



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

JUUSO MEITO

Massatehtaan paineilmajärjestelmän parantaminen

KONETEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA
2020

Tekijä Meito, Juuso	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2020
	Sivumäärä 27	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Massatehtaan paineilmajärjestelmän parantaminen		
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan koulutusohjelma		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia suunnitelma Rauman sellutehtaan massatehtaan nykyisten kahden vanhan kompressorin korvaamiseksi yhdellä uudella isommalla kompressorilla.</p> <p>Työn tavoitteena oli laatia aineisto kompressorin hankinnasta, jota voitaisiin hyödyntää hankintavaiheessa. Työssä esitettiin myös erilaisia kompressorivaihtoehtoja, sekä mietittiin kompressorille suunnitellun uuden sijoituspaikan vaatimuksia.</p> <p>Työn tieto hankittiin yleisistä aineistoista ja tehtaan sisäisistä tietolähteistä. Työ koostui teoriaosuudesta, nykyisten kompressorien tämänhetkisen tilan selvityksestä, sekä uuden kompressorin hankinnan suunnittelusta.</p> <p>Opinnäytetyössä olleet mittaukset nykyisiin kompressoreihin suoritti Oy Atlas Copco Kompressorit Ab.</p> <p>Opinnäytetyön tilaajana toimi kunnossapidon palveluyhtiö Oy Botnia Mill Service Ab, joka vastaa Metsä Fibren sellutehtaiden kunnossapidosta.</p>		
Asiasanat paineilma, kompressor, massatehdas, sellu		

Author Meito, Juuso	Type of Publication Bachelor's thesis	Date December 2020
	Number of pages 27	Language of publication: Finnish
Title of publication Improving the compressed air system at the pulp mill		
Degree program Mechanical Engineering		
Abstract <p>The purpose of this thesis was to draw up a plan for the Rauma pulp mill for the process of replacing two old compressors with a single larger compressor.</p> <p>The aim of the research was to prepare material relating to the procurement of a compressor, which could be utilized in the actual procurement phase. The thesis also presents various compressor options and discusses the location requirements for the new equipment.</p> <p>The information presented in the thesis was obtained from publicly available sources and from data sources inside the factory. The research consists of a theoretical part, a study of the current state of the existing compressors and the acquisition plan of a new compressor.</p> <p>The measurements of the old compressors in the thesis were performed by Oy Atlas Copco Kompressorit Ab.</p> <p>The client of the thesis was the maintenance service company Oy Botnia Mill Service Ab, which is responsible for the maintenance of Metsä Fibre's pulp mills.</p>		
Key words compressed air, compressor, pulp mill, pulp		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 RAUMAN SELLUTEHDAS.....	6
2.1 Metsä Fibre	6
2.2 Oy Botnia Mill Service Ab	7
3 PAINEILMAKOMPRESSORI.....	8
3.1 Mäntäkompressori.....	9
3.2 Ruuvikompressori	9
3.2.1 Öljytiivistetty ruuvikompressori	10
3.2.2 Öljytön ruuvikompressori	10
3.3 Turbokompressori	10
4 MASSATEHTAAN PAINEILMAJÄRJESTELMÄN NYKYTILA	11
4.1 Nykyiset kompressorit	12
4.2 DD-pesurin toiminta.....	13
4.3 Massatehtaan laskennallinen ilmankulutus	14
5 NYKYISTEN KOMPRESSORIEN MITTAUS.....	15
5.1 Atlas Copco iiTrak 2 1-vaihe virtamittari	16
5.2 Mittauksen tulokset.....	17
5.3 Tulosten vertailu.....	17
6 UUDEN KOMPRESSORIN VALINTA	19
6.1 Vaihtoehdot uudeksi kompressoriksi	19
6.2 Kompressorimallien vertailu.....	20
6.3 Kompressorin elinkaarikustannukset	20
7 UUDEN KOMPRESSORIN SIJOITUSPAIKKA	21
7.1 Kompressorihuoneen lämpötila	22
7.2 Kompressorihuoneen tuloilma	22
7.3 Kompressorihuoneen poistoilma.....	23
8 KOMPRESSORIN HANKINNAN ESISUUNNITTELU.....	23
8.1 Projektin aikataulu	23
8.2 Kustannusarvio.....	24
8.3 Kriittisyysluokittelu	24
8.4 Toimintopaikka ja laitekortti SAP-järjestelmässä.....	25
9 YHTEENVETO	27
LÄHTEET	
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia Metsä Fibren Raumalla sijaitsevalle sellutehtaalle suunnitelma massatehtaan kompressorien uusimisesta, pääpainona uuden kompressorin valinta sekä investointiprojektin alustavan kustannusarvion määrittäminen myöhempää hankintavaihetta varten. Massatehtaan paineilma tuotetaan tällä hetkellä kahdella ruuvikompressorilla, jotka lähestyvät elinkaarensa loppua ja varaosien saataavuus on heikkoa. Massatehtaan kompressoreilla tuotetaan ilmaa ainoastaan DD-pesureille irrotusilmaksi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia aineisto, josta käy ilmi nykyisten kompressorien tila, massatehtaan paineilman kulutus, uuden kompressorin vaatimukset, vaihtoehtoiset kompressorimallit sekä korvaavan kompressorin uuden sijoituspaikan hyödyt. Lisäksi työssä kerrotaan DD-pesurien toiminnasta ja vanhoihin kompressoreihin suoritusta virtamittauksesta.

Kompressorien uusimisprojektin on tarkoitus alkaa helmikuussa 2021 ja valmistua kesäkuussa 2021. Kompressorin uusimisella varmistetaan jatkossa häiriötön paineilman valmistus DD-pesureille. Lisäksi uusi kompressoritulee olemaan energiatehokkaampi ja taloudellisempi.

Työn tilaajana toimi kunnossapidon palveluyhtiö Oy Botnia Mill Service Ab, joka vastaa Metsä Fibren sellutehtaiden kunnossapidosta.

2 RAUMAN SELLUTEHDAS

Toiminta Rauman sellutehtaalla käynnistyi vuonna 1996. Sellutehtaasta tuli tällöin ensimmäinen pelkästään kloorittoman TCF-sellun tuotantoon suunniteltu tehdas. Sellutehtaalla käytetään parasta käytettävissä olevaa tekniikka. Tehtaalla työskentelee noin 120 työntekijää ja tehtaan sähköenergian omavaraisuus on 145 % ja se lukeutuukin Suomen energiaomavaraisimpiin sellutehtaisiin. Rauman sellutehtaan vuosikapasiteetti on 650 tuhatta tonnia sellua, jonka valmistamiseen käytetään 3,2 miljoonaa kuutiota havupuuta vuoden aikana. Tällä hetkellä Rauman sellutehdas on Metsä Fibren omistuksessa. (Metsä Fibren www-sivut 2020.)



Kuva 1. Rauman sellutehdas. (Metsä Fibren www-sivut 2020)

2.1 Metsä Fibre

Metsä Fibre kuuluu suomalaiseen metsäteollisuuskonserni Metsä Groupiin. Metsä Fibren omistavat emoyhtiö Metsäliitto Osuuskunnan lisäksi Metsä Board ja Itochu Corporation. (Metsä Fibren www-sivut 2020.)

Metsä Fibre tuottaa puupohjaisia biotuotteita, kuten sellua, sahatavaraa, bioenergiaa sekä biokemikaaleja. Sellua ja biotuotteita valmistetaan Suomessa neljällä tehtaalla; Raumalla, Joutsenossa, Kemissä ja Äänekoskella. Sahatavaraa tuotetaan kuudella sahalla Suomessa ja yhdellä sahalla Venäjällä. Lisäksi Raumalla on rakenteilla vuonna

2022 toimintansa aloittava Rauman saha, joka on Suomen suurin sahainvestointi. (Metsä Fibren www-sivut 2020.)

Metsä Fibren liikevaihto oli vuonna 2019 2,2 miljardia euroa ja yrityksessä työskentelee noin 1300 työntekijää. Metsä Fibren sellutehtaat tuottavat yhteensä noin 3,3 miljoonaa tonnia sellua vuoden aikana. Sahat tuottavat noin 1,9 miljoonaa kuutiota sahatavaraa vuodessa. (Metsä Fibren www-sivut 2020.)

