

# TUTKIMUSSELOSTUS



## Lämmitysöljysäiliön paineolosuhteet täyttötilanteessa

Suomen Lämmitystieto Oy  
2007

---



## TUTKIMUSSELOSTUS

### Lämmitysöljysäiliön paineolosuhteet täyttötilanteessa

#### Tiivistelmä

Tässä tutkimusselostuksessa kuvataan Suomen Lämmitystieto Oy:n tekemän, lämmitysöljysäiliön paineolosuhteita täyttötilanteessa selvittäneen tutkimuksen kulku, tutkimusmenetelmä ja tavoitteet. Tutkimuksen koejärjestys esitetään liitteessä 1 ja mittausten tulokset liitteessä 2. Liitteessä 3 on mittauksiin liittyvää valokuva-aineistoa.

Tutkimuksen mittaustulokset osoittavat, että ilmaputken läpimitoilla välillä DN 25...DN 50 ja virtaamilla 400 l/min ja 600 l/min säiliöauton normaalilla pumppulaitteistolla ei säiliöön saada muodostumaan sitä vaarallisella tavalla kuormittavaa ylipainetta. Eri tyyppisten täyttöhälyttimien vaikutus oli niinkään ennakoitua vähäisempi. Edes täyttöhälyttimen vikatapaus (kokeet 4 ja 5) ei johtanut merkittävään ylipaineen suurenemiseen. Vasta suljettaessa ilmaputki venttiiliin avulla (kokeet 16...19) todettiin ylipaineen nousevan säiliön rakenteeseen nähden huomattavan suureksi, tasolle 1,4...1,9 bar. Venttiilillä saatiin simuloitua ilmaputken täydellistä tukkeutumista vastaava tilanne. Käytännössä tämä voi tapahtua esimerkiksi ilmaputkeen virheellisen kaltevuuden seurauksena kondensoituneen veden jäätyessä tai täyttöhälyttimen ollessa kiinni juuttuneena. Toimiala on suositellut täyttöhälyttimien poistamista. Toimenpidettä on tutkimuksen tuloksista huolimatta syytä edelleenkin suositella, koska laite on joka tapauksessa potentiaalinen riskitekijä.

Mittauksissa todettiin myös, että täyttöputkesta mitattavalla paineella ei saada tietoa ilmaputken toiminnan puutteista, ellei ilmaputki ole täysin tukkeutunut. Öljyn virtaamien merkitys suuruusluokassa 400 l/min...600 l/min oli myös ennakoitua vähäisempi. Virtaaman lisääminen tasolle 700 l/min ei myöskään tuonut mainittava muutosta paineen muodostumiseen. On todettava, että täytettäessä sarjasäiliöitä, on niiden toiminnallisista ominaisuuksista johtuen täyttöputkistossa oltava riittävän suuri virtaama ja paine.

Yksi tärkeimmistä tiedoista säiliötä täytettäessä on tilattu määrä suhteessa säiliön kokoon. Onkin suositeltavaa ensisijaisesti täyttää säiliöön sellainen määrä, joka siihen varmuudella sopii ja pitää ylitäytönestän säiliön täytön varolaitteena. Jos asiakas pyytää täyttämään säiliön varovaisesti, tulisi selvittää mahdollisten ongelmien syy.

Öljyn roiskahdus täyttöputkesta säiliöauton letkua irrotettaessa on sen sijaan selkeä oire jostakin ilmaputken viasta ja antaa aina aiheen tarkempaan vianetsintään. Tutkimuksen perusteella on osoitettavissa, että säiliöt tyypistä riippumatta voidaan täyttää saman suuruisilla, 400...500 l/min luokkaa olevilla pumppausvirtaamilla.

Tutkimus osoittaa myös, että säiliöauton pumpulla käytettäessä 40 metrin letkua ja tavanomaisia purkumenetelmiä, ei asianmukaisessa käyttökäytännössä olevaan säiliöön saada muodostumaan rakenteita vaarantavaa ylipainetta. Jos säiliö vaurioituu sitä täytettäessä, onkin todennäköisintä, että ilmanpoistossa on vakava vika tai sen kunto on heikko.

