



TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA

Konetekniikka

Energia- ja ympäristötekniikka

INSINÖÖRITYÖ

**Neste Oilin energialaitoksen paineilma- ja syöttövesituotannon
energiataloudellinen tarkastelu**

**Työn tekijä: Ville Halonen
Työn valvoja: Markku Laukka
Työn ohjaaja: Mika Repka**

**Työ hyväksytty: __. __. 2008
lehtori**

Markku Laukka



ALKULAUSE

Tämä insinööri työ tehtiin Neste Oilin Porvoon jalostamon energialaitokselle. Haluan kiittää energialaitoksen käyttöinsinööri Mika Repkaa, joka antoi minulle lisäajatuksia työhön nopeuttaen oleellisesti työn valmistumista. Lisäksi haluan kiittää energialaitoksen käyttöhenkilökuntaa kärsivällisyydestä ja halusta auttaa minua työhön tarvittavien tietojen hankkimisessa. Energia- ja ympäristötekniikan opettajia Markku Laukkaa ja Markku Jantusta haluan kiittää heidän vilpittömästä halusta auttaa opiskelijoita, mikä teki myös tämän työn kirjoittamisesta miellyttävää.

Helsingissä 15.3.2008

Ville Halonen

**TEKNIKAN JA LIIKENTEEN TOIMIALA****INSINÖÖRITYÖN TIIVISTELMÄ**

Tekijä: Ville Halonen	
Työn nimi: Neste Oilin energialaitoksen paineilma- ja syöttövesituotannon energiataloudellinen tarkastelu	
Päivämäärä: 31.3.2008	Sivumäärä: 30 + 8 liitettä
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka	Suuntautumisvaihtoehto: Energia- ja ympäristötekniikka
Työn valvoja: DI Markku Laukka	
Työn ohjaaja: DI Mika Repka, Neste Oil Oyj	
<p>Insinööriyön tavoitteena oli tehdä teknillis-taloudellinen selvitystyö Neste Oilin Porvoon jalostamon energialaitoksen paineilma- ja syöttövesituotannosta. Tarkoituksena oli tutkia mahdollisuuksia säästää näihin toimintoihin kuluva sähköä luotettavuutta heikentämättä. Ensimmäiseksi täytyi selvittää laitteet joilla säästöihin voitaisiin päästä ja näistä laitteista aiheutuvat kokonaiskustannukset.</p> <p>Koska työssä pyritään säästöihin taajuusmuuttujatekniikan avulla, käsitellään työn alkuosassa taajuusmuuttajien toimintaperiaatteita ja niiden tekniikkaa. Tämän jälkeen työssä tarkastellaan Kilpilahden teollisuusalueen paineilmaverkon nykytilaa ja miten sitä voitaisiin parantaa. Lopuksi käsitellään energialaitoksen omien kattiloiden syöttövesipumppujen nykytilaa ja mahdollisuuksia niiden kehittämiseen.</p> <p>Valmistajilta saatujen laitehintojen perusteella pystyttiin tekemään investointilaskelmat molemmista kohteista. Työssä esiteltiin yksi uudistamisvaihtoehto molemmille kohteille. Paineilmainvestoinnissa säästöjä haettiin uudentyyppisen kompressorin avulla ja syöttövesijärjestelmässä pumpun moottorin vaihdolla höyryturbiinista taajuusmuuttajaohjattuun sähkömoottoriin. Taloudellisen kannattavuuden lisäksi molemmissa investoinnissa pyrittiin mahdollisuuksien mukaan perehtymään myös tuotannon luotettavuuteen.</p> <p>Nykyisellä sähköhinnalla molemmat uudistukset tulisivat todella kannattavaksi. Paineilmauudistus tuskin heikentäisi tuotannon luotettavuutta, mutta syöttövesijärjestelmän uudistaminen vaatii tarkkoja selvityksiä, joissa paneudutaan pelkästään tuotannon luotettavuuteen. Selvitystyön avulla Neste Oil saa tiedot näihin uudistuksiin liittyvistä lähtökohdista ja mahdollisuuksista.</p>	
Avainsanat: Sähkönhinta- ja kulutus, investointikustannukset, käyttöluotettavuus	



FACULTY OF TECHNOLOGY

ABSTRACT

Name: Ville Halonen	
Title: Energy economical evaluation of the feed water and compressed air production at Neste Oil's process power plant.	
Date: 31 March 2008	Number of pages: 30 + 8 attachment's
Department: Mechanical and Production Engineering	Study programme: Energy Engineering and Environmental Technology
Supervisor: Markku Laukka, M.Sc.	
Instructor: Mika Repka, M.Sc.	
<p>The purpose of this graduate study was to carry out a technical and economical research concerning the feed water and compressed air production at Neste Oil's process power plant in Porvoo refinery. The goal was to reduce electricity consumption without weakening the reliability of the production. First task was to find out the necessary devices and the total costs of the investments.</p> <p>Because the idea of the project is to achieve savings by using frequency converter, the principles and the techniques of frequency converter are discussed in the beginning. After that the study continues to discuss about today's condition and the development possibilities of the compressed air network in Kilpilahti industrial area. Last task of the study is to evaluate the development possibilities of the feed water production of the power plant's two boilers.</p> <p>Investment calculations of the both projects were done according to the information received from the manufacturers of the different devices. One investment option was introduced to both projects. In the compressed air project the idea was to achieve savings with a new compressor and in the feed water project the idea was to change the steam turbine motor to a new frequency exchanger controlled electric motor. In addition to financial profitability the reliability of the production was considered in both development plans.</p> <p>With today's electricity prices both investments would be very profitable. Investment for the compressed air network shouldn't decrease the reliability of the production, but the feed water investment needs serious further studies on the reliability aspect</p>	
Key Words: Electricity consumption and prices, investment costs, production reliability	



SISÄLLYS

ALKULAUSE

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO

2 TIETOA ENERGIALAITOKSESTA

2.2 Voimalaitos

2.3 Kaasuturbiinivoimalaitos 2

2.4 Kaasuturbiinivoimalaitos 3

2.5 Kattila 5

3 TAAJUUSMUUTTAJA

3.1 Toimintaperiaate

3.2 Taajuusmuuttajan rakenne

3.2.1 Tasasuuntaaja

3.2.2 Tasajännitevälipiiri

3.2.3 Vaihtosuuntaaja

3.2.4 Ohjausyksikkö

4 PAINEILMATUOTANTO

4.1 Yleistä kompressoreista

4.2 Kilpilanden paineilma

4.3 Paineilmatuotannon nykytila

4.4 Paineilmatuotantoon kaavailtu muutos

5 SÄHKÖN HINTA

5.1 Spot-hinta

5.2 Sähköfutuurit



6 UUDISTUKSEN TALOUDELLINEN KANNATTAVUUS

6.1 Laitteisto ja rakennustyöt

6.2 Sähkön nykyhintaa

6.3 Investointilaskelmien eri menetelmät

6.4 Investointilaskelmat

6.4.1 Yksinkertaisen takaisinmaksuajan menetelmä

6.4.2 Annuiteettimenetelmä

6.4.3 Nykyarvomenetelmä

6.4.4 Sisäinen korko

7 YHTEENVETO PAINEILMAINVESTOINNISTA

8 SYÖTTÖVESIJÄRJESTELMÄ

9 VASTAPAINETURBIINI

10 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

10.1 Lähtökohdat

10.2 Taajuusmuuttajaohjattu sähkömoottori

11 INVESTOINTILASKELMAT

11.1 Yleistä

11.2 Kokonaissäästöt ja kulut

12 INVESTOINNIN RISKIT JA HYÖDYT

13 YHTEENVETO

LÄHTEET

LIITTEET

Liite 1. Tekniset tiedot: Cooper turbo compressor

Liite 2. Ote Nord Poolin sähkökaupasta 05.02.2008

Liite 3. Ote ilmantuotannosta energialaitoksen piirroilta

Liite 4. Syöttövesipumppujen GA-14022 ja GA-14022S käyrät

Liite 5. Pumpun GA-14022 höyryturbiinin tekniset tiedot

Liite 6. Pumpun GA-14022 höyryturbiinin vastapainekäyrä

Liite 7. Pumpun GA-14022 höyryturbiinin tehokäyrä

Liite 8. Pumpun GA-10422S moottorin teknisiä tietoja

1 JOHDANTO

Työ on tehty Neste Oilin Porvoon jalostamon energialaitokselle. Suomessa on kaksi öljynjalostamoita yksi Naantalissa ja yksi Porvoossa. Porvoon jalostamo on Naantalia huomattavasti suurempi. Sen jalostuskapasiteetti on 11 miljoonaa tonnia raakaöljyä vuodessa, kun Naantalissa se on 3 000 miljoonaa tonnia. Porvoon jalostamo on erikoistunut puhtaiden liikennepolttoaineiden valmistukseen. Porvoon jalostamo sijaitsee Porvoon kilpilahdessa noin 15 kilometriä länteen Porvoon keskustasta. Kilpilahti on Pohjoismaiden suurin teollisuusalue ja siellä toimii useita kemianteollisuuden alan yrityksiä. Siellä on myös rahdinmäärässä laskettuna Suomen vilkkain satama. Neste Oililla on alueella noin 2200 työntekijää. [1]

Energialaitos sijaitsee jalostamon alueella, ja se huolehtii lähes koko Kilpilahden teollisuusalueen sähkön, höyryn, veden ja paineilman jakelusta. Energialaitos koostuu 1971 valmistetusta kahden kattilan höyryvoimalaitoksesta, kahdesta 1989 ja 1997 rakennetusta kaasuturbiinivoimalaitoksesta sekä 1988 rakennetusta höyrykattilasta. Energialaitoksen eri yksiköissä tuotettu sähkön ja lämmön määrä vastaa noin 260.000 omakotitalon sähkön- ja lämmöntarvetta. Pääasialliset polttoaineet ovat jalostamon pohjaöljy ja maakaasu. Vara- ja lisäpolttoaineina toimivat kevyt polttoöljy, pyrolyysibensiini ja jalostamokaasut. [2]

Tämän työn tarkoituksena on tutkia mahdollisuuksia vähentää energialaitoksen omakäyttö energiaa uudistamalla laitoksen paineilmatuotantoa sekä syöttövesipumppua. Uudistukseen liittyvien energiataloudellisten asioiden lisäksi työssä arvioidaan uudistuksen vaikutuksia tuotannon luotettavuuteen. Työ toimii esiselvityksenä, jonka päätarkoituksena on tuoda ilmi kaksi mahdollista kohdetta, joissa omakäyttö energiaa voitaisiin vähentää.

2 TIETOA ENERGIALAITOKSESTA

Energialaitoksen päätehtävänä on turvata öljytuotteiden jalostukselle elintärkeiden aineiden saanti, kuten höyry, vesi, sähkö ja paineilma. Sähkön tuottaminen ei ole kriittistä, koska Kilpilahden teollisuusalue on kytketty täydellisesti myös valtakunnan verkkoon, josta se voi ostaa sähköä korvaamaan omaa tuotantoaan tai johon se voi myydä sähköään, mikäli energialaitos tuottaa sitä ylitse teollisuusalueen tarpeiden. Energialaitos on jatkuvasti tuotannossa, eikä sitä muiden voimalaitosten tapaan pysäytetä koskaan täydelliseen huoltoseisokkiin.

Energialaitoksen yksiköt, niiden polttoaineet, pääkomponentit ja nimellistehot (suluissa jälkipoltolla saatavat arvot).

