. Toimitukset hoidetaan pääsääntöisesti ilmavoimien omilla kuljetuksilla ja tarpeen mukaan öljy-yhtiön sopimuskuljetuksina. Joillekin varastopaikoille polttoainetta voidaan kuljettaa myös rautatiekuljetuksella, mitä varten Ilmavoimilla on käytössään säiliövaunuja. Ensimmäisenä polttoainekuorma vastaanotetaan yleensä ilmavoimien jakeluvaraistoihin (IJV), jotka sijaitsevat tukikohdissa tai niiden välittömässä läheisyydessä. Nämä polttoainevarastot koostuvat pääsääntöisesti maanalaisista säiliöistä, jotka on vuotojen hallitsemiseksi varustettu erilaisin

suojarakentein. Varastosäiliöistä polttoaine luovutetaan tarpeen mukaan kulutukseen eli tukikohdan polttoaineenjaketelijärjestelmiin lentokoneisin tankattavaksi. [8]

2.3.3 Hydrant-järjestelmä

Vilkkaimpiin tukikohtiin on ilma-aluksien tankkauksia varten rakennettu maanalaisista putkistoista koostuva kiinteä polttoaineenjaketelijärjestelmä. Järjestelmästä käytetään nimitystä hydrant-järjestelmä. Polttoaine pumpataan hydrant-järjestelmään putkea pitkin suoraan tukikohdan varastosäiliöiltä. Lentokoneiden tankkaus tapahtuu lentokoneiden seisontapaikoilla olevista polttoainekaivoista, joille polttoaine pumpataan säiliöistä tankkauksen aikana. Polttoainekaivosta tankattaessa on kaivon ja lentokoneen välillä käytettävä suodatinyksiköllä varustettua tankkauslaitetta, kuten pumppukärryä tai pumppuautoa. Tankkauslaitteen pumpulla saadaan vielä tarvittaessa myös nostettua polttoainekaivosta otettavan polttoaineen tankkauspainetta, mikäli järjestelmän paine ei ole riittävä esimerkiksi useista yhtäaikaisista tankkauksista johtuen. Kuvassa 2.1 näkyy Ilmavoimien Hornet-hävittäjiä hydrant-järjestelmällä varustetulla seisontatasolla. Lentokoneiden välissä näkyy tankkauslaitteena käytettävä pumppukärry letkuineen.



Kuva 2.1. Hornet-hävittäjiä konepaikoilla, joilla tankkaus voidaan tehdä kiinteästä hydrant-järjestelmästä.

2.3.4 Tankkausajoneuvot

Ilma-aluksia tankataan myös liikkuvista tankkausajoneuvoista, joista yleisin on kuvassa 2.2 näkyvä painetankkausauto. Tankattaessa painetankkausautosta, on auto ensin täytettävä tukikohdan kiinteässä polttoaineenjaketelijärjestelmässä olevasta täyttöpisteestä. Tankkausautojen täyttöjä varten tukikohtien polttoaineenjaketelmissä on varastosäiliöiden lisäksi niin sanottuja päiväsäiliöitä, joissa voidaan välivarastoida autoihin otettavaa polttoainetta. Yleensä päiväsäiliöistä on mahdollista syöttää polttoainetta myös hydrant-järjestelmästä tehtäviin tankkauksiin. Joissain harvinaisissa tapauksissa polttoainekuorma voidaan tuoda autokuljetuksella tukikohdan ulkopuolelta suoraan lentokoneeseen tankattavaksi ilman, että se ensin varastoidaan tukikohdan säiliöihin. Tarvittaessa ilma-

aluksia voidaan tankata myös säiliöperävaunuista, joissa itsessään ei ole tankkauslaitteistoja. Jos perävaunu on kytketty painetankkausautoon, perävaunussa oleva polttoaine voidaan tankata vetoauton tankkauslaitteiden kautta. Irralliseen perävaunuun on liitettävä ulkoinen tankkauslaitteisto, joka voi olla pumppukärri tai pumppuauto. Perävaunutankkauksia tarvitaan toimittaessa kiinteillä polttoainejärjestelmillä varusteltujen tukikohtien ulkopuolella esimerkiksi lentoharjoitusten yhteydessä. Pyörillä liikkuva tankkauskalusto on tärkeässä roolissa ilmavoimien sodanajan polttoainelogistiikassa, koska tällöin toimintaa on hajautettava päätukikohtien ulkopuolelle. [8]



Kuva 2.2. Sisu-painetankkausauto.

Lisäksi on käytössä siirrettäviä tankkauskontteja, joita voidaan kuljettaa vaihtokorialustalla varustetuilla kuljetusajoneuvoilla. Tankkauskontit on varustettu tankkauslaitteistoilla, mikä erottaa ne ainoastaan polttoaineen kuljettamiseen tarkoitetuista säiliökonteista. Pääsääntöisesti tankkauskontit seisovat tietyssä paikassa tukikohdassa palvelen esimerkiksi maavoimien helikopteri- ja ilmavoimien yhteyslentotoiminnan tankkauksia. Kuvassa 2.3 näkyvä tankkauskontti on suunniteltu erityisesti Pilatus PC-12 -yhteyskoneen tankkauksia varten.



Kuva 2.3. Yhteyslentokonekaluston tankkauskontti.

2.4 Ilmavoimien lentopolttoaineseuranta ja -kirjanpito

2.4.1 Polttoaineseurannan tarkoitus

Lentopolttoainekirjanpidon kannalta tarkasteltuna ilmavoimien hallussa on kolmessa erilaisessa vaiheessa olevaa polttoainetta. Polttoainevarastoissa olevasta polttoaineesta muodostuu varastosaldo tarkasteluhetkellä. Kulutukseen luovutettu polttoaine on varastosta tukikohdan tankkausjärjestelmiin siirrettyä, mutta ei vielä ilma-aluksiin tankattua polttoainetta. Polttoaine muuttuu kulutetuksi polttoaineeksi, kun se tankataan ilma-alukseen. Ilmavoimien lentopolttoaineen kirjanpidossa ja -raportoinnissa käytettävät menettelyt on yleisesti ohjeistettu Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeistossa IPO:ssa. Lisäksi eri joukko-osastoilla voi olla täsmällisempiä niiden omaa toimintaa varten räätälöityjä menettelyohjeita. Joka tapauksessa menettelyt käsittävät polttoaineenjakeluketjun useasta eri vaiheesta tuotettavaa dokumentaatiota. Dokumentaation tarkoituksena on tuottaa varastotilanne- ja kulutustietoa sekä mahdollistaa tuote-erän seurattavuus ja laadunvarmistus kattaen koko ketjun valmistuksesta kulutukseen. [6, 8]

Valtakunnallisen varastotilanteen seurannalla helpotetaan polttoainehankintojen ajoittamista, parannetaan kustannustehokkuutta ja tuotetaan operatiivista tilannetietoa ilmavoimien johtamisjärjestelmän käyttöön. Ilma-alusten tankkauksiin liittyvien jakeluketjun seurantatietojen keräämisellä on tarkoitus helpottaa tapahtumien jäljitettävyyttä mahdollisen ongelmatilanteen sattuessa. Epäiltäessä esimerkiksi lentokoneen toimintahäiriön syyksi huonolaatuista polttoainetta on polttoaineen alkuperää helpompi selvittää, kun tiedetään, mistä tankkauslaitteesta lentokonetta on tankattu ja mistä polttoaine on tähän tankkauslaitteeseen otettu. Toisaalta aukottomalla jäljitettävyydellä voidaan mahdollisesti sulkea polttoaine pois epäiltävien syiden joukosta toimintahäiriön tutkinnassa, kun kerättyjen tietojen perusteella voidaan todeta polttoaineen olleen kunnollista. [6, 8]

2.4.2 Lentopolttoaineen laadunvalvonta

Ilmavoimien käyttämän lentopolttoaineen laadunvalvonta on ohjeistettu IPO:ssa. Laadunvalvontaa tehdään monenlaisilla laadunvalvontakokeilla jakeluketjun eri vaiheissa. Polttoaineen toimittaja antaa polttoainetoimituksen yhteydessä laatutodistuksen ilma-voimille toimitetusta erästä. Laatutodistuksella polttoainetoimittaja vakuuttaa polttoaineen täyttävän sovitun standardin mukaiset laatuvaatimukset. Jakeluketjun varrella polttoaineelle tehdään lisätestauksia, joilla varmistetaan, ettei laatu ole muuttunut ja polttoaine soveltuu edelleen tankattavaksi ilma-aluksiin. Esimerkiksi ennen polttoaineen vastaanottoa ilmavoimien varastoon varastonhoitaja tekee saapuvalla polttoaine-erälle laadunvarmistustarkastuksen IPO:ssa annettujen ohjeiden mukaisesti. Tässä laadunvarmistustarkastuksessa tehdään seuraavat toimenpiteet:

- polttoaineen koostumuksen silmämääräinen tarkastus
- vedettömyyden tarkastus ilmaisinkapselilla
- ominaispainon mittaaminen

Varastonhoitaja kirjaa tarkastuksen tulokset vastaanottopöytäkirjaan. Vastaanottopöytäkirjan tietoja verrataan säiliöajoneuvon mukana toimitetun kuormakirjan tietoihin, jotta voidaan todeta polttoaineen vastaavan laadultaan kuormakirjan tietoja. Jos polttoaine läpäisee laadunvarmistustarkastuksen, se voidaan vastaanottaa varastoon. Jakeluketjun myöhemmissä vaiheissa tärkeitä laadunvarmistustoimenpiteitä ovat muun muassa tankkauslaitteiden, suodattimien ja säiliöiden määrävälein tehtävät laadunvalvontakokeet. Kokeilla valvotaan että polttoaine on laadultaan moitteetonta, ei sisällä epäpuhtauksia, vieraita aineita tai vapaata tai liuennutta vettä sallittua enempää. IPO:n mukaan polttoaineen seassa saa olla korkeintaan 30 ppm eli miljoonasosaa vapaata tai sumumaista vettä. Laadunvalvontakokeet toteutetaan pääasiassa näytteenottoina vuoduspisteistä. Näytteenotoissa kuluu vuosittain valtakunnallisesti noin 100 000 litraa lentopetrolia. Osa hyvälaatuisiksi osoittautuneista näytteistä palautetaan takaisin käyttöön tukikohdan polttoainevaraston kautta. Tankkauslaitteille on tehtävä vedettömyyden tarkastus 12 tunnin välein. Vaatimus koskee pumppukärkyjä, painetankkausautoja, perävaunuja ja tankkauskontteja. Jos vesikoetta ei ole suoritettu viimeisten 12 tunnin aikana, ei tankkauslaite ole tankkauskelpoinen. [6, 8, 9]

2.4.3 Manuaalisessa polttoainekirjanpidossa käytettävät menettelyt

Ennen sähköisen kirjanpidon käyttöönottoa lentopolttoainekirjanpidossa käytetään manuaalisia kirjausmenetelmiä. Varastoihin tuotu polttoainemäärä kirjataan ylös säiliöauton kuormakirjasta varaston vastaanottopöytäkirjaan. Lisäksi varastoilla on täyttömittarit, joista tarkastetaan vastaanotetun polttoainemäärän vastaavan kuormakirjan tietoa. Kuormakirjat ja vastaanottopöytäkirjat arkistoidaan varastoilla. Polttoaineen luovutusta varastoista kulutukseen seurataan joukko-osastoissa viikoittain kirjaamalla ylös varaston kulutusmittarin lukema. Ilmavoimien Materiaalilaitokselle tiedot kulutukseen luovutetun polttoaineen määristä annetaan kuukausittaisina kulutusilmoituksina. Jäljempänä

jakeluketjussa tiedot ilma-alusten tankkauksista kirjataan kynällä ruutupaperivihkoon ja tallennetaan myöhemmin sähköisiin tiedostoihin tietokoneelle. Vastaavasti jakelujärjestelmän eri pisteiden laadunvarmistustoimenpiteitä on niitäkin kirjattu erilaisiin seurantavihkoihin. Kirjanpidossa noudatetaan IPO:ssa annettuja ohjeita joukko-osastojen paikallisilla menettelyohjeilla tarkennettuina. [9, 10, 11]

2.4.4 Manuaalisen kirjanpidon heikkouksia

Manuaalisessa kirjaamisessa on tiettyjä sille ominaisia heikkouksia. Inhimillisiä epävarmuustekijöitä ovat kirjoitusvirheiden mahdollisuus ja joidenkin kirjaustehtävien muistinvaraisuus. Näistä syistä kirjaukset eivät välttämättä ole aina tulleet tehdyiksi oikein tai jotkut kirjaukset ovat voineet jäädä kokonaan tekemättä. Lisäksi manuaalinen kirjanpitomenettely on periaatteessa mahdollistanut polttoaineen tahallisen käyttämisen väärin tarkoituksiin manipuloimalla kirjanpitoa. Käytäntö on osoittanut, että edellä kuvatuilla menettelyillä tehdyssä manuaalisessa kirjanpidossa varastoista kulutukseen luovutetuksi kirjattu polttoainemäärä ei aina ole riittävällä tarkkuudella täsmännyt toteutuneen kulutuksen seurannassa kirjatun määrän kanssa. Prosessiin liittyy tosin myös mitausteknisiä epävarmuustekijöitä, joita käsitellään tässä työssä osassa 4.7. Manuaalinen kirjanpito tuottaa runsaasti arkistoitavaa paperidokumentaatiota. Jonkin tarvittavan tiedon löytäminen arkistoista ei jälkeenpäin ole välttämättä kovin nopeaa tai kätevää, vaikka kaikki oleellinen tieto olisikin sinänsä tullut kirjatuksi oikein. [8]

2.4.5 Tarve automaattiselle seurantajärjestelmälle

Edellisessä kappaleessa mainittujen epäkohtien vuoksi on olemassa tarve automaattiselle kirjanpito- ja seurantajärjestelmälle, jossa käyttäjien tekemiä manuaalisia kirjauksia ei tarvita, ei ainakaan yhtä runsaassa käytössä. Lisäksi tähänastisella menettelyllä ei ole pystytty saavuttamaan polttoainevarastojen reaaliaikaista tilannekuvaa, josta Ilmavoimien Esikunta on operatiivisista syistä kiinnostunut. Pääesikunta onkin tehnyt aloitteen reaaliaikaisuuden kehittämisestä ja polttoaineseurannan automatisoinnin selvittämisestä. Polttoainevarastojen reaaliaikainen tilannekuva on mahdollista toteuttaa automaattisella järjestelmällä, joka mittaa jatkuvasti varastojen saldotietoa ja välittää sen keskitettyyn tietojärjestelmään kiinnostuneen tahon nähtäville. Reaaliaikainen tiedonkeruu edesauttaa jo aiemmin mainittuja lentopolttoaineseurannan tarkoituksia, kuten resurssien ja operatiivisen toiminnan suunnittelua. Reaaliaikaista varastotietoa voidaan suoraan hyödyntää esimerkiksi ilmavoimien kriisinajan operaatioiden toteutuksessa. [8, 12]

Koko jakeluketjun jäljitettävyyys voidaan saavuttaa myös manuaalisella dokumentoinnilla, mutta tietojen etsiminen ja tarkastelu on huomattavasti kätevämpää sähköisellä tietojärjestelmällä. Lisäksi kirjaamisten automatisointi varmistaa kirjausten aukottoman suorituksen järjestelmän toimiessa oikein. Laadunhallinnan parantamisen lisäksi järjestelmällä voidaan kerätä myös tankkaustapahtumien polttoaineenkulutustietoa varastoista kulutukseen luovutetun ja lentokoneisiin tankatun eli kulutetun polttoainemäärän vertai-

lemiseksi. Kulutustapahtumatietojen ei välttämättä tarvitse edellä mainittujen tarpeiden täyttämiseksi olla reaaliaikaisesti tarkasteltavissa, toisin kuin varastosaldojen. Lentotoiminnan johtamisen kannalta tukikohdan paikallinen reaaliaikainen tieto esimerkiksi käytössä olevien tankkausajoneuvojen sijainnista ja polttoainemäärästä voi kuitenkin olla arvokas. Näin ollen tässä työssä tutkitaan, millä edellytyksillä järjestelmä voisi tuottaa reaaliaikaista tilannetietoa myös tankkaustoiminnasta. [8, 11]

Lentopolttoaine seurannan automatisointia puoltaa sekin, että Puolustusvoimilla on jo käytössään automaattinen polttoaineenjakele n seurantajärjestelmä maa-ajoneuvoissa käytettävän polttoaineen osalta. Puolustusvoimien organisaatiouudistuksen jälkeen Logistiikkalaitos hallinnoi keskitetysti maa-, meri- ja ilmavoimien polttoainelogistiikkaa. Tulevan laitoksen suunnittelussa on esitetty vaatimuksena, että polttoainelogistiikkaa tulee voida hallita yhdellä tietojärjestelmällä. Koska maapolttoainelogistiikan tietojärjestelmä on jo käytössä, tässä työssä selvitetään, kuinka kyseistä järjestelmää voitaisiin laajentaa myös lentopolttoainetoimintojen hallintaan. [12, 13]

3 LENTOTUKIKOHDAN POLTTOAINESEURANTA

3.1 Yleistä

Tässä luvussa kuvataan lentotukikohdan polttoainejakeluketjun vaiheet ja tapahtumat, joista automaattisen seurantajärjestelmän on kerättävä tietoa. Tarkastelu jaetaan kahteen osa-alueeseen; varastoseurantaan ja kulutukseen luovutetun polttoaineen tapahtumaseurantaan, lyhyemmin jakeluseurantaan. Varastoseurannassa seurataan tukikohdan polttoainevarastoon tulevaa polttoainemäärää, varaston polttoainemäärätilannetta ja varastolta kulutukseen luovutetun polttoaineen määrää. Varastoseurannassa ei olla kiinnostuneita siitä, mitä kulutukseen luovutetulle polttoaineelle tapahtuu myöhemmin jakeluketjussa. Ne tapahtumat kuuluvat jakeluseurannan piiriin. Seuraavissa kappaleissa kuvatut seurantatapahtumat ovat tyypillisessä tukikohdassa esiintyviä tapahtumia. Tässä työssä ei esitetä tarkkoja tietoja minkään nimenomaisen tukikohdan polttoainejärjestelmistä, koska ne ovat salassa pidettäviä tietoja. Tämän luvun tapahtumamäärittelyssä ei oteta kantaa, millaisilla teknisillä ratkaisulla vaadittu seuranta tulee toteuttaa. Toteutusratkaisuja esitetään työn loppupuolella.

3.2 Varastoseuranta

3.2.1 Varastoon tuleva polttoaine

Polttoaineen varastotäydennykset tukikohdan ulkopuolelta tuodaan varastolle säiliöajoneuvokuljetuksella. Kyseessä voi olla toimitus öljy-yhtiöltä, HVK:n varmuusvarastolta tai toisen tukikohdan polttoainevarastolta. Seurantajärjestelmän on kirjattava varastotäydennyksestä seuraavat tiedot:

- kuinka paljon polttoainetta säiliöajoneuvosta siirrettiin varastoon
- ajankohta, milloin siirto tapahtui
- kuka vastuhenkilö kuorman vastaanotti

Näiden tietojen on siirryttävä reaaliajassa valtakunnallisesti tarkkailtavissa olevaan tietojärjestelmään. Se, mistä ja millä säiliöajoneuvolla kuorma tuotiin, ei ole varastoseurannan kannalta välttämätön tieto. Tulevaa polttoainemäärää mittaavien komponenttien määrä saadaan minimoitua, jos varaston toiminta järjestellään siten, että kaikki tuleva polttoaine virtaa saman mittauspisteen kautta. Mittalaitteiden on pystyttävä mittaamaan enimmillään 1500 l/min -virtausnopeudella tapahtuvia polttoainetäydennyksiä. [8]

Ennen polttoaineen siirtoa kuljetusajoneuvosta varastoon, kuormalle tehdään aiemmin mainittu vastaanottotarkastus laadun varmistamiseksi. Automaattisen seurantajärjestelmän käyttöönotto ei vaikuta tähän vastaanottomenettelyyn. Vastaanottopöytäkirjan tietoja ei tarvitse kirjata sähköiseen tietojärjestelmään, vaan pöytäkirjat arkistoidaan sellaisenaan. Seurantajärjestelmän tulee kuitenkin pyytää vastaanoton vastuuhenkilöltä kuitaus vastaanottotarkastuksen suorittamisesta ennen kuin järjestelmä antaa siirtää polttoainetta varastoon.

Varastotäydennysten ja -siirtojen lisäksi varastoon tuleva polttoaine voi olla jäljempää tukikohdan jakeluketjusta kerättyjen näytteiden palautuksia varastoon. Tässä tapauksessa on kyse polttoaineesta, joka on jo kertaalleen luovutettu kulutukseen, mutta joka ei päätynyt kulutetuksi polttoaineeksi. Kirjanpidon täsmäämiseksi varastonhoitajan on pystyttävä kertomaan järjestelmälle, että tapahtumassa on kyse näytepolttoaineen palautuksesta. Ilman tätä erityiskirjausta järjestelmä saa olettaa polttoaineen tulevan varastotäydennyksenä ulkopuolelta. Seurannan helpottamiseksi näytteiden palauttaminen tulee tehdä sen mittauspisteen kautta, josta varastotäydennyksetkin menevät. Mikäli tämä ei ole jostain syystä järkevää, on näytepalautukset voitava kirjata järjestelmään manuaalisesti. [6, 8, 9]

3.2.2 Varastolta kulutukseen luovutettava polttoaine

Polttoainevarastolta polttoaine luovutetaan tarpeen mukaan kulutukseen eli tankattavaksi ilma-aluksiin. Kun polttoaine luovutetaan kulutukseen, se vähennetään varastosaldoista välittömästi, vaikka se ei heti menisikään ilma-alukseen asti. Pääsääntöisesti kulutukseen luovutettava polttoaine pumpataan varastosäiliöiltä putkea pitkin tukikohdan päivä säiliöihin. Joissain tapauksissa polttoainetta voidaan siirtää varastolta suoraan painetankkausajoneuvoon. Seurantajärjestelmän on kirjattava varastolta kulutukseen menevä polttoainemäärä ja siirrettävä tieto reaaliajassa valtakunnalliseen tietojärjestelmään. Mittauksen yksinkertaistamiseksi varaston toiminta kannattaa järjestellä siten, että kaikki kulutukseen menevä polttoaine virtaa saman mittauspisteen kautta. Mikäli tämä ei käytännössä onnistu, on järjestelmän laskettava useamman mittauspisteen tiedot yhteen varaston kokonaiskulutustiedon saavuttamiseksi. Kulutukseen luovutuksia mitattaessa polttoaineen tilavuusvirta voi olla enimmillään 3000 l/min. [8]

3.2.3 Varastosiirto toiseen polttoainevarastoon

Polttoainevarastolta voidaan siirtää polttoainetta säiliöautokuljetuksena esimerkiksi toisen tukikohdan polttoainevarastoon. Varastolta siirtona lähetettävän polttoaineen luovutuksesta vastaavan varastonhoitajan on voitava kertoa seurantajärjestelmälle, että sillä kertaa varastosta vähenevä polttoainemäärä ei mene kulutukseen. Jos varastolta säiliöautoon siirtyvä polttoaine virtaa saman mittauspisteen kautta, kuin kulutukseen luovutettava polttoaine, järjestelmä voi mitata polttoainemäärän automaattisesti. Jos säiliöautoon siirtyvä polttoaine ei virtaa saman mittauspisteen kautta, kuin kulutukseen luovu-

tettava polttoaine, on tieto siirretystä polttoainemäärästä syötettävä järjestelmään manuaalisesti. Toinen vaihtoehto on järjestää erillinen mittauspiste autoon siirron automaattista kirjausta varten. [6, 8, 9]

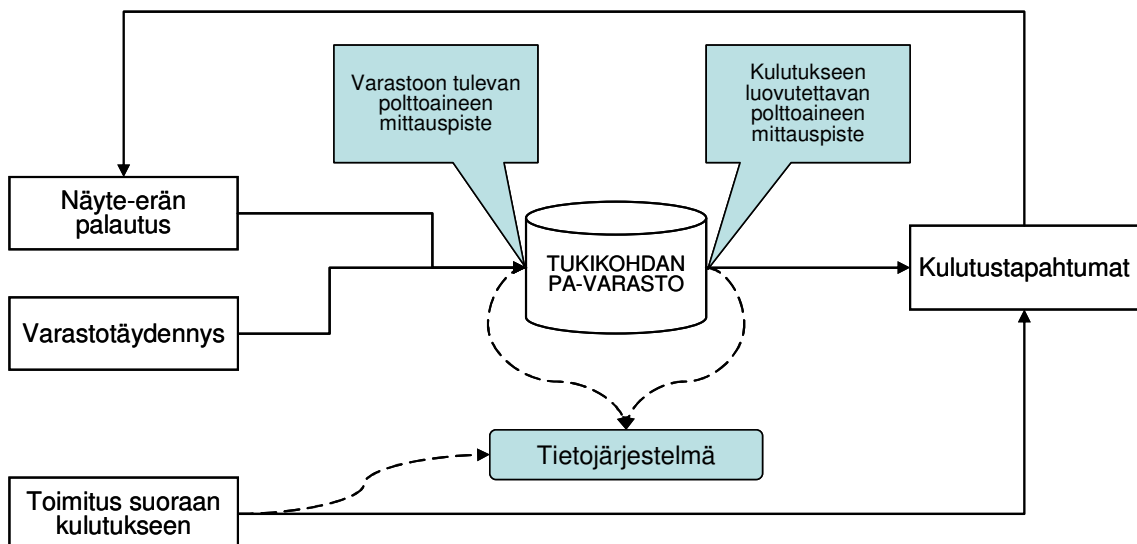
3.2.4 Polttoaineen toimitus suoraan kulutukseen

Poikkeustapauksissa toimitaan joskus myös siten, että polttoainetta tuodaan tukikohdan ulkopuolelta painetankkausajoneuvolla suoraan kulutukseen ilman, että kuormaa puretaan ensin varastosäiliöihin. Jotta tankkauksissa kulutettu saldo ja varastolta kulutukseen luovutettu saldo saadaan täsmäämään, on polttoaine suoraan kulutukseen tuotaessakin virtuaalisesti kierrätettävä varaston kautta. Koska polttoaine ei todellisuudessa virtaa varastoon, ei seurantajärjestelmä voi käsitellä tapahtumaa automaattisesti. Polttoaine-erä on voitava vastaanottaa varastoon ja siirtää välittömästi kulutukseen luovutetuksi tekemällä tarvittavat kirjaukset tietojärjestelmään manuaalisesti. [8]

3.2.5 Varaston polttoainemäärä

Seurantajärjestelmän on kirjattava varastossa olevan polttoaineen määrä reaaliaikaisesti valtakunnalliseen tietojärjestelmään. Reaaliaikaisen tilannekuvan muodostamiseksi järjestelmä voi hyödyntää tulevan ja lähtevän polttoaineen mittauspisteillä kerättävää tietoa tai mitata polttoainemäärän erillisellä mittauksella. Mahdollisia mittausmenetelmiä käsitellään tässä työssä jäljempänä.

Kuvassa 3.1 havainnollistetaan edellisissä kappaleissa selitettyä varastotilanteen seuranta. Ehyt viiva kuvaa polttoaineen ja siihen liittyvän informaation kulkua. Katkoviiva kuvaa pelkän informaation kulkua.



Kuva 3.1. Varastotilanteen seurantaprosessia havainnollistava kaavio.

3.2.6 Varastoseurantajärjestelmän käyttöliittymät

Lentopolttoainevarastolle on sijoitettava automaattisen seurantajärjestelmän käyttöliittymä, jolla käyttäjä voi kommunikoida järjestelmän kanssa. Käyttöliittymältä on oltava valittavissa, minkä edellä kuvatuista varastotapahtumista käyttäjä aikoo suorittaa. Valinnan perusteella järjestelmän on osattava tulkita oikealla tavalla tapahtumaan liittyvä polttoainemäärän mittausta. Ennen tapahtuman suorittamista käyttäjän on tunnistauduttava käyttöliittymällä, jotta järjestelmään kirjautuu tieto tapahtuman vastuuhenkilöstä. Tunnistautumisen on voitava tapahtua ilman, että käyttäjän tarvitsee esimerkiksi manuaalisesti näppäilemällä syöttää käyttäjätietojaan. Mahdollisia tunnistustekniikoita käsitellään jäljempänä. [8, 10]

3.3 Jakeluseuranta

Seuraavissa kappaleissa kuvattavat tapahtumat liittyvät polttoainevarastolta kulutukseen luovutetun polttoaineen käsittelyyn. Näitä tapahtumia esiintyy tukikohtien päivittäisessä rauhanajan toiminnassa sekä toimittaessa harjoitusolosuhteissa. Seurantatiedot, jotka järjestelmän on tallennettava, on määritelty Ilmavoimien Materiaalilaitoksen asiantuntijoiden ja lentotoimintaa harjoittavien joukko-osastojen näkemyksiä hyödyntäen, sekä IPO:ssa annettuihin ohjeisiin perustuen.

3.3.1 Tankkauskaluston laaduntarkkailu

Kaikille ilma-alusten tankkauslaitteille ja polttoaineen kuljetusvälineille on tehtävä IPO:n mukainen vedettömyyden tarkastus 12 tunnin välein. Vaatimus koskee painetankkausautoja, pumppukärryjä, pumppuautoja, tankkauskontteja ja perävaunuja. Kun mainittu aika on kulunut edellisestä vesikokeesta, ei tankkauslaitteesta saa tankata polttoainetta ennen seuraavan vesikokeen suoritusta. Vesikokeen suoritus on voitava syöttää seurantajärjestelmään ensisijaisesti kyseisessä tankkauslaitteessa olevalla käyttöliittymällä. Seurantajärjestelmän on tällöin kirjattava vesikokeesta seuraavat tiedot:

- vesikokeen suorittaja
- suoritus aika
- kohteena oleva tankkauslaiteyksilö.

Vesikokeen suorittaja on voitava tunnistaa sähköisesti käyttöliittymän luona. Lisäksi järjestelmän tulee seurata vesikokeen suorituksesta kuluvaa aikaa siten, että 12 tunnin jälkeen tankkaustapahtuma ei ole mahdollinen, ennen kuin uusi vesikoe on suoritettu. [6]

3.3.2 Hydrant-järjestelmän tapahtumaseuranta

3.3.2.1 Lentokoneen tankkaus pumppukärystä

Kun lentokone aiotaan tankata pumppukärystä, seurantajärjestelmän on ensin tarkastettava tapahtumaa varten, että:

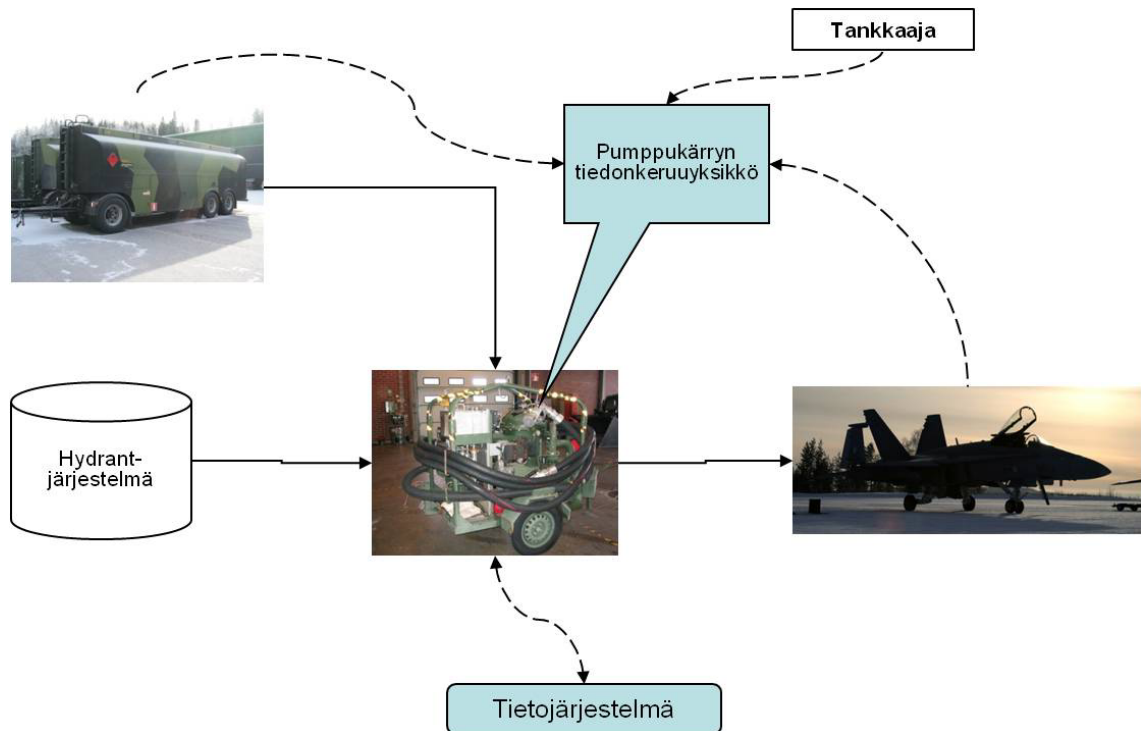
- tankattavaan lentokoneyksilöön on oikeus tankata
- kyseisestä pumppukärri-yksilöstä on oikeus tankata
- tankkauksen suorittavalla henkilöllä on oikeus tankata.

