SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - **AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO**
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PESUHAPPOPUMPPUJEN TARKASTELU RIKKIHAPPO-TUOTANNOSSA

TEKIJÄ/T: Ville Loikkanen

SAVONIA-AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖ
Tiivistelmä

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ville Loikkanen	
Työn nimi Pesuhappopumppujen uudelleentarkastelu rikkihappotuotannossa	
Päiväys 5.3.2019	Sivumäärä/Liitteet 21
Ohjaaja(t) Eetu Halonen, Anssi Suhonen, Mikko Nissinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy	

Tiivistelmä

Työn tarkoituksena oli tehdä pesuhapon pumppausprosessin tarkastelu ja osittainen uudelleensuunnittelu Yara Suomen siilinjärven tehtaille rikkihappotuotantoon. Pumppujen tehtävä prosesissa on pumpata pesuhappoa pesutorneille, joissa pestään pyriitinpolttouuneilta tulevaa rikkidioksidipitoista savukaasua.

Aloittaessa opinnäytetyötä pumppausprosessi oli toteutettu kolmella eri pumpulla, joista kaksi oli yhtä aikaa ajossa, ja yksi reservissä laiterikon varalta. Tämän työn jälkeen sama prosessi toteutetaan kahdella pumpulla, joista toinen on ajossa ja toinen reservissä. Työ toteutettiin yhteistyössä Yaran mekaanisen kunnossapidon asiantuntijoiden kanssa, ja lähdemateriaalina käytettiin pääosin heidän keräämää tietoa, sekä pumppuvalmistajan aineistoja.

Lopputuloksena pumppausprosessi saatiin tavoitteiden mukaan suunniteltua yhdellä pumpulla toimivaksi. Muutostyö piti sisällään uuden juoksupyörän pumppukoteloon, uuden sähkömoottorin sekä uuden pedin pumppua pyörittävälle sähkömoottorille.

Avainsanat
Rikkihappo, pumppaus

SAVONIA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

THESIS
Abstract

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering			
Author(s) Ville Loikkanen			
Title of Thesis redesigning of gas washer tower acid pumping process			
Date	28.5.2019	Pages/Appendices	21
Supervisor(s) Eetu Halonen, Anssi Suhonen, Mikko Nissinen			
Client Organisation /Partners Yara Suomi Oy			

Abstract

The purpose of this thesis was to re-design and improve the acid pumping process at gas washing towers for Yara suomi Oy's Siilinjärvi site's sulphuric acid production. The purpose of those pumps in the process is to pump wash acid to washer towers where suplhur dioxide gas from roasting ovens is cleaned.

At startpoint of this thesis, the pumping process had been implemented with 3 different pumps, which of 2 pumps were operated, and 1 pump was a back-up pump. After this thesis, the same process will be operated with 2 pumps. One pump is running, and another pump is back-up pump in case of malfunction. The thesis was made in cooperation with Yara Suomi's mechanical maintanance experts, and as a source material it was used their knowledge and few pump manufacturer's diagrams. Also a few book sources were used.

As a result of this thesis the pumping unit was re-designed using only one pump. The new parts after the redesign is the whole pump unit, the electric motor and the electric motor bed.

Keywords
sulphiric acid, Pumping

ESIPUHE (tarvittaessa)

Haluan kiittää Yara suomen Siilinjärven tehtaita, ja opinnäytetyöni ohjaajaa Eetu Halosta mielenkiintoisesta ja haastavasta opinnäytetyön aiheesta. Työn aikana opin paljon uutta liittyen prosessiteollisuuden eri prosesseihin, sekä sain kokemusta insinöörin työtehtävistä, ja siihen liittyvistä haasteista. Työ eteni pääasiassa suunnitellusti, joskin hieman vaiheittain.

Kiitos kuuluu myös opinnäytetyöni ohjaajalle Anssi Suhoselle, sekä henkilökohtaisille taustajoukoilleni.

Kuopiossa 30.5.2019
Ville Loikkanen

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO 6

1.1 Tavoite ja rajaus 6

1.2 Yara Suomi Oy 7

1.3 Rikkihapon valmistusprosessi 7

1.4 Pesutornien ja pumppujen tehtävä prosessissa 8

2 PUMPPUJEN MEKANIIKKA 9

2.1 Vaakasuorat keskipakopumput 9

2.2 Pystysuorat keskipakopumput 9

3 PUMPPAUSPROSESSIN UUDELLEENSUUNNITTELU 11

3.1 Pumpun toiminta-alue 11

3.2 taajuusmuuttaja 11

3.3 nykyinen pumppauksen toteutus 13

3.4 Tilavuusvirta 14

3.5 Hyötysuhde 14

3.6 käyttötestin tulokset 14

4 UUDEN PUMPPUYKSIKÖN VALINTA 16

4.1 Vanhan sähkömoottorin kiinnityspeti 17

4.2 Uuden sähkömoottorin kiinnityspeti 17

5 TULOSTEN TARKASTELU 19

5.1 Kustannushyödyt 20

6 YHTEENVETO 20

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT 21

LIITE 1: PIKAOHJE VIITTEIDEN MERKITSEMISEEN **VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.**

LIITE 2: OTSIKKO ..... **VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.**

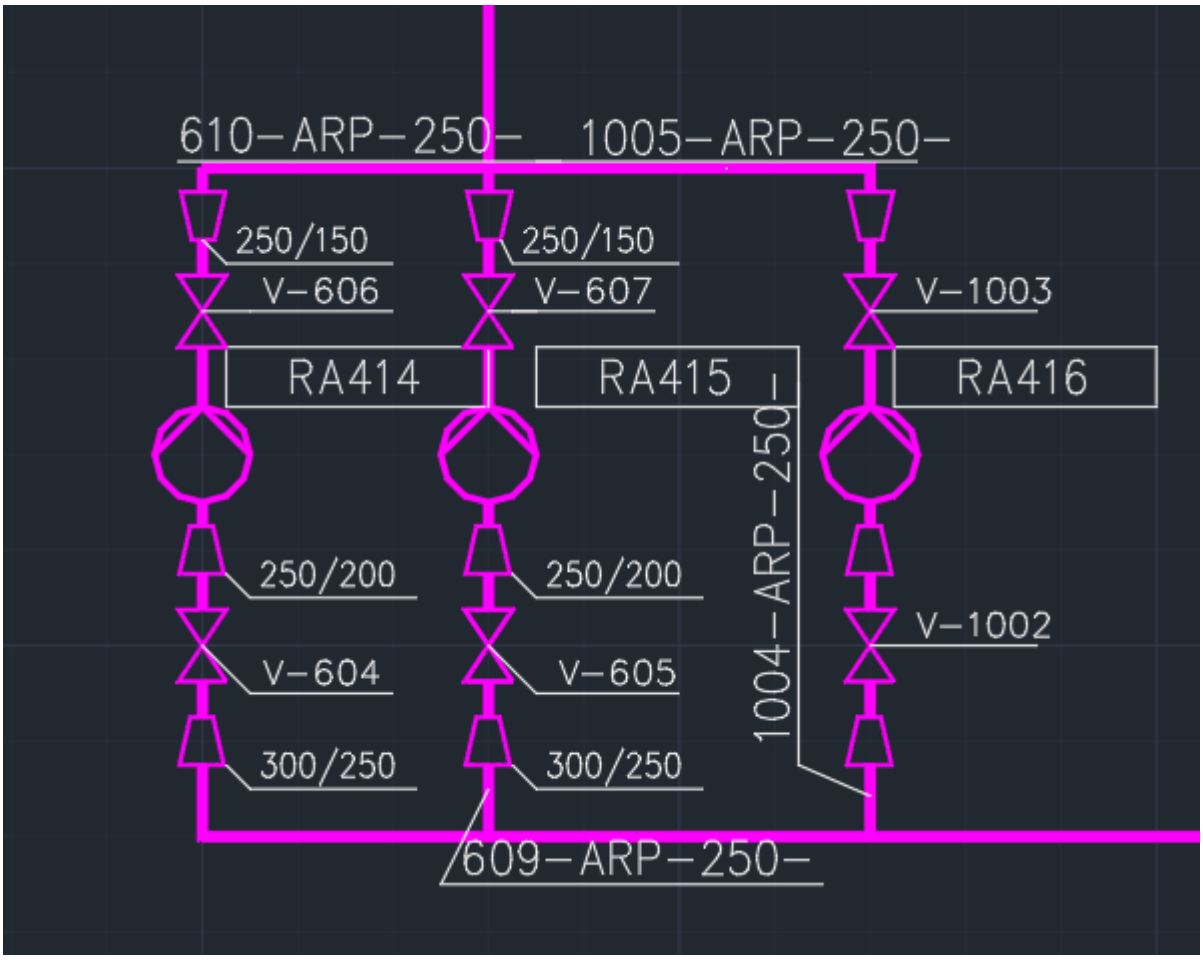
1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella rikkihappotehtaan pesuhapon pumppausprosessin muutostyö. Työn toimeksiantajana toimii Yara Suomi Oy. Opinnäytetyön kohde sijaitsee Siilinjärven tuotantolaitoksen rikkihappotehtalla, rikkihapon valmistusprosessissa.