2.2 Oy Botnia Mill Service Ab

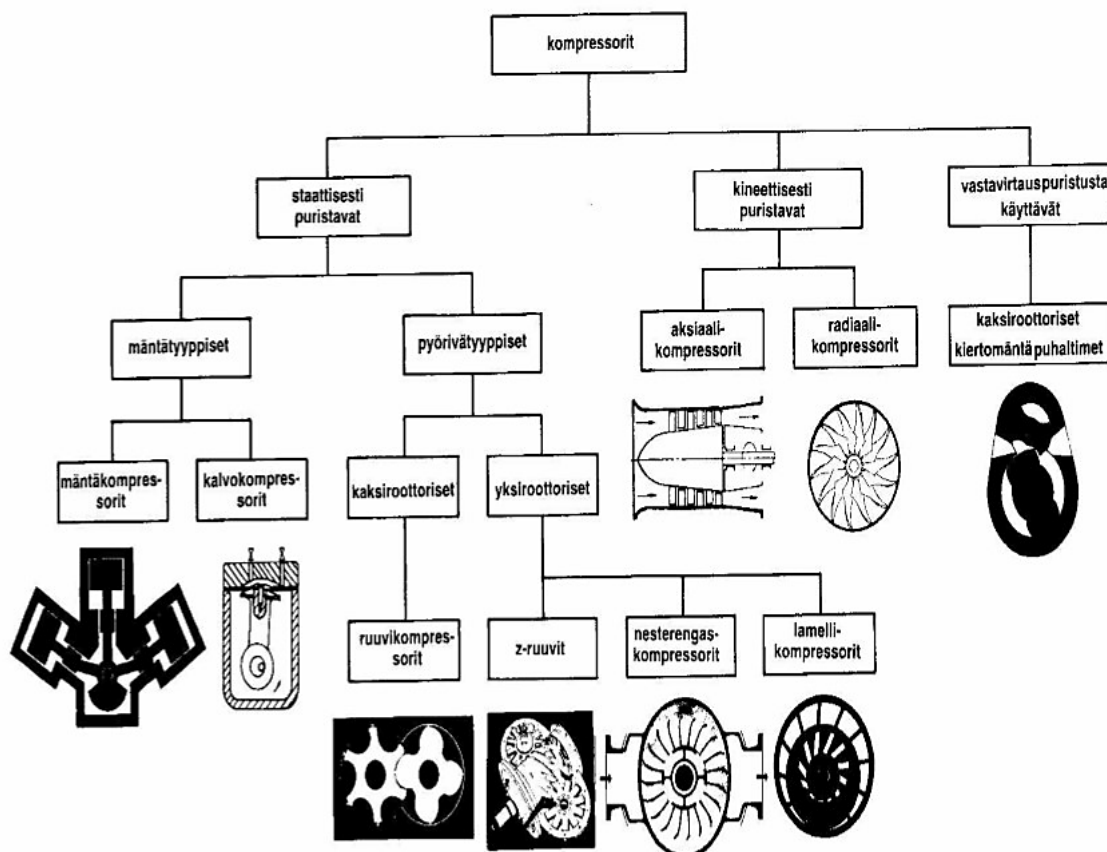
Metsä Fibren sellutehtaiden kokonaisvaltaisesta kunnossapidosta vastaa Botnia Mill Service. Oy Botnia Mill Service Ab on vuonna 1997 perustettu Metsä Fibren ja Caverionin omistama kunnossapidon palveluyhtiö. Botnia Mill Service tarjoaa kaikki metsäteollisuuden käynnissäpito-, kunnossapito- ja asennuspalvelut sekä projektointi- ja suunnittelupalvelut yksittäisistä työtilauksista täydelliseen teollisuuslaitosten kunnossapitoon. (Caverionin www-sivut 2020.)

Yrityksessä työskentelee noin 350 henkilöä seitsemässä toimipaikassa ympäri Suomen. Toimipaikat sijaitsevat Kemissä, Äänekoskella, Joutsenossa, Raumalla, Tampereella, Kuopiossa ja Vantaalla. Botnia Mill Servicen liikevaihto oli vuonna 2019 noin 62,5 miljoonaa euroa. (Caverionin www-sivut 2020.)

3 PAINEILMAKOMPRESSORI

Kompressoreja ovat laitteet, joilla kaasun painetta voidaan nostaa vähintään kaksinkertaiseksi. Riippuen paineilman käyttökohteesta, erilaisilla kompressoreilla pystytään tuottamaan painetta jopa 1000 baariin asti. (Pneumatiikan luennot 2005, 10, 12–13.)

Kompressorit jaetaan kolmeen pääryhmään (Kuva 2), joita ovat staattisesti puristavat kompressorit, kineettisesti puristavat kompressorit ja vastavirtapuristusta käyttävät kompressorit. Näistä yleisimpiä ovat staattisesti puristavat kompressorit, joihin kuuluu mäntä- ja pyörivätyyppiset kompressorit. (Pneumatiikan luennot 2005, 7–17.)



Kuva 2. Kompressorien sukupuu. (Pneumatiikan luennot 2005, 10)

3.1 Mäntäkompressor

Mäntätyyppiset kompressorit voidaan jakaa toimintansa perusteella kahteen tyyppiin; kalvo- tai mäntäperiaatteella toimivat. Venttiileiden toimintaa ei ohjata mekaanisesti, vaan ne toimivat automaattisesti paine-eron avulla. Mäntäkompressorissa on niin sanottu tilavuusvirrankehitin, jonka paineen nousu tapahtuu vasta, kun ilman virtausta vastustetaan. Mäntäkoneen työkierto seuraa kuitenkin ideaalista työkiertoa kaikilla loppupaineilla. (Pneumatiikan luennot 2005, 11.)

Mäntäkompressor on kompressorityypeistä vanhin, ja sillä on laaja käyttöalue. Mäntäkompressoreja on yksi- kaksi-, kolme- ja neljävaiheisia. Mäntäkompressorit ovat taloudellisia, varmatoimisia ja omaavat hyvän hyötysuhteen, sekä pienen huollontarpeen. Mäntäkompressoreilla on laajat käyttöalueet. Ilmantuotto vaihtelee 1 l/s – 10 m³/s välillä ja paineentuotto 1–1000 bar välillä. (Pneumatiikan luennot 2005, 12–13.)

3.2 Ruuvikompressor

”Ruuvikompressoreissa puristus tapahtuu ruuvi- ja luistiroottorin väliin jäävissä urissa, joiden ulko- ja päätypinnat roottoreiden ympärillä oleva pesä tiivistää. Rakenteen mukaan ruuvi- ja luistiroottorin urien ja harjojen lukumäärä voi vaihdella” (Pneumatiikan luennot 2005, 13).

Nykyään ruuvikompressoreja on kaksiruuvisia ja kolmeruuvisia, joita kutsutaan myös Z-ruuvikompressoreiksi. Yleisempi malli on kaksiruuvinen. Ruuvikompressoreissa teho siirretään hammashihnan välityksellä ruuvipyörälle. Vaihtoehtoinen tehonsiirtomenetelmä on suorakäyttö. Tällöin ruuviyksikkö ja sähkömoottori ovat samaa rakennetta. (Pneumatiikan luennot 2005, 14.)

Ruuvikompressoreja on kiinteä- ja muuttuvanopeuksisia. Muuttuvanopeuksiset ruuvikompressorit säästävät huomattavasti energiaa, sillä ne sovittavat ilmantuoton tarpeen mukaan. (Sarlinin [www-sivu](#) 2020.)

Käyttökohteisiin, joissa on jatkuva paineilman tarve, sopii ruuvikompressor. Ruuvikompressorit sopivat haastaviin olosuhteisiin, sekä jatkuvaan ilmantuottoon tauotta

vuorokauden ympäri. Ne voidaan sijoittaa myös hiljaisuutensa vuoksi työpisteiden läheisyyteen. (Atlas Copcon www-sivut 2020.)

3.2.1 Öljytiivistetty ruuvikompressori

Ruuvikompressoreissa, jotka ovat öljytiivistettyjä, ruiskutetaan öljy puristuskammioon ja vaihteistoon. Tämän tarkoituksena on viilentää liikkuvia osia, puristettavaa ilmaa, huolehtia voitelusta ja tiivistää ruuvielementin ilmapälyksiä. Öljyvoitelun vuoksi öljyä pääsee myös paineilman joukkoon. (Atlas Copcon www-sivut 2020.)

3.2.2 Öljytön ruuvikompressori

Öljyttömien ruuvikompressorien käyttökohteina ovat alat, joissa öljyttömyys paineilmassa on välttämätöntä. Näihin lukeutuu muun muassa sairaalat, laboratoriot, lääke-, elintarvike- ja elektroniikkateollisuus. Öljyttömissä ruuvikompressoreissa puristuskammion voitelu ei ole tarpeen, koska roottorit ovat irrallaan toisistaan, eikä roottorit kosketa elementin koteloa. Voiteluaineena voidaan käyttää myös vettä, jolloin paineilma on öljytöntä ja kompressori vastaa rakenteeltaan öljytiivistettyä kompressoria. Öljyttömien ruuvikompressorien energiatehokkuus on korkea. (Atlas Copcon www-sivut 2020.)