Voimalaitos

- Käyttöönottovuosi 1971
- Polttoaineet: Jalostamon pohjaöljy, maakaasu, prosessikaasut, pyrolyysibensiini, kevyt polttoöljy
- 2 kpl höyrykattilat, 100 bar, 525C, a 200 t/h
- Vastapaineturbiini 42 megawattia
- Lauhdeturbiini 31 megawattia
- Veden ja polttoaineiden käsittely

Kaasuturbiinivoimalaitos 2

- Käyttöönottovuosi 1989
- Maakaasu, kevytpolttoöljy, prosessikaasut (jälkipoltossa)
- Sähköteho 48 megawattia
- Lämmön talteenottokattila 16 bar, 350C, 80 th/h (125t/h)

Kaasuturbiinivoimalaitos 3

- Maakaasu, Kevyt polttoöljy, prosessikaasut (jälkipoltossa)
- Sähköteho 72 megawattia

- Lämmön talteenottokattila
- 105 bar, 530C, 108 t/h (180 t/h)
- 5 bar, 200C, 20 t/h (14 t/h)

Kattila 5

- Maakaasu, prosessikaasut
- 16 bar, 350C, 150 t/h

[2]

3 TAAJUUSMUUTTAJA

Taajuusmuuttaja on tehoelektronikkalaite joka muuntaa sähkön taajuutta. Se pystyy myös muuttamaan sähkön jännitettä, jota käytetään etenkin oikosulkumoottoreiden kanssa.

Taajuusmuuttajalla muutetaan sähköverkosta saatavan vaihtojännitteen taajuutta ja amplitudia. Amplitudin ja taajuuden säätämällä voidaan säätää moottorin pyörimisnopeutta ja siitä saatava vääntömomenttia.

Yleisimmin käytetty taajuusmuuttajatyyppe on kolmivaiheinen jännitevälipiirillinen taajuusmuuttaja. Se muuttaa syöttöverkon kolmivaiheisen vaihtojännitteen sykkiväksi tasavirraksi, minkä jälkeen se muuttaa sähkön halutunlaiseksi vaihtojännitteeksi.

Suomessa taajuusmuuttajien merkittäviä valmistajia ovat ABB ja Vacon. ABB valmistaa taajuusmuuttajia Helsingin Pitäjänmäessä ja on alansa markkinajohtaja. Vacon on vaasalainen yritys, joka on viime aikoina kasvanut voimakkaasti. [3, s. 80–82; 4.]

3.1 Toimintaperiaate

Taajuusmuuttajat ovat sähkötekniikan peruselementtejä ja niitä käytetään laajasti prosessiteollisuuden oikosulkumoottoreissa. Oikosulkumoottori on rakenteeltaan yksinkertainen ja siten hinnaltaan tasasähkökonetta halvempi. Aikaisemmin oikosulkumoottorin käyttöä rajoittivat ongelmat säätää sen kierroslukunopeutta. Kehitys tehoelektronikassa on tuonut ratkaisun tähän ongelmaan. Parantuneet mikroprosessorit ovat tehneet ohjauksesta luotettavamman, ja puolijohdetekniikan kehitys on mahdollistanut nopeat kytkennät myös suurilla virroilla.

Tasavirtakoneen nopeudensäädössä muutetaan ainoastaan jännitettä, mutta oikosulkumoottorissa muutetaan jännitettä ja taajuutta.

Oikosulkumoottorin pyörimisnopeuden yhtälö:

$$n = (f/p) - \Delta n$$

f = syöttöverkon taajuus

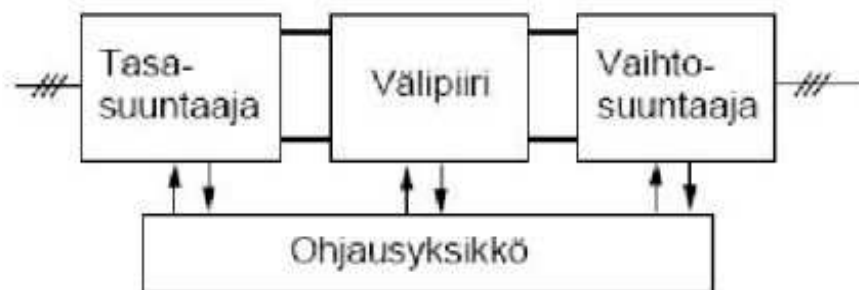
p = moottorin napaparinluku

Δn = jättämä

Yhtälöstä pystyy päättämään ettei oikosulkumoottoria voida säätää lineaarisesti mitenkään muuten kuin taajuutta muuttamalla. Taajuusmuuttaja muuttaa moottorille menevää vaihtojännitteen taajuutta. Taajuutta pienennettäessä on samalla pienennettävä jännitettä samassa suhteessa, jotta moottorin magneettivuo Φ pysyy vakiona. Taajuuden noustessa yli moottorin nimellistaajuuden joudutaan jännite pitämään vakiona. Tästä seuraa moottorin vääntömomentin heikkeneminen, jota kutsutaan kentän heikennysalueeksi. [3, s. 134–135.]

3.2 Taajuusmuuttajan rakenne

Taajuusmuuttajien tekniikka on perustunut sen koko elinkaarensa ajan samoihin pääpiirteisiin. Laite koostuu kolmesta selkeästä pääosasta tasasuuntaajasta, välipiiristä ja vaihtosuuntaajasta. Kolmea pääosaa kontrolloi ohjausyksikkö, josta tiedonsiirto kaikkiin osiin toimii molempiin suuntiin (kuva 1).



Kuva 1. Taajuusmuuttajan lohkoakaavio

3.2.1 Tasasuuntaaja

Tasasuuntaaja voi olla joko diodisuuntaaja tai ohjattu suuntaaja. Diodisilta antaa vaihtojännitettä joko tasajännitevirtapiireille tai tasavirtakatkojalle. Katkoja säättää välipiirintasajännitteen suuruuden. Ohjatussa suuntaajassa tyristorit säättävät välipiirin jännitteen. Mikäli moottorista saatava jarrutustehoa halutaan syöttää takaisin sähköverkkoon tulee käyttää toista rinnankytkettyä ohjattua suuntaajaa, joka on kytketty vastakkaiseen suuntaan.

3.2.2 Tasajännitevälipiiri

Taajuusmuuttajat luokitellaan välipiirien perusteella virtaohjattuihin ja jänniteohjattuihin. Virtaohjatussa taajuusmuuttajassa jännitevälipiiri toimii eräänlaisena virtalähteenä moottorille. Se syöttää moottorille sellaista virtaa, että navoille saadaan haluttu jännite. Tavallisemmin käytetty taajuusmuuttajatyyppejä on jänniteohjattu, jonka välipiiri koostuu kondensaattoriparistoista ja suotimista. Välipiirin tehtävänä on erottaa sillat toisistaan ja varastoida kondensaattorien kautta energiaa itseensä, jota voidaan käyttää tasaamaan syöttöjännitteen pieniä notkahduksia. Välipiiristä voidaan ottaa myös käyttöjännite muuntajan ohjauselektronikalle. Välipiirissä tasasuuntaajalta tuleva sykkivä jännite tasoitetaan. Muuttamalla välipiirin jännitettä tai lähtöjännitteen pulssikuviota voidaan säätää lopullista lähtöjännitettä.

3.2.3 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajan tehtävä on muodostaa välipiiriltä saadusta tasajännitteestä moottorille syötettävä halutunlainen taajuus, vaihtojännite tai –virta.

3.2.4 Ohjausyksikkö

Ohjausyksikön tehtävä on nimensä mukaisesti ohjata taajuusmuuttujaa. Mikäli sähkömoottorin käyttäjä haluaa muutoksia moottorin toimintaan lähettää ohjausyksikkö siitä viestejä taajuusmuuttujan rakenteen muukaan joko tasasuuntaajaan, välipiiriin tai vaihtosuuntaajaan.

4 PAINEILMATUOTANTO

Paineilmaa käytetään laajasti eri tarkoituksiin. Lähes kaikille tuttu sovellus paineilman hyväksi käytöstä on rengas, joka täytetään ilmalla ilmakehää korkeampaan paineeseen. Ilma tekee renkaasta kovaa materiaalia pehmeämmän, mikä mahdollistaa sen käyttämisen epätasaisilla alustoilla. Teollisuudessa käytetään paineilmaa suuria määriä instrumentti-ilmana ja erilaisten prosessien tarpeisiin. Myös useat työkalut hyödyntävät paineilmaasta saatavaa energiaa. Paineilma kehitetään kompressorein, jotka vaativat käyttöenergiaa

Paineilman pienehkössä käytössä se varastoidaan säiliöön, jonka painetta ylläpitää kompressori, joka menee päälle vain paineen laskiessa säiliössä johonkin tiettyyn arvoon. Teollisuudessa, jossa paineilmaa käytetään runsaasti rakennetaan paineilmaverkko, johon suuret kompressorit tuottavat ilmaa koko ajan mukauttaen tuotantoon siten, että verkossa säilyy tietty paine.

4.1 Yleistä kompressoreista

Kompressori on mekaaninen laite, jolla nostetaan kaasun painetta. Paineen nostaminen vaatii aina energiaa. Kompressorin työn tekee siis moottori. Olosuhteista ja käyttöpaikasta riippuen kompressorin voimanlähteenä voi toimia hyvinkin erilaiset moottorit.

Kompressoreja on kahta päälajia: niin sanotut syrjäytyskompressorit ja kineettiset kompressorit. Syrjäytyskompressoreita käytetään yleensä, kun paineen nosto on melko pieni eikä tuotanto ole suurta. Syrjäytyskompressoreista tunnetuin sovellutus lienee mäntäkompressori. Muita syrjäytyskompressorityyppejä ovat muun muassa kalvokompressori, ruuvikompressori, Rootin puhallin ja Scroll-kompressori.

Aksiaaliskompressoreita käytetään teollisuuden paineilman tuotantoon sekä esimerkiksi palamisilman syöttämiseen kaasuturbiinissa.

4.2 Kilpilahden paineilma

Kilpilahden teollisuusalueella on paineilmaverkko, josta eri yritykset saavat käyttöön tarvitsemansa paineilman. Energialaitoksella on kaksi kompressoria ja Borealis Polymersin tyypilaitoksella yksi. Yksi kompressoreista toimii varakompressorina yllättäviä rikkoontumisia varten.

Paineilman saanti on elintärkeätä Kilpilahden alueen yrityksille ja katko paineilman saannissa voi aiheuttaa vakaviakin taloudellisia menetyksiä mikäli tuotantoa joudutaan siitä johtuen ajamaan alas. Siksi energialaitoksellakin on varauduttu yllättävään kompressorin rikkoontumiseen pitämällä yhtä kompressoria varalla. Yhden kompressorin hajotessa tai sen tuotannon yllättäen laskiessa toinen kompressori kytkeytyy automaattisesti päälle ja saavuttaa verkossa olevan 8 baarin paineen jo 30 sekunnissa. Mikäli paineilman kysyntä sattuu vikaantumishetkellä olemaan kova, eikä Kilpilahden alueella satu olemaan muita kompressoreja päällä, täyteen tuotantoon päästään 1 minuutin ja 30 sekunnin kuluttua toisen kompressorin pysähtymisestä.