**SISÄLLYSLUETTELO**

1	Taustaa .....	4
2	Tutkimuksen yleiskuvaus .....	4
3	Tutkimuksen tehtäväjako.....	5
4	Tutkimuksen kuvaus .....	5
4.1	Teoreettinen lähtökohta .....	5
4.2	Koejärjestelyt .....	5
4.2.1	Säiliö .....	6
4.2.2	Täyttöputki.....	6
4.2.3	Ilmaputki.....	6
4.2.4	Täyttöhälyttimet .....	6
4.2.5	Ilmaputken hattu.....	7
4.2.6	Täytön varolaite.....	8
4.2.7	Paineen varolaite.....	8
4.2.8	Mittaustulosten rekisteröinti ja tallennus .....	8
5	Kokeiden toteutus .....	8
5.1	Ajankohta, paikka ja henkilöt.....	8
5.2	Kokeiden yleiskuvaus .....	8
6	Tulosten käsittely .....	9
7	Mittauksiin perustuvat päätelmät.....	9
7.1	Kriittisen painetason arviointi.....	9
7.2	Mittausten painetasot ja päätelmät.....	9



## 1 TAUSTAA

Lämmitysöljyn toimitusketjussa asiakaskohteisiin on eräitä riskialttiita vaiheita, kuten säiliöauton täyttö jakeluterminaalissa, kuljetus liikenneväylillä ja säiliön täyttötilanne asiakaskohteessa. Näistä kahden ensiksi mainitun vaiheen riskitekijöihin on öljyn toimitusten ja kuljetusten vastuullisilla henkilöillä mahdollisuus vaikuttaa teknisin ratkaisuin, koulutuksen ja toimintaohjeiden avulla.

Säiliön täyttötilanteeseen puolestaan liittyy riskitekijöitä, joihin öljyn toimituksen osapuolilla ei usein ole mahdollisuutta vaikuttaa siten, että koko ketjun turvallisuus olisi taattu. Tyypillisiä riskitekijöitä ovat öljysäiliöiden ja niiden varusteiden puutteet ja viat. Huomautusmenettelyllä voidaan asiakasta informoida esiin tulleista ja havaituista seikoista, mutta kunnostusten toteutuminen riippuu ensisijaisesti asiakkaan toimenpiteistä. Lisäksi löytyy puutteita, jotka eivät ole havaittavissa öljyn toimitusten yhteydessä. Jos öljysäiliön täytössä tapahtuu laitteistovaurio tai öljyvahinko, kohdistuvat reklamatiot ja mahdolliset korvausvaatimukset usein ensimmäisenä öljyn toimittajaosapuoliin siitä riippumatta, mikä oli tapahtuman tosiasiallinen aiheuttaja kyseisessä tapauksessa.

Lieriömäisten ja suorakulmaisten terässäiliöiden täyttötapahtuman laitteistokeskeisiä fysikaalisia ilmiöitä ei tiettävästi ole tutkittu. Tutkimustietoa kuitenkin tarvittaisiin ongelmatapahtumien ennalta estämiseen ja turvallisuutta edistävän kuluttajainformaation perustaksi. Edellä esitetyistä lähtökohdista antoi Neste Oil, vähittäismyynti, Suomen Lämmitystieto Oy:n tehtäväksi öljysäiliön paineolosuhteita täyttötilanteessa selvittävän tutkimuksen suunnittelun ja toteuttamisen. Tutkimustuloksiin perustuvista toimenpiteistä ja tarvittavista toimintaohjeista päättää toimeksiantaja.

## 2 TUTKIMUKSEN YLEISKUVAUS

Tutkimuksessa keskityttiin öljysäiliön rakenteita kuormittavien painerasitusten muodostumisen tutkimiseen ja niiden mittaamiseen eri suuruisilla täyttövirtaamilla ja erilaisilla säiliön ilmaputkirakenteilla. Paineolosuhteista saatujen mittaustulosten perusteella on mahdollista arvioida painevaikutusten kriittisiä kuormitustasoja eri tyyppisissä säiliöissä.

