Suomen Soodakattilayhdistys ry

AUTOMAATIOTYÖRYHMÄN KOKOUS I/2003

AIKA 6.3.2003 klo 10.30 – 17.00

PAIKKA Jaakko Pöyry Oy, Vantaa

LÄSNÄ

Jami Maijanen	UPM-Kymmene Oyj, Kaukas
Kauko Ylioinas	Oy Metsä-Botnia Ab, Kemi
Raimo Koskinen	Sunila Oy, Sunila
Mika Kaijanen	Elektrowatt-Ekono Oy, Espoo
Pekka Jussila	Jaakko Pöyry Oy, Vantaa
Heikki Lappalainen	Andritz Oy, Varkaus
Jens Kohlmann	Jaakko Pöyry Oy, Vantaa

LIITE I Savukaasuanalysaattoreiden asennussuositus
Pentri Intke

JAKELU (22)
(12) Hallitus
(10) Automaatiotyöryhmä
(1) JKN/SEK/EPT/Arkisto

1 POISSAOLOILMOITUKSET

Poissa olivat:

Ari Setälä	Metso Automation Oy, Tampere
Henri Montonen	Kvaerner Power Oy, Tampere
Terho Tahvanainen	Honeywell-Measurex Oy, Varkaus
Juha Suikki	Stora Enso Oyj, Imatra.

2 EDELLISEN KOKOUKSEN PÖYTÄKIRJA

Muistiosta IV/2002 huomautettiin seuraavat asiat:

- Pekka Jussilan ei pitänyt laatia työryhmälle työsuunnitelmaa, vain piiriluettelo työsuunnitelmaa varten.
- Raportti 9/2000 on muuttunut. Raportista julkaistaan ensimmäinen revisio netissä.
- AKUTEST kutsutaan johonkin kokoukseen vuonna 2003; silloin kun kokous on Vantaalla.
- Petri Intken insinöörityö katsotaan tehdyksi ja valvonta lopetetaan. Suositusta tästä ei nimestä huolimatta syntynyt. Insinöörityötä ei julkaista. (työ liitteenä I).

3 TYÖRYHMÄN KOKOONPANO VUONNA 2003

Timo Pärssinen ei ole enää ATR:n jäsen. Hänen seuraajansa on Henri Montonen, KVAERNER POWER Oy.

Sihteeri kysyy Ari Setälältä, Terho Tahvanaiselta ja Juha Suikilta, aikovatko he osallistua tulevaisuudessa työryhmän työskentelyyn.

Juha Suikki ja Terho Tahvanainen jatkavat automaatiotyöryhmässä. Ari Setälä lopettaa. Hänen seuraajansa on Mauri Loukiala.

4 TURVA-AUTOMAATIOSUOSITUKSEN ESITTELY KONEMESTARIPÄIVILLÄ, PALAUTE

Raimo Koskinen esitteli Konemestaripäivillä Oulussa työryhmän tekemää turva-automaatiosuositusta. Suositus sai hyvän palautteen. Suosituksesta ilmestyy artikkeli Automaatioväylä – lehdessä 13.5.2003.

5 RISKINVÄHENNYKSEN RIITTÄVYYS SOODAKATTILASSA

Mika Kaijanen on lähettänyt kaikille tehtaille kyselyn sekä saanut osalta vastauksen. Hän vierailee tehtaissa maaliskuun aikana. Raportti työstä julkaistaan heinäkuussa 2003.

6 SOODAKATTILAN PERUSINSTRUMENTOINTI

Sihteeri selvittää, onko työlle käytettävissä mallia, (esim. Metso, BLRBAC) kuin myös saako käyttää Prosessiteollisuuden Standardoimiskeskuksen instrumenttiasennuksen käsikirjaa 2 (asennustyyppi – kuvat).

Työnjako:

Pakka Jussila jakaa laatimansa instrumenttilistan viiteen osaan ja lähettää nämä osalistat työryhmän jäsenille työstettäväksi.

Alue	Piirien numerot	Tekijä
Vesi/höyry	1000 – 1263	Raimo Koskinen
Ilma/savukaasut	1264 – 1396	Kauko Ylioinas
Lipeä	1397 – 1480	Pekka Jussila
Sekalaiset	1481 – 1583	Jami Maijanen
Rassarit, LVI, materiaalit	1584 - 1677	Heikki Lappalainen

Listaan tulevat seuraavat piiritiedot:

- Tunnus
- Kohteen nimi
- Toteutustapa
- Huolto
- Huomautus
- Sen lisäksi asennustyypin kuva, mikäli se on saatavilla.

7 MUIDEN TYÖRYHMIEN KUULUMISET

KTR
- SOTU

LTR
- Rikin vapautuminen haihduttamolla, jatko
- Suopatutkimus, jatko

OTR
- Vuosikokous 27.3.2003, Vantaa
- Soodakattilapäivä 16.10.2003
- sooodakattilayhdistyksen 40v. juhlat 12.-14.5.2004

YTR
- CO2 talteenotto ja hyötykäyttö
- Lentotuhkan hyötykäyttö

8 PROJEKTIEHDOTUKSET VUODELLE 2004-

Liuottajaan liittyvät säädöt ja sen yhteydet kattilan säätöön.

Uusimmat mittausmenetelmät soodakattilan päästöjen analysointiin

Ylös- ja alasajot. Tukevatko nykyiset automaatiojärjestelmät hallittua ajoa?

Lieriön pintasäädön kehittäminen

Ylemmän tason nuohouslogiikat

Lipeäkierron analysaattorit

Tulipesän paineen mittaus

Lista siirretään aina seuraavaan pöytäkirjaan!

9 MUUT ASIAT

Mika Kaijanen osallistuu 18.3.2003 pidetävään automaatio- ja turvallisuusjaoksen kokoukseen.

10 SEURAAVA KOKOUS

Seuraava työryhmän kokous pidetään Jaakko Pöyry Oy:n tiloissa, Vantaalla keskiviikkona 21.5.2003 kello 10.30.

Vakuudeksi

Jens Kohlmann

LIITE I

Savukaasuanalysaattoreiden asennussuositus
Pentri Intke

SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERYBOILER COMMITTEE

SOODAKATTILAN SAVUKAASU ANALYSAATTOREIDEN ASENNUS SUOSITUS

Petri Intke
Pohjois-Savon AMK, Tekniikka, Varkaus

1. Johdanto

Savukaasuanalysaattoreiden toimivuudella on erittäin suuri merkitys, sekä toiminnanharjoittajalle, että laitosta ympäröivälle ympäristölle, ja siksi niiden huollettavuusnäkökohtia tulisi huomioida jo laitoksia suunniteltaessa.

Soodakattilan savukaasuanalyysit vaikuttavat kattilan tehokkaaseen käyttöön sekä ympäristön laatuun, jonka vuoksi jo viranomaiset vaativat laitoksia tarkkailemaan tiettyjä päästökomponentteja.

Savukaasuanalyyseillä saadaan tietoa prosessin tilasta, jotta prosessia voidaan ohjata toimimaan kuten sitä on suunniteltu. Jatkuvalla arvojen rekisteröinnillä saadaan nopeasti tieto vääristä käyttöarvoista ja tarvittavat tiedot palamisprosessin korjaamiseksi. Palamisprosessin oikealla säädöllä saadaan haitalliset rikkidioksidi- ja rikkivetypäästöt mahdollisimman pieniksi. Savukaasun SO_2 ja pölyarvojen tarkkailulla palamisesta saadaan parempi kuva. Palamista ja siten myös savukaasupäästöjä hallitaan ilman syötöllä kattilan eri kerroksiin.

Viranomaiset vaativat sellutehtaita seuraamaan ja raportoimaan Rikkidioksidin (SO_2), haisevien rikkiyhdisteiden (TRS), hiilidioksidin (CO_2), typpioksidien (NO_x) ja pölyn ilmaan pääseviä määriä. Pöly- ja TRS-päästöt heikentävät lähiympäristön ilmanlaatua. Rikkidioksidi ja typpioksidit aiheuttavat puolestaan maaperän ja vesistöjen happamoitumista. Savukaasuanalysaattorit on pyrittävä pitämään toiminnassa mahdollisimman suuren osan ajasta.

Tätä suositusta tehdessä on käyty haastattelemassa kattilalaitoksilla savukaasuanalysaattorilaitteistoja huoltavaa henkilökuntaa ja kyselty heidän kokemuksiaan erilaisista ratkaisuista ja kuinka heidän laitoksillaan on ongelmakohtia ratkaistu.