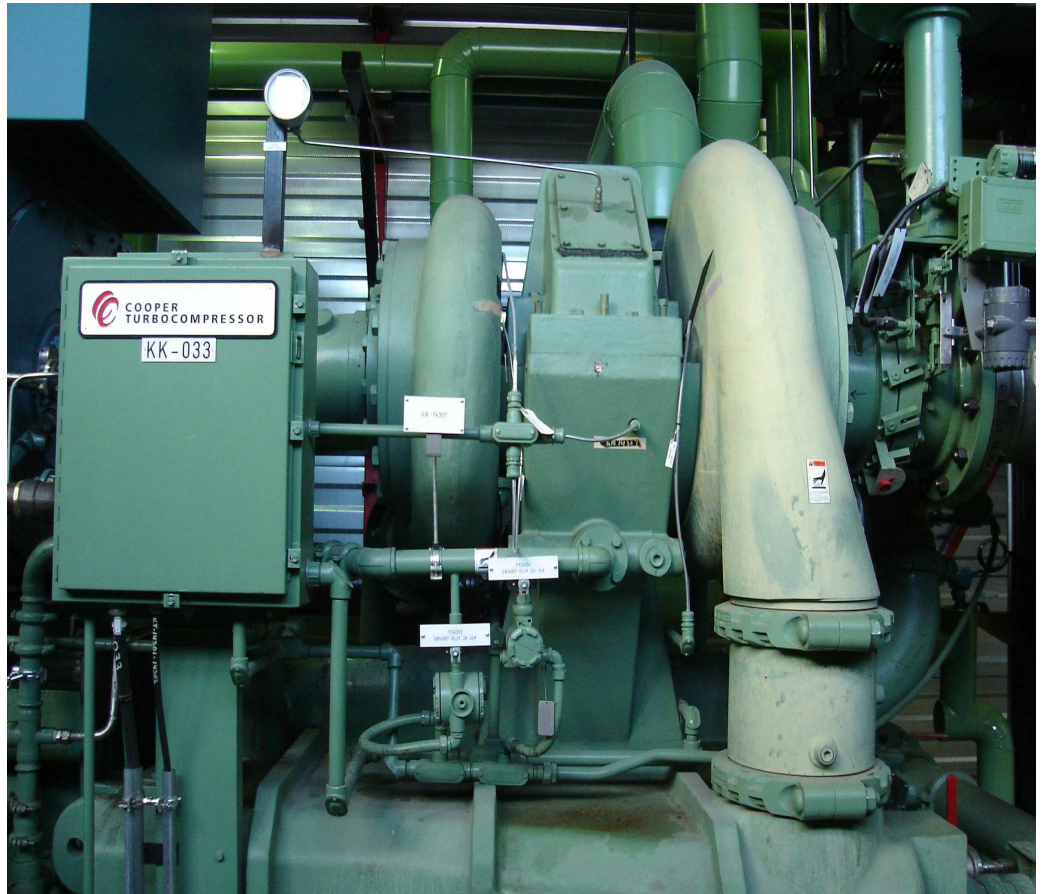
Vaikka jo 30 sekunnin kuluttua kompressorin seisahtumisesta verkkoon aletaan saamaan ilmaa saattaa tässäkin ajassa jonkun yrityksen tuotanto kärsiä pahasti tai pahimmassa tapauksessa jonkun yksikön koko tuotanto joudutaan ajamaan alas. Tästä syystä paineilman tuotanto olisi hyvä pitää varsin yksinkertaisena ja toimintavarmana.

4.3 Paineilman tuotannon nykytila

Energialaitoksen piirtureista saadun historian mukaan paineilman keskiarvo kysyntä on noin 11,5 tonnia tunnissa. Tyypilaitoksen kone käy jatkuvasti täydellä kuormalla tuottaen noin 5,1 t/h. Borealikselta saatujen tietojen mukaan tyypilaitoksen kompressori ottaa noin 592 kilowatin sähkötehon.

Energialaitoksen pääkompressori Cooper turbocompressor TA11000/30 (kuva 2) tuottaa jatkuvasti noin 11,3 t/h. Koska paineverkon kysyntä on huomattavasti pienempi kuin Cooperin ja tyypilaitoksen kompressorin

yhteistuotto Cooper on ohjelmoitu säätämään paineilma-verkon tasapainoa ja puhaltamaan ylimääräisen ilman ulospuhalluksen kautta pois.



Kuva 2. Cooper turbocompressor, joka puristaa ilmaa haluttuun paineeseen kolmessa vaiheessa. Vaiheiden välissä ilmaa jäähdytetään kylmällä vedellä.

Niin sanotussa keskiarvotilanteessa Cooper tuottaa verkkoon 6,5 t/h. Energialaitoksen piirrosta näkee, että Cooperia pyörittävä sähkömoottori ottaa silloin verkosta 67,5 ampeeria virtaa. Moottori on kolmivaiheinen vaihtosähkömoottori, joten sen ottama teho voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

$$P = \sqrt{3} U I \cos\varphi$$

$$U = 10\text{kV}$$

$$I = 67,5\text{A}$$

$$\cos\varphi = 0,89$$

$$P = 1040.5295 \approx \mathbf{1041\text{kW}}$$

Paineilmaverkon piirroista kuitenkin huomaa, että noin 15 prosenttia ajasta paineilman kysyntä verkossa on vain 9,5 – 10,5 t/h, jolloin Cooper tuottaa verkkoon 4,5 – 5,5 t/h ja sitä pyörittävä moottori ottaa tällöin noin 64 ampeerin virran, mikä tarkoittaa 987 kilowatin sähkötehoa. Cooperin käyttöohjeen mukaan sen toimiessa täydellä teholla 8 baarin paineessa se tarvitsee 1070 kilowatin tehon. Tästä huomataan, että Cooper joutuu tekemään lähes saman työn riippumatta siitä, puhalletaanko ilma ulos vai työnnetäänkö se verkkoon.

Cooperilla ei yksistään pystytä kaikissa olosuhteissa tuottamaan Kilpilahden alueen tarvitsemaa paineilmaa. Käyttäjähenkilökunnan mukaan kahden kompressorin jatkuva ajaminen on myös turvallisuus kysymys. Toisen kompressorin yllättävä vikaantuminen ei aiheuttaisi merkittävää hätää, koska työilman, jonka osuus paineilman tuotannosta on 5–6 t/h voidaan luopua hetkellisesti, kunhan varakompressori on saatu mukaan tuotantoon.

4.4 Paineilmatuotantoon kaavailtu muutos

Cooperin tapaisia turbokompressoreita ei pystytä ajamaan taajuusmuuttajakäytöllä, jossa sähkömoottori vastaisi paineilman kulutuksen vaihteluun moottorin pyörimisnopeuden muutoksella, jolloin moottorin ottama teho vastaisi melko hyvin sen antamaa mekaanista tehoa.

Tällä hetkellä paineilman tuotantoon kuluu sähköenergiaa tyypilaitoksen kompressorin ja Cooperin yhteisteho:

Cooper 1041kW

Tyypilaitos 591kW

Yhteensä ≈ 1630kW

Kilpilahden tapauksessa ainoa järkevä tapa vähentää paineilmaan käytetyn sähköenergian määrää on hankkia Cooperin rinnalle taajuusmuuttajaohjattu kompressori. Näin Cooper saadaan toimimaan koko ajan lähes täydellä tuotannolla. Taajuusmuuttajaohjattu kompressori tuottaa paineilmaa minimiteholla Cooperin rinnalla ja nostaa tuotantoaan vain paineilman kysynnän kasvaessa. Tässäkin tilanteessa Cooper toimisi niin sanottuna säätelijä koneena mikäli paineilman kysyntä laskisi merkittävästi. Tämä

tarkoittaisi sitä, että ulospuhalluksesta ei edelleenkään päästäisi täysin eroon, mutta sitä pystyttäisiin merkittävästi vähentämään.

Atlascopcon niin sanottu Z-sarja koostuu taajuusmuuttajakäyttöisistä ruuvikompressoreista (kuva 3). Niiden toiminta perustuu heidän omaan VSD-tekniikkaan (variable speed drive), jossa kompressori pystyy mukautumaan ilman kysynnän vaihteluihin ilman ulospuhallusta. Atlascopcon VSD-tekniikkaan perustuvia kompressoreita on saatavilla 150 kilowatista aina 900 kilowattiin asti. Atlascopcolta saatujen tuotto lukemien perusteella 500 kilowatin kompressori sopisi parhaiten Kilpilahden käyttötarkoitukseen.



Kuva 3. Atlascopcon VSD-moottorilla varustetut Z-sarjan kompressorit ovat ruuvikompressoreita, joissa on taajuusmuuttaja ohjattumoottori.

500 kilowatin kompressori Z500VSD tuottaa minimikuormalla 8 baarin paineessa 356 litraa sekunnissa, joka on 1,362 tonnia tunnissa ja samalla sen moottori ottaa 138 kilowatin sähkötehon. Täydellä 500 kilowatin teholla kompressori pystyisi noin 4,8 tonnin tuotantoon, mikä takaisi hyvän käyttövarmuuden. Cooperin ja Z500VSD:n yhdistelmällä saataisiin maksimituotannoksi yhteensä noin 16 t/h, mikä riittää nykytilanteessa Kilpilahden alueella kaikissa yllättävissä tilanteissa. Niihin tilanteisiin joissa jo etukäteen tiedetään ilmantarpeen nousevaan suureksi voidaan varautua

laittamalla varakompressori päälle. Taulukosta 1 selviää Z500VSD-kompressorin ottama teho eri kuormituksilla.

Taulukko 1. Tuotto-/tehosuhde

	ZR500VSD - 8bar	
rpm	kW	l/s
700	138	356
900	180	492
1000		
1100		
1300	271	759
1400		
1430		
1490		
1500	320	890
1700		
1737		
1750		
1800	398	1081
1850		
2000		
2050	471	1236
2100	487	1267
2180		

Mikäli Kilpilahden paineilman tuottaisi Cooper ja Z500VSD, keskiarvotilanteessa sähköenergiaa kuluisi:

Cooper = 1070kW

Z500VSD = 138kW

Yhteensä = 1208kW \approx **1210kW**

Säästö keskiarvotilanteessa

1632kW – 1210kW = 422 kW \approx **0,4 MW**

Laskuissa on käytetty pyöristyksiä, koska tarkkaa sähkönkulutuksen määrä on mahdoton laskea.

Mikäli ilman kysyntä verkossa laskisi nykyisestä keskiarvotilanteesta uudella ilmantuotantotavalla säästetty sähköenergian määrä pysyisi suunnilleen samana, mutta mikäli ilman kysyntä lisääntyisi, säästöt pienentyisivät. Tämä

johtuu jo edellä käsitellystä tosiasiasta, että Cooperin energiankulutus nousee vain vähän, vaikka se toimisi täydellä teholla. Cooper ja typpilaitoksen kompressori pystyvät yhdessä tuottamaan yli 16 t/h eikä kulutus nousisi juurikaan nykyisestä 1600 kilowatista.

Atlascopcon Z500VSD antaa energiansäästöjen lisäksi myös hyvän käyttövarmuuden, joka on ilman tuotannon tärkeimpiä asioita. Valmistajan antamien tietojen mukaan Z500VSD pystyy nostamaan tuotantonsa minimistä maksimiin kymmenessä sekunnissa. Tämä ei ehkä ole yhtä nopeaa kuin Cooperin ulospuhalluksen vähentäminen, mutta sen pitäisi riittää mainosti, koska energialaitoksella on 30 kuution ilmasäiliö, josta voidaan ottaa ilmaa verkossa tapahtuviin pahimpiin kysyntäpiikkeihin. Valmistaja myös lupaa, että kone nousee täyteen tuotantoon 30 sekuntia käynnistämisen jälkeen. Nopea käynnistys tarjoaa mahdollisuuden kompressorin sammuttamiseen mikäli tiedetään, että ilman kysyntä tulee olemaan vähäistä pidemmän aikaa.

5 SÄHKÖN HINTA

Sähkön hinta määräytyy Pohjoismaisessa sähköpörssissä eli Nord Poolissa. Osakemarkkinoiden tapaan sähkön hinta muuttuu kysynnän ja tarjonnan mukaan.

5.1 Spot-hinta

Nord Poolista sähköä voi ostaa niin sanottuun Spot-hintaan, joka tarkoittaa juuri sillä hetkellä sähköpörssissä vallitsevaa hintaa. Spot-hinta vaihtelee jatkuvasti ja muutokset voivat pienessäkin ajassa olla suuria.

5.2 Sähköfutuurit

Niin kuin missä tahansa pörssissä tuottajat myyvät niin sanottuja futuureja, joilla sähkönkuluttajat voivat ostaa etukäteen esimerkiksi vuonna 2011 käyttämänsä sähkön. Sähköfutuuri on arvopaperi ja sen ostanut taho voi myydä sen myöhemmin eteenpäin käyttämättä ostamaansa sähköä. Suurin hyöty futuureista on yrityksille, jotka käyttävät runsaasti sähköä. Futuurien avulla he voivat budjetoida tulevina vuosina sähkөөn käyttämänsä rahan. [6]

6 UUDISTUKSEN TALOUDELLINEN KANNATTAVUUS

Uudistuksen kannattavuutta on tärkeä tarkastella myös puhtaasti taloudelliselta kannalta. Jotta investoinnin kannattavuudesta saataisiin luotettavampi kuva, kannattavuus lasketaan muutamalla eri tavalla.