Pumppujen tarkoituksena prosessissa on pestä pyriittirikasteen pasutusprosessissa syntyvä rikkidioksidikaasu epäpuhtauksista pesutorneissa. Pesutorneilta kaasu jatkaa matkaansa kuivaukseen ja väkevöintiin. Jatkuvassa ajossa olevien pumppujen toimintavarmuus on tärkeä asia, sillä laiterikon sattuessa prosessi joudutaan ajamaan alas, josta aiheutuu turhia kustannuksia.

1.1 Tavoite ja rajaus

Tämän työn tavoitteena on suunnitella muutostyö pumppausprosessiin. Nykyisellään prosessi hoituu kolmella erillisellä pumpulla, ja työn jälkeen pumppuja on yhtä aikaa ajossa vain yksi, ja loput ovat laiterikon varalta varayksikköinä. Näin ollen vikaantuvia kohteita on yksi vähemmän. Muutostyöllä saavutetaan myös energiansäästöä, sekä pienennetään varaosakuluja. Työn teoriaosuudessa käsitellään pumppujen mekaniikkaa sekä muutostöiden vaikutusta pumppujen käyttäytymiseen.



Kuva 1. Pumppauksen toteutus ennen opinnäytetyötä.

Henkilökohtaisella tasolla tämän opinnäytetyön tavoitteena on kasvattaa ammatillista osaamistani ja valmistaa tuleviin työelämän haasteisiin. Työn aihe tarjoaa mahdollisuuden oppia uutta prosessiteollisuuden tarpeista sekä haasteista, ja yleistä näkemystä projektien läpiviennistä.

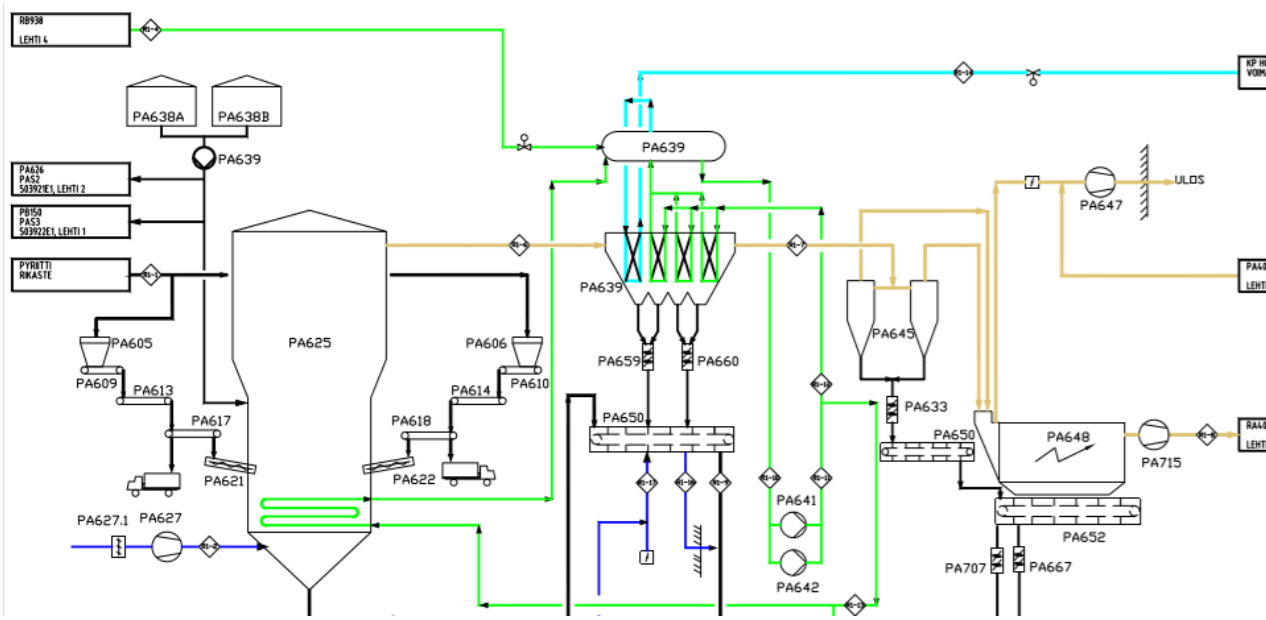
1.2 Yara Suomi Oy

Yara Suomi Oy on Yara internationalin tytäryhtiö. Suomessa Yaran tuotantolaitokset sijaitsevat Siilinjärvellä, Kokkolassa, Uudessakaupungissa ja Harjavallassa. Sen päätuotteita ovat lannoitteet ja typpikemikaalit. (Yara Suomi)

Siilinjärvellä sijaitsee Länsi-Euroopan ainut fosfaattikaivos. Se on samalla myös Suomen suurin avolouhos. Louhoksen apatiitista tuotetaan siilinjärven toimipisteellä lannoitetta sekä fosforihappoa. (Yara Suomi)

1.3 Rikkihapon valmistusprosessi

Siilinjärven tehtailla hapon valmistukseen tarvittava rikkidioksidikaasu valmistetaan pääosin pasuttamalla pyriittiä pasutusuuneissa. Pasutuksessa tapahtuva reaktioyhtälö on muotoa $2FeS_2 + 5\ ½\ O_2 \Rightarrow Fe_2O_3 + 4\ SO_2$. Tehtaalle tulevan raakakaasun SO_2-pitoisuus on noin 7%, ja lämpötila noin 350 astetta. (Pihkala 2011, 197) Pasutusuuneilta kuuma rikkidioksidikaasu ajetaan kattilan läpi syklonasuodattimien kautta kuumasähkösuotimeen, jossa siitä erotellaan polttoprosessissa syntyvää rautapasutetta. Kuumasähkösuotimelta kaasu johdetaan pesutorneille, jossa se pestään ja jäähdytetään pesuhapolla. Pesuhappo on laimeaa rikkihappoa. Siitä kaasu jatkaa matkaansa märkäsähkösuotimen kautta kuivaustorneille, jossa kaasu kuivataan suihkuttamalla sen läpi rikkihappoa, johon kaasussa oleva kosteus imeytyy. Tästä kaasu kulkee aparaattiin, jossa rikkidioksidi hapettuu rikkitrioksidiksi, ja siitä väli- ja loppuimetystorneille, joissa rikkitrioksidi imeytetään rikkihapoksi. Siitä happo pumpataan eteenpäin varastosäiliöhin.