1. Johdanto 2

2. Soodakattilan savukaasut 5

2.1 Päästöjen muodostuminen soodakattilassa 5

2.1.1 Natriumin ja rikin vapautuminen 5

2.1.2 Kiintoaine 6

2.2 Kaasumaiset Rikkiyhdisteet 6

2.2.1 Rikkidioksidi 7

2.2.2 Rikkitrioksidi 8

2.3 Typen oksidit 8

2.4 Savukaasujen käsittely 8

2.4.1 Sähkösuodatin 8

2.4.2 Savukaasupesuri 9

3. Mittaustyypit ja periaatteet 11

3.1 Rikkidioksidi(SO_2). 11

3.1.1 Optinenabsorptio 11

3.1.1.1 Infrapunalaitteet 11

2.1.1.1.1 Dispersiivistä (DIR) 12

2.1.1.1.2 Nondispersiivistä (NDIR) 12

3.1.1.2 UV- Menetelmä laitteet 14

3.1.1.3 UV-Fluoresenssi 14

3.1.2 Sähkökemialliset menetelmät 15

3.1.2.1 Konduktometria 15

3.1.2.2 Kulometria 16

3.1.2.3 Kaasudiffuusioelektrodianalysaattorit 16

3.1.2.4 Sähkökemialliset anturit 16

3.1.2.5 Kolorimetria 17

3.1.2.6 2. derivaatan spektroskopia (SDUV) 17

3.2 Typenoksidit (NO_x) 18

3.2.1 Kemiluminenssi 18

3.2.2 NDIR ja UV- menetelmät 19

3.2.3 Sähkökemiallinen menetelmä 19

3.3 Kokonaispelkistetyt rikkiyhdisteet (TRS) 20

3.3.1 Hapetus 20

3.3.2 UV-Fluoresenssi 20

3.4 Happi (O_2) 20

3.4.1 Zirconiumoksidianturit 22

3.4.2 Paramagneettisuuten perustuvat menetelmät 23

3.4.3 Sähkökemialliset kennot 24

3.5 Hiilidioksidi (CO_2) ja Hiilimonoksidi(CO) 24

3.5.1 IR 24

3.5.2 NDIR – laitteet 24

3.5.3 Kaasukorrelaatiomenetelmä 25

3.5.4 Sähkökemiallinen kenno 26

3.6 Kiintoaine 26

3.6.1 Optinen 26

3.6.2 Laser 26

4. Asennustavat 27

5. Näytteenotot 27

5.1 Pölynpoisto 30

5.2 Kosteuden poisto 31

5.2.1 Peltier-elementtiin perustuva kuivain 31

5.2.2 Permeaatiokuivain 31

6. Viranomaismääräykset ja ohjearvot 32

7. Käyttökokemukset 32

7.1 Suositukset 32

7.2 Palautetaulukot 35

8. LÄHDELUETTELO 37

2. Soodakattilan savukaasut

Ilmaan suuntautuvat päästöt syntyvät pääosin polttoprosesseissa soodakattilassa, kuoritilassa, hajukaasujen polttokattilassa ja meesauunissa. Hajukaasuja syntyy keittoprosessissa.

Soodakattilan savukaasujen kiintoainekset erotetaan sähkösuotimilla ja tai savukaasupesureilla.

2.1 Päästöjen muodostuminen soodakattilassa

2.1.1 Natriumin ja rikin vapautuminen (1)(2)

Kemiallisesti sitoutuneina natrium ja rikki vapautuvat orgaanisista molekyyleistä pyrolyysissä. Orgaanisesti sitoutunut natrium on vapautuessaan kaasumaista natriumhydroksidia (NaOH), joka reagoi hiilidioksidin kanssa tuhkapartikkeleiden sisällä muodostaen natriomkarbonaattia ja pieni osa natriumhydroksidista jää sulaan tasapainossa natriumkarbonaatin kanssa. Natrium-keosta vapautuu alkuainemuodossa Natriumia sekä natriumhydroksidia. Näiden reagoidessa hapen kanssa lähellä keon pintaa, muodostuu natriumoksidia (Na_2O). Osa natriumyhdisteistä sublimoituu pölyyn kaasufaasista.

Orgaanisesti sitoutuneen rikin oletetaan vapautuvan rikkivetynä (H_2S). Suurin osa rikkivedystä pidättyy partikkeliden kanssa reagoiden natriumsulfidiksi Na_2S. Rikkikeosta vapautuu rikkiä alkuaine rikkinä, joka pelkistävissä olosuhteissa reagoituu rikkivedyksi kattilan pedin yläpuolella.

Rikki- ja natriumemissioista suurin osa on peräisin keosta, mutta myös sekundääri-ilma/lipeänsyöttövyöhykkeessä vapautuu näitä aineita. Tästä osasta rikki emittoituu primäärisesti rikkivetynä. Rikki hapettuu ja sitoutuu enimmäkseen natriumiin muodostaen Na_2SO_4 – pölyä kattilan ylemmissä osissa**.**

Natriumin vapautuminen keosta riippuu pääasiassa lämpötilasta ja olosuhteista redusoivan osan ja keon rajapinnalla. Savukaasuihin menevän natriumin määrä kasvaa jyrkästi lämpötilan kohotessa. Natriumin vapautumiseen vaikuttaa myös primääri-ilman virtausnopeus, joka määrää diffuusio-olosuhteet. Ilman nopeuden kasvaessa natriumin määrä savukaasuissa kasvaa huomattavasti, joten vapautuminen tapahtuu pääasiassa haihtumalla.

2.1.2 Kiintoaine (6)

Soodakattilasta poistuvassa savukaasussa on myös paljon pölyä. Pöly muodostuu keosta savukaasuun vapautuvan natriumin reaktiossa. Keon

pinnassa muodostunut natriumoksidi reagoi hiilidioksidin kanssa tuhkapartikkeleiden sisällä muodostaen Na_2CO_3 :ta korkeassa lämpötilassa. Natriumoksidia reagoi myös SO_3 :n kanssa muodostaen natriumsulfaatteja. Mustalipeässä olevat natriumsuolat haihtuvat nopeudella, joka riippuu höyryn osapaineesta ja diffuusio-olosuhteista. Keon yläpuolella kiinteät suolat ovat natriumkarbonaattina**,** joka reagoi myöhemmin SO_2 :n kanssa Na_2SO_3 :ksi, joka ylimäärähapen vaikutetuksesta hapettuu edelleen Na_2SO_4 :ksi.

Kiintoaineessa on lähes pelkästään natriumsulfaattia kattilan jälkeen, jos rikkidioksidia on tarpeeksi natriumkarbonaatin muuttamiseksi natriumsulfaatiksi. Jos rikkidioksidia on vaadittua vähemmän, natriumkarbonaattia on pölyssä mukana.

Natriumkloridia esiintyy pölyssä, jos mustalipeä sisältää klorideja, suolahappo ja savukaasun kloori oletettavasti reagoivat Na_2SO_4:n kanssa alemmissa lämpötiloissa.

2.2 Kaasumaiset Rikkiyhdisteet (1)

Rikkivety muodostuu sekä epäorgaanisista että orgaanisista aineksista useilla eri reaktioilla.

Rikkiä sisältävän ligniinin pyrolyysissä RIKKIVETYNÄ muodostuu primäärituotteena. Na_2CO_3 ja Natriumhydroksidi absorboivat suurimman osan muodostuneesta Rikkivedystä, mutta osa H_2S:sta vapautuu kaasufaasissa**.** Rikkivetyä muodostuu myös epäorgaanisista aineksista. Pyrolyysissä sekä Na_2S että $Na_2S_2O_3$ voivat muodostaa rikkivetyä.

Rikkivetyä, joka vapautuu Na_2S:stä ja $Na_2S_2O_3$:sta pyrolyysissä, voi vapautua alhaisissa lämpötiloissa (alle 550°C), ennenkuin epäorgaaninen aine sulaa.

Useimmilla epäorgaanisilla reaktioilla on yhteistä, että lämpötilan kohoamisen myötä rikkivedyn muodostuminen muuttuu termodynaamisesti epäedullisemmaksi. Tämä koskee myös orgaanisesta sitoutuneesta rikistä muodostuvaa rikkivetyä. Soodakattilan lämpötilan noustessa rikkivedyn syntyminen vähenee.

Ajettaessa soodakattilaa ilmaylimäärässä rikin pitäisi esiintyä ideaalisesti ainoastaan Na_2SO_4 – kiintoaineena ja SO_2:na. Käytännössa savukaasussa alkaa rikkivetyä esiintyä heti kriittisin happipitoisuuden lähestyessä, joka on 1 – 5 %. Kriittinen happipitoisuus on karakteristinen kullekin kattilalle ja ajo-olosuhteille. Rikkivetyä ja muita pelkistyneitä rikkiyhdisteitä muodostuu huomattavia määriä kattilan ylikuormitustilanteessa.

2.2.1 Rikkidioksidi (1)(4)

Rikkidioksidia muodostuu useilla termodynaamisesti mahdollisilla reaktioilla. Yksinkertaisimpia ovat kaasumaisen rikin ja rikkivedyn hapettumisreaktiot, joiden tasapainovakiot pienenevät lämpötilan kasvaessa. Rikkidioksidia syntyy myös natriumsulfidista (Na_2S) tai natriumsulfaatista (Na_2SO_4). Natriumsulfidia sisältävien reaktioiden tasapainovakiot pienenevät lämpötilan kohotessa päinvastoin kuin natriumsulfaattia sisältävien reaktioiden, jossa tasapainovakio kasvaa lämpötilan myötä.