6.1 Laitteisto ja rakennustyöt

Atlascopcolta saadun hinta-arvion perusteella Z500VSD maksaisi asennettuna paikoilleen 300 000 euroa. Neste Oilin insinööritoimistolle Neste Jacobsille konsultointia tekevä EHMP Engineering Oy arvioi kompressorille tarvittavien rakennustöiden maksavan noin 30 000 euroa. Niin kompressorin kuin rakennustöiden hinta ovat molemmat arvioita eivätkä anna täyttä varmuutta lopullisista kustannuksista.

6.2 Sähkön nykyhintaa

Megawattitunnin hinta Nord Poolin vuosifutuuri-kaupassa vuosien 2009–2013 välillä liikkui helmikuun 2008 alussa 49–52 euron välillä. Koska on mahdoton arvioida sähkön hintaa tulevaisuudessa futuurit ovat paras mahdollinen tieto siitä, miten sähkön hinta tulevaisuudessa kehittyy. Tämän hetken (5.2.2008) tietojen mukaan voidaan sanoa sähkön hinnan olevan 50 euroa per megawattitunti.

6.3 Investointilaskelmien eri menetelmät

Energiataloudessa investointilaskelmiin käytetään yleensä neljää eri laskentamenetelmää investoinnin kannattavuuden tarkastelemiseen.

- Yksinkertaisen takaisinmaksuajan menetelmä

Tässä menetelmässä ei huomioida korkoja tai rahan arvon muutosta vaan lasketaan suoraan kuinka kauan investoinnista saadulla tuotolla kestää kuolettaa investoinnin arvo.

- Annuiteettimenetelmä

Annuiteetti laskennassa investointiin käytetylle rahalle annetaan jokin korko, jonka avulla lasketaan käytöstä ja investoinnista aiheutuneet kuukausi- tai vuosikulut muodostaen niistä tasaerä jokaiselle kuukaudelle tai vuodelle.

- Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä diskontataan tulevat tuotot ja maksut nykypäivän rahaksi käyttäen jotain tiettyä korkoa. Mikäli tuottojen summa on suurempi kuin investointiin käytetty raha, on sijoitus kannattava.

- Sisäisen koron menetelmä

Sisäisen koron menetelmä on käytännössä samanlainen kuin nykyarvomenetelmä, mutta sillä erotuksella, että siinä etsitään rahalle on korkoa, jolla investointi saataisiin kannattavaksi.

6.4 Investointilaskelmat

6.4.1 Yksinkertaisen takaisinmaksuajan menetelmä

Laskennassa oletetaan, että paineilmaa tuotetaan Cooperin ja Z500VSD:n yhdistelmällä 85 prosenttia vuodesta.

t = takaisinmaksuaika

H = 330 000 €, investoinnin suuruus

q = $0,4\text{MWh} * 50\text{€/MWh} * 24 * 365 * 0,85 = 148\,920$ €, vuosittainen säästö

$t = H / q = 330\,000 \text{ €} / 148\,920 \text{ €} = 2,215 \approx 2,2$ vuotta, takaisinmaksuaika

6.4.2 Annuiteettimenetelmä

On mahdotonta sanoa millä korolla Neste Oil saa lainamarkkinoilta rahaa, joten viiden prosentin korko on puhdas arvio.

$$k = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \cdot H$$

$i = 0,05$, korko 5%

$n = 5$ vuotta, takaisinmaksuaika

$H = 330\,000\text{€}$, investoinnin suuruus

$k = 76\,221,68\text{ €}$

$k + 1,21\text{MWh} * 0,85 * 24 * 365 * 50\text{€/h} = 526704,68\text{ €} \approx 526\,700\text{ €}$, vuosittaiset kulut kun huomioon on otettu investointia varten otettu laina jonka korko on viisi prosenttia.

Mikäli investointia ei tehdä ei tarvitse myöskään ottaa lainaa sitä varten eikä rahalle tarvitse laskea arvoa. Nykyisessä tilanteessa huomioon tarvitsee ottaa vain sähköön kulutettu raha.

$1,632\text{ MWh} * 0,85 * 365 * 24 * 50\text{ €/MWh} = 607\,593,6\text{ €} \approx 607\,600\text{ €}$

Vuosittainen investoinnin tuoma säästö $607\,600\text{ €} - 526\,700\text{ €} = 80\,900\text{ €}$

Annuiteetilaskennassa huomataan, että vaikka huomioon otetaan investointiin tarvittava laina ja sen korko, jo viiden vuoden aikana vuosittaisiksi tasaeriksi muutetut kustannukset tuovat 80 900 euron säästöt. Uuden kompressorin eliniän voidaan kuitenkin olettaa olevan huomattavasti pidempi kuin 5 vuotta.

6.4.3 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä käytetään seuraavaa kaavaa.

$$r := \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

$n = 5$ vuotta

$i = 0,05$

$r = 4,329$

Investoinnin tuomat vuosittaiset säästöt ovat 148 900 euroa per vuosi, mikä on investoinnin säästöjen nykyarvo.

$q = 148\,920\text{€}$

$K = q \cdot r = 644745,665\text{€} \approx 664\,750\text{€}$

Säästö on suurempi kuin investointiin käytettävä raha, joten investointi on kannattava.

6.4.4 Sisäinen korko

Sisäisen koron laskentaa tässä tapauksessa on turha tehdä, koska ei ole olennaista selvittää millä korolla investointi tulisi kannattavaksi. Edellä tehdyt laskutoimitukset todistavat, että viiden vuoden takaisinmaksuajalla investointi on hyvin kannattava

7 YHTEENVETO PAINEILMAINVESTOINNISTA

Investoinnin kannattavuuspuolelle riskejä tuo mahdollinen paineilmatarpeen pysyvä nousu Kilpilahden alueella. Sähköhinta voi yhtä hyvin nousta kuin laskeakin lähitulevaisuudessa, joka voi nostaa tai laskea investoinnin kannattavuutta. Laskennassa käytetyt investointikustannukset ovat arvioita ja niihin voi hyvinkin kohdistua nousupaineita lähitulevaisuudessa. Rahamarkkinoiden tulevaisuutta on niin ikään mahdoton ennustaa, mikä voi merkittävästi muuttaa annuiteetti- ja nykyarvomenetelmästä saatuja tuloksia.

Investointi ei vähennä paineilman tuotannon luotettavuutta, mutta ei myöskään paranna sitä. Sillä saataisiin kuitenkin vähennettyä energialaitoksen meluhaittoja, kun ulospuhallus vähenisi murto-osaan nykyisestä. Ympäristöystävällisyys kuuluu tänä päivänä jokaisen teollisuusyrityksen imagoon tärkeällä tavalla. Oman sähkönkäytön leikkaaminen on yhtä hyvä tapa vähentää ympäristön kuormittamista kuin mikä tahansa muu tapa, vaikka se ei olekaan yhtä näkyvä toimi kuin esimerkiksi jätevesien käsittelyn tehostaminen.

8 SYÖTTÖVESIJÄRJESTELMÄ

Energialaitoksen omien kattiloiden syöttövesi hoidetaan kahdella eri pumpulla. Toinen on vastapaineturbiinikäyttöinen (GA-14022) (Kuva 5) ja toinen sähkömoottorikäyttöinen (GA-14022S) (Kuva 4). Tällä hetkellä turbiinikäyttöinen pumppu on ensisijainen pumppu ja sähkökäyttöinen pumppu toimi varapumppuna. Turbiinikäyttöisessä pumpussa on kuitenkin ajoittain ollut ongelmia ja se on jouduttu ottamaan seisokkeihin melko useasti. Höyryturbiini on myös altis Kilpilahden höyryverkossa tapahtuville painemuutoksille, mikä voi aiheuttaa niin sanottua heilumista pumpun tuotannossa.

Tämän selvityksen tarkoituksena on tutkia mahdollisuuksia ottaa taajuusmuuttajalla ohjattu sähkömoottorikäyttöinen pumppu ensisijaiseksi pumpuksi ja jättää vanha sähkömoottorikäyttöinen pumppu varalle. Vaikka selvityksessä lasketaan pääasiassa investoinnin taloudellista kannattavuutta tulee lopullisessa kannattavuustarkastelussa pääpaino keskittää järjestelmän luotettavuuteen. Saadut rahalliset säästöt hupenevat välittömästi mikäli syöttövesipumpusta johtuen Kilpilahden alueen yritysten tuotantoa joudutaan ajamaan alas.



Kuva 4. GA-14022S, nykyinen varapumppu. Pumppua pyörittää Brown, Boveri & Companyn 3 megawatin sähkömoottori

9 VASTAPAINETURBIINI

Vastapaineturbiini on höyryturbiini, jossa höyry paisuu ja höyrynlämpötila laskee. Laajentunut höyry pyörittää turbiinia, joka pyörittää generaattoria tai syöttövesipumppua. Vastapaineturbiineita käytetään runsaasti kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannossa, jossa höyry redusoidaan vastapaineturbiinin avulla erittäin matalapaineiseksi höyryksi, jota käytetään lämmittämään kaukolämpöverkossa kiertävää vettä. Myös teollisuudessa käytetään yleisesti vastapaineturbiineita höyryn redusointiin. Isoissa teollisuuslaitoksissa on useita eri paineille tarkoitettuja höyryverkkoja ja niiden kysynnän tarjonnan tasapainoa on järkevintä säädellä vastapaineturbiinien avulla.

Neste Oilin energialaitoksella on vastapaineturbiini, joka redusoi 100 baarin höyryä 16 baarin höyryksi. Sen maksimiteho on 42 megawattia, mutta sitä ei käytännössä ajeta koskaan täydellä teholla. Prosessista riippuen kuormat saattavat vaihdella suurestikin, mutta käyttäjähenkilökunnan mukaan miellyttävässä ajomallissa vastapaineturbiini tuottaisi 20–25 megawattia, jolloin höyryä kuluu 7,4 tonnia per tuotettu megawatti. Tällöin energialaitoksen kattiloiden kokonaiskuorma on ollut noin 320 tonnia höyryä tunnissa.



Kuva 5. Nykyinen primäärpumppu. AEG Kaniksen keilasäädetty vastapaineturbiini.

10 INVESTOINNIN KANNATTAVUUS

Investoinnin arvo on todella suuri, joten se asettaa kyseenalaiseksi investoinnin taloudellisen kannattavuuden. Kyseessä on kuitenkin 3 megawatin sähkömoottori, joten saadut säästöt ovat myös rahallisesti suuria, kun muistetaan, että syöttövesipumppu on jatkuvasti päällä ja sähkö maksaa 50 €/MWh. Investoinnin kannattavuutta tulee taloudellisen kannattavuuden lisäksi arvioida myös luotettavuuden ja toimivuuden kannalta.

10.1 Lähtökohdat

Pumppuvalmistajan taulukon mukaan pumpun tuottaessa kattiloille 320 t/h se tarvitsee 2100 kilowatin tehon. Pumppua pyörittävän turbiinin valmistajan taulukosta selviää, että tuottaakseen 2100 kilowatin tehon 16,5 baarin vastapaineella turbiini tarvitsee höyryä 21 t/h. Mikäli pumppu toimisi sähköllä höyryturbiinin käyttämä höyry muutettaisiin luonnollisesti sähköksi. Energialaitoksen vastapaineturbiini käyttää normaali ajotilanteessa 7,4 tonnia höyryä tunnissa tuotettua megawattia kohti. Vastapaineturbiinissa pumpun pyörittämiseen menevästä höyrystä saataisiin sähkötehoa:

$$21 \text{ t/h} / 7,4 \text{ t/h/MW} = 2,84 \text{ MW}$$

Nykyisellä laitteistolla mikäli syöttövesi pumpataan sähkömoottorilla kuluttaa se normaalissa ajotilanteessa noin 3 megawattia sähköä. Ero höyryturbiinin ja nykyisen sähkömoottorin energiankulutuksen välillä ei normaaliajotilanteessa ole suuri, mutta kun kuormat pienevät höyryturbiinin ottaman höyryn määrä suhteessa tuotettuun tehoon laskee lähes lineaarisesti, kun taas sähkömoottori ottaa koko ajan lähes saman tehon.