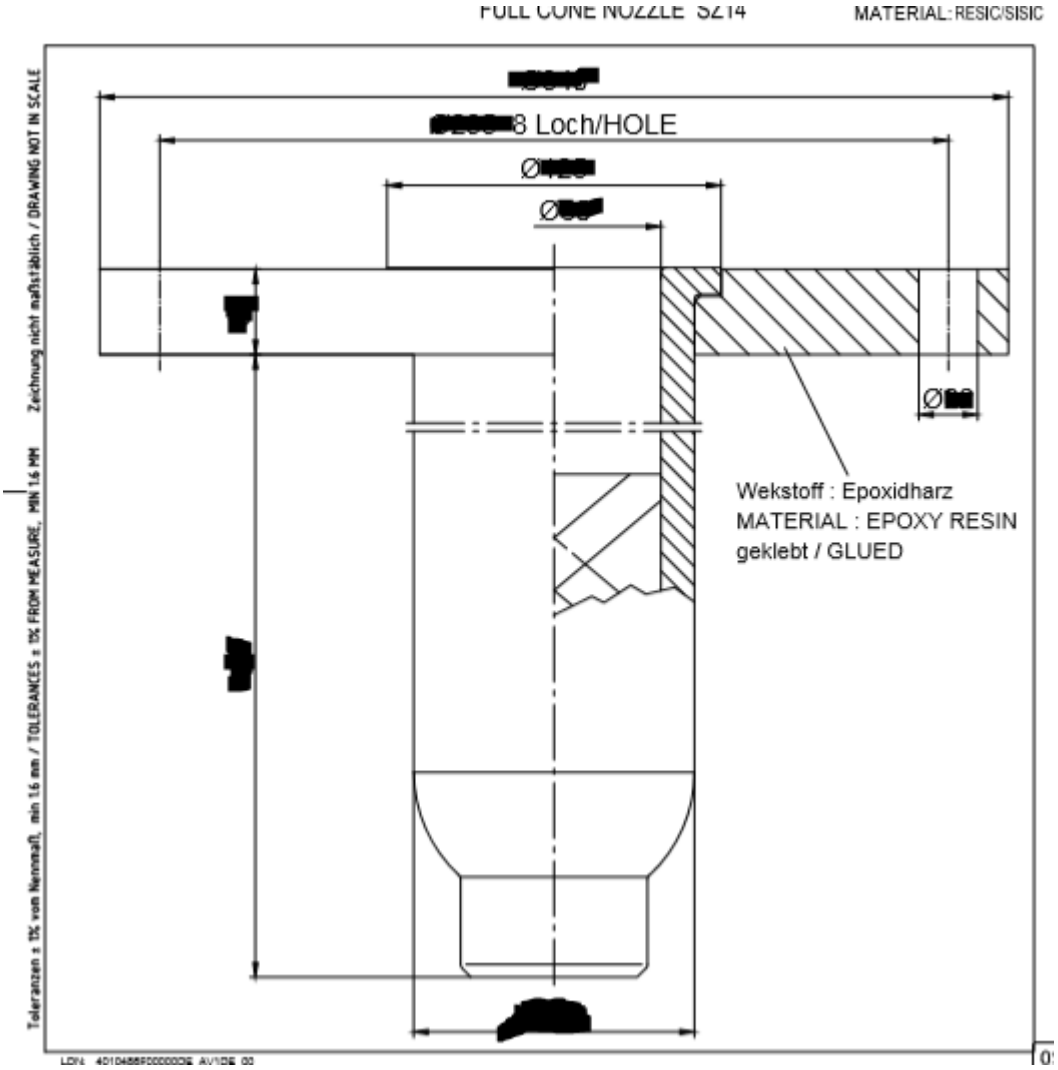


Kuva 2. Pyriitin polttoprosessi siilinjärven tehtailla.

1.4 Pesutornien ja pumppujen tehtävä prosessissa

Pumpattavan hapon tehtävä prosessissa on pestä sekä jäähdyttää uuneilta tulevaa savukaasua jatkojalostusprosessia ajatellen. Tätä varten pesuhappo pumpataan pesutornin yläosaan, josta se suihkutetaan suuttimien läpi. Suuttimien läpi suihkutettava happo muodostaa pilven, jonka läpi rikkidioksidikaasu virtaa. Pesutorneille tulevan kaasun lämpötila on noin 350 Celciusastetta, ja pesuprosessin aikana se jäähtyy noin 70 Celciusasteeseen.

Pesuhappoa levittäville suuttimille on annettu valmistajan toimesta tiettyjä rajoituksia. Näitä ovat peushapon suihkutuspaine sekä virtausmäärä. Suuttimien käyttöalue on niiden valmistaja Hugo Petersenin mukaan 0,5-1 bar, joskin käytettävä paine vaihtelee 1-1.2 barin välillä. Valmistajan ilmoittama suurin virtausmäärä yhdelle suuttimelle on 28,75 m^3/h. Torni pitää sisällään 16 suutinta, joten kokonaismäärä on 460 m^3/h. Nämä edellämainitut asiat täytyy ottaa huomioon muutostyötä suunniteltaessa. Raja-arvojen ylittäminen johtaa pesuhapon epätasaiseen levityskuvioon, ja vaikuttaa täten heikentävästi pesu-ja jäähdytysominaisuuksiin.



Kuva 4. Pesuhapposuutin.