Tankkausoikeuksien edellytyksiä käsitellään jäljempänä. Mikäli tankkausoikeudet ovat voimassa, järjestelmän tulee sallia tankkauksen suoritus. Mikäli jokin oikeuksista ei ole voimassa, ei järjestelmä saa sallia tankkausta. Suoritetusta tankkaustapahtumasta järjestelmän on kirjattava seuraavat tiedot:

- lentokoneyksilö
- pumppukärri-yksilö
- vastuuhenkilö
- tankattu polttoainemäärä
- tapahtuman ajankohta.

Oikeuksien tarkistus ja tietojen tallennus on tapahduttava pumppukärryn yhteyteen sijoitetulla tiedonkeruuyksiköllä. Tallennetut tiedot on voitava siirtää tiedonkeruuyksiköltä keskitettyyn tietojärjestelmään. Pumppukärriyjen tapahtumatiedot voidaan siirtää tietojärjestelmään määräajoin ei-reaaliaikaisesti esimerkiksi ulkoista muistimediaa käyttäen. Tältä medialta ne sitten puretaan esimerkiksi sellaiselle toimistotietokoneelle, jolta on pääsy keskitettyyn tietojärjestelmään. Tiedot eivät ole oleellisia tukikohdan reaaliaikaisen tilannekuvan kannalta, koska pumppukärriyt eivät ole liikkuvia tankkauslaitteita eikä niissä ole omia polttoainesäiliöitä. Pumppukärriystä tankatessa mittauslaitteella on voitava mitata enimmillään 1500 l/min polttoainevirtausta. [8]

Pumppukärriyn seurattavia tapahtumia havainnollistaa kuva 3.2. Yhtenäinen viiva kuvaa polttoaineen siirtymistä ja katkoviiva tiedonsiirtoa. Kuvasta ilmenee, että pumppukärriyllä voidaan tankata myös perävaunussa olevaa polttoainetta. Tämä tapahtuma kuvataan tarkemmin myöhemmin tässä luvussa.



Kuva 3.2. Pumppukärryyn liittyvä lentopolttoaineseuranta.

3.3.2.2 Tukikohdan päiväsäiliöiden polttoainemäärä

Tukikohdan reaaliaikaisen tilannekuvan kannalta on oleellista kerätä jatkuvasti tietoa päiväsäiliöissä olevasta polttoainemäärästä. Päiväsäiliöistä syötetään hydrantjärjestelmän kautta tehtäviä tankkauksia. Lisäksi päiväsäiliöistä täytetään painetankkausautoja. Seurantajärjestelmän on kirjattava päiväsäiliöiden polttoainemäärässä tapahtuvat muutokset automaattisesti. Yhdellä mittauspisteellä mitataan varastosäiliöiltä putkea pitkin päiväsäiliöille tulevaa polttoainemäärää. Päiväsäiliöistä kulutettavalle polttoaineelle voi olla yksi tai useampi mittauspiste. Yhden mittauspisteen tapauksessa kaikki päiväsäiliöiltä hydrant-tankkauksiin tai tankkausautoihin kulutettava polttoaine virtaa kyseisen pisteen kautta. Hydrant-järjestelmä jakaantuu yleensä ainakin kahdelle erilliselle lentokoneiden seisonta-alueelle eli platalle. Komponentteja lisäämällä on mahdollista mitata erikseen kummallekin platalle sekä tankkausautoon siirrettävää polttoainetta, jolloin päiväsäiliöiltä lähtevälle polttoaineelle tarvitaan kolme mittauspistettä.

3.3.3 Painetankkausauton tapahtumaseuranta

3.3.3.1 Painetankkausauton täyttö

Painetankkausauton täytöllä tarkoitetaan polttoaineen siirtoa tukikohdan kiinteistä polttoainesäiliöistä painetankkausautoon. Painetankkausautolla tarkoitetaan tässä ainoastaan säiliöautoa ilman perävaunua. Tukikohdissa mahdollisia auton täyttöpaikkoja on varastosäiliöiden ja päiväsäiliöiden yhteydessä. Tankkausautoa täytettäessä seurantajärjestelmän on kirjattava tapahtumasta seuraavat tiedot:

- miltä täyttöpaikalta auto täytettiin
- mihin ajoneuvoyksilöön täyttö tehtiin
- kuinka paljon polttoainetta ajoneuvoon täytettiin
- ajankohta, jolloin täyttö tapahtui
- tapahtuman vastuuhenkilö

Nämä tiedot on tallennettava täyttöpaikalla olevalla tiedonkeruuyksiköllä, josta niiden on siirryttävä seurantajärjestelmän keskitettyyn tietojärjestelmään. Tiedonkeruuyksikön käyttöliittymällä on pystyttävä tunnistamaan tankkausauto ja vastuuhenkilö sähköisesti. Painetankkausautoa täytettäessä polttoainevirtausta mittaavan mittalaitteen on voitava mitata enimmillään 1500 l/min tilavuusvirtaa. [8]

3.3.3.2 Ilma-aluksen tankkaus painetankkausautosta

Kun ilma-alus, joko lentokone tai helikopteri, tankataan painetankkausautosta, seurantajärjestelmän on aluksi tarkastettava ilma-aluksen, painetankkausauton ja vastuuhenkilön tankkaus oikeudet. Järjestelmä saa sallia tankkauksen vain, jos kaikki oikeudet ovat voimassa. Suoritetusta tankkaustapahtumasta on kirjattava seuraavat tiedot:

- ilma-alusyksilö
- tankkausautoyksilö
- tankattu polttoainemäärä
- tankkauksen ajankohta
- tankkauksesta vastaava henkilö

Polttoainetta voidaan tankata enimmillään virtausnopeudella 1500 l/min. Tankkaaja sekä ilma-alus on tunnistettava sähköisesti tiedonkeruuyksikön luona. Tiedot tankkauksesta on tallennettava tankkausautoon asennettuun tiedonkeruuyksikköön, josta ne on voitava siirtää seurantajärjestelmän keskitettyyn tietojärjestelmään. Vähimmäisvaatimuksena on tietojen siirrettävyys ulkoisen muistimedian avulla, samoin kuten pumppukärryn tapauksessa. Tiedonsiirron nopeuttamiseksi ja kehittämiseksi tässä työssä tutkitaan myös reaaliaikaisen langattoman tiedonsiirron käyttömahdollisuuksia tankkausajoneuvon ja tietojärjestelmän välisessä tietoliikenteessä, jolloin erillistä muistimediaa ei tarvittaisi tiedonsiirtoon. Langaton tiedonsiirto mahdollistaisi myös tankkausauton tietojen jatkuvan seuraamisen tukikohdan paikallisessa reaaliaikaisessa tilannekuvassa. [8, 10]

3.3.3.3 Polttoaineen imu ilma-aluksesta painetankkausautoon

Painetankkausautolla on myös mahdollista imeä polttoainetta ilma-aluksesta auton säiliöön. Tässäkin tapauksessa ennen tapahtuman suoritusta järjestelmän on tarkistettava ilma-aluksen, tankkausauton ja henkilön tapahtumaoikeudet. Suoritetusta imutapahtumasta järjestelmän on kirjattava seuraavat tiedot:

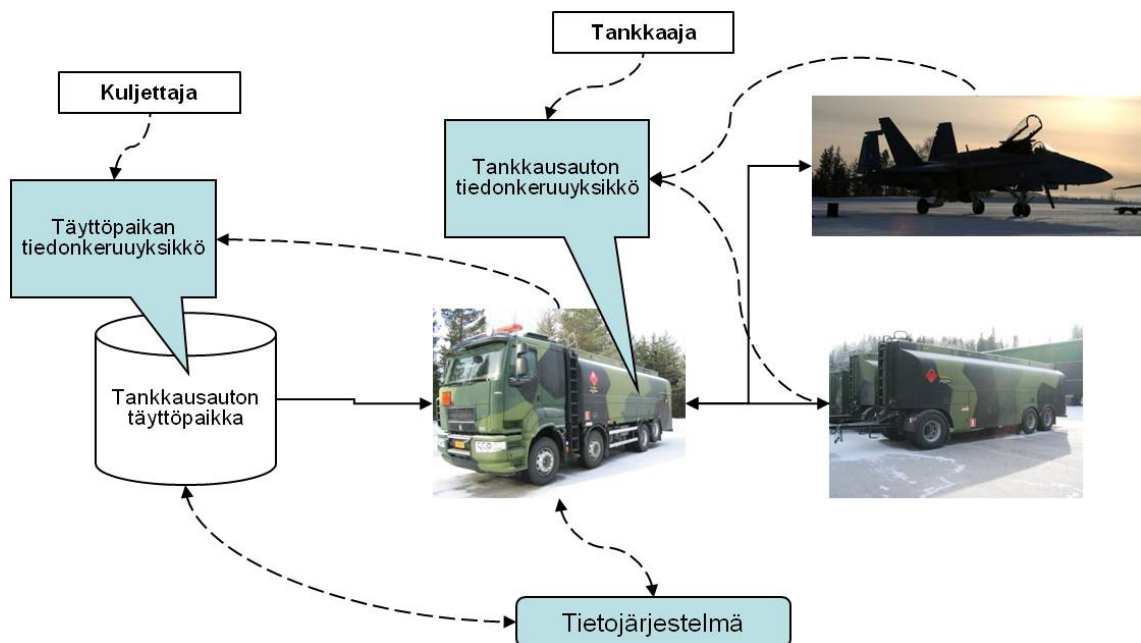
- ilma-alusyksilö
- tankkausautoyksilö
- siirtyvä polttoainemäärä
- ajankohta
- vastaava henkilö

Tiedot on tallennettava tankkausauton tiedonkeruuyksikköön, josta ne ovat siirrettävissä keskitettyyn tietojärjestelmään edellisessä kohdassa kuvatulla tavalla.

3.3.3.4 Painetankkausauton polttoainemäärä

Mikäli seurantajärjestelmällä halutaan saavuttaa tukikohdan reaaliaikainen paikallinen lentopolttoainetilannekuva, seurantajärjestelmän keskitetyssä tietojärjestelmässä on oltava reaaliaikainen tieto tukikohdassa käytössä olevien painetankkausautojen lentopolttoainemääristä. Tämän tiedon saavuttaminen edellyttää langatonta tiedonsiirtoa tankkausauton tiedonkeruuyksiköltä, koska muulla tavoin tukikohdan alueella liikkuva tankkausauto ei voi olla jatkuvassa yhteydessä tietojärjestelmään.

Painetankkausautoon liittyviä jakeluseurannan tapahtumia on havainnollistettu kuvassa 3.3. Autoon voidaan kytkeä myös säiliöperävaunu, johon liittyviä tapahtumia käsitellään seuraavissa kappaleissa.



Kuva 3.3. Painetankkausauton tapahtumia havainnollistava kaavio.

3.3.4 Perävaunun tapahtumaseuranta

3.3.4.1 Perävaunun täyttö

Perävaunun täytöllä tarkoitetaan säiliöperävaunun täyttämistä tukikohdan kiinteästä polttoainejärjestelmästä. Tällöin perävaunu täytetään joko suoraan täyttöpisteestä tai vetoautona olevan säiliöauton kautta siten, että polttoaine virtaa vain perävaunun säiliöön. Perävaunuissa ei ole minkäänlaista omaa teholähdettä, eikä niihin ei hankita mitään sähkökäyttöisiä tiedonkeruuyksiköitä. Perävaunun täyttötapauksen tiedot on oltava syötettävissä seurantajärjestelmän tietojärjestelmään täyttöpisteellä olevan käyttöliittymän kautta. Tallennettavat tiedot ovat seuraavat:

- perävaunuyksilö
- täyttöpaikka
- täytetty polttoainemäärä
- ajankohta
- täytöstä vastaava henkilö

Perävaunuyksilö on tunnistettava täyttöpaikan käyttöliittymällä sähköisesti perävaunu-kohtaisen tunnisteen avulla.

3.3.4.2 Ilma-aluksen tankkaus perävaunusta erillisen tankkauslaitteen kautta

Perävaunusta on mahdollista tankata, vaikka sitä ei olisi kytketty painetankkausautoon. Tällöin ilma-aluksen ja perävaunun välillä on käytettävä erillistä tankkauslaitetta, kuten esimerkiksi pumppukärryä tai pumppuautoa. Perävaunusta tankatessakin on järjestelmän tarkastettava ensin asiaankuuluvat tankkausoikeudet, joihin tässä tapauksessa kuuluu myös oikeus tankata kyseisestä perävaunusta. Seurantajärjestelmän on kirjattava tapahtumasta seuraavat tiedot:

- ilma-alusyksilö
- perävaunuyksilö
- tankkauslaitteyksilö
- tankattu polttoainemäärä
- ajankohta
- vastaava henkilö

Tiedot tallennetaan tankkauslaitteeseen integroituun tietokoneeseen, josta ne siirretään keskitettyyn tietojärjestelmään, kuten edellä kuvatuissa tankkaustapahtumissa on kyseisten tankkauslaitteiden tiedonsiirtovaatimuksista määritelty. Perävaunuyksilö on tunnistettava ilma-aluksen ja tankkaajan tavoin tankkauslaitteen käyttöliittymällä.

3.3.4.3 Perävaunun polttoainemäärä

Tukikohdan reaaliaikaisen polttoainetilannekuvan muodostamiseksi myös säiliöperävaunujen polttoainemäärästä on oltava reaaliaikainen tieto seurantajärjestelmässä. Perä-

vaunuihin ei hankita tiedonkeruulaitteistoja. Näin ollen perävaunun tilannetieto on tallennettava järjestelmään kiinteän täyttöpaikan käyttöliittymällä tai perävaunua vetävän painetankkausauton käyttöliittymällä, josta se siirretään langattomasti tietojärjestelmään. Jos perävaunun polttoainemäärä muuttuu tilanteessa, jossa vaunua ei ole kytketty mihinkään automaattisen seurantajärjestelmän rajapintaan, on tarvittavat tapahtumakirjaukset tehtävä tietojärjestelmään manuaalisesti. Näissä tapauksissa kaikkea perävaunuun liittyvää tietoa ei ole mahdollista seurata täysin reaaliaikaisesti.

3.3.5 Säiliöajoneuvoyhdistelmän tapahtumaseuranta

3.3.5.1 Perävaunun kytkeminen painetankkausautoon

Kytettäessä säiliöperävaunu painetankkausautoon on auton tiedonkeruuyksikköön kerättävä tietoja tästä tapahtumasta. Tallennettavia tietoja ovat ainakin seuraavat:

- perävaunun säiliön kokonaistilavuus
- perävaunussa kytkentähetkellä oleva polttoainemäärä
- tieto perävaunun tankkauskelpoisuudesta (vesikokeen suorituksen voimassaolo)
- kytkentäajankohta
- vastuhenkilö (ajoneuvoyhdistelmän kuljettaja)

Tiedot siirretään ulkoisella muistilaitteella auton tietokoneelta keskitettyyn tietojärjestelmään tai reaaliaikaisesti langattomalla tiedonsiirtotavalla.

3.3.5.2 Ilma-aluksen tankkaus perävaunusta vetoauton kautta

Lentokone voidaan tankata perävaunusta käyttämällä sitä vetävän painetankkausauton tankkauslaitteita. Tässä perävaunusta tankkauksella tarkoitetaan sellaista tapahtumaa, jossa tankattava polttoaine virtaa vain perävaunun säiliöistä. [8] Auton tiedonkeruuyksikön on ymmärrettävä, että kyse on tapahtumasta, jossa auton säiliössä oleva polttoainemäärä ei vähene. Seurantajärjestelmän on edellisten kohtien tapaan tarkastettava tarvittavien tankkausosoikeuksien olemassaolo ja kirjattava tapahtumasta seuraavat tiedot:

- ilma-alusyksilö
- painetankkausautoyksilö
- perävaunuyksilö
- tankattu polttoainemäärä
- ajankohta
- vastaava henkilö

Tiedot tallennetaan painetankkausauton tiedonkeruuyksikköön, josta ne siirretään ulkoisella muistilaitteella tai langattomasti keskitettyyn tietojärjestelmään.

3.3.5.3 Ilma-aluksen tankkaus koko ajoneuvoyhdistelmästä

Ilma-alus voidaan tankata ajoneuvoyhdistelmästä eli painetankkausautosta ja siihen kytketystä säiliöperävaunusta myös siten, että tankattava polttoaine otetaan sekä auton että perävaunun säiliöistä. Seurantajärjestelmän on kirjattava tapahtumasta vastaavat tiedot

kuin pelkästä perävaunusta auton kautta tankattaessa. Tiedonsiirron tietojärjestelmään on toimittava, kuten muiden tapahtumien kohdalla on edellisissä kappaleissa esitetty. [8]

3.3.5.4 Polttoaineen siirto tankkausauton ja perävaunun välillä

Polttoainetta voidaan siirtää tankkausauton ja siihen kytketyn perävaunun säiliöiden välillä [11]. Seurantajärjestelmän on kirjattava siirtotapahtumasta seuraavat tiedot:

- auto- ja perävaunuyksilöt
- siirtynyt polttoainemäärä
- tieto, kumpaan suuntaan siirto tapahtui
- ajankohta
- vastaava henkilö

Tiedonsiirto keskitettyyn tietojärjestelmään on toimittava tämänkin tapahtuman osalta, kuten edellisissä kohdissa on esitetty.

3.3.6 Tankkauskontin tapahtumaseuranta

3.3.6.1 Tankkauskontin täyttö

Tankkauskontin täytöllä tarkoitetaan tapahtumaa, jossa tukikohtaan sijoitetun tankkauskontin säiliö täytetään säiliöajoneuvosta tai kiinteästä polttoainejärjestelmästä. Ajoneuvosta täytettäessä seurantajärjestelmään on kirjattava täytöstä seuraavat tiedot:

- tankkauskonttiyksilö
- säiliöajoneuvoyksilö
- polttoainemäärä
- ajankohta
- vastaava henkilö.

Suoraan kiinteältä täyttöpaikalta täytettäessä (kontti kuljetusajoneuvon kyydissä) järjestelmään on kirjattava ajoneuvon sijaan kyseinen täyttöpaikka. Tilanteesta riippuen tapahtumatiedot on voitava tallentaa tietojärjestelmään joko suoraan kiinteän täyttöpaikan käyttöliittymällä, tai aluksi konttia täyttävän painetankkausauton tiedonkeruuyksikköön, josta ne siirretään joko langattomasti tai erillisellä muistimedialla tietojärjestelmään.

3.3.6.2 Ilma-aluksen tankkaus tankkauskontista

Tankattaessa lentokone tankkauskontista on seurantajärjestelmän ensin tarkastettava ilma-aluksen, tankkauskontin ja vastuuhenkilön tankkaus oikeudet. Suoritetusta tankkauksesta järjestelmään on kirjattava seuraavat tiedot:

- tankattava ilma-alusyksilö
- tankkauskonttiyksilö
- tankattu polttoainemäärä
- ajankohta
- vastaava henkilö.

Tapahtumatiedot tallennetaan tankkauskonttiin asennettuun tiedonkeruuyksikköön, josta ne siirretään joko langattomasti tai erillisellä muistimedialla seurantajärjestelmän keskitettyyn tietojärjestelmään.

3.3.7 Liikkuvan tankkauskaluston sijainti

Tukikohdan reaaliaikaisessa polttoainetilannekuvassa kiinnostavaa tietoa on myös liikkuvan tankkauskaluston eli painetankkausautojen ja pumppuautojen sijainti. Reaaliaikaisen sijaintitiedon saavuttamiseksi autot on varustettava paikannuslaittein. Paikannustiedon on siirryttävä ajoneuvoilta langattomasti seurantajärjestelmän keskitettyyn tietojärjestelmään.

3.3.8 Muu kulutus jakelujärjestelmästä

Tukikohdan jakelujärjestelmästä tapahtuu myös muuta kulutusta edellisissä kappaleissa kuvattujen tapahtumien lisäksi. Kuten aiemmin tässä työssä tuli esille, polttoaineenjake-
lujärjestelmässä on tietyissä kohdin polttoaineen laadun tarkkailemiseksi näytteenotto-
pisteitä, joista otetaan säännöllisesti pieniä määriä polttoainetta. Osa näytepolttoaineesta
palautetaan tukikohdan polttoainevarastoon. Palautusten yhteydessä seurantajärjestel-
mään on voitava kirjata näytepalautustapahtuman tiedot, kuten varastoon tulevan poltto-
aineen tapahtumia käsittelevässä kappaleessa jo mainittiin. Polttoainetta voidaan kulut-
taa myös säiliöajoneuvoista muihin kuin edellä kuvattuihin tarkoituksiin, esimerkiksi
tukikohdassa tapahtuvaa sammutusharjoitustoimintaa varten. Tällainen muu kulutus on
voitava kirjata tietojärjestelmään manuaalisesti. [9, 10, 11]

3.3.9 Jakeluseurantajärjestelmän käyttöliittymät

Automaattisessa seurantajärjestelmässä on oltava tarvittavat käyttöliittymät jakeluseu-
rantatapahtumien hoitamiseksi. Käyttöliittymiä tarvitaan painetankkausautojen ja perä-
vaunujen täyttöpisteille sekä ilma-alusten tankkauslaitteisiin. Käyttöliittymällä on voita-
va tunnistaa tapahtuman vastuuhenkilö sekä se kohdeyksilö, johon polttoainetta siirre-
tään. Tietyistä syistä, joita tässä työssä käsitellään tarkemmin jäljempänä, on ilma-
alusten tunnistamisen voitava tapahtua ainakin siten, että ilma-alusta vastaava tunnistenumero
näppäilyllään käyttöliittymällä. Henkilöt ja ajoneuvot sen sijaan tulee voida tun-
nistaa nopeammalla ja automaattisemmalla tavalla kuin manuaalisella tunnistenumeron
näppäilyllä. Tunnistamisen yhteydessä järjestelmän on tarkistettava tapahtumassa vaa-
dittujen tankkausosoikeuksien voimassaolo.

Käyttöliittymällä on oltava mahdollista valita, minkä tapahtuman käyttäjä aikoo suorit-
taa, mikäli kyseisen käyttöliittymän laitteella on mahdollista suorittaa useampia kuin
yhdenlaisia tapahtumia. Tankkauslaitteistojen tapauksessa käyttöliittymän on oletuksena
tarjottava käyttäjälle ilma-aluksen tankkaamista koskevaa valintaa, jos laitteen vesiko-
keen suoritus on voimassa. Mikäli vesikoetta ei ole suoritettu viimeisten 12 tunnin aika-
na, on järjestelmän oletuksena tarjottava valintaa sen suorittamiseksi. Mikäli vesikoe on

voimassa, mutta käyttäjä ei aio tankata ilma-alusta, on hänen erikseen voitava valita käyttöliittymältä joku muu edellisissä kappaleissa kuvatuista kulloinkin kyseessä olevalle laitteelle mahdollisista tapahtumista. Tarkoituksena on, että käyttöliittymän käyttäminen olisi mahdollisimman suoraviivaista juuri ilma-aluksia tankatessa, koska niitä tapahtumia suoritetaan eniten. Edellä kuvatuissa tapahtumissa mainittuja manuaalisesti tietojärjestelmään tehtäviä kirjauksia ei jakelulaitteisiin sijoitettavilla käyttöliittymillä pidä voida suorittaa.

3.4 Tietojärjestelmän ominaisuudet

Lentopolttoaineen automaattisen seurantajärjestelmän keräämät varasto- ja jakeluseurannan tapahtumatiedot on tallennettava valtakunnallisesti yhteen keskitettyyn tietojärjestelmään. Tätä tietojärjestelmää on asiaankuuluvan henkilöstön päästävä tarkastelemaan omien työpisteidensä tietokoneilta. Nämä tietokoneet toimivat tietojärjestelmän käyttöliittymänä siten, ettei muita erillisiä käyttöliittymiä tarvita. Seuraavissa kappaleissa kuvataan keskitetyltä tietojärjestelmältä vaadittavia ominaisuuksia, joita tarvitaan edellisissä kappaleissa kuvattujen tapahtumien tarkkailuun, kirjanpitoon, muokkaamiseen ja raportointiin. Lisäksi tietojärjestelmällä on hallittava sen käyttöoikeuksia sekä tankkaus oikeuksia. [8, 12]

3.4.1 Tapahtumien käsittely tietojärjestelmässä

3.4.1.1 Varastoseurannan tietojen käsittely

Varastoseurannan tapahtumat on oltava tarkasteltavissa valtakunnan laajuisesti, koska ilmavoimien johtamisjärjestelmä on kiinnostunut kaikkien tukikohtien varastosaldoista. Varastojen tietoja on voitava tarkastella tietojärjestelmällä seuraavilla tavoilla:

- Varastotietoja on voitava selata siten, että tietojärjestelmä näyttää reaaliaikaisen tiedon joko yhden tai haluttaessa useammankin varaston kokonaissaldoista samassa näkymässä.
- Historiatietoja varastotäydennyksistä ja kulutukseen luovutuksista on voitava selata aikajärjestyksessä yhden tai useamman varaston osalta.
- Varastotietoja on voitava selata tapahtumatyypeittäin siten, että tietojärjestelmä näyttää vain hakuperusteena ollutta tapahtumatyyppiä vastaavat tapahtumat.
- Järjestelmän pitää osata laskea varastoon otetun polttoaineen kokonaismäärää ja kulutukseen luovutetun polttoaineen kokonaismäärää käyttäjän valitsemilta aikaväleiltä.

Varastojen saldotietoihin pitää olla mahdollista tehdä korjauksia manuaalisesti. Korjauksilla tasataan muun muassa lämpötilavaihteluista aiheutuvia mittausvirheitä sovittujen menettelyiden mukaisesti. [8] Mittaamisen epävarmuustekijöitä ja seurantajärjestelmän tarkkuusvaatimuksia käsitellään tässä työssä pääluvussa 4. Lisäksi saldokorjauksilla voidaan korjata järjestelmän mahdollisen virheellisen toiminnan aiheuttamaa vääristymää. Saldokorjauksien on tapahduttava seuraavasti:

- Korjaus tehdään suoraan varaston saldolukemaa muokkaamalla.
- Korjaus tehdään muokkaamalla virheellisesti tallentunutta varastotäydennystä tai kulutukseen luovutusta.
- Korjaus tehdään lisäämällä jälkeensä uusi varastotäydennys tai kulutukseen luovutus.
- Järjestelmään on jäätävä näkyviin merkinnät korjauksen ajankohdasta ja suorittajasta.
- Järjestelmän on pyydettävä suorittajalta perustelukommentti saldokorjaukselle.

3.4.1.2 Jakeluseurannan tietojen käsittely

Jakeluseurannan tapahtumatietoja on voitava tarkastella joukko-osastokohtaisesti eli selaamalla tietyn joukko-osaston tukikohtien tapahtumia halutuilla hakuperusteilla. Tapahtumatiedoista on nähtävä kaikki jakeluseurannan tapahtumamäärittelyssä osassa 3.3 kyseiselle tapahtumalle luetellut tiedot. Jakelutapahtumien tietoja on voitava selata aikajärjestyksessä seuraavilla hakuperusteilla:

- ilma-alusyksilöittäin
- tankkauslaiteyksilöittäin
- tapahtuman vastuuhenkilöittäin
- tapahtumatyypeittäin
- edellä mainittuja rajaamalla historiatiedot halutulle aikavälille
- ilma-alusyksilöön tankattu polttoainemäärä halutulla aikavälillä
- tankkauslaiteyksilöllä tankattu polttoainemäärä halutulla aikavälillä

Myös jakeluseurannan tapahtumatietoja on voitava muokata tietojärjestelmässä manuaalisesti. Tietojen muokkaukselle voi ilmetä tarvetta, mikäli järjestelmässä on esiintynyt toimintakatkos tai se on toiminut virheellisesti. Tietojen muokkaaminen on oltava mahdollista seuraavasti:

- Järjestelmään tallentuneet tapahtumat ovat muokattavissa jälkeensä.
- Uusia tapahtumia voi lisätä kirjaamalla tapahtumatiedot tietojärjestelmään.
- Muokkaus- ja lisäystoimenpiteistä on jäätävä järjestelmään näkyviin ajankohta ja suorittaja.
- Järjestelmän on pyydettävä muokkaukselle ja lisäykselle perustelukommentti toimenpiteen suorittajalta.

3.4.2 Tukikohdan paikallinen tilannekuva

Jos seurantajärjestelmä päätetään hankkia sellaisilla ominaisuuksilla varustettuna, että tukikohdan paikallinen reaaliaikainen tilannekuva voidaan tuottaa, asettaa tämä tiettyjä lisävaatimuksia myös keskitetylle tietojärjestelmälle. Ainoastaan kirjallisten tapahtumatietojen tarkastelu ei palvele tilannekuvan tarpeita. Tehokkaaseen tilannekuvan hahmotamiseen tarvitaan myös graafista esitystapaa. Esimerkiksi tankkausajoneuvojen sijaintitietoja on voitava tarkastella karttapohjalla. Karttapohjalta esimerkiksi tietyn painetankkausajoneuvon kuvaketta klikkaamalla on saatava näkyviin kyseisen ajoneuvon sen hetkinen polttoainemäärä ja viimeaikaiset jakelutapahtumat. Lisäksi näkyviin on tultava tähän autoon mahdollisesti kytketyn säiliöperävaunun tiedot. Järjestelmään tulee voida syöttää karttapohjiksi erilaisia tukikohtien karttoja sekä valtakunnallisia tiekarttoja.

3.4.3 Oikeuksien hallinta

3.4.3.1 Tietojärjestelmän käyttöoikeudet

Tietojärjestelmän käyttöoikeudet tulee olla tarpeen mukaan rajoitettavissa eri käyttäjäryhmittäin. Käyttäjäryhmille on voitava antaa määriteltyjen tapahtumatietojen tarkastelu- ja muokkausoikeuksia tai vain tarkasteluoikeuksia. Näitä oikeuksia tulee voida rajata erikseen varasto- ja jakeluseurannan tapahtumien osalta. Tietyn käyttäjäryhmän on voitava esimerkiksi muokata varastosaldoja, kun taas tietylle ryhmälle riittää vain saldojen tarkasteluoikeus. Lisäksi oikeuksia on voitava rajata joukko-osastojen perusteella siten, että tietyt käyttäjät voivat muokata tai tarkastella vain oman joukko-osastonsa sisäisiä jakelutapahtumia. Henkilöstölle on voitava antaa eritasoisia käyttäjärooleja esimerkiksi seuraavan jaottelun mukaisesti:

- tietojärjestelmän pääkäyttäjä
 - o kaikkein laajimmat luku- ja muokkausoikeudet
- valtakunnallinen tarkastelija
 - o kaikkien tapahtumien lukuoikeudet, ei muokkausoikeuksia
- joukko-osaston pääkäyttäjä
 - o joukko-osaston henkilöstön käyttöoikeuksien hallinta
- polttoainevarastonhoitaja
 - o joukko-osaston kaikkien varastojen lukuoikeudet, hoitamansa varaston muokkausoikeudet
- joukko-osaston jakelutapahtumien vastuuhenkilö
 - o joukko-osaston kulutukseen luovutetun polttoaineen kaikkien jakelutapahtumien luku- ja muokkausoikeudet
- joukko-osaston muu lentopolttoainehenkilöstö
 - o joukko-osaston kaikkien tapahtumien lukuoikeus, ei muokkausoikeuksia

Tietojärjestelmän käyttöoikeuksien lisäksi järjestelmällä on hallittava myös varastojen, laitteiden ja henkilöiden tapahtumaoikeuksia. Tietyillä henkilöillä on oltava valtuudet asettaa esimerkiksi jokin tankkauslaite tankkauskieltoon, jolloin järjestelmä ei anna tan-

kata siitä polttoainetta ilma-alukseen. Vastaavasti henkilöiden oikeuksiin on voitava määritellä, minkälaisia tapahtumia henkilö voi suorittaa jakeluketjussa. Myös polttoainetarasteille on voitava asettaa tapahtumarajoituksia siten, että esimerkiksi jostain varastosta ei voi ottaa polttoainetta. Nämä rajoitukset helpottavat toiminnan johtamista esimerkiksi polttoaineen laatuongelmia epäiltäessä. [8]

3.4.3.2 Tankkaus oikeudet

Ilma-aluksien tankkaustapahtumia kuvaavissa kappaleissa mainittiin, että järjestelmän on tarkastettava tiettyjä tankkaus oikeuksia ennen kuin se sallii tapahtuman suorittamisen. Näitä ovat ilma-aluksen, tankkauslaitteiden ja vastuuhenkilöiden tankkaus oikeudet. Tankkaus oikeuksien hallintaa varten kaikkien seurantajärjestelmän piirissä käytettävien ilma-alusten, tankkauslaitteiden ja tankkaavien henkilöiden tunnistetiedot on oltava tallennettuina tietojärjestelmään. Tietojärjestelmässä on voitava tarvittaessa poistaa tankkaus oikeus miltä tahansa ilma-alus-, laite- tai henkilöyksiltä. Tankkaus oikeuden edellytykset ovat seuraavat:

- tapahtumassa osallisena olevan ilma-aluksen, tankkauslaitteen ja vastuuhenkilön tunnistetiedot on tallennettu tietojärjestelmään
- tapahtumassa osallisena olevien yksilöiden tankkaus oikeutta ei ole poistettu tietojärjestelmässä
- tankkauslaitteen vesikoe on suoritettu määräaikaana

Mikäli jokin edellä mainituista edellytyksistä ei toteudu, ei järjestelmä saa sallia polttoaineen virtausta ilma-alukseen.