Tutkimuksen tuloksia tarkastellaan lieriömäisten ja suorakulmaisten terässäiliöiden osalta. Yleisesti nämä voidaan jakaa rakenteiltaan ja varustuksiltaan normien mukaisiin ja niistä poikkeaviin. Jos säiliön rakenne ei ole normien mukainen, saattaa sen lujuudessa olla merkittäviä puutteita. Säiliöiden varusteiksi tässä yhteydessä katsotaan täyttöputki, ilmaputki, mekaaninen täyttöhälytin ja sähköinen ylitäytönestin.

Rakennehyväksytyt muovisäiliöt, kuten LiPlast, Motoral ja vastaavat, poikkeavat edellä mainituista säiliöistä toiminnallisten ja rakenteellisten ominaisuuksiensa osalta, eikä tämän tutkimuksen tulokset sellaisenaan sovellu niiden tarkasteluun. Näiden täyttötapahtumaa tutkittiin kuljettajien koulutukseen tarkoitettua aineistoa tehtäessä.



### 3 TUTKIMUKSEN TEHTÄVÄJAKO

Tutkimuksen suunnittelusta, teknisestä valmistelusta ja mittausten toteuttamisesta vastasi Suomen Lämmitystieto Oy:n neuvontateknikko Hannu Rauhala. Toimeksiantajien yhteyshenkilöinä olivat logistiikkapäällikkö Jukka Kataja, asiakaspalvelupäällikkö Jorma Tulenheimo ja osastopäällikkö Asko Mäisti. Öljyn pumppauksissa käytettiin toimeksiantajan sopimusliikennesijän säiliöautokalustoa, jonka laitteiston käytöstä vastasi kuljettaja Juha Aaltonen. Suomen Lämmitystieto Oy:n projektitoiminnan vastuullinen johtaja on toimitusjohtaja Ari Virsunen.

### 4 TUTKIMUKSEN KUVAUS

#### 4.1 Teoreettinen lähtökohta

Säiliöön täyttötilanteessa muodostuvan ylipaineen syntymiseen vaikuttavana perustekijänä voidaan katsoa olevan ilman poistuminen ilmaputken kautta suhteessa öljyn virtaamaan täyttöputken kautta säiliöön. Tavanomaisessa toimituksessa pientalotyypisissä asiakaskohteissa lämmitysöljy pumpataan säiliöauton siirtopumpulla noin 40 metrin pituisen letkun kautta. Letkun nimellisläpimitta on 50 mm. Asiakkaan säiliön ja säiliöauton letkun liitännässä käytetään tiivistä purkuliitaintä.

Jos säiliöön pumpattavan nesteen tilavuusvirtaama litroina minuutissa on suurempi kuin säiliöstä poistuvan ilman tilavuusvirtaama litroina minuutissa, ja otaksutaan ilman poistuvan lähes vakiovirtaamalla, suurenee säiliön sisäpuolella vallitseva ylipaine suhteessa ilmaputken painehäviöön. Kun virtausten tasapainotila saavutetaan, on painehäviöstä ja virtauksista riippuva ylipaine suurimmillaan.

Käytössä olevat säiliöt poikkeavat toisistaan sitä riippuen, miltä aikakaudelta ne ovat peräisin. Ilmaputkien läpimitoissa ja varustelussa on vaihtelua ja näin myös voidaan otaksua rakenteiden ominaisuuksissa olevan eroja myös painehäviöiden osalta.

Tutkimuksen mittauksissa oli tarkoitus selvittää, mikä osuus ilmaputkiratkaisuilla ja sen varusteilla on säiliöön muodostuvan ylipaineen suuruuteen. Keskeinen tutkittava kysymys oli, voiko säiliöön tavanomaisessa täyttötilanteessa käytännön olosuhteissa muodostua täyttötapahtuman ansiosta ylipainetta, jonka suuruus olisi säiliön rakennetta vaarantava.

#### 4.2 Koejärjestelyt

Suomen Lämmitystieto Oy rakensi kokeen mittauksia varten tavanomaista asiakaskohteen säiliötä vastaavan simulointilaitteiston, joka varustettiin tarvittavin tiedonkeruulaittein. Kokeissa pumpattiin säiliöön lämmitysöljyä normaalivarusteisen säiliöauton laitteistolla ennakkoon laaditun suunnitelman mukaisesti.