Chamberlain et. Al. havaintojen perusteella, sekä CO- että SO_2-konsentraatiot kasvavat kattilan savukaasuissa primääri-ilmavirran kasvaessa. Primääri-ilman lisäyksen on todettu lisäävän hapen diffuusiota hiilikekoon, jolloin CO_2:n muodostus lisääntyy. Kemiallisesti laskemalla on pystytty primääri-ilman määrää lisäämällä todistamaan, että kattilassa on myös muita hallitsevampia CO- tai SO_2- lähteita.

Suuri osa rikistä vapautuu kaasufaasiin rikkivetynä. Vaikka SO_2:n muodostuminen on termodynaamisesti mahdollista, sitä ei käytännössä juuri tapahdu. Rikkidioksidin oletetaan muodostuvan H_2S:n hapettuessa kattilan hapetusvyöhykkeen oloissa. Lämpötilan ollessa yli 500°C ja happimäärän ollessa riittävä, nämä hapettumisreaktiot eivät ole termodynaamisesti tai kineettisesti kontrolloituja, vaan riittävä sekoitus on hallitseva tekijä.

2.2.2 Rikkitrioksidi (1)

Ainoa rikkitrioksidin muodostumismekanismi soodakattilassa näyttää olevan SO_2:n hapettuminen.

Reaktio tapahtuu pääasiassa kattilan yläosassa. Siellä vallitsevissa tyypillisissä olosuhteissa, 925°C ja 1% O_2, tasapainosuhde SO_3/SO_2 on n. 1/40. Reaktio on kineettisesti ohjattu ja katalyyttinen, esim. Mustalipeässä oleva rauta ja korroosiossa muodostunut rautaoksidi (Fe_2O_3)katalysoivat reaktiota. Osa rikkitrioksidista reagoi vesihöyryn kanssa muodostaen rikkihappohöyryä.

Rikkitrioksidin konversio rikkihapoksi kasvaa lämpötilan laskiessa: esim. H_2O pitoisuuden ollessa 30% 500°C:ssa konversio on 2% ja 250°C:ssa 90%.

2.3 Typen oksidit (22), (6), (6), (7)

Soodakattilan typpioksidi päästöt on energiayksikköä kohti laskettuna erittäin alhaiset (30 – 80 mg NO_2/ MJ). Typen oksidit ovat peräisin pääosin käytetyn apupolttoaineen typestä. Apupolttoaineena voidaan käyttää raskasta polttoöljyä, maakaasua tai kevyttä polttoöljyä. Typen oksidien määrät ovat alhaisia polttolipeän alhaisen typpimäärän vuoksi. Soodakattilan lämpötila ei myöskään ylitä termisen typenoksidien muodostumislämpötilaa, jona pidetään 1430 °C. Mustalipeän suuri vesipitoisuus yhdistettynä tulipesän laajaan ali-ilmaiseen vyöhykkeeseen, estää lämpötilan kohoamisen.

2.4 Savukaasujen käsittely (8), (9)

2.4.1 Sähkösuodatin

Sähkösuodatinta käytetään erittäin hienojakoisen pölyn erottamiseen tilanteissa, joissa mekaaniset pölynerottimet eivät toimi. Sähkösuodattimien päätehtävinä on kemikaalien talteenottaminen ja ympäristön saastumisen vähentäminen.

Sähkösuodattimen toiminnassa on neljä eri vaihetta:
1: Pölyhiukkaset varataan sähköisesti
2: Hiukkaset kulkeutuvat erotuselektrodeille
3: Hiukkaset varastoidaan väliaikaisesti
4: Erotettu pöly otetaan uudiskäyttöön

Sähkösuodattimessa on useita mekaanisesti ja sähköisesti itsenäisiä lohkoja. Suodattimen lohkot varustetaan usein kaasutiiviillä kansilla, jolloin suodatin voidaan huoltaa prosessia katkaisematta. Kussakin lohkossa on oma tasasuuntain, emissioelektrodit ja maadoitetut erotuselektrodit. Syötettäessä elektrodien väliin suurjännite, syntyy sähköinen kenttä. Elektrodien välillä vallitseva yhdensuuntainen potentiaaliero saa aikaan emissio –elektrodien ympärille koronailmiön, joka ionisoi kaasun näiden elektrodien läheisyydessä. Positiiviset ionit tarttuvat välittömästi negatiivisiin elektrodeihin, jonka jälkeen negatiivisesti varautuneet ionit liikkuvat kohti positiivisia erotuselektrodeja. Matkalla ionit tarttuvat kaasun pölyhiukkasiin varaten pölyhiukkaset

negatiivisesti. Erotuselektrodeille kulkeutuvat ionit tarttuvat siihen kiinni muodostaen yhä kasvavan pölykerrostuman. Sekä emissio- että erotuselektrodeja ravistetaan aika ajoin, jolloin pöly putoaa pohjalle. Pohjasta se poistetaan lattiapohjan ja täysleveän- ja pitkän laahakuljettimen avulla sekä poikittaiskuljettimella.

Sähkösuotimen yleisin sijoituspaikka on veden esilämmittimen jäljessä, jolloin käyttökämpötila on 150°C - 200°C. Korroosion välttämiseksi on tärkeää, että lämpötila pidetään happokastepisteen yläpuolellla. Soodakattilan sähkösuotimen elektrodit joutuvat muita höyrykattiloita kovemmalle rasitukselle, joten emissioelektrodit valmistetaankin erikoismateriaaleista.

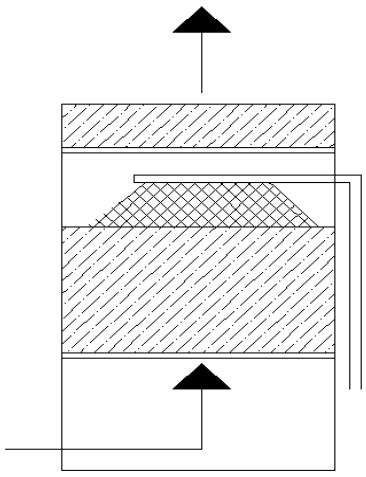
2.4.2 Savukaasupesuri

Savukaasupesurin päätehtävänä on poistaa savukaasuista rikkidioksidia ja kiintoainetta. Peseminen tapahtuu ruiskuttamalla savukaasuihin vettä tai muuta pesuliuosta, joka yleensä sisältää natriumkarbonaattia tai heikkoa valkolipeää. Rikkiyhdisteet ja osa kiinteistä epäpuhtauksista absorboituvat pesunesteeseen.

Savukaasujen pesu tapahtuu täytekappalelonneissa tai suihkutorneissa. Täytekappalelonnit toimivat joko vasta- tai ristivirtaus -periaatteella ja niitä voi olla täytekappaleellisia tai täytekappaleettomia.

2.4.2.1 Vastavirtapesuri (33),(34)

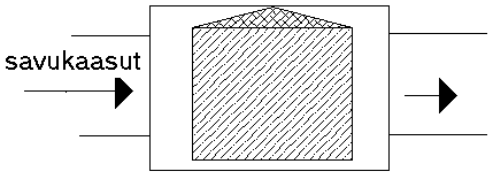
Vastavirtapesurissa puhdistettava kaasu virtaa pystysuoraan ylöspäin mahdollisen täytekappalekerroksen läpi ja pesuneste valuu alaspäin vastavirtaan. Myös täytekappaleettomat suihkutornit toimivat samalla periaatteella.



Vastavirtapesurin Toimintaperiaate, savukaasut menevät nuolien mukaisesti.

2.4.2.2 Ristivirtauspesuri

Ristivirtauspesurissa puhdistettava kaasu virtaa vaakasuoraan täytekappalekerroksen läpi. Pesuneste valuu täytekappale kerroksen läpi kaasun virtaukseen nähden kohtisuoraan.



Ristivirtauspesurin toimintaperiaate

Suurilla pölykuormilla painehäviö ristivirtauspesurissa on huomattavasti pienempi ja pölynerotuskyky parempi kuin vastavirtapesurissa.

Useimpien pesujärjestelmien suurin ongelma on suuttimien tukkeutuminen. Pesunesteen riittävä leviäminen ja pisaroituminen on toiminnan ehdoton edellytys.

Useimpien päästökomponenttien poistaminen vaatii yleensä vähintään kaksivaiheisen pesun, happaman ja emäksisen.

Esimerkkinä soodakattiloissa käytettävästä laiteratkaisusta on teller-märkäjärjestelmä, joka poistaa savukaasuista kiintoainetta, TRS:ää ja SO_2:ta ja tuottaa lämmintä vettä. Pesurien päärakennusaineet ovat hapon kestävä teräs ja lasikuituvahvisteinen muovi.