2 PUMPPUJEN MEKANIIKKA

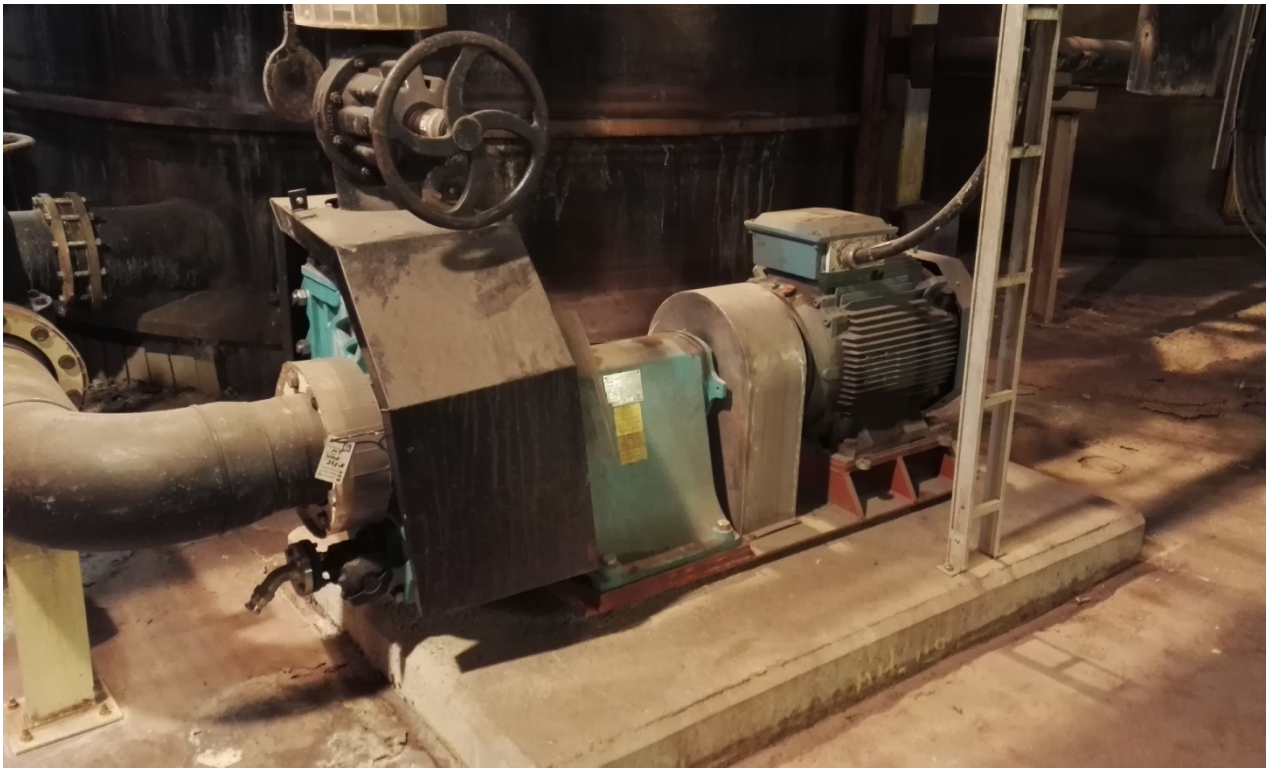
Pumpputyypit voidaan jakaa kahteen eri pääluokkaan niiden toimintaperiaatteen perusteella. Nämä luokat ovat keskipakopumput sekä syrjäytyspumput. Tässä työssä keskitytään nesteiden siirtoon suunniteltuihin keskipakopumppuihin. (Pihkala 2015, 338) Keskipakopumput jaotellaan asennustavan perusteella seuraaviin alaluokkiin:

-vaakasuorat keskipakopumput

-pystysuoran keskipakopumput

2.1 Vaakasuorat keskipakopumput

Vaakasuoraan asennettu keskipakopumppu koostuu kolmesta pääkomponentista. Nämä ovat pumppulaite, sitä pyörittävä sähkömoottori, sekä moottorin pyörimisliikkeen pumpulle siirtävä kytkinkappale.



Kuva 2. Vaakasuora keskipakopumppu (Ville Loikkanen, 2019)

2.2 Pystysuorat keskipakopumput

Pystysuorissa keskipakopumpuissa käyttövoiman tuottava sähkömoottori on asennettuna pumppulaitteen päälle pystysuuntaisesti. Näitä pumppuja ei opinnäytetyön aiherajauksen piiriin kuulu, mutta

tehtaan muissa osissa kyseisellä tavalla toteutettuja nesteensiirtoratkaisuita löytyy. Näillä pumpataan pääasiassa väkevämpiä happoja tuotantoprosessin loppupäässä

Kuva 3. Pystysuora keskipakopumppu. (Eetu Halonen 2019)

3 PUMPPAUSPROSESSIN UUDELLEENSUUNNITTELU

Tämä kappale pitää sisällään tehtyjen muutosten suunnittelutyön. Alussa käsitellään tällä hetkellä käytössä oleva ratkaisu, ja sen jälkeen eri vaihtoehdot halutun muutostyön toteuttamiseksi.

Muutostyössä tavoitteena oli muuttaa nykyistä pumppausratkaisua siten, että nykyisen kahden yhtä aikaa käynnissä olevan pumpun siirtämä happomäärä saataisiin pumpattua yhdellä pumpulla.

Pumppausprosessia uudelleensuunnitellessa tulee ottaa huomioon yleiset nesteiden siirtoon liittyvät lainalaisuudet sekä toimivaksi aiemmin havaitut ratkaisut. Esimerkiksi tässä tapauksessa linjastossa oleva paine ei saa muuttua muutostyön jälkeen kovinkaan paljon. Koska tämä opinnäytetyö on enemmänkin vaihtoehtojen tarkastelu, linjastomuutoksia koskevia suunnittelunäkökohtia ei avata enempää kuin tarpeellista.

3.1 Pumpun toiminta-alue

Uudelleensuunnittelu aloitettiin perehtymällä nykyisen pumppuyksikön toimintaan ja spesifikaatioihin. Näitä tietoja oli rajallisesti, vain pumppujen juoksupyörien koot sekä moottorin ottama teho taajuusmuuntajasta. Pumpulta lähtevästä putkilinjassa ei ole virtausmittaria, joten pumpattavan aineen tarkkaa määrää ei tiedetä etukäteen. Vain linjasta suuttimille tuleva paine on nähtävissä prosessinohjausjärjestelmästä. Pumppuja ajetaan taajuusmuuttjan kautta, joten nykyisten virtausmäärien arvioimiseksi järjestettiin päiväseisiössä 17.5.2019 testiajo yksittäisellä pumpulla. Testin tuloksia käsitellään myöhemmässä kappaleessa.

Nykyinen ratkaisu pitää sisällään kolme eri pumppua, joista lähtevät putket yhtyvät samaan linjaan. Linjan yläpäässä putki haarautuu kolmeen osaan, joiden kautta pumpattava pesuhappo kulkeutuu edelleen suuttimien läpi pesutorniin. Uuden pumppausratkaisun mitoitusperusteena käytetään tornin sekä suuttimien valmistajan toimittamaa ohjekirjaa. Valmistaja on Hugo Petersen. Alla olevasta kuvasta poiketen oikea virtausmäärä on 460 $m^{3/}$h. (Hugo Petersen, 2010) Kuvassa 5. näkyvä 230m^3/h on laskettu 8 suuttimelle, mutta tornissa on 16 kappaletta suuttimia. Tätä arvoa, sekä käyttötesteistä saatua tietoa hyödynnetään uuden pumpun komponenttien valinnassa.

3.2 taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on laite, joka muuttaa sen perässä olevan vaihtovirtaa käyttävän sähkölaitteen saamaa sähkövirran taajuutta tarpeita vastaavaan tiheyteen. Tällä tavoin voidaan säädellä moottorin kierrosnopeutta.

5 Technical Data and requirements

5.1 Quench Tower K1

Pre-Quench and Post-Quench Section

Nozzle form	Full cone nozzle, 90 °
Quantity	16 nozzles
Materials	
Nozzle and lance	Silicon carbide (SiC)
Flange	by supplier
Operating mode	continuous

1. Process Data for Spraying Nozzles

Medium	H_2SO_4	
Concentration H_2SO_4, max.	35	%
Temperature H_2SO_4	75	°C
Spraying quantity total	230	m^3/h
Spraying quantity pro nozzle	28,75	m^3/h
Nozzle inlet pressure	0,5 – 1,0	bar
Density H_2SO_4	1.225	kg/m^3
Dust content max.	50	g/l
HCl max.	10	g/l
HF max.	< 1	g/l

2. Process Data for Quench section

Medium	Gas from process plant	
Gas quantity dry	75.700	Nm^3/h
Gas quantity wet	80.360	Nm^3/h
Temperature Gas	380	°C
CO_2	0,00	Vol.-%
SO_2	10,46	Vol.-%
SO_3	0,16	Vol.-%
O_2	5,18	Vol.-%
H_2O	5,80	Vol.-%
Rest N_2	78,40	Vol.-%
Standard density raw gas wet	1,41	kg/Nm^3 wet
Dust	300	mg/Nm^3 dry
Cl	130	mg/Nm^3 dry
F	10	mg/Nm^3 dry

Kuva 5. Suuttimien käyttöalue. (Hugo Petersen, 2010)