Toimeksiantaja osoitti kokeita varten paikan Neste Oyj:n Porvoon jalostamon jakeluterminaalin alueelta, järjesti säiliöautokaluston sekä kokeessa tarvittavan lämmitysöljyn.

#### 4.2.1 Säiliö

Toimeksiantaja varasi koesäiliöksi kaksivaippaisen lieriömäisen terässäiliön (Uhvola/ pystylieriö). Säiliön nimellistilavuus oli 3000 litraa.

#### 4.2.2 Täyttöputki

Säiliöön asennettiin DN 50 -täyttöputki varustettuna SFS 4429 liitinnipalla ja tarvittavilla mittausyhteillä ja osoittavalla painemittarilla.

#### 4.2.3 Ilmaputki

Säiliössä olevaan ilmaputken liitántälaippaan asennettiin DN 50 -putki, joka varustettiin 2" kartioliittimellä ja tarvittavilla mittaus- ja varolaitteilla. Kokeita varten tehtiin käytännön täyttötilanteissa käytössä olevia ilmaputkia vastaavia ilmaputkia, jotka olivat nopeasti vaihdettavissa kartioliittimien avulla säiliössä olevaan ilmaputken osaan. Järjestelyn tarkoituksena oli varmistaa eri kokeiden perusolosuhteiden vastaavuus ja kokeen yhdenmukainen toistettavuus tarvittaessa.

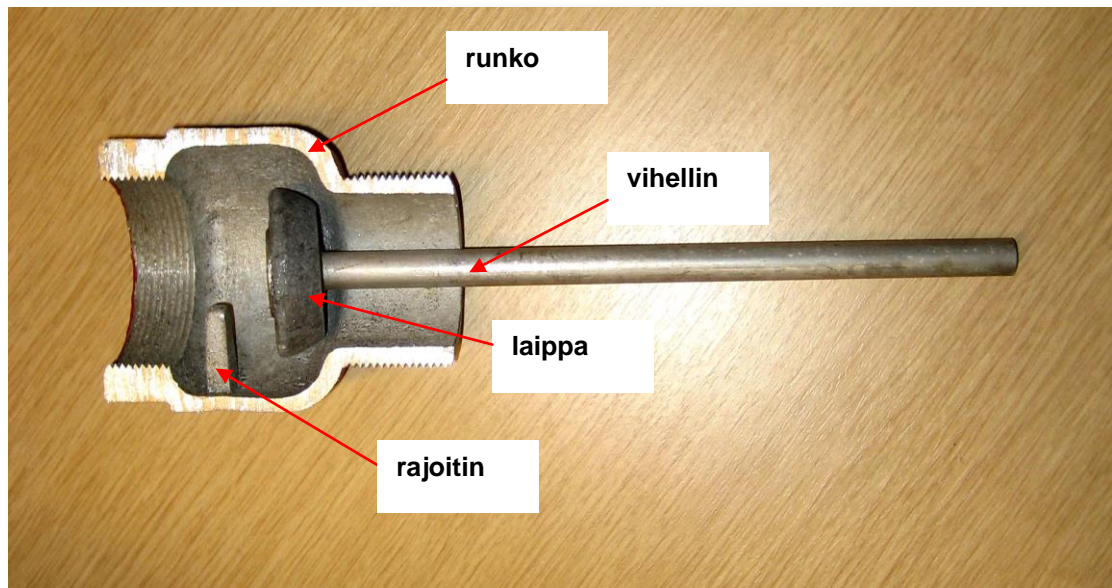
Kokeiden ilmaputket olivat seuraavat:

- nykysäädösten mukainen DN 50 -putki suojahattuineen
- DN 40 -putki suojahattuineen
- DN 32 -putki suojahattuineen
- DN 40 -putki suojahattuineen, varustettuna mekaanisella täyttöhälyttimellä
- DN 32 -putki suojahattuineen, varustettuna mekaanisella täyttöhälyttimellä
- Toimeksiantajan asiakaskohteessa ollut DN 32 -putki suojahattuineen, varustettuna mekaanisella täyttöhälyttimellä
- DN 25 -putki suojahattuineen
- DN 25 -putki suojahattuineen, varustettuna mekaanisella täyttöhälyttimellä
- DN 25 -putki varustettuna sulkuventtiilillä