3. Mittaustyypit ja periaatteet (11), (16)

3.1 Rikkidioksidi(SO_2) mittauksessa käytetään optiseen absorptioon perustuvia menetelmiä: IR-laitteita (DIR ja NDIR), UV-laitteita, jotka perustuvat UV- absorptioon, UV-fluoresenssia sekä sähkökemiallisia mittausmenetelmiä. Sähkökemiallisia mittausmenetelmiä ovat konduktometria, kulometria, kaasudiffuusioalektrodianalysaattori, sähkökemiallinen anturi, kolorimetria sekä 2. derivaatan spektroskopia.

3.1.1 Optinen absorptio

Optiseen absorptioon perustuvissa menetelmissä hyödynnetään kyvetin tai savukanavan läpi kulkevan valonsäteen intensiteetin heikkenemistä ohi virtaavassa materiaalissa. Mittaukset tehdään IR-, UV- ja näkyvän valon aallonpituuksilla. Optistaabsorptiota voidaan käyttää Rikkidioksidin(SO_2), Typenoksidien(NO_x), Hiilimonoksidin(CO) ja Hiilidioksidin (CO_2) mittauksessa.

Optiseen absorptioon perustuvien laitteiden etuja ovat: riippumattomuus virtauksesta, paikallisissa mittauksissa ei tarvita erillistä näytteeottojärjestelmää ja mittausten vasteaika on lyhyt. Huonoja puolia ovat partikkelit ja molekyylit, joiden absorptiohuiput osuvat mitattavan komponentin lähelle, jolloin ne häiritsevät varsinaista mittausta. Mittalaitteet muuttuvat Matalilla aallonpituuksilla epäherkiksi, ellei kennon pituutta kasvateta. Pituuden kasvattaminen johtaa taas kalliimpaan laitteeseen ja pidempään vasteaikaan.

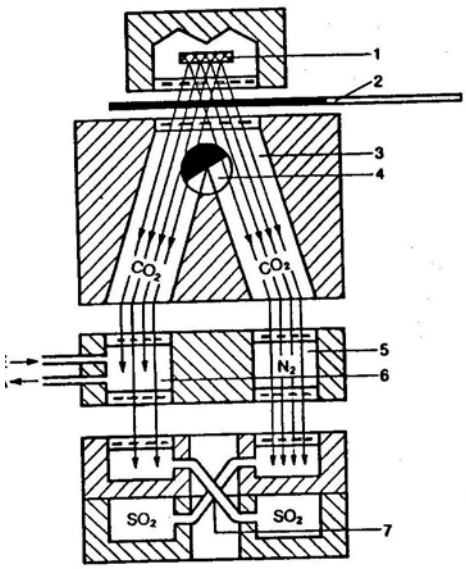
3.1.1.1 Infrapunalaitteet (12)

Infrapuna-alue käsittää aallonpituudet 0,7 – 500 μm. Infrapunaspektrometriassa tarkastellaan molekyylien värähdyksiä, vibraatioita ja rotaatioita. Molekyylin siirtyessä vibraatioenergiatilasta toiseen tapahtuu muutos sekä vibraatio- että rotaatioenergiatiloissa. Kaikki heteroatomiset kaasut absorboivat IR-Säteilyä kullekin ominaisella aallonpituudella. Kaasumolekyylin rakenne sekä sen funktionaaliset ryhmät määräävät, millä allonpituudella absorptio tapahtuu. Useimmiten mitattavaksi aallonpituudeksi valitaan molekyylin voimakkain absorptioaallonpituus, jolloin muiden ainemolekyylien vaikutus mittaukseen on vähäisin. IR-Mittauksissa vesi on lähes aina häiritsevä komponentti.

Infrapuna- analysaattoreita on useita eri tyyppejä, mutta päästömittauksissa käytettään kahta eri tyyppiä: Dispersiivistä (DIR) ja Nondispersiivistä (NDIR).

3.1.1.1.1 Dispersiivinen (DIR) (12)

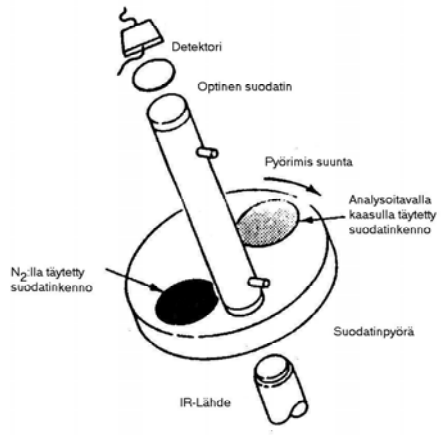
Dispersiivisissä mittalaitteissa säde hajoitetaan spektriksi ja edelleen analyysissä halutun aallonpituuden omaaviksi monokromaattisiksi säteiksi. Esimerkki Dispersiivisestä analysaattorista on kaksisäde-IR-spektrofotometri, jossa hiloilla tai prismoilla aikaansaatu monokromaattinen valo läpäisee analyysi- ja vertailukyvetin.



A = näyte ulos
E = näyte sisään
1 = IR-lähde
2 = katkoja
3 = suodatinkammio
4 = heijastuksen vaimennin
5 = referenssikammio
6 = näytekenno
7 = mikrovirtausmittari

(15)
3.1.1.1.2 Nondispersiivinen (NDIR)
Nondispersiivisissä laitteissa välonsädettä ei jaeta eri aallonpituuksin, vaan analysointi tapahtuu valonlähteen koko spektrialuetta käyttäen. Nondispersiivisisen laitteen rakenne on huomattavasti yksinkertaisempi kalliiden monokromaattoreiden puuttumisen vuoksi.

Nondispersiivisisten laitteiden huono puoli on, että jokaista eri kaasua varten tarvitaan oma analysaattori. Tällaisen analysaattorin käyttöä voidaan monipuolistaa käyttämällä analysaattorilla eri mitattavilla kaasuilla täytettyä suodatinkiekkoa, jolloin suodatinta kääntämällä voidaan mitata useita eri kaasuja. Pyörää kääntämällä saadaan valonsäden kulkemaan eri kaasujen läpi. Yksi suodatin on täytetty IR-säteilyä absorboimattomalla kaasulla. Tietyn kaasusuodattimen osuessa valotielle näytekyvetissä olevalla kaasulla on vain pieni vaikutus detektorin vasteeseen, koska kaasusuodatin on absorboinut suurimman osan säteilystä. Typellä täytetyn suodattimen osuessa valonsäteeseen se ei absorboi energiaa säteilystä vaan absorption määrä riippuu pelkästään näytekyvetissä olevasta kaasukonsentraatiosta.



IR- Analysaattorin pääosat ovat säteilylähde, optinen valotie kyvetteineen ja detektori.

Säteilylähde on normaalisti hehkuva folframilanka tai krominikkelilanka. Detektoreja on kaksi eri päätyyppiä**:** puolijohdedetektorit sekä kaasun laajenemiseen perustuvat detektorit. Näistä puolijohdedetektorit on yleisempiä.

Puolijohdedetektori on päällystetty esim. Interferenssisuodattimella, joka päästää lävitseen vain tietyn kapean säteilykaistan. Suodattimen alla on säteilyn intensiteettiä mittaava puolijohde, joka muuttaa detektorille osuvat fotonit sähkövirraksi.

Kaasun laajenemiseen perustuvissa detektoreissa IR-säde jaetaan peilisysteemillä vertailu- ja näytekyvettiin. Valolähteen ja kyvettien välissä pyörii katkoja, jotka ohjaavat säteen vuorotellen vertailu- ja näytekyvetin läpi. Näytekyvetin päässä olevalla peilillä IR-säde kollimoidaan suodattimen, jolla saadaan säteilystä haluttu kapea kaista, läpi detektorille.

Kaasun laajenemiseen perustuvissa detektoreissa IR-Säteily absorboituu kaasulla täytettyyn kammioon aiheuttaen kaasun tilavuuden ja paineen muutoksen. Laajetessaan kaasu virtaa kompensaatiokammioon ja kaasun virtaus mitataan kammion yhdysputkesta virtausmittarilla.
Kaasun laajenemiseen perustuva detektori voi olla myös kondensaattori-tyyppinen, jossa vertailu- ja mittauskennojen väli on erotettu toisistaan ohuella taipuisalla kalvolla. Kalvo muodostaa kondensaattorin mittalaitteen sähköisessä mittapiirissä, tosin tämän tyyppinen detektori en erittäin arka tärinän aiheuttamalle häiriölle.

3.1.1.2 UV- Menetelmä laitteet (12)

Ultravioletti-alueella olevien molekyylien absorptiovöillä voidaan määrittää rikkidioksin ja typen oksidien määrää kaasussa. UV-analysaattoreissa säde johdetaan peilien avulla korkean erotuskyvyn omaavalle hilalle, joka hajottaa

valonsäteen eri aallonpituuksille ja UV- absorptiota mitataan halutun aineen maksimiabsorptioiden aallonpituuksilla. Veden vaikutus UV-alueella on lähes olematon.

