

Opinnäytetyö (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Tuotantopainotteinen konetekniikka

2013

Tuomas Hokkanen

KIERTOKAASUKOMPRESSORIN YLEISIMMÄT VUOTOKOHDAT JA NIIDEN ETSINTÄ



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

Turun ammattikorkeakoulu

Kone- ja tuotantotekniikka | Tuotantopainotteinen konetekniikka

Maaliskuu 2013 | 35 sivua

Ohjaajat: Erkki Juvonen ja Rabbe Storgårds

Tuomas Hokkanen

KIERTOKAASUKOMPRESSORIN YLEISIMMÄT VUOTOKOHDAT JA NIIDEN ETSINTÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää L&T Recoil Oy:n kiertokaasukompressorissa tapahtuvaa vetyvuotoa. Työssä selvitettiin mäntäkompressorin yleisimpiä vuotokohtia kuten männänrenkaiden, imu- ja paineventtiilien ja männänvarrentiivisteiden vuotoa.

Vuotokohtiin perehdyttäessä käytettiin kompressorivalmistaja Hoferin käyttöohjekirjaa sekä relevantteja verkkolähteitä. Hoferin käyttöohjekirjan ja Handlonin kompressorikäsi- ja käyttöohjekirjan mukaan vuotoa tapahtuu aina männänvarrentiivisteiltä. Tiivisteiden kuluessa vuoto voi kasvaa suureksi, joten tiivistevuodot haluttiin sulkea pois ensimmäiseksi. Tiivistevuodon seuraamista varten tilattiin termiäinen massavirtausmittari, joka asennettiin tiivistepestä lähtevään varolinjaan.

Opinnäytetyön aikana kirjoitin myös L&T Recoil Oy:lle käyttöohjeen mäntäkompressorin käyttöönotosta, mikä osoittautuikin ratkaisevaksi tekijäksi vuotojen löytymiseen. Ohjeessa mainittu tiivistepestä suojavaasun puuttunut kompressorin ollessa käynnissä. Suojaavaasun avaamisen jälkeen vedyn kulutus laski normaalille tasolle.

Työn tavoitteet saavutettiin ja kiertokaasukompressorin vetyvuoto saatiin normaalille tasolle suojavaasun avulla. Tiivisteiltä tapahtuvaa vetyvuotoa voidaan jatkossa seurata termisellä massavirtausmittarilla.

Avainsanat:

kiertokaasukompressorin, vetyvuoto, mäntäkompressorin, männänvarrentiivisteiden

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Engineering | Mechanical Engineering

March 2013 | 35 pages

Instructors: Erkki Juvonen and Rabbe Storgårds

Tuomas Hokkanen

LEAKS OF RECYCLE GAS COMPRESSOR

The purpose of this thesis is to find reasons for the recycle gas compressor's hydrogen leak at L&T Recoil Oy. This study introduces the most common leaks of the reciprocating compressor such as piston rings, inlet and outlet valves and piston rod packing. Also the Pressure–Volume diagram is introduced to find internal leaks.

The leaking points were examined with the help of the Hofer's manual and different studies regarding the subject on the internet. The biggest source of a gas leakage seems to be the piston rod packing that must be paid attention to. Failure in the seals of piston rod packing may cause a very large leak. To rule out the seal leak thermal mass flow meter was ordered and it was installed on the outgoing line that leaves on the piston rod packing to the flare. With the flow meter the company can monitor hydrogen leak and also the condition of the seals.

The breakthrough of this thesis was made when writing an introduction to start the reciprocating compressor. At that point it became clear that the stuffing box has not had any pure inert gas during the operation of the compressor. After opening the inert gas valve the hydrogen consumption decreased to the normal level.

KEYWORDS:

Gas leak, recycle gas compressor, reciprocating compressor

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET (TAI) SANASTO

1 JOHDANTO	1
1.1 Tausta	1
1.2 Tavoitteet	1
2 L&T RECOIL OY	2
3 PROSESSI	3
4 KOMPRESSORIT	5
4.1 Ruuvikompressori	5
4.2 Kalvokompressori	5
4.3 Mäntäkompressori	6
5 HOFERIN KIERTOKAASUKOMPRESSORI	7
6 VUOTOJEN HAVAINNOINTI L&T RECOILILLA	11
7 ULKOISTEN VUOTOJEN ETSINTÄ	13
8 SISÄISTEN VUOTOJEN ETSINTÄ	14
8.1 Paine–tilavuus-kaavio	15
8.2 Männänvarrentiivisteiden vuodot	21
8.3 Tiivistevuotojen massavirran seuranta	22
8.4 Tiivistevuotojen seuranta termisellä massavirtausmittarilla	23
9 VETYVUODON LÖYTÖ JA SEN KORJAUKSET	25
10 YHTEENVETO	28
LÄHTEET	29
LIITTEET	30

KÄYTETYT LYHENTEET

L&T	Lassila & Tikanoja Oyj. Yritys, joka on erikoistunut ympäristöhuoltoon sekä kiinteistöjen ja laitosten tukipalveluihin.
H ₂	Vety on hajuton ja ilmaa kevyempi, tulenarka kaasu. Vetyä käytetään paljon kemianteollisuudessa ja öljynjalostuksessa.
N ₂	Typpi on hyvin yleinen alkuaine, sitä esiintyy ilmakehässä noin 78 %. Typen passiivisuus tekee siitä hyvän suojakaasun ja matalan kiehumispisteen takia sopivan jäähdytykseen.
ppm	Parts Per Million ilmoittaa, kuinka monta miljoonasosaa jokin on jostakin. Ympäristömyrkköjen ohjearvo, kuten kuinka suuri osuus ilmassa, ilmoitetaan ppm-yksikköinä.
ATEX	EU-direktiiviin perustuva lainsäädäntö ja standardi, joka koskee laitteita räjähdysvaarallisissa tiloissa.

1. JOHDANTO

Insinööriyöni tarkoituksena oli selvittää Haminan L&T Recoil Oy:n kiertokaasukompressorin vetyvuodon syytä sekä hakea siihen ratkaisua. Tavoitteet painottuivat vuotokohtien etsimiseen, korjaamiseen ja tulevien vuotojen ennalta ehkäisyyn. Tätä varten piti selvittää yleisimmät vuotokohtat ja niiden syyt. Aineistona käytin laitevalmistajan käyttöopasta sekä aiheeseen liittyviä kirjallisuuslähteitä. Tärkeänä osana oli myös työntekijöiden havainnot ja näkemykset vuodoista.

1.1 Tausta

L&T Recoil Oy on voiteluöljyn kierrätykseen erikoistunut yritys, jolla on regenerointilaitos Haminassa. Vedytys on osa jalostusprosessia, jossa vetykaasu (H₂) kiertää omassa suljetussa piirissään. Vedytyksen painehäiriöt kompensoidaan kiertokaasukompressorilla, joita L&T Recoililla on käytössä kaksi: kalvo- ja mäntäkompressorit. Laitoksella laitteita on asennettu aina kaksi rinnan, kun kyseessä on kriittinen kohta eli jatkuvatoiminen tuotanto on riippuvainen laitteesta. Mäntäkompressorit asennettiin vuonna 2011 alkuperäisen kalvokompressorin huonon käyttöasteen takia, mutta jo uutena mäntäkompressorin vedyn kulutus oli 10 % enemmän kuin kalvokompressorilla ajettaessa.

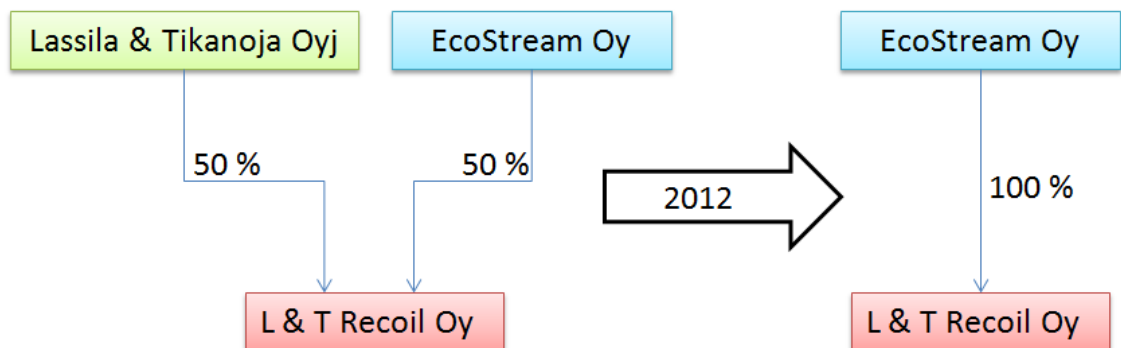
1.2 Tavoitteet

Tavoitteeni keskittyivät kiertokaasukompressorin vuodon löytämiseen. Kun vuotokohta oli saatu selville, tehtiin sille tarvittavat toimenpiteet vuodon korjaamiseksi tai sen vähentämiseksi. Jatkossa vuoto ja vuodon aiheuttaja tulisi pystyä ennaltaehkäisemään.

2. L&T RECOIL OY

L&T Recoil Oy on voiteluöljyn kierrätykseen erikoistunut yritys, jolla on käytetyn öljyn regenerointilaitos Haminassa. L&T Recoil kierrättää käytetyt voiteluöljyt, joita voidaan kerätä autoista, koneista, laivoista ja teollisuuden laitteista. Kerätyt voiteluöljyt jalostetaan Haminan öljyjalostamolla. Lopputuotteina syntyy perusöljyä, kahta eri laatuista polttoöljyä ja bitumia. Prosessointikapasiteetti on 60 000 tonnia vuodessa käytetyistä voiteluöljyistä, joista 20 000 tonnia on kerätty Suomesta. [1], [2]

L&T Recoil Oy on perustettu vuonna 2005 ja se työllistää 55 henkilöä. Ympäristöluvan yritys sai vuonna 2007 ja tuotanto saatiin käyntiin 2009, jolloin sen omistivat puoliksi Lassila & Tikanoja Oyj ja EcoStream Oy (ks. kuva 1). Keväällä 2012 L&T myi osuutensa EcoStream Oy:lle. L&T kuitenkin jatkaa kotimaisen raaka-aineen päätoimittajana Haminan laitokselle.



Kuva 1. L&T Recoil Oy:n organisaatiomuutos.

3. PROSESSI

Käytetyn voiteluöljyn jalostaminen perusöljyksi L&T Recoililla, perustuu yhdysvaltalaiseen Chemical Engineering Partnersin lisenssiin. Prosessi jaetaan kahteen vaiheeseen (ks. kuva 2).