3.3 nykyinen pumppauksen toteutus

Pumppukäyrästä selviää kyseisen pumpun tärkeimpien suureiden riippuvuus toisistaan eri kokoisilla juoksupyörillä. Käyrästä käy ilmi seuraavat suureet

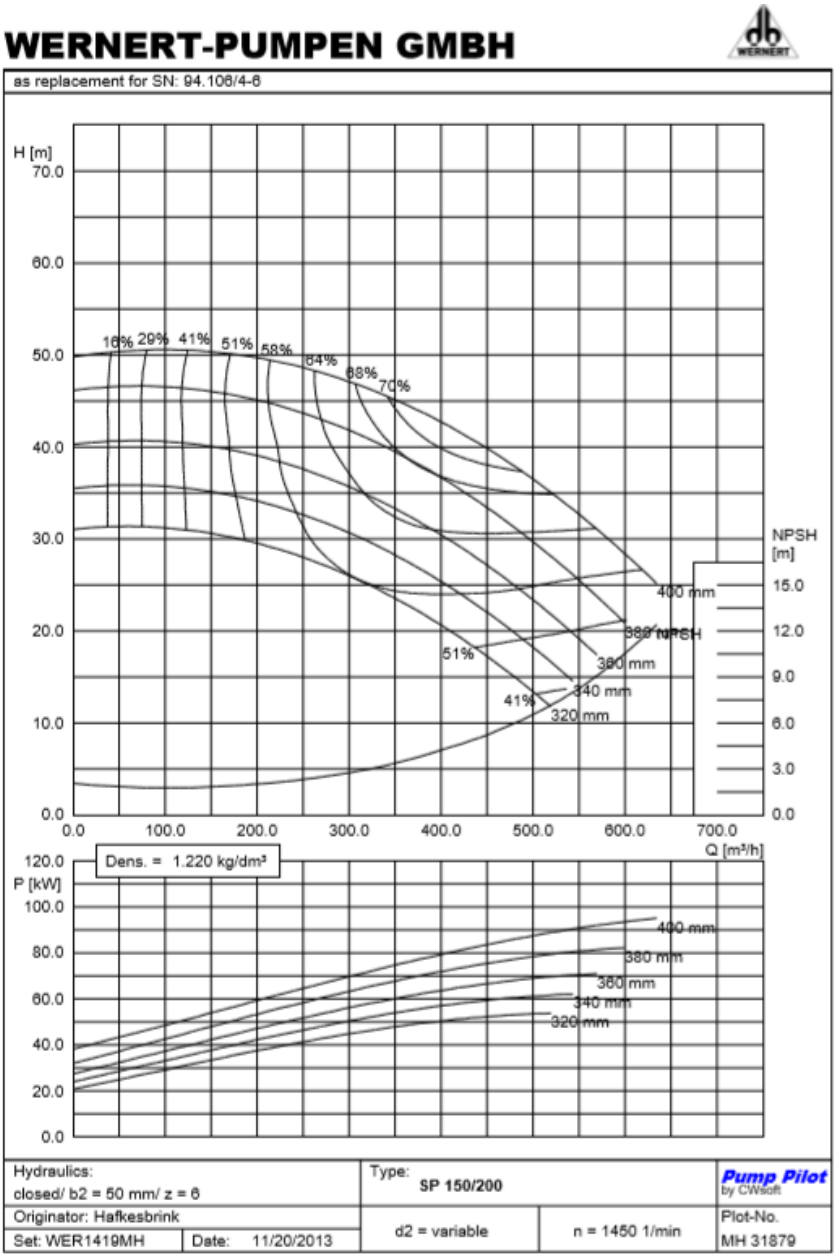
-Nostokorkeus H (m)

-Tilavuusvirta Q (m^3/h)

-Tarvittu teho P (W)

-Pumpun hyötysuhde η

Pumppukäyrässä oleva tilavuusvirta on se määrä nestettä, jonka pumppu siirtää tietyssä ajassa. Tilavuusvirran ja nostokorkeuden riippuvuudesta piirtämällä saadaan pumpun ominaiskäyrä, josta saadaan selville muun muassa pumpun tuoton lasku suhteessa nostokorkeuden kasvuun.



Kuva 6. Pumppukäyrä, josta käy ilmi koteloon sopivat juoksupyörät (wernert-pumpen)

3.4 Tilavuusvirta

Pumpun siirtämää nestetilavuutta tietyssä ajan yksikössä kutsutaan tilavuusvirraksi. Tässä työssä sen yksikkönä esiintyy joko m^3/h, tai m^3 / s. (Mäkelä, soininen, tuomola, öistämö, 2005, 99)

3.5 Hyötysuhde

Hyötysuhteeksi kutsutaan pumpun koneelta ottoman tehon P, ja pumppausprosessissa syntyvien häviöiden suhdetta. Loppuosa tehosta menee nesteen siirtämiseen ja paineen luomiseen. Jos lasketaan ensin teho, joka tarvitaan nesteen siirtämiseen, ja jaetaan se pumpun teholla P, saadaan osamääräksi pumpun hyötysuhde. (kaava 1.)

$$\eta = \frac{VH}{p} \qquad (1)$$

Pumpun tehon tarve, kaava 2

$$P = \frac{q_v \rho g H}{\eta_p} \qquad (2)$$

Kaavassa P= Teho (W)
q_v= Tilavuusvirta (m^3/s)
ρ= Pumpattavan nesteen tiheys (kg/m^3)
η_p=Hyötysuhde (%)
H=Nostokorkeus

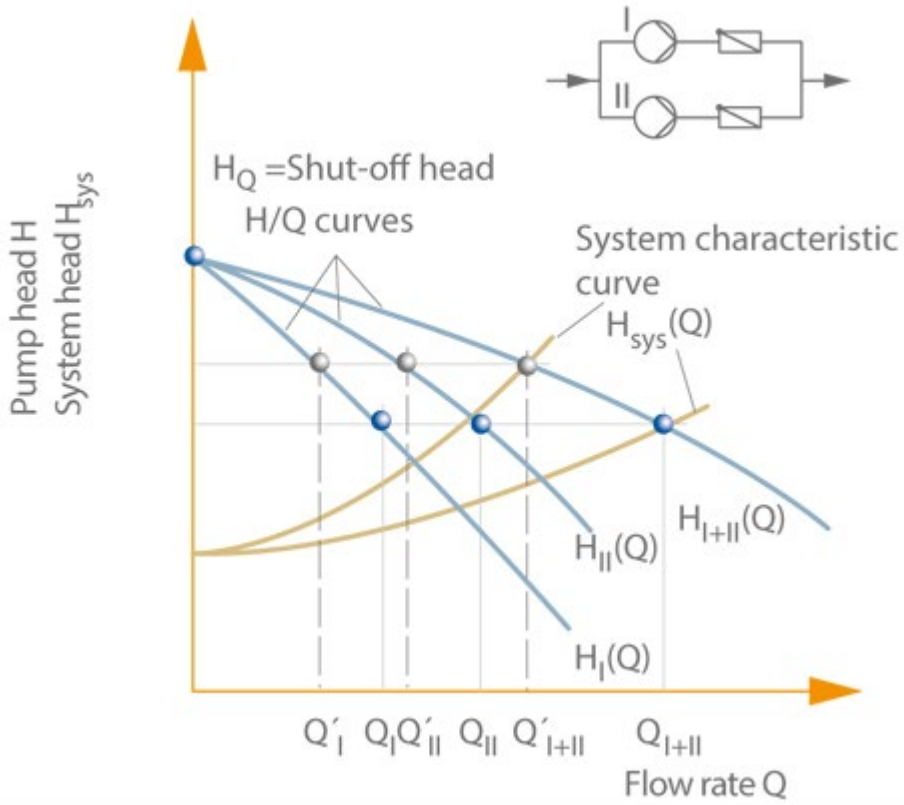
3.6 käyttötestin tulokset

Päiväseisiön yhteydessä suoritetussa pumppukokeessa testattiin yksitellen yhden minuutin ajan kumpaakin käytössä olevaa pumppua. Pumppua pyörittää tällä hetkellä 75 kW moottori. Taajuusmuuttajan asetukseksi valittiin 100%, jolloin pumppu käyttää 85% nimellistehosta, joten näin ollen pumpun teho taajuusmuuttajan asetuksen ollessa 100% on:

75Kw x 0,85 = 63,75 kW

Kun tarkastellaan kuvassa 6. olevaa pumppukäyrää ja käyttötestin tuloksia, havaitaan että yksi pumppu tuottaa noin 0.5 bar paineen. Tämä hieman alle puolet prosessitilanteen paineesta. Tästä

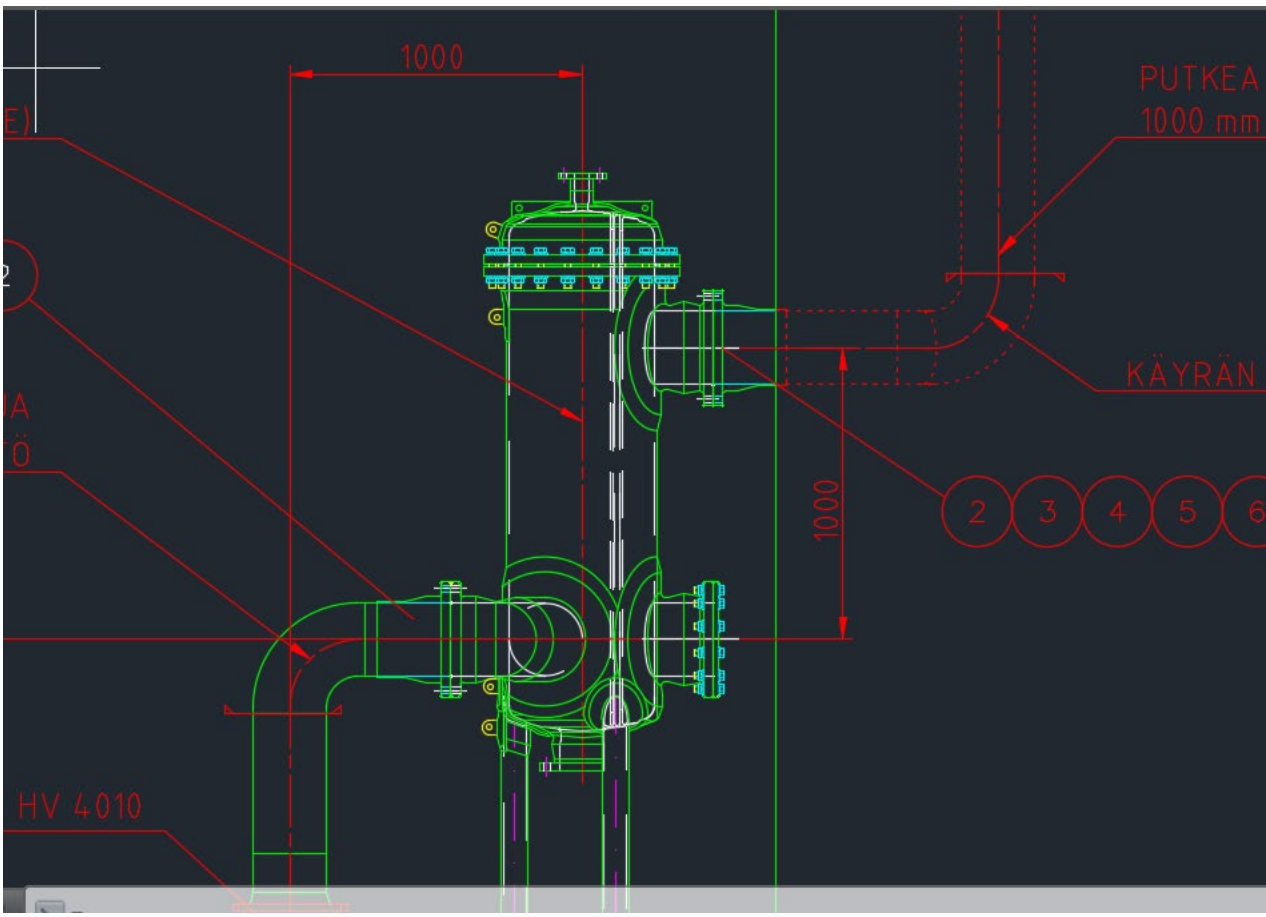
voidaan päätellä, nykyisellään yksi pumppu pystyy maksimissaan tuottamaan hieman yli puolet tarvittavasta määrästä. Päätelmää tukee myöskin kaaviokuva rinnan asennettujen pumppujen käyttäytymisestä tällaisessa ajotilanteessa



Kuva 7. Rinnan kytkettyjen keskipakopumppujen tuotto (KSB)

Kuten kuvasta 7 käy ilmi, rinnan kytkettyjen pumppujen tuotto on kunkin pumpun tuoton yhteenlaskettu summa.

Pumppukäyrällä edellä mainittu virtausmäärä tuottaa nykyisellä juoksupyörällä noin 3 Barin paineen. Tämä ei vastaa todellisuutta prosessiputkistosta johtuvan häivön vuoksi. putkistossa sijaitsee vanha happosuodatinkotelo (kuva 8.), joka luo painehäviötä linjaan. Toinen painetta pudottava asia on suutinten heikko vastapaineen luonti liian pienillä virtausmäärillä suunniteltuun nähden. Tämä ilmiö korostuu virtausmäärien pienentyessä entisestään, joten käyttötestissä havaittu paine ei vastaa pumppukäyrän antamaa täydellisesti. Myös putkilinjoihin kerääntynyt kuona, sekä pumpun imupuolen putkiston tilanteeseen huonosti sopiva rakenne lisäävät virtausvastusta ja näin ollen aiheuttavat myös painehäviötä.