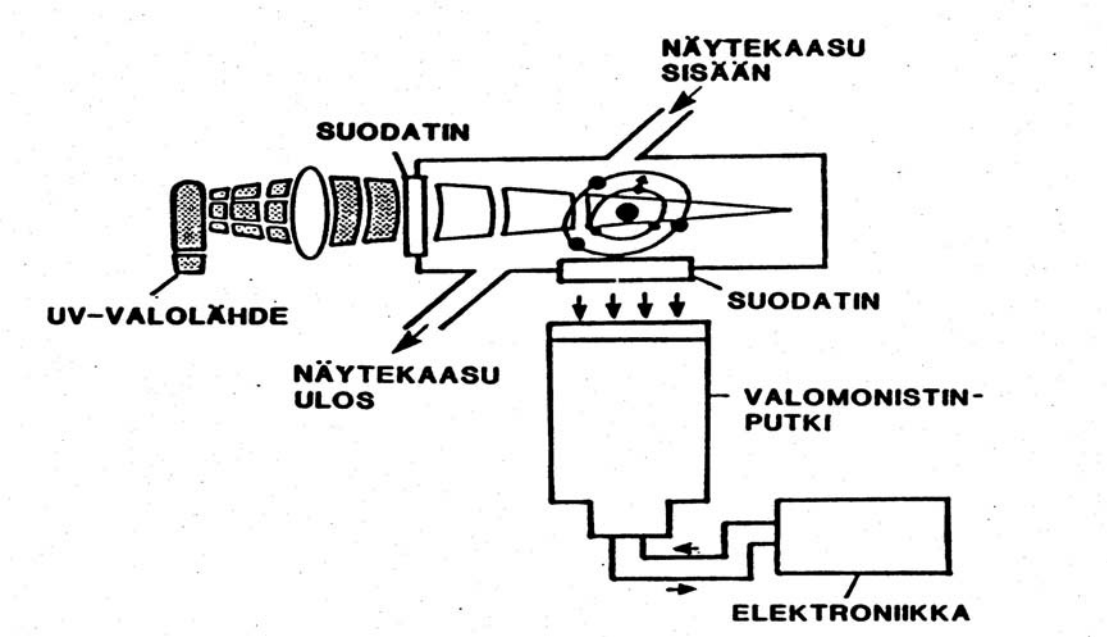
Laitteessa on valonmonistusputki mittaamassa maksimiabsorption aallonpituutta sekä referenssiaallonpituutta vuorotellen värähtelevän sulkimen tahdissa. Tietokone vertailee näitä kahta aallonpituutta toisiinsa ja laskee hiukkasten määrän kaasuvirrassa.

3.1.1.3 UV-Fluoresenssi (10), (12), (11)
UV-Fluoresenssiin perustuvissa laitteissa rikkidioksidimolekyylit viritetään lyhyillä korkeaenergisillä UV-pulsseilla. (190-230nm)

Virittynyt SO_2^* voi palata perustilaan kolmella eri mekanismilla:

Fluoresenssi
Fotodissosiaatio
Fluoresenssin sammuminen

Eri tekijät em. yhtälöissä pyritään pitämään vakiona, joten fluoresenssin intensiteetti on suoraan verrannollinen SO_2 – pitoisuuteen.



UV-valosta suodatetaan kapea kaista virittyneiden SO_2-molekyylien emittoimaa valoa, jonka intensiteetti mitataan valonmonistinputkella. Menetelmä on spesifistinen rikkidioksidille. UV-fluoresenssin heikkouksina on fluoresenssin sammuminen mm. CO_2 ja H_2O vaikutuksesta ja kaasussa olevien hiukkasten aiheuttama häiritsevä valon hajaantuminen.

Kalibrointitilanteissa fluoresenssin sammumista aiheuttavat molekyylit ovat erilaisia kuin savukaasuissa ja se aiheuttaa pientä epätarkkuutta mittauksessa.

3.1.2 Sähkökemialliset menetelmät

3.1.2.1 Konduktometria (10), (13), (14)

Konduktometrisissä analysaattoreissa määritetään mitattavan aineen elektrolyytissä aiheuttama johtokyvyn muutos. Elektrolyyttinä on vesi tai laimennettu vetyperoksidiliuos.

Johtokyvyn muutos mitataan inerteillä, esimerkiksi platinaelektrodeilla. Menetelmä on suhteellisen yksinkertainen, mutta useat kaasut kuten NH_3, NO_2, CO_2 saattavat aiheuttaa häiriöitä. Niiden vaikutusta voidaan kuitenkin vähentää käyttämällä selektiivisiä suodattimia. Toinen tapa on käyttää kennoa, jossa ilmanäyte sumutetaan nesteen pintaan läpikuplittamisen sijaan. Mittausalueet vaihtelevat 0 – 2 ppm:stä 0 – 3000 ppm:ään.

3.1.2.2 Kulometria (10), (14)

Kulometria on yleisin sähkökemiallinen SO_2 mittausmenetelmä. Analysaattori mittaa sähkövirran kulutuksen SO_2:n hapettuessa sulfaatiksi elektrolyytissä olevan vapaan halogeenin esim. Bromin (Br) vaikutuksesta. Bromin määrä pidetään vakiona kehittämällä sitä lisää sähkökemiallisesti ja tähän kuluva virta on suoraan verrannollinen SO_2 pitoisuuteen.

Selluteollisuudessa USA:ssa käytetään kulometriaan perustuvaa barton-titraattoria. Laimeassa rikkihapossa olevan kaliumbromidin (KBr) ja Bromin (Br_2) liuos on on sisä- ja ulkokammioiden välissä. Referenssielektrodit mittaavat sisä- ja ulkokammioissa olevien elektrodien välistä potentiaalieroa suhteessa referenssi potentiaaliin. Savukaasussa oleva SO_2 aiheuttaa sisäkammiossa olevan bromin määrän vähenemisen. Bromikonsentraation pienentyessä potentiaaliero aiheuttaa vahvistimessa ulostulovirran, jonka avulla bromia kehitetään lisää, kunnes potentiaaliero tasaantuu nollaan. Ulostulovirta on suoraan verrannollinen absorboituneeseen SO_2:n määrään.

Kulometriassa häiriöitä aiheuttaa muut rikkiyhdisteet: rikkivety, merkaptaanit ja orgaaniset sulfidit. Myös NO ja NO_2 saattavat häiritä mittausta, mutta häiriöitä voidaan vähentää spesifistisillä suodattimilla.

3.1.2.3 Kaasudiffuusioelektrodianalysaattorit (13)

Kaasudiffuusioelektrodianalysaattorissa rikkidioksidi diffundoituu puoliläpäisevän kalvon läpi elektrolyyttiliuokseen. Aiheuttaen elektrodien välille kaasun pitoisuuteen verrannollisen jännitteen. Vapautuvat elektronit kulkevat toiselle elektrodille, joka synnyttää sähkövirran. Häiriöitä mittaukseen aiheuttaa pöly, vesihöyry ja rikkihapposumu. Analysaattorin kenno on vaihdettava tietyin väliajoin ja kalibroitava usein.

3.1.2.4 Sähkökemialliset anturit (12), (19)

Rikkidioksidin mittaukseen voidaan käyttää myös kiinteän tilan elektrolyyttianturia, joka asennetaan suoraan kanavaan. Mitta-anturi koostuu kiinteästä elektrolyytistä, joka voi olla valmistettu seuraavista materiaaleista K_2SO_4, (dikaliumsulfaatti) Na_2SO_4 (dinatriumsulfaatti) tai Li_2SO_4 (dilitumsulfaatti) sekä keraamisen materiaalin sisällä olevista platinaelektrodeista. Kiinteän elektrolyytin (yleisin kaliumsulfaatti K_2SO_4) on reagoitava sähkökemiallisesti ja reversiibelisti SO_2:n kanssa. Kaliumsulfaattianturissa kalium-ionit kulkevat elektrodilta toiselle keraamisessa materiaalissa, jolloin kennon jännite syntyy kalium-ionien aktiivisuuksista platinaelektrodeilla. Anturin kalium-ioni -aktiivisuus elektrodeilla riippuu näytekaasun SO_2- ja O_2- pitoisuuksista Nernstin yhtälön mukaan.

Kennon ulostulojännite on funktio hapen ja rikkidioksidin osapaineista. Hapen vaikutus voidaan estää kytkemällä zirkoniumoksidianturi rinnalle, jolloin jännitteet voidaan vähentää toisistaan. Näin saatu jännite on riippuvainen ainoastaan SO_2:n osapaineesta mitattavassa kaasussa, kun vertailupuolen paine on vakio.
Mittakennon käyttölämpötila anturin termostoidussa osassa on n. 840°C ja anturi kestää myös korrodoivia olosuhteita.
Mitta-anturin maksimi mittausalue on 0 – 25% SO_2. Anturin etuna on yksinkertaisuus, koska erillistä näytteenottolinjaa ei tarvita.