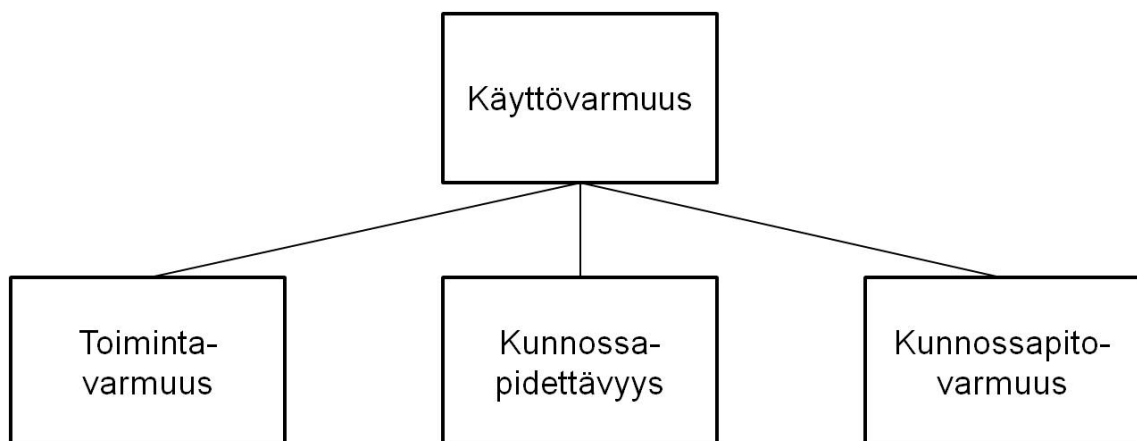
Kuten aiemmin mainittiin, järjestelmän on kerättävä tankkaustapahtumien tunnistetiedot tankkauslaitteen käyttöliittymällä. Jotta järjestelmä voi tarkastaa käyttöliittymällä kerättyihin tietoihin liittyvät oikeudet, on sen verrattava kerättyjä tietoja vastaaviin tietojärjestelmään tallennettuihin yksilötietoihin. Tietojärjestelmään tallennetut tiedot on siis oltava tankkauslaitteiden käyttöliittymien luettavissa tunnistautumisten yhteydessä.

3.4.4 Virtuaaliset varastot

Ilmavoimilla on varastokiintiöitä myös omien tukikohtiensa ulkopuolisissa varastoissa, kuten huoltovarmuuskeskuksen varastoilla tai öljy-yhtiön terminaaleissa. Varastoissa voi olla huomattava määrä ilmavoimien omistuksessa olevaa lentopolttoainetta, joten varastotilannekuvan kannalta myös näiden varastojen saldotiedot ovat kiinnostavia. Näihin varastoihin ei kuitenkaan ole mahdollista asentaa ilmavoimien omia mittauslaitteita, koska varastojen hoitovastuu ei ole ilmavoimilla. Seurantajärjestelmän keskitettyyn tietojärjestelmään on voitava tallentaa virtuaaliset varastopaikat näitä ulkopuolisia varastoja varten. Virtuaalisten varastojen saldotietoa on hallittava manuaalisilla kirjauksilla sitä mukaa, kun saldoissa tapahtuu muutoksia. [13]

3.5 Vaatimukset käyttövarmuudelle

Automaattisen seurantajärjestelmän tarkoitus on parantaa polttoaineseurannan toimintamenettelyjä ja vähentää osaltaan henkilöstön työmäärää. Usein vikaantuva järjestelmä sitä vastoin aiheuttaa toiminnalle päinvastaisia seurauksia. Jotta järjestelmä ei missään olosuhteissa aiheuta häiriötä lentopolttoaineen jakeluketjun toiminnalle, on järjestelmän oltava riittävän käyttövarma. Käyttövarmuus on yleinen kunnossapidon tarkastelussa käytetty termi ja käsitteenä laajempi kuin pelkkä toimintavarmuus. Toimintavarmuuden lisäksi järjestelmän käyttövarmuuteen vaikuttavat kunnossapidettävyyden ja kunnossapitovarmuus, kuten on kuvassa 3.4 havainnollistettu.



Kuva 3.4. Järjestelmän käyttövarmuuteen vaikuttavat osa-alueet.

Toimintavarmuudella tarkoitetaan järjestelmän teknistä luotettavuutta eli kykyä toimia vikaantumatta. Kunnossapidettävyyden kuvaava sitä, kuinka hyvin järjestelmän suunnittelussa on huomioitu sen huollettavuus ja mahdollisuus korjata vikoja. Kunnossapitovarmuus tarkoittaa kykyä suorittaa huolto- ja korjaustoimet eli että käytettävissä on riittävät henkilöstöresurssit, osaaminen ja tarvikkeet. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi eräitä käyttövarmuuden kannalta huomioon otettavia tekijöitä, joita seurantajärjestelmän toimintaympäristöstä voidaan tunnistaa. Lisäksi pohditaan keinoja, joilla näitä häiriötekijöitä vastaan on mahdollista varautua. [14]

3.5.1 Sääolosuhteiden sietokyky

Lentotukikohdan polttoaineenjaketuketjun useassa kohdassa tapahtuu polttoaineen siirtoa paikasta toiseen tai laadunvarmistustoimenpiteitä siten, että henkilöstö ja kalusto toimivat ulkotiloissa. Näin ollen myös osa seurantajärjestelmän komponenteista altistuu väistämättä vaihteleville sääolosuhteille. Esimerkiksi pumppukärryt seisovat tavallisesti aamusta iltapäivään ulkona lentokoneiden seisontapaikoilla kaikkina vuodenaikoina. Yön ajaksi ne saatetaan viedä sadesuojattuun tilaan. Pumppukärryissä ei ole valmiiksi olemassa sellaista säältä suojattua tilaa, johon seurantajärjestelmän tiedonkeruulaitteet voisi sijoittaa. Tämä tulee huomioida suunniteltaessa laitteiden sääsuojauksia. Painetankkausautoihin laitteet saadaan paremmin säältä suojaan, koska ne voidaan sijoittaa tank-

kauslaitteiston kanssa samaan luukulla suojattuun laitetilaan. Tankkauksia ja muita toimenpiteitä suoritettaessa luukku on kuitenkin auki, jolloin sääolosuhteet voivat päästä vaikuttamaan laitteisiin. Ainakin lämpötilavaihtelut on painetankkausautonkin kohdalla otettava huomioon. Lisäksi esimerkiksi lentopolttoainevarastojen täyttöpaikoille asennettavat seurantajärjestelmän käyttöliittymät on suojattava sääolosuhteita vastaan. Sääolosuhteilta suojautuminen vaikuttaa toimintavarmuuteen ja näin ollen siis myös järjestelmän käyttövarmuuteen.

3.5.2 Sähkökatkoksiin varautuminen

Tukikohtien polttoaineenjakojärjestelmissä kiinteiden polttoainevarastojen ja putkistojen sähköisille toimilaitteille otetaan normaalisti sähköä valtakunnan sähköverkosta. Sähkökatkosten varalle tukikohdissa on varateholähteitä, joilla voidaan syöttää sähköä tietyille tukikohdan alueille valtakunnan verkossa esiintyvien sähkökatkosten aikana. Lentopolttoainejärjestelmien yksittäisille sähkölaitteille kuten sähkömoottorikäyttöisille pumpuille ja sähkötoimisille venttiileille tarkoitettuja omia erillisiä varateholähteitä ei ole käytössä, vaan niidenkin toiminta riippuu tukikohdan alueellisista varateholähteistä. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän toiminta on järjestettävä siten, polttoainekirjanpito ei pääse vääristymään sähkökatkosten aikaan. Tämä varmistetaan kytkemällä seurantajärjestelmän laitteet samaan sähköverkkoon muun polttoainejärjestelmän kanssa. Näin polttoaineen jakelulaitteita syöttävä varateholähde syöttää myös seurantajärjestelmän laitteita, eikä pääse syntymään tilannetta, jossa polttoaineenjakoalaitteet toimisivat, mutta seurantajärjestelmä ei toimisi. Käytännössä seurantajärjestelmän laitteet sijoitetaan samoihin tiloihin olemassa olevien polttoainejärjestelmien yhteyteen, joten ne todennäköisesti tulee kytketyksi väistämättä myös samaan sähköverkkoon. Asiasta on kuitenkin syytä varmistua, jos on mahdollista, että tukikohdissa on lähemmäs sijaitsevia toisistaan erillisiä sähköverkkoja, jotka ovat eri varateholähteiden varassa, tai vain osa verkoista on varustettu varateholähteillä.

Liikkuvaan tankkauskalustoon sähkökatkot eivät vaikuta, koska kyseinen kalusto ei muutenkaan hyödynnä valtakunnan sähköverkkoa tankkaustoiminnassa. Tankkausautoissa ja pumppukärryissä tarvittava sähkö saadaan niiden omilta 24 VDC ja 6 VDC akuilta, joilta kalustoon asennettavien seurantajärjestelmän komponenttien sähkö voidaan ottaa. [8]

3.5.3 Tiedonsiirrolta vaadittavia ominaisuuksia

Lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä siirrettävä tieto on pääosin yksinkertaista yksilöiden tunnistamiseen, polttoainemääriin ja tapahtuma-ajankohtiin liittyvää lokitietoa. Tiedonsiirrolta vaadittavia ominaisuuksia ovat ennen kaikkea luotettavuus ja korkea tietoturvallisuus. Sen sijaan tiedonsiirtonopeus tai viivekriittisyys, jotka monissa sovelluksissa ovat tärkeitä tiedonsiirron laatutekijöitä, eivät ole tässä järjestelmässä kovinkaan olennaisia. Tiedon yksinkertaisen luonteen vuoksi sekä varsin vähäisen kerrallaan

siirrettävän tietomäärän vuoksi myöskään tiedonsiirtokapasiteettiin ei kohdistu suuria vaatimuksia. Tärkeintä on, että siirrettävä tieto säilyy virheettömänä ja tietoliikenneyhteys on aina tarvittaessa käytettävissä. Tietoturvallisuus on korostetusti huomioitava varsinkin siinä tapauksessa, että järjestelmässä käytetään langatonta tiedonsiirtoa. Jatkuva toimintavarmuus ja korkea tietoturvallisuus edellyttävät hyvää suojausta häiriöitä ja häirintää vastaan sekä tietoliikenteen salausta.

3.5.4 Häiriötekijöiltä suojauminen

Seurantajärjestelmien komponenttien ympäristöolosuhteilta suojaamisessa huomioitavaa on ainakin liialta, vierasesineiltä ja vedeltä suojauminen. Sähkölaitteiden osalta suojaukselle on olemassa IP-luokitukset, joka on määritelty standardissa EN 60529. IP-luokituksen merkintä koostuu kirjaimista IP ja niiden perässä olevasta kahdesta numerosta. Ensimmäinen numero kertoo laitteen suojaustason pölyä ja vierasesineitä vastaan, toinen numero vesisuojaustason. Vierasesinesuojaustasoja on 0-6 ja vesisuojaustasoja 0-8 siten, että mitä suurempi numero, niin sitä parempi suojaus on kyseessä. Lentopolttoainehuollon toimintaympäristössä ulkotilassa käytettäville laitteille sopiva vähimmäisuojaustaso voisi olla esimerkiksi IP 53, jossa numero 5 merkitsee pölysuojauksia ja 3 suojausta satavalta vedeltä. Tasoja 3 paremmat vesisuojaukset antavat suojausta myös eri tavoin roiskuvalla vedellä. Suojausta ei kannata olla ylittämättä, koska laite on sitä kestävämpi, mitä paremmin se on suojattu. [15]

IP-luokituksen ohella laitevalmistajat ilmoittavat laitteille yleensä myös käyttölämpötila-alueen. Jotta seurantajärjestelmän komponentit voivat toimia vaihtelevissa lämpötiloissa, tulee käyttölämpötila-alueen olla riittävän laaja. Suomen olosuhteissa vaadittuna käyttölämpötila-alueena voidaan pitää esimerkiksi -35 - +60 °C. Käytännössä alarajan määrittävät talven kireimmät pakkaset ja ylärajan taas auringon paisteen tai joissain tapauksissa myös ympäröivien laitteistojen lämmittävä vaikutus.

Sähköisten järjestelmien toimintaa saattavat häiritä myös sähkömagneettiset häiriöt. Koneiden ja laitteiden sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta, jolla tarkoitetaan paitsi laitteen sähkömagneettisten häiriöiden sietoisuutta myös riittävää kykyä olla itse aiheuttamatta näitä häiriötä ympäristöön, on säädetty EU-direktiivillä 2004/108/EY. Direktiivi tunnetaan EMC-direktiivinä ja siinä esitetään sähkömagneettisen yhteensopivuuden olennaiset vaatimukset. Osoituksena tämän ja muidenkin laitetta koskevien EU-direktiivien vaatimusten täyttymisestä on CE-merkintä. Sähkömagneettisen yhteensopivuuden varmistamiseksi tulee lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä käytettävien komponenttien olla CE-merkittyjä. CE-merkintää tosin voidaan yleisesti ottaen pitää itsestään selvänäkin vaatimuksena hankittaessa koneita ja laitteita puolustusvoimien käyttöön. Liialta, vedeltä ja sähkömagneettisilta häiriöiltä suojaamisella vaikutetaan järjestelmän käyttövarmuudessa toimintavarmuuden osa-alueeseen. [16]

Lentopolttoainehuollon toimintaympäristössä on tärkeää huomioida lentopolttoaineen vaaralliset ominaisuudet. Seurantajärjestelmän komponenttien tulee olla sellaisia, joita on turvallista käyttää räjähdysvaarallisessa ympäristössä. Räjähdysvaarallisten tilojen laitteista on säädetty ATEX-laitedirektiivillä 1994/9/EY. Laitedirektiivissä laitteet on jaoteltu kahteen ryhmään, joista ryhmään I kuuluvat laitteet on tarkoitettu käytettäväksi kaivoksissa kaivoskaasun tai -pölyn aiheuttaman räjähdysvaaran vallitessa. Ryhmän II laitteet on tarkoitettu käytettäväksi muissa räjähdysvaarallisissa tiloissa, joihin myös lentopolttoainehuollon tilat kuuluvat. Ilmavoimien lentopolttoainehuollon toimintaympäristössä räjähdysvaarallisia tiloja ovat muun muassa kaikki ne tilat, joissa käsitellään tai varastoidaan lentopolttoainetta tai joissa muuten on lentopolttoainejärjestelmien laitteistoja, ja joissa näin ollen voi muodostua räjähdysvaarallisia kaasuja. Räjähdysvaaralliseksi määriteltyä tilaa on myös kaikkien ulkotilassa sijaitsevien liikuteltavien tai kiinteiden lentopolttoainelaitteiden läheisyydessä. Ryhmän II laitteet on vielä luokiteltu kolmeen eri laiteluokkaan (1, 2 ja 3), jotka määrittävät vaaditun turvallisuustason. Luokka 1 edellyttää korkeinta turvallisuustasoa. Räjähdysvaarallisissa tiloissa käytettävät laitteet varustetaan Ex-merkinnällä sekä laiteryhmän ja -luokan tarkentavin numeroin. ATEX-olosuhdedirektiivi 1999/92/EY puolestaan määrittelee räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitukset. Tilat luokitellaan räjähdyskelpoisten ilmaseosten esiintymistiheyden ja keston perusteella. Mahdollisuuksien mukaan lentopolttoaineen seurantajärjestelmän komponenttien sijoittelussa on pyrittävä välttämään räjähdysvaarallisia tiloja, mutta selvää on, että kokonaan niitä ei ole mahdollista välttää. [17]

3.5.5 Automaattisen järjestelmän ohittaminen

Automaattinen seurantajärjestelmä ei saa vikaantumisen takia estää lentopolttoainejakelun toimenpiteiden suorittamista. Näin voisi käydä esimerkiksi, jos lentokoneen tankkausta yritettäessä järjestelmä jumiutuisi, eikä mahdollistaisi polttoaineen virtausta lentokoneeseen. Jotta lentokone tässäkin tilanteessa saadaan tankattua, on automaattinen järjestelmä voitava ohittaa vikatilanteessa. Ohitus on tehtävä niin yksinkertaiseksi, että ilma-aluksen tankkaaja voi tehdä sen tankkauslaitteen käyttöliittymän luona. Mikäli järjestelmä joudutaan ohittamaan, on ilman järjestelmän seuranta suorittettava jakelupahtuma dokumentoitava manuaalisesti. Tapahtuman tiedot syötetään tietojärjestelmään jälkeenpäin manuaalisen dokumentaation perusteella. Automaattinen järjestelmä on pystyttävä tarvittaessa ohittamaan siinäkin tapauksessa, että toiminnan eston syynä on jonkin vaaditun tankkausoikeyden puuttuminen, mutta vastuuhenkilöstö voi asiantuntijuudellaan varmuudella todeta tankkauksen olevan todellisuudessa sallittu. Tällöin toimintaa ei tarvitse keskeyttää oikeuksien selvittelyn ajaksi, vaan oikeudet voidaan selvittää todellisuutta vastaavaksi myöhemmin tietojärjestelmän käyttöliittymältä käsin. Järjestelmän ohittamisen toimintamenettelyt on syytä ohjeistaa joko valtakunnallisesti tai paikallisilla toimintaohjeilla joukko-osastoissa. Mahdollisuuden järjestelmän ohittamiseen voidaan tavallaan katsoa olevan osa järjestelmän kunnossapidettävyyttä. Vaikka ohitus ei tietenkään suoranaisesti korjaa järjestelmää, vähentää se vikaantumisen vaiku-

tuksia, kun polttoaineenjakea voidaan jatkaa tilapäismenettelyillä, kunnes vika saadaan korjattua. [9, 10, 11]

3.5.6 Järjestelmän ylläpito

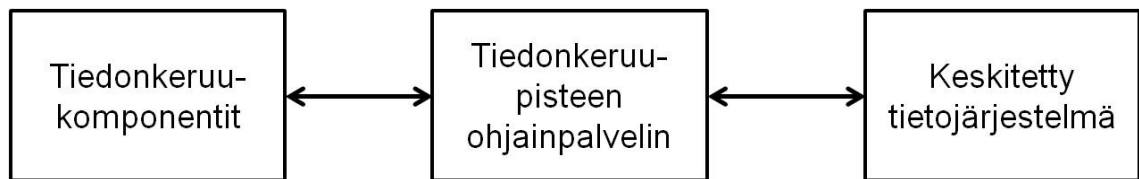
Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän käyttövarmuuteen voidaan vaikuttaa sillä, kuinka järjestelmän ylläpito hoidetaan. Toimintavarmuuteen vaikutetaan laatimalla järjestelmälle huoltosuunnitelma, jonka mukaan suoritetaan tarvittavat määräaikaishuollot ja komponenttien vaihdot. Lisäksi on varauduttava korjaamaan yllättäviä vikoja ja palauttamaan järjestelmä nopeasti käyttökuntoon. Jotta nämä asiat voivat onnistua, on huolehdittava kunnossapidettävyydestä ja kunnossapitovarmuudesta. Kunnossapidettävyys taataan suunnittelemalla järjestelmä sellaiseksi, että huoltotoimenpiteet voidaan suorittaa mahdollisimman kätevästi järjestelmän käyttösjainnissa ja tarvitsemalla purkaa järjestelmää mahdollisimman vähän. Lisäksi erilaisiin vikaantumismuotoihin tulee varautua suunnittelemalla niiden korjauskeinoja etukäteen.

Kunnossapitovarmuuden osalta on huomioitava, että tukikohtien lentopolttoainehenkilöstön resurssit järjestelmän huoltotehtäviin ovat rajalliset. Rajoittavina tekijöinä ovat sekä ajan että osaamisen puutteet. Lähtökohtaisesti järjestelmä ei saisi lisätä henkilöstön työkuormaa. Siihen nähden helpoin ratkaisu on tehdä järjestelmätoimittajan kanssa sopimus järjestelmän ylläpidosta. Näin varmistettaisiin riittävä asiantuntemus järjestelmän kunnossapidossa. Ylläpitosopimuksessa on huomioitava mahdollisuus teettää säännölliset huoltotoimenpiteet sellaisina ajankohtina, että järjestelmän käytettävyys kärsii mahdollisimman vähän. Yllättävissä vikatilanteissa korjaushenkilöstön tulisi olla käytettävissä nopeasti. Toki Ilmavoimien omaakin henkilöstöä kannattaa mahdollisuuksien mukaan perehdyttää yksinkertaisten kunnossapitotehtävien suorittamiseen, jotta ei välttämättä aina oltaisi riippuvaisia ulkopuolisen osaamisen saatavuudesta.

4 POLTTOAINESEURANNAN AUTOMATISOINTIIN SOVELTUVAA TEKNIKKAA

4.1 Tiedonkeruujärjestelmä

Tässä luvussa esitellään teknisiä mahdollisuuksia lentopolttoaineen automaattisen seurantajärjestelmän tarvitsemien toimintojen toteuttamiseksi. Luvussa 3 esitetyistä seurantajärjestelmän vaatimuksista voidaan todeta järjestelmän keräämän tiedon olevan pääasiassa polttoainemäärän mittaustietoa ja ilma-alusten, tankkauslaitteiden sekä henkilöstön tunnistetietoa. Näitä tietoja on siirrettävä tukikohtien tiedonkeruusijaintien ja keskitetyn tietojärjestelmän välillä. Kuvassa 4.1 on yksinkertainen lohkokkaavio lentopolttoaine seurannan edellyttämästä tiedonkeruujärjestelmästä.



Kuva 4.1. Tiedonkeruujärjestelmän lohkokkaavio.

Kaavion tiedonkeruukomponenteilla tarkoitetaan polttoainemäärien mittaukseen ja tunnistetietojen keräämiseen tarvittavia komponentteja. Keskimmäisen lohkon tiedonkeruupisteen ohjainpalvelin kuvaa yksittäisen tiedonkeruusijainnin ohjaintietokonetta, joka tulkitsee tiedonkeruukomponenttien keräämän datan ja on yhteydessä keskitetyn tietojärjestelmän palvelimeen. Tiedonkeruupisteen ohjaimet tarvitaan sekä tukikohdan kiinteän polttoainejärjestelmän tiedonkeruupaikoille että siirrettäviin tankkauslaitteisiin. Lisäksi kerättyä tietoa on siirrettävä kaavion nuolten mukaisesti tiedonkeruukomponenttien ja -ohjaimien sekä tiedonkeruupisteiden ohjaimien ja keskitetyn tietojärjestelmän välillä. Seuraavissa alaluvuissa tarkastellaan erilaisia teknologiavaihtoehtoja, jotka voivat soveltua lohkokkaavion laatikoiden ja nuolien tarkoituksiin. Tarkastelu rajataan tiedonkeruukomponentteihin ja tiedonsiirtoyhteyksiin, jotka kuuluvat tämän diplomityön tieteenalan piiriin. Sitä vastoin ohjainpalvelimien ja tietojärjestelmän ohjelmistoteknisten yksityiskohtien tarkasteluun ei tämän työn puitteissa ole riittävää asiantuntemusta. Näiltä osin tukeudutaan suoraan järjestelmätoimittajan asiantuntemukseen, ja tarvittavat palvelimet hankitaan määriteltujen toimintovaatimusten mukaisina valmiina tuotteina.

Seuraavaksi aloitetaan tarkastelu käymällä läpi lentopolttoaineen määramittaukseen käyttökelpoisia mittalaitteita. Polttoainesäiliössä olevan polttoaineen määrää voidaan

mitata kohdistamalla mittaus suoraan säiliössä olevaan polttoaineeseen tai mittaamalla säiliöön tulevia ja sieltä lähteviä virtoja. Suurin osa tarvittavista mittauksista on kuitenkin eri tapahtumissa paikasta toiseen siirtyvien polttoainemäärien mittausta, jota tarvitaan sekä varastotapahtumien että ilma-alustankkausten seurannassa. Mittaustiedon välittäminen ohjainpalvelimelle edellyttää sopivia mittausviestin siirron ja käsittelyn ratkaisuja. Lisäksi ajoneuvojen ja henkilöiden tunnistamiseen tarvitaan automaattista tunnistustekniikkaa, jotta polttoaineen jakelutapahtumien tarvittavat jäljitettävyyssiedot saadaan kerättyä. Tiedonkeruupisteiden kokoamien tietojen siirto keskitettyyn tietojärjestelmään edellyttää vielä sopivien tietoliikennetekniikoiden valintaa.

Seurantajärjestelmän tarpeisiin soveltuvien menetelmien tarkastelussa pyritään löytämään ensisijaisesti tekniikoita, jotka ovat jo yleistyneet vastaavanlaisessa käytössä. Yleistymisen myötä tekniikoiden toimintavarmuudesta on saatu runsaasti kokemuksia ja esiintyneitä ongelmia on ehditty korjata. Tällaisten koeteltujen menetelmien käyttö parantaa järjestelmän luotettavuutta verrattuna vasta kehitettyihin ja enemmän tai vähemmän kokeiluasteella oleviin menetelmiin. Lisäksi laajasti käytettyjen tekniikoiden hankintahinta on yleensä alhaisempi johtuen useiden valmistajien keskinäisestä kilpailusta ja suuresta toimitusvolyymista verrattuna vähemmän käytettyihin tekniikoihin harvalukuisine valmistajineen ja pienine valmistuserineen.

4.2 Nesteen pinnankorkeuden mittaus säiliössä

Polttoainesäiliössä olevan polttoaineen määrää voidaan tarkkailla erilaisilla pinnankorkeuden mittaustekniikoilla. Nesteen pinnankorkeudesta ollaan usein enemmän kiinnostuneita säiliön vuotovalvonnan kannalta kuin tarkan polttoainemäärän mittaamiseksi. Jotta pinnankorkeustiedosta voidaan laskea säiliössä oleva polttoainemäärä, on mittalaitteet kalibroitava huomioimaan säiliön muoto. Mittaustekniikan valinnassa on huomioitava, tarvitseeko polttoainemäärää mitata jatkuvasti vai aika ajoin. Joskus ollaan kiinnostuneita vain siitä, kun nesteen pinta saavuttaa tai alittaa tietyn korkeuden. Tällöin voidaan käyttää halutulle korkeudelle asennettavia pintakytkimiä. Niillä voidaan tarkkailla, onko säiliö esimerkiksi kokonaan täysi tai tyhjä. Tällaista mittausta voidaan soveltaa muun muassa säiliön ylitäytön estämiseen ja säiliön tyhjenemisen ilmaisemiseen nesteen lisäämisen ajoittamiseksi. Automaattisessa seurantajärjestelmässä tarvitaan kuitenkin jatkuvaa polttoainemäärän mittausta polttoainevarastojen reaaliaikaisen tilannekuvan saavuttamiseksi. [15]

Yksinkertaisimpia pinnankorkeuden mittausmenetelmiä ovat mekaaniset menetelmät, kuten mittatikulla mittaaminen tai visuaalinen määrittäminen esimerkiksi näkölasin kautta. Nämä eivät kuitenkaan palvele joustavasti tarpeita muuttava mittaustieto sähköiseen muotoon. Seuraavissa kappaleissa esitellään sellaisia mittausmenetelmiä, jotka voivat olla käyttökelpoisia lentopolttoaineen määrämittauksessa sähköinen tiedonkeruu huomioiden. [15]

4.2.1 Kapasitiivinen pinnankorkeuden mittaus

Kapasitiivisista pinnanmittausmenetelmistä löytyy sovelluksia sekä sähköä johtaville että johtamattomille nesteille. Näin ollen kapasitiivinen pinnanmittaus on yleinen menetelmä huonosti sähköä johtavan lentopolttoaineen säiliöissä. Kapasitiivinen mittausanturi muodostuu kahdesta yhden suuntaisesta kondensaattorilevystä. Kondensaattorin kapasitanssi riippuu levyjen väliaineen permittiivisyydestä. Mitattaessa säiliön pinnankorkeutta, kondensaattorin levyt ulottuvat koko kiinnostavan mittausalueen korkeudelle. Permittiivisyydeltään ilmasta poikkeavan nesteen pinnankorkeuden vaihdellessa levyjen välissä, vaihtelee siis myös kondensaattorin kapasitanssi. Usein toisena kondensaattorin levynä eli elektrodina voidaan hyödyntää säiliön sähköä johtavaa seinää ja toisena erillistä sauvaa. Kapasitiivinen pinnanmittaus on yleinen tällä hetkellä käytössä oleva menetelmä ilmavoimien lentopolttoainesäiliöiden pinnankorkeuden valvonnassa. [15]

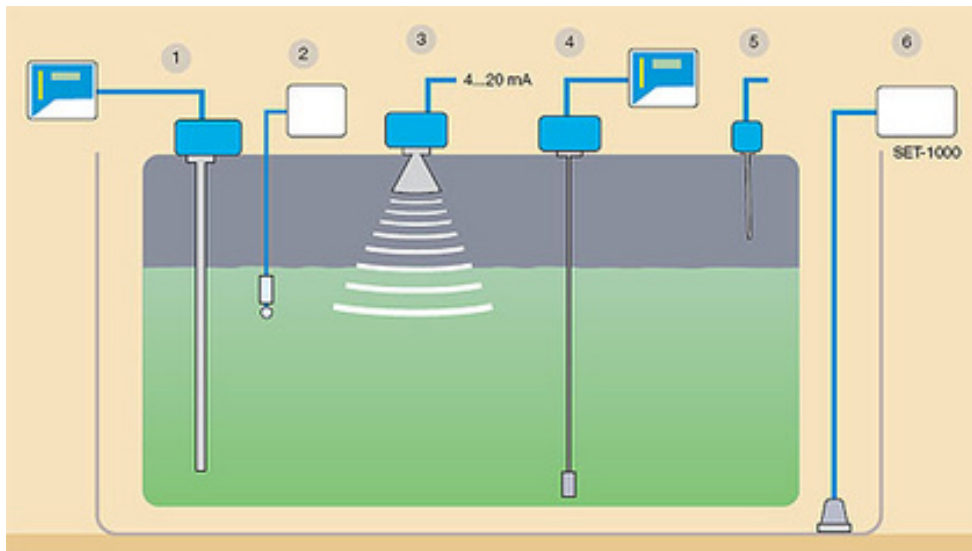
4.2.2 Kaikuluotaus

Säiliössä olevan nesteen pinnankorkeutta voidaan mitata myös kaikuluotauksella. Siinä säiliön yläosaan sijoitetun anturin lähetin lähettää alaspäin ultraäänipulsseja, jotka heijastuvat takaisin ilman ja nesteen rajapinnasta. Anturi vastaanottaa heijastuneet pulssit ja mittaa pulssien edestakaiseen kulkuun kuluvaan aikaan. Tämä aika riippuu siitä, kuinka kaukana nesteen pinta on anturista, joten ajasta saadaan muodostettua tieto nesteen pinnankorkeudesta. Kaikuluotaus soveltuu hyvin myös suuriin säiliöihin, joissa mittaaminen on haastavaa järjestää koko mittausalueelle fyysisesti asennettavilla antureilla. [15]

4.2.3 Hydrostaattiseen paineeseen perustuva mittaus

Nestekerroksen massasta aiheutuva hydrostaattinen paine riippuu nesteen tiheydestä ja nestekerroksen korkeudesta. Kun tiheys tiedetään ja painetta mitataan tietyltä korkeudelta esimerkiksi säiliön alaosasta, voidaan paineen suuruudesta laskea, millä korkeudella nesteen pinta on. Hydrostaattisen paineen mittaamiseen on saatavilla erilaisia painantureita. [15]

Kuva 4.2 esittää Labkotec Oy:n tarjoamia öljysäiliön pinnankorkeuden mittausmenetelmiä. Numerolla 1 merkitty menetelmä kuvaa jatkuvaa kapasitiivista pinnanmittausta. Numerolla 3 on puolestaan merkitty ultraäänimittaussuunnitelma säiliön katosta käsin. Numerolla 4 merkityllä laitteistolla mitataan hydrostaattista painetta lähelle pohjaa sijoitettulla paineanturilla. Numeroilla 2 ja 5 merkityt laitteet kuvaavat erilaisia pintakytkimiä, joilla pinnankorkeuden arvoa ei voida mitata jatkuvasti, ja numerolla 6 on merkitty säiliön vuotohälytintä.