Ensimmäisessä vaiheessa käytettyyn voiteluöljyyn lisätään kemikaalia, jonka tarkoituksena on hajottaa lisäaineet lipeäreaktorissa. Lipeäreaktorista käytetty voiteluöljy johdetaan vedenerotukseen, jossa siitä nimensä mukaisesti erotetaan vesi. Tämän jälkeen öljy johdetaan kaasuöljykolonniin, jossa öljystä erotetaan kevyet hiilivetyjakeet, kuten bensiini, diesel ja liottimet. Seuraavaksi perusöljyjakeesta erotetaan vielä raskaat hiilivetykomponentit. Tätä varten öljyn lämpötilaa nostetaan vielä viipymäreaktorissa, josta se johdetaan pyyhkäisyfilmihaihduttimille. Haihduttimilta saadun bitumin lisäksi prosessissa syntyy vielä perusöljytislettä, joka johdetaan välisäiliön kautta prosessin toiseen vaiheeseen. [3, s. 9–10]

Toisessa vaiheessa tisle vetykäsittelään. Vetykäsittelyssä korkeapainepumppu nostaa perusöljytisleen paineen 83 bariin, minkä jälkeen tisleeseen lisätään vety. Vetykäsitelty tisle johdetaan reaktorien katalyyttipedeille. Kolmessa reaktorissa tisleestä erotetaan rikki- ja typpiyhdisteet sekä jäämämetallit. Tämän jälkeen perusöljy ja (vety)kaasu erotetaan korkeapaine-erottimessa. Kaasu jäähdytetään jäähdytysvesivaihtimessa ja se paineistetaan uudestaan kiertokaasukompressorilla, jolloin vetyä voidaan taas käyttää. Tästä on peräisin nimitys kiertokaasu (eng. recycle gas). Perusöljy jatkaa matalapaine-erottimelle, jossa siitä erotetaan vettä ja kevyitä komponentteja. Matalapaine-erottimen jälkeen perusöljy johdetaan jakotislauskolonniin, jossa se jaetaan raskaaksi ja kevyeksi perusöljyksi. [3, s. 9–10]

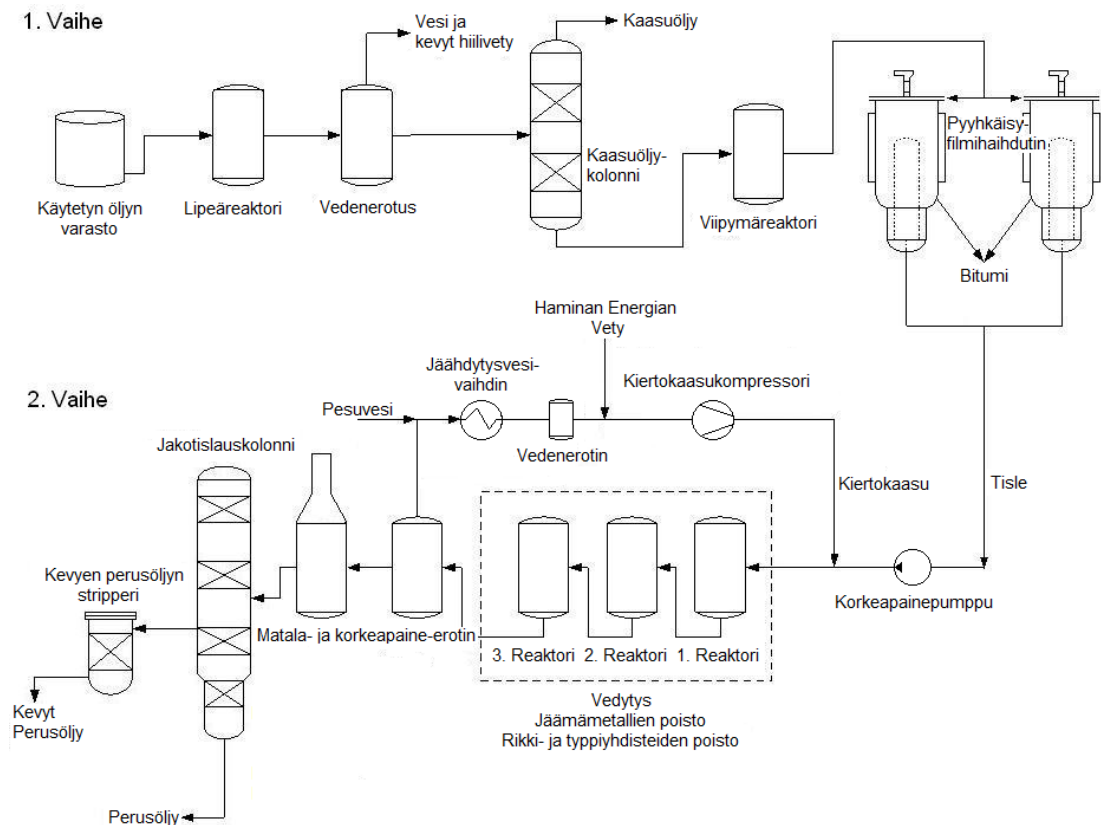
Vetykäsittely ja kiertokaasu

Haminan Energian vetylaitos valmistaa elektrolyysillä vedestä vedytyksessä tarvittavan vetykaasun (H_2). Kiertokaasun sekaan tulevaa tuorevetyä mitataan ja sen määrää säädellään, koska vetyä kuluu katalyyttisissä reaktioissa. Ennen

reaktoreihin menoa kiertokaasu lisätään perusöljytisleen sekaan ja sen lämpötilaa nostetaan kuumaöljyllä lämmönvaihtimessa. Vetykäsitelty tisle ajetaan korkeapainereaktoriin, jossa katalyytin lämpötilan ja korkean vetypaineen vaikutuksesta tisleestä häviävät typpi, rikki, happi ja loput epäpuhtaudet. Reaktorien jälkeen vety ja perusöljy erotetaan korkeapaine-kaasunerottimessa.

Vesipesulla kiertokaasusta pestään suolat, jonka jälkeen vety jatkaa korkeapaine-kaasun nesteenerottimeen ja vielä pisaranerottimeen, ennen kuin se paineistetaan uudestaan kiertokaasukompressorilla.

Seuraavassa luvussa käydään yleisesti läpi kompressorityyppejä, minkä jälkeen keskitytään L&T Recoil Oy:n käyttämään Hoferin mäntätyyppiseen kiertokaasukompressorisiin.



Kuva 2. Käytetyn voiteluöljyn jalostusprosessi (muokattu alkuperäisestä). [2]

4. KOMPRESSORIT

Kompressorit ovat laitteita, jotka lisäävät ilman tai kaasunpainetta niiden tilavuutta pienentämällä. Kompressoreilla painesuhteen on oltava vähintään kaksinkertainen. Painesuhteella tarkoitetaan puristuksen alku- ja loppupaineen suhdetta. Painesuhteen jäädessä alle kahden, kutsutaan laitteita ahtimiksi tai puhaltimiksi. Kompressorit jakautuvat kahteen kompressorityyppiin kineettisiin ja syrjäytyskompressoreihin. Kompressorien jako voidaan tehdä myös puristustavan mukaan staattisesti ja kineettisesti puristavat kompressorit. Kineettisiä kompressoreja ovat aksiaali-, radiaali- ja keskipakokompressorit. Syrjäytyskompressoreja ovat mäntä-, kalvo-, ruuvi- ja kierukkakompressorit. [4], [5, s. 25]

4.1 Ruuvikompressorit

Ruuvikompressorissa ilmanpuristus tapahtuu kahden roottorin välissä eli ruuvin ja luistin väliin jäävässä urissa. Ilman imeminen tapahtuu rungon imuaukosta, kun roottorien urat ovat sen kohdalla. Roottorien jatkaessa pyörimistään, hampaiden ryntökohta siirtyy ja yhteys imuaukkoon katkeaa. Ilma alkaa puristua, kun hampaiden ja urien välinen tilavuus pienenee. Kompressorin toisesta päästä saavutettu tuottopaine virtaa säiliöön. Rakenteeltaan ruuvikompressorit voivat vaihdella toisistaan urien ja hampaiden määrässä. Yleisin käytetty malli on nelihampaisen ruuvin ja kuusiuraisen luistin muodostama kokonaisuus, jossa teho johdetaan ruuviroottorin akselilta. [5, s. 30]

4.2 Kalvokompressorit

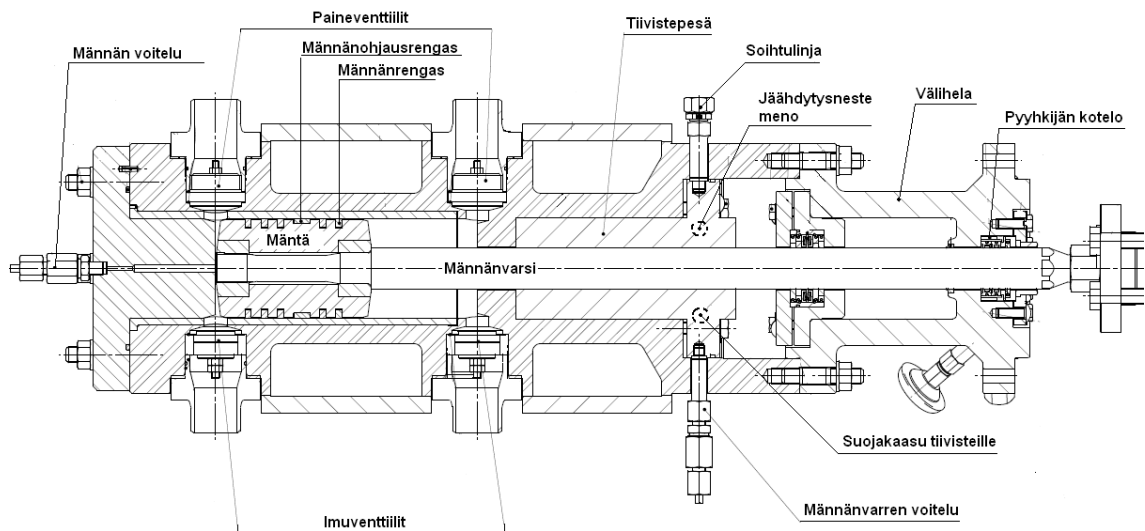
Kalvokompressorit on eräänlainen muunnos mäntäkompressorista. Kalvokompressorissa mäntäkambimekanismi on korvattu kalvon, kiertokangen ja epäkeskon muodostamalla kokonaisuudella. Suuret kalvokompressorit toimivat hydraulisesti, jolloin mäntä pumppaa hydraulineestettä, joka puolestaan liikuttaa kalvoa. [5, s. 29]

4.3 Mäntäkompressori

Mäntäkompressorin muodostavat kampikoneiston käyttämä sylinterissä liikkuva mäntä sekä imu- ja paineventtiilit. Venttiilit ovat itsetoimivia, eli läpivirtaava ilman/kaasun paine-ero ohjaa avautumista ja sulkeutumista. Ensin ilma tai kaasu imetään imuventtiilin avulla sylinteriin, jossa se puristetaan männän avulla. Puristuksessa paine sylinterissä nousee, jolloin paineventtiili avautuu ja siirtää paineistetun ilman/kaasun painesäiliöön. Kompressorin ollessa monivaiheinen, sylinterissä puristettu ilma/kaasu, siirtyy seuraavaa sylinteriin, jossa sitä puristetaan lisää. Tällä tavoin saadaan ilman tai kaasun painetta kasvatettua edelleen. Yksitoimisessa kompressorissa ilma/kaasu puristuu männän yhdelle puolelle, kaksitoimisessa molemmille puolille. [5, s. 26]

5. HOFERIN KIERTOKAASUKOMPRESSORI

L&T Recoilin toinen kierto kaasukompressor on saksalaisen Hofer Compressor Technologiesin valmistama mäntäkompressor. Hoferin mäntäkompressor on kaksitoiminen eli kaasu puristuu sylinterissä (kuva 3) männän kummallakin puolella. Männän voitelun hoitaa yläpäähän ja varteen sijoitettu voiteluputki, jonka öljyn syötöstä vastaa 0,18 kW:n sähkömoottori. Läpivirtaavaa vetykaasua ohjataan kahdella imuventtiilillä ja kahdella paineventtiilillä. Päämoottorina toimii 90 kW:n sähkömoottori, joka pyörittää kampikoneistoa hihnavetoisesti. Pyörimisliike muutetaan edestakaiseksi liikkeeksi kampiakselin avulla. [6]



Kuva 3. Sylinteri. Muokattu manuaalista [6]

Sylinteri

Sylinteri on keskeisin osa mäntäkompressoria ja sen ympärille rakentuu kompressorin koko toimintaperiaate. Sylinteri on kokonaisuus, jossa sisällä liikkuva mäntä tekee työn ja sivuilla olevat venttiilit ohjailevat painevirtoja. Sylinterin runko valmistetaan valamalla joko valuraudasta tai alumiinista. [5, s. 151]

Imu- ja paineventtiilit

Mäntätyyppisissä kompressoreissa käytetään automaattiventtiilejä, joiden toiminta perustuu paine-eroihin. Venttiilin ollessa kiinni, venttiililevyt ovat painautuneet jousivoimalla istukkaa vasten. Kun venttiilin eri puolille syntyy paine-ero, se voittaa kasvaessaan jousivoiman ja avaa venttiilin. Paine-eron tulee vallita sekä imu- että poistovaiheessa. [5, s. 152]

Mäntä

Mäntä on sylinterissä liikkuva osa, joka työntää kaasua sylinterin päätä vasten, jolloin tilavuus pienenee ja paine kasvaa. Mäntä on yleensä valmistettu valamalla ja valumateriaalina käytetään eri alumiiniseoksia tai valurautaa. Kestävimmät männät valmistetaan takomalla. [5, s. 152]