10.2 Taajuusmuuttajaohjattu sähkömoottori

Taajuusmuuttajaohjatun sähkömoottorin hyötysuhde ei pysy samana koko ajan kun kierrosluku vaihtelee. Moottorin paras hyötysuhde saavutetaan, kun moottori käy täydellä teholla. Taajuusmuuttajaohjatun moottorin suurin hyöty on juuri prosessilaitoksessa, jossa kuormat vaihtelevat suuresti. Moottorin ottaman tehon määrä laskee suoraan verrannollisesti pyörimisnopeuden

kolmanteen potenssiin, toisin sanoen mikäli pyörimisnopeus putoaa puoleen, putoaa tehon tarve putoaa kahdeksasosaan. Energialaitoksella kattiloiden kuormat toki vaihtelevat, ja höyryn tuotannon pitää pystyä mukautumaan nopeasti suuriinkin muutoksiin, mutta pääosa ajosta tapahtuu pienen vaihteluvälin sisällä. Tämän vuoksi tässä tapauksessa ei saavuteta taajuusmuuttajaohjatulla sähkömoottorilla parasta mahdollista taloudellista kannattavuutta.

Taajuusmuuttajaohjatun sähkömoottorin ottamat tehot eri kierrosalueilla voisi laskea tarkkaakin, mutta koska kuormat vaihtelevat suuresti ja samalla myös pumpun tuotanto, tyydytään tässä työssä arvioimaan mahdollisia säästöjä, joita taajuusmuuttajaohjattu sähkömoottori voi tuoda.

Tiedetään, että niin sanotussa normaaliajomallissa pumppu vaatii moottorilta 2100 kilowatin akselitehon. Valitulla ABB:n moottorilla (AMI 560L4W BAFH) maksimiteho on 3000 kilowattia. Moottorin tarkkaa hyötysuhdetta juuri 2100 kilowatin kuormalla on tässä tapauksessa siis tarpeetonta määrittää, joten asetamme laskuissa sähkömoottorin kokonaishäviöiksi yhteensä 10 prosenttia. Häviöt siis pienenevät, mikäli kuorma nousee, ja suurenevat mikäli kuorma laskee. Koska kattiloiden kuorma ei käytännössä voi koskaan pudota alle 200 t:iin/h pysyvät moottorin häviöt kaikissa olosuhteissa 5–15 prosentin paikkeilla. Kun sähkömoottorin häviöksi oletetaan 10 prosenttia ja pumpun vaatima akseliteho normaaliajomallissa on 2100 kilowattia saadaan sähkömoottorin ottamaksi tehoksi:

$$2100\text{kW} / 0,9 = 2333,33 \approx 2330 \text{ kW} = 2,33 \text{ MW}$$

Tästä huomataan, että taajuusmuuttajaohjatulla sähkömoottorilla säästettäisiin:
 $2,84\text{MW} - 2,33\text{MW} = 0,51\text{MW} \approx 0,5\text{MW}$

11 INVESTOINTILASKELMAT

11.1 YLEISTÄ

Vaikka sähkömoottorin hinta, taajuusmuuttajan ja siihen tarvittavan pakollisen muuntajan kanssa nousee korkeaksi, on siitä saatava 0,5 megawatin säästö todella iso. Tässä arviossa tehdyt laskelmat eivät kuitenkaan kerro täyttä totuutta. Esimerkiksi on vaikeaa arvioida, kuinka monta päivää vuodesta on vastapaineturbiini on tuotannossa, ja mikäli se ei ole tuotannossa, kumpi pumppu on silloin käytössä. Lisäksi oman vaikeutensa tuo polttoaineen hinta. Mikäli vastapaineturbiini ei ole päällä, saataisiin säästöjä polttoaineen hinnassa, kun höyryä ei tarvitsisi tuottaa syöttövesipumppua pyörittävälle höyryturbiinille. Polttoaineiden hinnat kuitenkin vaihtelevat jatkuvasti ja energialaitoksella käytetään useita erilaisia polttoaineita, joiden täsmällistä hintaa olisi muutenkin vaikea arvioida. Osa arvoista on luettu valmistajien taulukoista, joista osa on jo yli 30 vuotta vanhoja eikä niiden paikkansa pitävyydestä voi olla täysin varma. Laskelmat on kuitenkin tehty siten, että pienet virheet erinäisissä arvoissa eivät muuttaisi kannattavuutta merkittävästi.

11.2 Kokonaissäästöt ja -kulut

Paineilman kannattavuutta laskiessa todettiin, että parhaan mahdollisen tiedon mukaan on sähkön hinta on 50 euroa megawattitunnilta. On mahdotonta sanoa kuinka monta päivää vuodesta syöttövesi voitaisiin tuottaa taajuusmuuttajaohjatulla pumpulla, mutta voidaan olettaa, että se olisi 330 päivää vuodesta. Annetuilla arvoilla vuosittaiseksi säästöksi saadaan:

$$24 * 0,5MWh * 50 \text{ €/MWh} * 330 = 198\ 000 \text{ €}$$

ABB:lta saadun tarjouksen mukaan 3 megawatin sähkömoottorikäytölle komponenttien budjettihinnat olisivat seuraavanlaiset:

Muuntaja: CTMP_HM_4400 85.000,-
 Taajuusmuuttaja: ACS1013-W2-W0-00 205.000,-
 Moottori: AMI 560L4W BAFH 115.000,-

Yhteensä: 405.000 €

Komponenttien lisäksi tulee asennuksissa kuluja laitteiden sovittamisesta nykyiseen järjestelmään ja rakennuskuluja, jotta laitteet saadaan sijoitettua asianmukaisiin paikkoihin. Lisäkustannuksia on mahdoton laskea tarkkaan, mutta voimme olettaa, että ne tuskin ylittävät 45 000 euroa. Kokonaisinvestoinniksi tulee siten.

$$405\,000\text{ €} + 45\,000\text{ €} = 450\,000\text{ €}$$

- Yksinkertaisen takaisinmaksuajan menetelmä

t = takaisinmaksuaika (vuotta)

H = 450000€, investoinnin suuruus

Q = 198000€, vuosittainen säästö

$$t = H/Q = 450000\text{€} / 198000\text{€} = \mathbf{2,27\text{ vuotta}}$$

- Annuiteettimenetelmä

Tässä investointilaskelmassa käytetään jälleen viiden prosentin oletuskorkoa, koska parempaakaan tietoa ei ole saatavilla.

$$k = \frac{i \cdot (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \cdot H$$

i = 0,05, korko 5 %

n = 5 vuotta, takaisinmaksuaika

H = 450 000 €, investoinnin suuruus

$$k = 103938,66\text{ €} \approx 104\,000\text{ €}$$

$k + 2,33\text{ MWh} \cdot 24\text{ h} \cdot 330\text{ d} \cdot 50\text{ €/h} = 1\,030\,640\text{ €}$, vuosittaiset kulut kun huomioon on otettu investointia varten otettu laina, jonka korko on viisi prosenttia.

$$2,84\text{ MWh} \cdot 330\text{ d} \cdot 24\text{ h} \cdot 50\text{ €/MWh} = 1\,124\,640\text{ €}$$

Vuosittainen investoinnin tuoma säästö $1\,124\,640\text{ €} - 1\,030\,640\text{ €} = 94\,000\text{ €}$

Tässäkin investoinnissa uuden sähkömoottorilaitteiston voidaan olettaa kestävän pidempään kuin 5 vuotta, joten 94 000 euron vuosittaisilla säästöillä ensimmäisen viiden vuoden aikana investointi vaikuttaisi kannattavalta.

- Nykyarvomenetelmä

$$r := \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

$n = 5$ vuotta, takaisinmaksuaika

$i = 0,05$, korko

$r = 4,329$

Investoinnin tuomat vuosittaiset säästöt ovat 148 900 euroa per vuosi, mikä on investoinnin säästöjen nykyarvo.

$q = 198\,000\text{ €}$

$K = q \cdot r = 857\,142\text{ €}$

Säästö on suurempi kuin investointiin käytettävä summa, joten investointi on kannattava.

12 INVESTOINNIN RISKIT JA HYÖDYT

Mikäli investointi päätetään tehdä ja sähkökäyttöinen pumppu päätetään ottaa energialaitoksen primäärisyöttövesipumpuksi, tulee tehdä kattava arviointi siitä, mitä mahdollinen täydellinen sähkökatkos aiheuttaisi energialaitoksen muulle laitteistolle. Hörykäyttöisen pumpun suurimpia etuja on nimenomaan sen riippumattomuus sähköstä. Luonnollisesti myös höyry loppuu nopeasti, kun kaikki sähköllä toimivat automaatiojärjestelmät pimenevät täydellisen sähkökatkon takia, mutta pumpun toimiminen edes hetken sähkökatkon tultua voi jo pelastaa suurimmilta laitevaurioilta. Mikäli sähkökäyttöisen pumpun käyttöön ottaminen vaatii lisäinvestointeja turvallisuuspuolella, se voi vaarantaa investoinnin taloudellisen kannattavuuden.

Sähkömoottorikäytössä on taloudellisten tekijöiden lisäksi myös luotettavuuteen liittyviä positiivisia tekijöitä. Sähkömoottori on puolestaan riippumaton höryverkosta. Höryverkossa voi liikkua likaa, vettä, ja siellä voi tapahtua paineheilahteluja, jotka voivat vaarantaa pumppua pyörittävän höryturbiinin toiminnan. Sähkömoottori on myös erittäin tasainen ajettava. Se on helppo käynnistää, ja se mukautuu kuormien vaihteluihin tasaisesti ja rauhallisesti. Sen käyttöönotto vie muutaman sekunnin kun hörypumppu vaatii lämmittämisen ja vesittämisen.

Sähkömoottori voidaan pitää myös yleisesti höryturbiinia luotettavampana, koska tavallisesti sen vikatiheys on paljon pienempi kuin höryturbiinilla. Teollisuudessa käytettävät oikosulkumoottorit ovat hyvin yksinkertaisia rakenteeltaan ja mikäli niille tehdään tarvittavat huollot, niiden yllättävät rikkoutumiset ovat melko harvinaisia.

13 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli löytää energian säästökohteita, selvittää niihin tarvittavat investoinnit, arvioida muutoksien tuomia riskejä ja laskea investointien taloudellinen kannattavuus. Työ rajattiin kahteen kohteeseen. Investointilaskelmat osoittivat molemmat kohteet kannattaviksi. Työssä tehdyt selvitykset eivät yksistään riitä investointien tekemiseen, mutta työn tarkoituksenakin olikin tuoda esille nämä kohteet ja todistaa, että kyseisissä kohteissa on oikeasti mahdollisuus säästää rahaa ja luontoa.

Tässä työssä tulee hyvin todistettua, että taajuusmuuttajatekniikka voi tuoda suuriakin säästöjä voimalaitoksissa ja prosessilaitoksissa. Energialaitoksen tapauksessa taajuusmuuttajakäytöllä saatavia todellisia säästöjä on kuitenkin hyvin hankala laskea, koska niin sanottuja pitäviä arvoja on mahdotonta saada. Kannattavuuslaskelmissa on huomioitu vain nykytilanne. Nykytilanteen valossa paineilmatuotantoon tehty investointi olisi selkeämpi ja siihen sisältyy huomattavasti vähemmän sen kannattavuutta vaarantavia tekijöitä.