Kuva 4.2. Labkotec Oy:n pinnanmittausmenetelmiä öljysäiliöön. [18]

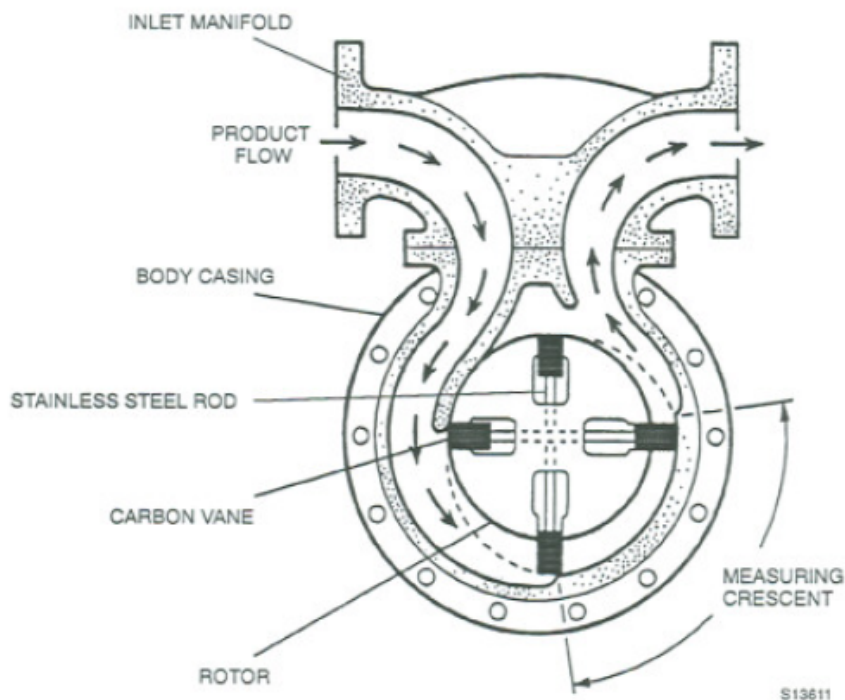
4.3 Nesteen virtauksen mittaus

Virtaavasta nesteestä voidaan erilaisilla mittareilla ja antureilla mitata tiettyjä kiinnostavia asioita. Sellaisia voivat olla esimerkiksi virtausnopeus, tilavuusvirta ja virtausprofiili. Tässä työssä ollaan kiinnostuneita lähinnä mittauksesta, jossa mitataan ohii virtaavan nesteen kokonaismäärää. Tällaisia mittareita käytetään muun muassa polttoaineen jakeluasemilla mittaamaan tankattavaan kohteeseen siirtyvää polttoainemäärää. Yleensä puhutaan virtausmittareista, vaikka tätä termiä käytettäessä onkin mahdollista sekoittaa keskenään virtausnopeutta tai tilavuusvirtaa mittaavat mittarit ja kokonaismäärää summaavat mittarit. Mittauspisteen ohii virranneen nesteen kokonaismäärää mittaavista mittalaitteista käytetään myös termiä tilavuuslaskija. [15]

4.3.1 Tilavuuslaskija

Tilavuuslaskijat ovat yleensä mekaanisia mittalaitteita, jotka summaavat läpivirtaavan kokonaismäärän. Mittarin mekanismina voi olla hammasratas-, mäntä- tai ruuvimallinen roottori, jota läpivirtaava neste pyörittää. Roottorin kierrostilavuus on tunnettu eli tiedetään, paljonko mittarin läpi virtaa nestettä yhden kierroksen aikana. Roottori voi pyörittää mekaanista numerolaskijaa, jonka näytöltä virrannut kokonaismäärä voidaan lukea. Ilmavoimien käytössä polttoainevarastoilla, painetankkausautoissa ja pumppukärryissä

olevat virtausmittarit toimivat tällaisella mekaanisen tilavuuslaskijan periaatteella. Tilavuuslaskijalta voidaan saada tieto virtausmäärästä myös digitaalisessa sähköisessä muodossa yhdistämällä laskijan mekanismiin esimerkiksi pulssianturi. Kuvassa 4.3 on esitetty siipimäntätyyppinen Avery Hardoll -tilavuuslaskija, jollaisia on käytössä muun muassa ilmavoimien painetankkausautojen tuotemittareissa. Läpivirtaava neste työntää siipimäntiä ja saa roottorin pyörimään. Mittaussektorilla (*measuring crescent*) nestemäärä on sama aina siinä vaiheessa, kun kaksi mäntää tiivistää sektorin, joten roottorin pyörimisnopeus on suoraan verrannollinen läpivirtaavaan tilavuuteen. Roottorin akseli kytketään mittarin laskijamekanismiin, jossa roottorin pyöriminen välitetään numero-laskijan näyttämäksi joko mekaanisesti tai sähköisesti. [15]

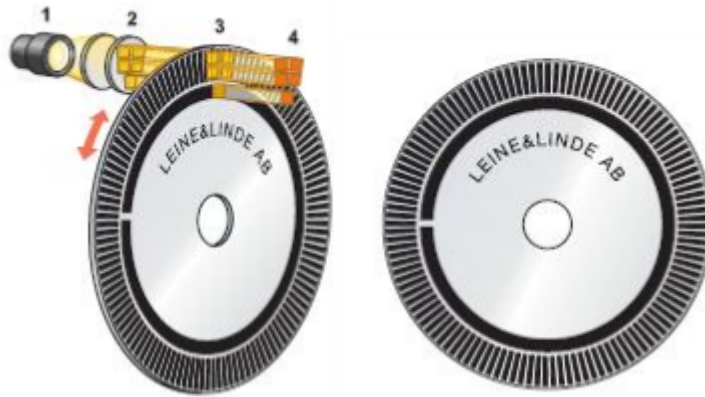


Kuva 4.3. Siipimäntätyyppinen tilavuuslaskija. [19]

4.3.2 Pulssianturi

Tilavuuslaskijan ulostulon muuttamiseen digitaaliseen muotoon on saatavilla erityyppisiä pulssiantureita. Eräs niistä on valosähköistä ilmiötä hyödyntävä digitaalianhuri (kuva 4.4). Tavanomainen rakenne koostuu pyörivästä pulssiekokosta (3) ja kiinteästä lukulevystä (2), jotka ovat lähellä toisiaan. Pulssiekokossa on vierekkäin vuoron perään sijoitettuja läpinäkyviä ja läpinäkymättömiä vyöhykkeitä. Kiinteässä lukulevyssä on kaksi vastaavanlaista vyöhykejaksoa, joista pulssiekikko koostuu. Lukulevyn eteen on sijoitettu valolähde (1), esimerkiksi valodiodi sekä linssi, jolla valonsäteet yhdensuuntaistetaan kohti pulssiekikkoa. Pulssiekikon taakse on sijoitettu valoantureita (4). Kun pyörivän kiekon ja lukulevyn läpinäkyvät vyöhykkeet ovat kohdakkain, pääsee valo lediltä valoantureille, jotka lähettävät pulssin omalla lähetyskanavallaan. Pulssitaajuus on verrannollinen kiekon pyörimisnopeuteen. Jos valoantureita on useampi kuin yksi, voidaan

pulssijärjestyksestä päätellä kiekon pyörimissuunta. Pyörimisnopeuden lisäksi pulssien lukumäärästä voidaan laskea myös kulloinkin kiertymä yhden kierroksen sisällä, mitä voidaan käyttää kiertoliikkeen aseman mittausta tarvitsevilla sovelluksilla. Valosähköisen periaatteen lisäksi pulssianturi voi toimia myös sähköisesti tai magneettisesti, jolloin kiekkojen vyöhykkeet ovat ensin mainitussa sähköä johtavia ja johtamattomia ja jälkimmäisessä magneettisia ja ei-magneettisia. [15]



Kuva 4.4. Valosähköinen pulssianturi. [20]

Pulssianturilla voidaan digitalisoida virtausmittarin ulostulo. Anturin pulss kiekko kytetään virtausmittarin tilavuuslaskijamoottorin akselille ja yhdistelmä kalibroidaan siten, että tiedetään kuinka suurta läpivirranutta tilavuutta tietty pulssimäärä vastaa. Tällä tavalla virtausmittarilta saadaan sähköinen ja digitaalinen tieto esimerkiksi tankkauksessa mittarin läpi virranneen polttoaineen kokonaismäärästä. Lentopolttoaineen automaattisessa seurantajärjestelmässä virtausmittareilta tarvitaan sähköinen ulostulo tiedonkeruupisteiden ohjainpalvelimia varten, ja siihen pulssianturi on käyttökelpoinen ratkaisu.

4.3.3 Pulssianturin mittausviestin siirto

Virtausmittariin kytkettävän pulssianturin ulostulo on jännitepulssijonoa, jossa tietty pulssimäärä vastaa tietyä mittarin läpi virranutta nestemäärää. Tällainen pulssijono on jo valmiiksi diskreettiä digitaalista signaalia, joka voidaan sellaisenaan viedä tiedonkeruupalvelimen laskurikortille. Laskurikortti voi tunnistaa pulssit niiden nousevien ja laskevien reunojen perusteella. Tällöin pulssin nouseva reuna tunnistetaan tietyn jännitetason ylittymisestä ja laskeva reuna alittumisesta. Mittarin läpi virranutta kokonaismäärää mitattaessa kyse on vain esiintyneiden pulssien kokonaismäärän laskemisesta mittauksen aikana, eivätkä pulssien korkeus tai taajuus välitä kiinnostavaa tietoa. Näin yksinkertaisen tiedon siirto ei ole kovin häiriöherkkää. Myöskään siirtoetäisyydet eivät ole pitkiä, koska tiedonkeruuyksikkö on yleensä sijoitettavissa hyvin lähelle virtausmittaria. Siirtomediaan tämäntyyppisissä sovelluksissa käytetään usein kierrettyä parikaapelia. [15]

4.4 Automaattinen tunnistus

Lentotukikohdan polttoaineseuranta kuvaavassa luvussa 3 listattiin tapahtumatietoja, joita seurantajärjestelmän on erilaisista polttoainejakelun tapahtumista voitava kerätä. Järjestelmän on voitava tunnistaa tapahtumissa osallisena olevat ilma-alus- ja tankkauslaitteyksilöt sekä tapahtumien vastuuhenkilöt. Näiden tietojen automaattiseen sähköiseen keräämiseen tarvitaan sopivia tunnistustekniikoita. Automaattisten tunnistetekniikoiden käyttö on yleistynyt muun muassa erilaisten logististen jakeluketjujen seurannassa. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän toteuttamisessa käyttökelpoisia tunnistustekniikoita voivat olla ainakin RFID-tekniikat, joita seuraavaksi esitellään tarkemmin.

4.4.1 Yleistä RFID-tekniikasta

RFID on lyhenne sanoista *Radio Frequency Identification*. Sillä käsitetään yleensä radioaaltoja hyödyntäviä tekniikoita, joita käytetään kohteiden tunnistamiseen ja havainnointiin. Yleisperiaatteena on tunnistettavaan kohteeseen liittyvän tiedon tallentaminen kohteeseen kiinnitettävään RFID-tunnisteeseen eli tagiin, josta tieto luetaan RFID-lukijalla. RFID-tekniikoiden esikuvana voidaan pitää viivakoodin lukutekniikoita. Vertaattaessa RFID-tekniikkaa viivakoodiin RFID:n etuna on, että siinä ei tarvita suoraa näköyhteyttä lukijan ja tunnisteen välillä. Näin ollen RFID-tunniste on mahdollista suojata viivakoodia paremmin esimerkiksi lialle tai haastaville ympäristöolosuhteille altistuvissa sovelluksissa. Lisäksi RFID-tunnisteen sisältämä tieto on suoraan muokattavissa, kun taas viivakoodi joudutaan muuttaessa tulostamaan uudelleen. RFID-tekniikalla on joitakin kilpailevia tekniikoita, joista mainittakoon älykkäämpiä tietoliikenneominaisuuksia tarjoava ZigBee ja kehitteillä oleva nopeamman tiedonsiirron mahdollistava HP Memory Spot. Yksinkertaisissa automaattisen tunnistuksen sovelluksissa RFID on tois- taiseksi kuitenkin johtava tekniikka. Yleisiä RFID-tekniikoiden käyttökohteita ovat muun muassa joukkoliikenteen matkakortit, yritysten kulkukortit ja kappaletavaravirtojen seuranta. [21, 22]

4.4.2 Erilaiset RFID-tekniikat

Käyttökohteesta riippuen on valittavissa erilaisia RFID-tekniikoita. Edullisimmissa tekniikoissa käytetään passiivisia tunnisteita, mikä tarkoittaa, ettei tunniste tarvitse omaa virtalähdettä. Eräs tapa on siirtää tietoa lukijan ja tunnisteen välillä induktioon perustuen, jolloin lukija kehittää antennisilmukkansa avulla oskilloivan magneettikentän. Magneettikenttä indusoi vaihtovirran tunnisteen käämeihin, jotka ovat käytännössä kuparisia silmukoita. Tässä menetelmässä tiedonsiirto ei siis itse asiassa perustu radioaaltojen vaan magneettikentän modulointiin, vaikka tämänkin tekniikan katsotaan kuuluvan RFID-tekniikoihin. Passiivisia tunnisteita voidaan lukea myös radioaaltoja käyttäen, jolloin yleensä käytetään mikroaalto- ja UHF-taajuusalueita. Tässä tapauksessa tunnistuksessa on antenni, joka vastaanottaa signaalin ja heijastaa sen takaisin. Tunnisteen takaisin heijastama signaali sisältää tunnisteen tiedot, mikä aikaansaadaan moduloimalla

paluusignaalia amplitudi-, taajuus- tai vaihemoduloinnilla. Tiedonsiirtoon tarvittavan energian passiivinen tunniste ottaa lukijalta tulevasta signaalista. Tietojen tallennusta varten tunnisteessa on pieni mikropiiri. Passiivisia tunnisteita käyttäen päästään jo yli 10 metrin lukuetaisyyskykyyn. Lukuetaisyyttä ja tiedonsiirtotehoa voidaan kasvattaa käyttämällä aktiivisia tunnisteita. Niillä on oma virtalähde, kuten pieni paristo. Tällöin lukijan ja tunnisteiden välinen tiedonsiirto on verrattavissa kahden radiolaitteen väliseen kommunikointiin. Aktiiviset tunnisteet ovat passiivisia tunnisteita kalliimpia ja lyhytikäisempiä, koska virtalähteen elinikä on rajallinen. Passiiviset tunnisteet taas toimivat niin kauan kuin ne vaan rakenteellisesti säilyvät ehjinä. [21]

4.4.3 RFID:n käyttö lentopolttoaineseurannassa

Lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä RFID-tekniikkaa voitaisiin esimerkiksi tankkaustapahtumassa käyttää ilma-aluksen ja henkilön tunnistamiseen. Käytännössä ilma-aluksella ja henkilöllä tulisi olla omat RFID-tunnisteet, jotka luettaisiin tankkauslaitteen RFID-lukijalla tunnistetietojen keräämiseksi. Vastaavasti RFID-tunnistamista olisi mahdollista hyödyntää tietojen keräämiseksi myös painetankkausauton täyttötapahtumasta. Tällöin RFID-lukija voisi sijaita tukikohdan täyttöpisteellä, ja sillä luettaisiin painetankkausauton ja vastuuhenkilön tunnisteet täytön yhteydessä. RFID-tekniikalla saavutettava lukuetaisyys mahdollistaisi auton tunnisteiden asentamisen kiinteästi autoon, joka täytön aikana sijaitsee korkeintaan muutaman metrin päässä täyttöpaikan laitteistosta ja RFID-lukijasta. Toinen vaihtoehto voisi olla ajoneuvon tunnistaminen irrallisella tunnisteella, jonka vastuuhenkilö esittäisi lukijalle samoin kuin oman henkilötunnisteensaakin. Tällöin lukuetaisyys voisi olla hyvinkin pieni, mikä vähentäisi ristiriitojen mahdollisuuksia tilanteissa, joissa lukijan lähetyvillä on yhtäaikaista useampi tankkauslaitte tai henkilö. Lukija tunnistaisi vain sen tunnisteiden, joka aivan sen lähelle erikseen tuodaan.

Ilma-aluksen, tankkausajoneuvon ja henkilön yksilöimiseen tarvittava tieto on tyypillistä RFID-tunnisteisiin tallennettavaa tietoa. Käytännössä yksilöiväksi tiedoksi riittää numerosarja tai kirjain-numeroyhdistelmä. Tunnisteiden ei tarvitse yksilötiedon lisäksi sisältää mitään muuta tietoa. Muu tarvittava yksilöihin liittyvä tieto hallitaan seurantajärjestelmän tietojärjestelmällä. Lentopolttoainehuollon seurattavat tapahtumat ovat sellaisia, joissa tunnistaminen on mahdollista käyttäen passiivisia tunnisteita. Vaadittavat lukuetaisyyskyvyt ovat kaikissa tapauksissa alle 10 metriä ja luettava tunnistetieto on yksinkertainen sekä lyhyt.

4.4.4 Lukijan ja tiedonkeruupalvelimen välinen tiedonsiirto

Tunnisteista luetun tiedon siirtämiseksi lukijalta tiedonkeruupisteen ohjainpalvelimelle tarvitaan digitaalisen tiedon siirtoon soveltuva siirtotie. Siirtoetaisyys on useissa tapauksissa varsin lyhyt, koska niin polttoainetarvikkeilla kuin tankkauslaitteissa RFID-lukija ja tiedonkeruupalvelin sijoitettaneen lähelle toisiaan. Todennäköisesti etäisyys on korkein-

taan muutaman metrin luokkaa. Yleinen kahden tietokonelaitteen väliseen tiedonsiirtoon käytetty tiedonsiirtomenetelmä on sarjaväylä, jonka käytetyin standardi on RS-232. Tässä väylässä tieto siirretään sarjamuotoisesti bitti kerrallaan. Tiedonsiirtoon on käytettävissä muitakin väylätekniikoita, joista on valittava yhteensopiva sen mukaan, millainen lukijatyypin seurantajärjestelmään lopulta tarkkaan ottaen valitaan. [23]

4.4.5 Tunnisteiden asentaminen ilma-aluksiin

Lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä tankattavien ilma-alusten etätunnistaminen olisi käyttökelpoinen ominaisuus. Tankattava ilma-alus sijaitsee yleensä muutaman metrin päässä tankkauslaitteesta, jonka tiedonkeruuyksikköön tankkaustapahtumatiedot on tallennettava. Jos ilma-alukseen olisi asennettu kiinteästi RFID-tagin, tankkauslaitteiston lukija voisi etätunnistaa tankattavan ilma-aluksen automaattisesti. Tarvittavien tunnistetagien asentaminen ilma-aluksiin ei kuitenkaan ole aivan yksinkertaista. Sotilasilmailumääräysten mukaan ilma-alukseen tehtävä muutos, kuten uuden osan asennus, edellyttää muutoksen ilma-aluksen tyyppihyväksyntään tai vähintään asennettavan osan tyyppitarkastuksen. Muutoksen suuruudesta riippuen tyyppihyväksynnän muutoksella tai tyyppitarkastuksella varmistetaan, että asennettava lisäosa ei vaikuta heikentävästi ilma-aluksen lentokelpoisuuteen. Sotilasilma-aluksen lentokelpoisuusvaatimuksista ja niiden ylläpidosta on säädetty sotilasilmailun viranomaisohjeessa SIO-Ma-Lt-005 [24]. Tyyppihyväksyntä- tai -tarkastusprosessi edellyttää muun muassa toiminnallisia kokeita sekä voi asettaa asennettavalle osalle tiettyjä laatuvaatimuksia. Vaatimukset aiheuttavat helposti lisäkustannuksia, ja kokonaisuutena hyväksyntäbyrokratia voi olla melko monimutkainen asennettavan osan tuomaan lisäarvoon suhteutettuna. Näiden seikkojen välttämiseksi yhtenä lähtökohdana seurantajärjestelmän määrittelyssä on, että järjestelmä ei edellytä uusien osien asentamista ilma-aluksiin. Ilma-alukset on tunnistettava muulla tavoin, esimerkiksi mukana kuljetettavan irrallisen tunnisteen avulla tai näppäilemällä tunnistenumero manuaalisesti. [8, 12]

4.5 Tietoliikennetekniikkaa

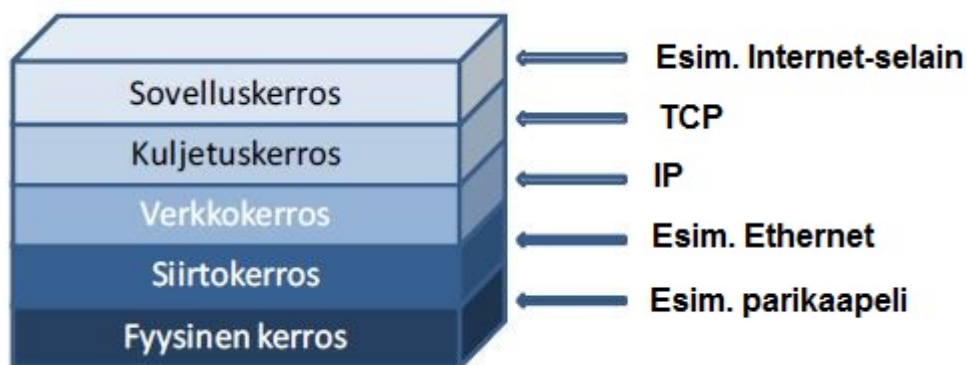
Lentopolttoainejakelun tapahtumakuvauksista luvussa 3 ja kuvan 4.1 lohkokaaaviosta on jo käynyt ilmi, että seurantajärjestelmässä on siirrettävä tietoa keskitetyn tietojärjestelmän ja tukikohdan polttoainevarastoille sekä tankkauslaitteistoihin sijoitettavien tiedonkeruuyksiköiden välillä. Tähän tarkoitukseen on valittava sopivat tietoliikennetekniikat. Tietoliikenneyhteydet on valittava siten, että ne ovat tarvittavilta osin yhteensopivia Puolustusvoimilla jo käytössä olevien tietoverkkojen kanssa. Tukikohdan kiinteän polttoainejärjestelmän tiedonkeruupisteille myös tietoliikenneyhteydet on mahdollista järjestää kiinteinä kaapeliyhteyksinä. Sen sijaan liikkuvien tankkauslaitteiden ja tietojärjestelmän välinen tiedonsiirto on tehtävä langattomasti tai sitten on käytettävä erillisiä väliaikaisia tallennusmedioita, joiden avulla siirto tehdään. Väliaikaisiksi tallennusmedioiksi soveltuvat esimerkiksi tavalliset USB-tikut tai ulkoiset kovalevyt, joita ei tässä tarkemmin esitellä. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi muutamia muita seurantajär-

jestelmässä mahdollisesti käyttökelpoisia tiedonsiirtomenetelmiä. Jotta eri tekniikoiden esittely olisi sujuvampaa, on ensin syytä selvittää hiukan tietoliikennetekniikan yleistä käsitteistöä.

4.5.1 Tietoliikenneverkkojen käsitteistöä

Seuraavissa kappaleissa esitetään tiedonsiirtomenetelmiä, jotka soveltuvat digitaalisen tiedon eli bittivirran siirtoon. Digitaalista tietoa siirretään nykyään pääosin pakettikytkentäisillä verkkotekniikoilla, joissa tieto tavallaan paketoidaan tietynlaisista bittijonoista muodostuviin rajallisen kokosiin paketteihin. Näitä paketteja sitten välitetään lähdelaitteesta kohdelaitteeseen siirtomediasta ja tarvittavista verkkolaitteista koostuvan verkon yli. Pakettikytkentäisissä verkoissa pakettien tarkan reitin ei tarvitse olla etukäteen määrätty, vaan älykkäät verkkolaitteet reitittävät paketteja parhaaksi katsomaansa reittiä perille. Pakettikytkentäiset tekniikat ovat syrjäyttäneet aiemmin suositut piirikytkentäiset verkot, joissa tiedonsiirron ajaksi avattiin jatkuva yhteys tietyille reiteille lähde- ja kohdelaitteiden välillä. Perinteinen lankapuhelinverkko on piirikytkentäinen, kun taas Internet ja kännykkäverkot perustuvat pakettikytkentäisyyteen. [25]

Tietoliikenneverkkojen toimintarakennetta voidaan havainnollistaa standardoidulla kerrosmallilla, joka koostuu päällekkäisistä eritasoisista protokollakerroksista. Yleensä mallissa on joko viisi tai seitsemän kerrosta. Seitseenkerroksinen malli tunnetaan ISO-standardoituna OSI-mallina. Kuvassa 4.5 on esitetty viisikerroksinen TCP/IP-kerrosmalli esimerkiksi tapauksessa, jossa kyseessä on tavanomainen PC:n ja selainpalvelimen välinen Internet-yhteys.



Kuva 4.5. Internet-yhteyden viisikerroksinen TCP/IP-kerrosmalli. [25]

Mallin alimmassa kerroksessa ovat fyysiset tiedonsiirtomediat, joita käytetään tietoliikenteen järjestämiseen yksittäisten fyysisten yhteysvälien yli. Esimerkkejä fyysisen kerroksen tekniikoista ovat muuten muassa parikaapeli, valokuitu tai radiolinkki. Toinen kerros eli siirtokerros on varattu niille protokollille eli sovituille menettelyille, joiden mukaan bittivirtaa tietyssä fyysisessä mediassa siirretään. Se voidaan tehdä esimerkiksi Ethernet-protokollan mukaisesti. Internet-yhteys kahden päätelaitteen välillä voi

kulkea yli useammankin keskenään erilaisen alueellisen verkon, jotka on rakennettu vaihtelevilla kahden alimman kerroksen tekniikoilla. [25]

Jotta erilaiset kahden alimman kerroksen tekniikat voidaan sovittaa yhteen maailmanlaajuiseksi Internet-verkoksi, tarvitaan verkkokerrosta. Internetissä tämän kerroksen protokolla on IP, *Internet Protocol*. Selainpalvelimen ja käyttäjän tietokoneen välinen pakettikytkentäinen IP-tietoliikenne löytää lähettävästä laitteesta oikeaan kohdelaitteeseen kohteen IP-osoitteen perusteella. IP-verkko koostuu päätelaitteiden lisäksi älykäistä verkkolaitteista, reitittimistä, jotka osaavat välittää IP-paketin aina seuraavalle sopivalle reitittimelle ja lopulta kohdelaitteeseen. Reitittimien väliset yhteydet koostuvat mainituista kahden alimman kerroksen tekniikoista, jotka vain välittävät saamansa bittivirran yksittäisten siirtoteiden yli tarvitsematta tietää mitään alkuperäisestä lähteestä tai lopullisesta kohteesta. Kuljetuskerroksen TCP-protokollan tehtävä taas on välittää IP-paketin sisällä oikeaan kohdelaitteeseen tullut tieto oikeaan sovellukseen kohdelaitteessa. Lisäksi TCP huolehtii päätelaitteiden (siis tiedonsiirron lähde- ja kohdelaitteiden) välisen tiedonsiirron luotettavuudesta, jotta tieto saapuu perille sellaisena kuin oli tarkoituskin. Sitä, kuinka tämä oikein tapahtuu, ei tämän työn laajuuden puitteissa ole mahdollista selittää. Joka tapauksessa Internetin menestys ja leviäminen maailmanlaajuiseksi verkoksi perustuu pitkälti juuri TCP/IP-protokollaperheeseen. Yhteyden käyttäjärajapinnassa ylimmällä sovelluskerroksella toimivat päätelaitteiden sovellukset, kuten www-selain tai sähköposti. Sovellusten ei IP-protokollan ansiosta tarvitse olla millään tavalla tietoisia siitä, millaisilla erilaisilla fyysisillä verkkotekniikoilla yhteyden mikäkin yhteysväli on toteutettu. [25]

4.5.2 Kiinteät tietoliikenneyhteydet

Puolustusvoimien ja sen eri puolustushaarojen kuten ilmavoimien työntekijöiden käyttämistä tietojärjestelmäsovelluksista valtaosa toimii puolustusvoimien sisäisessä tietoverkossa, HALNETissa. HALNET-verkko vastaa toiminnaltaan ja rakenteeltaan maailmanlaajuisista Internetiä pohjautuen TCP- ja IP-protokoliin. Tosin tietoturvasyistä HALNET on virtuaalisesti erillään ulkomaailman Internetistä. Lentopolttoaineseurannan keskitettyä tietojärjestelmää tullaan käyttämään HALNET-verkossa olevilla tietokoneilla, joten tietojärjestelmäpalvelimienkin on oltava samassa verkossa. Tukikohtien tiedonkeruupisteiltä on niin ikään oltava yhteys tietojärjestelmään. Näin ollen myös tiedonkeruupisteet kannattaa liittää HALNET-verkkoon, jotta ei tarvitse rakentaa kokonaan uutta tukikohtien ja palvelimien välistä tietoverkkoa. Yhteensopivuusvaatimus HALNET-verkon kanssa tarkoittaa käytännössä, että tarvittavien tietoliikenneyhteyksien perusvaatimukset vastaavat tavallista Internet-yhteyttä. Kuljetus- ja verkkokerroksilla tämä tarkoittaa TCP/IP-protokollien noudattamista, ja alemmilla protokollakerroksilla voidaan käyttää Internet-verkoista tuttuja verkkotekniikoita, kuten esimerkiksi Ethernet-tekniikkaa. Lentopolttoaineseurannan tiedonsiirtoon ei myöskään liity mitään sellaisia erityisvaatimuksia, joka estäisi tavanomaisten Internet-tiedonsiirtotekniikoiden käytön.