Männänrenkaat

Männänrenkaiden yleisimmät materiaalit ovat teflon, hiili ja metalli. Metallisia männänrenkaita käytetään yleensä kompressoreissa, jossa on öljyvoitelu. Männänrenkaat ovat yksi sylinterin päähuoltokohde, koska kuluneet renkaat aiheuttavat tehon alenemisen ja pahimmillaan männän kiinnileikkautumisen. Renkaiden kuluminen tarkastetaan mittaamalla niiden päittäisvälitys kompressorin ollessa kylmä. Tarkastus suoritetaan sylinterinkannen ollessa poissa tai venttiiliaukoista. Sallittu välitys vaihtelee kompressorin mukaan. Yleensä ohjausrenkas kuuluu ensimmäisenä. [5, s. 152], [6]

Pyyhkijän tiiviste

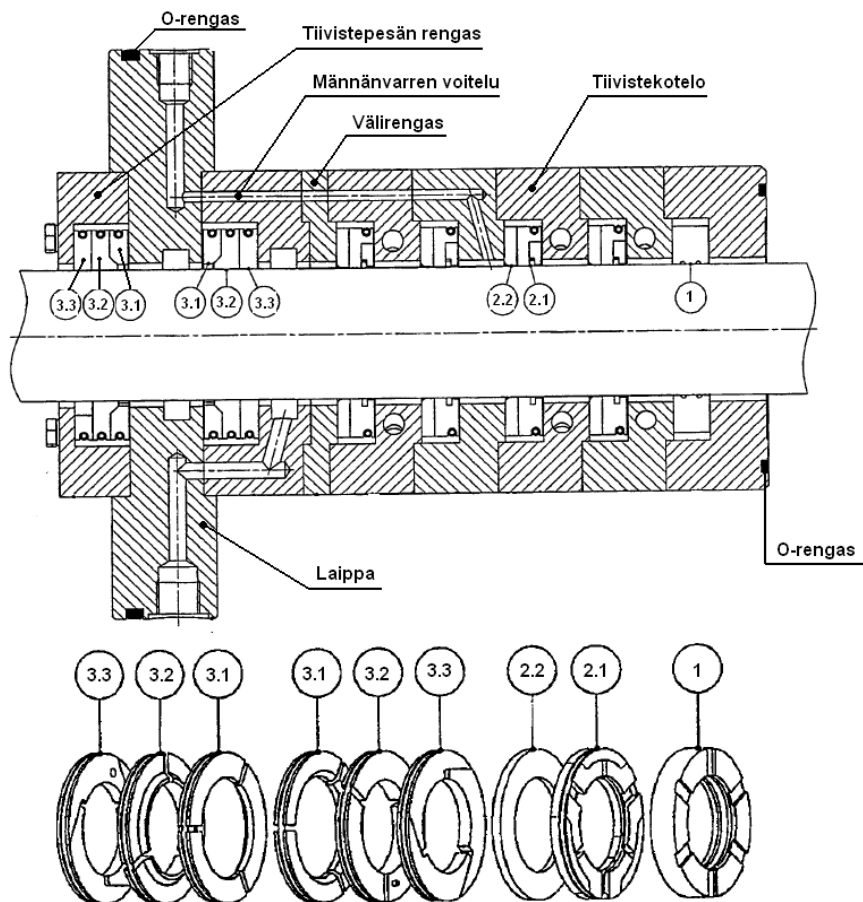
Pyyhkijän tiivisteen (eng. oil wiper sealing ring) tarkoitus on estää kampikammion öljyn nouseminen männänvartta pitkin välihelaan sekä estää mahdollisten vuotokaasujen eteneminen kampikammioon. [5, s. 151], [6]

Tiivistepesä

Männänvarren tiivistepesää (eng. Piston Rod Packing) käytetään yleensä kaksitoimisessa mäntäkompressorissa (kuva 4). Tiivistepesän tiivisteiden tarkoituksena on estää kaasun eteneminen sylinteriltä välihelaan (eng. distance

piece) ja sitä kautta kampikammioon. Tiivistepesän tiivisteet ovat niin sanottuja labyrinttitiivisteitä, jotka tiivistyvät männänvarren liikkeen mukaisesti. Kun prosessikaasu on vaarallista eli herkästi syttyvää tai myrkyllistä, käytetään tiivistepesässä vielä läpivirtaavaa suojakaasua. Suojakaasu paineistaa tiivistepesän ja täten vähentää prosessikaasua vuotamasta sylinteriltä [6]. Inertiä eli suojakaasua varten tiivistepesä on varustettu tuuletusaukoilla. Toisesta suojakaasu tuodaan sisään tiivisteille ja toisesta se pääsee virtaamaan varolinjaan esimerkiksi soihtuun.

L&T Recoilin prosessissa suojakaasuna käytetään typpikaasua (N_2), joka tiivistepesän jälkeen virtaa soihtulinjaan mahdollisten vetykaasujen kanssa. Soihdussa vaaralliset kaasut poltetaan maakaasun avulla. Ilman suojakaasua vetykaasu voi kulkeutua välihelaan ja pahimmassa tapauksessa kampikammioon, jossa se aiheuttaa räjähdysvaaran. [6]

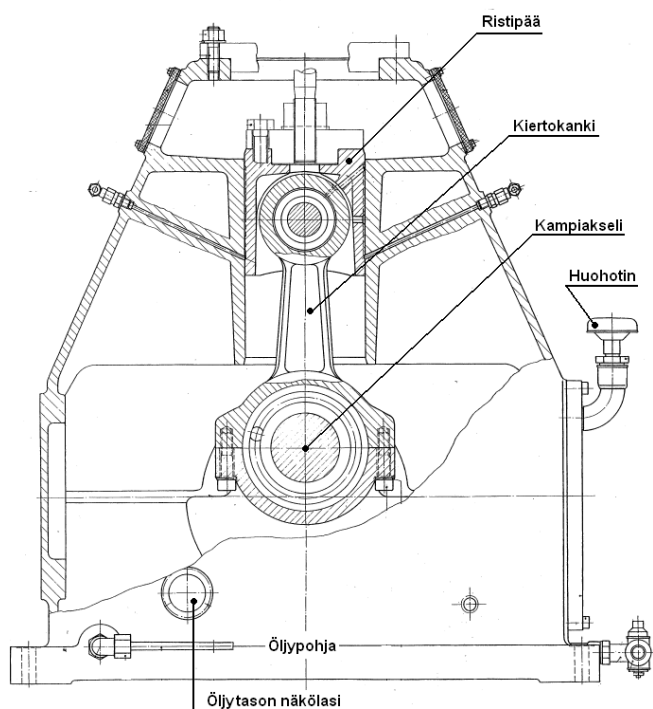


Kuva 4. Tiivistepesän rakenne ja labyrinttitiivisteet. [6]

KAMPIKAMMIO JA KAMPIKONEISTO

Kampikammiota (kuva 5) voidaan pitää kampikoneiston kotelona, joka sijaitsee sylinterin alapuolella. Kampikammion pääsääntöinen tehtävä on suojata kampiakselia, kiertokankea ja ristipäätä epäpuhtauksilta. Kampikammio on yleensä valurautaa tai alumiinivalua. Kammion pohjaosaa kutsutaan öljypohjaksi. Liiallinen voiteluöljy poistuu järjestelmästä öljypohjan yläosassa olevasta ylivuotoventtiilistä eli huohottimesta. [6]

Kompressori saa voimansa 90 kW:n sähkömoottorista, joka hihnavetoisesti pyörittää kampiakselin päässä olevaa hihnapyörää. Hihnapyörältä kampiakselille siirtyvä pyörimisliike muutetaan lineaariseksi edestakaisin liikkeeksi kampikoneiston eli kampiakselin, kiertokangen ja ristipään avulla. Kampikoneistoa voitelee paineistettu voitelujärjestelmä, jonka painetta ylläpitää hammaspyöräpumppu. Pumpun avulla voiteluöljy tuodaan kampikammiossa olevia kanavia pitkin kampiakselin-, ristipään- ja kiertokangenlaakereille sekä ristipäälle. [6]

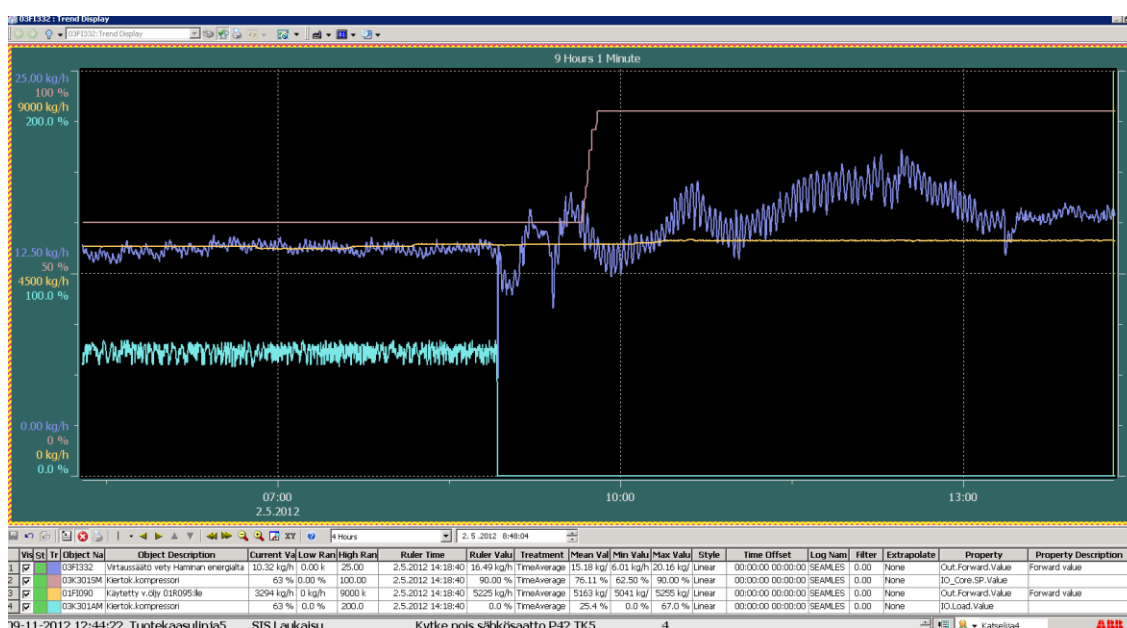


Kuva 5. Kampikammio. [6]

6. VUOTOJEN HAVAINNOT L&T RECOILILLA

Vuodot Hoferin mäntäkompressorissa havaittiin, kun kompressorin testiajot aloitettiin helmikuussa 2011. Vuoto ilmeni ajon aikana, kun vetykaasua kului 10 % eli noin 2–3 kg/h enemmän kuin kalvokompressorilla. Vertailu perustuu mäntä- ja kalvokompressorin prosessissa tarvitsemaan vedyn määrään. Vedyn määrä on suoraan verrannollinen syötön määrään. Syötöllä tarkoitetaan, kuinka paljon raaka-ainetta eli käytettyä voiteluöljyä syötetään prosessiin. Vedyn kulutuksen vertailussa onkin huomattava, että syötön on oltava yhtä suurta molemmilla kompressoreilla ajettaessa.