3.1.2.5 Kolorimetria (10), (14)

Kolorimetriassa mitattava kaasu absorboidaan sopivaan liokseen ja kaasun pitoisuus määritetään liokseen lisätyn reaganssin värin muutoksen perusteella spektrofotometrisesti. Lambert-beerin lain mukaisesti absorbanssi on suoraan verrannollinen värillisen yhdisteen konsentraatioon. Saatavilla on vain muutamia automaattisia kolorimetrisiä SO_2 –analysaattoreita, jotka perustuvat West-Gaeke-menetelmään. Siinä SO_2 absorboidaan kaliumtetrakloromerkuraattiliuokseen ja reaganssilisäysten jälkeen syntyy värillinen pararosaniliinimetyylisulfonihappo.
Kolorimetristen analysaattoreiden etuina on yksinkertaisuus, hyvä herkkyys ja spesifisyys. Huonoina puolina voidaan mainita lämpötilan ja pH:n muutokset, reagenssissä olevat epäpuhtaudet ja muut savukaasuissa olevat yhdisteet, jotka voivat vaikuttaa värin intensiteettiin.

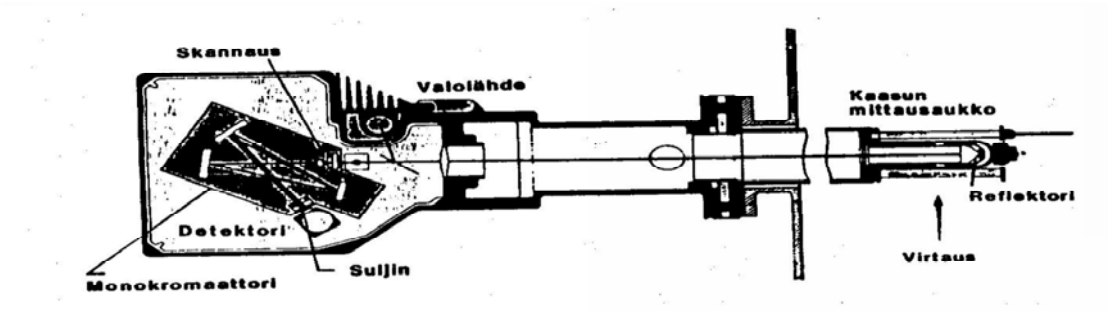
3.1.2.6 2. derivaatan spektroskopia (SDUV) (20), (25)

2. derivaatan spektroskopiaan pohjautuvia laitteita voidaan käyttää SO_2- ja NO-mittauksissa. Menetelmä soveltuu myös kaytettäväksi savukaasuissa, joissa on suuri kosteusprosentti, suurihiukkaspitoisuus ja korkea lämpötila. Useimmat 2. derivaatan spektroskopiaan perustuvat anturit toimivat UV-alueella.

Molekyylispektroskopiassa tarkastellaan sähkömagneettisen säteilyn jamolekyylien välistä vuorovaikutusta. Kun perustilassa oleviin molekyyleihin kohdistuu sähkömagneettinen säteily, molekyylit absorboivat energiaa ja

elektronit siirtyvät virittyneeseen energiatilaan. Molekyyleillä on useita energiatiloja. 2. Derivaatan spektroskopiassa tarkastellaan lähinnä 200 – 600 nm välillä olevia tiloja. Yleisesti nämä tilat esiintyvät molekyyleillä, joilla on parittomia elektroneja. Spesifistisiä aallonpituuksia, joissa absorptiovöitä esiintyy, voidaan käyttää molekyylien identifioimiseen ja absortion voimakkuutta konsentraation mittaamiseen.

Menetelmän antama ulostulosignaali on lineaarinen mitattavan komponentin konsentraation kanssa.



Säteilyn lähetin- ja vastaanotinyksikkö on sijoitettu kanavan reunaan ja kanavaan on sijoitettu sondi, jossa on diffuusiokyvetti ja reflektori. Laite mittaa kapeaa UV-säteilyn absorptiovyötä, joka on spesifinen ja karakteristinen SO_2:lle ja NO-molekyyleille. SO_2- ja NO- signaalien peräkkäinen aikaerotus suoritetaan pienellä sulkijalla monokromaattorissa. Optisten pintojen likaantumista estetään koteloimalla mittapää huokoiseen keraamiseen koteloon. Kaasumaiset komponentit diffundoituvat mittapäähän, mutta hieukkaset eivät. Laitteen suurin etu on mahdollisuus kalibroida syöttämällä kaasua diffuusiokyvettiin.

3.2 Typenoksidit (NO_x)

On määritelty kahden typen oksidin, Typpidioksidi(NO_2) ja Tyypimonoksidi(NO) yhdistelmäksi. Elohopeahöyrylampun allonpituuksista 436nm on sopiva Typpidioksidin mittaamiseen, mutta typpimonoksidin absorptiopiikit ovat ovat alueella, jossa Typpidioksidilla ja Tyypimonoksidilla on monikertainen molaarinen absorptiviteetti. Tästä johtuen typpimonoksidi on hapetettava typpidioksidiksi(NO_2) ja mitattava kahdessa vaiheessa. Elohopeahöyrylampun säteilystä on optisesti leikattava kaikki alle 410nm emissio, jottei Typpidioksidiksi(NO_2) hajoaisi fotolyyttisesti.

3.2.1 Kemiluminenssi (23), (24), (11)

Typen oksidien jatkuvassa tarkkailussa käytetään useimmiten kemiluminenssiin perustuvia analysaattoreita. Menetelmä perustuu typpioksidin ja otsonin väliseen kemiluminenssi reaktioon.

Typpimonoksidi reagoi otsonin kanssa muodostaen elektronisesti virittyneen NO_2^* - molekyylin. Viritystilan purkautuessa emittoituu säteilyenergiaa fotoneina, joka mitataan valononistus putkella, jonka synnyttämä virta on suoraan verrannollinen näytteessä olevaan Typpimonoksidin määrään. Otsoni tuotetaan otsonigeneraattorilla paineilmasta tai puhtaasta hapesta.

Analysaattoreissa on yleensä kaksi toimintatilaa: NO- ja NO_x . yleensä toimitilan vaihto suoritetaan solenoidiventtiilillä. NO- tilassa näyte johdetaan kammioon, jossa reaktio otsonin kanssa tapahtuu. NO_x – tilassa kaasuvirta johdetaan ensin katalyyttisen konvertterin reaktiokammioon. Konvertterissa tapahtuu pyrolyysireaktio ja tästä saadaan oksidien kokonaismäärä ja NO_2 – määrä saadaan NO ja NO_x :n erotuksena. Toisissa laitteissa kummallekin kaasulle on omat mittakammionsa. Kemiluminenssimenetelmän etuina ovat hyvä herkkyys ja spesifistisyys NO- ja NO_x –mittauksiin. Heikkouksina on hiilivetyjen, rikkivedyn ja merkaptaanien reagoiminen otsonin kanssa, joka aiheuttaa häiriöitä mittauksiin. Lisäksi happi, hiilidioksidi ja vesi saattavat aiheuttaa kemiluminenssin sammumista.

3.2.2 NDIR ja UV- menetelmät

Typen oksidien määrää voidaan myös mitata IR- tai UV-VIS-alueella olevien molekyylien absorptiovöiden perusteella. Näillä menetelmillä saadaaan selville NO-pitoisuus. Jos halutaan typen oksidien kokonaismäärä, on NO_2 muutettava NO:ksi. Menetelmä on kuvattu optisen absorption kohdalla. Myös 2. Derivaatan spektroskopiaa voidaan käyttää NO- mittaukseen.

3.2.3 Sähkökemiallinen menetelmä (26)

Sähkökemiallisessa menetelmässä typen oksidit diffundoituvat permeaatiomembraanin läpi liuokseen, jossa tapahtuu joko yhdisteiden hapettumista tai pelkistymistä.

Reaktiossa vapautuneet elektronit aiheuttavat työ- ja vasta elektrodien välillä sähkövirran. Mitattavana suureena on diffuusiorajavirta.

Kolmielektrodikennossa on elektrolyyttinä H_2SO_4. Typpidioksidille elektrodina käytetään kultaa ja NO:lle grafiitti- tai hiilielektrodeja.

Menetelmän etuna on yksinkertaisuus ja helppokäyttöisyyys sekä herkkyys. Eräissä analysaattoreissa kenno ei ole täysin selektiivinen ja sähkökemiallinen reaktio riippuu lämpätilasta. Rikkidioksidin häiritsevä vaikutus eliminoidaan poistamalla SO_2 absorptioputkella.

3.3 Kokonaispelkistetyt rikkiyhdisteet (TRS) (26)

Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS) voidaan määrittää hapettamalla yhdisteet 800°c:n lämpötilassa rikkidioksidiksi ja mittaamalla se. Varsinkin yhdysvalloissa ja kanadassa käytetään ns. Barton-titraattria, jossa rikkivety, rikkidioksidi ja muut orgaaniset rikkiyhdisteet hapetetaan sulfaatti-ioneiksi halogeenielektrolyytin avulla. Elektrolyytistä muodostuu halogeenikaasua ja sen konsentraatio pidetään vakiona sähkövirralla. Sähkövirta on verrannollinen kennon läpi kulkevien reaktiivisten kaasujen määrään. Kulometrinen titraus on herkkä kaikille yhdisteille, jotka halogeeni kykenee hapettamaan, eikä siis ole spesifinen.