3.3 Turbokompressori

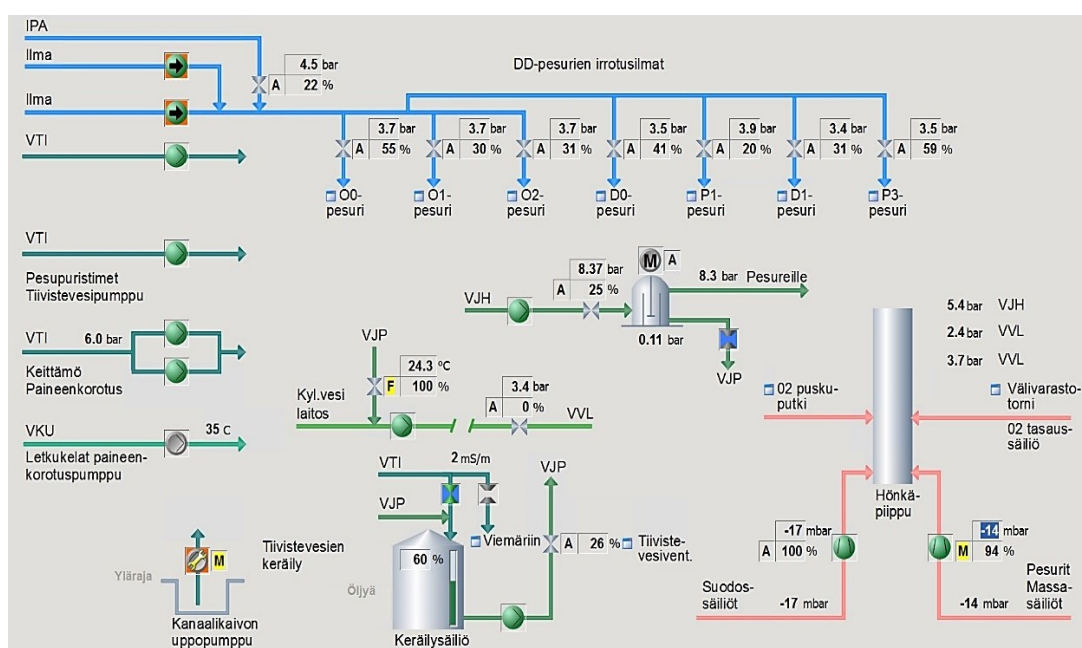
Turbokompressoreissa moottori pyörittää juoksupyörää, johon ilma johdetaan, joka taas johtaa ilman virtauksen kasvuun. Tästä syntyvä ilmavirtaus muutetaan paineilmaksi hidastamalla virtausnopeutta. Turbokompressoreilla voidaan saavuttaa jopa 25 bar paine, jos se toteutetaan monivaiheisena. Paras hyöty saadaan, kun kohteen kapasiteetissä on jatkuva yli 20 prosentin säätötarve ja paineilman kulutus yli 50 kuutiometriä minuutissa. Turbokompressorit ovat virtauskoneita, joiden toiminta perustuu virtausnopeuksien muuttamiseen. (Backman 2017.)

4 MASSATEHTAAN PAINEILMAJÄRJESTELMÄN NYKYTILA

Massatehtaan kahdella ruuvikompressorilla tuotetaan ilmaa vain massatehtaalla sijaitsevien seitsemän DD-pesurin irrotusilmaksi (Kuva 3). Tehtaan työilma tuotetaan voimalaitoksessa sijaitsevilla kompressoreilla. DD-pesurit ottavat myös tarvittaessa ilmaa työilmaverkosta väliventtiilin kautta. Nykyisten kompressorien kanssa väliventtiili on auki koko ajan noin 20 %. Tulevaisuudessa tavoitteena olisi, että väliventtiili olisi auki vain ongelmatilanteissa, joita ovat kompressorin huolto tai rikkoutuminen. Väliventtiilin kautta tuleva työilma on epätaloudellisempaa, kuin massatehtaalla tuotettu paineilma johtuen työilman kuivauksesta. Massatehtaalla tuotettua paineilmaa ei jälkikäsitellä, koska lauhteesta ja muista epäpuhtauksista ei ole haittaa irrotusilman joukossa.

Massatehtaan kompressorien tämänhetkinen sijainti prosessitilassa tilassa on huono. Kompressorit sijaitsevat massatehtaan alakerrassa kemikaalialtaan ja magnesiumsulfaattisiilon vieressä, jotka tuottavat epäpuhtauksia kompressorien ottoilmaan.

Uusi kompressorisi sijoitettaisiin tyhjillään olevaan vanhaan otsonikompressorihuoneeseen, jolloin kompressorin ottoilma olisi merkittävästi puhtaampaa. Tämä lisäisi kompressorien käyttövarmuutta ja vähentäisi huollon tarvetta merkittävästi. Investoinnilla varmistettaisiin myös häiriötön paineilman valmistus DD-pesureille.



Kuva 3. Irrotusilmojen infonäyttö

4.1 Nykyiset kompressorit

Massatehtaan vanhat kompressorit (Kuva 4) alkavat olla elinkaarensa lopussa ja niiden varaosien saatavuus on heikkoa. Atlas Copcon ZR3 kompressoriin on tulossa 60 000 tunnin huolto vuonna 2021, jonka arvioitu kustannus on noin 70 000 euroa. Lisäksi Atlas Copcon ZR3 kompressorien valmistus on lopetettu 1990-luvun lopussa ja pääkomponenttien varaosavalmistus lopetetaan vuoden 2020 aikana. Myös Compairin varaosien saatavuus on hankalaa. Alla vanhojen kompressorien tekniset tiedot:

Atlas Copco ZR3-52

- Käyttöönottovuosi: 1996
- Tunnit: 180 000
- Teho: 110 kW
- Tuotto 8,0 bar paineella: 278 l/s

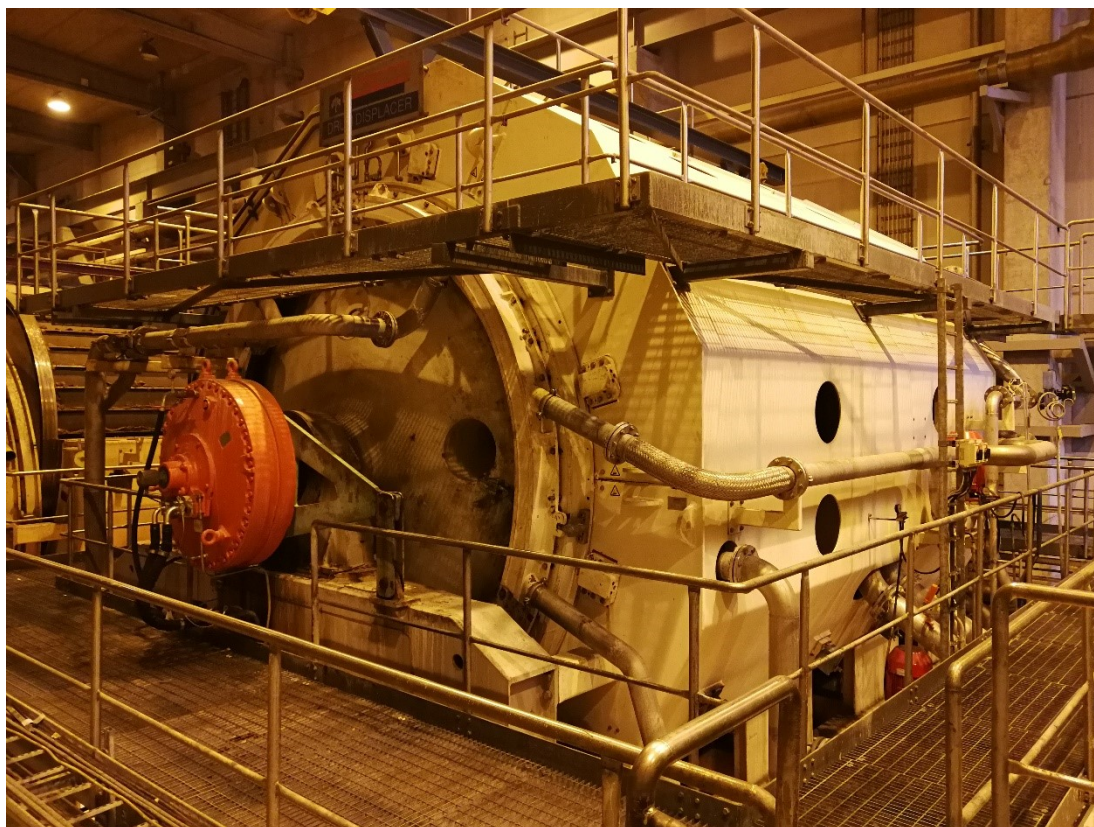
Compair D250-08W

- Käyttöönottovuosi: 2007
- Tunnit: 95 000
- Teho: 260 kW
- Tuotto 8,0 bar paineella: 707 l/s