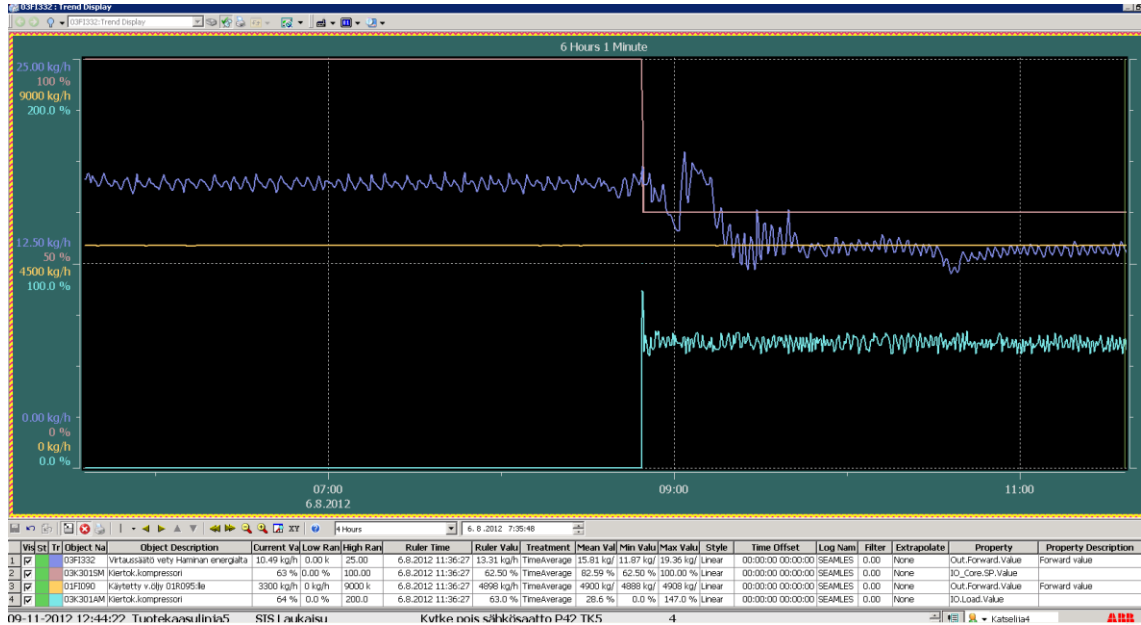
Kuvassa 6 on esimerkkitrendi 2.05.2012, jossa kalvokompressorin (turkoosi käyrä) vaihdetaan ajosta mäntäkompressorin (punainen käyrä). Vedyn kulutus (sininen käyrä) on noin 14 kg/h, kunnes kompressorin vaihdon jälkeen se nousee 16 kg/h. Syöttö on samana aikana tasaista noin 5 250 kg/h (oranssi käyrä). Kuvaajasta voi päätellä, että noin 2 kg vetyä vuotaa joka tunti.



Kuva 6. Vedyn massavirta 2.05.2012 (Kuva ABB:n automaatiojärjestelmästä).

Seuraava esimerkki (kuvassa 7) on vetyvuodosta 06.08.2012, jossa mäntäkompressorin (pun.) vaihdetaan ajosta kalvokompressorin (turk.). Vetyä

kuluu mäntäkompressorilla noin 17 kg/h, jonka jälkeen vedyn kulutus tippuu noin 14 kg/h. Syötön määrä säilyy samana 4 900 kg/h (or.).



Kuva 7. Vedyn massavirta 6.08.12 (Kuva ABB:n automaatiojärjestelmästä).

7. ULKOISTEN VUOTOJEN ETSINTÄ

Ulkoisia vuotoja voidaan havaita nykyisin monella tavalla. Ääni on jo vanha tapa selvittää vuotoja. Mikä tahansa vuoto voidaan selvittää pelkästään äänen perustella, oli kyseessä sitten neste- tai kaasuvuoto. Ihmiskorvaan kaikki vuoto äänet eivät kantaudu, joten pienimpiin vuotoihin pääsee käsiksi erilaisilla vuotomittareilla, kuten ultraäänivuotomittarilla. Ultraäänivuotomittari ilmaisee vuotokohdasta pääsevän ultraäänen. Ultraäänitarkastuksen etuna on se, että muut taustääänet eivät häiritse mittausta. Ultraääntä käytetään yleensä kun tutkitaan paineilma-verkoston vuotoja. [7, s. 3–5]

Vaarallisia kaasuja mitattaessa ultraääni ei ole paras eikä turvallisin vaihtoehto. Vaarallisten kaasujen (kuten herkästi syttyvät kaasut) mittaamiseen vuodonilmaisimet ovat erittäin tärkeitä, koska ne varoittavat, kun vaarallista kaasua esiintyy ilmassa. Kaasuilmaisin soveltuu vuotojen paikallistamiseen putkilinjoista ja ATEX-tiloista. Putkilinjoista tutkitaan yleensä liitoskohdat kuten laippa- ja helmiliitokset. Hitsausliitokset tutkitaan yleensä röntgenkuvauksella.

L&T Recoil Oy:n käyttämä kaasunilmaisim on Crowcon Tetramonikaasuilmaisin, joka mittaa vedyn, hiilivedyn, rikkivedyn ja hapen. Tetrassa on sisäänrakennettu pumppu, joka pumppaa näyteilman sisään näyteadapterin eli sondin päästä. Osoittamalla sondia mitattavaan kohtaan, mittari antaa tarkat lukemat ja hälyttää tarvittaessa. Vaarallisille pitoisuuksille hälytysrajat on asetettu LEL:n (Lower Explosive Limit) mukaan. Vedyn LEL-arvo on 4 % osuutta ilmassa. [8]

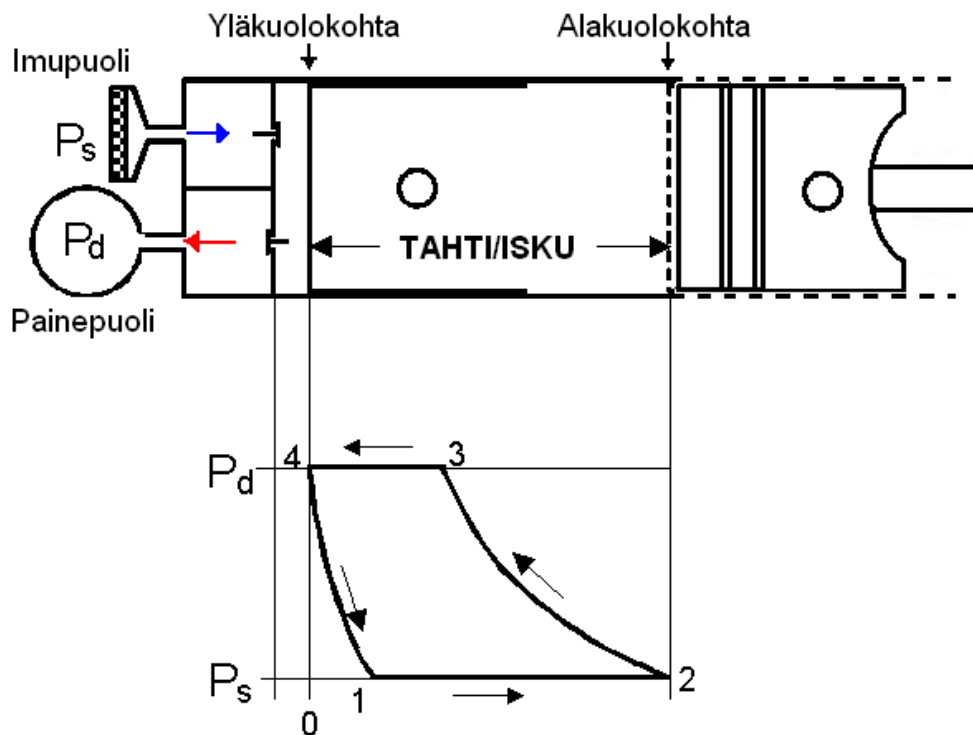
Mittaria käyttäessä tulee harkita, onko vuoto merkittävä. Esimerkiksi vetyvuotoa mitattaessa lukema 100 ppm (parts per million) tarkoittaa 0,01 % osuutta ilmassa. Yli 1000 ppm vastaa 0,1 % osuutta ilmassa, mitä voidaan pitää merkittävänä vuotona. [8]

8. SISÄISTEN VUOTOJEN ETSINTÄ

Sisäisillä vuotoilla tarkoitetaan tässä tapauksessa kompressorin sisäisiä vuotoja. Tässä kappaleessa käydään läpi sylinterissä tapahtuvia vuotoja, joita voidaan havaita paine–tilavuus-kaaviosta (pV -kaavio). Kappaleesta 8.2 eteenpäin keskitytään männänvarrentiivisteiden vuotoihin, joita ei havaita pV -kaaviosta vaan niitä voidaan havaita esimerkiksi virtausmittauksella.

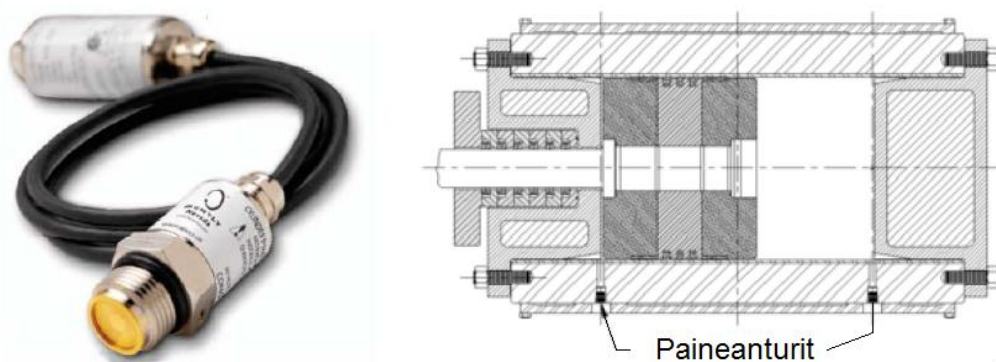
8.1 Paine–tilavuus-kaavio

Mäntäkompressorin sisäisiä vuotoja voidaan parhaiten tutkia paine–tilavuus-kaaviosta (p, V). Paine–tilavuus-kaavio kuvaa sylinterin sisäistä painetta suhteessa männän iskutilavuuteen prosentteina, valitussa kuolokohdassa. p tarkoittaa hetkellistä painetta puristustilassa ja V vuorostaan hetkellistä tilavuutta. pV -kaavion toimintaperiaate näkyy kuvasta 8. Välillä 1–2 imuventtiili aukeaa ja sylinteri alkaa täyttyä kaasulla, alkaa ns. imuvaihe. Piste 2 jälkeen imuventtiili sulkeutuu ja puristus alkaa. Paineen nouseminen pisteeseen 3, paineventtiili aukeaa ja sylinteri alkaa tyhjäntä eli ns. poistovaihe alkaa. Männän ollessa yläkuolokohtassaan sylinterin kannen ja männän väliin jää aina pieni tilavuus, josta paineenalaista ilmaa/kaasua ei saada tyhjäntä paineventtiilillä. Tämä niin sanottu jäännöstilavuus on noin 3–10 % sylinterin iskutilavuudesta. Pisteessä 4, yläkuolokohtan jälkeen, mäntä palautuu ja sylinterin paine laskee. Tämän jälkeen sykli alkaa alusta. Kaavioon syntyvä pinta-ala kuvaa puristukseen tarvittavaa työtä. [5], [9], [10]



Kuva 8. Paine–tilavuus-kaavion periaate. [10]

Jotta saadaan aikaan tarkka paine–tilavuus-kaavio, tulee sylinterin puristuspuolelle asentaa paineanturi, joka mittaa sylinterin sisäistä painetta. Kaksitoimisessa mäntäkompressorissa anturit asennetaan sylinterin molempiin päihin (kuva 9). Nykyiset paineanturit saadaan kytkettyä näyttämään jatkuvaa käyrää sylinterin sisäisestä paineesta. [11]



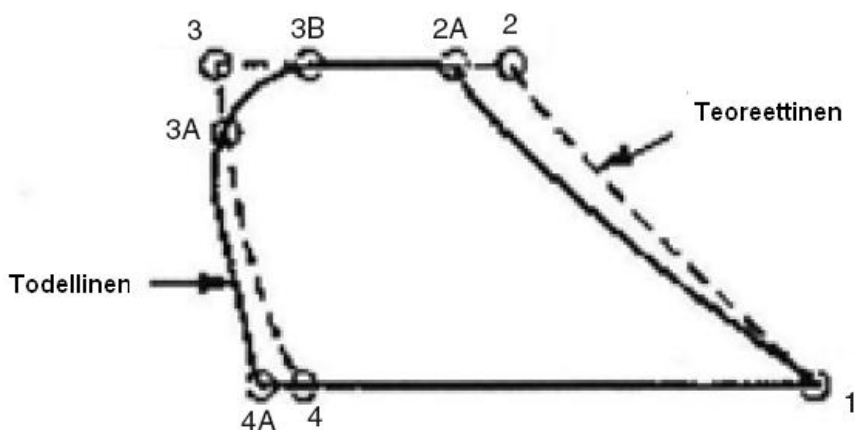
Kuva 9. Paineanturi (vas.) ja sen asennus sylinteriin. [11]

Sivuilla 17–20 on esimerkkejä, kuinka venttiilivuodot vaikuttavat paine–tilavuus-kaavion käyriin. Tätä varten todellista kaaviota (sylinteriltä mitattua kaaviota) verrataan teoreettiseen kaavioon (valmistajan laskettuun kaavioon), jolloin saadaan selville sisäinen vuotokohta.

