

Luukkala Markku

Peittauslaitoksen poistoilman puhdistuskäsittely

Opinnäytetyö

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikka
Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:

Tekijä: Markku Luokkala

Työn nimi: Peittauksen poistoilman puhdistuskäsittely

Ohjaaja: Jukka Pajula

Vuosi: 2012 Sivumäärä: 48 Liitteiden lukumäärä: -

Opinnäytetyöni käsittelee peittausprosessin poistoilman puhdistamista. Ruostumattomien ja haponkestävien teräsputkien peittauskäsittelyssä syntyy kaasua, joka poistetaan peittausaltaista radiaalipuhaltimilla ulkoilmaan. Peittauksen poistoilmakaasu sisältää typen oksideja, fluorivetyä ja vesihöyryä. Tällä hetkellä suurin ongelma peittauksen poistoilmajärjestelmässä on se, että kondensoitunut kaasu roiskuu nesteinä piipuista lähiympäristöön. Poistoilman puhdistusjärjestelmän on kyettävä jäähdyttämään, puhdistamaan ja poistamaan ylimääräinen neste kaasusta, jolloin ulkoilmaan ei roisku vaarallisia nesteitä.

Tavoite on löytää kaasunpuhdistuslaite, jolla puhdistustulos saadaan tasolle, jossa se ei kuormita ulospäästyään ilmastoa eikä ympäristöä. Laittevalmistajat suosittelevat täytekappalepesuria poistokaasujen puhdistamiseen.

Lisäksi opinnäytetyöni toimii selvityksenä Outokumpu Stainless Tubular Products:n Pietarsaaren yksikön johdolle peittausosaston kaasunpuhdistuslaitteen investointia varten.

Opinnäytetyöni on vastaus alati tiukkeneviin ympäristömääräyksiin, joilla pyritään vähentämään teollisuuden aiheuttamaa ympäristönkuormitusta.

Tärkeimmiksi asioiksi nousevat ympäristönäkökulma, typpioksidien hallinta, kaasunpuhdistustekniikan valinta ja erilaisten kaasunpuhdistuslaitteiden esittely. Kolmelta laitetoimittajalta on pyydetty tarjous peittauksen poistoilmanpuhdistusratkaisusta. Saadut tarjoukset selvittävät Outokumpu Stainless Tubular Products:n johdolle, millainen hintataso kyseisillä kaasunpuhdistuslaitteilla on.

Asiasanat: ilmastonsuojelu, peittaus, päästöt, typen oksidit, OSTP Oy Ab

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Author: Markku Luokkala

Title of the thesis: Exhaust air purification of pickling process

Supervisor: Jukka Pajula

Year: 2012

Number of pages: 48

Number of appendices: -

My final thesis is about the exhaust air purification of pickling process. In the pickling process of stainless and acid proof steel a gas is produced which contains nitrogen oxide, fluoride hydrogen and water steam. The biggest problem at the moment in the exhaust air system is that the condensed gas splatters from the exhaust pipes directly around the nearby area. The exhaust air system should be able to cool down, purify and remove the unwanted liquid from the gas so that no dangerous liquids will splatter to the outside air.

The main objective is to find a gas purification equipment that will purify the exhaust gas to such a level that when it reaches the outside air it will not stress either the nearby surroundings nor the climate. In addition my final thesis will work as a briefing for the management of Outokumpu Stainless Tubular Products when they decide for the gas purification equipment for the pickling department in the future. This final thesis is a response to the tightening environment regulations that help reduce the pollutant load that the industry inflicts.

The most important aspects to consider are the control of the nitrogen oxide, environment, gas purification technique and the proper presentation of the different gas purification equipment. Three offers have been asked from three different suppliers of a solution for pickling exhaust air purification. The offers received will give a monetary guideline for Outokumpu Stainless Tubular Products management for the future investments.

Keywords: air pollution control, pickling, emission, nitrogen hydroxide, OSTP Ltd.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SISÄLLYS

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

1 JOHDANTO	10
1.1 Työn tavoite.....	10
1.2 Ilmansuojelu.....	11
2 ALKUTILANTEEN SELVITYS.....	12
2.1 Peittausaltaat	12
2.2 Peittaushappo.....	17
2.3 Peittauslaitoksen poistoilma	18
3 TYPENOKSIDIEN HALLINTA.....	20
3.1 Yleistä typenoksideista.....	20
3.2 Typpioksidiyhdisteet	21
3.3 Typenoksidien puhdistaminen.....	21
3.4 Typenoksidin hapettaminen typpidioksidiksi ja rikastaminen typpihapoksi	21
3.5 Kuivaprosessointi	22
3.6 NO _x ja SO ₂ yhdenaikainen poistaminen	22
3.7 Peittauksen NO _x päästöt.....	23
4 PUHDISTUSTEKNIIKAN VALINTA	24
4.1 Kaasun virtausnopeuden mittauskohdat pyöreässä putkessa.....	24
4.2 Tilavuusvirran laskenta Pitot-putkella	25
4.3 Kaasun koostumus ja lämpötila	27
4.4 Kaasun vesisisällön määrittäminen	27
5 PISARANEROTIN.....	29
5.1 Inertiaerottimet.....	29

5.2 Sentrifugi erottimet.....	30
5.3 Pisaraerottimen hyvät ja huonot puolet	32
6 MÄRKÄPESURIT	33
6.1 Huomioitavaa märkäpesureissa	33
6.2 Suihkutilapesurit	34
6.3 Täytekappalepesuri.....	35
6.4 Täytekappalepesurin hyvät puolet ja huonot puolet	36
6.5 Venturipesuri.....	37
6.6 Venturipesurin hyvät ja huonot puolet	37
7 KAASUJEN PESULAITTEIDEN TOIMITTAJIA.....	39
7.1 Wiser Oy:n esittely ja yhteystiedot	39
7.2 Ekomans Oy: n esittely ja yhteystiedot.....	39
7.3 Condens heat recovery Oy:n esittely ja yhteystiedot	40
8 TULOS	42
8.1 Paras laitevalinta OSTP: n tehtaalle	42
8.2 Tämänhetkistä tarvetta vastaava laite	43
9 YHTEENVETO SAADUISTA TARJOUKSISTA.....	44
10TYÖN ANALYSOINTI JA JATKOKEHITYSIDEA	45
LÄHTEET	46

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

OSTP	Outokummun Pietarsaaren tehtaan nimen lyhenne joka tulee seuraavista sanoista: Outokumpu Stainless Tubular Product.
BAT	Lyhenne sanoista Best Available Techniques ja tarkoittaa suomeksi parasta käytettävissä olevaa tekniikka. Lyhenne liittyy ympäristön suojeluun.
FV-1/FV-2	OSTP:llä hitsauslinjoista käytetty lyhenne.
Sekahappo	Peittauksessa käytetyn hapon nimitys.
Peittaus	Ruostumattomien ja haponkestävien putkien happopuhdistuskäsittely. Peittaus poistaa oksidit ja muut epäpuhtauden teräksen pinnalta, jolloin kromioksidikalvo voi syntyä ruostumattoman teräksen pinnalla.
FTIR	FTIR on lyhenne sanoista Fourier transform infrared. Se tarkoittaa kaasujen analysointia infrapunan absorptioon perustuen. FTIR-analysointori mittaa kaikki IR-aallonpituudet samanaikaisesti ja FTIR:n avulla voidaan siten mitata useita komponentteja samanaikaisesti.
Adsorbatio	On fysikaalinen prosessi, jossa kaasu tai nestemäinen aine muodostaa kalvon kiinteään aineen pinnalle.

Absorptio	Absorptiolla tarkoitetaan prosessia, jossa fotonin energia siirtyy esimerkiksi atomille, jonka valenssi-elektroni siirtyy korkeampaan energiatilaan.
NO_x	Tarkoittaa ympäristönsuojelussa typpimonoksidia tai typpidioksidia, muussa yhteydessä se voi myös tarkoittaa mitä vaan tunnetuista seitsemästä typpioksidihdisteestä.
Kelaatio	On kemiallinen reaktio, jonka tarkoitus on viedä metallikationi reaktioon tai kelaation avulla voidaan myös poistaa metallikationi reaktiosta. Kyseessä on siis faasinsiirtokatalyysi.

KUVIO- ja TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Peittausaltaat FV-1 ja FV-2 sekä ilmanvaihtoputkisto.	14
Kuvio 2. Poistoilmapuhallin ja pisaraerotin FV-1/FV-2.....	15
Kuvio 3. Tuloilmakoje, Koja Futura.....	16
Kuvio 4. Poistoilmapiiput.	17
Kuvio 5. Mittauspisteiden sijainti pyöreässä kanavassa	25
Kuvio 6. Yksinkertaisia inertiakerääjienrakenteita.....	30
Kuvio 7. Syklonikerääjä Wiser Oy.....	31
Kuvio 8. Suihkutilapesuri.....	35
Kuvio 9. Täytekappalepesuri	36
Taulukko 1. Poistoilmapuhaltimen ja tuloilmakojeen tekniset tiedot.	14
Taulukko 2. Peittaushappojen tavoitearvotaulukko	18
Taulukko 3. Poistoilman analyysitaulukko.....	19
Taulukko 4. Päästöjen vertailu	23
Taulukko 5. WPE-WPEX Pisaranerotin teknisiä tietoja.....	31

Taulukko 6. Wiser Oy:n yhteystiedot.....	39
Taulukko 7. Ekomans Oy:n yhteystiedot	40
Taulukko 8. Condens heat recovery yhteystiedot	41

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni toimeksianto tuli OSTP Oy Ab:hen kuuluvalta Pietarsaaren tehtaalta. Tehtaan koko nimi on Outokumpu Stainless Tubular Products Jakobstads works. Pietarsaaren yksikkö valmistaa ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä valmistettuja putkia ja putkenosia pääasiassa prosessiteollisuuden käyttöön. OSTP Oy Ab:hen kuuluu yhdeksän tuotantoyksikköyksikköä, jotka sijaitsevat Ruotsissa, USA:ssa, Kanadassa, Saudi-Arabiassa ja Suomessa. Pietarsaaren yksikkö on suurimpia sekä tuotannollisesti että henkilömäärällisesti katsottuna. Pietarsaaren tehtaassa työskenteli 27.9.2011 160 henkilöä. Työssäni käytän yrityksestä lyhennemuotoa OSTP.