Kiinteät tietoliikenneyhteydet riittävät valtakunnallisen reaaliaikaisen varastotilannekuvan luomiseen. [26]

4.5.2.1 Ethernet

Ethernet-tekniikka on nykyään ylivoimaisesti käytetyin tekniikka lähiverkkojen (LAN, *Local Area Network*) toteutuksessa Internet-yhteyksien välittäjänä. Kyseinen tekniikka on määritelty IEEE 802.3 -standardiperheessä. IEEE on lyhenne sanoista Institute of Electrical and Electronics Engineers. Tämä merkittävä tiedejärjestö on monen muunlaisen tieteellisen julkaisutoiminnan ohella ottanut tehtäväkseen lähiverkkotekniikoiden standardoinnin. Ethernet on loogisessa mielessä tarkasteltuna väylätopologiaan perustuva verkkotekniikka, jossa yhden verkkoon kuuluvan laitteen lähettämä tieto välittyy kaikille muille samassa Ethernet-verkossa oleville laitteille. Fyysiseltä rakenteeltaan Ethernet-verkot puolestaan ovat väylän sijaan tähtimäisiä, koska jokainen samassa verkossa oleva päätelaite on kytketty erillisellä kaapeloinnilla verkon aktiivilaitteeseen. Aktiivilaite on yksinkertaisimmillaan fyysisellä kerroksella toimiva moniporttitoistin eli hubi, joka välittää yksittäiseltä päätelaitteelta tulevan tietoliikenteen sellaisenaan verkon kaikkiin muihin päätelaitteisiin ja toteuttaa näin loogisen väylätopologian. Ethernet-protokollalla fyysisessä mediassa siirrettävä bittivirta järjestetään Ethernet-kehiksiin, joihin sisältyvien osoitetavujen (MAC-osoitteiden) avulla kehykset siirtyvät oikeisiin kohteisiin Ethernet-verkon sisällä. Kehyksen niin sanotussa hyötykuormassa kuljetetaan ylemmän protokollakerroksen mukaan järjestettyjä bittijonoja, Internet-yhteyden tapauksessa IP-paketteja. [25]

Fyysisenä siirtomediana Ethernet-lähiverkoissa on totuttu näkemään RJ45-liittimillä varustettu parikaapeli. Nopeamman tiedonsiirron mahdollistavien valokuitukaapelointien kehittyessä Ethernet-protokolla on kovaa vauhtia laajenemassa lähiverkoista myös pitempien siirtoetäisyyksien verkkoihin ja syrjäyttämässä perinteistä lankapuhelinverkkoa hyödyntävät tiedonsiirtoprotokollat. Ethernet on osoittautunut soveltuvansa ominaisuuksiltaan erittäin hyvin juuri TCP/IP-yhteyksien välittäjäksi. Standardoinnin myötä saavutettu valmistajariippumattomuus ja laaja suosio ovat tehneet Ethernetistä myös verrattaen edullista tekniikkaa. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä Ethernet on vartenotettava vaihtoehto, kun on rakennettava uusia tietoliikenneyhteyksiä esimerkiksi tukikohdan polttoainevarastojen liittämiseksi olemassa olevaan puolustusvoimien verkkoinfrastruktuuriin. [25]

4.5.3 Langaton tiedonsiirto

Langattoman tiedonsiirron tekniikkaa tarvitaan lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä siinä tapauksessa, että järjestelmällä halutaan saavuttaa tukikohdan tasolla reaaliaikainen polttoainetilannekuva. Tällöin on voitava siirtää polttoaineen jakelutapahtumiin liittyvää tietoa reaaliajassa ilma-alusten tankkauslaitteilta keskitettyyn tietojärjestelmään. Vähimmäisvaatimuksena tiedonsiirtoetäisyydelle on voida siirtää tietoa tukikohdan alueelle sijoitetuilta laitteilta langattoman verkon tukiasemaan, josta on kaapeliyh-

teys tietojärjestelmään. Tiedonsiirtoetäisyyttä vaaditaan tällöin tilanteesta riippuen sadoista metreistä pariin kilometriin. Mahdollisia tekniikoita tällaisen tiedonsiirron toteuttamiseen ovat langattomat lähiverkot ja mobiiliverkot. Olemassa on muitakin langattoman tiedonsiirron tekniikoita, kuten Bluetooth ja infrapunatekniikka, mutta niillä saavutettava kantama on riittämätön seurantajärjestelmän tarpeisiin. [25]

4.5.3.1 Langattomat lähiverkot

Langattomia lähiverkkoja koskevia menetelmiä on määritelty IEEE:n 802.11-standardiperheessä. Langaton lähiverkko (WLAN) koostuu yleensä tukiasemasta ja verkkoa käyttävistä päätelaitteista. Verkon peittoalue kattaa normaalisti yksittäisen rakennuksen, rakennusryhmän tai vastaavan rajallisen alueen. Tukiasema on kaapeliteitse yhteydessä laajemmalle ulottuvaan verkkokokonaisuuteen, joka monissa tapauksissa on luonnollisesti maailmanlaajuinen Internet. Päätelaitteet ovat yhteydessä tukiasemaan radioteitse ja saavuttavat siten yhteyden langattoman verkon kantaman ulkopuolelle. Tukiasemia voi olla samaa verkkoa varten myös useampia, jolloin verkon peittoalueesta saadaan laajempi. Mikäli verkko järjestetään standardin 802.11r mukaisesti, mahdollistuu päätelaitteen siirtyminen yhden tukiaseman peittoalueelta toisen tukiaseman peittoalueelle yhteyden katkeamatta. Langattomalla lähiverkolla lentopolttoaineseurannassa tarvittava langaton tiedonsiirto voidaan toteuttaa siten, että verkon kantama ulottuu yksittäisen tukikohdan alueelle. Tukiasemien kautta langaton verkko voidaan liittää kiinteään HALNET-verkkoon esimerkiksi siten, että tukiasema liitetään osaksi HALNET-yhteydessä olevaa Ethernet-väylää. Langattoman verkon päätelaitteina toimivat tankkauslaitteisiin asennettavat tiedonkeruuyksiköt. Ne tulee varustaa tukiaseman kanssa yhteensopivilla WLAN-lähetin/vastaanottimilla. [25]

Langattomissa lähiverkoissa tulee kiinnittää tarkasti huomiota tiedonsiirron tietoturvalisuuteen. Suojaamatonta langatonta verkkoa voi käyttää kuka tahansa verkon peittoalueella oleva henkilö, jolla on yhteensopiva päätelaite. Monesti verkon tietoliikenteen kuuntelu on mahdollista vielä kauempaa, kuin varsinainen käyttö. Luonnollisestikaan sivullisten ei tule missään tapauksessa päästä käsiksi lentopolttoainejärjestelmän tietoliikenteeseen. Sen estämiseksi on olemassa salaustekniikoita, kuten WPA-suojauskäytäntö verkon luvattoman käytön ja kuuntelun estämiseksi tai VPN-salausohjelmistoja langattomasti siirrettävän tietoliikenteen salaamiseksi. Tietoturvamenetelmät on määritelty langattomien lähiverkkojen standardeissa. Tahallisen tai tahattoman verkon väärinkäytön ehkäisemisen lisäksi on otettava huomioon myös luonnolliset häiriöt, jotka voivat uhata tiedonsiirron luotettavuutta. Langattoman verkon tukiasema tai tukiasemat on sijoitettava siten, että niiden ja päätelaitteiden välillä olisi mahdollisimman vähän signaalin kulkua haittaavia esteitä. Tankkauslaitteita operoidaan normaalioloissa pääosin lentokoneiden seisontapaikoilla, jotka avoimina ja tasaisina alueina ovat suotuisia signaalin kuulumisen kannalta. Tilanne voi olla erilainen toimittaessa esimerkiksi maantietukikohdissa, tai käytettäessä yhteyttä tankkauslaitteen ollessa sijoi-

tettuna suojarakennukseen tai -katokseen. Näissä tapauksissa fyysisiä esteitä voi olla vaikea välttää. [25]

4.5.3.2 Mobiiliverkot

Mobiiliverkoilla tarkoitetaan laajoja alueita kattavia langattomia verkkoja, joihin päätelaitteet voivat olla jatkuvassa yhteydessä, vaikka ne liikkuisivat laajalla säteellä ja nopeasti. Mobiiliverkkonimitys on peräisin juuri siitä, että aluksi nämä verkot suunniteltiin palvelemaan nimenomaan liikkuvia käyttäjiä. Mobiiliverkkojen tunnetuimpia sovelluksia ovat matkapuhelinoperaattoreiden valtakunnalliset kännykkäverkot. Suomen kattava viranomaisverkko virve on myös eräs esimerkki käytössä olevista mobiiliverkoista. Mobiiliverkot koostuvat lukuisista tukiasemista, joiden peittoalueet kattavat yhdessä solukkomaisesti laajoja, yleensä maanlaajuisia alueita. Mobiiliverkkojen yhtenä suunnittelulähtökohtana on ollut mahdollistaa käyttäjän liikkuminen eri tukiasemien peittoalueiden välillä yhteyden katkeamatta. Mobiiliverkoissa on alusta asti kiinnitetty huomiota tietoliikenteen salaukseen, koska alkuaan pääkäyttötarkoituksena oli ihmisten henkilökohtaisten puheyhteyksien toteuttaminen langattomasti. Lisäksi suunnitteluvaahtimuksena on ollut viranomaiskäytön edellyttämä luotettavuus. Näistä tekijöistä johtuen mobiiliverkkoja voidaan pitää lähtökohtaisesti luotettavampina ja tietoturvalisempina kuin WLAN-verkkoja. [25]

Mobiiliverkkojen ensimmäiset sukupolvet, niin kutsutut 1G- ja 2G-verkot, soveltuivat lähinnä puheensirtoon. Datasiirtoa on voitu todella hyödyntää vasta, kun 3G-tekniikoiden myötä mobiiliverkoissa siirryttiin pakettikytkentäisytyteen. Kehityksen ansiosta suurin osa mobiiliverkkojen tietoliikenteestä on nykyään muuta kuin puheensirtoa ja verkoista on muodostunut monipalveluverkkoja. 3G-mobiiliverkkoa hyödyntävä tiedonsiirto voi olla käyttökelpoinen vaihtoehto lentopolttoaineseurannan langattomien yhteyksien toteuttamiseksi. Tankkauslaitteet on tällöin varustettava 3G-modeemilla, jonka avulla laitteet saavat yhteyden kännykkäverkkoon. Sopimus on tehtävä kaupallisen verkko-operaattorin kanssa. Tilanne vastaa tietokoneen yhdistämistä Internetiin mobiililaajakaistayhteydellä käyttäen niin sanottua morkkulaa. Tietoturva voi osoittautua ongelmaksi, koska kaupalliset 3G-verkot ovat osa Internetiä, josta taas HALNET-verkko on virtuaalisesti eristetty. Puolustusvoimissa käytettävien tietoverkkojen tietoturvasta vastaavat tahot eivät välttämättä ainakaan aivan lähitulevaisuudessa tule sallimaan 3G-verkkojen tietoliikenteen pääsyä HALNET-verkkoon. [25]

4.5.3.3 Viranomaisverkot

Turvallisuusviranomaisilla on enenevässä määrin tarvetta langattomaan tiedonsirtoon erilaisissa käyttötarkoituksissa. Viranomaisverkko virve palvelee onnistuneesti puheensirtoa, mutta datasiirto-ominaisuuksiltaan siinä on kehittämisen varaa. Virve-verkko on yleiseurooppalaisen TETRA-standardin mukainen digitaalinen puheradioverkko. TETRA-verkon tietoturva on parempi, kuin kaupallisten mobiiliverkkojen. Siinä on ominaisuus, jonka ansiosta verkko havaitsee siihen kohdistuvan häirinnän ja vaihtaa automaatt-

tisesti lähetystaajuutta häiriöttömälle taajuudelle. Suomen TETRA-verkon datasiirto-ominaisuuksia on kehitetty leveäkaistaisella TEDS-toiminnallisuudella, joka tarjoaa lisäkapasitettia tiedonsiirtoon. TEDS:llä päästään 500 kb/s -tiedonsiirtonopeuteen, kun kaupallisissa 3G-verkoissa nopeudet voivat olla jopa 10 Mb/s. Viranomaisverkkojen kehityksen haasteena on niiden käyttöön varattavissa olevien taajuusalueiden puute. TEDS-päivityskään ei tule jatkossa riittämään sellaisiin sovelluksiin, joissa tarvitsee siirtää muun muassa viivekriittistä liikkuvaa kuvaa. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän suhteellisen vähäisiin tiedonsiirtovaatimuksiin nykyinen TETRA-verkko voisi kuitenkin riittää. Viranomaisverkon hyödyntäminen voisi tarjota kaupallisiin mobiiliverkkoihin tai langattomiin lähiverkkoihin verrattuna tietoturvalisemmän tavan siirtää lentopolttoaineseurannan tapahtumatietoja tankkauslaitteilta tietojärjestelmään. Verkon tiedonsiirtokapasiteetti tosin on nykyisellään varsin rajallinen, joten sen käyttäminen lentopolttoainehuollon tarpeisiin söisi osaltaan kapasiteettia kriittisempien turvallisuusoperaatioiden tarvitsemalta tiedonsiirrolta. Tarvittavien laitteiden osalta periaate on samanlainen, kuin kaupallisia mobiiliverkkoja käytettäessä. Tässä tapauksessa tankkauslaitteet varustettaisiin 3G-modeemien sijasta virve-modeemeilla. [27]

4.6 Säiliöajoneuvon mittarijärjestelmät

Polttoainenkuljetukseen käytettävissä säiliöajoneuvoissa tarvitaan mittarijärjestelmiä autosta purettavan ja siihen lastattavan polttoaineen kontrolloimiseksi. Järjestelmät koostuvat yleensä tuotepumpusta, polttoainemäärän mittausslaitteista ja tarvittavasta putkistosta liittimiseen, venttiileineen ja suodattimiseen. Näiden lisäksi voi mahdollisesti olla tukijärjestelmiä tarvittavia lisätoimintoja varten. Ajoneuvojen säiliöt rakentuvat yleensä useammasta erillisestä osastosta, joten järjestelmiä tarvitaan myös kuljetettavan polttoaineen osastokohtaiseen hallintaan. Insinööri (AMK) Erkki Lepola tarkasteli säiliöautojen mittarijärjestelmien erilaisia teknisiä ratkaisuja opinnäytetyössään. Lepolan työstä ilmenee käytössä olevien järjestelmien jakaantuvan mekaanisiin mittarijärjestelmiin, elektronisiin järjestelmiin ja mittatikkujärjestelmiin. Käyttövoimaa vaativia ja erilaisia toiminnallisuuksia sisältäviä järjestelmiä on lähinnä säiliöautoissa, kun taas säiliöperävaunuissa on yleensä vain lastaukseen ja purkuun tarvittavat putkistot. [28] Ilmavoimien painetankkausautoissa mittarijärjestelmä on hyvin samankaltainen kuin säiliöautoissa yleensäkin, ja lisäksi niissä on ilma-alusten tankkaamisen edellyttämät laitteistot. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän määrittelytyössä on tärkeää ymmärtää säiliöautojen mittarijärjestelmien toimintaa, jotta eri seurantatapahtumista tarvittava mittaustieto saadaan järkevästi kerättyä ja siirrettyä autolta tietojärjestelmään. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan erilaisten järjestelmäratkaisujen ominaisuuksia lähinnä lentopolttoaineen seurantajärjestelmän vaatimuksien kannalta.

4.6.1 Mekaaniset mittarijärjestelmät

Säiliöautojen mekaaniset mittarijärjestelmät koostuvat yleensä hydraulimoottorin käyttämästä tuotepumpusta ja mekaanisista putkistokomponenteista. Tuotemittarin tyyppinä

näissä järjestelmissä käytetään jo aiemmin tässä työssä esiteltyä tilavuuslaskijaa, johon on mekaanisen vaihteiston välityksellä kytketty polttoainemäärän yleensä litroina näytävä mittaustaite. Ilmavoimien painetankkausautoissa on käytössä pääosin juuri mekaanisia mittarijärjestelmiä. Lentokoneen tankkauksessa sekä auton täytössä ja purussa tarvittavat mittarit, venttiilit ja liittimet on sijoitettu siten, että niihin pääsee käsiksi auton takaosassa sijaitsevista laitekaapeista. Kuvassa 4.6 näkyy erään painetankkausauton tankkauslaitekaappi. Kuvassa alhaalla keskellä näkyvä tuotemittari on kytketty mekaanisesti tilavuuslaskijaan, jollaista esiteltiin jo aiemmin tässä työssä. Mittari näyttää polttoainemäärän litroina. Molemmilla puolilla tuotemittarin alapuolella näkyy erityyppisiä täyttöliittimiä, joista auton säiliöt voidaan täyttää. Mittarin yläpuolella taas sijaitsevat lentokoneen painetankkaukseen ja pistoolitankkaukseen tarkoitetut tankkausliittimet. Tankkausletkut ovat hydraulikäyttöisillä keloilla. Tankkausletkujen vasemmalla puolella näkyvät komponentit kuuluvat pääosin lisäaineen syöttöjärjestelmään, jolla lentopetroliin lisätään oikeassa suhteessa AL-48-lisäainetta. [19]



Kuva 4.6. Painetankkausauton tankkauslaitekaappi.

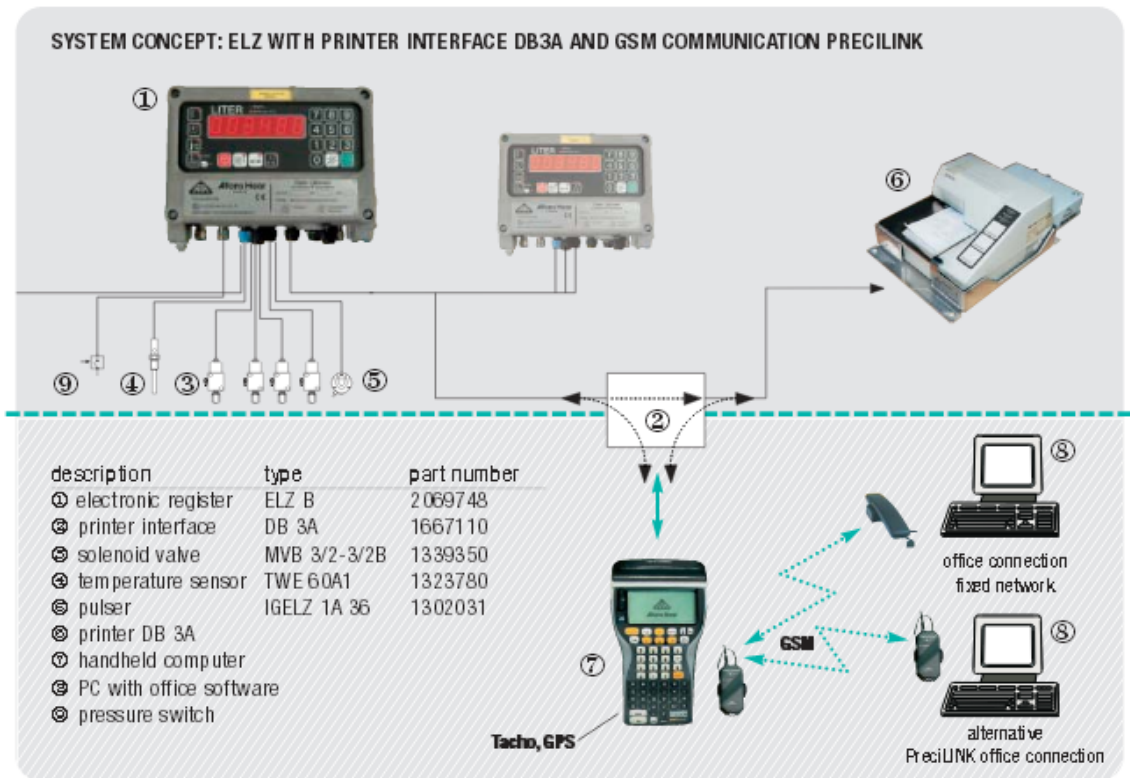
Mittarijärjestelmän toiminta on järjestetty siten, että polttoaine virtaa tuotemittarin läpi lentokonetta tankattaessa, imettäessä polttoainetta lentokoneesta autoon sekä täytettäessä autoa sen omaa pumppua käyttäen. Esimerkki painetankkausauton toimintakaaviosta on esitetty liitteessä 1. Tuotemittari ei pyöri silloin, kun auton säiliötä täytetään täyttöpaikalla olevalla auton ulkopuolisella pumpulla, kuten painetankkausautoja yleensä täytetään. Tästä syystä täytetty polttoainemäärä on myös mitattava täyttöpaikalla olevalla mittalaitteella. Lentokoneiden tankkaus- ja imutapahtumissa polttoainemäärä voidaan mitata auton omalla tuotemittarilla. Täysin mekaanisen mittaustaitteen näyttämää ei kuitenkaan sellaisenaan voida sähköisessä seurantajärjestelmässä hyödyntää. [19]

Säiliöauton mittarijärjestelmän eri toiminnot toteutetaan vaihtelemalla venttiilien asentoja. Suoraan laitekaapista käsiksi päästävät venttiilit voivat olla käsikäyttöisiä. Käsien ulottumattomia venttiilejä kauko-ohjataan paineilmalla. Paineilmajärjestelmää puolestaan ohjataan magneettiventtiileillä. Venttiilien muuttaminen paineilmatoimiseksi onkin Lepolan mukaan tyypillinen tapa kehittää täysin mekaanisten mittarijärjestelmien käytettävyyttä [28]. Venttiilien paineilmatoimisuus mahdollistaa periaatteessa niiden loogiikkaohjauksen, mikäli venttiilitoimintoja halutaan automatisoida seurantajärjestelmän käyttöliittymällä ohjattaviksi.

4.6.2 Elektroniset järjestelmät

Elektronisissa mittarijärjestelmissä on samat päätoiminnallisuudet kuin mekaanisissakin järjestelmissä. Usein elektronisessa järjestelmässä onkin kyse mekaanisen järjestelmän modernisoinnista. Tyypillinen esimerkki on polttoainemäärän mittaussäätimen päivittäminen mekaanisesta numerolaskijasta elektroniseen näyttöön. Mekaaniselta tilavuuslaskijalta voidaan ottaa sähköinen mittausviesti pulssianturin avulla, kuten jo aiemmin työssä esitettiin. Elektronisen näytön ohella tämä mittausviesti on hyödynnettävissä tarvittavissa tiedonkäsittelyn jatkotoimenpiteissä, kuten seurantajärjestelmän tapauksessa tietojärjestelmään tallennettuna. Elektroniikalla voidaan parantaa myös säiliöauton käytöturvallisuutta esimerkiksi säiliön ylitäytön esto- ja venttiilien valvontatoiminnoin. [28]

Elektroniseen mittarijärjestelmään voidaan liittää tukijärjestelmiä, joiden avulla voidaan tehostaa säiliöauton toimintaa. Tällaisia tukijärjestelmiä voivat muun muassa olla sähköinen tiedonsiirtojärjestelmä ja GPS-paikannusjärjestelmä. Nämä toiminnot sisältyvät esimerkiksi säiliöajoneuvojen mittalaitteita valmistavan Alfons Haarin PreciCONTROL-konseptiin, jonka eräitä komponentteja näkyy kuvassa 4.7. Kuvan järjestelmässä elektroninen mittalaite (1) saa tuotemittaustiedon pulssianturilta (5). Lämpötila-anturi (4) antaa tietoa mittauksen tarvittavan lämpötilakorjauksen toteuttamiseksi. Säiliöautossa oleva kannettava tietokone (7) kommunikoi mittalaitteen kanssa PreciBUS-tiedonsiirtoväylän välityksellä. PreciBUS on Alfons Haarin kehittämä väylätekniikka, joka tukee erilaisia käytössä olevia tiedonsiirtoprotokollia, kuten esimerkiksi CAN-väylän protokollaa. PreciCONTROL voidaan tarvittaessa liittää säiliöauton CAN-väylään. Kannettava tietokone ja toimistotietokone (8) kommunikoi langattomasti PreciLINK GSM-yhteyden avulla. Lisäksi kannettavassa tietokoneessa on GPS-paikannin säiliöauton sijainnin seuranta varten. Järjestelmän avulla tiedot säiliöajoneuvon toimenpiteistä ja liikkumisesta voidaan välittää reaaliaikaisesti suoraan esimerkiksi autoa operoivan yrityksen konttorille. Ilmavoimien lentopolttoaineseurannan tapauksessa tämäntyyppinen järjestelmä voisi palvella tukikohdan reaaliaikaisen tilannekuvan muodostamista. [28, 29, 30]



Kuva 4.7. Alfons Haarin elektroninen mittarijärjestelmä säiliöajoneuvoon. [29]

Perinteisillä mekaanisilla tai elektronisilla mittarijärjestelmillä varustetuissa säiliöautoissa ei ole säiliössä olevaa polttoainemäärää jatkuvasti mittaavia mittalaitteita. Mikäli seurantajärjestelmässä tarvitaan tämä tieto, on se muodostettava laskennallisesti summaamalla eri tapahtumassa siirtyviä polttoainemääriä virtausmittarilta saatavien lukemien perusteella. Laskenta on tehtävä vasta keskitetyssä tietojärjestelmässä, koska autoihin täytettävät polttoainemäärät mitataan täyttöpaikan mittarilla ja lentokoneiden tankkaustapahtumat auton mittarilla. Jotta auton polttoainemäärän seuranta voi pysyä ajan tasalla, on tiedonsiirron tietojärjestelmään oltava reaaliaikaista, ja niin ollen langatonta. Ilman reaaliaikaista tiedonsiirtoa ei painetankkausauton säiliössä olevalla polttoainemäärällä sinänsä ole informaatioarvoa seurantajärjestelmässä.

4.6.3 Dipstick-järjestelmä

Lepola esitteli opinnäytetyössään myös dipstick-järjestelmää, jolla tarkoitetaan säiliöautossa olevaa polttoainemäärää jatkuvasti mittaavaa elektronista mittatikkujärjestelmää. Termillä mittatikku viitataan tässä yhteydessä ajoneuvon säiliön osastoissa olevan polttoaineen pinnankorkeuden mittaamiseen jollain soveltuvalla menetelmällä. Osastot varustetaan mittausputkella, joissa mittaus tapahtuu. Mittausputkessa voi olla kelluva koho, jonka korkeus kertoo sen hetkisen nestepinnan korkeuden. Kehittyneempi vaihtoehto on mitata pinnankorkeutta mittausputkessa ultraäänikaikuluotauksella. Pinnankorkeustiedosta voidaan laskea osastossa oleva polttoainemäärä, kun osaston muoto tunnetaan tarkasti. Mittatikkujärjestelmän avulla saadaan jatkuvasti tietoa säiliöauton säiliös-

sä olevasta polttoaineen todellisesta määrästä. Mittaustarkkuus on parempi, kuin perinteisten mittarijärjestelmien laskennallisessa jäljellä olevan polttoainemäärän mittauksessa. Laskettaessa säiliössä olevaa polttoainemäärää ainoastaan virtausmittarin purku- ja lastauslukemien perusteella jokaisen mittaustapahtuman epätarkkuus kasvattaa kokonaisepätarkkuutta. Kertyneen virheen suuruus paljastuu siinä vaiheessa, kun säiliö täytetään tai tyhjennetään kokonaan. Dipstick-järjestelmän jatkuvassa mittauksessa epätarkkuuden kasvamista ei esiinny. [28]

Dipstick-järjestelmää käytettäessä ei tarvita ollenkaan perinteisissä mittarijärjestelmissä käytettäviä virtausmittareita. Järjestelmä laskee osastoon lastatun määrän lastauksen jälkeen vallitsevan polttoainemäärän ja lastausta ennen mitatun määrän erotuksena. Vastaavasti voidaan laskea säiliöstä purettu määrä. Tällä järjestelmäratkaisulla saadaan vähennettyä mekaanisten komponenttien määrää ja siten mittarijärjestelmän painoa. Kuluvia osia on vähemmän, mutta toisaalta häiriöherkkää elektroniikkaa enemmän. Mittatikukujärjestelmän asennustyö on perinteisiä järjestelmiä vaativampaa ja siten myös kalliimpaa. Ilmavoimien lentopolttoaineseurannassa mittatikujärjestelmä tarjoaisi hyvän ratkaisun painetankkausautojen polttoainemäärän reaaliaikaiseen seurantaan. Järjestelmän käyttöönotto tosin edellyttäisi huomattavia muutostöitä painetankkausautoihin, koska niissä ei ennestään ole pinnankorkeutta mittaavia laitteita. [28]

4.7 Mittaustarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä

4.7.1 Virtausmittareiden tarkkuus

Virtausmittareilla tarkoitetaan tässä työssä mittalaitteita, joilla mitataan niiden läpi virtaavan nesteen kokonaismäärää. Kaupankäynnissä ja viranomaistoiminnassa käytettäviä mittauslaitteita koskee mittauslainedirektiivi, joka asettaa mittauslaitteille tiettyjä lakisääteisiä vaatimuksia. Vaatimukset koskevat muun muassa mittausten sallittuja virheitä ja toistettavuutta sekä mittauslaitteiden luotettavuutta, herkkyyttä ja soveltuvuutta tarkoitettuun käyttöön. Vaatimuksenmukaisuusmerkintänä tämän EU-direktiivin vaatimusten täyttymisestä laitteet varustetaan CE-merkinnällä. Direktiivin liite MI-005 koskee ”muiden nesteiden kuin veden määrän jatkuvaan ja dynaamiseen mittaukseen tarkoitettuja mittausjärjestelmiä”. Tähän kategoriaan kuuluvat myös polttonesteiden jakelulaitteiden mittausjärjestelmät ja näin ollen lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä käytettävät polttoaineen mittauslaitteet, kuten virtausmittarit. Tällaiseen tarkoitukseen käytettäville polttoainemittareille direktiivi määrittelee tarkkuusluokaksi 0,5, joka sallii mittarin näyttämän suurimman sallitun virheen olevan 0,3 %. Näin ollen vastaanotettaessa esimerkiksi 50 000 l lentopetrolia varastoon, saisi mittarin lukemassa olla virhettä korkeintaan 150 l suuntaan tai toiseen. [31]

Tuotteen hinnan tai taloudellisen edun määrittämiseen käytettäviltä mittareilta vaaditaan lisäksi vakausta, joka tarkoittaa laitteen luotettavuuden tarkastamista määrävälein. Kau-

pankäynnissä käytettävät polttoainemittarit on vaattava kahden vuoden välein. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän mittareilta vakausta ei kuitenkaan vaadita, koska mittareiden näyttämä ei toimi kaupankäynnin perusteena. Ilmavoimille toimitettava lentopolttoaine laskutetaan toimittajan mittalaitteilla tehtävien mittausten perusteella. [32]

Eräs virtausmittareiden tarkkuuteen vaikuttava tekijä on nesteen virtauksen yhteydessä esiintyvä ilman virtaus, jonka mittari voi helposti tulkita myös nesteen virtaukseksi. Ilman vaikutus voidaan poistaa ilmanerottajalla, joka erottaa ilman nesteestä ennen kuin neste pääsee varsinaiselle mittarille [28]. Mittauslaitedirektiivissä on annettu raja-arvot sille, kuinka paljon virhevaihtelua nesteen seassa oleva kaasu saa aiheuttaa mittaustulokseen. Tarkkuusluokan 0,5 polttoainemittareille tämä sallittu virhevaihtelu on 1 %. [31]

Ilmavoimilla on käytössään vanhoja virtausmittareita, jotka on otettu käyttöön kauan ennen mittauslaitedirektiivin voimaan tuloa. Näiden mittareiden tarkkuutta on mahdoton arvioida ilman kalibroitua. Vaikka kalibrointi tehtäisiinkin, on silti vaikea arvioida kuinka vanhat mittarit säilyttävät tietyn tarkkuuden ajan kuluessa. Lisäksi kaikissa vanhoissa virtausmittareissa ei ole ilmanerottajia. Seurantajärjestelmän mittareiden yhdenmukaistamiseksi varmin tapa on korvata vanhat mittarit uusilla mittauslaitedirektiivin mukaisilla mittareilla. [8]

4.7.2 Lämpötilavaihtelut

Lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä merkittävin mittausepävarmuutta aiheuttava tekijä on polttoaineen lämpötilavaihtelu. Lyhyellä aikavälillä lämpötilan vaihtelua voi esiintyä esimerkiksi kuljettaessa polttoainekuorma tukikohdan varastoon. Polttoainetoimittajan tiloissa polttoaine-erä on ollut tietyssä lämpötilassa, kun se on lastattu kuljetusajoneuvoon. Kuorman lämpötila saattaa muuttua jo kuljetuksen aikana, jolloin myös sen tilavuus muuttuu. Lämpötila muuttuu jälleen siinä vaiheessa, kun kuorma puretaan Ilmavoimien varastoon ja asettuu siellä vallitsevaan lämpötilaan. Lentopetrolin lämpölaajenemiskertoimen tyypillinen arvo on $0,00099 \text{ 1/}^\circ\text{C}$ [33]. Ilmavoimat ostaa lentopolttoaineen normaalilitroina, mikä tarkoittaa polttoaine-erän tilavuutta lämpötilan ollessa $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Toimittaja tekee laskutuksen normaalilitrojen mukaan ja kirjaa kuormakirjaan sekä normaalilitramäärän että volyymilitramäärän siinä lämpötilassa, jossa polttoaine oli juuri ennen lastausta kuljetusajoneuvoon. Ilmavoimien varastokirjanpitoon kuorma vastaanotetaan virtausmittarin läpi volyymilitroina. Vastaanottotarkastuksessa todetaan virtausmittarin lukeman vastaavan suunnilleen sitä volyymilitramäärää, joka kuormakirjaan on merkitty. Lukemat saadaan harvoin täysin täsmäämään, koska kuten mainittua lämpötila voi muuttua jo kuljetuksen aikana. [6, 9, 10, 11]

Pitemmän aikavälin tarkastelussa lämpötilavaihtelu voi aiheuttaa merkittävää heittoa varastokirjanpidossa. Ääriesimerkkinä tarkastellaan tilannetta, jossa pohjoisessa sijaitsevan Lapin Lennoston varastosäiliöitä täydennetään talvella esimerkiksi 1 000 000

normaalilitralla. Kovilla pakkasilla polttoaineen lämpötila varastossa voi pudota jopa -25 °C:een. Käyttäen lämpölaajenemiskertoimena edellisessä kappaleessa mainittua arvoa lasketaan, paljonko miljoona normaalilitraa vastaa volyymilitroja tuossa lämpötilassa, jolloin lämpötilaero 15 °C:een verrattuna on -40 °C:

$$1000000 \text{ l} + 0,00099 \frac{1}{\text{C}^\circ} \cdot (-40 \text{ }^\circ\text{C}) \cdot 1000000 \text{ l} = 960400 \text{ l}.$$

Havaitaan, että ero polttoaineen tilavuudessa on lähes 40 000 l. Kesän aikaan saattaa polttoaineen lämpötila varastossa nousta arviolta 15 °C:een tietämille eli noin normaalilitroja vastaavaan lämpötilaan. 40 000 litraa eli 40 kuutiometriä on suuruusluokaltaan verrattavissa yhden säiliöajoneuvoyhdistelmän tai polttoainevaraston yksittäisen säiliön vetämään tilavuuteen. Varastokirjanpidollisesti tarkasteltuna saattaa siis varastossa näytää talvella olevan kymmeniä kuutiometrejä vähemmän polttoainetta kuin kesällä, vaikka todellista kulutusta ei olisi ollenkaan. Kun lämpötilavaihtelun aiheuttamat heitot ovat tätä luokkaa, on selvää, ettei kirjanpidon tarkkuudessa kannata edes yrittää päästä litran tarkkuuteen. Käytännössä realistisempaa on tehdä kirjanpitoa kuutiometrin tarkkuudella, jolloin virtausmittareiden vakaamisella litran tarkkuuteen ei saavuteta lisäarvoa. Varastoilla kerran vuodessa tehtävissä vuosi-inventaarioissa joudutaan joka tapauksessa tekemään huomattavia lämpötilakorjauksia, jotta kirjanpito saadaan täsmäämään. Tässä piilee vaara, että jos esimerkiksi yksi tilattu säiliöajoneuvokuorma ei koskaan saapuisi varastoon, saattaisi sen puuttumisesta aiheutuva heitto kirjanpidossa tulla selitetyksi normaalilla lämpötilavaihtelulla. Tämän mahdollisuuden vuoksi kuorman puuttuminen tuleekin ehdottomasti huomata jo aiemmassa yhteydessä ennen vuosi-inventaariota. [8]

4.7.3 Pinnankorkeudenmittauksen haasteita

Kuten aiemmin mainittiin, säiliössä olevan nesteen määrä on joissain tapauksissa laskettavissa siitä, mikä on nesteen pinnankorkeus säiliössä. Jotta pinnankorkeudesta saatava määrätieto olisi luotettava, on säiliön muoto tunnettava tarkasti. Säiliön on oltava ainakin jossain määrin säännöllisen muotoinen, jotta mittalaitteiden kalibrointi on mahdollista. Muodon tulisi myös ajansaatossa säilyä muuttumattomana, jotta muodonmuutokset eivät alkaisi vääristämään mittaustuloksia. Lisäksi edellisessä kappaleessa esiin tuotu lämpötilan vaihtelu aiheuttaa epätarkkuutta pinnankorkeuden mittauksessa.