#### 4.2.4 Täyttöhälyttimet

Öljysäiliöiden ilmaputkiin asennettiin 1960...70 -luvuilla täytön varolaitteiksi mekaanisia täyttöhälyttimiä. Nämä koostuvat tyypillisesti liitántään tarvittavin kiertein varustetusta runko-osasta, jonka sisällä on vihellinosa. Tämä koostuu vihellinputkesta ja siihen kiinnitetystä laipasta. Rakenteeseen kuuluu vielä rajoitin, jonka tehtävänä on estää viheltimen siirtyminen pois paikaltaan. Hälytin toimii siten, että ilman virratessa säiliöstä viheltimen kautta kuuluu vihellysäni siihen saakka, kun öljyn pinta nousee viheltimen alapään tasolle.

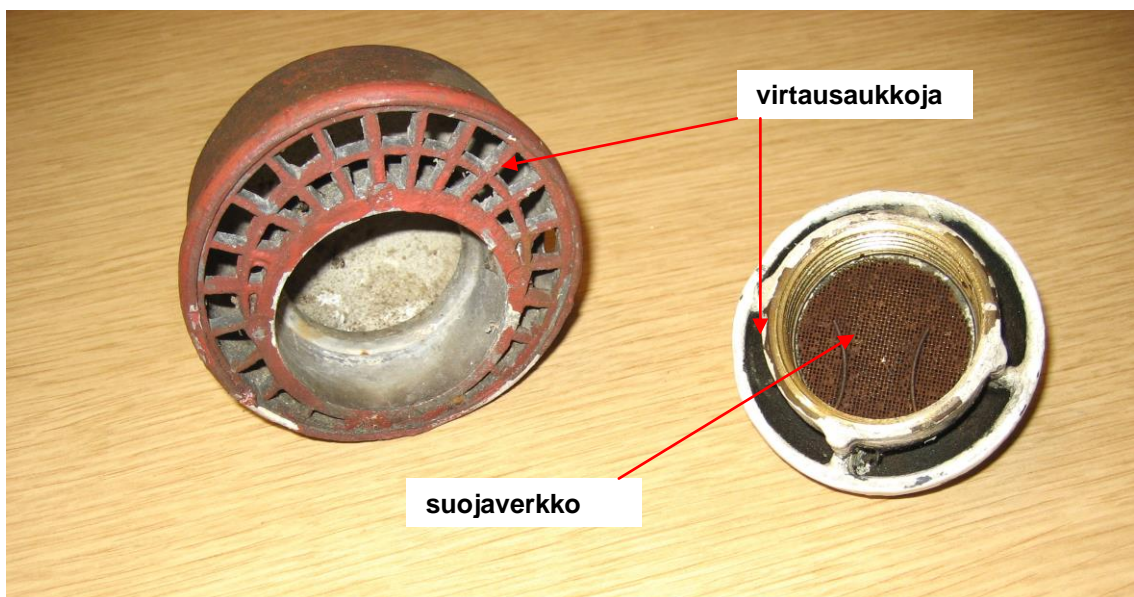
Markkinoilla on aikoinaan ollut muutaman valmistajan tuotteita. Kokeiden ilmaputkissa oli täyttöhälyttimiä neljää rakennetyyppiä ja rakenneläpimittaa. Kuvassa 1 esitetään yksi täyttöhälytintyyppi halkileikattuna.



Kuva 1: Täyttöhälytin halkileikattuna

#### 4.2.5 Ilmaputken hattu

Säädökset edellyttävät ilmaputken suuaukon suojaamista vierailta esineiltä. Käytössä on erilaisia ilmaputken hattuja eri vuosikymmeniltä. Tämänhetkisten vaatimusten mukaisen ilmaputken hatun vapaan pinta-alan tulee vastata ilmaputken poikkipinta-alaa. Aikaisemmilta vuosikymmeniltä peräisin olevissa suojahatuissa on tyypejä, joissa virtausaukot ovat nykyvaatimusta huomattavasti pienemmät. Suojahatussa mahdollisesti oleva verkko voi myös tukkeutua siihen kertyvän kiintoaineksen tai jäätyksen seurauksena. Kuvassa 2 esitetään kaksi vanhempaa ilmaputken hattutyyppiä.