Imuventtiilin vuodot ja oireet

Imupuolen vuodot aiheuttavat venttiileissä yleensä lämpötilan nousun. Painepuolen venttiilien lämpötilakin saattaa nousta, mutta ei merkittävästi. Teho saattaa olla normaalia alhaisempi ja myös puristussuhde saattaa laskea. Laskettu kapasiteetti, joka perustuu imupuolen volumetriseen hyötysuhteeseen on korkeampi kuin laskettu painepuolen volumetrisen hyötysuhteen kapasiteetti. Näiden kapasiteettien suhdeluku on korkeampi kuin 1.0. [9]

Kuvasta 10 käy selville, kuinka vuotava imuventtiili vaikuttaa paine–tilavuus-kaavioon. Puristusvaiheessa (välillä 1–2 A) kaasua vuotaa imuventtiilin läpi, joten mäntä joutuu liikkumaan pitemmälle saavuttakseen oikean paineen. Vuodon ollessa suuri, paine sylinterissä ei pääse nousemaan eikä paineventtiili pääse avautumaan. Puristuspaineen noustua ja paineventtiilin avauduttua kaasua virtaa läpi paineventtiilistä, mutta samalla myös vuotavasta imuventtiilistä. Tämä aiheuttaa paineventtiilin ennenaikaisen sulkeutumisen (pisteessä 3 B). Paineventtiilin olessa kiinni, imuventtiili päästää edelleen kaasua pois sylinteristä männän jatkaessa yläkuoloa. Kohdassa 3 A imuventtiili avautuu, jolloin vuoto aiheuttaa sylinterin paineen jyrkän laskun. [9]

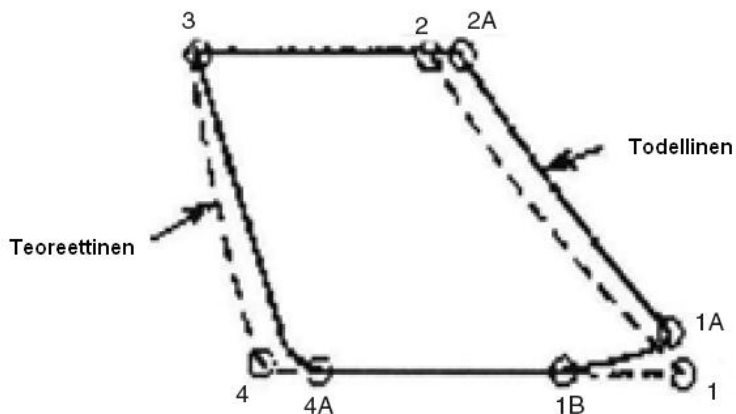


Kuva 10. Imuventtiilin vaikutus paine–tilavuus-kaaviossa. [9]

Paineventtiilin vuodot ja oireet

Painepuolella vuoto voi nostaa lämpötilan normaalia korkeammaksi. Kapasiteetti (tuotto) on pienempi kuin suunniteltu kapasiteetti. Myös teho saattaa olla normaalia alhaisempi. [9]

Paineventtiilin vuodot vaikuttavat paine–tilavuus-kaavioon kuvan 11 mukaisesti. Männän vetäytyessä alakuolokohtaan (1 B – 1 A) kaasua virtaa sekä avoimen imuventtiilin että vuotavan paineventtiilin läpi sylinteriin. Painepuolen vuoto aiheuttaa sylinterin enneaikaisen paineen nousun ja imuventtiili sulkeutuu enneaikaisesti. Puristusvaiheessa (1 A – 2 A) vuotava paineventtiili päästää edelleen kaasua sylinteriin. Paineventtiili pääsee avautumaan (linjalle päin) vasta, kun sylinterin paine nousee yli linjapaineen. Yläkuolokohdan (3–4 A) jälkeen sylinteriin jäänyt kaasu laajenee, kun vuotava paineventtiili päästää läpi lisää kaasua sylinteriin. Sylinterin paine kasvaa, vaikka teoriassa sisäisen paineen pitäisi laskea nopeasti. [9]

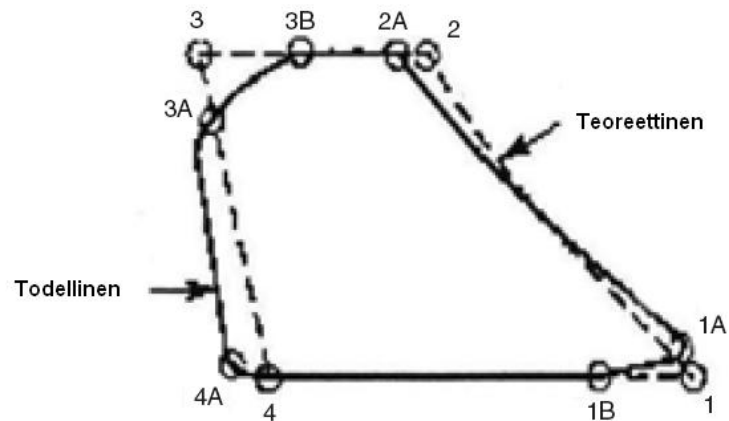


Kuva 11. Paineventtiilin vaikutus paine–tilavuus-kaaviossa. [9]

Männänrenkaiden vuodot ja oireet

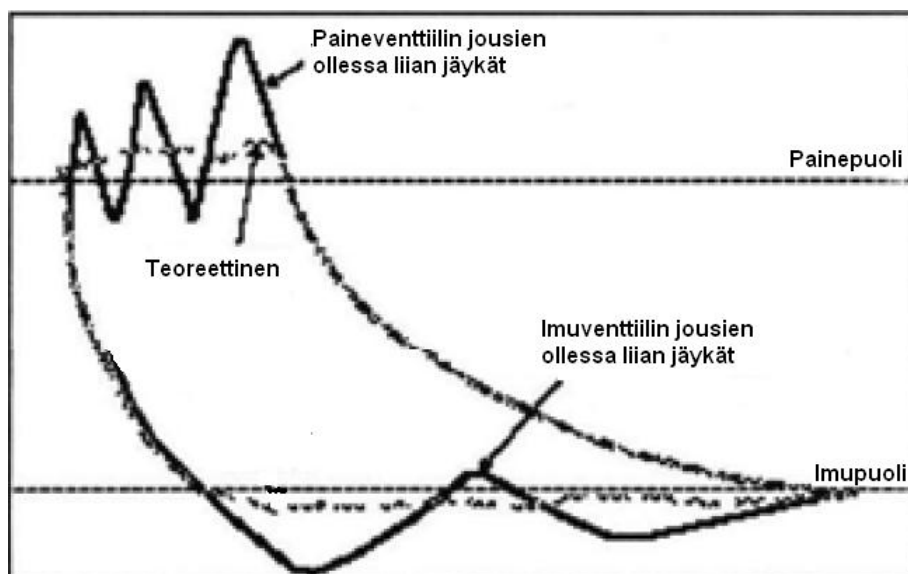
Vuotavat männänrenkaat voivat aiheuttaa painepuolen lämpötilan nousun kaasun uudelleenkierron aikana. Useamman renkaan vuotaessa, painepuolen lämpötila saattaa nousta jopa 170°C:seen. [9]

Kuvassa 12 on esitetty, kuinka männänrenkaiden vuodot vaikuttavat paine-tilavuus-kaavioon. Alussa mäntä kulkee pisteiden 1 A ja 2 A:n välin, jolloin kaasua vuotaa männän yläpuolelta kiertokangen puolelle. Vastaavanlainen oire tulee myös vuotavasta paineventtiilistä. 2 A:n 3 B:n välillä kaasu poistuu sylinteristä paineventtiilin kautta, mutta jatkaa vuotoa männänrenkaista. Vuodon ollessa tarpeeksi suuri paineventtiili sulkeutuu ennenaikaisesti pisteessä 3 B. Männän hidastuessa ja jatkaessaan yläkuolokohtaan, kaasu jatkaa vuotoaan renkaiden ohitse. Tämän seurauksena sylinterin sisäinen paine tippuu (pisteeseen 3 A). Paineen aleneminen teoreettisesta pisteestä 3 todelliseen 3 A:han on huomattava. Pisteiden 3 A ja 4 A välillä mäntä palautuu ja vuoto renkaista jatkuu, jonka seurauksena on imupaineen nopea lasku, kunnes paine tasaantuu sylinterin molemmin puolin. Männän ollessa aivan ala-asennossa paine on korkeampi kiertokangen puolella, silloin kaasu alkaa vuotaa renkaiden läpi männän toiselle puolelle. Tämän vuodon seurauksena imuventtiili sulkeutuu ennenaikaisesti (vrt. piste 1 B pisteeseen 1). Imuventtiilien ollessa kiinni, sylinterin tilavuus ja paine kasvaa, johtuen jatkuvasta rengaiden vuodosta sylinterin puolelle. Paine on siis todellisuudessa isompi kun teoriassa (vrt. 1 A ja 1). [9]



Kuva 12. Männänrenkaiden vaikutus paine–tilavuus-kaaviossa. [9]

Kun paine–tilavuus-kaaviota tarkastelee, on myös hyvä tietää, mistä paine- ja imupuolen jyrkät nousut ja laskut johtuvat. Liian kovat venttiilin jouset aiheuttavat teräviä paineen vaihteluita, jotka näkyvät selkeästi kaaviosta (kuva 13). Venttiilin tehon ollessa alhainen, todennäköisin syy saattaa olla liian jäykissä jousissa. [9]



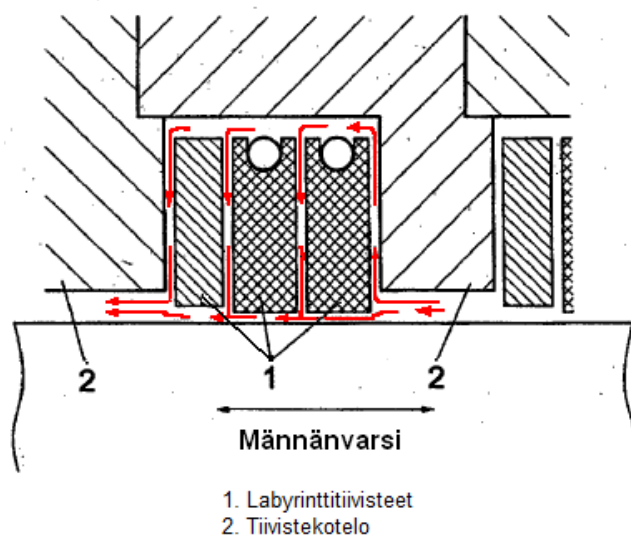
Kuva 13. Jäykät jouset venttiileissä. [9]

8.2 Männävarrentiivisteiden vuodot

Tiivisteissä vuotoa saattaa esiintyä metallitiivisteestä, tiivistekoteloiden kosketuspinoilta ja tiivisterenkaista. Tavanomainen metallitiiviste on yleensä tehty kevytmetalleista, kuten kuparista, alumiinista tai puhtaasta teräksestä. Metallitiiviste on periaatteessa vuotamaton, jos tiivisteiden mitat ja kosketuspinnat ovat kunnossa. Nykyään tavallisia metallitiivisteitä korvataan spiraalitiivisteillä, jotka koostuvat ulkopuolisesta ohjausrankaista, nauhasta, täytteestä ja sisäpuolisesta tukirenkaasta.