Kuva 4. Vanhat kompressorit massatehtaan alakerrassa

4.2 DD-pesurin toiminta



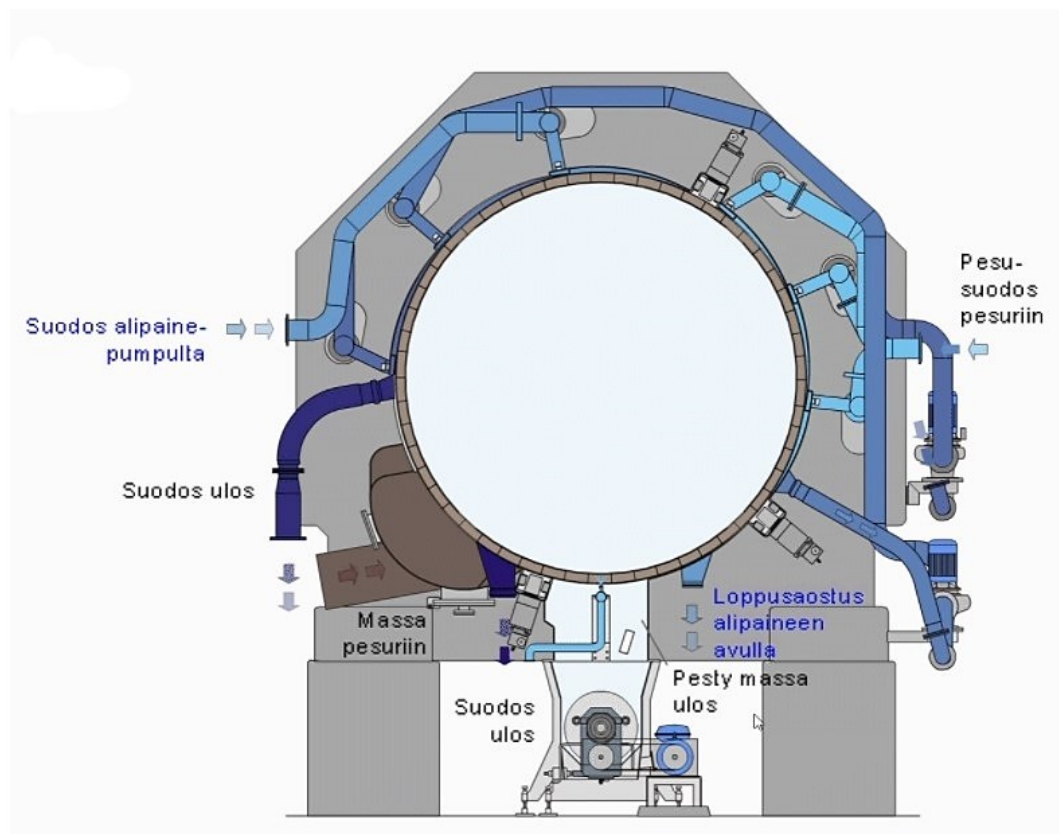
Kuva 5. DD-pesuri

DD-pesuri (DD=Drum Displacer) (Kuva 5) on paineellinen rumpusuodin. Yhdellä DD-pesurilla voidaan suorittaa 1–4 pesuvaihetta, jotka tapahtuvat vastavirtapesuna. Vastavirtapesussa tuodaan puhtain pesuneste viimeiseen pesuvaiheeseen ja jokaisessa pesuvaiheessa pesuvetenä käytetään seuraavan puhtaamman vaiheen suodosta. Syötettävän massa sakeus on yleensä 3–10 %. DD-pesuria käytetään valkaisu- ja happivaiheiden välisissä pesuissa, happivaiheen jälkeisissä pesuissa ja ruskean massan pesussa. (KnowPulp 2020.)

DD-pesurissa massa syötetään paineelliseen syöttölaatikkoon, joka saostaa massaradan ylipaineen avulla reikälevystä tehdylle rummulle. Rummun pinnassa olevat rivat kuljettavat saostunutta massaa syöttölaatikosta pesuvaiheisiin (Kuva 6). Paineellisessa pesuvaiheessa pesuneste painetaan massaradan läpi pesuvesi- tai kiertosuodospumpuilla aikaansaadulla paineella. Kiertosuodospumpuilla pumpataan pesuvaiheesta toiseen siirtyvä suodos edellisen vaiheen pesunesteeksi ilman välisäiliöitä. Pesun tehostamiseksi fraktioinnilla jaetaan jokainen pesuvaihe 2–3 osaan. Fraktioinnissa jokaisen

pesuvaiheen osalla on oma kiertosuodospumppunsa. Pesuvaiheiden jälkeen massarata saostetaan alipaineen avulla ja massarata puhalletaan irrotusilmalla rummulta purkuruuville. (KnowPulp 2020.)

Massan irrotusilma syötetään DD-pesuriin jakoventtiilien sulkuun, ja sieltä ilma johdetaan reikälevyn alle. Jakoventtiilin sulkupalat katkaisevat suodoksen pääsyn suodskoteloon (M-Files 2018.)



Kuva 6. DD-pesurin toimintakuvaus. (KnowPulp 2020)

4.3 Massatehtaan laskennallinen ilmankulutus

Massatehtaan seitsemästä DD-pesurista kahdessa sulkupalat ovat tuplana, ja irrotusilman ilmankulutus on niissä laitevalmistajan mukaan 183 l/s. Lopuissa viidessä pesurissa on yhdet sulkupalat ja niiden ilmankulutus on 92 l/s. Laskennallinen kokonaisilmankulutus on tällöin 792 l/s. (M-Files 2018.)

DD-pesurin riittävä ilmamäärä riippuu siitä, kuinka tiivis ja sakea pesurissa oleva massakku on. Lisäksi ilmankulutuksen määrään vaikuttavat jakoventtiilin sulkupalojen (Kuva 7) ja jousien kuluneisuus. Normaali paine on laitevalmistajan mukaan 4,0 bar, ja maksimissaan 6,0 bar. (M-Files 2018.)



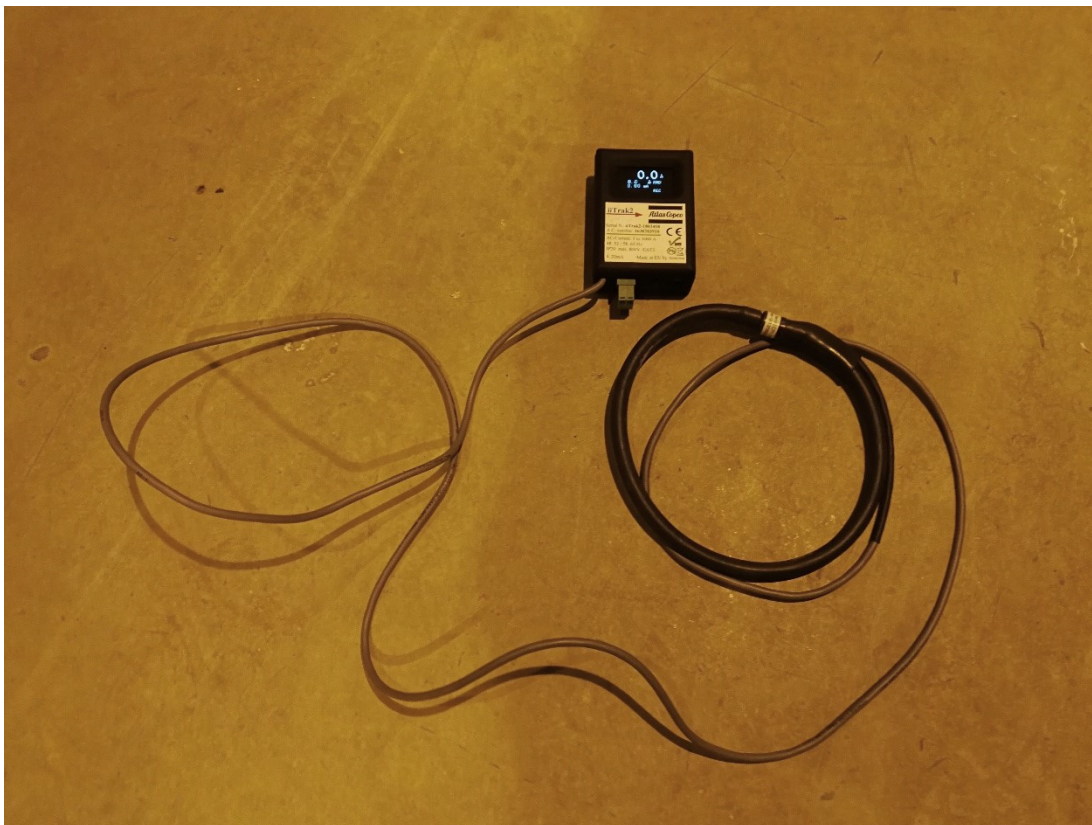
Kuva 7. Jakoventtiilin sulkupala

5 NYKYISTEN KOMPRESSORIEN MITTAUS

Massatehtaan kompressoreille suoritettiin Atlas Copcon toimesta mittaus 17.11.2020-30.11.2020. Mittauksen tarkoituksena oli saada uuden kompressorin vaatimuksen selville. Massatehtaan viikoittaisesta ilmankulutuksesta muodostettiin kuva kahdella seitsemän vuorokauden pituisella mittausjaksolla. Mittauksissa tarkasteltiin käytössä olevan kompressorien käyntiastetta, josta selvitettiin kompressoreiden todellinen tuotto ja energiatehokkuus laskennallisesti, sekä määritettiin tuotantoon menevän paineilman määrä. (Hyypiä 2020.)

Mittauksen päätarkoituksena oli saada dataa kompressorien käynnistä, jota voitiin käyttää Atlas Copcon simulaatio-ohjelmassa (Liite 1). Simulaatio-ohjelmalla pystyttiin määrittämään eri kompressorivaihtoehtojen tarkka säästöpotentiaali. (Hyypiä 2020.)