1.1 Työn tavoite

Opinnäytetyöni tavoite on selvittää Pietarsaaren tehtaiden peittauslaitoksen poistoilman puhdistamismahdollisuuksia. Tällä hetkellä peittauslaitoksen poistoilmat johdetaan radiaalipuhaltimilla pienen pisaranerotin läpi suoraan ulkoilmaan. Suurin ongelma peittauksen poistoilmasysteemissä on happamien päästöjen roiskuminen piipuista lähiympäristöön. Peittauksen poistoilman ollessa noin **+40 celsiusastetta** poistoilmakaasu kondensoituu jäähtyessään ja roiskuu piipuista lähiympäristöön. Happamat roiskeet ovat vaaraksi ihmisille ja aiheuttavat valmiiden tuotteiden uudelleenpeittauskäsittelyn likaantumisen takia. Poistoilman puhdistustekniikan on kyettävä jäähdyttämään ja puhdistamaan poistokaasut niin, että kaasu ei sisällä niin paljon nestettä ja happamia aineosia kuin tänä päivänä. (Olkola 2011.)

Opinnäytetyöni esittelee erotilaitteita, joilla kyseessä oleva ongelma voidaan ratkaista. Opinnäytetyö toimii näin myös apuna yrityksen johdolle heidän tehdessään päätöksiä kaasunpuhdistuslaitteinvestoinnista. Peittauksen poistoilman puhdistusta ei suunnitella sen takia, että päästöt ylittäisivät ilmansuojelullisia raja-arvoja, vaan

työllä pyritään vastaamaan tiukkeneviin päästömääräyksiin tulevaisuudessa. (Pynttari 2011.)

1.2 Ilmansuojelu

Käsiteltäessä teollisuuden poistoilmakaasuja on perusteltua perehtyä hieman myös ympäristönsuojeluasioihin. Yksi mahdollinen peruste poistoilman puhdistuslaitteinvestoinnille ovat viranomaisten ympäristösäännökset. Tämän takia päästöjen raja-arvojen selvittäminen on pakollista. On myös selvitettävä minkälaisia ympäristöpäästöjä peittausaltaiden kohdepoistojen kautta OSTP:llä tapahtuu. (Pynttari 2011.)

Ilmaston ja ympäristön pilaantumista pyritään estämään ilmaston- ja ympäristönsuojelulilla. Uusi ympäristönsuojelulaki astui voimaan 4.2.2000/86. Ympäristöluvan saaneet yritykset ovat lain velvoittamina pakotetut käyttämään parasta käyttökelpoista tekniikkaa vähentääkseen ympäristön kuormitusta. Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla (BAT-tekniikka) tarkoitetaan mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttamaa ympäristön pilaantumista. (Ympäristö.fi, [viitattu 28.9.2011].)

OSTP Oy Ab kuuluu alueen suurimmista yrityksistä ja ympäröivistä kunnista koontuvaan vastuulliseen kokoonpanoon. Nämä yritykset ja kunnat ovat sitoutuneet seuraamaan päästöjään alueen ympäristöön. (Pietarsaaren seudun ilmanlaadunmittausten tarkkailuohjelma).

OSTP:llä ei ole velvoitetta seurata ilmanpäästöjä tai raportoida niistä millekään instanssille. OSTP:n Pietarsaaren tehdasta pidetään pienenä päästöjenlähteenä eikä toimialalle ole säädetty vielä tiukkoja rajoituksia ja seuranta poistoilman suhteen.

Asia olisi toinen, jos yritys harrastaisi jätteenpolttoa. Ympäristölupa velvoittaa yritystä olemaan tietoinen omista päästöistään, siksi poistoilman päästöjä tutkitaan viiden vuoden välein olevilla määräaikaistarkistuksilla. Ympäristölupa sanelee toimenpiteet, joilla varmistetaan mahdollisimman vähäisten negatiivisten vaikutusten toteutuminen ympäristöön. Ympäristöluvuissa mainitaan löyhästi ilmaan johdettujen typenoksidien ja muiden päästöjen vähentämisen merkitys. (Ympäristölupa 2003,13.)

2 ALKUTILANTEEN SELVITYS

Peittauslaitos, josta puhdistettava poistoilma tulee, on automaattisesti toimiva osa integroidusta putkenvalmistusprosessista. Prosessissa ruostumattomia ja haponkestäviä teräsputkia muokataan ja pituus hitsataan suoraan peltirullalta. Hitsauksen jälkeen putket katkaistaan määrämittäisiksi, jonka jälkeen ne siirtyvät jälkikäsittelyrataa pitkin peittaukseen. Peittauksen jälkeen putket merkitään ja pakataan ilman välivarastoja. Peittauslinjoja on kaksi FV-1 ja FV-2.

2.1 Peittausaltaat

Automaattisia peittausaltaita on kaksi, FV-1 ja FV-2. Tilavuudeltaan FV-2 on noin kaksi kertaa isompi kuin FV-1. Peittausaltaassa FV-1 on sekahappoa 9024 litraa ja peittausaltaassa FV-2 sitä on 17311 litraa. Peittausaltaat ovat suljettuja, ja altaat on varustettu automaattisella ilmanvaihdolla. Automatiikka ohjaa korvausilman tuloa. Korvausilman tulo estyy, kun sulkuluukut aukeavat, millä estetään kaasujen virtaus ulos peittausaltaista.

Peittauksen tuloilma on hoidettu Koja Futura merkkisellä ilmanvaihtokojeella. Koje on varustettu ulkoilman esilämmityksellä. Esilämmitys tehdään kaukolämmöllä toimivalla lämmönvaihtimella. Korvausilma tulee ulkoa ja ilma esilämmitetään lä-

helle peittäushapon lämpötilaa, koska peittäusprosessissa happo lämpötila on noin +50 °C.

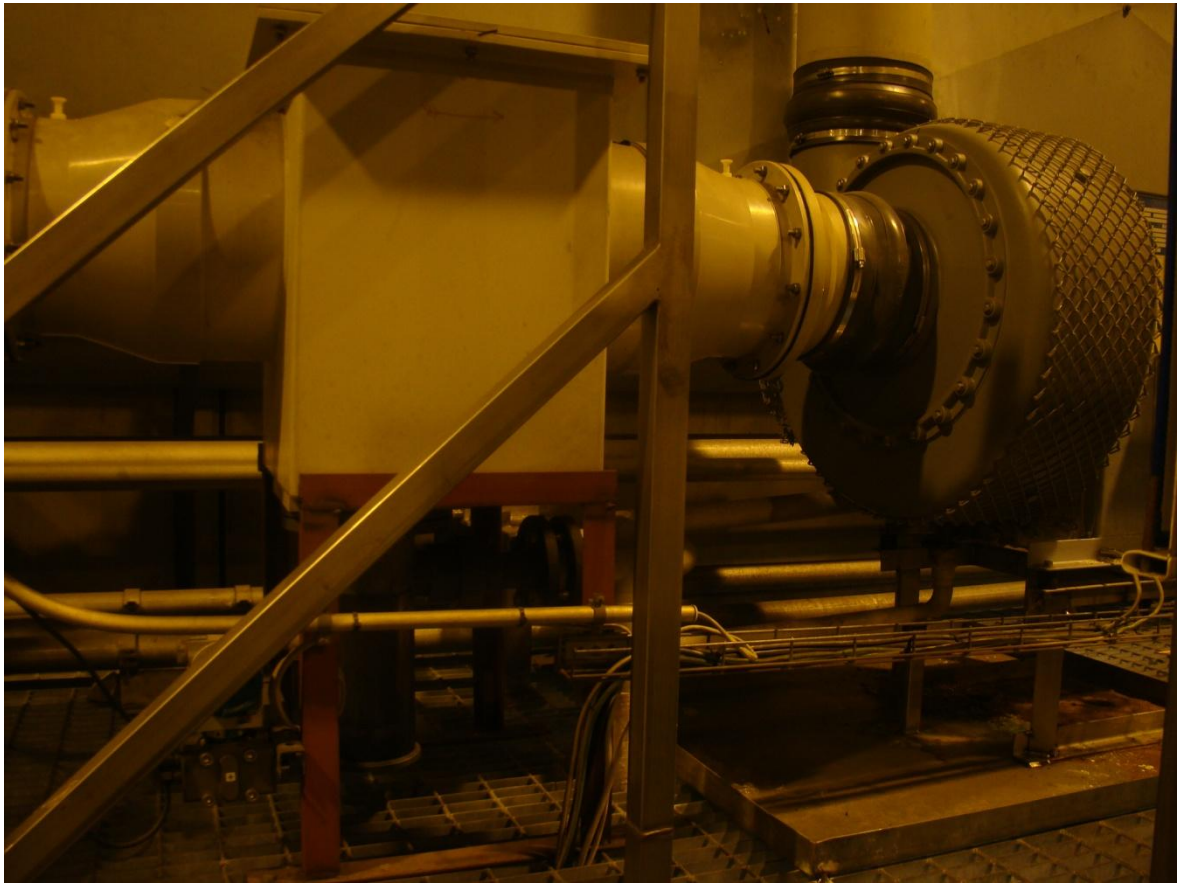
Poistoilmapuolella on Hürner Funkenmerkkinen radiaalipuhallin, joka imee peittäusaltaista pisaranerotin kautta kaasut ulkoilmaan. Puhaltimien tekniset tiedot on luettavissa taulukosta 1. Poistoilmat johdetaan 250 mm halkaisijaltaan ja 12 mm seinämävahvuudella olevia PVC muoviputkia pitkin ulos tehtaan länsiseinälle. Piiput ovat nähtävistä kuviosta 4. Tuloilmakoje esilämmityksellä on nähtävissä kuviossa 3. Pisaraerotin ja poistoilmakojeen kuva on kuvio 2. ja suljetut peittäusaltaat FV-1 ja FV-2 sekä ilmanvaihtoputkisto on nähtävissä kuviosta 1. alla.

Taulukko 1. Poistoilmapuhaltimen ja tuloilmakojeen tekniset tiedot.