Kuva 2: Ilmaputken suojahattu



## 4.2.6 Täytön varolaite

Täytön varolaitteena käytettiin standardin SFS 5684 mukaista ylitäytönes-tolaitteistoa säiliössä olevine antureineen. Anturin toimintapiste aseteltiin säiliön valmistajan ohjeen mukaisesti.

## 4.2.7 Paineen varolaite

Laite- ja henkilövahinkojen välttämiseksi säiliö varustettiin varoventtiilillä, jonka nimellissuuruus oli DN 32 ja avautumispaine 2 bar. Avautumispai-neen suuruuteen saatiin säiliön valmistajan, U-Cont Oy:n hyväksyntä.

## 4.2.8 Mittaustulosten rekisteröinti ja tallennus

Täyttölinjan nestevirtaama säädettiin ja mitattiin säiliöauton mittaustulostol-la. Täyttöputkeen, säiliöön ja ilmaputkeen asennettiin painelähtetimet, joiden viestit tallennettiin tiedonkeruulaitteeseen. Panielähtetinten syöttö-jännite otettiin mittaustukikohtana olleen, Suomen Lämmitystieto Oy:n kou-lutuspalveluauton akusta ja se muunnettiin tiedonkeruulaitteelle siirrettä-väksi analogiseksi virtaviestiksi tätä tarkoitusta varten rakennetussa liitän-täkotelossa. Tallennettu tieto siirrettiin tietokoneen muistiin.

## 5 KOKEIDEN TOTEUTUS

### 5.1 Ajankohta, paikka ja henkilöt

Kokeet tehtiin Neste Oyj:n jakeluterminaalien alueella 22.05.2007 kello 09.00–17.00 välisenä aikana. Toimeksiantajan puolesta kokeita olivat val-vomassa Jorma Tulenheimo ja Asko Mäisti. Säiliön täyttöpumppaukset suoritti toimeksi saaneena Juha Aaltonen. Mittaukset niihin liittyneine toi-neen teki Hannu Rauhala.

### 5.2 Kokeiden yleiskuvaus

Täyttökokeita tehtiin liitteen 1 koejärjestyksessä kuvatusti kaikkiaan yhdek-säntoista. Kokeet 1...14 tehtiin säiliö yksittäisen kokeen jälkeen tyhjentäen. Nämä kokeet aloitettiin virtaaman ja ylipaineen nolla -tilasta tyhjään säi-liöön. Kokeiden 15...19 välillä säiliö tyhjennettiin kerran. Paineen osalta nämäkin kokeet aloitettiin ylipaineettomasta tilasta. Koejärjestys esitetään tämän selostuksen liitteessä 1. Kokeissa säiliö täytettiin säiliöauton pum-pulla virtaamalla 400 l/minuutissa ja 600 l/minuutissa. Kokeissa 13 ja 14 öljyn virtaamaksi säädettiin 700 l/minuutissa. Säiliöauton pumpun nimellis-paine mittauksissa oli 4 bar.

Kokeita toistettiin vaihtaen ilmaputkeksi eri läpimittaisia ja eri tavoin varus-teltuja putkia. Näillä aikaansaatiin käytännössä esiintyviä tapauksia vas-taavia olosuhteita. Perustana oli nykyisten normien mukainen ilmaputki, jonka läpimitta on sama kuin täyttöputken. Ennakolta otaksuttiin, että sitä käytettäessä säiliöön ei muodostu ylipainetta. Ilmaputkiversiot luetellaan tämän selostuksen kohdassa 4.2.3. Tämän selostuksen liitteessä 3 on va-lokuvia tutkimusjärjestelyistä ja teknisistä yksityiskohdista.