5.1 Atlas Copco iiTrak 2 1-vaihe virtamittari

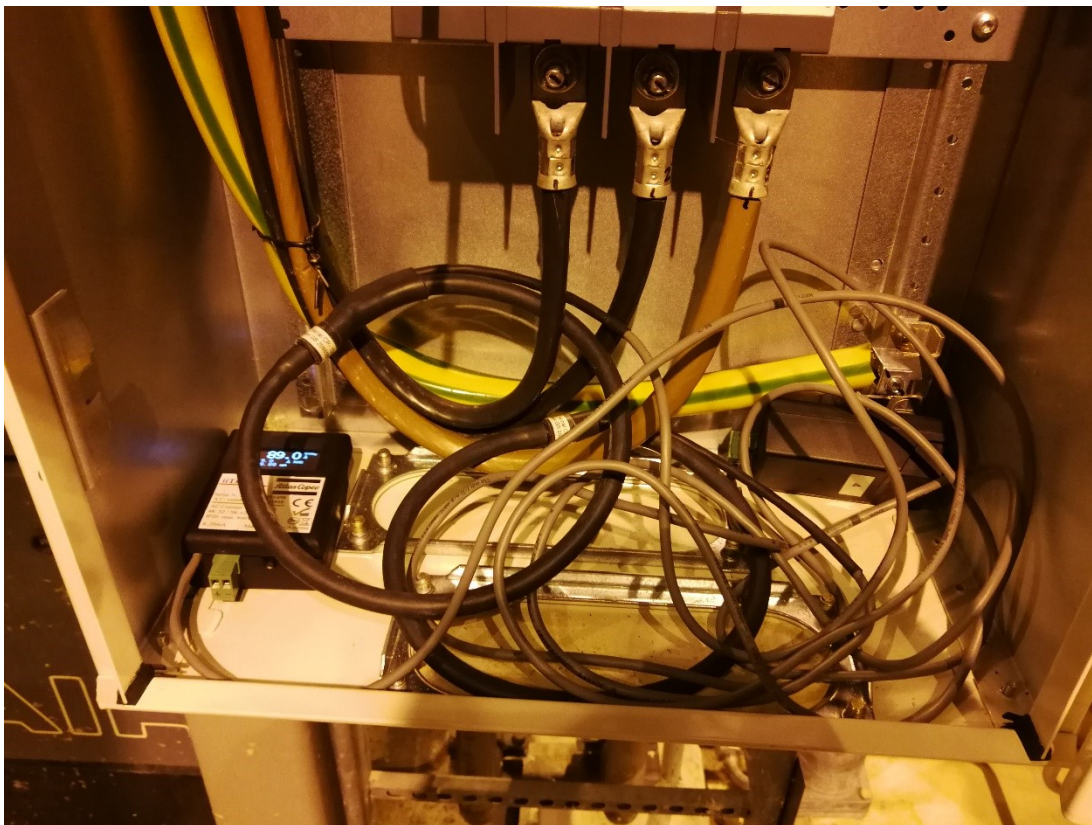


Kuva 8. Atlas Copco iiTrak 2 1-vaihe virtamittari

Mittaus suoritettiin Atlas Copcon toimittamilla iiTrak 2 1-vaihe virtamittareilla (Kuva 8). Mittareita asennettiin kaksi kappaletta kumpaankin kompressoriin. Mittarit asennettiin kompressorien sähkökaappeihin ja anturit asetettiin kahden eri vaiheen ympärille mittaamaan kompressorien ottamaa sähkövirtaa (Kuva 9). (Hyypiä 2020.)

Lenkkimalliset anturit mittaavat kompressorin sähkömoottorin vaihejohtimessa kulkevan virran määrää. Mittarit mittaavat vain vaihtovirtaa 1–3000 ampeerin mittaussvällillä. Virrankulutuksesta saadaan laskennallisesti selville muun muassa kompressorien ilmantuotto ja käyntiaste. (iiTrak 2 user manual 2017.)

Mittarin mikrokontrolleri mittaa tuloa ja lähtöä reaaliajassa, suorittaa laskutoimituksia ja tallentaa lukemia ja tapahtumia lokitiedostoon kellonajan ja päivämäärän kanssa. Mittaustulokset tallentuvat mittarin sisäiseen muistiin. Mittarit on varustettu sisäisellä muistilla ja ne ovat kalibroitu valmiiksi. Muistiin mahtuu kaksi lokitiedostoa, joihin kumpaankin mahtuu 35 päivän mittaustiedot. (iiTrak 2 user manual 2017.)



Kuva 9. iiTrak 2 virtamittari asennettuna sähkökaappiin

5.2 Mittauksen tulokset

Mittausjakson aikana kompressorien maksimi-ilmantuotto oli Atlas Copcossa 278 l/s ja Compairissa 707 l/s. Näin ollen kompressorien yhteenlaskettu maksimi-ilmantuotto oli 985 l/s. Kompressorien maksimiteho oli Atlas Copcossa 110 kW ja Compairissa 281 kW, näin ollen yhteenlaskettu maksimiteho kompressoreissa oli 391 kW. Kumpikin kompressor oli käynyt täydellä kuormalla koko mittausjakson ajan, lukuun ottamatta Atlas Copcon muutamaa lyhytkestoista kevennystä. (Hyypiä 2020.)

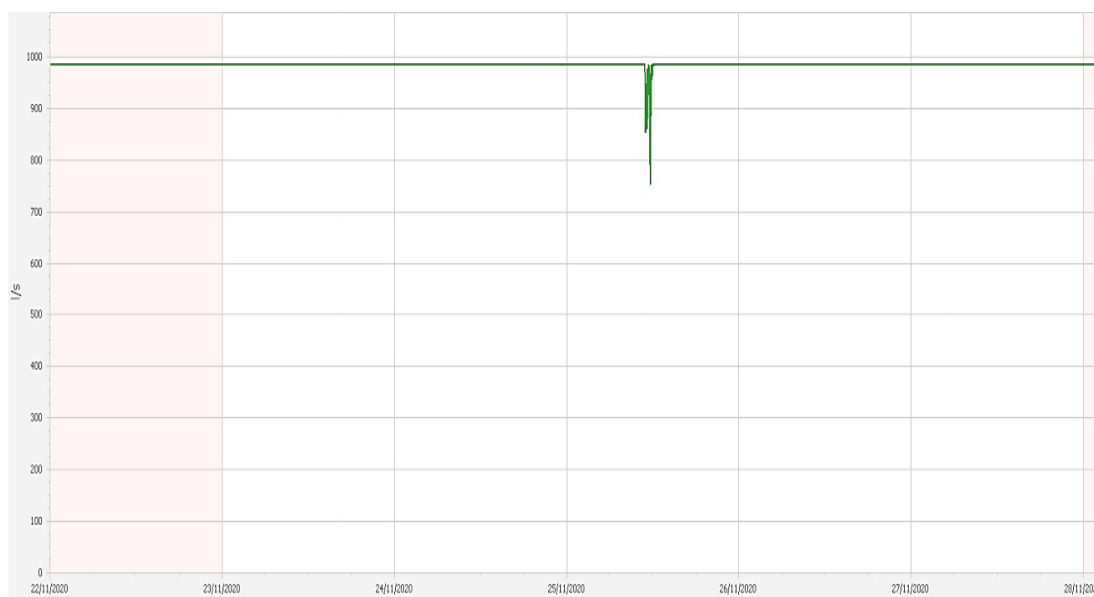
5.3 Tulosten vertailu

Mittausjakson aikana suurin mitattu paineilman kulutus oli 985 l/s ja pienin kulutus 755 l/s (Kuva 10). Mittaustuloksessa on vain massatehtaan kompressoreilla tuotettu paineilma. Mittaustuloksen todellisuutta heikentää koko mittausjakson ajan noin 20 % auki ollut väliventtiili, josta DD-pesurit saavat tarvittaessa lisää paineilmaa tehtaan työilmaverkosta. Väliventtiilin ollessa 20 % auki, on arvioitu lisävirtaus noin 60–100

l/s. Eli todellisuudessa DD-pesurien ilmankulutus oli mittausjakson aikana 1000–1100 l/s.

Valmistajan ilmoittama DD-pesurien paineilman kulutus on 792 l/s, joka on huomattavasti pienempi määrä, kuin mitattu kulutus. Tähän paineilman kulutukseen voitaisiin päästä, jos kaikkien DD-pesurien jakoventtiilien sulkupalat ja jouset olisivat hyvässä kunnossa ja oikein säädettyjä. Lisäksi on todennäköistä, että paineilmalinjassa olevat venttiilit, mittarit ja liitokset vuotavat jonkin verran ja lisäävät kulutusta.

Vastaavanlainen mittaus suoritettiin myös tammikuussa 2020. Verrattuna vanhoihin mittaustuloksiin massatehtaan ilmankulutus on lisääntynyt huomattavasti alkuvuodesta. Tammikuussa suurin mitattu paineilman kulutus oli ollut 895 l/s ja pienin 515 l/s.



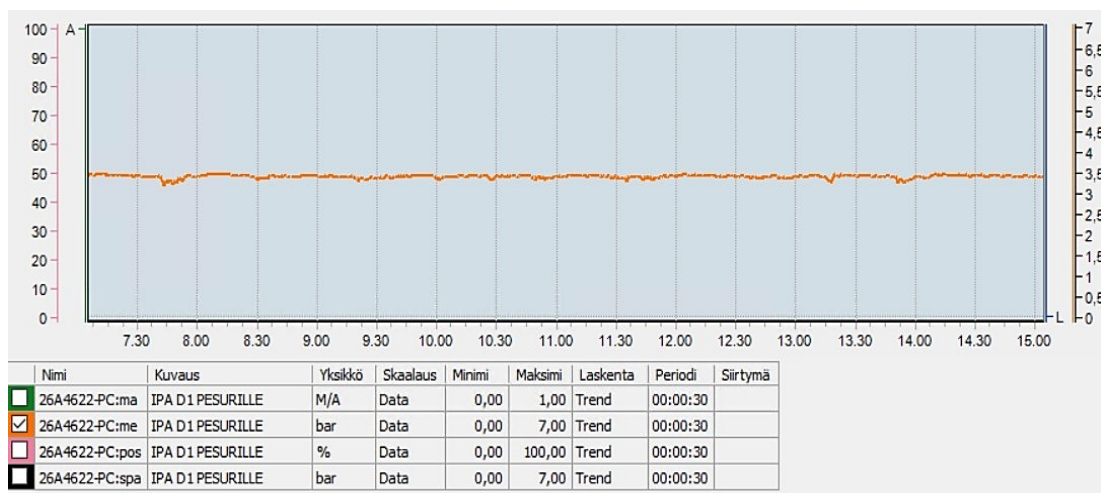
Kuva 10. Mitattu paineilman kulutus

6 UUDEN KOMPRESSORIN VALINTA

6.1 Vaihtoehdot uudeksi kompressoriksi

Vaihtoehtoisista kompressoreista 1-vaiheiset matalapaineekompressorit olisivat huomattavasti energiatehokkaampia vaihtoehtoja, kuin 2-vaiheiset kompressorit. Ongelmana voi kuitenkin olla, että 1-vaiheisilla matalapaineekompressoreilla päästään korkeimmillaan vain 4,0 bar paineeseen.