Toinen vuotokohta, joka esiintyy tiivistekoteloiden välillä, on mahdollista saada vuotovapaaksi. Tämä voidaan toteuttaa laittamalla kosketuspinoille joko tiivisteainetta tai sorvaamalla kosketuspintoihin urat o-renkaita varten. Asennusvaiheessa laipan tasainen kiristysmomentti pitää huolen, ettei vuotoa koteloiden välistä tapahdu.

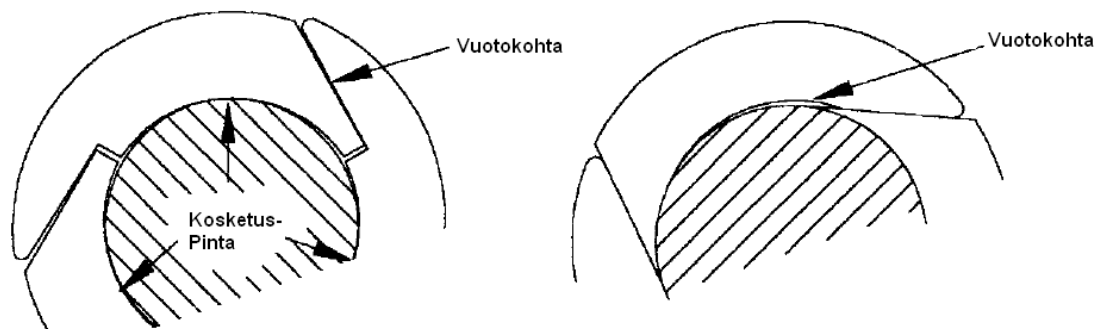
Kolmanteen vuotokohtaan, tiivisterenkaisiin, kiinnittyy yleensä eniten huomiota, kun määritellään mäntäkompressorin vuotoja. Näitä tiivisteitä kutsutaan huuli-, punos- tai labyrinttitiivisteiksi. Labyrinttitiivisteet vuotavat aina vähän, kun kaasu pääsee vuotamaan tiivisteiden välistä mutkitellen (ks. kuva 14.). Normaalinen vuoto voi olla suurimmillaan 12 Sft³/h (Standard cubic feet/hour) eli noin 0,34 Nm³/h (normikuutiota/tunnissa) tämän kokoluokan kompressoreissa. [6], [9]



Kuva 14. Vuodot tiivisterenkaista (muokattu manuaalista). [6]

Kompressorin käyttöönotossa ja lyhytjaksoisessa käytössä vuoto on yleensä suurempaa, koska tiivisterenkaiden sisähalkaisijat eivät ole ehtineet asettumaan männänvarren ympärille (ks. kuva 15). Kun vuoto ylittää normaalin rajan, syynä on yleensä kuluneet tiivisterenkaat.

Tiivisterenkaiden kulumiseen on moniakin syitä. Eräs yleisimmistä syistä on, että männänvarren voitelu ei toimi niinkuin pitäisi. Kuiva-ajo ja väärä voiteluaine voivat aiheuttaa tiivisteiden enneaikaisen kulumisen. On tärkeää varmistaa, että voiteluaine vastaa laitevalmistajan määräyksiä ja että voiteluainetta on riittävästi. Voiteluaineen määrä on tarkastettava aina ennen kompressorin käynnistystä. Lisäksi voiteluaineen määrää on seurattava ajon aikana. Syy tiivisteiden kulumiseen voi olla myös tiivisteiden ja tiivistekoteloiden yhteensopimattomuus. [6], [9]

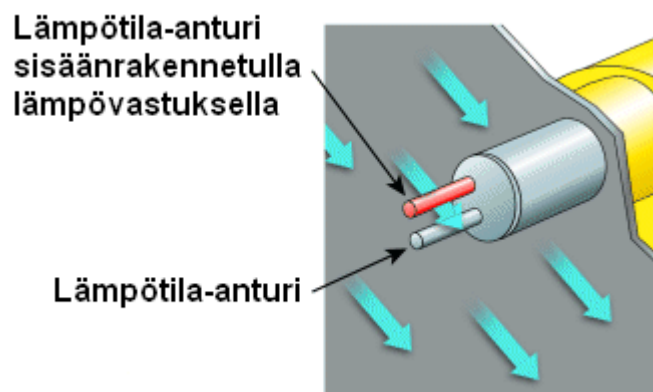


Kuva 15. Vuodot tiivisterenkaista. [9]

8.3 Tiivistevuotojen massavirran seuranta

Termiset massavirtausmittarit ovat hyvin yleisiä, kun halutaan mitata kaasujen virtauksia. Kuten nimikin kertoo, terminen massavirtausmittari käyttää lämpöä mitataksaan virtausta. Termistä massavirtausmittaria ei yleensä käytetä nesteiden virtauksien mittaamiseen, koska nesteet johtavat lämpöä, jolloin tarkkoja arvoja on vaikea saada. Terminen massavirtausmittari (kuva 16) on yleensä varustettu kahdella RTD-anturilla (Resistance Temperature Detector). RTD-anturit ovat lämpötila-antureita, joista toisessa on sisäänrakennettu lämpövastus. Tätä anturia kutsutaan aktiiviseksi RTD-anturiksi. Aluksi

kaasuvirta kulkee aktiivisen anturin ohitse ja "viilentää" anturia, joka on vastuksen avulla saavuttanut oletuslämpötilan. Tämän jälkeen toinen anturi mittaa myös lämpötilaa. Mittarin elektroniikka laskee jatkuvasti antureiden välistä lämpötilaeroa. Virtausnopeus saadaan selville, kun tiedetään, kuinka paljon lämpöä haihtuu virtauksen mukana aktiiviselta anturilta. Kun virtausta ei ole lainkaan, on antureiden välinen lämpötilaero suurimmillaan, eli lämpöä ei haihdu anturilta ja lämpötilaero pysyy vakiona. Virtauksen kasvaessa aktiivinen anturi alkaa jäähtyä ja antureiden välinen lämpötilaero laskee. [12]



Kuva 16. Termisen massavirtausmittarin toiminta. [12]

Toimintaperiaate saattaa vaikuttaa yksinkertaiselta, mutta todellisuudessa se on hyvin kehittynyttä teknologiaa. Mittari ottaa huomioon tiheyden, viskositeetin, lämmönjohtokyvyn sekä ominaislämmön mitattavasta kaasusta. Lopputuloksena saadaan hyvin tarkka arvo massavirrasta, joka ei tarvitse ylimääräistä laskentaa.

8.4 Tiivistevuotojen seuranta termisellä massavirtausmittarilla

Männänvarrentiivisteistä tapahtuvaa vuotoa ei voida siis kokonaan poistaa, kuten luvussa 5 kerrottiin. Kuluneet tiivisteet tulisi vaihtaa uusiin, kun vuoto on suurta. Uudet tiivisteet saattavat vuotaa noin 12 Sft³/h eli 0,34 Nm³/h. Kuluneiden tiivisteiden on ilmoitettu vuotavan jopa 900 Sft³/h eli 25,5 Nm³/h. [13].

Kulumista tulee seurata säännöllisesti, mutta männänvarrentiivisteiden pois ottaminen visuaalisen tarkistamisen takia ei ole käytännöllistä. Sylinterin joutuisi purkamaan ja mäntä pitäisi nostaa pois. Tiivisteiden kulumista tulisi pystyä seuraamaan ilman ylimääräistä työtä. Termisellä massavirtausmittarilla pystyisi seuraamaan vuodon määrä ja siten myös tiivisteiden kuntoa.

Vuodon pystyisi havaitsemaan tarkasti asentamalla mittari tiivistepesteiltä lähtevään soihtulinjaan. Soihtulinjaan vety ohjataan typpisuojavaasulla, joten tarkkaa vetyvuotoa varten tulee tietää myös, paljonko typpeä kuluu. Hoferin oman arvion mukaan typpeä kuluu 13,3 baarin linjapaineella noin 0,1 Nm³/h.

Termisen massavirtausmittarin tilauksesta päätimme kokouksessa. Tarjousten kyselyjä varten tuli selvittää asennuskohteen linjapaine (16 bar g), putken halkaisija (1/2"), liitännät (laippa DN 15 PN 40), kaasut (H₂ ja N₂), arvioidut kaasujen virtausmäärät (maksimissaan 40 Nm³/h) sekä suojaukset laitteelle (ATEX-luokitus). Tarjousten perusteella tilasimme, yhdysvaltalaisen Eldrige productsin termisen Master Touch -massavirtausmittarin.

Asentamista varten tulee kalvokompressori ottaa ajoin ja mäntäkompressori on sammutettava. Kompressori on huuhdeltava työllä, ennen kuin asennustoimet voidaan aloittaa. Soihtulinjan alku on 1/2":n putkea, joka on kiinni helmiliittimin. Putki otetaan pois ja siitä poistetaan 172 mm:n pituinen pala, johon mittari tulee. Putkien päihin hitsataan laipat ja mittari kiinnitetään laippaliitoksiin.

9. VETYVUODON LÖYTÖ JA SEN KORJAUS

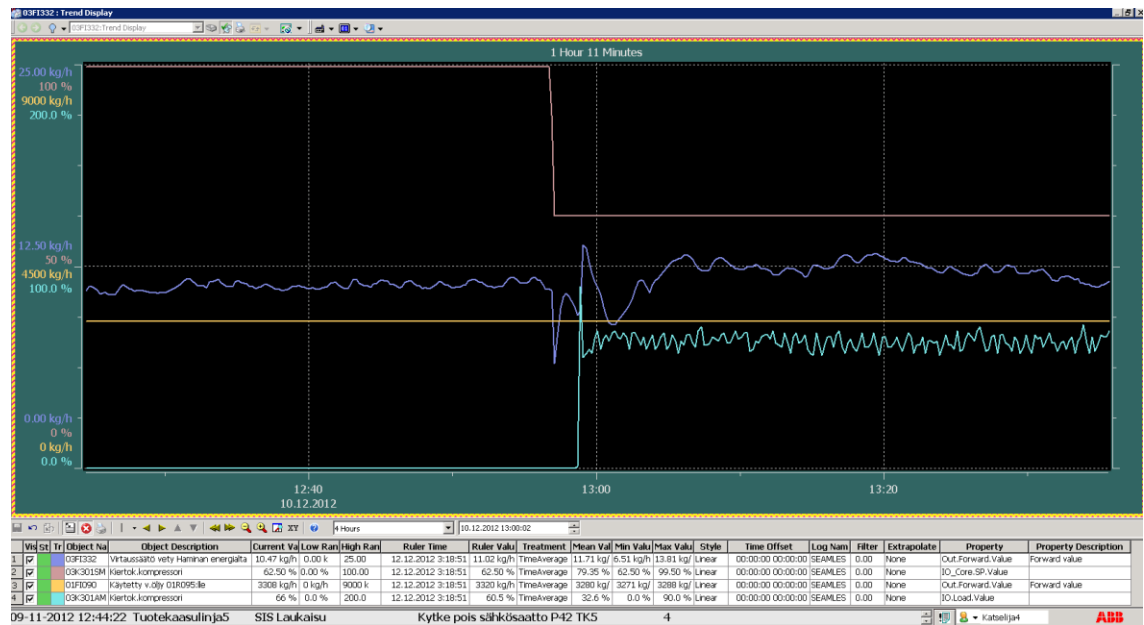
Työn alussa oli tarkoitus rajata vuotoa ja siten löytää vuotokohta. Kaasua ei voinut vuotaa kompressorin liitoksista, koska liitokset ja koneen ympäristö on tarkastettu kaasunilmaisimella ja tärkeimmät hitsausliitokset on kuvattu. Nämä vuodot on rajattu jo kompressorin asennusvaiheessa, koska vetyvuoto työympäristöön aiheuttaa räjähdysvaaran. Lisäksi vuodot putkistoissa ovat myös mahdottomia, koska kalvokompressorin käyttää samoja putkilinjoja. Huomio ulkoisista vuodoista kääntyi siis kompressorin sisäisiin vuotoihin.