## 6 TULOSTEN KÄSITTELY

Tallennetuista mittaustuloksista luotiin täyttötapahtumakohtaiset, paineolosuhteita kuvaavat kaaviot käyttäen tiedonkeruulaitteen ohjelmistoa ja grafiikkaa. Yksittäisille mittauksille on annettu yksilöivä ID -tunnus, jonka avulla tulokset voidaan säilyttää alkuperäisen tutkimusjärjestyksen mukaisina. Mittausten tuloksista luodut kaaviot täydentävine tietoineen esitetään tämän selostuksen liitteessä 2.

Kokeiden tulokset antavat mahdollisuuden tarvittaessa tehdä tutkimuksen päätelmiä vahvistavia lujuuslaskelmia. Koekohtaiset tulokset on tallennettu myös excel -tiedostoina myöhempää mahdollista tarkastelua ja käyttöä varten.

## 7 MITTAUKSIIN PERUSTUVAT PÄÄTELMÄT

### 7.1 Kriittisen painetason arviointi

Lämmitysöljyn varastosäiliön tulee kestää siihen tavanomaisessa käytössä kohdistuvat rasitukset, lähtökohtana varastoidun öljyn määrä. Kun säiliössä on öljyä, vallitsee siellä hydrostaattinen paine. Tämän suuruus riippuu pinnan korkeudesta ja mittauskohdasta. Esimerkki: säiliön korkeus on 1,25 metriä, öljyn tiheys  $850 \text{ kg/m}^3$  ja säiliön täyttö on 10% alle kokonaiskorkeuden. Pohjalla vallitsee tällöin noin 0,1 barin suuruinen hydrostaattinen paine. Jotta öljyn varastointi olisi turvallista, tulee säiliön kestää säiliössä olevan öljyn kuormittava vaikutus riittävän suurella varmuusvaralla.

Säiliöön voi eri syistä muodostua myös dynaamista painetta, esimerkiksi täyttötilanteessa. Uusien, pientaloihin tarkoitettujen säiliöiden koepaine valmistuksessa on 0,5 barin luokkaa. Tätä voidaan pitää hyväksyttävänä vähimmäistasona. Valmistusta ohjaavien normien mukainen nykyaikainen säiliö tosin kestää huomattavasti suurempaakin painetta, vaikka lähtökohtaisesti kyseessä ei olekaan varsinainen painesäiliö. Säiliöitä koskevat rakenne- ja valmistusstandardit tulivat velvoittavina voimaan vuoden 1974 aikana. Lujuutensa osalta riskialttiina pidetään ennen mainittua vuotta valmistettuja säiliöitä. Näiden rakenteesta ja lujuudesta ei useinkaan ole luotettavaa tietoa. Pitkän käyttöiän aikana säiliö on saattanut heikentyä myös korroosion seurauksena.

### 7.2 Mittausten painetasot ja päätelmät

Mittausten tuloksista käy selville, että erilaisilla ilmaputkiratkaisuilla ei saatu säiliöön muodostuvaan ylipaineeseen selkeitä eroja. Vasta simuloitaessa vikatapauستا vastaavat olosuhteet, nousi ylipaine säiliön rakennetta vaarantavalle tasolle (kokeet 16, 17, 18 ja 19).

Tutkimuksen perusteella on osoitettavissa, että säiliöt tyypistä riippumatta voidaan täyttää saman suuruisilla, 400...500 l/min luokkaa olevilla pumpausvirtaamilla.

Tutkimus osoittaa myös, että säiliöauton pumpulla käytettäessä 40 metrin letkua ja tavanomaisia purkumenetelmiä, ei asianmukaisessa käyttökunnossa olevaan säiliöön saada muodostumaan rakenteita vaarantavaa yli



painetta. Jos säiliö vaurioituu sitä täytettäessä, onkin todennäköisintä, että ilmanpoistossa on vakava vika tai säiliön kunto on heikko.

Toimiala on viime vuosina suositellut ikääntyneiden säiliöiden uusimista. Tällöin tulevat uusituiksi myös säiliön varusteet ja kokonaisturvallisuus saadaan tämän päivän tasolle.

Helsingissä 07.06.2007

SUOMEN LÄMMITYSTIETO OY