Eräät ilmavoimien käyttämistä lentopolttoainesäiliöistä ovat haastavia pinnankorkeudenmittauksen kannalta. Säiliöt eivät makaa täysin vaakasuorassa, vaan ovat enemmän tai vähemmän kallellaan nesteen pinnantasoon verrattuna. Kallistuma helpottaa säiliön muodostuvan irtoveden saamista pois säiliöstä. Osa säiliöistä on sellaisia, joiden pohjan ja seinämien muoto vaihtelee säiliössä olevasta polttoainemäärästä riippuen. Pohja painuu ja seinämät pullistuvat sitä enemmän, mitä enemmän säiliössä on polttoainetta. Täl-

laisien säiliöiden polttoainemäärämittaus on lähes mahdoton järjestää luotettavasti pinnankorkeutta mittaamalla. [8]

Edellä mainituista seikoista johtuen päädytään siihen, että lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä polttoainevarastojen saldotietoa ei perusteta pinnankorkeuden mittaukseen. Sen sijaan varastosaldoja mitataan laskennallisesti virtausmittareilla. Pinnankorkeuden mittaustietoa voidaan kuitenkin hyödyntää vertailuarvona laskennallisen saldotiedon rinnalla. Koska pinnanmittaus näyttää aina karkealla tasolla todellisen säiliössä olevan polttoainemäärän, voidaan sen avulla havaita mahdolliset vuodot sekä syystä tai toisesta syntyneet huomattavat virheet virtausmittareiden laskemissa lukemissa.

5 KÄYTÖSSÄ OLEVIA SEURANTAJÄRJESTELMIÄ

5.1 Yleistä

Tätä diplomityötä tehtäessä selvitettiin, minkälaisia polttoainejakelun seurantajärjestelmiä eräillä muilla toimijoilla on käytössään, sekä millaisia toteutusratkaisuja järjestelmätoimittajilla on tarjottavanaan. Asiaa tiedusteltiin muun muassa Tampereen joukko liikenteen linja-autojen polttoainejakelusta vastaavalta Tampereen Infralta ja järjestelmiä toimittavalta suomalaiselta Technosmart Oy:ltä. Tässä luvussa esitellään näillä organisaatioilla käytössä olevia järjestelmäratkaisuja.

Maavoimien Materiaalilaitoksen Esikunta on hankkinut puolustusvoimien käyttöön järjestelmän, jolla hallitaan maa-ajoneuvojen tankkauksia. Tämän APAJA-järjestelmän (Automaattinen polttoainejakelujärjestelmä) toimittaja on juuri mainittu Technosmart Oy. Puolustusvoimilla ja Technosmartilla on voimassaoleva sopimus järjestelmän kehitystyöstä. Hankintalainsäädännön todettiin mahdollistavan hankkia Technosmartilta kyseisen järjestelmän laajennus lentopolttoainekäyttöön suoraan ilman kilpailutusta, mikä suoraviivaistaisi hankintamenettelyä huomattavasti. Lisäksi tällä menettelyllä toteutuisi Logistiikkalaitokselle kohdistettu vaatimus polttoainelogistiikan tietojärjestelmien yhtenäistämistä. Näin ollen käytössä olevia järjestelmäratkaisuja tutkittaessa oli ensisijainen tehtävä selvittää, voisivatko APAJA-järjestelmän toiminnot ja ominaisuudet soveltua myös lentopolttoaineen seurantaan.

5.2 APAJA-järjestelmä

Puolustusvoimien APAJA-järjestelmällä hallitaan maalla liikkuvien ajoneuvojen, kuten henkilö- ja kuorma-autojen sekä erilaisten taistelujoneuvojen polttoaineen jakelua. Seuraavissa kappaleissa esitellään APAJA-järjestelmän toiminnallisuuksia ja tarkastellaan niiden soveltuvuutta lentopolttoainejakeluun.

5.2.1 APAJA-järjestelmän toimintaympäristö

Suurin osa APAJA-järjestelmän piiriin kuuluvista tankkauksista tehdään joukko-osastojen kiinteillä polttoainejakeluasemilla. Jakeluasemilla on vastaavanlaiset mittaririkentät tankkauspistoleineen kuin kaupallisilla huoltoasemilla. Polttoaine toimitetaan joukko-osaston kiinteisiin polttoainesäiliöihin, joista se tankkauksia tehtäessä pumpataan jakeluaseman kautta ajoneuvoihin. Jakeluasemat ovat jatkuvasti yhteydessä APA-

JA-järjestelmän valtakunnalliseen keskitettyyn tietojärjestelmään. Tankkaustapahtumien tiedot sekä varastosäiliöiden tilannetiedot siirtyvät automaattisesti tietojärjestelmään. Toimintoja esitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Maastoharjoitusten yhteydessä APAJA-tankkauksia voidaan tehdä myös maastoon vietävistä siirrettävistä polttoainesäiliöistä. Nämä säiliöt eivät ole millään tavalla tietoliikenneyhteydessä APAJA-tietojärjestelmään. Maastojakelusäiliöistä tehtävien tankkauksien tiedot tallennetaan aluksi MAJA-maastojakelusalkussa olevaan tietokoneeseen, josta ne myöhemmin siirretään keskitettyyn tietojärjestelmään. [26]

APAJA-järjestelmällä hallitaan varastosäiliöiden saldotapahtumia ja -tilannetta sekä ajoneuvoihin niiden omaksi käyttövoimaksi tankattavan polttoaineen tankkaustapahtumia. Polttoainetoimituksia ja varastosiiroja tekevien säiliöajoneuvojen kuljetussäiliöiden tapahtumatietoja APAJA-järjestelmällä ei hallita. [26]

5.2.2 Kiinteät jakeluasemat

APAJA-järjestelmään kuuluvat kiinteät jakeluasemat ovat käytännössä ajoneuvojen tankkauspaikkoja, jotka on varustettu vastaavanlaisella mittarikentällä kuin kaupalliset huoltoasemat. Mittarikentän yhteyteen Technosmart on toimittanut jakeluaseman toimintojen ohjausta varten räätälöidyn EcoSmart-tuotekokonaisuuden, johon kuuluvat komponentit on listattu tämän työn liitteessä 2. Jakeluasemilta on jatkuva kiinteä tietoliikenneyhteys APAJA:n keskitettyyn tietojärjestelmään. Jakeluasemilla on mittarikohdaiset lukijalaitteet (kuva 5.1), joiden kautta tunnistetaan tankattava ajoneuvoyksilö ja tankkaava henkilö ennen tankkauksen aloittamista. Lukijalaitteelta tankkaustapahtumassa tunnistetut yksilötiedot välitetään tietojärjestelmään. Jokaiselle jakeluasemalle on asennettu ohjainpalvelintietokone, jolle on keskitetystä tietojärjestelmästä tallennettu tiedot kaikista APAJA:n piiriin kuuluvista ajoneuvoista ja henkilöistä. Näin ollen tankkaus on mahdollista tehdä, vaikka tietoliikenneyhteys jakeluaseman tietokoneelta tietojärjestelmään olisi hetkellisesti poikki. Jakeluaseman tapahtumatiedot siirtyvät automaattisesti tietojärjestelmään heti, kun yhteys taas toimii. Tallennettavat tapahtumatiedot ovat kyseessä oleva jakeluasema, polttoainesäiliö, ajoneuvoyksilö, henkilö, tankattu polttoainemäärä ja laatu sekä tapahtuman ajankohta. Normaali toiminnassa tiedot siirtyvät käytännössä reaaliaikaisesti minuutin välein jakeluaseman tietokoneelta keskitettyyn valtakunnalliseen tietojärjestelmään. Ennen tankkaustapahtuman aloitusta järjestelmä tarkastaa, onko kyseisen jakeluaseman polttoainesäiliöstä sillä hetkellä sallittua tankkata polttoainetta. Jos säiliön tankkaus oikeus ei ole voimassa, ei järjestelmän käyttöliittymä mahdollista tankkausta. [26]



Kuva 5.1. Jakeluasemilla on Idesco IR 8090 B -malliset RFID-lukijat tankkaajien ja ajoneuvojen tunnistamista varten.

Polttoainesäiliön täytön ja ajoneuvotankkausten polttoainemäärää mitataan virtausmittareilla. Virtausmittarit ovat vakauskelpoisia ja varustettu pulssiantureilla, joilta saadaan sähköinen tieto mittarin läpi virtaavasta polttoainemäärästä. Tietojärjestelmä laskee virtausmittareilta saatujen tietojen perusteella laskennallisen tiedon myös säiliössä olevasta polttoainemäärästä. Tätä summaa verrataan tietojärjestelmässä säiliön pinnankorkeuden mittaukseen perustuvilta antureilta saatuun tietoon säiliön polttoainemäärästä. [26]

5.2.3 APAJA-tunnisteet

APAJA-järjestelmässä tankkaustapahtumaan liittyvien henkilöiden ja ajoneuvojen tunnistaminen tapahtuu tunnisteiden ja jakeluaseman lukijalaitteiden välityksellä. Henkilöillä on omat luottokortin kokoiset henkilötunnisteet. Ajoneuvoille on omat avaimenperän kokoluokkaa olevat ajoneuvotunnisteet. Tunnisteiden luku perustuu RFID-tekniikkaan. [26]

5.2.3.1 Henkilötunnisteet

APAJA-järjestelmän tapahtumaan liittyvä henkilö yksilöidään henkilötunnisteen avulla. Jokaisella henkilöllä, jolla on APAJA-järjestelmän käyttöoikeus, on oma luottokortin mallinen tunniste (kuva 5.2) käytössään. Kun henkilö esimerkiksi tankkaa ajoneuvoa jakeluasemalla, on hänen ennen tankkauksen aloittamista näytettävä oma henkilötunnistensa tankkauspisteen lukijalaitteelle. Tietojärjestelmään on tallennettu henkilötunnisteeseen liittyvät käyttöoikeudet. Kun henkilö näyttää tunnistensa lukijalaitteelle, tietojärjestelmä tarkastaa, onko henkilöllä oikeus tankata. Jos henkilön tankkaus oikeus on voimassa, järjestelmä tarkastaa vielä ajoneuvon ja säiliön oikeudet ennen kuin se mahdollistaa tankkauksen. [26]

5.2.3.2 Ajoneuvotunnisteet

Tankkaustapahtumaan liittyvä ajoneuvo tunnistetaan APAJA-järjestelmässä ajoneuvo-kohtaisen tunnisteiden (kuva 5.2) avulla. Tunnistetta säilytetään yleensä ajoneuvon virtaavaimen avaimenperänä. Tietojärjestelmään on tallennettu ajoneuvoon liittyviä oikeuksia, esimerkiksi käytettävä polttoainelaatu ja ajoneuvon tankkaus-oikeus. Ennen tankkausta ajoneuvotunniste näytetään tankkauspaikan lukijalaitteelle. Järjestelmä tarkastaa, saako ajoneuvoa tankata ja mitä polttoainetta siihen saa tankata. Jos ajoneuvon, henkilön ja säiliön oikeudet ovat voimassa, järjestelmä antaa tankata ajoneuvoon sallittua polttoainelaatua. Jakeluaseman mittarikentän logiikkaohjaukseen käytetään I/O-ohjainta, jonka tekniset tiedot on esitetty liitteessä 3. [26]



Kuva 5.2. Luottokortin mallinen henkilö tunniste ja avaimenperätyyppinen ajoneuvotunniste esitetään lukijalle ennen APAJA-tankkausta.

5.2.4 MAJA-maastojakelusalkku

MAJA-maastojakelusalkun avulla APAJA-tankkaustapahtumia voidaan seurata myös kiinteiden jakeluasemien ulkopuolella. Tyypillinen käyttötarkoitus on maastoharjoituksen yhteydessä maastossa tehtävät tankkaukset. Maastoon kuljetetaan siirrettävä polttoainesäiliö, jossa on tankkauspistooli ja tankkausmittari, mutta ei tietoliikenneyhteyksiä eikä lukijalaitteita. Säiliön tiedot voidaan tallentaa MAJA-salkussa (kuva 5.3) olevalle kannettavalle tietokoneelle, jolla on APAJA-tietojärjestelmää vastaava käyttöliittymä. Kannettava tietokone ei kuitenkaan ole suoraan yhteydessä valtakunnalliseen tietojärjestelmään, vaan ajantasaiset henkilö- ja ajoneuvotunnistetiedot tuodaan USB-tikulla joltakin APAJA-tietojärjestelmään liitetyltä toimistotietokoneelta. Lisäksi MAJA-salkussa on lukijalaite henkilö- ja ajoneuvotunnisteita varten. Kun maastosäiliöstä tehdään tankkaus, voidaan henkilö- ja ajoneuvotiedot kirjata lukijalaitteen välityksellä kannettavalle tietokoneelle vastaavasti kuin kiinteillä jakeluasemilla. Tankkauksen polttoainemäärä on syötettävä säiliön mittarilukeman mukaan manuaalisesti, koska säiliö ei ole missään yhteydessä salkkuun. Kannettavalle tietokoneelle tallentuneet maastosäiliön tapahtuma-

tiedot voidaan myöhemmin siirtää USB-tikulla sellaiselle tietokoneelle, jolta on yhteys valtakunnalliseen tietojärjestelmään. [26]



Kuva 5.3. MAJA-salkku sisältää kannettavan tietokoneen ja tunnisteiden lukijan.

5.2.5 Keskitetty tietojärjestelmä

5.2.5.1 Tietojärjestelmän käyttöominaisuudet

APAJA-järjestelmän tapahtumia hallitaan keskitetyn valtakunnallisen tietojärjestelmän avulla. Tietojärjestelmään on tallennettu tiedot kaikista APAJA:n piiriin kuuluvista jakeluasemista, ajoneuvoista ja henkilöistä. APAJA-järjestelmän tapahtumatiedot tallentuvat tietojärjestelmään, jossa ne ovat selattavissa monin eri tavoin. Tietojärjestelmässä voi selata tapahtumaraportteja muun muassa jakeluasemakohtaisesti, ajoneuvoikohtaisesti ja henkilöittäin. Raporttinäkymiin listautuvat hakuperustetta vastaavat tiedot aikajärjestyksessä, ja tapahtumia voi hakea myös halutulta aikaväliltä. Tietojärjestelmällä hallitaan myös jakeluasemiin, ajoneuvoihin ja henkilöihin liittyviä tankkaus oikeuksia. Tietojärjestelmässä on tietyin rajoituksin myös mahdollista muokata sinne tallentuneiden tapahtumien tietoja. Järjestelmä luo tapahtumatietojen perusteella myös polttoaineen kirjanpitoon ja laskutukseen tarvittavat raportit. [26]

Tietojärjestelmän käyttäjien käyttöoikeudet ovat tarpeen mukaan rajattavissa. Rajattavia oikeuksia ovat muun muassa mahdollisuus uusien ajoneuvo- ja henkilötunnisteiden käyttöönottoon sekä henkilöiden, ajoneuvojen ja jakeluasemien tapahtumaoikeuksien hallintaan. Lisäksi tietojärjestelmän tarkastelu oikeudet ovat rajoitettavissa käyttäjäryhmien tarpeiden mukaan. Esimerkiksi tietyn joukko-osaston käyttäjien ei välttämättä ole tarpeen päästä näkemään koko valtakunnan kattavia tapahtumatietoja. Ainoastaan ajoneuvojen käyttäjänä ja tankkaajana toimivan työntekijän ei tarvitse päästä näkemään tietojärjestelmää ollenkaan. [26]

5.2.5.2 Tietojärjestelmän tekninen toteutus

APAJA-tietojärjestelmän sovelluspohjana on IBM Maximo Asset Management -tietojärjestelmä. Sen sovellusrakenne perustuu kolmitasomalliin koostuen käyttöliittymä-, sovellus- ja tietokantapalvelimista. Tietojärjestelmä on liitetty puolustusvoimien sisäiseen TCP/IP-tietoverkkoon, joten se on käytettävissä henkilöstön työtietokoneilta muiden päivittäisessä käytössä olevien tietokonesovellusten tapaan. Tietojärjestelmää käytetään internet-selaimella, mutta yhteyttä puolustusvoimien sisäisen tietoverkon ulkopuoliseen internetiin ei muodosteta. Tietojärjestelmän rakennetta on tarkemmin kuvattu liitteessä 4. [26]

5.2.6 Automaattisen järjestelmän ohittaminen

Jakeluaseman automaattinen tankkaustenhallinta on tarvittaessa mahdollista ohittaa ja siirtyä manuaalisten tankkausten käyttöön. Tällöin jakeluaseman toiminta menee tilaan, jossa tunnisteiden lukijoille ei tarvitse näyttää tunnisteita tankkauksen mahdollistamiseksi. Pumput ja tankkauspistoolit toimivat tällöin vapaasti. Automaattisen järjestelmän ohitus tapahtuu kytkimillä jakeluaseman tietoliikennekaapista. Ohitus mahdollistaa tankkaamisen jakeluasemalta esimerkiksi automaattisen järjestelmän vikatilanteessa. [26]

5.2.7 APAJA-järjestelmän sovellettavuus lentopolttoaineseurantaan

APAJA-järjestelmässä on runsaasti myös lentopolttoaineseurantaan hyvin soveltuvia ominaisuuksia. Esimerkiksi tietojärjestelmän käyttöliittymällä on mahdollista toteuttaa lentopolttoaineseurannassa vaaditut tapahtumatarkastelut ja raportoinnit. Tapahtumien etsiminen järjestelmästä on kätevää ja käytettävissä on lukuisia hakuperusteita. Järjestelmä raportoi hakutulokset selkeästi luettaviksi listauksiksi. Tarkkasilmäinen lukija voinee arvata, että juuri APAJA-tietojärjestelmää onkin käytetty esimerkkinä lentopolttoaineseurannan tietojärjestelmän vaatimuksia mietittäessä. Verrattaessa lentopolttoaineseurannan vaatimuksia APAJA-tietojärjestelmän ominaisuuksiin, ei ole löydetty sellaisia eroavaisuuksia, jotka poissulkisivat mahdollisuuden APAJA:n laajentamisesta lentopolttoainekäyttöön. Näin ollen vaatimus eri puolustushaarojen polttoainehuollon tietojärjestelmien yhdistämisestä näyttää olevan mahdollista toteuttaa APAJA-tietojärjestelmällä.

APAJA:ssa jakeluasemien polttoainevarastosäiliöiden tilannetieto on tarkasteltavissa säiliökohtaisesti ja minuutin välein päivittyen. Lentopolttoainevarastojen saldotiedon reaaliaikavaatimus täyttyy, jos tiedonsiirto varastolta tietojärjestelmään toteutetaan APAJA-järjestelmän tiedonsiirtotekniikalla. Tällä osa-alueella lentopolttoainehuollon toimintaympäristö on varsin samanlainen kuin maakaluston polttoainehuollon. APAJA-järjestelmässä käytetty varastosäiliöiden seurannan toteutus vaikuttaa olevan melko suoraan sovellettavissa luvussa 3.2 kuvattuun lentopolttoaineen varastoseurantaan. APAJA:ssa myös kiinteiden jakeluasemien tankkaustapahtumatiedot päivittyvät tietojärjes-

telmään minuutin välein. Jakeluasemilta on jatkuva kiinteä tietoliikenneyhteys tietojärjestelmään. Kuten aiemmin tässä työssä on ilmennyt, ilma-alusten tankkauslaitteilta kiinteä langallinen yhteys tietojärjestelmään sen sijaan ei ole mahdollinen. Näin ollen ilma-alusten tankkaustapahtumatietojen siirtämiseen olemassa olevasta APAJA-järjestelmästä ei löydetä suoraa ratkaisua. On myös huomattava, että APAJA:ssa käytetyt RFID-lukijalaitteet ja käyttöliittymien näyttölaitteet eivät ole Atex-hyväksytyjä laitteita. Ne on voitu sijoittaa jakeluasemalle siten, että Atex-hyväksyntää ei tarvita. Lentopolttoainehuollon puolella esimerkiksi painetankkausautoon asennettaessa on vaikea välttää Atex-luokiteltua toimintaympäristöä. Siltä osin APAJA:ssa käytetyt komponentit on korvattava mahdollisesti vastaavanlaisilla räjähdysvaarallisiin tiloihin hyväksytyillä laitteilla.

MAJA-maastojakelusalkulle suoraan vastaavaa sovelluskohdetta lentopolttoainejakelun toimintaympäristössä ei ole. Esimerkiksi lentoharjoituksen yhteydessä maastoon vietävän säiliöperävaunun tapahtumakirjaukseen salkku soveltuu huonosti, sillä yksittäinen perävaunu tyhjenee hyvin nopeasti ilma-aluksia tankattaessa. Sen jälkeen perävaunu saatetaan vaihtaa toiseen yksilöön, joka taas on paikoillaan ehkä vain hetken aikaa. Näin ollen salkun kannettavalle tietokoneelle pitäisi jatkuvasti tehdä muutoksia niihin tietoihin, mitä perävaunua tankkaustapahtumat koskevat. Maa-ajoneuvojen tankkauksiin tarkoitettu säiliö taas pysyy samana käytännössä koko harjoituksen ajan, koska maakaluston polttoainekulutus on selkeästi ilma-aluksia vähäisempää. Huonona puolena MAJA-salkussa on myös tarve tankattujen polttoainemäärien syöttämiseen manuaalisesti. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä vaatimuksena on, että polttoainemäärät tallentuvat järjestelmään automaattisesti mittalaitteilta.

Toistaiseksi puolustusvoimissa on oltu tyytyväisiä APAJA-järjestelmän käyttöön. Yleinen mielipide vaikuttaa olevan positiivinen sekä itse tietojärjestelmän käyttäjien että APAJA-tankkauksia suorittavien työntekijöiden joukossa. Tyytyväisyys osoittaa, että järjestelmän toiminnassa ei ole ilmennyt ainakaan suurempia ongelmia, joihin ei määrittelyvaiheessa olisi osattu varautua. Järjestelmän määrittelyä yhteistyössä toimittajan kanssa tehneet puolustusvoimien asiantuntijat ovat antaneet ymmärtää yhteistyön toimittajan kanssa olleen sujuvaa. Voidaankin todeta, että Technosmart on onnistunut hyvin APAJA-projektin toteutuksessa maapolttoainejakelujärjestelmien osalta. Tämä lupaa hyvää lopputulosta, mikäli myös lentopolttoaineseuranta päätetään toteuttaa APAJA-järjestelmää laajentamalla. Yhteenvetona todetaan APAJA:n keskitetyn tietojärjestelmän ominaisuuksien soveltuvan lentopolttoaineseurantaan erittäin hyvin. Samoin lentopolttoainevarastojen seurantaan voidaan käyttää samaa tekniikkaa kuin APAJA:ssa kiinteiden polttoainesäiliöiden saldoseurannassa on käytössä. Tiedonsiirto ilma-alusten tankkauslaitteilta sen sijaan vaatii sellaisia teknisiä ratkaisuja, joita maakalusto-APAJA:ssa ei ole käytössä.

5.3 Tampereen joukkoliikenteen polttoainejärjestelmä

5.3.1 Polttoainesäiliöt ja virtausmittarit

Käytössä olevia järjestelmiä kartoitettaessa tutustuttiin myös Tampereen kaupungin liikennelaitoksen (TKL) linja-autojen polttoaineenkulutuksen seurantajärjestelmään. TKL:n bussien korjaamopalveluita hoitaa Tampereen Infra. Sen vastuulla ovat myös linja-autojen tankkaukset. Tampereen Infra varastoi linja-autojen polttoainetta kahdessa maanpäällisessä 30 000 litran säiliössä, joita eräs öljy-yhtiö hallinnoi. Öljy-yhtiö seuraa säiliöiden täyttöastetta ja toimittaa polttoainetäydennyksiä tarpeen mukaan. Näin Tampereen Infralla on jatkuvasti tarvittava määrä polttoainetta käytettävissä. [34]

Polttoainesäiliöihin toimitettava polttoaine virtaa säiliöiden yhteydessä olevan virtausmittarin läpi. Öljy-yhtiö laskuttaa toimitetusta polttoaineesta tämän virtausmittarin lukeman perusteella. Virtausmittari on vakauskelpoinen ja varustettu pulssianturilla, jonka ansiosta mittarin lukemasta saadaan sähköinen tieto. Polttoainesäiliöistä linja-autojen tankkauksiin kulutettava polttoaine virtaa toisen samanlaisen virtausmittarin kautta. Tästä mittarista Tampereen Infra seuraa polttoaineen kokonaiskulutusta. [34]

Polttoainesäiliöt ovat kaksivaippasäiliöitä, joissa ulommainen kuori toimii vuotojen keruuvaippana. Järjestelmässä on vuodonilmaisimet, jotka hälyttävät, jos keruuvaippaan päätyy polttoainetta. Myös polttoaineen siirtoon säiliöiltä linja-autojen tankkauspaikalle tarkoitettu putki on yhdistetty keruuvaippaan. Putki on niin ikään kaksoisputki, jonka sisemmän ja ulomman kuoren väliin päässyt polttoaine virtaa säiliöiden keruuvaippaan. Polttoainesäiliöt on lisäksi varustettu pinnankorkeutta tarkkailevalla järjestelmällä. Jos säiliössä olevan polttoaineen pinnankorkeus alenee ilman, että tankkauspumppu on päällä, antaa järjestelmä vuotohälytyksen. Vuotohälytyksistä menee ilmoitus vastuuhenkilöiden matkapuhelimeen tekstiviesteinä. Säiliöiden täyttöliittimet on varustettu vastaventtiileillä säiliöistä imun estämiseksi ja näin ollen polttoainevarkauksien ehkäisemiseksi. Polttoaineen siirtoputki on alipaineistettu, joten siitäkään ei saa varkaustarkoituksessa imettyä polttoainetta. [34]

5.3.2 Linja-autojen tankkaus

TKL:n linja-autojen tankkaus tapahtuu Tampereen Infran tankkaushallissa. Tankkaukseen tulevaa linja-autoa ei tunnisteta automaattisesti, vaan yksilötieto syötetään tietojärjestelmään manuaalisesti tankkauspaikalla olevalta päätteeltä. Tietoa tankkaavasta henkilöstä ei tunnisteta, eikä myöskään manuaalisesti syötetä tietojärjestelmään. Tankkausletkun päässä oleva tankkausliitin on varustettu ylitäytön estimellä, jotta polttoainetta ei valuisi hukkaan letkua irrotettaessa. Liittimen tyyppi on sellainen, että se sopii ainoastaan TKL:n linja-autojen polttoaineen täyttöpisteisiin. Tämä estää polttoaineen käytön väärin tarkoituksiin. Tankkausmittarilta menee tieto tankatusta polttoainemäärästä tie-

tojärjestelmään. Tankkaus-, säiliö-, putkisto ja mittausjärjestelmän on toimittanut Tampereen huoltamotekniikka Oy. [34]

5.3.3 Tietojärjestelmä

Tampereen Infralla polttoainesäiliöiden ja linja-autojen tankkaustapahtumien tietohallinta on integroitu samaan tietojärjestelmään muun muassa henkilöstötietohallinnan ja muiden korjaamotoimintojen tietohallinnan kanssa. Järjestelmän toimittaja on Winsystems Oy. Tietojärjestelmällä voi tarkastella polttoainesäiliöiden polttoainetoimituksia, saldotietoja ja säiliöistä kulutetun polttoaineen määrää. Lisäksi järjestelmästä on luettavissa linja-autojen tankkaustapahtumatiedot, kuten polttoainemäärä, autoyksilö ja tankkausajankohta. Järjestelmä seuraa linja-autoyksilöiden polttoaineenkulutusta myös pitkällä aikavälillä. [34]

5.3.4 Ratkaisujen käytettävyys lentopolttoaineseurannassa

Tampereen Infran polttoaineseurannan toimintaympäristö on huomattavasti yksinkertaisempi verrattuna ilmavoimien lentopolttoainejakeluun. Kaikki linja-autojen tankkaukset tapahtuvat samassa paikassa. Järjestelmässä ei seurata minkään liikkuvan tankkauskaluston tapahtumia. Tankattavia linja-autoja ei yksilöidä automaattisesti. Varastoseurannassa mittauksen periaatteet ovat sinänsä käyttökelpoisia, mutta eivät sisällä mitään sellaisia toteutustapoja, joita ei ole jo muissakin yhteyksissä tätä työtä tehdessä tullut esille. Tietojärjestelmän ominaisuudet ovat osaltaan yhteneviä APAJA-tietojärjestelmän kanssa, joskaan eivät yhtä monipuolisia. Kokonaisuutena Tampereen Infran polttoaineenjakelujärjestelmässä ei ole käytössä sellaisia ominaisuuksia, joka tarjoaisi erityistä lisäarvoa lentopolttoaineseurannan toteutukseen.