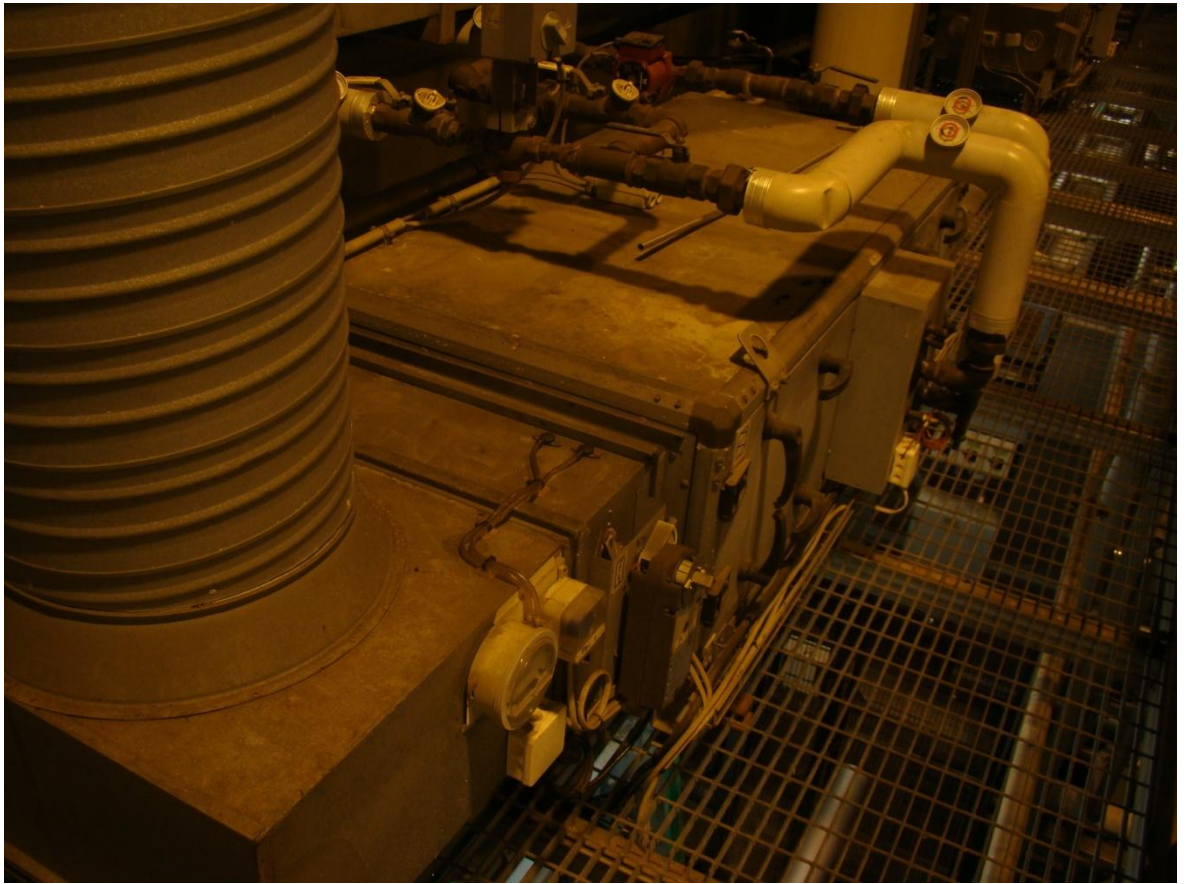
	Poistoilmakoje	Tuloilmakoje
Merkki/malli	Hürner Funken/Gmbh Type R 250-17 D/R	Koja Futura
Paineen vaihtelu ΔP (Pa)	800	
Teho (kW)	1.5	
Ilmantuotto m^3/h max.	3240	



Kuvio 1. Peittausaltaat FV-1 ja FV-2 sekä ilmanvaihtoputkisto.



Kuvio 2. Poistoilmapuhallin ja pisaraerotin FV-1/FV-2.



Kuvio 3. Tuloilmakoje, Koja Futura.



Kuvio 4. Poistoilmapiiput.

2.2 Peittaushappo

Peittausprosessissa käytetään ruostumattomien ja haponkestävien teräsputkien peittaukseen sekahappoa. Sekahappo valmistetaan neljästä aineosasta, jotka ovat rikkihappo, typpihappo, fluorivetyhappo ja vesi. Molemmissa peittausaltaissa on samanlainen happoseos. Alla olevasta taulukosta 2. on luettavissa peittaushapon väkevyyden tavoitearvot. (Nurkkala 2011.)

Taulukko 2. Peittaushappojen tavoitearvotaulukko. (Nurkkala 2011.)

Tavoite	g/l
HNO_3	45
H_2SO_4	95
HF	27
H_2O	833

2.3 Peittauslaitoksen poistoilma

Peittauslaitoksen poistoilmaa tutkitaan viiden vuoden välein, kuten muitakin kohdepoistoja tehtaassa ympäristöluvan velvoittamana.

Yrityksen on tiedettävä, mitä päästöjä tuotanto tuottaa (Ympäristölupa 2003,13). Poistoilma-analyysit on suorittanut kemiläinen yritys Prosensor ilma ja ympäristö. Peittauksen poistoilmasta tutkitaan typenoksidit (NO_x) ja HF-päästöt. Peittauslaitoksen analyysit tehtiin FTIR-gasmet analysaattorilla. FTIR-mittaus perustuu IR-valon (infrapunavalon) absorptioon. Peittauksen poistoilma voidaan luokitella rakentamismääräyskokoelman osa D2/1987 mukaan kuuluvaksi luokkaan viisi (5). Luokan viisi (5) poistoilman määritellään sisältävän reilusti enemmän pahanhajuisia ja epäterveellisiä epäpuhtauksia, kuin hyväksyttävä sisäilma sisältää. Ilmaa ei voida käyttää palautus- tai siirtoilmana. (Take 2000.) Alla olevassa taulukossa (3) on poistoilma-analyysi ja siinä on luettavissa kaasun sisältämät aineosat.

Taulukko 3. Poistoilman analyysitaulukko. (Prusila 2009.)

Peittauslinja	$Nm^3 = Normikuuutio$	FV-1	FV-2
Tilavuusvirta	Nm^3/h	1804,18	1661,21
NO_x	mg/Nm^3	656	971
NO_x Epävarmuus \pm	mg/Nm^3	37	55
NO_x	kg/h	1,183	1,1612
HF	mg/Nm^3	3	3
HF epävarmuus \pm	mg/Nm^3	0,2	0,2
HF	kg/h	0,005	0,004

3 TYPENOKSIDIEN HALLINTA

3.1 Yleistä typenoksideista

1940-luvulla A. J. Haagen-Smith ryhmineen tutki USA:ssa Los Angelesin alueen ilmansaasteita ja he huomasivat, että tietyntyyppinen savu aiheutui ilmakehässä olevasta typenoksidista ja reaktiivisesta hiilivedystä.

Tämän selvityksen jälkeen valokemiallisen savusumun hallinnassa keskityttiin pelkästään hiilivety päästöjen vähentämiseen. Hiilivety päästöihin keskityttiin ehkä siksi, että se on helpommin ratkaistava ongelma kuin typenoksidien vähentäminen ilmakehässä. Tutkimus tehtiin kuitenkin myös sen takia, että typenoksideja voitaisiin vähentää.

Vasta 10–15 vuoden kuluessa Haagen-Smithin alkuperäisistä löydöksistä on opittu ymmärtämään typenoksidien muodostumista. Vasta vuosien päästä Haagen-Smith:n löydöksistä on voitu kehittää muutamia innovatiivisia teknologioita auttamaan typenoksidien hallinnassa.

Haagen-Smith huomasi vuonna 1952, että valokemiallisessa reaktiossa, jossa typenoksidit hapettavat hiilivetyä, muodostuu otsonia (Cooper & Alley 1986, 451). Alla on esiteltyä joitain kemiallisia prosesseja, joilla pyritään poistamaan typpiyhdisteitä sekä rikkidioksideja.

Otsikoiden 3.3 - 3.5 alla esitettävät kemialliset prosessit ovat ihanneolosuhteissa toteutuvia teoreettisia tapahtumia, joten ne eivät ole suoraan siirrettävissä käytäntöön. Näistä kemiallisista kaavoista voidaan kuitenkin nähdä perusideat siitä, kuinka typenoksideihin voidaan vaikuttaa. Oikeanlaisilla kemiallisilla prosesseilla lopputuotteeksi savukaasusta saadaan jokin vähemmän ympäristöä kuormittava yhdiste kuin typen oksidi.

3.2 Typpioksidiyhdisteet

Typenoksidiyhdisteitä on seitsemää tunnettua tyyppiä, jotka ovat kemialliselta kaavaltaan: NO , NO_2 , NO_3 , N_2O , N_2O_3 , N_2O_4 ja N_2O_5 . Näistä seitsemästä typenoksidiyhdisteestä NO eli typpimonoksidi ja NO_2 eli typpidioksidi ovat tärkeimmät saastuttajat, koska niitä syntyy suurimpia määriä. Termi NO_x voi tarkoittaa kaikkia seitsemää typpioksidiyhdistettä, mutta ilmansuojelussa se tarkoittaa pääasiassa vain NO ja NO_2 eli typpimonoksidia ja typpidioksidia. (Cooper & Alley 1986, 451.)

3.3 Typenoksidien puhdistaminen

NO eli typpimonoksidi ei liukene veteen, joten typenoksidien puhdistamiseen kaasusta on käytettävä kompleksinmuodostajia. Reaktio, joka tapahtuu kompleksinmuodostajien ansiosta, on nimeltään kelaatio. Kelaatiota käytetään hyväksi yleisesti pesuaineissa. Toinen vaihtoehto on, että typpimonoksidit NO hapetetaan typpidioksideiksi NO_2 . Typpimonoksidien imeyttäminen ja vähentäminen onnistuu kelaation avulla, jos kompleksinmuodostajana käytetään etyyliitiamiinitetraetikkahappoa (EDTA) ja rautaa (Fe). Kolmas tapa puhdistaa NO_x ja SO_2 päästöt on käyttää adsorptioainetta, joka kerää puhdistettavat kemikaalit pinnalleen. (Dullien 1988, 234.)