Syöttövesijärjestelmän uudistus on houkuttava ajatus, mutta siihen sisältyy suuria riskejä ja useita muuttujia, jotka voivat vaarantaa sen kannattavuuden, joten todellisen investointipäätöksen tekeminen vaatii vielä tarkkoja selvityksiä. Yksi suurista epävarmuustekijöistä molempiin investointeihin liittyen on Kilpilahden alueen jatkuva kehittyminen. Teollisuusalueelle tulee jatkuvasti uusia laitteita ja kokonaisia laitoksia, jotka vaikuttavat oleellisesti höyryn ja paineilman kulutukseen. Laskuissa on kuitenkin saatu lyhyt takaisinmaksuaika, joten sen valossa mahdollisia investointeja tulisi harkita ja selvittää syvemmin. Toivottavaa olisi, että myös ympäristönäkökulma otettaisiin huomioon tarkempaa selvitystä tehtäessä, koska sähkön niin sanottu tarpeeton tuhlaaminen ei kuulu minkään yrityksen vihreään imagoon.

Työn tekeminen opetti minulle ongelman ratkaisukykyä. Työn edetessä törmäsin erilaisiin pieniin ongelmiin, jotka tuli ratkaista, jotta pystyin jatkamaan työn tekemistä. Tämän lisäksi sain käsityksen siitä, että minkälaista voisi olla esimerkiksi voimalaitoksen seisokin aikana tehtävien kunnostustöiden ja investointien suunnittelu.

LÄHTEET

- [1] Neste Oil Oyj. Neste Oil > Yritysinfo > Toimipaikat ja konttorit > Porvoon jalostamo [verkkodokumentti] 2008.
[viitattu 25.05.2008]
- Saatavissa:
<http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,62,166,597>
- [2] Neste Oil Oyj. Neste Oil > Yritysinfo > Toimipaikat ja konttorit > Porvoon jalostamo > Lisätietoa Porvoon öljynjalostamosta > Tuotannon energian käyttö [verkkodokumentti] 2008.
- Saatavissa:
<http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,109,186,363,531,1283>
- [3] Energialaitoksen toimintajärjestelmä ja sen kuvaus, Pekka Kangas (13.9.2004)
- [4] Aura L- - Tonteri A. J. , Sähkömiehen käsikirja 3. WSOY: Helsinki. 1986.
- [5] Tekniikka & talous. Tekniikka & talous > hae > taajuusmuuttaja [verkkodokumentti] [Helena Raunio, Tekniikka ja Talous, 05.04.2007]
- Saatavissa:
<http://www.tekniikkatalous.fi/tyo/article44842.ece>
- [6] The Stock Market Course by George A. Fontanills and Tom Gentile



**COOPER
TURBOCOMPRESSOR**

**COMPRESSOR
DATA SHEET**

MODEL: TA-11000/30

SERIAL NO.: X12511

PURCHASER: Fortum Oil & Gas

USER: Fortum Oil & Gas
Finland

COMPRESSOR RATING:

Service	---
Gas	Air
Barometer	<input type="checkbox"/> (Kg/CM2A) / <input type="checkbox"/> (KPaA) .. <input checked="" type="checkbox"/> (BarA) .. <input type="checkbox"/> (psia) 1.013
Relative Humidity	% 60
Inlet Pressure	<input type="checkbox"/> (Kg/CM2A) / <input checked="" type="checkbox"/> (KPaA) .. <input type="checkbox"/> (BarA) .. <input type="checkbox"/> (psia) 101
Inlet Temperatures	
First Stage	<input checked="" type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) 20
Second Stage	<input checked="" type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) 28
Third Stage	<input checked="" type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) 27.5
Fourth Stage	<input type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) --
Fifth Stage	<input type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) --
Sixth Stage	<input type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) --
Flow	<u>(NM3/hr)</u> 10000
Discharge Pressure	<input type="checkbox"/> (Kg/CM2A) .. <input checked="" type="checkbox"/> (KPaA) .. <input type="checkbox"/> (BarA) / <input type="checkbox"/> (psia) 950
Cooling Water Temperature	<input checked="" type="checkbox"/> (°C) / <input type="checkbox"/> (°F) 23
Input Speed	rpm 2981

Supplied by: Cooper Customer

Mounted By: Customer	Driver Power: 10000 V/3PH/ 50 HZ
Driver Mfr: ABB	Driver Type: <input checked="" type="checkbox"/> Induction <input type="checkbox"/> Sync
Driver HP: 1650 HP	Service Factor: 1.0

Liite 2. Ote Nord Poolin sähkökaupasta 05.02.2008

Exchange quotation and trading of Futures and Forward - Nordic

Prices in EUR

Trading day: 05.02.08
Updated at hour: 16:28:42

Exchange Options	Bilateral trading 08:00 - 15:30
------------------	------------------------------------

Product	Best Hours	Best buyer	Best seller	Last traded	Change close	MW traded	Highest traded	Lowest traded	Closing price	Open interest 04.02
Futures										
Day										
ENOD0602-08	24	39.75	40.50	-	-0.42	=	-	-	<u>40.13</u>	0
ENOD0702-08	24	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>40.55</u>	0
ENOD0802-08	24	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>40.55</u>	0
ENOD0902-08	24	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>40.55</u>	0
ENOD1002-08	24	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>40.55</u>	0
Weeks										
ENOW07-08	168	40.35	40.50	40.40	-0.90	<u>143.0</u>	40.80	40.40	<u>40.40</u>	726
ENOW08-08	168	40.80	41.15	41.00	-0.95	<u>33.0</u>	41.35	41.00	<u>41.13</u>	206
ENOW09-08	168	41.10	41.65	41.10	-0.75	<u>10.0</u>	41.25	41.10	<u>41.25</u>	80
ENOW10-08	168	40.25	42.00	-	-0.93	=	-	-	<u>41.15</u>	0
ENOW11-08	168	40.40	42.40	-	-0.67	=	-	-	<u>41.43</u>	0
ENOW12-08	168	38.35	40.30	-	-1.17	=	-	-	<u>39.33</u>	20
ENOPLW07-08	60	-	-	-	-0.90	=	-	-	<u>44.40</u>	0
ENOPLW08-08	60	-	-	-	-0.95	=	-	-	<u>45.13</u>	0
ENOPLW09-08	60	-	-	-	-0.75	=	-	-	<u>45.25</u>	0
ENOPLW10-08	60	-	-	-	-0.93	=	-	-	<u>45.15</u>	0
ENOPLW11-08	60	-	-	-	-0.67	=	-	-	<u>45.43</u>	0
Forwards										
Month										
ENOMMAR-08	743	40.10	40.95	40.80	-0.93	<u>35.0</u>	42.00	40.80	<u>40.90</u>	15543
ENOMAPR-08	720	40.35	40.90	40.60	-0.95	<u>101.0</u>	41.60	40.50	<u>40.65</u>	1497
ENOMMAY-08	744	39.75	40.30	40.70	-1.02	<u>37.0</u>	40.75	40.70	<u>40.03</u>	425
ENOMJUN-08	720	39.50	40.90	41.30	-0.92	<u>24.0</u>	41.30	41.10	<u>40.33</u>	410
ENOMJUL-08	744	39.80	40.00	40.20	-0.80	<u>3.0</u>	40.20	40.20	<u>39.90</u>	82
ENOMAUG-08	744	41.65	43.60	-	-0.60	=	-	-	<u>42.63</u>	0
ENOPLMMAR-08	252	43.25	46.25	-	-1.00	=	-	-	<u>44.75</u>	46
ENOPLMAPR-08	264	43.50	46.50	-	-0.50	=	-	-	<u>45.00</u>	0
Quarter										
ENOQ2-08	2184	40.40	40.45	40.40	-0.92	<u>1395.0</u>	41.60	40.40	<u>40.50</u>	11166
ENOQ3-08	2208	42.60	42.90	42.65	-0.75	<u>92.0</u>	43.25	42.65	<u>42.75</u>	9227

Liite 2. Ote Nord Poolin sähkökaupasta 05.02.2008

ENOQ4-08	2209	49.85	50.25	50.15	-0.65	<u>37.0</u>	50.50	50.10	<u>50.10</u>	10516
ENOQ1-09	2159	53.95	54.10	54.00	-0.82	<u>21.0</u>	54.60	54.00	<u>53.93</u>	1666
ENOQ2-09	2184	45.75	46.80	46.60	-0.90	<u>22.0</u>	47.40	46.60	<u>46.60</u>	462
ENOQ3-09	2208	46.00	46.70	46.50	-1.00	<u>19.0</u>	47.35	46.40	<u>46.45</u>	739
ENOQ4-09	2209	51.00	51.90	51.50	-0.85	<u>9.0</u>	52.00	51.50	<u>51.50</u>	595
ENOQ1-10	2159	54.50	54.75	54.75	-0.65	<u>33.0</u>	55.10	54.50	<u>54.75</u>	107
ENOQ2-10	2184	46.00	46.70	46.50	-1.37	<u>6.0</u>	47.00	46.50	<u>46.53</u>	27
ENOQ3-10	2208	45.85	47.00	46.00	-1.55	<u>18.0</u>	47.00	46.00	<u>46.00</u>	33
ENOQ4-10	2209	50.50	51.50	50.95	-0.40	<u>2.0</u>	51.00	50.95	<u>50.95</u>	27
ENOPLQ2-08	780	42.75	45.75	-	-0.75	=	-	-	<u>44.25</u>	0
ENOPLQ3-08	792	45.25	48.25	-	0.00	=	-	-	<u>46.75</u>	0
ENOPLQ4-08	792	52.25	55.25	-	-0.25	=	-	-	<u>53.75</u>	0
Year										
ENOYR-09	8760	49.35	49.50	49.40	-0.92	<u>171.0</u>	50.25	49.40	<u>49.45</u>	6515
ENOYR-10	8760	49.25	49.60	49.50	-0.90	<u>40.0</u>	50.10	49.50	<u>49.50</u>	2851
ENOYR-11	8760	49.55	49.85	49.90	-0.77	<u>9.0</u>	49.95	49.90	<u>49.63</u>	995
ENOYR-12	8784	50.10	50.25	50.10	-0.40	<u>5.0</u>	50.30	50.10	<u>50.10</u>	408
ENOYR-13	8760	52.70	53.00	52.80	-0.01	<u>5.0</u>	52.80	52.80	<u>52.80</u>	97
ENOPLYR-09	3132	51.50	54.00	-	-0.25	=	-	-	<u>53.00</u>	0
Contracts for Difference										
SYARHMAR-08	743	6.03	7.11	-	-0.06	=	-	-	<u>6.57</u>	470
SYARHAPR-08	720	8.16	9.40	-	-0.12	=	-	-	<u>8.78</u>	0
SYARHQ2-08	2184	9.25	9.30	9.20	0.20	<u>2.0</u>	9.20	9.20	<u>9.20</u>	867
SYARHQ3-08	2208	7.85	8.45	-	0.10	=	-	-	<u>8.15</u>	253
SYARHQ4-08	2209	4.50	5.25	-	-0.10	=	-	-	<u>4.88</u>	263
SYARHYR-09	8760	5.55	6.00	-	0.13	=	-	-	<u>5.78</u>	175
SYARHYR-10	8760	5.55	6.45	-	0.02	=	-	-	<u>6.00</u>	123
SYARHYR-11	8760	5.65	6.45	-	0.02	=	-	-	<u>6.05</u>	3
SYCPHMAR-08	743	7.55	8.80	-	0.03	=	-	-	<u>8.18</u>	69
SYCPHAPR-08	720	7.75	8.25	-	-0.13	=	-	-	<u>8.00</u>	10
SYCPHQ2-08	2184	7.95	8.50	-	0.18	=	-	-	<u>8.23</u>	78
SYCPHQ3-08	2208	8.00	8.70	-	0.10	=	-	-	<u>8.35</u>	36
SYCPHQ4-08	2209	6.65	7.10	7.00	0.00	<u>1.0</u>	7.00	7.00	<u>7.00</u>	48
SYCPHYR-09	8760	6.80	7.20	-	0.00	=	-	-	<u>7.00</u>	58
SYCPHYR-10	8760	6.25	7.45	-	0.22	=	-	-	<u>6.85</u>	30
SYCPHYR-11	8760	6.55	7.45	-	0.00	=	-	-	<u>7.00</u>	0
SYGERMAR-08	743	-	-	-	1.16	=	-	-	<u>15.53</u>	1365
SYGERAPR-08	720	-	-	-	0.95	=	-	-	<u>14.85</u>	0
SYGERQ2-08	2184	-	-	-	0.47	=	-	-	<u>13.80</u>	910