Minulle annettiin tehtäväksi, osana opinnäytetyötä, valmistaa käynnistysohje mäntäkompressorille, koska käynnistämisestä ei ole aikaisemmin ollut selkeää ohjeistusta (ohje liitteenä 1). Kyseistä ohjetta varten käytettiin Hoferin käyttöohjekirjaa sekä tarvittavia käytännön toimenpiteitä yhdessä vuoromestarin sekä kunnossapitopäällikön kanssa. Ohjeesta piti käydä ilmi kaikki käynnistämiseen liittyvät toimenpiteet, kuten öljynmäärän tarkistukset, turvakytkimien asennot ja käsiventtiilien avaukset. Ohjeen valmistumisen aikana kävi ilmi, ettei suojakaasun toinen käsiventtiili ole koskaan ollut auki kompressorin ollessa käynnissä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että suojakaasu ei ole päässyt virtaamaan tiivistepesän lävitse. Vety on siis päässyt vuotamaan männänvarrentiivisteiltä vapaasti, eikä sitä ole voitu ohjata varolinjaan, vaan se on voinut vapaasti vuotaa välihelaan.

Suojakaasun käyttöönoton jälkeen vedyn kulutus on laskenut. Kuvasta 17 selviää, kuinka mäntäkompressorilta (pun.) siirryttäessä kalvokompressorille (turk.), vedyn kulutus ei laske, kuten kuvan 7 käyrässä. Vedyn kulutus (sin.) pysyy 12–13 kg/h välillä syötön ollessa 3280 kg/h (oran.). Voidaan siis todeta, että suojakaasulla on merkitystä vedyn kulutukseen.

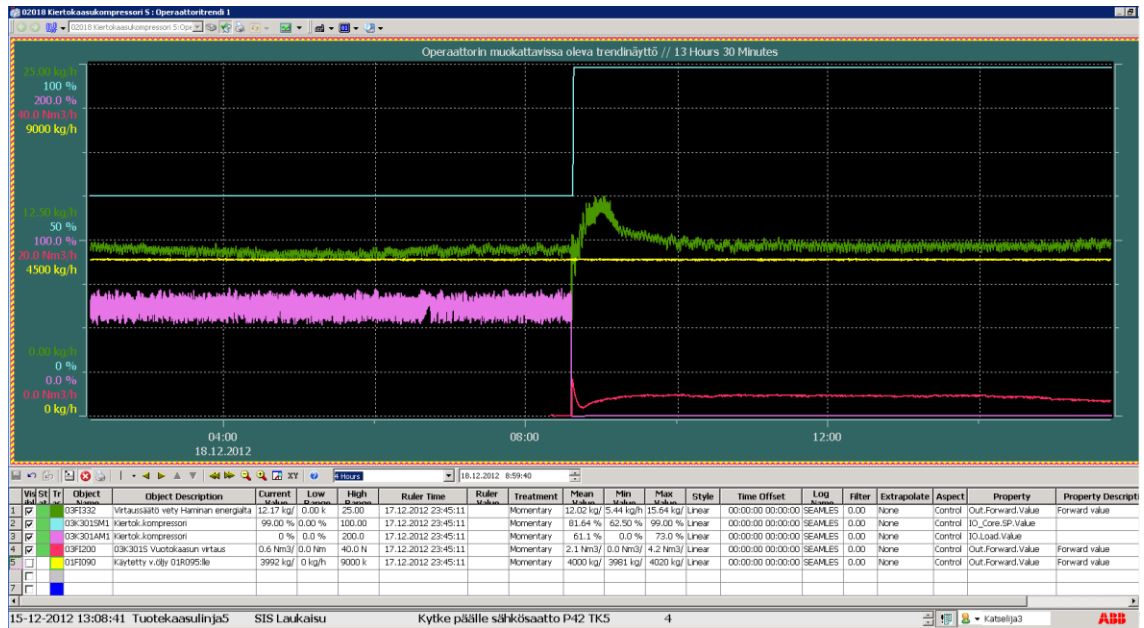
Power engineering -lehden 11.01.2004 kirjoitetussa artikkelissa [14] käsiteltiin suojakaasun tärkeyttä mäntäkompressorissa. Artikkelissa tiivistevalmistaja John Crane Inc. kertoo, kuinka puhtaan ja kuivan suojakaasun puuttuminen tiivistepesästä on johtanut tiivisteiden vioittumiseen ja ennenaikaiseen

kulumiseen. Myös American Petroleum Institute korostaa joulukuussa 2007 julkaistussa artikkelissa suojakaasun tärkeyttä. [15]



Kuva 17. Vedyn massavirta 10.12.12. (Kuva ABB 800xA-automaatiojärjestelmästä)

18.12.2012 terminen massavirtausmittari saatiin asennettua paikoilleen, minkä jälkeen kalvokompressori pysäytettiin ja mäntäkompressori otettiin ajoin. Kuvassa 18 turkoosi käyrä kuvaa mäntäkompressoria ja vaaleanpunainen kalvokompressoria. Keltainen käyrä kuvaa syötön määrää, joka on tasaista 4000 kg/h. Vihreä käyrä kuvaa tuorevedyn määrää ja punainen mittaa vuotovedyn määrää kompressorin männänvarrentiivisteiltä. Alussa vuoto nousee jopa 4 Nm³/h, jonka jälkeen lukema tippuu 2,2 Nm³/h, kun tiivisteet asettuvat männänvarren ympärille. 2,2 Nm³/h on noin 0,2 kg/h, joka selittää tuorevedyn kulutuksen 12 kg/h, kun kalvokoneella kulutus on ollut 11,8 kg/h.



Kuva 18. Vedyn massavirta 18.12.12. (Kuva ABB 800xA-automaatojärjestelmästä)

Vuodon määrä pitäisi tippua alle 1 Nm³/h (riippuen kompressorista), kun männänvarrentiivisteet on oikein voideltu, jäähdytysjärjestelmä toimii ja suojakaasua virtaa tiivisteille. Uuden tiivisteiden on ilmoitettu vuotavan 0,34 Nm³/h [13]. Ilmoitettu luku on kuitenkin vain suuntaa antava. Vuotoon männänvarrentiivisteiltä vaikuttaa moni asia, kuten tiivisteiden kuluneisuus, varren voitelun riittämättömyys ja puhtaan suojakaasun puuttuminen.

On vielä vaikea sanoa, mikä on normaalia vuotoa ja mikä ei. Luultavasti oikeat arvot kuluneisuudelle saadaan, vasta kun Hoferin mäntäkompressorista vaihdetaan ensimmäisen kerran kuluneet tiivisteet. Tätä odotellessa onkin mietittävä, milloin vuoto ylittää rajan, jolloin on taloudellisesti kannattavaa vaihtaa tiivisteet.

10. YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin L&T Recoil Oy:n kiertokaasukompressorin vetyvuotoa. Työssä perehdyttiin mäntäkompressorin yleisimpiin vuotokohtiin ja annettiin pohjatietoa, kuinka vuotoja voidaan havaita eri mittauksin. Vuotojen ennaltaehkäisyyn ja vuotojen korjauksiin ei syvennytty tarkemmin työn aikana.

Käytännön työn alkuvaiheessa haluttiin rajata vuoto pois männänvarrentiivisteiltä, joka osottautuikin työn edetessä suurimmaksi, ellei peräti ainoaksi vuotokohdaksi. Männänvarrentiivistepesältä puuttuva suojakaasu aiheutti sen, että vety pääsi vuotamaan vapaasti männänvartta alaspäin. Suojakaasun venttiilin avaamisen jälkeen vetyvuoto väheni merkittävästi ja loput vuodosta saatiin ohjattua soihdulinjaan eli varolinjaan.

Tiivisteiltä varolinjaan tapahtuvaa vuotoa on hyvä seurata jatkossakin, koska lisääntyvä vuoto kertoo tiivisteiden kulumisesta, männänvarren voitelun puutteellisuudesta tai suojakaasun puuttumisesta. Varolinjaan asennettiin terminen massavirtausmittari, jolla vuotavaa vetyä voidaan seurata. Mittarille asetettiin hälytysrajat, jolloin tiivisteiden kunto olisi tarkistettava.

Todelliset raja-arvot voidaan asettaa vasta, kun tiedetään, paljonko kuluneet tiivisteet vuotavat tai saavat vuotaa kyseisessä kompressorissa. Tämä tapahtuu, kun männänvarrentiivisteet vaihdetaan uusiin ja tuloksia voidaan verrata.

Jatkoa ajatellen termisellä massavirtausmittarilla voidaan poissulkea yksi vuotokohta. Jos vuotoa jatkossa tapahtuu, eivätkä mittarin lukemat vastaa vuotoa, voidaan päätellä, että vuotokohtaa on syytä etsiä muualta. Asentamalla kompressorin sylinterin ylä- ja alapäähän paineanturit voidaan graafisesti osoittaa loput sisäiset vuodot.

LÄHTEET

[1] [www-dokumentti]. L&T Recoil OY, Viitattu 17.10.2012, Saatavilla: <http://www.lt-recoil.com/index.php?id=2>

[2] [PowerPoint-esitys]. L&T Recoil Oy, yleisesitys, Ei saatavilla.

[3] Pitkänen, H., Käytetyn voiteluöljyn regenerointilaitoksen prosessivesien karakterisointi, Diplomityö, Viitattu 22.10.2012, Saatavilla: http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/84514/diplomityo_pitkanen.pdf?sequence=1

[4] [www-dokumentti]. Kompressori, Wikipedia, Viitattu 19.10.2012, Saatavilla: <http://fi.wikipedia.org/wiki/Kompressori>

[5] Aurila, M., Kompressorikirja, Vantaa, Korpivaara, Hydor, 1983.

[6] Hofer technical documentation, Installation and operating manual, Ei saatavilla.

[7] Puronhaara, P., Vuotomittaukset ja materiaalin tutkiminen ultraäänellä, Insinöörityö, Viitattu 18.10.2012, Saatavilla: <http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15831/Puronhaara%20Pasi.pdf?sequence=1>

[8] Crowcon kaasuilmaisien laitteiden pikaohje, Ei saatavilla.

[9] [www-dokumentti]. Compressor Handbook, Viitattu 22.10.2012, Saatavilla: http://www.apvgn.pt/documentacao/compressor_handbook_hanlon.pdf

[10] [www-dokumentti]. Ariel Corporation, Compressor Theory, 22.10.2012, Saatavilla: http://www.arielcorp.com/application_manual/arieldbCompressor_Theory.htm

[11] [www-dokumentti]. GE Measurement & Control, Reciprocating compressor, Viitattu 24.10.2012, Saatavilla: http://www.ge-mcs.com/download/appsolutions/recip_roi.pdf

[12] [www-dokumentti]. Process Online, Flowmeter, Viitattu 20.10.2012, Saatavilla: <http://www.processonline.com.au/articles/38653-Flowmeter-selection-for-improved-gas-flow-measurements-a-comparison-of-DP-and-thermal-dispersion-technologies>

[13] [www-dokumentti]. Environmental Protection Agency, Rodpacking, Viitattu 12.11.2012, Saatavilla: http://www.epa.gov/gasstar/documents/ll_rodpack.pdf

[14] [www-dokumentti]. Power Engineering, Buffer gas, Viitattu 24.11.2012, Saatavilla: <http://www.power-eng.com/articles/print/volume-108/issue-11/news-update/poor-buffer-gas-fluid-main-cause-of-gas-compressor-seal-failure.html>

[15] [www-dokumentti]. Scribd, Viitattu 24.11.2012, Saatavilla: <http://www.scribd.com/doc/76505568/30/Distance-Piece-Vent-Drain-and-Buffer-Systems-to-Minimize-Process-Gas-Leakage>

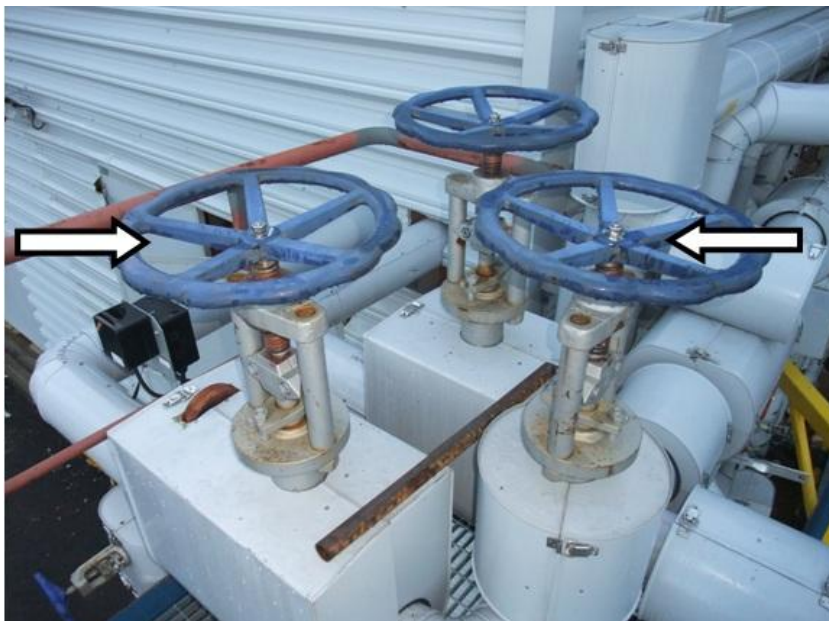
Käytännön kokemuksia ja perusteltuja puheenvuoroja, Hamina, L&T Recoil Oy.