DD-pesurin valmistajan mukaan pesuri tarvitsisi toimiakseen vähintään 4,0 bar paineen, mutta mittausten ja irrotusilman historiatrendien mukaan DD-pesurien tarvitsema paine on pysynyt alle 4,0 bar koko mittausjakson ajan (Kuva 11).



Kuva 11. Irrotusilman paineen trendikuvaaja

Atlas Copco tarjosi uudeksi kompressoriksi kahta öljytöntä ruuvikompressoria. Tarjotuista kompressorimalleista kumpikin pystyisi yksinään korvaamaan käytössä olevat vanhat kompressorit.

Kiinteätuottoinen matalapaineekompressorin Atlas Copco ZA6-315:

- Tuotto 4,0 bar paineella: 1090 l/s
- Painealue: 0,5 bar –4,0 bar
- Teho: 315 kW
- Mitat (pit, lev, kork): 4 000 x 2 090 x 2 350 mm
- Paino: 5 902 kg

Kiinteätuottoinen kompressori Atlas Copco ZR425:

- Tuottoalue 7,0 bar paineella: 1145 l/s
- Painealue: 3,5 bar –7,0 bar
- Teho: 425 kW
- Mitat (pit, lev, kork): 3 700 x 2 120 x 2 400 mm
- Paino: 7 250 kg

6.2 Kompressorimallien vertailu

Kiinteätuottoinen matalapainekompressori Atlas Copco ZA6-315:

Kompressorilla saatiin simulaatiossa 89 % käyntiaste. Vuositasolla simulaatiossa kompressorin energiankulutus oli 2559 MWh, joka oli 856 MWh vähemmän, kuin käytössä olevilla kompressoreilla. Energiansäästöä vuodessa oli 25 %. (Hyypiä 2020.)

- Max. tuotto: 1090 l/s
- Max. teho: 317 kW
- Kevennysteho: 99 kW

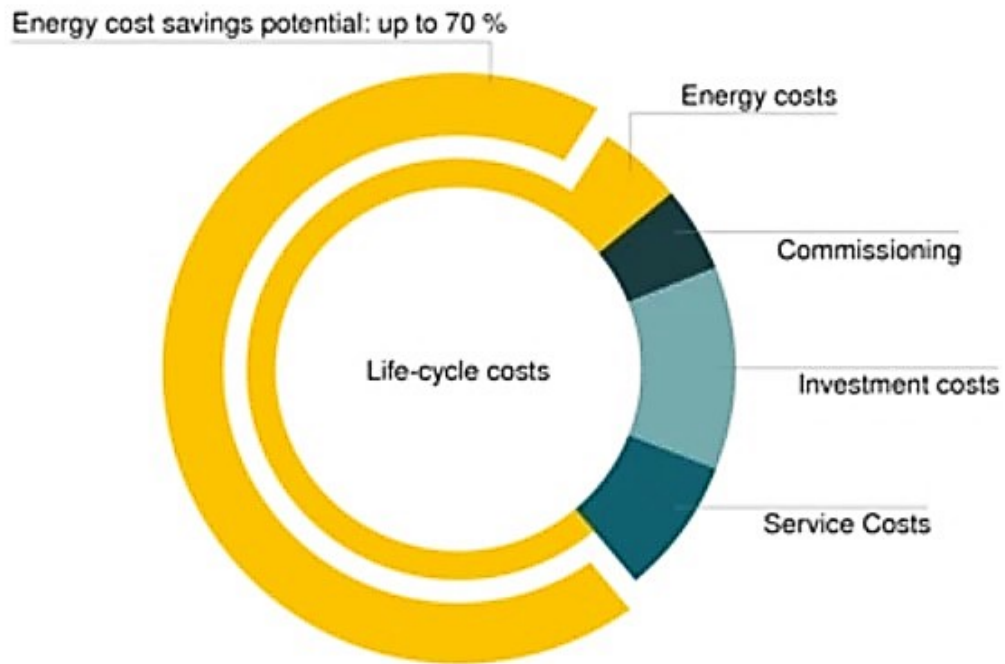
Kiinteätuottoinen kompressori Atlas Copco ZR425:

Kompressorilla saatiin simulaatiossa 86 % käyntiaste. Vuositasolla simulaatiossa kompressorin energiankulutus oli 3009 MWh, joka oli 407 MWh vähemmän, kuin käytössä olevilla kompressoreilla. Energiansäästöä vuodessa oli 12 %. (Hyypiä 2020.)

- Max. tuotto: 1145 l/s
- Max. teho: 356 kW
- Kevennysteho: 81 kW

6.3 Kompressorin elinkaarikustannukset

Kompressorien ja paineilmajärjestelmien elinkaarikustannuksissa suurin kuluerä on ilman tuottamiseen käytettävä energia. Energian osuus elinkaarikustannuksista voi olla suurimmillaan yli 80 % (Kuva 12). Tämän takia onkin tärkeää huomioida jo hankintavaiheessa kompressorin käytön kaikki elinkaarikustannukset, joita ovat myös alkuinvestointi, energiankulutus ja ylläpitokustannukset. Lisäksi on tärkeää hankkia tarvetta vastaava kompressori. Liian suuri kompressori lisää energia- ja huoltokustannuksia, ja liian pienellä kompressorilla ei saada tuotettua tarpeeksi ilmaa, jolloin joudutaan hankkimaan mahdollisesti lisäkompressoreita. (Compressor www-sivut 2020.)



Kuva 12. Kompressorin elinkaarikustannukset. (Kaeserin www-sivut 2020)

7 UUDEN KOMPRESSORIN SJOITUSPAIKKA

Uusi kompressorin tarkoitus asentaa massatehtaalla toisessa kerroksessa sijaitsevaan vanhaan otsonikompressorihuoneeseen, joka on tyhjillään. Uudessa sijainnissa kompressorin olisi puhtaammassa ja viileämmässä paikassa, kuin vanhat kompressorit. Vanhan otsonikompressorihuoneen lämpötila tyhjänä ollessaan on noin 22 °C.

Kompressorin uudelleensijoittamiseksi vanhaan otsonikompressorihuoneeseen, pitää purkaa huoneesta vanhojen otsonikompressorien pedit pois ja valaa uudelle kompressorille uusi peti betonista. Lisäksi kompressorin tarvitsee uudet paineilmalinjat kompressorilta DD-pesureille, sekä jäähdytysvesilinjat kompressorille. Vanhaan otsonikompressorihuoneeseen tulee valmiiksi riittävä sähkösyöttö.

7.1 Kompressorihuoneen lämpötila

Kompressorien olisi hyvä sijaita mahdollisimman pölyttömässä tilassa. Pölyisessä tilassa kompressorien imuilmansuodattimet tukkeutuvat nopeasti, tällöin huollontarve lisääntyy ja suoritusarvo huononee. Lisäksi kompressorien jäähdytys toimii pölyisissä tiloissa vajaateholla, joka aiheuttaa lisääntynyttä lauhteen muodostumista. (Paineilmatekniikka 2010, 48.)

Kompressorihuoneen lämpötilan olisi hyvä olla noin +20 °C. Paineilman joukossa on aina vettä ennen jälkikäsitteilylaitteita, joten lämpötilan putoaminen pakkaselle johtaisi vakaviin toimintahäiriöihin. Lisäksi alle +5 °C:n lämpötilassa kompressorin öljyjen ja laakerirasvojen voiteluominaisuudet heikkenevät. Kesäisin kompressorihuoneen lämpötila ei saa nousta yli ulkolämpötilan. Lämpötilan noustessa liikaa, kompressorien moottorit ja sähkökomponentit saattavat ylikuumentua, joka pahimmillaan voi johtaa kompressorien ja kuivainten pysähtymiseen. (Paineilmatekniikka 2010, 48.)

7.2 Kompressorihuoneen tuloilma

Tuloilma-aukkojen tulisi sijaita käyttöturvallisuuden ja toimintavarmuuden varmistamiseksi ulkoseinän puolivälin alapuolella varjon puolella. Tällöin tuloilma altistuisi mahdollisimman vähän sään vaikutuksille. Lisäksi tuloilman tulisi sisältää mahdollisimman vähän haitallisia aineita, joita ovat esimerkiksi kaikki aggressiiviset tai palavat aineet ja polttomoottorien pakokaasu. Ellei epäpuhtauksia voida välttää, on ilman puhdistus varmistettava jäähdytysilmasuodattimilla tai pölyloukuilla. (Paineilmatekniikka 2010, 49.)