Liite 2. Ote Nord Poolin sähkökaupasta 05.02.2008

SYGERQ3-08	2208	-	-	-	0.37	=	-	-	<u>16.15</u>	910
SYGERQ4-08	2209	-	-	-	0.23	=	-	-	<u>14.73</u>	910
SYGERYR-09	8760	-	-	-	0.35	=	-	-	<u>11.23</u>	130
SYHELMAR-08	743	2.00	3.00	-	0.20	=	-	-	<u>2.50</u>	1777
SYHELAPR-08	720	2.15	3.15	-	0.15	=	-	-	<u>2.65</u>	0
SYHELQ2-08	2184	2.90	3.40	-	0.05	=	-	-	<u>3.15</u>	1025
SYHELQ3-08	2208	3.50	3.90	-	0.07	=	-	-	<u>3.70</u>	913
SYHELQ4-08	2209	1.15	1.65	-	0.00	=	-	-	<u>1.40</u>	934
SYHELYR-09	8760	1.40	1.60	-	0.05	=	-	-	<u>1.50</u>	268
SYHELYR-10	8760	1.15	1.65	-	0.00	=	-	-	<u>1.40</u>	156
SYHELYR-11	8760	0.85	1.60	-	-0.12	=	-	-	<u>1.23</u>	20
SYOSLMAR-08	743	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>-1.50</u>	622
SYOSLAPR-08	720	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>-1.00</u>	0
SYOSLQ2-08	2184	-	-1.75	-	0.00	=	-	-	<u>-0.75</u>	332
SYOSLQ3-08	2208	-	-1.50	-	0.00	=	-	-	<u>-1.50</u>	321
SYOSLQ4-08	2209	-1.00	0.00	-	0.00	=	-	-	<u>-1.00</u>	321
SYOSLYR-09	8760	-	0.25	-	0.00	=	-	-	<u>0.00</u>	232
SYOSLYR-10	8760	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>-0.05</u>	39
SYOSLYR-11	8760	-	-	-	0.00	=	-	-	<u>-0.05</u>	1
SYSTEMAR-08	743	1.00	2.00	-	0.00	=	-	-	<u>1.50</u>	2761
SYSTOAPR-08	720	1.35	2.35	-	0.10	=	-	-	<u>1.85</u>	0
SYSTOQ2-08	2184	2.55	3.05	-	0.00	=	-	-	<u>2.80</u>	1826
SYSTOQ3-08	2208	3.00	3.35	-	0.08	=	-	-	<u>3.18</u>	1586
SYSTOQ4-08	2209	0.85	1.35	-	0.05	=	-	-	<u>1.10</u>	1727
SYSTOYR-09	8760	0.35	0.85	-	0.02	=	-	-	<u>0.60</u>	1166
SYSTOYR-10	8760	0.35	0.85	-	0.00	=	-	-	<u>0.60</u>	492
SYSTOYR-11	8760	0.35	0.85	-	0.00	=	-	-	<u>0.60</u>	103

Total traded 5813.8
GWh

	Week start	Average	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sun
This week	04.02.08	41.41	42.04	40.78					
Previous week	28.01.08	40.89	43.63	41.67	41.64	40.68	39.31	39.58	39.74