3.4 Typenoksidin hapettaminen typpidioksidiksi ja rikastaminen typpihapoksi

Koska typpimonoksidi ei liukene veteen, se on muutettava typpidioksidiksi. Kun typpimonoksidi on hapetettu typpidioksidiksi, siitä on mahdollista rikastaa typpi-happoa, joka voidaan kierrättää takaisin prosessiin. Typpimonoksidi voidaan hapettaa typpidioksidiksi poistokaasun jäähtyessä absorptiotornissa alla olevan yhtälön (1) mukaan. (European comission Joint research center 2008, 125.) Typpidioksidin (NO_2) rikastaminen typpihapoksi (HNO_3) tapahtuu vetyperoksidin (H_2O_2)

avulla taasen yhtälöiden 2 - 4 mukaan kohtalaisen matalassa lämpötilassa, joka on +30-80°C (Technologies for a clean environment 2012.)



3.5 Kuivaprosessointi

Valinnainen typenoksidien poistaminen tapahtuu käyttäen apuna SCR-menetelmää, joka on lyhenne englanninkielisistä sanoista Selective catalytic reduction. Alla olevat kaavat 5 ja 6 toimivat 180 ja 450 celsiusasteen välillä. Prosessi esiintyy TiO_2 , rautaoksidi, ja zeoliitti SCR katalyyttien kanssa. (Dullien 1988, 235.)



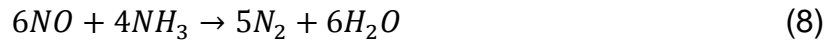
3.6 NO_x ja SO_2 yhdenaikainen poistaminen

Huomioitavin prosessi kyseisten osien poistamiseen kaasusta on Bergbau-Forschung-prosessi, jossa käytetään aktiivista koksia adsorptioaineena. Adsorptio-prosessissa on kaksi päätapahtumaa, jotka on kuvattu alla kaavassa (7) ja kaavassa (8). (Dullien 1988, 235.)

1. Aktiivisen koksen vaikuttaessa



2. Aktiivisen koksen ja katalyytin vaikuttaessa



3.7 Peittauksen NO_x päästöt

Saadaksemme käsityksen OSTP:n peittauslaitoksen NO_x päästöjen suuruudesta voimme verrata sitä Pietarsaassa sijaitsevan Pohjolan voiman Alholmens Kraftin voimalaitoksen päästöihin. Alla on taulukko 4, josta voimme havaita, että OSTP:n päästöt eivät ole merkittäviä NO_x päästöjen osalta. Taulukosta 3 näemme, että peittauslinjat aiheuttavat 2,34 kg/h NO_x päästöä. Vuodessa OSTP:n päästöt, jos laskemme ajan 11 kuukauden mukaan, ovat $2,34 \times 8040 \text{ h} = 18813$ kiloa NO_x /vuosi. Alholmens Kraftin päästöt ovat luettavissa Pohjolanvoiman sivuilta ja ovat noin 100 tonnia/vuosi eli OSTP:n päästöt ovat viidesosa polttovoimavoimalaitoksen NO_x päästöistä (Pohjolan voima 2011).

Taulukko 4. Päästöjen vertailu. (Pohjolan voima 2011.)

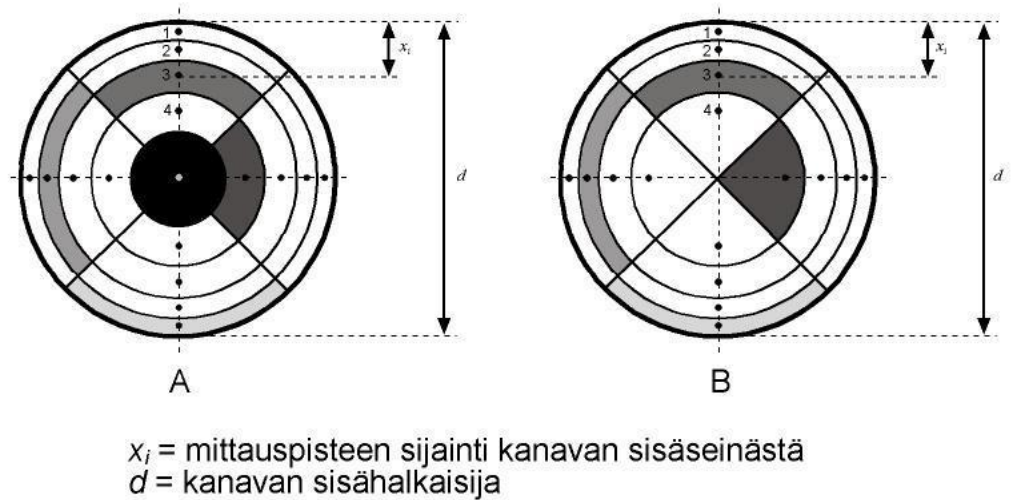
Laitos	Periodi (yksi vuosi)
OSTP/peittauslinjat	< 18813 kg
Alholma Kraft	noin 100000 kg

4 PUHDISTUSTEKNIIKAN VALINTA

Ennen kuin on mahdollista valita tarkasti oikea vaihtoehto saasteisen poistoilman puhdistustekniikaksi, on määritettävä joukko muuttujia, jotka vaikuttavat valittavan puhdistuslaitteen ominaisuuksiin. Ennen laitehankintaa on tiedettävä kaasun virtausnopeus, koostumus, lämpötila, vesipitoisuus, kastepiste, hiukkaspitoisuus, partikkeleiden koko sekä partikkeleiden kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet. Kun kyse on peittauksen poistoilman puhdistamisesta, tiedetään, että kaasu ei sisällä kiinteitä partikkeleita, vaan ainoastaan kemiallisia ainesosia. Tätä tietoa vasten voidaan suunnittelussa jättää pois jo muutamia suodatustekniikoita, kuten Syklonisuodatin ja normaalit kangassuodattimet. Kyseisen ongelman ratkaisemiseksi käyvät pisaranerotitimet ja erilaiset märkäpesurit. Märkäpesureita ovat esimerkiksi täytekappalepesuri ja veturipesuri. Märkäpesureita kutsutaan myös suihkuttilapesuriksi. (Dullien 1988, 262.)

4.1 Kaasun virtausnopeuden mittauskohdat pyöreässä putkessa

Kaasun virtausnopeudet mitataan yleensä Pitot-putkella sen helppokäyttöisyyden takia. Pyöreässä putkessa tila on jaettu useaan omaan tilaan. Tilat ovat samanlaisia keskenään. Pitot-putkella mittaus suoritetaan jokaisen osapinta-alueen painopisteestä ja virtausnopeus mitataan kahdesta eri putken halkaisijan suunnasta, jolloin jokaisesta renkaasta saadaan neljä mittaustulosta. (Dullien 1988, 262–263.) Alla periaatekuva mittauspisteiden valinnasta standardin SFS-EN 13284-1 mukaan. (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 10.)



Kuvio 5. Mittauspisteiden sijainti pyöreässä kanavassa (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 10.)

4.2 Tilavuusvirran laskenta Pitot-putkella

Pitot putkimittauksessa kaasun nopeus määritellään kanavassa virtaavan kaasun dynaamisen paineen ja kostean kaasun tiheyden avulla. Dynaaminen paine mitataan Pitot-putkella ja paine-eromittarilla. Paine-ero mittarina voi olla esimerkiksi mikromanometri. (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 13 - 15.)

Pitot-putkia on kahdenlaisia, L- ja S-tyyppisiä. S-tyyppinen on kosteiden ja runsaasti hiukkasia sisältävän kaasun mittaukseen. L-tyyppinen anturi on kuivien kaasujen mittaukseen tehty malli. Antureiden korjauskerroin on lähellä yhtä, esimerkiksi S-tyypin anturin kerroin on 0,82 - 0,83. Pitot-putkella pystytään helposti määrittelemään ainevirran nopeus alla olevalla kaavalla 4. Dynaaminen paine on virtausnopeuden funktio, kuten alla on esitetty kaavassa 3. (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 13 - 15.)

$$\frac{\rho_{ws} \times V_{ws}^2}{2} = P_{dyn} \quad (8)$$

Josta seuraa, että virtausnopeus v lasketaan alla olevalla kaavalla 9

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{dyn}}{\rho}} \text{ Pitot-putki, ainevirran nopeuskaava} \quad (9)$$

ρ = Väliaineen tiheys

v = Ainevirran nopeus

P_{dyn} = Dynaaminen paine

ρ_{ws} = kostean kaasun tiheys kanavassa

V_{ws} = kostean kaasun nopeus kanavassa

Kaasun virtausnopeus putkessa lasketaan kaavalla (9)

$$\sqrt{\frac{2 \cdot 103.75 \text{ hPa}}{1.55 \text{ kg/m}^3}} = 11.6 \text{ m/s}$$

Virtausnopeus kerrottuna putken halkaisijan pinta-alalla on tilavuusvirtausnopeus, joka tässä tapauksessa on kostean kaasun tilavuusvirtausnopeus. Putken halkaisija on 0.25m. Ympyräpinta-alan laskentakaava on alla, kaava 5.

$$\pi \cdot r^2 \quad (10)$$

Putken pinta-ala on laskettu kaavalla 10.

$$\pi \cdot 0.125 \text{ m}^2 = 0.049 \text{ m}^2$$

Joten tilavuusvirtausnopeus lasketaan seuraavasti

$$11.6 \text{ m/s} \cdot 0.049 \text{ m}^2 = 0.56 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Mikäli dynaamisen paineen mittauspisteitä on useampia, kuten neljä, saadaan keskimääräinen kaasuvirran nopeus jokaisen pisteen nopeuden keskiarvona (kaava 6). (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 13 - 15.)

$$V_{wska} = \sqrt{\frac{2}{\rho_{ws}}} \times \frac{\sqrt{p_{dyn_1}} + \sqrt{p_{dyn_2}} + \sqrt{p_{dyn_3}} + \sqrt{p_{dyn_4}}}{4} \quad (11)$$

Poistoilman analyysissä on Pitot-putkella saatu seuraavat lukemat kaasun virtausnopeudeksi putkessa. Tulokset on luettavissa taulukosta 3. Poistoilman analyysitaulukko. Tulokset ovat saatu mittauspisteiden dynaamistenpainneiden keskiarvon mukaan. (Prusila 2009.)