Liite 1. Ohje

03K301S Kiertokaasukompressorin pikakäyttöohje

Tee seuraavat asiat ennen 03K301S:n käynnistystä:

1. Avaa (Ulkoa) tulevan kiertokaasun molemmat käsiventtiilit 03625 ja 03624.



2. Avaa sisältä kiertokaasun käsiventtiili 03632.



3. Avaa lähtevän puolen kierto kaasun venttiilit 03635 (vas. kuva), 03632 ja 03631 (oik. kuva).



4. Tarkista öljyn määrä voiteluöljyjärjestelmästä; täytä tarvittaessa (Teboil Larita 150).



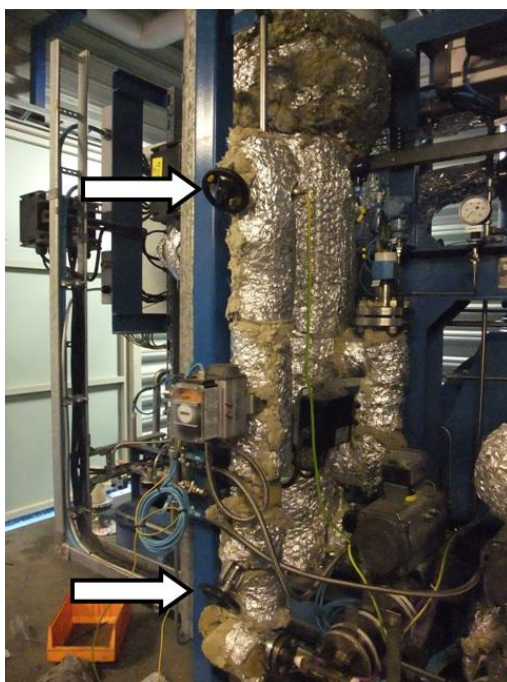
5. Tarkista öljyn määrä kampikammioista. Öljyn tasoa ei välttämättä huomaa näkölasista, mutta 03LI221 näyttää n. 17 %, kun määrä kammiossa oikea. Kun kompressor on ajossa, öljytason pitäisi "liikehtiä" punaisen keskiviivan tuntumassa. Alaraja on viivasta noin 10mm alaspäin; täytä tarvittaessa Teboil Larita 68. **Huom! Kampikammion öljyä ei yleensä tarvitse lisätä, ellei vuotoa tapahdu.**



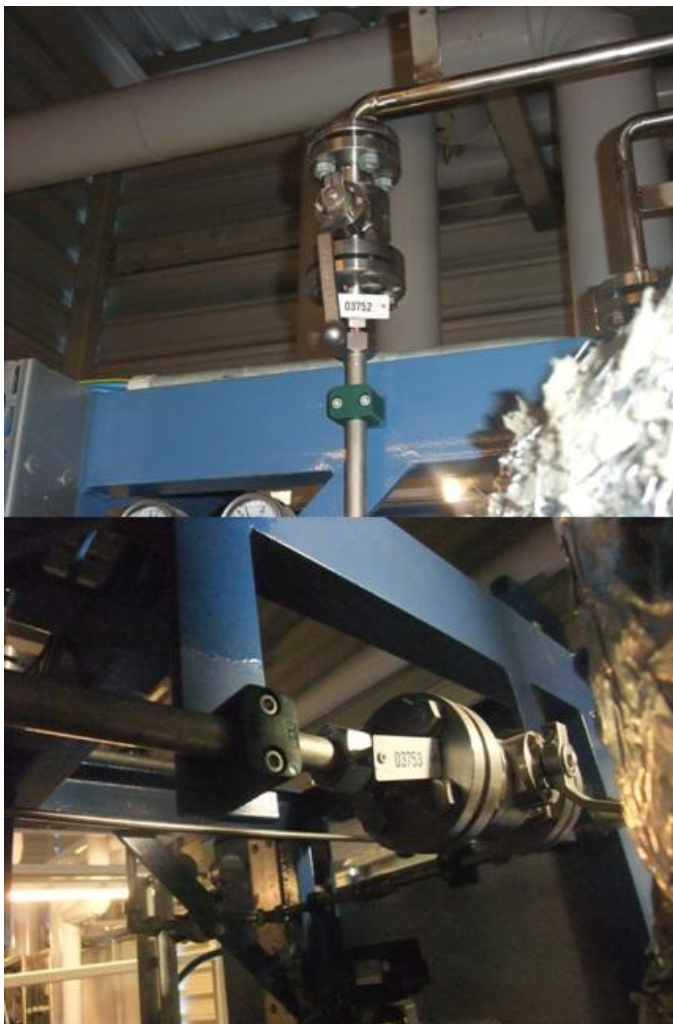
6. Tarkista, että jäähdytysnesteen venttiilit (oik. kuva 03759 ja 03760) ovat auki (T = 15 – 50 C°).



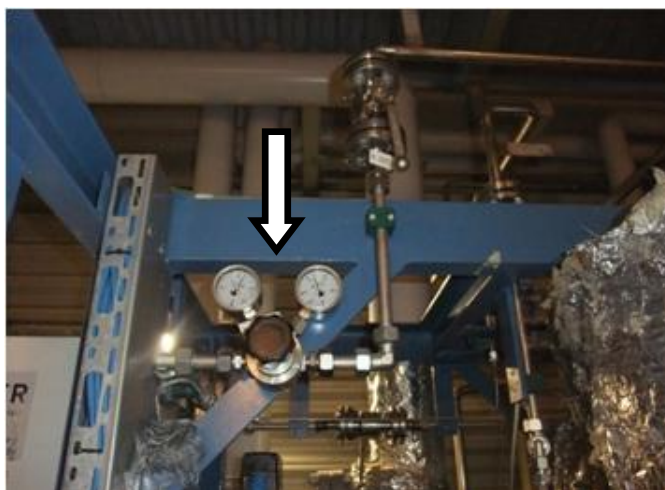
7. Tarkista, että typpilinjan istukkaventtiilit ovat auki.



8. Avaa suojakaasun sulkuventtiilit 03 752 ja 03 753.



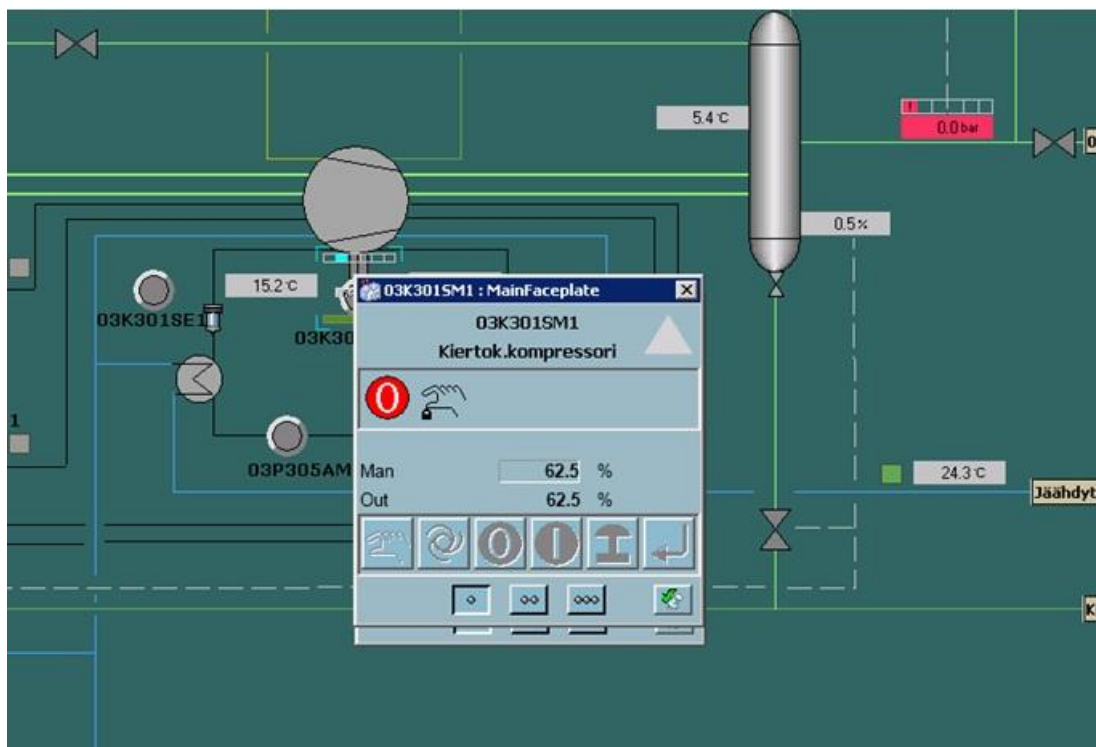
9. Tarkista, että suojakaasun paine on 10 – 18 bar:in välillä; säädä tarvittaessa.



10. Tarkista, että turvavytkimet ovat asennossa I.

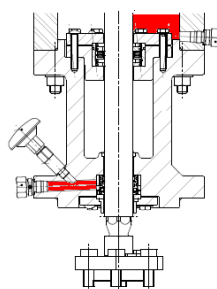


11. Käynnistä kompressorit (valvomosta). Sekvenssi hoitaa loput (pumput, venttiilit yms.).



Tarkastukset väliajoin ajossa:

1. Tarkista öljyn määrä kampikoneistosta.
2. Tarkista öljyn määrä voitelujärjestelmästä. Voitelujärjestelmä kuluttaa n. 40 cm³/h eli vuoron aikana (8h) 320 cm³. Voiteluöljyn kulutus jakaantuu mm. sylinteriin 20 cm³/h ja männän tiivisteille 20 cm³/h.
3. Tarkista kaasun lämpötila ja paine.
4. Kuuntele käyntiääntä.
5. Tyhjennä kertynyt vesi/öljy sykkeenvaimentimien pohjista n. 12 tunnin välein.
6. Tyhjennä kertynyt lauhde/öljy tiivistepesänkotelolta ja pyyhkijänkotelolta n. 8 tunnin välein. (vas. kuvassa tyhjennysventtiili, oik. kuvassa esitetty, mihin lauhde kertyy).



Sammutus:

1. Sammuta kompressori (valvomosta).
2. Sulje kohtien 1.-3. käsiventtiilit.

(Huom. Ulkolämpötilan ollessa alle 0 °C, on jäähdytysnesteen annettava virrata sammutetun kompressorin läpi. Jos jäähdytys katkaistaan, on neste laskettava pois sylinterin jäähdytyskanavista ja putkista.)

Typetys:

Ennen huolto- ja korjaustöitä, kompressoria on typetettävä n. 30 min. Typetyksen paine on n. 3 – 4 bar:ia. Typetyksessä avattavat venttiilit ovat 03751, 03771 ja 03773 sekä soihdun venttiili 03XCV212.