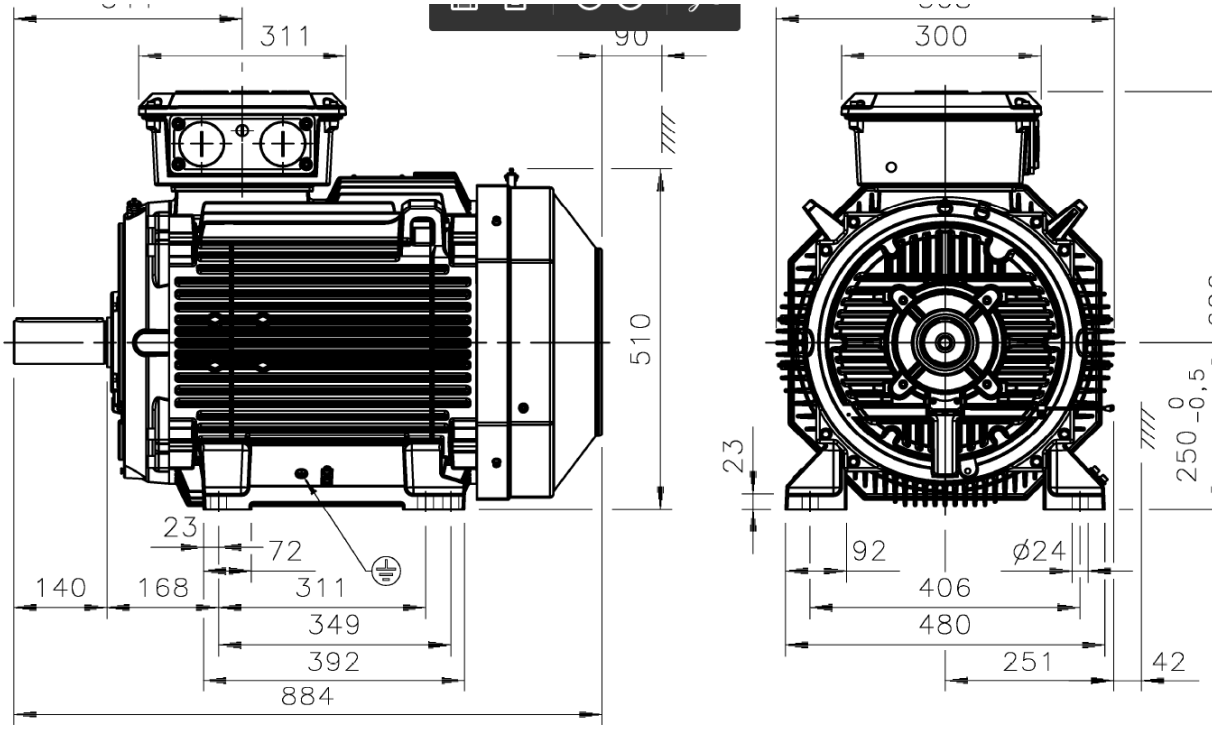
Kuva 8. Linjassa oleva suodatinkotelo. (Yara Suomi, 2019)

Kun prosessi sujuu normaalisti, pumput ottavat virtaa yhdessä noin 88kw. Pumppukäyrää tulkitsemalla nähdään, että silloin tuottoa on noin 460 m^3/h, joka vastaa valmistajan antamia ohjearvoja.

4 UUDEN PUMPPUYKSIKÖN VALINTA

Käyttöstestistä sekä pumppukäyrästä saadun tiedon perusteella sekä pumppukäyrää katsomalla nähdään, että mikäli pumppukoteloon asennetaan 400mm halkaisijalla oleva juoksupyörä, saadaan riittävä tuotto pesuprosessin onnistumiseen vain yhdellä pumpulla. Käytännössä tämä toteutetaan siten, että otetaan tehtaan keskusvarastolta kokonainen pumppupaketti, jossa on paikoillaan kyseinen juoksupyörä, ja asennetaan se päiväseisakissa nykyisen pumpun tilalle. Tämä siksi että koko pumppupaketin vaihtaminen on nopeampaa kuin pelkän juoksupyörän. Tämän lisäksi täytyy pumpun käyttövoimaksi vaihtaa 90 kW tehoinen sähkömoottori. Moottorin tehon kasvaessa muuttuu myös moottorin runkoko IEC 250:stä IEC 280:ksi. Käytännössä tämä tarkoittaa moottorin akselin keskilinjan muuttumista kolmellakymmentä milliä ylemmäksi.

4.1 Vanhan sähkömoottorin kiinnityspeti

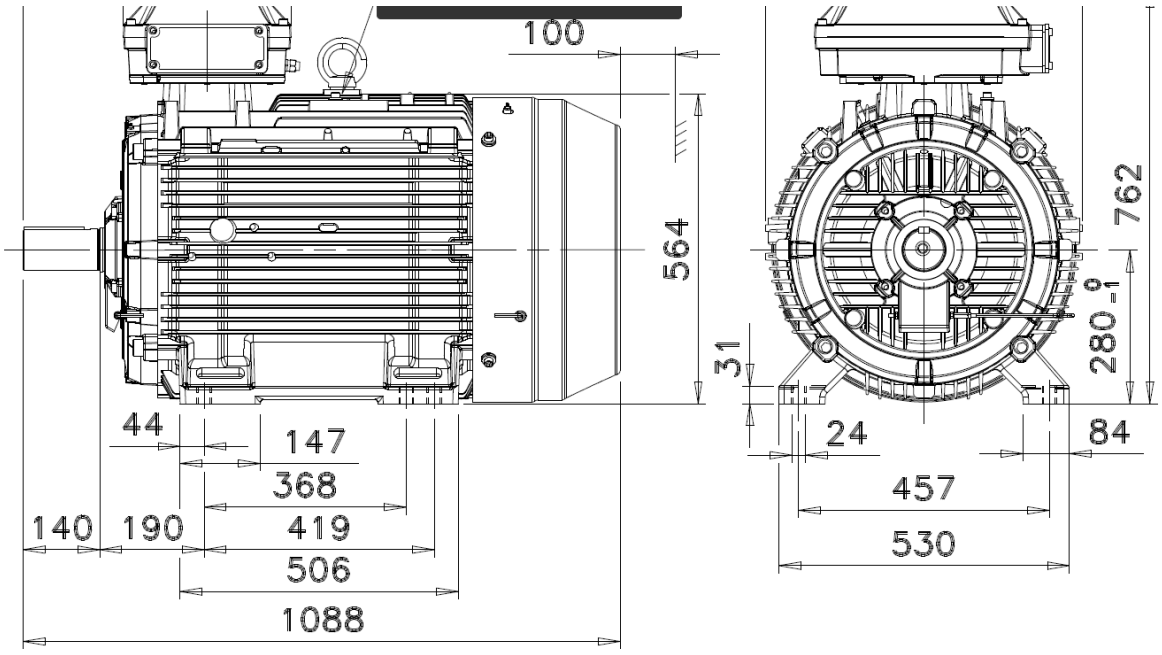


Kuva 9. Vanha moottori.

Moottorikoon kasvaessa myös moottorin fyysinen koko muuttuu. Näin ollen myös kiinnityspeti joudutaan päivittämään uutta moottoria vastaavaksi.