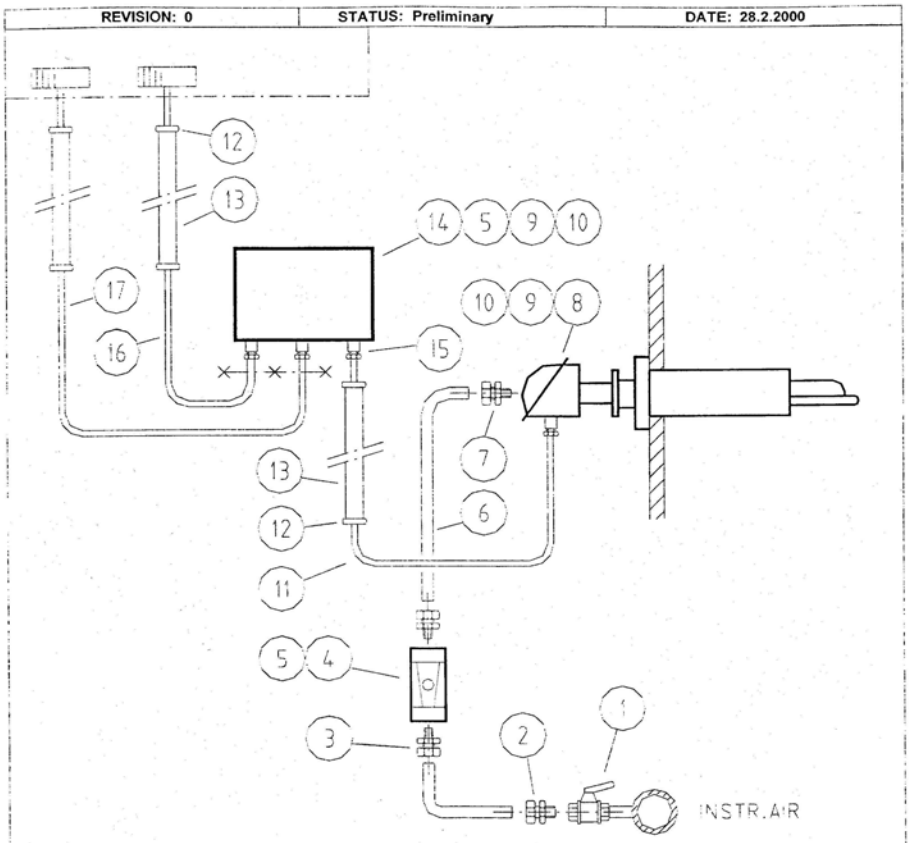
Barton-titraattorista on kehitetty myös malli, jossa näytekaasusta poistetaan ensin SO_2 . TRS hapetetaan termisesti rikkidioksidiksi eikä sulfaatiksi ja SO_2 analysoidaan. Kun näyte kuplii kennoelektrolyytin läpi, SO_2 reagoi elektrolyytissä olevan vapaan bromin kanssa aiheuttaen bromimäärän, joka on suoraan verrannollinen SO_2 pitoisuuteen. Laitteisto koostuu neljästä osasta: näytteenotto-, näytteenesikäsittely-, näytteentitraus-, ja elektroniikkamoduulista.

Jatkuvatoimisissa TRS-analysaattoreissa häiriöitä voi aiheuttaa mm. Pelkistyneisiin rikkiyhdisteisiin kuulumaton hajuton karbonyylisulfidi COS, jota esiintyy soodakattilan saavukaasuissa esimerkiksi ylikuormitustilanteissa.

3.4 Happi (O_2)

Hapen eri mittausmenetelmien antamien tulosten eroavaisuus toisistaan voi johtua savukaasussa olevista palamattomista aineista. ZrO_2 analysaattorit mittaavat nettohappea eli palamisessa ylijäänyttä happea riippumatta kennossa olevista palavista kaasuista. Muut mittausmenetelmät antavat kokonaishapen määrän. Yleensä näiden erot ovat pienet, mutta palamatta jääneitä aineita on ppm-tasolla, kun taas happi on prosentteina. Tulosten eroavuudet voivat johtua myös ZrO_2 analysaattorin kyvystä mitata happea kosteasta savukaasusta, muut menetelmät vaativat jäähdytetyn kuivan näytteen. Tästä johtuvat piikkeamat voivat olla 0.5%.

REVISION: 0	STATUS: Preliminary	DATE: 28.2.2000

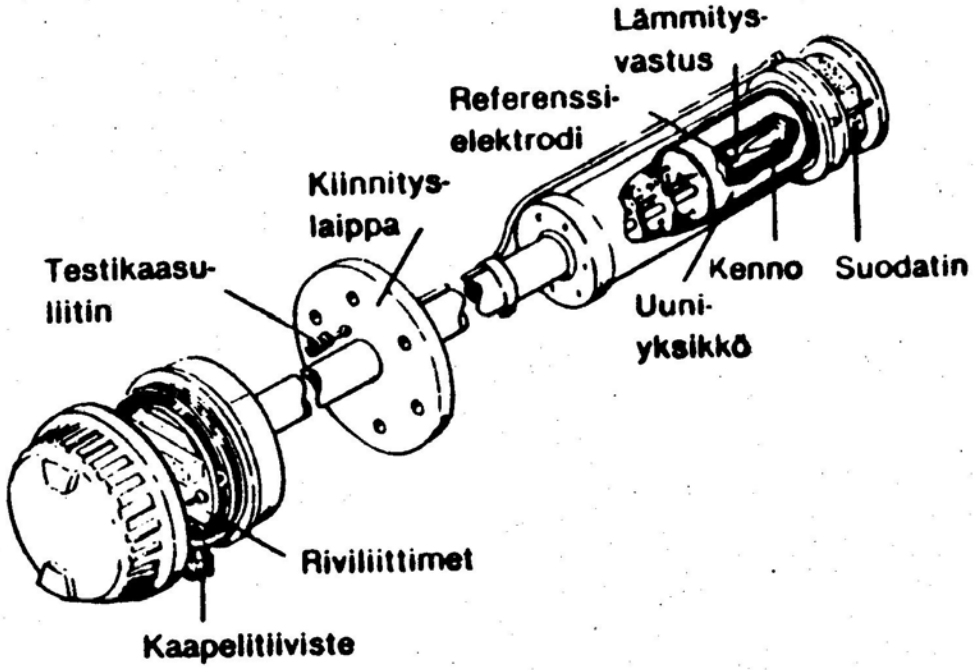


PART	QUANTITY		NAME	SIZE	MATERIAL	CODE	P	I	NOTE
17		m	Power cable	3x1,5mm2		HCBL.02			
16		m	Signal cable	JYP3V-2 (2x2x0,5)		WS.205			
15	4	pcs	Cable gland			HPRC.04			
14	1	pcs	Transmitter			HDTR.01			See specification
13	12	m	Protection conduit	19x1,5mm		HPRC.01			
12	6	pcs	Conduit end plug	19mm		HPRC.03			
11		m	Special cable			HCBL.03			See specification
10	2	pcs	Name plate			HNPL.01			
9	2	pcs	Name plate holder			HNPL.02			
8	1	pcs	Sensor			HDSE.01			See specification
7	1	pcs	Male connector			HCNR.14			Suitable for device
6	4	m	Seamless pipe	12x1mm		HPIP.01			
5	2	pcs	Mounting bracket			HMBR.02			
4	1	pcs	Rotameter	NPT1/4"-NPT1/4"		HSPE.01			See specification
3	2	pcs	Male connector	12mm-R1/4"		HCNR.12			
2	1	pcs	Male connector	12mm-R1/2"		HCNR.01			
1	1	pcs	Ball valve	R1/2"-R1/2"		HVHV.01			

Eräälle laitokselle asennetun 0_2 Anturin PKS-kuva

3.4.1 Zirconiumoksidianturit (29)

Zirconiumoksidikenno on yleisin jatkuvatoiminen hapen mittausmenetelmä luotettavuutensa ja helppohoitoisuutensa takia. Anturina oleva putki on valmistettu keraamisesta Zirconiumoksidista (ZrO_2), joka on stabiloitu natrium- tai kalsiumoksidilla. Kennon molemmilla puolilla olevat platinaelektrodit muodostavat katalyyttisen pinnan happimolekyyleille. Kennomateriaalin kidehilarakenteessa on tyhjiä paikkoja, jotka mahdollistavat happi-ionien liikkumisen.



Zirkoniumanturin rakenne (18)

Korkeassa lämpötilassa kenno muuttuu permeaabeliksi happi-ioneille (O_2-) ja kidehilan vapaiden kohtien takia kenno tulee happi-ioneja johtavaksi kiinteäksi elektrolyytiksi.