Ilmajäähdytettyjen kompressorien teho määrää tuloilma-aukkojen koon. Tuloilma-aukon poikkipinta-alaa tulisi olla 0,02–0,03 neliometriä kompressorien nimellistehon kilowattia kohden. Poikkipinta-alaa pienentävät suoja-äleikköjen ja säätöpeltien lisäksi likaisissa kohteissa käytettävät suodattimet. Tuloilma-aukkojen välttämättömät varusteet pienentävät poikkipinta-alaa 30–60 %. (Paineilmatekniikka 2010, 49.)

7.3 Kompressorihuoneen poistoilma

Kompressorin tuottama lämmennyt jäähdytysilma, moottorin poistoilma ja kompressorien säteilylämpö ohjataan poistoilmakanavaan. Nämä eri lähteistä syntyneet lämmöt ohjataan yhteen poistoilma-aukkoon, joka on yhdistetty poistoilmakanavaan. Koska jäähdytyskuivaimet tuottavat noin nelinkertaisen määrän lämpöä suhteessa niihin johdettuun sähkötehoon, vaaditaan tähän oma poistoilmajärjestelmä termostaattiohjatulla tuulettimella. (Paineilmatekniikka 2010, 50.)

Kompressorihuoneen poistoilmajärjestelmää suunniteltaessa on otettava huomioon, että painehäviö, jonka poistojärjestelmä aiheuttaa, on oltava pienempi kuin siihen kytketyn pienimmän koneen poistopaine. Näin voidaan varmistaa, että koneen poistoilma ei palaudu takaisin kompressorihuoneeseen. Jos poistopaine on liian alhainen, varmistetaan lisätuulettimilla riittävä poistopaine. Kompressorien ja huonetermostaattien avulla säleikköjen ohjauksen tulisi tapahtua automaattisesti. (Paineilmatekniikka 2010, 50.)

8 KOMPRESSORIN HANKINNAN ESISUUNNITTELU

8.1 Projektin aikataulu

Projektin on tarkoitus alkaa vuoden 2021 alussa ja valmistua saman vuoden kesäkuussa (Taulukko 1). Ennen projektin alkamista on vielä tilattava tarvittavat piirustukset alihankintana muutettavista rakenteista ja putkistoista.

Taulukko 1. Kompressorien elinkaariuusinnan aikataulu

Investoinnin hyväksyntä	1/2021
Rakentamisen aloitus	2/2021
Laiteasennusten aloitus	4/2021
Tuotannollinen käyttöönotto	6/2021
Täyden kapasiteetin saavuttaminen	6/2021

8.2 Kustannusarvio

Projektista on tehty alustava kustannusarvio (Taulukko 2). Kustannusarvion kokonaissummasta puolet perustuvat annettuihin tarjouksiin.

Päälaitteisto	100
Apulaitteet	5
Putkistot	30
Laiteasennukset	20
Sähköistys, automaatio ja IT	20
Rakennukset ja rakentaminen	20
Telineet ja nostolaitteet	10
Suunnittelu ja projektointi	20
Muut	15
Yhteensä	240
Kustannusvaraus (5 %)	12
Aktivoitavat investointikustannukset	250

8.3 Kriittisyysluokittelu

Laitteiden vikaantumisen vaikutusta tuotannolle, turvallisuudelle ja kunnossapitokuluille arvioidaan kriittisyysanalyysillä (Liite 2). Metsä Fibrellä laitteet jaotellaan kolmeen eri kriittisyysluokkaan, joita ovat kaikkein kriittisimmät, melko kriittiset ja vähemmän kriittiset laitteet. Kriittisyysluokka merkitään numeroilla 1-3, joista numero 1 on kaikkein kriittisin. (M-Files 2018.)

Kriittisimpään luokkaan kuuluvat laitteet, jotka saavat kriittisyysanalyysissä yli 350 pistettä. Melko kriittisiin kuuluvat laitteet, jotka saavat kriittisyysanalyysissä 190–350 pistettä ja vähemmän kriittisiin kuuluvat laitteet saavat alle 190 pistettä. Laitteen pistemäärää lasketaan kriittisyystaulukosta painoarvon ja kertoimen mukaan. Massatehtaalla laitteita on 370 kappaletta, joista 26 % on vähemmän kriittisiä, 40 % melko kriittisiä ja 31 % kriittisiä laitteita (M-Files 2018.)

Vanhojen kompressorien kriittisyysluokiksi on määritelty luokka 3, eli vähemmän kriittiset laitteet. Uusi kompressori sijoittuisi todennäköisesti samaan

kriittisyysluokkaan (Taulukko 3). Massatehtaan kompressorit kuuluvat vähemmän kriittisiin laitteisiin, koska tarvittaessa paineilmaa saadaan otettua työilmaverkosta. (M-Files 2018.)

Taulukko 3. Uuden kompressorin pisteytys

Tekijä	Häiriö-herkkyys	Korjausaika	Kriittisyys tuotannolle	Ympäristö-vai- kutus	Pisteet yhteensä
Painoarvo	25	25	30	20	
Kerroin	1	1	4	0	
Pisteet	25	25	120	0	

8.4 Toimintopaikka ja laitekortti SAP-järjestelmässä

SAP on integroitu toiminnanohjausjärjestelmä, jossa yhdellä ohjelmistolla hallinnoidaan yrityksen kaikkia toimintoja. SAP-ohjelmisto koostuu erilaisista moduuleista, joita ovat muun muassa investointien hallinta, tuotantosunnittelu, laadunhallinta, materiaalihallinta ja kunnossapito. SAP-ohjelmiston kunnossapitomoduli (PM Plant Maintenance) muodostuu teknisten objektien hallinnasta, kunnossapitokäsittelystä, suunnitelma mukaisesta kunnossapidosta sekä infojärjestelmästä. Teknisten objektien hallinta tarkoittaa toimipaikkojen sekä laitteiden hallinnointia. (M-Files 2018.)

Uudelle kompressorille on luotava SAP-järjestelmään toimintopaikka, laitekortti ja enakkohuolto-ohjelma. Lisäksi kompressorin on varaositettava toimintopaikan rakennesiteeseen ja varaosille on luotava nimikkeet.

Toimintopaikkoja ovat teknisen rakenteen elementit, joihin voidaan asentaa laite. Toiminnallisen järjestelmän hierarkkinen rakenne määrittää toimintopaikkojen avulla. Toimintopaikkoja käytetään, kun halutaan seurata toimintopaikan kunnossapitokustannuksia ja käyttöolosuhteiden vaikutusta laitteen vikaantumiseen, tai kun siihen on pystyttävä kohdistamaan kunnossapitotehtäviä. Toimintopaikkoja on kahta eri tyyppiä, hierarkkisia ja ei-hierarkkisia. Nämä kaksi eri toimintopaikkatyyppiä erottaa tunnuksen muodosta, joka on hierarkkisissa toimintapaikoissa esimerkiksi RMA-20-026-024 ja ei-hierarkkisissa toimintapaikoissa esimerkiksi RMA_26K201. (M-Files 2018.)

Laitekorttiin merkitään laitekohtaiset tiedot (Kuva 13). Laitekortti sisältää perustietoja laitteesta, joita ovat esimerkiksi tekniset tiedot, valmistaja ja sarjanumero. Laitteeseen suoritettavat toimenpiteet, huollot ja muutokset tallennetaan laitekortille. SAP-järjestelmässä laite määritellään tekniseksi kohteeksi, jos se voidaan asentaa toimintopaikkaan tai toiseen laitteeseen. Laitteen koko elinkaaresta kertyy historiatietoja. (M-Files2018; Spotilla www-sivut 2018; Termipankki www-sivut 2020; Edu.fi www-sivut 2020.)

Näytä laite : Yleiset tiedot

Luokkayleistiedot Mittauspisteet/laskuri

Laite RMA/225000 Tyyppi S Asiakkaan laitteet

Nimitys Painelimakompressori

Tila ASEN 0002

Voim.olon alku 05.05.2015 Voim.olon loppu 31.12.9999

Yleinen Sijainti Organisaatio Rakenne Luokitus Myynti ja jakelu Takuutiedot Asi...

Yleiset tiedot

Luokka PM_LK_PUMP Pumppu, Puhallin, Kompressori

Objektilaji PM_LK_PUMP Pumppu, Puh., Kompr.

KäyttöökRyhmä

Paino 2.600 KG Koko/mitta

Inventointinro Käytössä alkaen 01.03.1996

Hankintatiedot

Toimittaja

Hankinta-arvo 0,00 Hankintapvm

Valmistustiedot

Valmistaja ATLAS COPCO KOMPRESSORIT OY AB Valmistusmaa

Tyyppinimitys ZR3-52E EL/690V Valm.vuosi/-kk

Valm. osanumero

Valm. sarjanro AIF025581

Kuva 13. Vanhan kompressorin laitekortti

9 YHTEENVETO

Työn tuloksena saatiin hyvä aineisto massatehtaan vanhojen kompressorien nykytilasta, sekä uuden kompressorin vaatimuksista. Työssä kerrottiin myös DD-pesurien toiminnasta ja ilmankulutuksesta, sekä teollisuudessa yleisimmin käytössä olevista kompressorimalleista.