4.3 Kaasun koostumus ja lämpötila

Peittaushappo sisältää analyysin mukaisia osasia, jotka ovat luettavissa taulukosta 3. Tärkeimmät komponentit ovat typenoksidit (NO_x), fluorivety (HF) ja vesi. Kaasu ei sisällä merkittävän kokoisia kiinteitä aineita. Typenoksidit ja Fluorivety ovat haitallisia ihmiselle. Ympäristölle typenoksidit eivät ole juurikaan haitallisia, kun taas ihmisessä se vaikeuttaa hapen kulkeutumista verisoluissa. Rannikolla typpipäästöt on kuitenkin pidettävä mahdollisimman pienenä typen vesistöjä rehevöittävä vaikutuksen takia. (Kuopion ilmanlaatu 2010.18.) Peittauksen poistokaasu sisältää myös suuren osan vettä ja muita voimakkaasti korroosiota aiheuttavia aineita, mikä on otettava huomioon laitehankinnoissa. Peittaushappo on enimmillään $+53^{\circ}C$, mutta poistoilman lämpötila on $+40 - 45^{\circ}C$ (Prusila 2009).

4.4 Kaasun vesisisällön määrittäminen

Kaasun vesisisällön määrittäminen tehdään yleensä lauhduttamalla, jolloin testi tehdään gravimetrisesti eli punnitsemalla. Lauhduttaminen ja analyysi tehdään joko hiukkasmittauksen yhteydessä tai erikseen, jos hiukkaspitoisuutta ei määrite-

tä. Mikäli määrittäminen tehdään erikseen, on näytteenottoajan oltava riittävän pitkä. Pitkällä näytteenottoajalla varmistetaan kondensoituneen vesimäärän riittävän tarkka punnitseminen. Jäännöskosteus on syytä adsorboida esimerkiksi silikageeliin lauhduttamisen lisäksi. (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 15 – 16.)

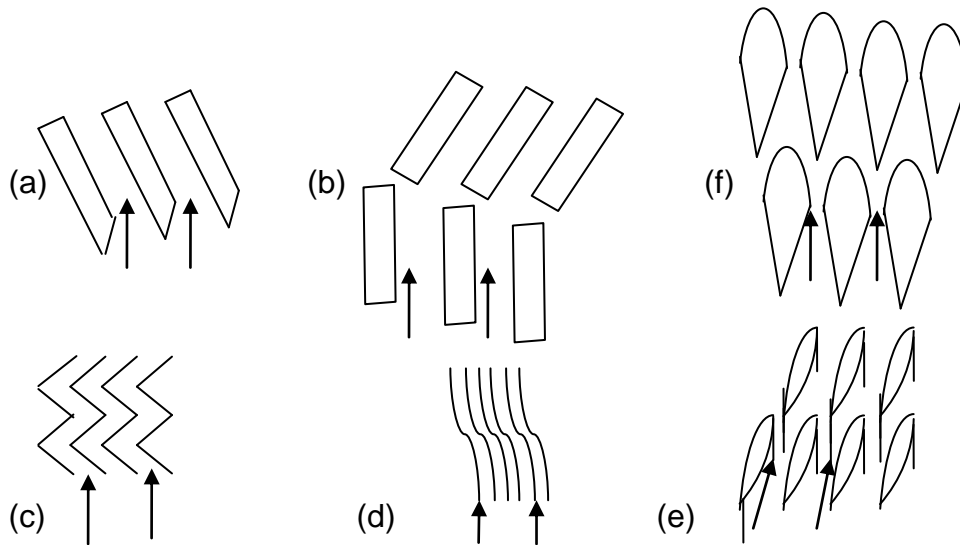
Analyysin suorittamisen onnistumisen kannalta on tärkeää, että kondenssiastiat on jäädytetty riittävän alhaiseen lämpötilaan esimerkiksi kylmävesihauteessa. Astioiden jäädyttämisellä varmistetaan mahdollisimman täydellinen kondensoituminen. Näytteenoton jälkeen keräyslinjaan kertynyt kondensoitunut vesi kerätään talteen kondenssiastiaan. Punnituksesta johtuvaa epätarkkuutta voidaan vähentää astioiden ulkopinnan kuivaamisella, lisäksi punnitseminen on suoritettava tärinätömässä ja vedottomassa tilassa. (Päästömittauksen käsikirja osa 1 2007, 15 - 16.)

5 PISARANEROTIN

Sääntönä voidaan pitää, että 95 % kaasun sisältämästä nesteestä olisi poistettava uudelleen saastumisen ehkäisemiseksi. Tämän tehtävän ratkaisemiseksi on olemassa niin kutsuttuja pisaranerotimia. Yleisimmin pisaranerottimien toiminta perustuu kaasun aineosien nopeuserojen kasvattamiseen, jolloin nesteet raskaimpina erottuvat kaasusta ja putoavat. Pisaranerottimet jaetaan kahteen luokkaan inertiaeräjiin ja sentrifugi keräjiin. (Cooper & Alley 1986, 208.)

5.1 Inertiaerottimet

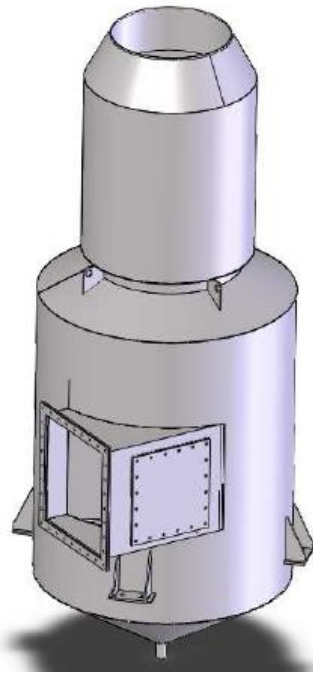
Inertia keräjiin toiminta perustuu siihen, että kaasuvirta, johon neste on sekoittuneena, virtaa esteiden lävitse. Kaasun virtausta estettäessä kaasun sisältämät nestepisarat iskeytyvät esteeseen ja kerääntyvät sen pintaan, jolloin pisaroiden koko kasvaa ja lopulta nestepisarat virtaavat vastakkaiseen suuntaan kaasuvirtaan nähden. Pisaranerottimissa käytetään monenlaisia rakenteita, ne voivat olla suodattimen tyylisiä ritilöitä tai erimuotoisia kanavoituja ratkaisuja. Tällä hetkellä peitauslinjojen poistoilmajärjestelmät on varustettu juuri tällaisilla inertiaerottimilla. (Cooper & Alley 1986, 208–209.) Alla on esimerkkejä muutamista yksinkertaisista inertiaerottimien rakenneratkaisuista kuviossa (6), nuolet osoittavat kaasun virtaussuunnan.



Kuvio 6. Yksinkertaisia inertiakerääjienrakenteita. (Cooper & Alley 1986, 209.)

5.2 Sentrifugi erottimet

Sykloni erottimien toiminta perustuu keskipakovoimaan, siksi niistä käytetään nimitystä sentrifugikerääjä. Näissä erottimissa kaasu ohjataan pyöreään säiliöön, jossa se joutuu kierteiseen liikkeeseen säiliön ulkoseinämää vasten. Kiinteät aineet, niin neste kuin pölyhiukkaset, törmäävät ulkoseinään ja menettävät energiansa ja tippuvat tai virtaavat säiliön pohjalle, josta pesujäte on helposti kerättävissä. Syklonikerääjiä käytetään yleensä kuivien aineosien erottamiseen kaasusta, mutta niitä voidaan hyvin käyttää myös nesteen poistamiseen kaasusta. Wiser Oy:n tarjoama pisaraerotin on niin sanotusti syklonikeräin, jossa on kaksi vaihetta. Ensimmäinen vaihe on syklonikammio, jossa kaasu ajautuu pyörivään liikkeeseen ja nestepisararat törmäävät säiliön seinämään ja valuvat alas. Toinen vaihe on kondenssiveden kerääminen ja poisleikkaaminen pisaraerottimen yläosassa. Periaatekuva Wiser Oy:n toimittamasta pisaraerottimesta WPE-WPEX alla kuvio 7 ja taulukossa 5. teknistä tietoutta. (Rönneberg 2011.)



Kuvio 7. Syklonikerääjä Wiser Oy. (Rönberg 2011.)

Taulukko 5. WPE-WPEX Pisaranerottimen teknisiä tietoja. (Rönberg 2011.)

Erottelukyky	Poistavat nesteet/veden ja öljyt kaasuvirrasta
Sijoittaminen putkistoon	Ennen tai jälkeen puhaltimen
Painehävikki (Pa)	Nimellisvirtauksella 500 Pa.
Rakenne	Tukeva
Suodatuskapasiteetti	1000-150000m ³ /h
Valmistusmateriaalit	Useita eri vaihtoehtoja
Mahdollisuudet	Pesuveiden kierrätys tai palautus peittaukseen <i>HNO₃</i> :na

5.3 Pisaraerottimen hyvät ja huonot puolet

Hyviä puolia pisaraerottimessa on yksinkertainen rakenne, ei lisämekaniikkaa, kohtuullinen painehäviö (noin 500Pa.). Pisaraerottimen asentaminen vaatii ainoastaan putkilinja muutoksen. Pisaraerotin on lähes huoltovapaa ja varmatoiminen. Peittauksen poistoilman puhdistamiseen riittää kaksi pisaranerotinta ja niiden hinnat ovat noin 7000€ - 8000€/kpl. (Rönnerberg 2011.)

Huono puoli on se, että pisaraerotin ei poista kaasumaisia epäpuhtauksia, lukuun ottamatta kondenssiin liuenneita kemikaaleja. Lisäksi höyryt ovat edelleen lämpimiä, joten höyryt kondensoituvat piipun jälkeen ulkoilmassa. Käytännössä nesteen roiskuminen on kuitenkin epätodennäköistä, koska kaasun virtausnopeus olisi pienempi. Puhaltimet, jotka ovat asennettuna peittaukseen tällä hetkellä, sietävät painevaihtelun 800 Pascaliin asti. Siksi nykyiset puhaltimet saattavat jäädä pieniksi, eikä puhaltimien tehot riitä takaamaan tarvittavaa virtausmäärää. Poistoilmajärjestelmän suunnittelussa on pumpun tehontarpeen selvittämisessä otettava huomioon esimerkiksi putkistossa olevat venttiilit, mutkat, risteykset, linjojen pituus ja putkiston materiaali. Tärkein ominaisuus putkiston materiaalilla on lähinnä materiaalin pinnanlaatu. (Rönnerberg 2011.)