5.4 Helsingin bussiliikenteen järjestelmä

Helsingin bussiliikenteellä on käytössään kokonaisvaltainen kaluston hallintajärjestelmä, joka myös on Technosmart Oy:n toimittama. Järjestelmä on varustettu hyvin kattavilla ominaisuuksilla, johon kuuluvat muun muassa automaattinen tankkausten hallinta, linja-autojen kunnan ja kuljettajien ajotavan monitorointi, linja-autojen reaaliaikainen paikannus ja turvakamerajärjestelmä. [35]

5.4.1 Tankkausten hallinta

Helsingin bussiliikenteen linja-autojen tankkaustoiminta on järjestetty melko samaan tapaan kuin edellä esitellyssä Tampereen joukkoliikenteen järjestelmässä. Tampereen tapaan Helsingissäkin bussit tankataan tankkaushalleissa, mutta lisäksi järjestelmässä on käytössä eräitä automaattisia toimintoja. Tankkaukseen tuleva autoyksilö tunnistetaan automaattisesti RFID-tekniikalla. Lisäksi RFID-tekniikalla ohjataan tankkaushallin oven toimintaa siten, että ovi avautuu automaattisesti, kun tietynlaisella tunnisteella varustettu linja-auto ajaa sen eteen. [35]

Tankkauksessa tunnistetaan myös tankkaava henkilö tankkauspaikan käyttöliittymällä. Tankkausletkuissa on tippavapaat liittimet, joista tulee polttoainetta vain liittimen ollessa kytkettynä linja-autoon. Menetelmä ehkäisee polttoainehukkaa tankkauksen yhteydessä. Tankkauspaikalla on näyttölaite, josta tankkaushenkilöstö saa reaaliaikaista tietoa tankkauksen kulusta. Tankkausjärjestelmä raportoi tankatun polttoainemäärän ja tankkausajan. Myös linja-auton moottoriöljyn, jäähdytysnesteen ja lasinpesunesteen kulutus tiedot ovat saatavilla ja näitä nesteitä voidaan tarvittaessa lisätä tankkauksen yhteydessä. [35]

5.4.2 Linja-autojen seuranta

Osana kalustonhallintajärjestelmää Helsingin bussiliikenteen liikenteessä olevista linja-autoista (kuva 5.4) kerätään monenlaista reaaliaikaista seurantatietoa. Kaikki tiedonkeruulaitteet on kytketty linja-auton CAN-väylään, jota pitkin kerätty tieto välitetään autoon asennetulle Ecosmart-sovelluksella varustetulle tietokoneelle. Tietokoneelle kerätty tieto voidaan lähettää reaaliajassa kalustovarikolle joko mobiiliverkossa GPRS- tai 3G-yhteydellä. Suurempien tietomäärien siirtoon voidaan käyttää myös WLAN-yhteyttä auton ollessa varikolla. [35]

Kerättävä tieto sisältää muun muassa auton GPS-paikantimelta saatavan paikkatiedon, mahdollisia järjestelmien vikakoodeja ja erilaista asiakkaan määrittelemää kuljettajan ajotavasta kertovaa tietoa. Varikolla autoista kerätty tieto on nähtävillä kalustonhallinnan keskitetyssä tietojärjestelmässä. Kyseessä on siis hyvin kattava kalustonhallintajärjestelmä, jonka keräämää tietoa hyödynnetään liikenteen ja huollon suunnittelussa sekä kuljettajien taloudellisen ajotavan kehittämisessä. [35]



Kuva 5.4. Helsingin Bussiliikenne Oy:n linja-autokalustoa. [36]

5.4.3 Ominaisuuksien soveltuvuus lentopolttoainehuoltoon

Helsingin bussiliikenteen järjestelmässä voidaan siis siirtää reaaliajassa ja langattomasti liikenteessä olevista linja-autoista kerättyä tietoa yhtiön tietojärjestelmään. Tällaiselle tiedonsiirto-ominaisuudelle on todettu olevan käyttöä lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä tukikohdan reaaliaikaisen tilannekuvan tuottamisessa. Painetankkausautoista kerättävää kiinnostavaa tietoa olisivat paikkatieto, polttoainesäiliön kuormausaste ja ilma-alusten tankkaustapahtumien lokitieto. Tarvittavien tiedonkeruulaitteiden sijoittaminen painetankkausautoon ei ehkä olisi yhtä helppoa kuin linja-autoon. Linja-autoissa on erilaisesta käyttötarkoituksesta johtuen enemmän säältä suojattua ja lämmintä laitetilaa. Lisäksi painetankkausauton räjähdysvaaralliset tilat asettavat omat erillisvaatimuksensa asennettaville laitteille. Uusissa linja-autoissa tiedonsiirtoon käytettävät keskitetyt väyläratkaisut kuten CAN-väylä ovat usein valmiina, mutta ilmavoimien painetankkausautoissa näin ei ole.

Tankkaustenhallinnan osalta on huomattava, että Helsingin bussiliikenteellä tankkausten toimintaympäristö on huomattavasti yksinkertaisempi kuin lentopolttoainehuollossa. Kaikki tankkaukset suoritetaan yhtiön tankkaushalleissa, jolloin kaikki tarvittava tieto voidaan kerätä yhdessä kiinteässä paikassa ja siirtää kaapeliyhteydellä tietojärjestelmään. APAJA-järjestelmään ja Tampereen joukkoliikenteen järjestelmään verrattuna Helsingin bussiliikenteen tankkausjärjestelmä ei tarjoa uusia kiinnostavia lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä käyttökelpoisia ominaisuuksia.

6 AUTOMAATTISEN SEURANTAJÄRJESTELMÄN ALUSTAVA TOTEUTUS

6.1 Yleistä

Tässä luvussa esitetään lentopolttoaineen automaattisen seurantajärjestelmän mahdollinen toteutus, jolla järjestelmälle asetetut toiminnalliset vaatimukset täyttyvät. Aiemmin tässä työssä on tarkasteltu erilaisia järjestelmän toimintoihin mahdollisesti käyttökelpoisia teknisiä ratkaisuja sekä vastaavantapaisessa käytössä olevien seurantajärjestelmien kokonaisratkaisuja. Tämän luvun tarkoitus on koota yhteen lentopolttoainehuollon toimintaympäristössä käyttökelpoiset tekniikat siten, että saadaan muodostettua alustava käsitys kokonaisratkaisusta lentopolttoaineen seurantajärjestelmän toteuttamiseksi. Kokonaisratkaisu esitetään kolmessa osassa siten, että erikseen tarkastellaan valtakunnallisen varastoseurannan, tukikohdan jakeluseurannan ja vielä tukikohdan reaaliaikaisen tilannekuvan toteutukset. Toteutusesityksessä ei mennä esimerkiksi komponenttien valinnassa tyyppitasolle, vaan pitäydytään yleisluontoisemmassa kuvailussa. Tarkempi komponenttitason määrittely tehdään tämän työn pohjalta yhteistyössä järjestelmätoimittajan kanssa. Myös osa tässä esitettävän yleisemmän tason kuvauksesta pohjautuu jo järjestelmätoimittajan alustaviin toteutusehdotuksiin.

6.2 Reaaliaikainen valtakunnallinen varastoseuranta

Automaattisen seurantajärjestelmän yksi päätavoite on tuottaa reaaliaikainen valtakunnallinen varastoseuranta. Tässä työssä aiemmin todettiin, että maa-ajoneuvojen automaattinen polttoaineenjakojärjestelmä APAJA soveltuu ominaisuuksiltaan lähes sellaisenaan myös lentopolttoaineen varastoseurannan tarpeisiin. Näin ollen varastoseuranta kannattaa toteuttaa APAJA-järjestelmän ratkaisuilla. Seuraavissa kappaleissa kuvataan, mitä mittauskomponentteja ja tietoliikenneyhteyksiä APAJA-järjestelmän käyttöönotto edellyttää asennettavan tukikohtien polttoainevarastoille. Lisäksi pohditaan, kuinka APAJA:n keskitetty tietojärjestelmä voidaan laajentaa lentopolttoaineseurantaan. Seuraavissa kappaleissa kuvattava varastoseurannan toteutus täyttää luvussa 3.2 esitetyt varastoseurannan toiminnalliset vaatimukset.

6.2.1 Keskitetty tietojärjestelmä

Tässä toteutusesityksessä keskitettynä tietojärjestelmänä käytetään puolustusvoimilla jo käytössä olevaa APAJA-tietojärjestelmää. Järjestelmätoimittaja on ehdottanut, että tietojärjestelmää konfiguroidaan vastaamaan lentopolttoaineen seurantajärjestelmän keski-

tetyt tietojärjestelmän vaatimuksia. Konfiguroinnilla saavutetaan tarvittavat selausominaisuudet ja käyttöoikeuksien hallinnan työkalut. Tietojärjestelmään syötetään tiedot kaikista järjestelmän piiriin otettavista kohteista kuten ilma-aluksista, polttoaineajoneuvoista, tankkauslaitteista ja lentopolttoainevarastoista. Lentopolttoaineseurannan ominaisuudet lisätään järjestelmään olemassa olevien maaliikennepolttoainetoiminnallisuuksien rinnalle. Tietojärjestelmän perusrakenne säilyy samanlaisena, kuin se on APAJA:ssa ollut tähänkin asti. Rakennetta on kuvattu luvussa 5.2 ja liitteessä 4. [37]

6.2.2 Polttoainemäärän mittauspisteet

APAJA-järjestelmässä varaston saldotietoa ylläpidetään laskennallisesti tulevan ja lähtevän polttoaineen virtausmittareilta saatujen tietojen perusteella. Lentopolttoainevarastolle sijoitetaan mittauspisteitä siten, että järjestelmä mittaa kaiken varastoon tulevan ja sieltä lähtevän polttoaineen. Useimmissa tapauksissa näihin pisteisiin on ennestään asennettu mekaanisen tilavuuslaskijan periaatteella toimiva virtausmittari. Sähköistä pulssiulostuloa varten mekaanisiin virtausmittareihin liitetään pulssianturit. Pulssianturien valitsemiseksi olemassa olevien virtausmittareiden tyytit käydään läpi yhteistyössä järjestelmätoimittajan kanssa. Tarvittaessa vanhoja virtausmittareita uusitaan. Järjestelmätoimittaja toimittaa mittauspisteille sopivan tyyppiset pulssianturit.

Ilmavoimien lentopolttoainesäiliöt on jo ennestään varustettu pinnanmittausantureilla, joilta tulee tieto yleensä varaston valvomossa sijaitsevaan tiedonkeruuyksikköön. Olemassa olevat pinnanmittausjärjestelmät yhdistetään APAJA-tietojärjestelmään. Pinnanmittaustietoa käytetään järjestelmässä vertailuarvona virtausmittareilta otettavan laskennallisen saldotiedon rinnalla.

6.2.3 Käyttöliittymät

Lentopolttoainevarastoilla käyttöliittymiä asennetaan niihin pisteisiin, jossa polttoainetta voidaan vastaanottaa varastoon sekä niihin pisteisiin, joissa varastolta voidaan siirtää polttoainetta säiliöajoneuvoon. Käyttöliittymiin asennetaan RFID-lukijat tunnistneiden lukua varten sekä näyttölaitteet käyttäjän ohjaamista varten. Järjestelmätoimittaja toteuttaa käyttöliittymän Ex-hyväksytyillä komponenteilla, jos käyttöliittymän sijoituspaikka niin edellyttää. Näyttölaite muun muassa ohjaa käyttäjää tunnistneiden esittämisessä, ilmoittaa tunnistuksen hyväksynnästä tai epäonnistumisesta sekä antaa luvan aloittaa haluttu polttoaineen siirto. Henkilö- ja ajoneuvotunnisteina käytetään APAJA-järjestelmässä jo käytössä olevia tunnistetyyppejä, jotka esitettiin tässä työssä kuvassa 5.2.

6.2.4 Toimintojen ohjaus

Lentopolttoainevarastojen toimintojen ohjaamiseen käytetään teollisuus-PC:tä, jolle asennetaan toimittajan EcoSmart SSD -ohjainpalvelin. Kyseinen ohjaustietokone sijoitetaan ohjainkaappiin lentopolttoainevaraston yhteyteen. Palvelin toteuttaa varaston

saldomittauksen ja tapahtumaseurannan keräämällä tarvittavat tiedot pulssiantureilta ja lukijalaitteilta. Joissakin tapauksissa palvelimelle on vietävä tieto myös tiettyjen venttiilien asennoista, joista palvelin päättää, mitä polttoaineen siirtotapahtumaa milloinkin ollaan suorittamassa. Tämä tulee kyseeseen esimerkiksi sellaisella mittauspisteellä, jossa samaa mittalaitetta käytetään sekä varastoon tulevan että sieltä lähtevän polttoaineen mittaamiseen. [37]

6.2.5 Varaston tietoliikenneyhteydet

Lentopolttoainevaraston ohjaintietokoneen ja keskitetyn tietojärjestelmän välistä kommunikointia varten ohjaintietokone kytketään puolustusvoimien HALNET-verkkoon. Lentopolttoainevarastoille on toteutettava HALNET-yhteys, mikäli sitä ei aiemmin ole tehty. Uudet lähiverkkoyhteydet voidaan toteuttaa esimerkiksi Ethernet-tekniikalla. Varaston ohjaintietokoneen kytkentä HALNET-verkkoon tapahtuu TCP/IP-kytkimellä.

Järjestelmätoimittaja suunnittelee tarvittavat tiedonsiirtokaapeloinnit mittauslaitteilta, käyttöliittymiltä ja mahdollisilta muilta tiedonkeruukomponenteilta varaston ohjaintietokoneelle.

6.3 Automaattinen jakeluseuranta

Tukikohtien sisäisen lentopolttoainejakelun seurannan automatisointi asetettiin järjestelmän toiseksi päätavoitteeksi. Seuraavaksi kuvattava toteutusratkaisu mahdollistaa jakelutapahtumien sähköiset kirjaukset ja tapahtumien historiatietojen selaamisen tietojärjestelmässä, mutta ei tukikohdan sisäisen jakelutoiminnan reaaliaikaista tilannekuvaa. Myös jakeluseurannan tapahtumat kerätään APAJA:n keskitettyyn tietojärjestelmään, johon järjestelmätoimittaja tekee tarvittavan konfiguroinnin, kuten jo edellä kappaleessa 6.2.1 mainittiin.

6.3.1 Painetankkausautojen seurannan toteutus

Seurantajärjestelmän tarvittavat toiminnallisuudet voidaan toteuttaa asentamalla painetankkausautoihin seuraavat komponentit [37]:

- ohjaintietokone
- pulssianturi
- RFID-lukija
- näyttölaite ja numeronäppäimistö
- pumpunohjain

Ilma-alukseen tankattavan polttoainemäärän mittaamiseksi ilmavoimien painetankkausautot on valmiiksi varustettu mekaanisella tilavuuslaskijalla ja siihen liitetyllä numerolaskurilla. Seurantajärjestelmän tarvitseman sähköisen mittaustiedon saamiseksi mekaaniseen mittauslaitteeseen liitetään pulssianturi. Järjestelmätoimittaja valitsee au-

toihin sopivan pulssianturityypin. Painetankkausauton polttoainemäärän mittauslaitetta käytetään mittaamaan auton omalla pumpulla tehtäviä polttoainesiirtoja, kuten ilma-aluksien tankkauksia, polttoaineen imua ilma-aluksesta ja polttoaineen siirtoa auton ja perävaunun välillä.

RFID-lukijaa käytetään ilma-alus-, henkilö- ja perävaunutunnisteiden lukemiseen. Näin toteutetaan painetankkausauton seurantatapahtumissa tarvittavat automaattiset tunnistukset. RFID-lukija sijoitetaan auton tankkauslaitekaappiin, jonka kuva esitettiin luvussa 4.6. Sijoituspaikka on luokiteltu räjähdysvaaralliseksi tilaksi ja edellyttää Ex-hyväksytyt lukijan. Järjestelmätoimittaja valitsee sopivan lukijatyypin.

Tankkauslaitekaappiin sijoitetaan myös Ex-hyväksytty näyttölaite ja numeronäppäimistö. Näyttölaitteella ohjataan käyttäjää järjestelmän käytössä, kuten esimerkiksi tunnistusten esittämisessä ja tankkauksen aloittamisessa. Numeronäppäimistöllä voidaan tarvittaessa näppäillä manuaalisesti ilma-aluksen yksilötunniste, jos kyseisellä ilma-aluksella ei ole käytössä RFID-tunnistetta.

Pumpunohjainta käytetään painetankkausauton pumpun toiminnan ohjaamiseen. Toimintalogiikka tehdään sellaiseksi, että esimerkiksi tankkausta aiottaessa pumppu ei käynnisty ennen hyväksytyjä tunnistuksia tai mikäli auton vesikokeen suorituksen voimassaoloaika on mennyt umpeen. Pumpunohjain voidaan mahdollisesti sijoittaa auton hyttitiloihin, jolloin komponentin ei tarvitse olla Ex-hyväksytty. Järjestelmätoimittaja valitsee tarkoitukseen sopivan pumpunohjaimen. APAJA-maapolttoainejärjestelmässä käytetyn pumpun ohjaimen tekniset tiedot on esitetty liitteessä 3.

Lisäksi painetankkausautoihin asennetaan ohjaintietokone, jonka ohjelmistolla ohjataan järjestelmän komponenttien keskinäistä toimintaa ja johon järjestelmän keräämät tapahtumatiedot tallennetaan. Tietokone sijoitetaan auton hyttiin, jolloin sen ei tarvitse olla Ex-hyväksytty. Järjestelmätoimittaja asentaa autoihin sopivan tyyppiset teollisuus-PC:t ohjelmistoineen. Lisäksi järjestelmätoimittaja suunnittelee ja toteuttaa tietokoneen ja muiden järjestelmäkomponenttien tarvitsemat kaapeloinnit ja virransyötöt. [37]

Tässä toteutuksessa tiedonsiirto keskitetyn tietojärjestelmän ja painetankkausauton välillä ei ole reaaliaikaista. Painetankkausauton tapahtumatiedot puretaan tietojärjestelmään tasaisin väliajoin siirrettävällä muistilaitteella, jonka tyyppi tarkentuu muiden komponenttien tavoin hankkeen myöhemmässä vaiheessa.

6.3.2 Pumppukärryjen seurannan toteutus

Seurantajärjestelmän tarvittavat toiminnallisuudet voidaan toteuttaa seuraavilla komponenteilla:

- pulssianturi
- kannettava käyttöliittymä, johon kuuluu
 - o tietokone
 - o RFID-lukija
 - o näyttölaite ja numeronäppäimistö

Ilmavoimilla on käytössään kymmeniä pumppukärryjä. Kustannusten säästämiseksi kaikkia seurantajärjestelmän toiminnallisuuksien edellyttämiä komponentteja ei asenneta kiinteästi jokaiseen pumppukärryyn. Sen sijaan käytetään erillistä käyttöliittymää, joka sisältää tietokoneen, RFID-lukijan, näytön ja näppäimistön. Käyttöliittymä vastaa jossain määrin APAJA-järjestelmässä käytössä olevaa MAJA-salkkua, mutta lentopolttoainehuollossa käytettävä versio toteutetaan fyysisesti pienemmässä koossa. Siinä tietokoneena ei käytetä perinteistä kannettavaa tietokonetta, vaan jotain pienikokoisempaa teollisuus-PC:tä.

RFID-lukijaa käytetään henkilöiden, ilma-alusten ja perävaunujen automaattiseen tunnistamiseen. Käyttöliittymän näytöllä ohjeistetaan järjestelmän käyttäjää ja näppäimistö mahdollistaa tarvittaessa ilma-aluksen tunnisteenumeron näppäilyä manuaalisesti. Näiltä osin käyttöliittymän toiminnot vastaavat painetankkausauton toimintoja.

Pumppukärryt varustetaan kiinteästi ainoastaan pulssianturilla, joka kytketään kärryn mekaaniseen mittalaitteeseen. Pulssianturiin tulee liitäntä, johon erillinen käyttöliittymäyksikkö voidaan kytkeä. Kun käyttöliittymä kytketään pumppukärryyn, se tunnistaa kyseisen pumppukärry-yksilön. Pumppukärrytankkauksessa tieto polttoainemäärästä siirtyy pulssianturin välityksellä käyttöliittymän tietokoneelle. Järjestelmätoimittaja suunnittelee tarkemmin käyttöliittymän ja sen liitännän pumppukärryyn. Pulssianturin virransyöttöön on käytettävissä pumppukärryn akku tai vaihtoehtoisesti virransyöttö otetaan kannettavalta käyttöliittymältä. Tässä toteutuksessa pumppukärryihin ei tule sellaista toimintalogiikkaa, joka estää tankkauksen, jos jokin tunnistus ei onnistu. Tankkauksen suorittaminen kielletään tässä tapauksessa käyttöliittymän näytöllä näkyvällä ohjeistuksella, mutta pumppukärryn tankkauslaitteisto olisi todellisuudessa käytettävissä.

Kannettavia käyttöliittymiä hankitaan sellainen määrä, joka mahdollistaa tarvittavan määrän yhtäaikaista tankkauksia tukikohdissa. Pumppukärrytankkausten tapahtumatiidot puretaan käyttöliittymien tietokoneilta keskitettyyn tietojärjestelmään tasaisin väliajoin.

6.3.3 Perävaunujen seurannan toteutus

Perävaunuihin ei asenneta kiinteästi mitään seurantajärjestelmän komponentteja. Jokais-ta perävaunua kohti otetaan käyttöön RFID-yksilötunniste. Perävaunuun liittyviä seu-rantatapahtumia suoritettaessa tunniste luetaan painetankkausauton tai kannettavan käyttöliittymän RFID-lukijalaitteilla. Näin tapahtumatietoihin saadaan mukaan kyseisen perävaunun yksilötieto.

6.3.4 Tankkauskonttien seurannan toteutus

Tankkauskonttien seuranta toteutetaan vastaavilla komponenteilla kuin painetank-kausautojen seuranta. Ohjaintietokone sijoitetaan tankkauskontin sähkökaappiin. Tank-kauskonttien tarvitsema sähkönsyöttö, mukaan lukien myös seurantajärjestelmän kom-ponenttien tarvitsema sähkö, otetaan tukikohdan sähköverkosta.

6.4 Tukikohdan reaaliaikainen tilannekuva

Tässä diplomityössä on tarkasteltu myös tukikohdan paikallisen reaaliaikaisen tilanne-kuvan toteuttamisen edellytyksiä, vaikka se ei kuulunut seurantajärjestelmän alkuperäi-siin päätavoitteisiin. Seuraavaksi esitetään eräs ratkaisu, millä tavalla mainittu tilannekuva voitaisiin toteuttaa järjestelmään. Paikallisen tilannekuvan toteutus ei edellytä juuri muutoksia edellä kuvattuihin automaattisen varastoseurannan ja jakeluseurannan toteu-tuksiin, vaan seuraavaksi esitettävät ratkaisut lisätään kyseiseen järjestelmäkokonaisuu-teen.

6.4.1 Langattoman tiedonsiirron toteutus

Jotta tilannekuvasta saadaan reaaliaikainen, on kiinnostava informaatio siirrettävä pai-netankkausautoista ja kannettavista käyttöliittymistä välittömästi keskitettyyn tietojär-jestelmään. Tämä voidaan toteuttaa langattoman lähiverkon avulla. Tukikohtiin on sijoi-tettava riittävä määrä WLAN-tukiasemia, jotka liitetään HALNET-verkkoon. Tankkaus-laitteisiin puolestaan on asennettava WLAN-lähetin/vastaanottimet.

6.4.2 Painetankkausauton tilannekuvatoiminnot

Tilannekuvan toteuttamiseksi painetankkausautoihin lisätään seuraavat järjestelmäkom-ponentit:

- kuljetussäiliön pinnanmittausjärjestelmä
- GPS-paikannin
- WLAN-lähetin/vastaanotin

Pinnanmittausjärjestelmää tarvitaan painetankkausauton kuljetussäiliössä olevan poltto-ainemäärän jatkuvaan mittaukseen. Näin tietojärjestelmään saadaan tilannekuvassa kiinnostava tieto autojen lentopolttoainetilanteesta. Tätä tietoa ei voida saavuttaa seu-

raamalla laskennallisesti painetankkausauton virtausmittarin lukemia, koska mittaria ei käytetä esimerkiksi silloin, kun autoa täytetään polttoainevarastolta. Jatkuva säiliön osastokohtainen pinnanmittaus kertoo luotettavasti todellisen säiliössä olevan polttoainemäärän. Pinnanmittaukseen soveltuva mittatikkujärjestelmää tarkasteltiin tässä työssä luvussa 4.6. Tällainen järjestelmä tulisi asentaa kaikkiin painetankkausautoihin sekä myös tankkauskontteihin. Tosin osassa konteista järjestelmä on jo valmiiksi olemassa.

GPS-paikantimien avulla käytössä olevien painetankkausautojen sijaintitieto saadaan tietojärjestelmään. GPS-paikannin voidaan integroida auton hyttiin sijoitettavaan ohjaintietokoneeseen.

WLAN-lähetin/vastaanotin mahdollistaa langattoman tiedonsiirron keskitettyyn tietojärjestelmään. Myös tämä komponentti voidaan integroida ohjaintietokoneeseen. Sekä WLAN-lähetin/vastaanotin että GPS-paikannin tulee asentaa myös tulevaisuudessa käyttöön otettavaan pumppuautoon. Järjestelmätoimittaja valitsee ajoneuvoihin yhteensopivat laitteet.

6.4.3 Hydrant-järjestelmän tilannekuvatoiminnot

Hydrant-järjestelmän osalta kiinnostavat tilannekuvatoiminnot toteutetaan seuraavasti:

- kannettaviin käyttöliittymiin integroidaan WLAN-lähetin/vastaanottimet
- päiväsäiliöiden pinnanmittausjärjestelmät linkitetään keskitettyyn tietojärjestelmään.

WLAN-lähetin/vastaanottimen avulla pumppukärrytankkauksien tapahtumatiedot voidaan siirtää reaaliajassa kannettavilta käyttöliittymiltä keskitettyyn tietojärjestelmään.

Tukikohtien päiväsäiliöissä on jo olemassa pinnanmittausjärjestelmät. Säiliöiden tilannekuvatiedon tuottamiseksi nämä järjestelmät on linkitettävä HALNET-yhteyden kautta seurantajärjestelmän keskitettyyn tietojärjestelmään. Tämä edellyttää puuttuvien HALNET-yhteyksien rakentamista niihin sähkökeskuksiin, joissa päiväsäiliöiden pinnanmittausjärjestelmien tiedonkeruulaitteet sijaitsevat.

6.4.4 Perävaunujen tilannekuvatoiminnot

Perävaunuihin ei asenneta järjestelmäkomponentteja, joten niiden tilannekuvaa seurataan järjestelmän muiden osien avulla. Perävaunu voidaan täyttää kiinteältä varastolta, jolloin polttoainemäärä mitataan varaston täyttöpaikan mittalaitteella. Perävaunuun voidaan siirtää polttoainetta painetankkausautosta ja perävaunusta voidaan tankata ilma-alusta painetankkausauton kautta, joissa tapauksissa polttoainemäärä mitataan auton mittalaitteella. Perävaunusta voidaan tankata myös pumppukärryn kautta, jolloin polttoainemäärä mitataan pumppukärryn mittalaitteella kannettavalle käyttöliittymälle. Kaikissa näissä tapauksissa perävaunuyksilö tunnistetaan lukemalla RFID-tunniste kyseessä

olevan käyttöliittymän lukijalla (varaston, painetankkausauton tai kannettavan käyttöliittymän lukijalla). Käyttöliittymältä tieto tapahtuman polttoainemäärästä menee keskitettyyn tietojärjestelmään, jossa kyseisen perävaunun yksilön polttoainemäärän tilannetieto muuttuu vastaavasti. Järjestelmätoimittaja tekee keskitettyyn tietojärjestelmään tarvittavat konfiguroinnit.

Perävaunun sijaintia seurataan silloin, kun se on kytketty painetankkausautoon. Paikannus tapahtuu auton GPS-paikantimella. Auton ohjaintietokone tarvitsee tiedon, mikä perävaunun yksilö autoon on kytketty. Yksilötieto annetaan näyttämällä perävaunun yksilötunnistetta auton käyttöliittymän lukijalle. Järjestelmätoimittaja määrittelee tarkemmin, kuinka perävaunun kytkentä/irrotus voidaan informoida auton tietokoneelle.

7 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ HANKKEEN EDISTÄMISEKSI

Edellisessä luvussa kuvailtiin pääpiirteittäin lentopolttoaineen seurantajärjestelmän eräs toteutustapa, jolla järjestelmälle asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa. Järjestelmän toteuttamista on syytä kuitenkin vielä pohtia tietyistä näkökulmista, jotka voivat vaikuttaa siihen, onko esitetty toteutus järkevä tai edes mahdollinen. Tässä luvussa tarkastellaan muun muassa hankkeen kustannusnäkökulmaa, sekä hankinnan edistämisessä ja järjestelmän käyttöönotossa huomioitavia seikkoja.

7.1 Hankinnan yleisiä kustannusnäkökulmia

Automatisoitaessa erilaisia järjestelmiä on eräänä automatisoinnin perusteena usein sillä saavutettava toiminnan kustannustehokkuuden paraneminen ja joissain tapauksissa jopa suoranaiset kustannussäästöt. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän kohdalla järjestelmän hankinta- ja ylläpitokustannukset huomioiden voidaan melkein suoraan todeta, että toiminnan kustannukset eivät sen myötä tule alenemaan. Huomio on kiinnitettävä pikemminkin mahdolliseen kustannustehokkuuden parantumiseen toiminnan tehostumisen myötä. Reaaliaikaisen varastoseurannan on arvioitu helpottavan polttoaineen täydennyshankintojen suunnittelua ja ajoittamista, jolloin polttoainetta voidaan hankkia ilmavoimien kannalta mahdollisimman edullisilla sopimuksilla ja silloin, kun hinta on mahdollisimman alhainen. Lentopolttoaineen hinta vaihtelee samaan tapaan kuin muidenkin öljypohjaisten polttoaineiden hinta, öljyn hinnan vaihteluja seurailten. Polttoainetilauksista vastaava taho on kuitenkin tähänkin asti voinut saada varastojen saldotiedot tiedustelemalla niitä esimerkiksi puhelimitse tukikohdista. Sinänsä saman tiedon saamisen nähtävillä tietojärjestelmään voi arvioida tehostavan hankintatoimintaa korkeintaan vain hieman. Lisäksi reaaliaikaisen varastotilannekuvan ansiosta tehostuu itse lentotoiminnan suunnittelu.

Myöskään lentopolttoaineen jakeluseurannassa ei suoria kustannussäästöjä saavuteta sillä, että tapahtumatiedot kirjautuvat automaattisesti sähköiseen järjestelmään sen sijaan, että joku kirjaa ne ensin paperille ja siirtää myöhemmin sähköiseen muotoon. Tiedonkeruun automatisoinnista huolimatta tarvitaan edelleen sama henkilöstömäärä valvomaan ja suorittamaan jakelutapahtumia. Epäsuorasti kustannussäästöjä voidaan saavuttaa esimerkiksi siinä tapauksessa, että polttoaineessa ilmenee laatuongelmia jossain jakeluketjun pisteessä. Tällöin jäljitettävyystietojen parempi saatavuus voi helpottaa laatuongelman selvittämistä ja sen leviämisen estämistä, mikä taas voi ennaltaehkäistä

ongelmasta koituvien lisäkustannusten syntyä. Nämä lisäkustannukset voisivat pahimmillaan olla suuriakin, jos laatuongelmien seurauksena olisi ilma-alusten toimintahäiriöitä puhumattakaan lento-onnettomuudesta. Kuitenkin laadunvalvonta sinänsä on jo aiemminkin menettelyillä ollut hyvällä tasolla, eikä voida sanoa automaattisen seurantajärjestelmän tuovan siihen perustavanlaatuista parannusta. Tiedonkeruun automatisointi parantaa tiedonhallintaa muun muassa ehkäisten inhimillisiä virheitä, joiden todennäköisyys on suurempi manuaalisessa kirjaamisessa. Lisäksi henkilöstön työkuorma jakeluketjun tiedonhallinnassa kevenee eli siltä osin toiminta tehostuu. Mikäli jakeluseuranta toteutetaan reaaliaikaisilla ominaisuuksilla, voidaan tehostaa myös tukikohdan paikallisen lentopolttoainehuollon johtamista. Edellisen luvun toteutusesityksestä ilmenee, ettei reaaliaikaisten tilannekuvaominaisuuksien toteuttaminen edellytä kovin merkittäviä lisähankintoja järjestelmään, vaan kyse on yleistyneistä ajoneuvopaikannuksen ja langattoman tiedonsiirron perusratkaisuista. Ne tuskin kohtuuttomasti nostavat järjestelmän kustannuksia.