Atlas Copcon tarjoamista uusista kompressoreista kannattavammaksi vaihtoehdoksi osoittautui kiinteätuottoinen matalapainekompressorimalli ZA6-315. Kyseisessä mallissa ilmantuotto olisi tarpeeksi suuri DD-pesurien tarpeisiin. Toisena vaihtoehtona olleen ZR425- kompressorin energiakustannukset olisivat huomattavasti suuremmat, vaikka ilmantuotto on vain 55 l/s suurempi. Matalapainekompressorin 4,0 bar maksimipaineen riittävyys voidaan myös tulevaisuudessa varmistaa voimalaitoksen kompressoreilta tulevalla paineilman varmuuslinjalla. Lisäksi ainoastaan energiakustannuksista syntyvillä säästöillä projekti maksaisi itsensä takaisin noin viidessä vuodessa. Vertailun ulkopuolelle jääneen taajuusmuuttajaohjatun kompressorin ominaisuuksista ei taas syntyisi tarpeeksi taloudellista hyötyä, koska DD-pesurien ilmankulutus pysyy tuotannon aikana melko tasaisena.

Uuden kompressorin asentaminen vanhaan otsonikompressorihuoneeseen olisi tarpeellista, jotta kompressorit saataisiin pois epäpuhtaasta prosessitilasta. Uudessa sijainnissa kompressorit olisi puhtaammassa tilassa ja sopivan lämpötilan lisäksi poisto- ja tuloilmamäärät saataisiin oikeanlaisiksi.

Vanha Atlas Copco ZR3- kompressorit kannattaisi myydä tai romuttaa, koska sen huoltokustannukset olisivat tulevaisuudessa liian suuret. Myyntimahdollisuutta heikentää pääkomponenttien varaosatuotannon päättyminen, kompressorin ikä ja kompressorin alhainen arvo. Vanha Compair D250 kompressorit voitaisiin hyödyntää uuden kompressorin rinnalla varakompressorina. Compairin kompressorit on myös 10 vuotta uudempi, kuin Atlas Copco ja 100 000 tuntia vähemmän käytetty.

LÄHTEET

Atlas Copcon www-sivut. 2020. Viitattu 1.11.2020. <https://www.atlascopco.com>

Backman. 'Turbokompressori puristaa ilman hyvällä hyötysuhteella'. Sarlin blogi. 8.9.2017. Viitattu 24.10.2020. <https://www.sarlin.com/blogi/turbokompressori-puristaa-ilman-hyvällä-hyötysuhteella>

Caverionin www-sivut. 2020. Viitattu 5.10.2020. <https://www.caverion.fi>

Compressor www-sivut. 2020. Viitattu 21.11.2020. <https://www.compressor.fi>

Hyypiä, I. 2020. Massatehtaan kompressorien mittausraportti 2020. Viitattu 2.12.2020

iiTrak2 User Manual. 2017. Anerma – Electronic and Software Engineering. Viitattu 24.11.2020. https://www.eps-energy.com/wp-content/uploads/2017/12/iiTrak2_UM.2.5.pdf

Kaeserin www-sivut. 2020. Viitattu 20.11.2020. <https://fi.kaeser.com>

KnowPulp. 2020. AEL ja Prowledge Oy

Metsä Fibren www-sivut. 2020. Viitattu 10.10.2020. <https://www.metsafibre.com>

M-Files 2018. 2020, M-Files Inc.

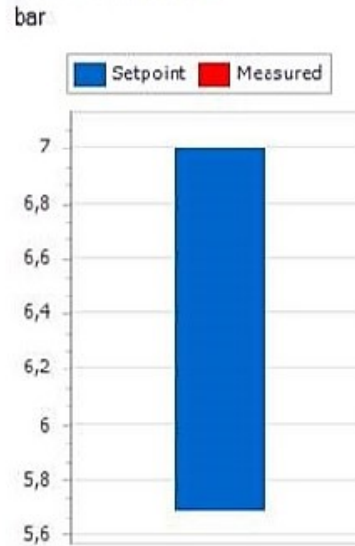
Paineilmatekniikka – Perusteet ja käytännön vinkkejä. 2010. Kaeser. Viitattu 10.11.2020. <https://fi.kaeser.com/download.ashx?id=tcm:24-5981>

Pneumatiikan luennot – Pneumatiikka. 2005. Viitattu 12.11.2020.

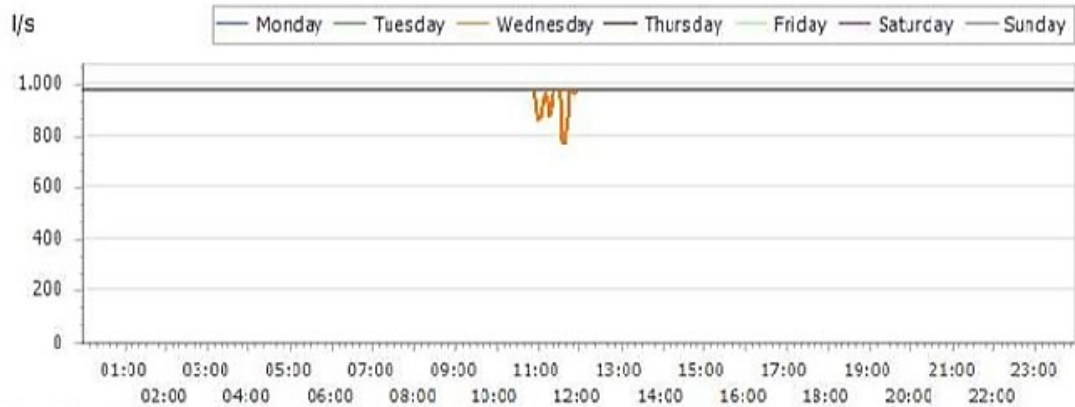
Sarlinin www-sivut. 2020. Viitattu 30.10.2020. <https://www.sarlin.com>

Flow data	
Maximum flow	985 l/s
Average flow	985 l/s
Minimum flow	755 l/s
Flow range	
0-25 %	0 %
25-50%	0 %
50-75%	0 %
75-100%	100 %
Current Yearly Consumed Energy	
3,415 MWh	

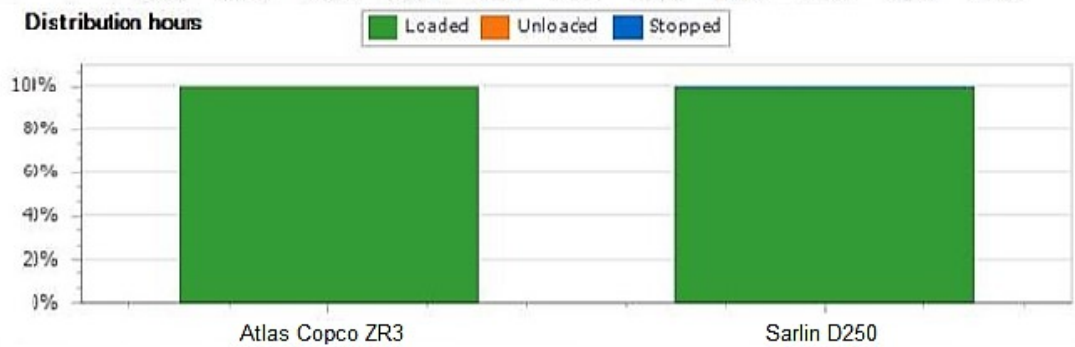
Total Pressure Band



Generated flow profile



Distribution hours



Tekijä	Painoarvo	Kerroin	Valintakriteeri	Määrittäysrajat
Häiriöherkkyys vikaantumistaajuus	25	1	Varmakäyntinen	Vikaväli yli 10v
		2	Vähäisiä häiriöitä	Vikaväli 3-10 v
		3	Häiriöherkkä	Vikaväli 1-3 v
		4	Erittäin häiriöherkkä	Vikaväli alle 1 v
Korjausaika: alasajo, korjausaika, ylösajo	25	1	Hyvät tai kohtuulliset, lattiatasolla	Korjausaika alle 8 h
		2	Kuuma, kylmä tai hankala luokse päästävyys.	Korjausaika 8-24 h
		3	Erittäin kuuma, märkää, likaa, syövyttäviä kaasuja tai luokse päästävyys käynnin aikana lähes mahdoton	Korjausaika 24h
		4	Erittäin ankarat olosuhteet tai laitteen luokse ei pääse purkamatta	Korjausaika yli 48 h
Kriittisyys tuotannolle (laatu/määrä)	30	0	Pysähtymisellä ei merkitystä tehtaantuo- tuotannolle	
		2	Laadun heikkeneminen ja/tai osittainen tuotannon menetys uhkaa	Huonontunut massa tuotannon menetys alle 10%
		4	Osittainen tuotannon menetys	Merkittävä tuotannon menetys yli 10%
		6	Tehtaan täydellinen pysähtyminen	
Ympäristövaikutus, paloturvallisuus, päästöjen aiheuttama henkilöturvallisuus	20	0	Ei ympäristövaikutusta	
		1	Hajuhaitta, päästöjä jätevesilaitokselle, vaara henkilöturvallisuudelle	
		2	Päästörajat ylittyvät, kuolemanvaara	