6 MÄRKÄPESURIT

Märkäpesuun perustuvia laitteita, jotka on tehty savujen, sumun ja pölyseosten puhdistamiseen, kutsutaan märkäpesupesureiksi. Tämän ryhmän saastumisenhallintalaitteet keräävät haitalliset hiukkaset pesunesteen suoralla kontaktilla. Yleisimmin käytetty neste, joka törmää puhdistettavaan aineeseen, on vesi.

Markkinoilla on saatavilla monenlaisia pesuriratkaisuja. Yhteistä kaikille pesureille on kuitenkin se, että puhdistettava kaasu kulkee läpi veden. Vesi voi olla patjana, jolloin kaasu kulkeutuu ns. vesilukon läpi. Yleisimmin kuitenkin vesi ruiskutetaan suuttimista puhdistussiilossa vastakkaiseen suuntaan kaasunvirtaukseen nähden. Karkea jako pesureiden välillä on energiankulutuksen mukaan: alhainen, kohtalainen ja korkea. Energian tarve voidaan ilmaista paineen häviönä yli pesurin (Pa) tai kilowatteina puhdistettavaa kuutiota kohden (kW/m^3). Käsittelen pääasiassa pelkästään niitä pesurivaihtoehtoja, jotka ovat mahdollisia valintoja, kun peittauksen poistoilmaa puhdistetaan. (Cooper & Alley 1986, 189.)

6.1 Huomioitavaa märkäpesureissa

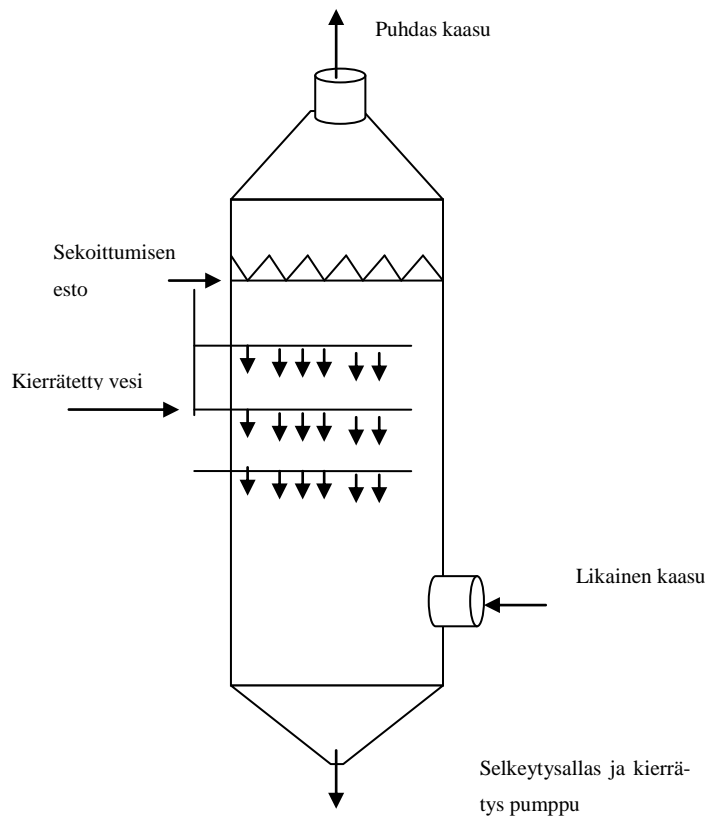
Kun kaasu menee läpi märkäpesurista, se kostuu koska vesi haihtuu ja lisää vesihöyryn määrää kaasussa. Samalla ilmavirta jäähtyy, koska nesteen höyrystyminen vaatii lämpöä, jonka se ottaa ilmavirrasta. Höyrystyminen on voimakasta, koska nesteen ja kaasun törmäämisellä on suuri pinta-ala. Poistuva ilma onkin vesipisaroiden kyllästämä. Tämän takia pisaraerotin on välttämätön pesurin jälkeen. Pesurit olisi parasta asentaa lämpimään sisätilaan, jotta voidaan varmistaa niiden pysyminen sulana. Ulos asennettavaan pesuriin on asennettava tehokkaat eristeet ja lämmittimet. (Cooper & Alley 1986, 208 -210.)

Aina kun kyseessä on nesteen ja kaasun pyörteinen kontakti, tapahtuu myös jonkin verran nesteen sekoittumista puhdistettavaan kaasuun. Periaate on, että 95 % vedestä poistetaan uudelleen likaantumisen estämiseksi. Tämän takia märkä-

pesurit on aina varustettu pisaranerotimella. Se, kuinka hyvin nesteet poistetaan, eli kuinka hyvin pisaranerotin toimii, ratkaisee myös pesurin puhdistustehon. Jos pisaranerotin ei ole oikein mitoitettu, ei pesurikaan puhdistusta kaasua niin hyvin kuin pitäisi. (Cooper & Alley 1986, 208.) Alempana on kuva märkäpesurin ja pisaranerotimen yhdistelmästä, Kyseistä ratkaisua myy Wiser Oy (kuvio 9.).

6.2 Suihkutilapesurit

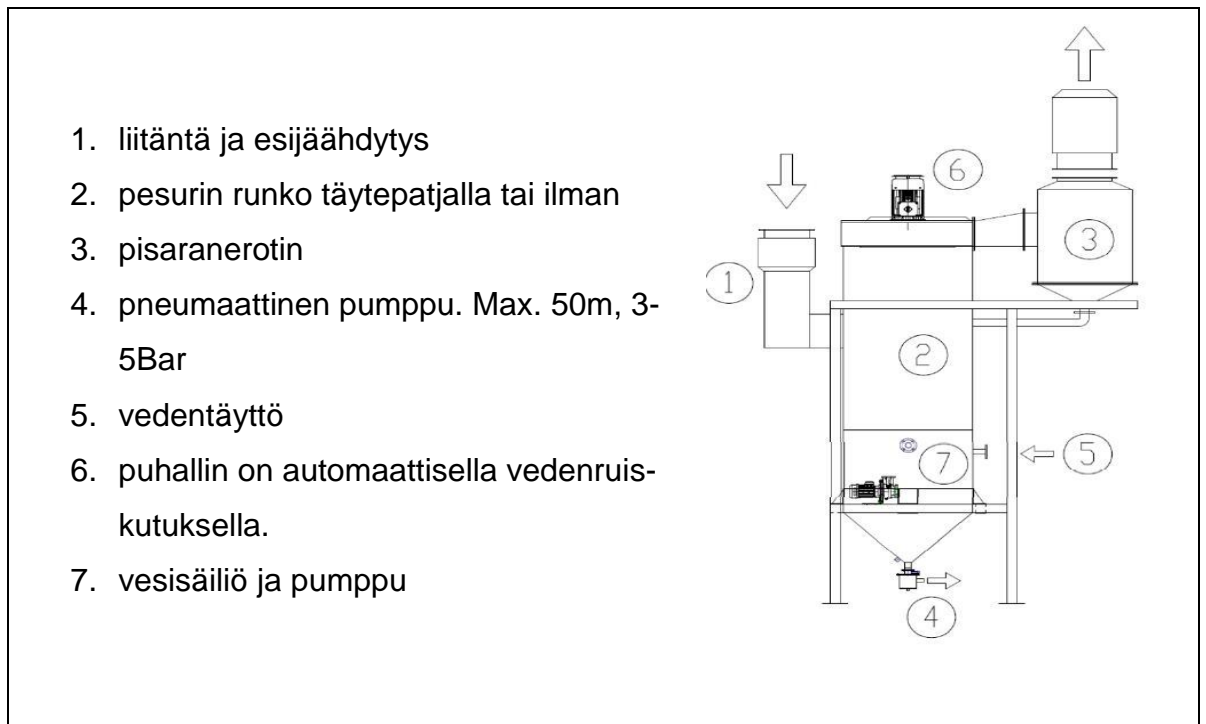
Suihkutilapesurissa hiukkaspitoinen kaasu ohjataan lieriön tai neliön mallisen pesuosan läpi, jossa kaasu joutuu törmäyskurssille nesteen kanssa. Neste ruiskutetaan suuttimista virtaavan kaasun läpi. Puhdistustulos riippuu pesuvedenpisaroiden koosta. Pisaroiden koko on säädettävä puhdistettavan aineen mukaan oikeaksi. Puhdistavan vesisuihkun vesi on kierrätettävissä ja käytettävissä uudelleen. Suihkumärkäpesuri voi olla myös rakennettu poikittain. Poikittain olevassa pesurissa on oltava kuvion 8 pesurista poiketen likaisen kaasun tulopuolella virtauksen esto, jotta virtausta ei tapahdu takaisin päin. (Cooper & Alley 1986, 189–191.) Alla on periaatekuva tyypillisestä suihkumärkäpesurista (kuvio 8).



Kuvio 8. Suihkutilapesuri. (Cooper & Alley 1986, 190.)

6.3 Täytekappalepesuri

Täytekappalepesuri toimii kuin suihkutilapesuri, mutta siinä on niin sanottu täytepatja kaasuvirran edessä. Täytepatjalla saadaan lisää pinta-alaa, johon puhdistettava kaasu törmää ja näin kaasusta puhdistuu huomattavasti suurempi määrä epäpuhtauksia, kuin pelkällä suihkulla toimivassa pesurissa. Täytekappaleina toimivat yleensä polypropeenin rakeet. Rakeiden on kestettävä puhdistettavia kemikaaleja ja vallitsevaa lämpötilaa. Täytekappalepesurin kapasiteetti ilmaistaan yleensä tunnissa puhdistettavan kaasun määränä (m^3/h) tai vedentarpeena puhdistettavaa kaasun normikuutiota kohden ($(\text{H}_2\text{O}/\text{kaasu})/\text{h}$). Täytekappalepesurilla päästään parhaaseen puhdistustulokseen kohtuullisella painehäviöllä. Alla kuviossa 9. on täytekappalepesuri jota Wisser Oy myy. (Rönneberg 2011.)