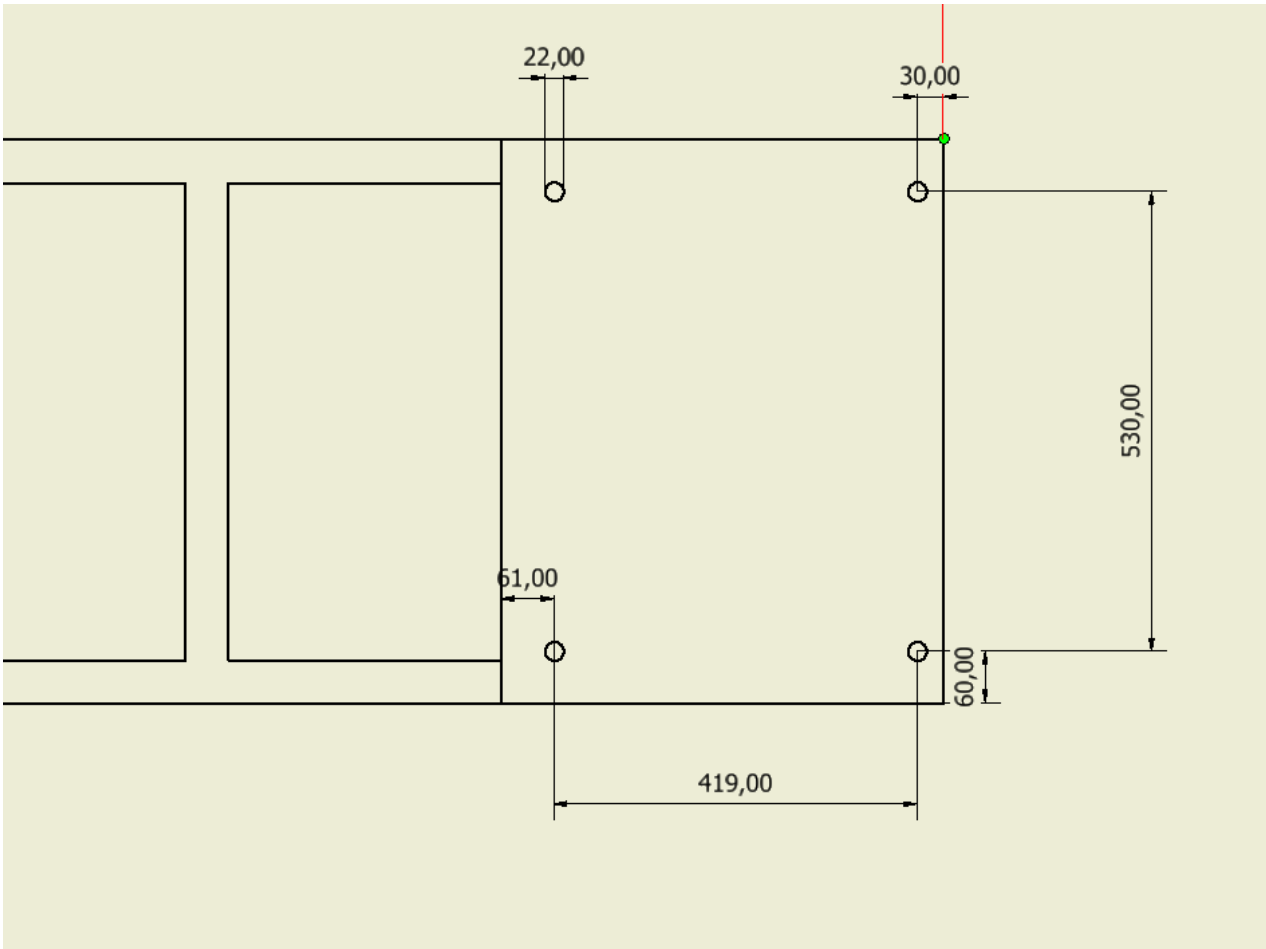
4.2 Uuden sähkömoottorin kiinnityspeti

Uudessa moottorissa on vanhaan verrattuna leveämmät ja pidemmät kiinnitystassut. Tämän vuoksi moottorin kiinnityspaikka täytyy muuttaa uusia kiinnikkeitä vastaavaksi. Allaolevasta kuvasta käy ilmi mittojen muutokset vanhnaan moottoriin verrattuna



Kuva 10. Uusi sähkömoottori

Isomman moottorin akselikorkeus on myös eriävä vanhaan verrattuna. Tämän vuoksi kiinnityspetiä täytyy myös madaltaa moottorin kiinnitystassujen paikan muutoksen ohessa. Liitteenä ehdotus uuden moottorin sovitepalaksi.



Kuva 11. Sovitepala moottorille

5 TULOSTEN TARKASTELU

Työn tuloksena toimeksiantajayritys sai uudelleensuunnitellun pumppausyksikön. Muutostyö tultaneen toteuttamaan tulevissa päiväseisakeissa, joten työn lopullinen toimivuus tullaan näkemään vasta myöhemmin. Muutostyön jälkeen voidaan tarkistaa myös suutinten luoma sumutuskuvio prosessin aikana, ja päätellä työn onnistumista myös sitä kautta.

Varsinaisia mahdollisia ongelmia uuden pumppaustavan suunnittelussa oli painehäviöiden arviointi. Putkistorakenne ja sen sisälle kertyneen sakan vaikutusta virtausvastukseen ja painehäviöön oli vaikeaa laskea, joten siitä esitettiin vain arvioita pumppukäyrää apuna käyttäen. Myöskin petimuutokseen suunnitellun sovitepalan paikoilleen laittaminen saattaa tuottaa joitain haasteita, joita ei suunnitteluvaiheessa osaa ottaa huomioon.

Kun suunnitellut muutokset pumppausprosessiin on tehty, lopputulosta voidaan arvioida myös linjassa pesutornien jälkeen olevan pisaranerottajan lämpötilaa seuraamalla. Mikäli lämpötila pisaranerottajalla nousee liian suureksi, voidaan päätellä, että hapon virtausmäärä ei ole riittävällä tasolla. Normaalissa prosessiajotilanteessa pisaranerottajan lämpötila on noin 70 astetta. Kyseinen komponentti ei kestä lämpenemistä yli 85 asteen, joten lämpötiloihin tulee kiinnittää huomiota pumppumuutoksen jälkeen tehdasta ylösajettaessa ja käytettäessä.

Technical Data

Medium:	wet H2SO4 35% with 10mg HF	
Operating Pressure: Design Pressure:	-10 mbar -80 mbar	
Temperature:	Operating: Design:	75°C 85°C
Dust loading:	nom.: max.:	1 mg/Nm^3 10 mg/Nm^3
Mist loading:	nom.: max.:	25 mg/Nm^3 75 mg/Nm^3
Material:	FRP with chemical barrier inside. Accomplishment acc. DIN EN 13121.	
Flange Design:	Close to DIN 16966-6, Form V3	
Tolerances:	Dimensions without tolerances according DIN ISO 2768m	

Kuva 12. Pisaranerottajan käyttöolosuhteet.

5.1 Kustannushyödyt

Kustannusten osalta opinnäytetyössä saavutettiin säästöjä muun muassa varaosavaraston pienenemisen kautta. Kun pumppausyksikkö sisältää vain kaksi pumppua entisen kolmen sijasta, säästetään yhden pumpun varaosakustannusten verran. Energian säästön osalta kulutus ei juuri muutu, koska virtausmäärän aikaansaamiseksi tarvitaan sama teho kuin ennen muutostyötäkin. Toisaalta tämä ei ollut myöskään opinnäytetyön päätavoite, sillä tehtaan tontilla sijaitsee oma voimalaitos.

Käyttövarmuuden osalta eliminoitiin yksi vikaantuva kohde pois, joten sen voidaan todeta parantuneen opinnäytetyön myötä.

5.2 Käyttövarmuus ja huollettavuus

Myös prosessin käyntivarmuus parani haponpesun osalta, kun mahdollisia vikaantuvia kohteita on vain yksi entisen kahden sijaan. Jos toinen pumppu hajoaa, voidaan vaihtaa varalla oleva pumppu ajoon ja huoltaa hajonnut pumppu kiireettömästi ja turvallisesti ilman tehtaan alasajoa.

6 YHTEENVETO

Kokonaisuutena opinnäytetyö oli opettava, ja sopivan haastava tehdä. Haluttuun lopputulokseen päästiin, eli tilaaja sai yhdellä pumpulla toimivan pumppausprosessin. Myös siltä osin päästiin tavoitteeseen, ettei laitepaikalle osteta uutta pumppausyksikköä. Vain pumppua pyörittävä sähkömoottori vaihdetaan uuteen.

Tekijälleen työ opetti uusia asioita prosessitekniikkaan liittyen, sekä projektityöhön liittyviä uusia näkökohtia.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/siilinjarvi/

Kaivos-ja louhintatekniikka, Tauno Paalumäki, Pekka Lappalainen ja Antero Hakapää, 2015

Prosessitekniikka Pihkala, juhani, 2013

https://www.ksb.com/centrifugal-pump-lexicon/parallel-operation/191648/

https://www.wernert.de/EN/produkte/SP.htm

Yaran ja ABB suomen välinen moottoritaulukko