Kustannustehokkuutta arvioitaessa on toisessa vaakakupissa siis toiminnan tehokkuuden kasvu ja toisessa puolestaan järjestelmän hankinnan ja sen ylläpitämisen aiheuttama kustannusten kasvu. Hankintakustannukset aiheuttavat oman lyhytaikaisen kustannuspiikkinsä, ja pitemmällä tähtäimellä kustannusten nousu mitataan ylläpitokustannuksissa. Niitä koituu tietoliikenneyhteyksistä, komponenttien virrankulutuksesta ja mahdollisista huoltosopimuksista. Lisäkustannuksia voi aiheutua vielä järjestelmän vikatilanteiden selvittelystä. Onkin vaikea nähdä, että vaaka mitenkään selvästi kallistuisi kustannustehokkuuden nousun puolelle. Voidaan vetää karkeahko johtopäätös, että rahallisilla hyödyillä ei juuri voida järjestelmän hankintaa perustella. Toisaalta niin ei tarvitsekaan olla, koska Ilmavoimat organisaationa ei ole kaupallinen yritys, jollaisen tavoitteena on tehdä rahallista voittoa. Ilmavoimien tehtävä sen sijaan on tuottaa Suomen ilmapuolustuksen riittävä suorituskyky, joten kehityshankinnoilla parannetaan ensisijaisesti toiminnan laatua ja vasta sen jälkeen kustannustehokkuutta. Riittävän suorituskyvyn jatkuva ylläpito edellyttää ajoittain myös tällaisten toiminnan tukijärjestelmien modernisointia hyödyntäen tekniikan kehityksen suomia mahdollisuuksia. Tällä taataan kehityksessä mukana pysyminen ja luodaan perusta jälleen seuraavien kehitysaskelien ottamiselle tulevaisuudessa, mikä olisi vaikeampaa jämähtämällä liian pitkäksi aikaa vanhentuneisiin toimintamenetelmiin.

7.2 Hankinnan edistäminen vaiheittain

Lentopolttoaineen seurantajärjestelmähankkeen edetessä hankintavaiheeseen on tehtävä päätös siitä, kuinka kattavilla ominaisuuksilla järjestelmä varustetaan. Hyvänä lähtökohdana voidaan pitää, että ainakin järjestelmän päätavoitteet saavutetaan. Näin ollen ensiksi kannattaa toteuttaa reaaliaikaisen varastotilannekuvan ja sähköisen jakeluseurannan tuottavat järjestelmäratkaisut, joiden toteutus esitettiin osissa 6.2 ja 6.3. Sen sijaan aika ei vielä ole kypsä tukikohdan paikallisen reaaliaikaisen tilannekuvan tuottavalle järjes-

telmälle. APAJA-maapolttoainejärjestelmää suunniteltaessa puolustusvoimien taholta ei tietoturvasyistä annettu lupaa langattoman tiedonsiirron liittämiseksi HALNET-verkkoon. Ilman langatonta tiedonsiirtoa ei lentopolttoaineen seurantajärjestelmässä voida saavuttaa paikallisen tilannekuvan ominaisuuksia. Tiukka hankintabudjettikaan ei välttämättä sallisi näiden lisäominaisuuksien aiheuttamaa vähäistäkään kustannusnou-sua. Järjestelmä kannattaa kuitenkin toteuttaa siten, että sen ominaisuuksien laajentami-nen on mahdollista myöhemmin. Siten myös tukikohdan tilannekuvan edellyttämä jär-jestelmäosuus, joka esitettiin osassa 6.4, voidaan toteuttaa myöhemmässä vaiheessa rahoitustilanteen ja tietoturvapolitiikan niin salliessa. Toteutusesityksestä ilmenee, että tämä laajennus pitäisi olla melko helppo toteuttaa osissa 6.2 ja 6.3 kuvaillun järjestel-män pohjalta.

Hankinnan ensimmäisessä vaiheessa ei vielä hankita koko valtakunnan kattavaa järjes-telmää. Toiminnallisuuksien testaamiseksi ensin hankitaan järjestelmän prototyyppi, joka sijoitetaan yhteen tukikohtaan. Siellä järjestelmää testataan huolellisesti sen kaikil-ta ominaisuuksilta ja vaihtelevissa ympäristöolosuhteissa. Testivaiheella varmistutaan, että järjestelmän toiminnallisuudet ovat riittävät, sen käytettävyys on hyvä, ja että se todella toimii luotettavasti ja oikein kaikissa tilanteissa ja olosuhteissa. Valtakunnallinen järjestelmä voidaan hankkia vasta sitten, kun järjestelmän prototyyppi on todettu kaikil-ta osin käyttökelpoiseksi. Jotta järjestelmän prototyyppiversiolla on mahdollista testata tarvittavat asiat, on se toteutettava riittävän monipuolisesti. Tämä edellyttää sitä, että kaikki tässä diplomityössä esitetyt lentopolttoaineseurannan tapahtumat voidaan testata. Testijärjestelmän piiriin on sisällyttävä tukikohdan lentopolttoainevarasto, hydrant-järjestelmä, päiväsailiöt ja erityyppiset tankkauslaitteet ja -ajoneuvot. [8, 12]

7.3 Järjestelmän käyttöönotto

Lentopolttoaineen automaattisen seurantajärjestelmän käyttöönotossa eräs ratkaistava asia on se, millaisilla kirjanpidon lähtöarvoilla järjestelmä voidaan ottaa käyttöön. Käyt-töönoton hetkellä täytyy vallita jonkinlainen varastokirjanpidon kannalta tarkasti tunnet-tu lähtötilanne, josta alkaen järjestelmä alkaa seurata lentopolttoainejakelun tapahtumi-en kulkua ja ylläpitämään tietoa varastosaldoista. Käytännössä selkeitä vaihtoehtoja varastokirjanpidon tarkoituksi lähtöarvoiksi on kaksi: varastosäiliöt ovat käyttöönottohet-kellä joko aivan tyhjiä tai kokonaan täysiä. Molemmissa tapauksissa tiedetään varmasti kyseisen lähtötilanteen valtakunnallinen varastosaldo. Ensimmäisessä vaihtoehdossa se on luonnollisesti nolla ja toisessakin saldo tiedetään, koska lentopolttoainevarastojen kokonaistilavuudet ovat tunnettuja. [8]

Näistä kahdesta käyttöönoton lähtötilannevaihtoehdosta kannattaa toteuttaa se, kumpi onnistuu helpommin ja häiriten mahdollisimman vähän lentopolttoainehuollon käynnis-sä olevaa toimintaa. Varastojen tyhjentäminen voi osoittautua melko ongelmalliseksi. Kaikkea varastoissa olevaa polttoainetta ei nimittäin välttämättä ole mahdollista nopeas-

ti saada luovutettua kulutukseen, koska päiväsaalioiden, painetankkausautojen ja perävaunujen säiliötilavuus ei riitä vastaanottamaan kaikkea varastoista tyhjennettävää polttoainetta. Niiden säiliötilavuudesta osa todennäköisesti on jo ennestään käytettynä aiemmin kulutukseen luovutetun polttoaineen sijoittamiseksi. Myöskään polttoaineen tehostettu kuluttaminen varastojen tyhjentämiseksi eli lentotoiminnan sopivasti ajoitettu lisääminen ei tule kysymykseen. Ainoa mahdollinen tapa toteuttaa varastojen tyhjentäminen on tehdä se varasto kerrallaan siten, että polttoainetta siirretään väliaikaisesti johonkin toiseen varastoon. Kun järjestelmä tyhjennetyssä varastossa on otettu käyttöön, voidaan muualle siirretty polttoaine palauttaa tähän varastoon, jolloin seurantajärjestelmä ottaa sen saldokirjanpitoonsa. Tällainen käyttöönottonenettely vaatii melkoisesti polttoaineen edestakaista siirtelyä varastojen välillä, eikä siinä mielessä vaikuta järkevältä. Lisäksi kulutukseen luovutetun polttoaineen osalta lähtöarvot pitäisi siirtää automaattiseen järjestelmään manuaalisen kirjanpidon senhetkisestä tilanteesta. Niihin lähtöarvoihin sisältyisi siihenastisten mittausten kerryttämä virhe.

Toinen järjestelmän käyttöönottovalikoima on siis lentopolttoainevarastojen ottaminen kokonaan täyteen. Tämä voidaan tehdä siten, että ensin kaikki sillä hetkellä kulutukseen luovutettuna oleva polttoaine palautetaan varastoon. Kun kulutukseen luovutettu saldo on saatu nollassa, täytetään varaston jäljellä oleva kapasiteetti polttoainetäydennyksillä öljy-yhtiöltä. Tällöin päästään tarkasti tunnettuun lähtötilanteeseen, jossa varasto on kokonaan täynnä ja kulutukseen luovutettu nollassa. Haittaava tekijä on, että kulutukseen luovutetun saldon nollaaminen, mikä tarkoittaa päiväsaalioiden, painetankkausautojen ja perävaunujen tyhjentämistä, voi hetkellisesti estää lentotoiminnan kyseisessä tukikohdassa. Tukikohdissa tosin on säännöllisesti muutenkin sellaisia suunniteltuja päiviä, jolloin ei ole lentotoimintaa, joten järjestelmän käyttöönotto voidaan ajoittaa johonkin tällaiseen ajankohtaan. Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän käyttöönotto vaikuttaa olevan selkeintä tehdä siten, että lähtötilanteessa varastot täytetään ja kulutukseen luovutettu saldo tyhjennetään nollassa. Käyttöönottonenettelyä tulee vielä arvioida niiden kokemusten perusteella, joita saadaan järjestelmän prototyypivaiheen käyttöönotosta yhdestä tukikohdasta.

Ilmavoimien lentopolttoainehuollon kaupallisen kirjanpidon menettelytapoihin seurantajärjestelmän käyttöönotto ei tuo muutosta. Öljy-yhtiö laskuttaa toimittamansa polttoaineen jatkossakin normaalilitroina niiden mittausten perusteella, jotka se tekee omissa tiloissaan toimituserän lähetyksen yhteydessä. Seurantajärjestelmän määrittelytyössä ei ilmennyt syitä tämän menettelytavan muuttamiselle, vaan käytettyjen menettelyjen on todettu olleen toimivia. Laskutuksen perusteena olevien mittausten siirtäminen ilmavoimien tiloihin olisi edellyttänyt paitsi mittaustulosten muuntaamista volyymilitroista normaalilitroiksi, myös mittalaitteiden tarkkuuden parantamista ja vakaamista. Tämä olisi nostanut järjestelmän kustannuksia ilman, että mitään suoranaista lisäarvoa kaupallisten menettelyjen muutoksilla olisi saatu.

7.4 Kriisin ajan lentopolttoaineseuranta

Lentopolttoaineen seurantajärjestelmän on kokonaisuutena palveltava mahdollisimman hyvin ilmavoimien sekä rauhan- että sodanajan lentopolttoainehuoltoa. Onkin syytä vielä hieman tarkastella ilmavoimien sodanajan lentopolttoainehuollon menetelmiä ja pohtia niiden eroavaisuuksia päivittäiseen rauhan ajan toimintaan verrattuna. SA-toiminta on kuitenkin loppujen lopuksi sitä, johon ilmavoimien kaikessa toiminnassa valmistaudutaan. Kuten jo aiemmin on mainittu, voidaan seurantajärjestelmällä saavutettavaa valtakunnallista varastotilannekuvaa hyödyntää myös kriisin ajan operatiivisen toiminnan suunnittelussa ja johtamisessa. Reaaliaikaisen varastotilannekuvan tuottavan järjestelmän hankinta siis on perusteltua sekä rauhanajan että kriisinajan toimintaa ajatellen.

Samalla tavalla olisi perusteltua myös tukikohan paikallisen tilannekuvan tuottavan järjestelmän hankinta, koska paikallisestakin tilannekuvasta olisi kiistatonta hyötyä SA-operaatioissa. Edellä todettiin, ettei paikallisen tilannekuvan ominaisuuksia ainakaan heti voida toteuttaa, joten tarkastellaan seuraavaksi pelkän tankkaustoiminnan sähköisen dokumentoinnin käyttöä sodan ajan toiminnassa. Tällaisesta sähköisestä jakeluseuranasta saatavat hyödyt kohdistuvat ennen kaikkea päivittäiseen rauhan ajan toimintaan. Lentopolttoaineen jakeluketjua kyllä dokumentoidaan myös kriisin aikana, mutta jakelutoiminnan järjestely muuttuu. Kriisin aikana, riippuen tietysti kriisin luonteesta, lento-toimintaa mahdollisesti hajautetaan päätukikohdista pienempiin tukikohtiin ja maantietukikohtiin. Tällöin toimitaan vähemmissä määrin kiinteisiin polttoainejärjestelmiin tukeutuen, vaan enemmänkin siirrettävällä polttoainekalustolla. Tukikohtarakenne ja sen mukana muun muassa tietoverkkoinfrastruktuuri muuttuu rauhanajan olosuhteisiin verrattuna. Tämä edellyttää seurantajärjestelmältä joustavuutta siinä suhteessa, että kaikki tarvittavat tietoliikenneyhteydet saadaan käyttöön muuttuvissa tilanteissa. On helposti kuviteltavissa, että kaikissa tilanteissa tähän ei pystytä eikä kaikkea tarvittavaa polttoaineseurantatietoa ole aina saatavissa järjestelmään. Puuttumaan jääneillä tiedoilla taas on heti omat vaikutuksensa seurannan pysymiseen ajan tasalla ja todellisuutta vastaavana. Näissä tilanteissa manuaalisilla polttoainekirjanpidon menettelyillä on nähtävissä omat hyvät puolensa. Esimerkiksi tankkausauton mukana kulkevaan ruutuvihkoon voidaan kirjata maantietukikohdassa tehtävän tankkauksen tiedot riippumatta siitä, onko sähköä tai tietoliikenneyhteyttä juuri siellä ja sillä hetkellä saatavilla vai ei. Kriisitilanteessa, varustettaessa nopealla aikataululla varatukikohtaa käyttökelpoiseksi niin, että lentokalusto voi siihen tukeutua, ei lentopolttoainehuollon dokumentoinnin tietojärjestelmä todennäköisesti ole prioriteettilistalla aivan korkeimpana.

Manuaalisen dokumentoinnin toinen etu liittyy tietoturvaan. Vihollisen tietoliikenneyhteyksien häirintä ja salakuuntelu on eräs sodankäynnin aseista. Lentopolttoaineseurannan tietoliikenteestä voi olla pääteltävissä ilmavoimien suorituskykyyn liittyviä tietoja, jotka saattavat kiinnostaa vieraita sotilastahoja. Tämä koskee jossain määrin myös rau-

hanajan toimintaa. Kriisitilanteessa voi vihollisen kohteena ylipäättään olla tukikohdan ylläpitojärjestelmät kuten sähköjärjestelmät. Kynällä paperille tehtävään dokumentointiin vihollinen ei etäältä voi päästä käsiksi, joten lähtökohtaisesti sen tietoturva on sähköistä järjestelmää parempi. Lentopolttoaineen tankkaustoiminnan sähköisen seurantajärjestelmän tuomat hyödyt eivät siis SA-tilanteen näkökulmasta ole aivan itsestään selviä. Järjestelmän käytettävyyttä on syytä prototyypin kokeiluvaiheessa testata myös hajautettua toimintaa harjoiteltaessa. Kokeilujen perusteella voidaan vetää jotain johtopäätöksiä järjestelmän käytettävyydestä sodanaikana. Kaiken kaikkiaan sodanajan toiminta on sen luontaista, että sitä on vaikea tarkkaan ennakoida, mikä tekee haastavaa järjestelmän määrittelystä niihin tarpeisiin. Tästä syystä määrittelyn perusteena onkin tässä työssä käytetty rauhanajan jokapäiväisiä lentopolttoainehuollon toimenpiteitä. Rauhanajan toiminnalle sähköisen jakeluseurannan voidaan nähdä tuovan niin selkeitä hyötyjä, että hankinta on perusteltu huolimatta sodanajan toimintaan liittyvistä epävarmuuksista. Kriisinaikana sähköistä lentopolttoaineseurantaa on mahdollista tarpeen tullen täydentää tai korvata manuaalisella dokumentoinnilla. Järjestelmällä saadaan lisäarvoa kriisin ajan toimintaan, jos sen ominaisuuksia myöhemmässä vaiheessa laajennetaan siten, että myös tukikohtien paikallinen reaaliaikainen tilannekuva voidaan tuottaa.

8 YHTEENVETO

Tämän diplomityön tarkoitus oli pohjustaa lentopolttoaineen automaattisen seurantajärjestelmän hankintaa ilmavoimien lentopolttoainehuollon käyttöön. Ensiksi työssä selvitettiin ilmavoimien lentopolttoainehuollon toimintaa yleensä ottaen ja polttoaineen jakeluketjussa käytettyjä manuaalisia kirjanpitomenetelmiä. Samoin alkuvaiheessa tarkasteltiin, mistä tekijöistä on aiheutunut tarve kirjanpidon sähköistämiseksi ja osittaiselle automatisoinnille. Polttoaineen jakeluketjussa esiintyvät seurattavat tapahtumat kartoitettiin yksityiskohtaisesti, jotta voitiin määritellä, mitä tietoja järjestelmän on pystyttävä mittaamaan ja keräämään. Järjestelmän ensisijainen tarkoitus on lentopolttoainevarastojen reaaliaikaisen saldotilannekuvan tuottaminen. Lisäksi järjestelmä kerää tietoa tukikohtien sisäisestä polttoaineen jakelutoiminnasta koko jakeluketjun kattavan tapahtumaseurannan ja jäljitettävyyden saavuttamiseksi. Työssä selvitettiin myös mahdollisuuksia toteuttaa järjestelmään ominaisuudet, joilla se voisi tuottaa paikallisen tason reaaliaikaista tilannekuvaa tukikohdan sisäisestä polttoaineenjaketuloiminnasta.

Lentopolttoaineseurannan toiminnallisten vaatimusten määrittelyn ohella tässä työssä perehdyttiin sellaisiin teknisiin ratkaisuihin, joilla järjestelmältä vaaditut toiminnot voitaisiin toteuttaa. Varastoseurantaan toteutusmalli löytyi käytössä olevasta puolustusvoimien APAJA-maapolttoainejärjestelmästä. Sähköisen jakeluseurannan toteutus on räätälöitävä spesifisemmin nimenomaan kyseistä toimintaympäristöä varten. Tekniset ratkaisut ovat saatavilla myös tukikohtien sisäisen tilannekuvan toteuttamiseksi, mikäli hankkeen rahoitus ja langattoman tietoliikenteen tietoturvapoliittikka myöhemmin muuttuvat nykyistä suotuisimmiksi.

Työn loppupuolella tarkasteltiin vielä hankkeen edistämiseksi ja järjestelmän käyttöönotossa huomioitavia asioita. Järjestelmän soveltuvuus käyttötarkoitukseensa varmistetaan yhteen tukikohtaan asennettavan kokeiluversion avulla ennen valtakunnallisen järjestelmän käyttöönottoa. Lentopolttoaineen automaattinen seurantajärjestelmä tulee tehostamaan ilmavoimien lentopolttoaineen hankintatoimintaa sekä lentotoiminnan johtamista. Järjestelmä parantaa myös jakeluketjun tiedonhallintaa ja varmentaa entisestään korkeatasoista lentopolttoaineen laadunvalvontaa. Lisäksi hankinnalla mahdollistetaan eri puolustushaarojen polttoainejakelun hallinta yhteisellä tietojärjestelmällä. Toiminnan kustannusten hienoisesta noususta huolimatta lentopolttoaineen automaattista seurantajärjestelmää voidaan pitää tärkeänä kehitysaskeleena lentopolttoainehuollon menetelmien nykyaikaistamiseksi.

LÄHTEET

1. Suomen sähköinen säädöskokoelma Finlex [tietokanta]. [viitattu 18.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi>.
2. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), standardit [WWW]. [viitattu 16.6.2013]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Kemikaalit-ja-kaasu/Standardit>.
3. Joint Inspection Group (JIG) [WWW]. [viitattu 18.1.2013]. Saatavissa: <http://www.jointinspectiongroup.org>.
4. 1243/2005. 2005. Valtioneuvoston asetus sotilasilmailusta [WWW]. [viitattu 18.1.2013]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2005/20051243>.
5. Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi [WWW]. [viitattu 16.6.2013]. Saatavissa: <http://www.trafi.fi/ilmailu>
6. YL211-10-1S1. Ilma-alusten lentopolttoainehuollon ohjeisto IPO [PDF]. Tampere 2004, Lentotekniikkalaitos. 398 s.
7. Ilmavoimien Materiaalilaitos [WWW]. [viitattu 16.6.2013]. Saatavissa: <http://www.puolustusvoimat.fi/portal/puolustusvoimat.fi/?ldmy&urile=wcm%3apath%3a/SU+Puolustusvoimat.fi/Puolustusvoimat.fi/Ilmavoimat/Materiaalilaitos>
8. Etelämäki, Seppo. Insinööri, Ilmavoimien Materiaalilaitos. Tampere. Useita haastatteluja tammikuun ja syyskuun välisenä aikana 2013.
9. Wallenius, Mikko. Lentopolttoainetaraston hoitaja, Satakunnan Lennosto. Pirkkala. Haastattelu 16.1.2013.
10. Kimpimäki, Timo. Lentopolttoainetaraston hoitaja, Karjalan Lennosto. Siilinjärvi. Haastattelu 23.1.2013.
11. Parkkila, Teemu. Lentopolttoainetaraston hoitaja, Lapin Lennosto. Rovaniemi. Haastattelu 5.2.2013.
12. Sauramäki, Tuomas. Insinööriyliluutnantti, sektorin johtaja, Ilmavoimien Materiaalilaitos. Tampere. Haastatteluja tammikuussa 2013.
13. Palmu, Martti. Insinööri, Ilmavoimien Materiaalilaitos. Tampere. Haastatteluja tammikuussa 2013.
14. Opetushallitus. Kunnossapidon perusteet [WWW]. [viitattu 2.9.2013]. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>
15. Ellman, Asko. 26321 Hydrauliiikan ja koneautomaation mittaukset, Luennot keväällä 2002. Tampere 2002, Tampereen teknillinen yliopisto. 134 s.

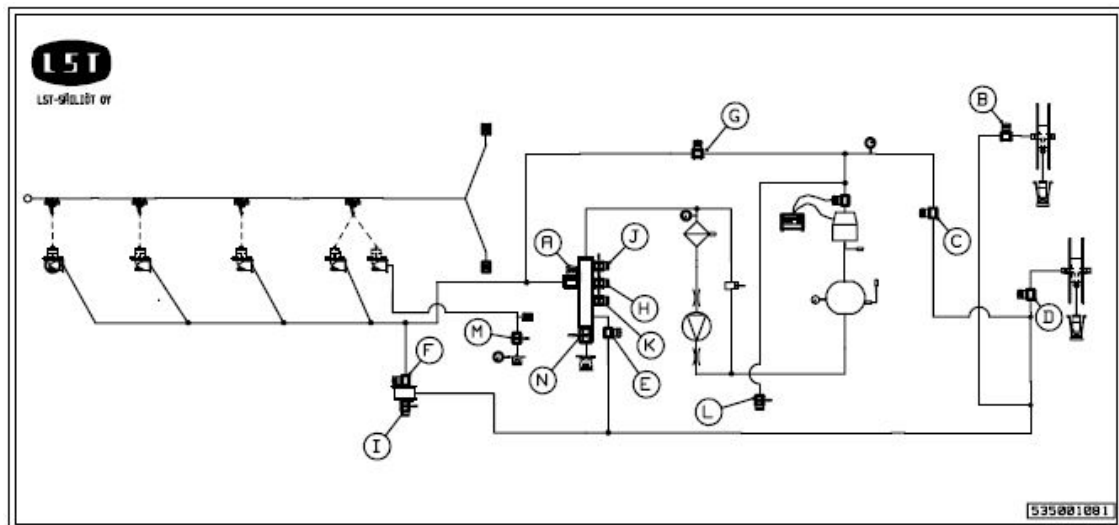
16. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), Lisätietoa sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta [WWW]. [viitattu 12.7.2013]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/EMC---sahkomagneettinen-yhteensopivuus/EMC---Sahkomagneettinen-yhteensopivuus/>
17. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), ATEX - räjähdysvaarallisten tilojen laitteet [WWW]. [viitattu 12.7.2013]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/ATEX---Rajahdysvaarallisten-tilojen-laitteet/>
18. Labkotec Oy. Öljysäiliön pinnanmittaukset ja hälytykset [WWW]. [viitattu 12.2.2013]. Saatavissa: http://www.labkotec.fi/tuotteet/pinnankorkeuden_mittaus/oljysailion_pinnanmittaukset_ja
19. Lentotekniikkalaitos Painetankkausauto 10828. Varaosakirja. Lieksa 2008, LST-säiliöt Oy. 318 s.
20. Niemi, Marko. Takometrin asennus. Opinnäytetyö [PDF]. Vaasa 2011. Vaasan ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. 38 s. [viitattu 20.6.2013]. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25520/Valmis%20versio.pdf?sequence=1>
21. RFID Lab Finland ry, RFID-tietoutta [WWW]. [viitattu 5.6.2013]. Saatavissa: <http://www.rfidlab.fi/rfid-tietoutta>
22. Kutvonen, A., Kuutti, M., Oksa, V. & Järvinen, A. Ti53 12600 Siirtyvä tietoliikenne, RFID. Harjoitustyö [PDF]. Lappeenranta 2007. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 14 s. [viitattu 11.7.2013]. Saatavissa: <http://www2.it.lut.fi/kurssit/06-07/Ti5312600/ht/tiedostot/RFID%201.pdf>
23. RS-232. Wikipedia [WWW]. [viitattu 11.7.2013]. Saatavissa: <http://fi.wikipedia.org/wiki/RS-232>
24. SIO-Ma-Lt-005. Sotilasilmailun viranomaisohje [PDF]. Tikkakoski 2011. Sotilasilmailun viranomaisyksikkö. 42 s. [viitattu 24.6.2013]. Saatavissa: <http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/76d8ac00468d1e3980d4cb2bcc0c25fc/Sotilasilma-aluksen+lentokelpoisuusvaatimukset.pdf?MOD=AJPERES>
25. Alhava, O. & Harju, J. TLT-2100 Tietoliikenneverkkojen perusteet, luentomoniste v1.2 [PDF]. Tampere 2011, Tampereen teknillinen yliopisto. 203 s.
26. APAJA Vaatimusmäärittely [PDF]. 2009, Technosmart Oy. 55 s.

27. Virve uutiset. Suomen Erillisverkot Oy:n sidosryhmälehti 3/10 [PDF]. [viitattu 13.6.2013]. Saatavissa: http://www.erillisverkot.fi/public/files/VIRVE_uutiset_3.10_netti.pdf
28. Lepola, Erkki. Säiliöajoneuvon mittarijärjestelmien tekninen tarkastelu kannattavuuden suhteen. Opinnäytetyö [PDF]. Tampere 2010. Tampereen ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. 55 s. [viitattu 19.2.2013]. Saatavissa: <http://publications.theseus.fi/handle/10024/15248>
29. Alfons Haar, ELZ-mittalaitteen tuote-esite [PDF]. [viitattu 2.7.2013]. Saatavissa: http://www.alfons-haar.de/fileadmin/user_upload/ELZ_e.pdf
30. Alfons Haar, PreciCONTROL-tuote-esite [PDF]. [viitattu 2.7.2013]. Saatavissa: http://www.alfons-haar.de/fileadmin/documents/liquid_powder/Electronic/PreciCONTROL_Produktblatt_e.pdf
31. 2004/22/EY. 2004. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi mittauslaitteista [PDF]. [viitattu 4.7.2013]. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0022:20091201:FI:PDF>
32. Turvallisuus ja kemikaalivirasto (Tukes), Mittauslaitteiden hyväksyntä, vakaaminen, merkinnät ja käyttö [WWW]. [viitattu 4.7.2013]. Saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Mittauslaitteet/Mittauslaitteiden-hyvaksynta-vakaaminen-merkinnat-ja-kaytto/>
33. Chevron Global Aviation, Aviation Fuels Technical Review [PDF]. [viitattu 4.7.2013]. Saatavissa: https://www.cgabusinessdesk.com/document/aviation_tech_review.pdf
34. Aaltonen, Timo. Yksikön päällikko, Tampereen Infran korjaamopalvelut. Tampere. Haastattelu 28.1.2013.
35. Helsingin Bussiliikenne Oy:n kalustonhallintajärjestelmän esittely [PDF]. Technosmart Oy. 5 s.
36. Helsingin Bussiliikenne Oy [WWW]. [viitattu 23.9.2013]. Saatavissa: <http://www.helb.fi/>
37. Salonsaari, Pekka. Toimitusjohtaja, Technosmart Oy. Jyväskylä. Haastattelu 5.9.2013.

LIITTEET

LIITE 1

Painetankkausauton toimintakaavio. [19]



LST
LST-ÖLJYLITTY OY

TOIMINTAKAAVIO

● = VENTTIILI AUKI
* = VAIHTOEHTO

		1	2	3	4	5	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
PAINETANKKAUS	ACD	●	*	*	*	*	●	*	●	●										
YLÄTANKKAUS	ACD	●	*	*	*	*	●	*	●	●										
AUTON TÄYTTO	AN	●	*	*	*	*	●							*	*	*	*			●
AUTON TÄYTTO PUMPULLA	GJ	●	*	*	*	*			*		*	●	*			●	*			
AUTON TYHJENNYS PUMPULLA	ACI	●	*	*	*	*	●	●								●		*		
SIIRTOPUMPPAUS	JL												*			●	*	●		
LEKOIMU PT-LIITTIMELLÄ	DEG	●	*	*	*	*		*	●	●		●								
TESTAUSAJO	ACDM	*	*	*	●	●	●	*	●	●										●

HUOM ! ELEKTRONISEN MITTARIN AKTIVOINTI PUMPATTAESSA

LIITE 2

APAJA-järjestelmässä käytössä olevan kiinteän jakeluaseman kokoonpano [26]:

- EcoSmart SSD mittarikentän ohjainpalvelin
 - o Teollisuus PC, suojakoteloitu
 - Linux Debian käyttöjärjestelmällä
 - o EcoSmart SSD ohjelmistolisenssi
- Mittarikentän I/O –ohjaimen
 - o Yksi ohjain / 8 pistoolia
- UPS virransyöttölaite
- TCP/IP kytkin
 - o 4 tai 8 porttinen kytkin
- Ohikytkenkiskokytkimineen ja valoineen
 - o Ohikytkenkäkytkimet / jakelukentän mittarin pumppu / pumppuryhmä
- Idesco IR6090B lukija mittarille
- Näyttölaite
 - o 7-segment näyttö
- Fyysinen vuorattu Rittalin valmistama metallinen ohjainkaappi
 - o Lämpövuorattu
 - o Lukittava kaappi
 - o Lämpölevy ja termostaatti
 - o Mahdollinen ulkoinen kotelo tai kotelointi jakelumittarin sisään

LIITE 3

APAJA-järjestelmässä käytettävä mittarikentän pumpunohjaimen tekniset tiedot.
[37]



Specifications

Digital Input

- **Channels** 12
- **Dry Contact** Logic level 0: close to GND
Logic level 1: open
- **Wet Contact** Logic level 0: 0 ~ 3 V_{DC}
Logic level 1: 10 ~ 30 V_{DC}
- **Supports 3 kHz Counter Input (32-bit + 1-bit overflow)**
- **Keep/Discard Counter Value when Power-off**
- **Supports 3 kHz Frequency Input**
- **Supports Inverted DI Status**

Digital Output

- **Channels** 6 (sink type), open collector to 30 V, 100 mA maximum load
- **Supports 5 kHz Pulse Output**
- **Supports High-to-Low and Low-to-High Delay Output**

Common Specifications

General

- **LAN** 10/100Base-T(X)
- **Power Consumption** 2 W @ 24 V_{DC}
- **Connectors** 1 x RJ-45 (LAN), Plug-in screw terminal block (I/O and power)
- **Watchdog** System (1.6 second) and Communication (programmable)

- **Power Input** 10 ~ 30 V_{DC}
- **Supports Peer-to-Peer**
- **Supports GCL**
- **Supports Modbus/TCP, TCP/IP, UDP and HTTP Protocol**

Protection

- **Power Reversal Protection**
- **Isolation Protection** 2,000 V_{DC}

Environment

- **Operating Temperature** -10 ~ 70°C (14 ~ 158°F)
- **Storage Temperature** -20 ~ 80°C (-4 ~ 176°F)
- **Operating Humidity** 20 ~ 95% RH (non-condensing)
- **Storage Humidity** 0 ~ 95% RH (non-condensing)

LIITE 4

APAJA-tietojärjestelmän rakennekuvaus. [26]