1. liitântä ja esijäähdytys
2. pesurin runko täytepatjalla tai ilman
3. pisaranerotin
4. pneumaattinen pumppu. Max. 50m, 3-5Bar
5. vedentäyttö
6. puhallin on automaattisella vedenruiskutuksella.
7. vesisäiliö ja pumppu

Kuvio 9. Täytekappalepesuri. (Rönnerberg 2011.)

6.4 Täytekappalepesurin hyvät puolet ja huonot puolet

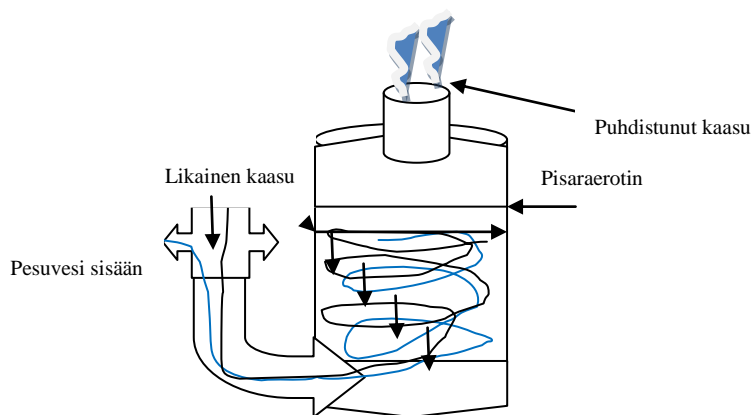
Täytekappalepesurin hyviä puolia ovat hyvä puhdistusteho ja pesuveden kierrätysmahdollisuus. Pesurista puhdistettava typen oksidi voidaan rikastaa vedellä ja mahdollisesti palauttaa peittaushappoon. Täytekappalepesuri voidaan mitoittaa suurtakin puhdistustarvetta vastaavaksi, ja siihen voidaan yhdistää kaasun neutralointi esimerkiksi lipeällä, tai jokin muu reaktio saada aikaan ruiskuttamalla pesuveden mukana haluttua kemikaalia. (Rönnerberg 2011.)

Huonoja tai huomioon otettavia asioita täytekappalepesurissa on erityisesti suuri veden tai pesunesteen tarve. Pesunesteen tarve ilmoitetaan tilavuuksien suhteena ja on kaksi ja puolikertainen verrattuna puhdistettavan kaasun määrän. Näin ollen, jos puhdistettavaa kaasua menee tunnissa läpi 1000m^3 , on pesunestettä oltava käytössä noin $2500\text{m}^3/\text{h}$. Pesuvettä voidaan kuitenkin kierrättää, jolloin puhtaan veden tarve pesurissa vähenee huomattavasti. Lopullinen kulutus riippuu laitteiston optimoinnista, ja laitteiston optimaalinen toiminta riippuu puhdistettavista aineista. Siksi tarkkaa vedenkulutusta on vaikea määrittellä etukäteen. Ulos asennet-

tavan pesurin jäätyminen on estettävää. Täytekapalepesuri ja muutkin märkäpesurit on suojeltava jäätymiseltä. (Rönneberg. 2011.)

6.5 Venturipesuri

Venturipesurin toiminta perustuu sisään tulevan kaasun ja pesunesteen nopeuden kiihdyttämiseen niin sanotun venturisuuttimen avulla. Pesuneste sekoittuu nopeasti virtaavaan kaasuun, jonka nopeus voi olla 46 m/s-153 m/s, jolloin veden ja kaasun seos joutuu turbulenssiin ja vesipisarot törmäävät suurella todennäköisyydellä puhdistettaviin partikkeleihin. (Cooper & Alley 1986, 192.) Alla on kuva venturipesurista (kuvio 10).



Kuvio 10. Venturipesuri. (Cooper & Alley 1986, 194.).

6.6 Venturipesurin hyvät ja huonot puolet

Venturipesurin hyvä puoli on se helppohoitoisuus johtuen yksinkertaisesta rakenteesta. Venturipesurilla on vähäinen huoltotarve. Venturipesuri soveltuu erityisesti suodattimia tukkivien sekä räjähdysvaarallisten aineiden käsittelyyn. (Rönneberg 2011.)

Huonoina puolina voidaan pitää sitä, että venturipesuri tarvitsee toimiakseen paljon sähköenergiaa, johtuen kaasun virtausnopeuden kiihdytystarpeesta ja suuresta painehäviöstä, joka on korvattava suuremmilla pumpuilla. Venturipesuri on tar-

koitettu pääasiassa kiinteiden aineiden erottamiseen kaasusta. Venturipesuri on omiaan sellaisten aineiden poistamiseen kaasusta, jotka tukkisivat normaalit suodattimet. (Rönnerberg 2011.)

7 KAASUJEN PESULAITTEIDEN TOIMITTAJIA

7.1 Wiser Oy:n esittely ja yhteystiedot

Wiser Oy on vuonna 1986 perustettu yritys, joka toimii Keravalla. Wiser Oy on yksityisomisteinen yritys, jonka omistaa Paanasen perhe Lahdesta. Wiser Oy:n toiminta on alusta asti keskittynyt kaasujen ja vesien puhdistukseen. Wiser Oy on erikoistunut kaasujen käsittelyssä kiintoaineiden ja haitallisten kaasujen, kuten esimerkiksi ammoniakkin ja rikkivedyn poistamiseen prosessien poistokaasuista (Wiser environmental technology). Alla olevasta taulukosta 6 on luettavissa tärkeimmät yhteystiedot, joilla saa yhteyden Wiser Oy yritykseen tarkempia tiedusteluja varten.

Taulukko 6. Wiser Oy:n yhteystiedot. (Wiser environmental technology.)

Osoite	Santaniitynkatu 4 D, 04250 Kerava, SUOMI
Puhelinnumero	GSM: 358 40 718 9431
Yhteyshenkilö	Toimitusjohtaja Jan Rönning
Sähköpostiosoite/Kotisivu	info(at)wiser.fi tai etunimi.sukunimi(at)wiser.fi /www.wiser.fi

7.2 Ekomans Oy: n esittely ja yhteystiedot

Voimakkaasti tuotekehitykseen panostavan Ekomansin vahva osaaminen perustuu kohta neljän vuosikymmenen aikana kertyneeseen kokemukseen. A. Ahlströmin omistuksessa 1980-luvulla ollut liiketoiminta siirtyi v. 1990 perustetulle Ekomans Oy:lle, jonka taustalla nykyisin toimii emoyhtiö Oy Julius Tallberg Ab. Eko-

mans Oy:n tuoteohjelmaan kuuluvia laitteita on käytetty Suomen teollisuudessa jo 1970-luvulta lähtien. Ekomans Oy on toimittanut laitteita Pohjoismaiden lisäksi myös Venäjälle ja Kiinaan. Ekomans Oy on toimittanut puhdistuslaitokset myös Outokumpu Oyj:n Tornion tehtaalle. (Ekomans 2009.)

Ekomans Oy toimittaa teollisuudelle ja kunnille pölynpoistojärjestelmiä, ilmansuojelulaitteita ja -laitoksia, keskussiivousjärjestelmiä ja pintakäsittelylaitoksia (raepuhaltamot ja maalaamot sekä kuljetinradat). Toimitus voi sisältää seuraavat osat alueet tai niiden yhdistelmät: esiselvitykset ja suunnittelu sekä konsultointi, laitetoimitukset, asennusvalvonta ja käyntiinajo, kokonaistoimitus "avaimet käteen" periaatteella tai huolto- ja varaosapalvelun. (Ekomans 2009.) Alla olevasta taulukosta 7 on luettavissa yrityksen yhteystiedot.

Taulukko 7. Ekomans Oy:n yhteystiedot. (Ekomans 2009.)

Osoite	Pääkonttori / Laskutusosoite Ekomans Oy Rälssitie 7 C 01510 VANTAA ekomans(at)ekomans.fi
Puhelinnumero/fax	Puh.0207421850 Fax. 020 7421 851
Yhteyshenkilö	Timo Torsti
Sähköpostiosoite/kotisivu	etunimi.sukunimi@ekomans.fi /www.ekomans.fi

7.3 Condens heat recovery Oy:n esittely ja yhteystiedot

Condens heat recovery Oy on innovatiivinen ja vankan ammattitaidon omaava yritys, joka toimii energia- ja ympäristöaloilla. Toimipaikat sijaitsevat Porissa ja Hämeenlinnassa. Heidän tuotteitaan ovat kaasun lämmön talteenotto- ja puhdistuslaitteet sekä niihin liittyvät vedenkäsittelylaitteet. Condens heat recovery Oy toimittaa myös muita erikoisrakenteita teräksestä tai muovista. Lähes jokaisessa

prosessissa hyötysuhdetta voidaan nostaa ja vähentää ympäristön kuormitusta ja siitä aiheutuvia kustannuksia. (Condens heat recovery 2010.)

Taulukko 8. Condens heat recovery yhteystiedot. (Condens heat recovery 2010.)

Osoite	Luukkaankatu 8, 13110 Hämeenlinna
Puhelinnumero/fax	Puh: 03 653 3111/Fax: 03 653 3110
Yhteyshenkilö	Hannu Filen myyntipäällikkö
Sähköpostiosoite/kotisivu	Etunimi.sukunimi@condens.fi/ www.condens.fi

8 TULOS

8.1 Paras laitevalinta OSTP: n tehtaalle

Tehokkain ja varmin tapa saada typenoksidit ja muut kemikaalit pois kaasusta on asentaa poistoilmalinjaan täytekappalepesuri, joka on varustettu tehokkaalla pisa-ranerottimella ja pesuvedenkierrätyksellä. Tällainen laitekokonaisuus on kuviossa 9, jota markkinoi Wiser Oy. Täytekappalepesureita on käytössä myös Tornion tehtaalla peittauslinjassa. Torniossa on käytössä samat hapot kuin Pietarsaaressa.

Täytekappalepesurin täytevaippa, jossa on polypropeenirakeita, lisää pestävän kaasun pinta-alaa; kaasu puhdistuu tehokkaimmin. Puhdistettavan kaasun virtausnopeuden ollessa optimaalinen ja pesuvedenmäärän suhde puhdistettavaan kaasuun nähden oikea, ei ulkoilmaan pääse epäpuhtauksia. Piipusta ei roisku nestettä, koska pestävä kaasu jäähtyy, jolloin kondensoituminenkin on vähäisempää. Täytekappalepesurin pesuveteen on mahdollista sekoittaa erilaisia kemikaaleja, joilla voidaan vaikuttaa puhdistustulokseen.