Quotations for the previous five days

Monday 04.02.08

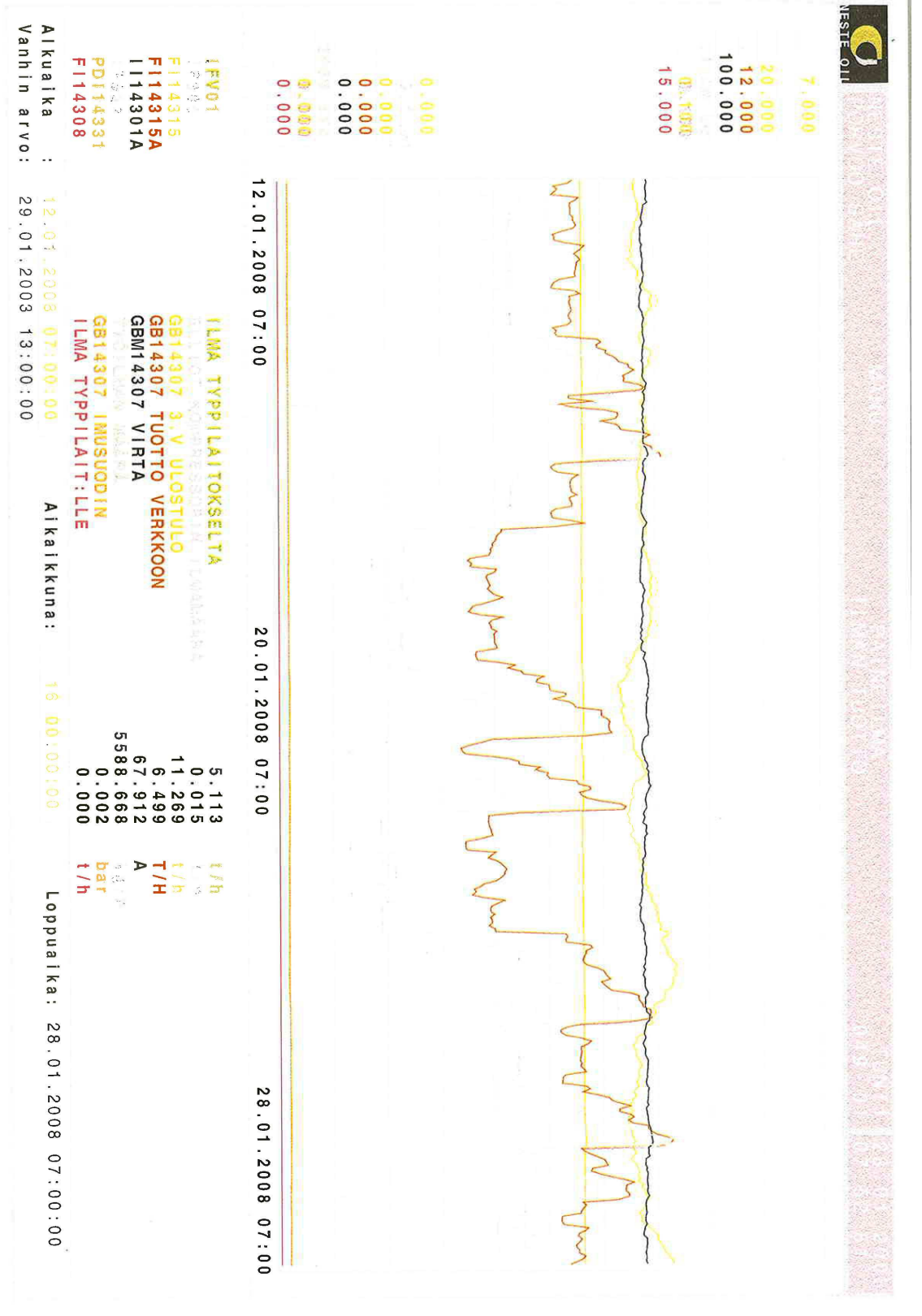
Friday 01.02.08

Thursday 31.01.08

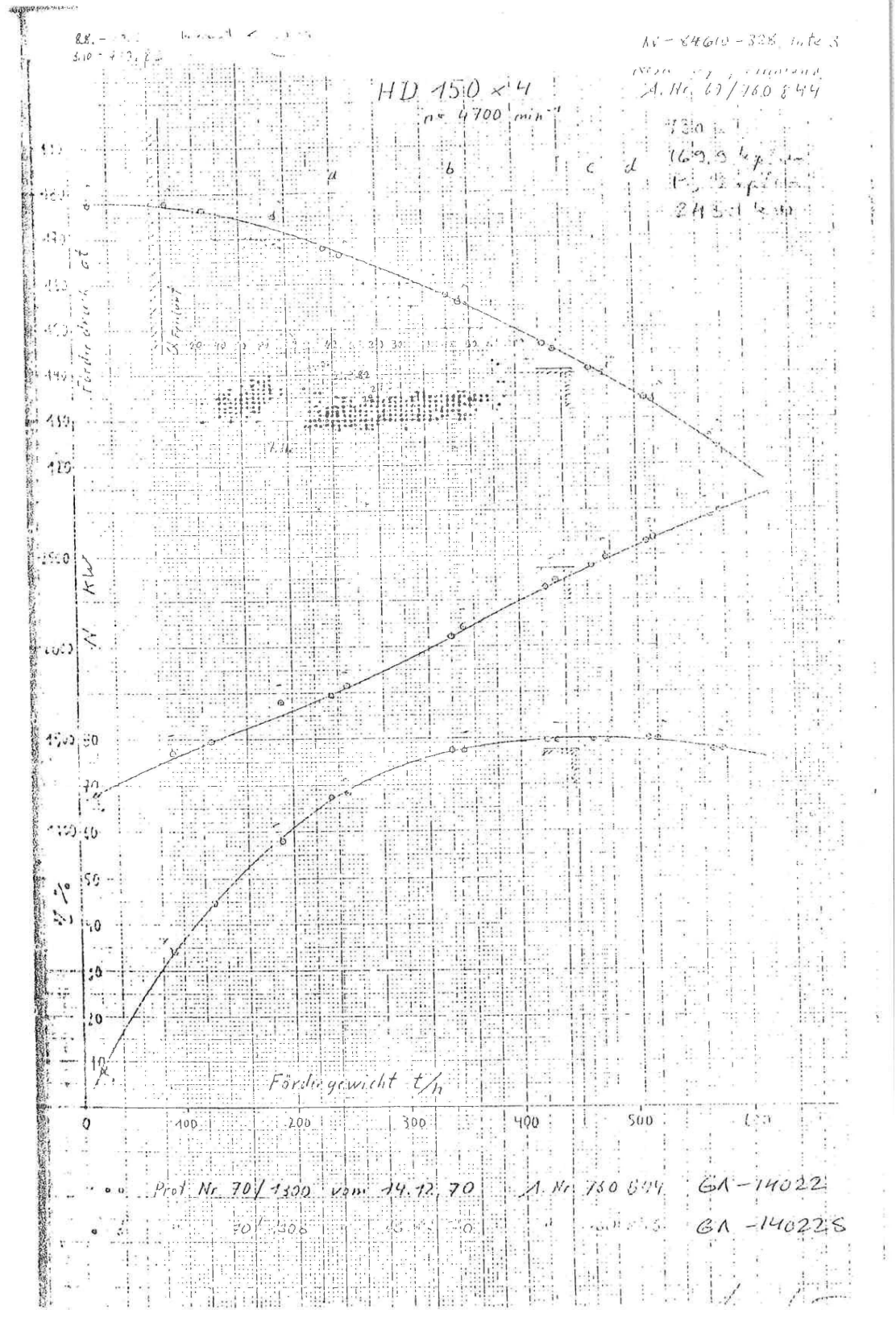
Wednesday 30.01.08

Tuesday 29.01.08

Liite 3. Ote ilmantuotannosta energialaitoksen piirrolta



Liite 4. Syöttövesipumppujen GA-14022 ja GA-14022S käyrät



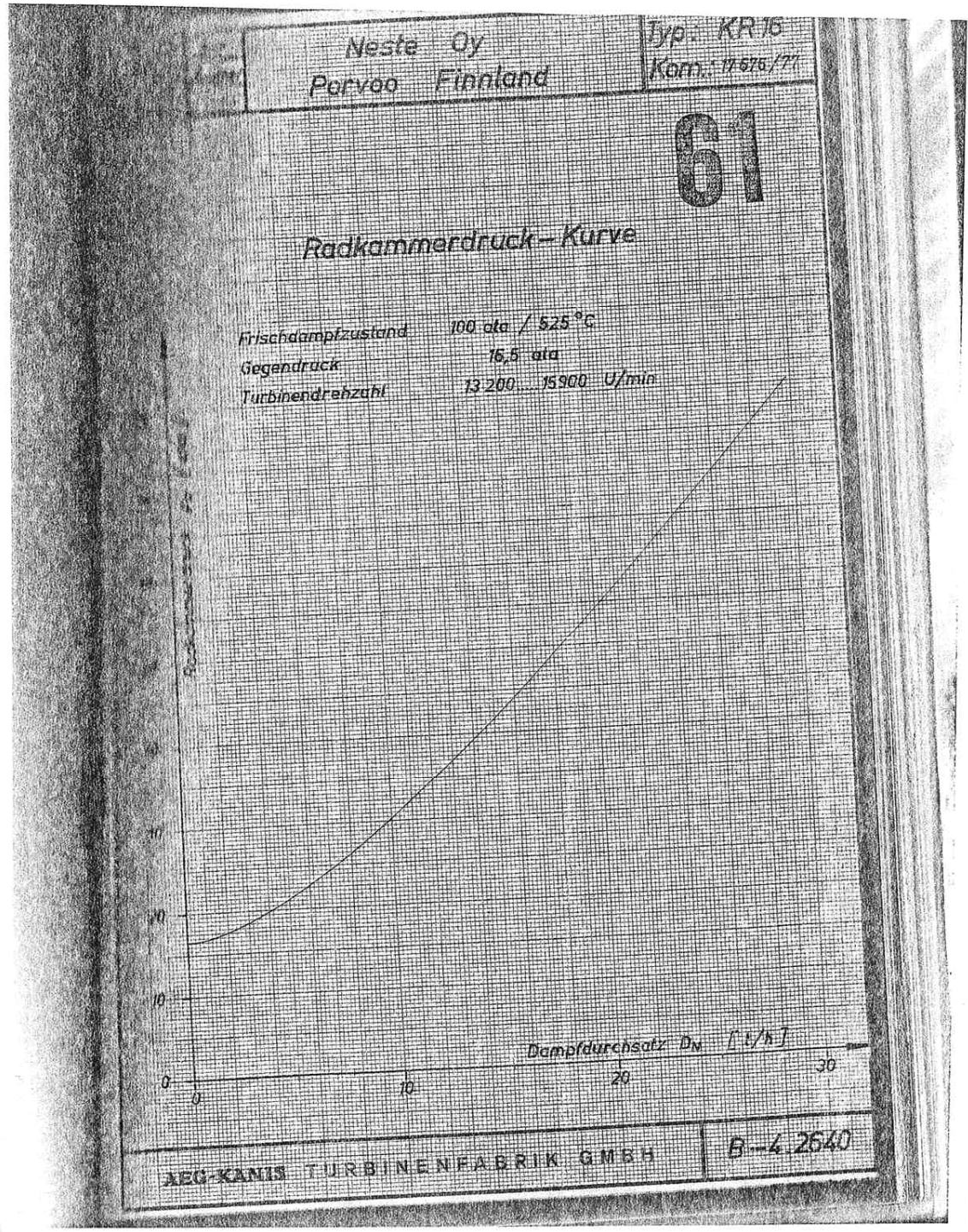
Liite 5. Pumpun GA-14022 höyryturbiinin tekniset tiedot

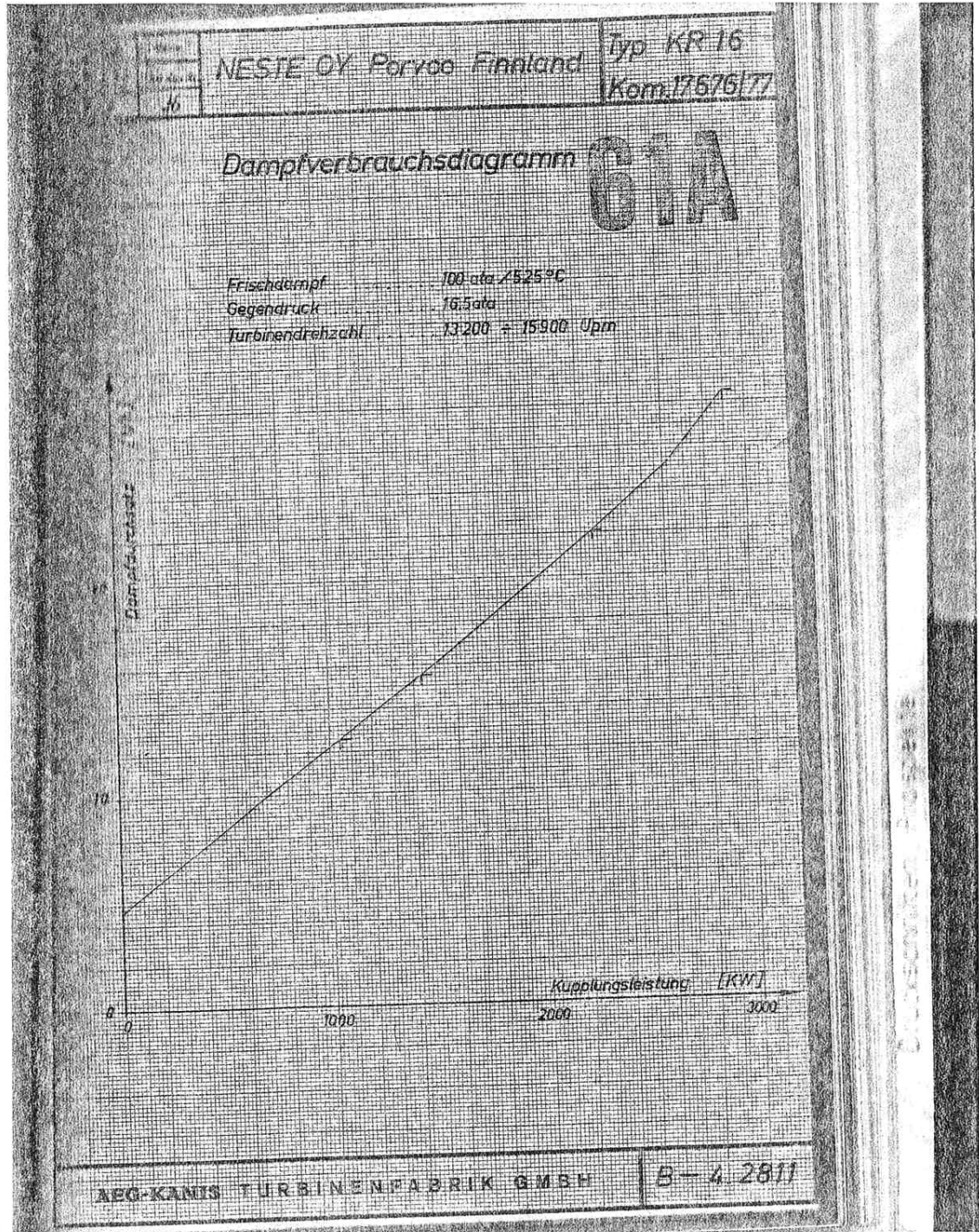
TEKNISET ARVOT		Kom. 17676/77 KR16
Valmistajan rakennus	KR16	
Valmistaja	17676	
Valmistusvuosi	17677	
Asennusvuosi	1970	
Asennusteho kytkinlaipassa, norm.	2260 kW	
max.	2620 kW	
Asennin nimelliskierros-luku	15350	r/min
Asennuspuoli I (osoitus)	4500	"
Asennin kierros-luku max.teholle (säädetty kiertäminen)	15900	"
Asennuspuoli	4660	"
Asennin käyttö-kierros-lukualue	11100 - 15900	"
Asennuspuoli (osoitus)	3250 - 4660	"
Asennin pihasuulku-kierros-luku	17800	"
Asennin syöttöpumpun osoitus	5210	"
Asennin talvutus-krittinen turp.kierros-l.	19800	"
Asennin kääntämisen vuoksi kielletty alue	6000 - 11100	"
Asennuspuoli osoitus	1760 - 3250	"
Asennin krittinen kierros-luku, syöttöp.I	5200 - 5500	"
" " " II	3200 - 3500	"
Asennin höyryn paine norm.	99	aty
max.	115	"
min.	94	"
" lämpötila norm.	525	°C
max.	530	"
min.	525	"
Asennin paine painehöyrylaipassa norm.	15,5	aty
max.	18	"
min.	12,0	"
Asennin sallittu vastapaine täydellä höyry- voimalla	11	"
Asennin höyryn lämpötila (max. tyhjäkäynti)	n.470	°C
Asennin kiertäminen norm. höyryarvoilla	n. 28,5	t/h
" min. "	n. 27,5	"

Liite 5. Pumpun GA-14022 höyryturbiinin tekniset tiedot

TEKNISET ARVOT		Kom. 17676/77 KR16			
<p>Höyry (n. 27,5 t/h) tuorehöyryn arvoilla 95 ata/525 °C ja 20 aty vastapaineella on siten mitoitettu, että max. teho saavutetaan.</p> <p>Stabiilivälillä (23,5 t/h) normaaleilla tuorehöyryn arvoilla saavutetaan max. tehoksi n. 2900 kW.</p>					
		a	b	c	d
Kuormitus	aty/°C	99/525	99/525	99/525	99/525
Vastapaine	aty	15,5	15,5	15,5	15,5
Teho	t/h	12,6	15,5	22,1	25,2
Kierrosnopeus (kierros/min)	r/min	13200	13900	15350	15900
Käynnin lämpöteho	"	3880	4070	4500	4660
Käynnin teho	kW	1050	1435	2260	2620
<p>Asennus d ensimmäiset kolme venttiiliä ovat täysin auki, neljäs on suljettu.</p> <p>Asennus e ei saa käyttää höyryllä, jonka tila ylittää max. arvot 99 aty/330 °C.</p> <p>Vastapaine ei saa 23,5 t/h höyryvirralla ylittää 20 atya eikä tilaa 11 atya.</p> <p>Käynnin sallittu lämpötilan muutosnopeus on 40 °C/min eikä sitä saa ylittää.</p> <p>Käynnin pyörimissuunta</p> <p>Katsottuna suuntaan turpiini - vaihte - pumppu vasemmalle</p> <p>Katsottuna turpiinin etupäästä oikealle</p> <p>Käynninpumppu pyörimissuunta, katsottuna suuntaan turpiini - vaihte - pumppu oikealle</p> <p><u>Käynnin liitännät</u></p> <p>Tuorehöyryliitäntä NW100/ND400 ylös</p> <p>Stabiilihöyryliitäntä NW200/ND40 ylös</p>					
AEG-KANIS TURBINENFABRIK G.M.B.H. NÖRNBERG					8

Anlagen





Liite 8. Pumpun GA-10422S moottorin teknisiä tietoja



Brown, Boveri & Company, Ltd.
Baden/Switzerland

Rotating Electrical Machines

Three-phase squirrel-cage
motors type Q,
with 4 or 6 poles
for low and high voltages

480-4250 kW at 1800 rev/min
400-3550 kW at 1500 rev/min
335-3000 kW at 1200 rev/min
280-2500 kW at 1000 rev/min

Instructions for installation
and operation

M 90061 E (1.71 - 400)

Syöttötehnpumpun moottori GA-14028

$U = 10 \text{ kV}$; 50 Hz , 3n moottori

$I = 204 \text{ A}$; λ

$\cos \phi = 0,88$

$P = 3000 \text{ kW}$

$n = 1494 \text{ min}$

Typ: QWE 630xCH

HM 1001555

Liite 8. Pumpun GA-10422S moottorin teknisiä tietoja