OSTP: n kohdalla peittauksen poistoilmakaasut saadaan puhdistettua NO_x ja HF päästöistä lisäämällä pesuveteen lipeäliuosta. Lipeäliuos varmistaa, että piipuista ulos pääsevä ilma ei ole hapanta, vaan lähellä ph 7 eli neutraalia (Torsti 2012). Täytekappalepesuri on myös kallein vaihtoehto poistokaasujen puhdistamiseen. Pelkän pesurin hinta on 40000€ - 80000€. Lisäksi pesuri ei saa jäättyä, joten se pitää sijoittaa lämpimään tilaan. Tällä hetkellä täytekappalepesurille ei löydy tiloja nykyisistä tuotantotiloista, joten pesuri-investointiin on sisällytettävä lämmin lisärakennus. Lisärakennus nostaa kustannuksia huomattavasti.

Toisaalta, vaikka täytekappalepesurin hinta on korkea, puhdistuskapasiteetti riittää pitkälle tulevaisuuteen, koska sillä voidaan puhdistaa monenlaisia kemikaaleja ja suuria määriä. Laitteisto on hyvä ylimitoitaa, koska tulevaisuudessa peittauskemikaalit saattavat muuttua tai puhdistettavan kaasunmäärä lisääntyä. Kaikki kolme

laitevalmistajaa, jotka on esitelty taulukoissa 6-8 aiemmin, pystyvät toimittamaan paikalleen asennettuna juuri sellaisen täytekappalepesurin jolla poistokaasut on puhdistettavissa peittauslaitoksesta.

8.2 Tämänhetkistä tarvetta vastaava laite

Koska tällä hetkellä ei yritystä velvoita mikään instanssi pienentämään poistoilman haitallisia pitoisuuksia, saattaa olla perusteltua rakennuttaa sellainen pesuri, jossa on optio pesuveteen lisättävälle lipeälle. Mikäli puhdistustarve kasvaa, saadaan puhdistustehoa kasvatettua kohtuullisen pienellä panostuksella lisäämällä lipeäliuosta pesuveteen. Toisaalta tällä hetkellä, kun poistoilmaa ei tarvitse sääntöjen puitteissa puhdistaa enempää, päästäisiin aika hyvään lopputulokseen pelkällä syklonipisarankerääjällä. Syklonikerääjän hinnat ovat noin 5000 -7000€/kpl. Syklonikerääjät eivät vaadi huoltoa ja ovat asennettavissa nykyisiin linjoihin kohtalaisen helposti ja edullisesti. Virtausnopeuden ollessa optimaalinen, ei kondensoitunut neste pääse kaasun virtauksen voimasta roiskumaan piipusta ylös, vaan valuu kaasuvirtausta vastaan ja on kerättävissä ja kierrätettävissä. Tällä hetkellä nykyisen laitteiston ongelma onkin juuri liiallinen kaasun virtausnopeus (Torsti 2011).

Tulevan investoinnin laajuus riippuu saatavista resursseista. Resurssien suuruuden päättää OSTP: n johtoryhmä. On myös hyvä huomioida, että syklonikerääjän hankinta ei mene hukkaan, koska täytekappalepesurit tarvitsevat toimiakseen myös pisaraerotin. Pisaraerotin on vain hankittava siten, että se sopii tulevaan täytekappalepesuriin, mikäli pelkkä syklonipisaranerotin ei riitä hyvän puhdistustuloksen saavuttamiseen.

9 YHTEENVETO SAADUISTA TARJOUKSISTA

Alustavat, suuntaa-antavat tarjoukset, on saatu kolmelta yritykseltä, joiden yhteystiedot on esitelty aikaisemmin taulukoissa 6-8. Nämä kolme yritystä ovat Wiser Oy, Ekomans Oy ja Condens heat recovery Oy. Tarjoukset laitteistoista olivat sisällöllisesti lähellä toisiaan riippumatta toimittajasta. Kaasunpuhdistuslaitteistojen toimittajien tuotteet eroavat toisistaan ulkoisten mittojensa, materiaalien ja hinnan perusteella.

Condens Heat recovery oli edullisin, ja rakenne on kompaktin näköinen. Wiser Oy:n tarjoama laite on rakenteeltaan helposti huollettava, joskin isomman kokoinen. Ekomans Oy:n laite on rakenteeltaan lähellä Wiser Oy:n tarjoamaa tuotetta, ja kallein. Ekomans Oy on tehnyt laitteet Outokummulle Tornioon ja OMG:lle Kokkolaan.

Tarjoukset liitteineen on toimitettu työntilajalle OSTP:lle. Koska tarjoukset liitteineen ovat kahdenkeskisiä tilaajan ja toimittajan välisiä asiapapereita, niitä ei käydä läpi tässä työssä tarkemmin.

10 TYÖN ANALYSOINTI JA JATKOKEHITYSIDEA

Työn tavoite oli ottaa selvää, miten peittauksen poistoilma olisi puhdistettavissa ennen ulospääsyä ja esitellä laiteratkaisuja, joilla kaasu on puhdistettavissa. Opin näytetyö antaa varsin kattavan kuvan peittauskaasujen puhdistamisesta ja auttaa yritystä tulevan investoinnin suunnittelussa, joten työ on täyttänyt sille annetut tavoitteet. Alussa laadittu aikataulu opinnäytetyön valmistumisesta on pitänyt paikkaansa ja työ on luovutettu työnantajalle sovittuna päivämääränä, eli 28.2.2012. Olen selvinnyt opinnäytetyön tekemisestä itsenäisesti ja oma-aloitteisesti.

Aihe on ollut minulle erittäin mielenkiintoinen ja motivoiva. Kun ryhtyy selvittämään itselle tuntematonta asiaa, saa oppia uutta. Ennakkoluulottomasti kysellen ja luki- en kirjallisuutta pääsee pikkuhiljaa selville tutkittavasta aiheesta. En olisi alussa uskonut, että opin kaasujenpuhdistamisesta näin paljon opinnäytetyötäni tehdes- sä. Tunne on hyvin palkitseva.

Peittauksen poistoilman osalta olisi syytä selvittää lämmön talteenoton tai kierrä- tyksen mahdollisuus energian säästämiseksi. Nyt energiaa kuluu turhaan, koska ulkoilmaan puhalletaan noin +43°C olevaa ilmaa ja ulkoa tuleva korvausilma läm- mitetään uudelleen samaan lukemaan ennen peittausaltaisiin pääsyä.

LÄHTEET

- Cooper, C.D. & Alley, F. C. 1986. Air Pollution Control: A Design Approach. Illinois USA: Waveland press.
- Condens heat recovery. 2010. Kotisivu.[Verkkajulkaisu].[Viitattu:16.1.2012]. Saatavana: <http://www.condens.fi>
- Dullien, F. A. L. 1988. Introduction to industrial gas cleaning. San Diego California USA: Academic press.
- Ekomans. 2009. Kotisivut. [Verkkajulkaisu].[Viitattu:15.1.2012]. Saatavana: www.ekomans.fi
- European Commission Joint Research Center. 2008. [PDF tiedosto].[Viitattu: 8.4.2012]. Saatavana: <http://eippcb.jrc.es/reference/lvic-s.html>
- Kuopion ilmanlaatu 2010.[PDF tiedosto].[Viitattu:16.2.2012] Saatavana: http://www.kuopio.fi/c/document_library/get_file?uuid=1914834f-80c0-4fcb-8780-17e9c88cbfdb&groupId=12141
- Nurkkala, J. Peittauksen huoltohenkilö. OSTP. Tavoitearvot peittaushapolle.2011
- Olkkola, M. 2011. Manager, technical support. OSTP. Keskustelu 28–29.9.2011.
- Pietarsaaren seudun ilmanlaadunmittausten tarkkailuohjelma, yrityksen tietokanta.
- Pohjolan voima. 2011. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu:26.2.2012] Saatavana: http://www.pohjolanvoima.fi/fi/ymparisto/voimalaitosten_paastot/?id=8005&folderId=122&fileId=22702&key=85813b3b610402713f4c48fe19270070
- Prusila, J. 2009. Prosensor Oy. Päästömittausten raportti OSTP. Yrityksen sisäinen tietokanta. 27.11.2009.
- Pynttari, P. 2011. Production manager, safety & environment. OSTP. Keskustelu 28.- 29.9.2011.
- Päästömittausten käsikirja. 2007. Osa 1.[Verkkajulkaisu]. Suomi: VTT prosessit.[Viitattu:1.11.2011]. Saatavana: www.isy.fi/osa1.pdf

- Rönberg, J. 2011. Wiser Oy. Toimitusjohtaja. Puheluita ja sähköposteja.2011.
- Take. 2000. Teollisuusilmastoinnin opas. [verkkajulkaisu]. Helsinki: Euroopan työterveys- ja työturvallisuusvirasto [17.10.2011]. Saatavana: http://osha.europa.eu/fop/finland/fi/good_practice/invent/publications/to2001.pdf
- Technologies for a clean environment. 2012. Nitrogen oxides(NOx) Abatement with hydrogen peroxide.[verkkajulkaisu]. Atlanta USA: U.S. Peroxide.[Viitattu:8.4.2012]. Saatavana: <http://www.h2o2.com/industrial/applications.aspx?pid=101&name=Nitrogen-Oxides-Abatement>
- Torsti, T. 2012. Ekomans Oy. Happopesurien myyntivastaava. Puhe- linkeskustelut. 20.10.2011 - 2.2.2012.
- Ymparisto.fi 26.9.2011. BAT - tekniikka. [verkkajulkaisu]. Helsinki: Ympäristöministeriö. [Viitattu:28.9.2011]. Saatavana: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=394172&lan=FI>
- Ympäristölupa 2003. OSTP. [sisäinen verkkotietokanta].[Viitattu: 29.9.2011]
- Wiser enviromental technology. Kotisivut. [Verkkajulkaisu].[Viitattu:15.1.2012]. Saatavana: <http://www.wiser.fi>