Referenssipuolella vallitsee yleensä suurempi happipitoisuus ja happi-molekyylit vastaanottavat elektroneja samalla, kun ne permeoituvat elektrolyytin sisään. Samanaikaisesti toisella elektrodilla happi-ionit luovuttavat elektroneja ja tällä elektrodilla vapautuu happimolekyylejä.

Kun hapen osapaine kummallakin puolella on yhtä suuri, ei kennossa ole ioni virtaa. Konsentraatioeron vallitessa happi-ionit kulkevat korkean happikonsentraation puolelle. Tästä aiheutuu elektrodien välille jännite, joka riippuu lämpötilasta ja hapen osapaineista.

Zirkoniumoksidi kennon hyviä puolia on mm. Kennoin toimivuus korkeissa lämpötiloissa, jolloin näytekaasua ei tarvitse jäähdyttää tai kuivata ennen analyysiä. Kenno voidaan asentaa on-site mittaukseen tai näytettäottavaksi. On-site mittauksessa tukkeutumis riski suurilla hiukkaspitoisuuksilla on huomattavsti pienempi kuin näyttettä ottavissa.

Mikäli kennossa ei ole molekylääristä happea, sensori reagoi siihen pieneen happimäärään, joka syntyy veden ja hiilidioksidin dissosioituessa korkeassa lämpötilassa. Dissosioituminen estyy, jos kaasu sisältää hiilimonoksidia ja vetyä. Näiden pitoisuuksien kasvaessa happipitoisuus pienenee ja tästä seuraa kennon ulostulosignaalin suureneminen.

Kennojen maksimikäyttölämpätila on n. 550 - 1500°C. koska ZrO_2 –kenno toimintaperiaatteesta johtuen on huomattavasti kuumempi (n. 800°C) kuin mitattava kaasu, on syttymisen mahdollista ellei sitä ole rakenteellisesti estetty. Kennon eteen on siksi yleensä sijoitettu ns. Liekinestin, joka estää häiriötilanteessa syntyneen liekin etenemisen.

3.4.2 Paramagneettisuuten perustuvat menetelmät (29), (17)

Heterogeeninen magneettikenttä vetää puoleensa paramagneettisiahappimolekyylejä ja sen vuoksi magneettikentässä olevaan onttoon kappaleeseen kohdistuu voimia. Laitekonstrukstioita on eri tyyppejä, mutta seuraavassa esitellään eräs toimintaperiaate.

Laitteessa on kaksi diamagneettista typellä täytettyä kvartsipalloa, jotka on yhdistetty ohuella platinalangalla. Pallot pääsevät liikkumaan pystysuoraan kannattimen varassa. Systeemi on heterogeenisessä magneettikentässä, jolloin diamagneettiset pallot pyrkivät poistumaan magneettikentästä, kunnes vääntövoima on magneettisen voima suuruinen.

Happea sisältävän kaasun kulkiessa magneettikentän läpi, magneettikenttä muuttuu ja pallojen asema muuttuu. Tätä siirtymää voidaan seurata esim. Optisesti pallojen väliin kiinnitetyn peilin kulman muutoksen aiheuttamaa muutosta esim. IR- diodin lähettämään säteeseen. Peilistä säde heijastuu piifotoelementeille, jotka on kytketty sähköisesti niin, että virta on nolla, elementtiin kohdistuu symmetrinen säteily.

Virtapulssi muutetaan pallot oikaisevaksi sähkövirraksi kompensaatio virtapiirissä. Tämä kompensaatiovirta on suoraan verrannollinen näytekaasun happipitoisuuteen. Analysaattorin johdettavan kaasun tulee olla puhdasta, kuivaa ja jäähtynyttä. Muista kaasuista lähinnä NO, NO_2 ja eräät hiilivedyt ovat lievästi paramagneettisia ja voivat häiritä mittausta.

3.4.3 Sähkökemialliset kennot (29), (21)

Sähkökemiallisia kennoja on olemassa useita eri tyyppejä, mutta kaikille on yhteistä kaksi elektrolyytin vesiliuoksen kanssa kanssa kosketuksissa olevaa elektrodia. Happimolekyylit diffundoituvat membraanin läpi katodille, jossa tapahtuu kemiallinen reaktio.
Happi pelkistyy OH^- -ioneiksi katodilla.
Anodilla (yleensä Pb tai Cd) OH- -ionit reagoivat hapettaen anodi-materiaalia, jolloin vapautuu elektroneja.
Diffuusionopeus katodille rajapinnan läpi riippuu ainoastaan hapen tilavuus konsentraatiosta ja syntyvä virta on suoraan verrannollinen hapen kulutukseen. Kennojen selektiivisyys on hyvä; esim. Hiilidioksidi ei häiritse merkittävästi pitoisuuden pysyessä alle 20%.

3.5 Hiilidioksidi (CO_2) ja Hiilimonoksidi(CO)

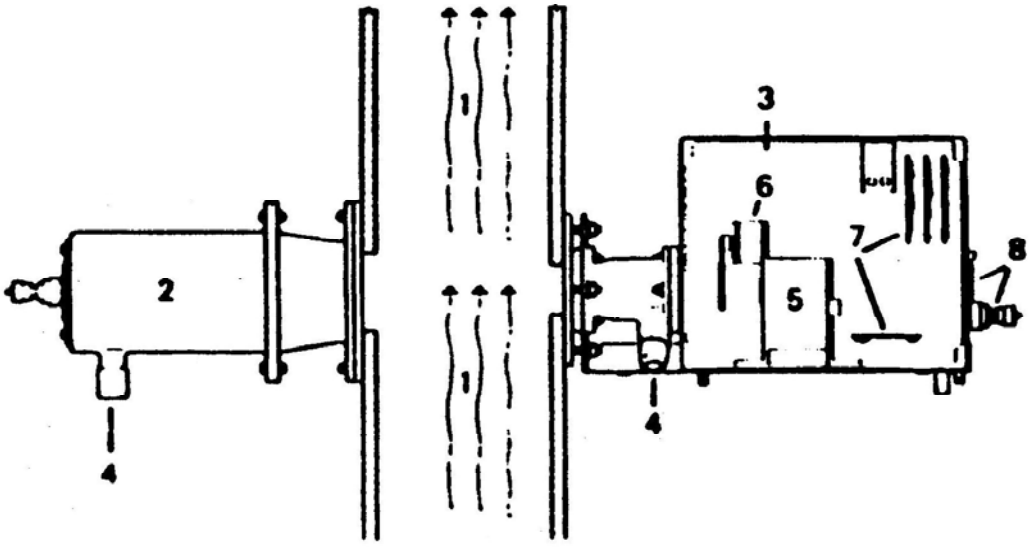
3.5.1 IR

3.5.2 NDIR – laitteet

IR- tekniikan toiminta peruste on esitetty rikkidioksidin määrän mittauksen yhteydessä(2.1.1.1.2). Infrapunasäde kulkee vuorotellen toiselle sädetielle asetetun vertailukyvetin läpi, jossa on tunnetut pitoisuudet CO ja CO_2 kaasuja ja vuorotellen näytekyvetin läpi johon johdetaan jatkuvasti uutta näytekaasua.

Analysaattorissa olevien optisten suotimien avulla voidaan detektoida CO – CO_2 absorptiota.

Kavavan yli mittaava CO-analysaattori (22)



1. Savukaasu

2. IR- Lähde

3. Vastaanotin

4. Puhallusilma sisään

5. Kaasukennot ja detektori

6. Sisäinen IR -lähde

7. Elektroninen signaalikäsittely

8. Signaalin ulosotto

3.5.3 Kaasukorrelaatio menetelmä. (21), (29)

Hiilidioksidin on-site mittauksissa käytetään kaasukorrelaatio menetelmää. Detektoriyksikössä olevassa pyörivässä levyssä on kolme ilmatiivistä kaasukennoa. Yhdessä on 100% typpeä, toisessa on 100% hiilimonoksidia ja kolmannessa on 5% hiilimonoksidia. Kanavan läpi tullut säde absorboituu kokonaan 100%, sen sijaan typpi ei absorboi ollenkaan IR-säteilyä. Jos kanavassa on CO:ta, IR-säteen intensiteetti heikkenee. 100% CO-kennon ja typpikennon läpi kulkeneiden säteiden antamia signaaleja verrataan ja lasketaan CO-pitoisuus. Kennon, jossa on 5% CO:ta, signaali on apuna laskennassa.

3.5.4 Sähkökemiallinen kenno

Hiilimonoksidin määrityksessä käytettävän kennon rakenne on samanlainen kuin happikennolla, jonka toiminta on kuvattu hapen mittauksen yhteydessä. Eräässä laitteessa on kaksi elektrodia, jotka ovat yhteydessä elektrolyyttiliuoksen kanssa. Hiilimonoksidi diffundoituu membraanin läpi anodille, jossa tapahtuu hapetusreaktio. Katodilla H^+-ionit reagoivat hapen kanssa. Elektrodien välillä kulkee kennossa virta, joka on suoraan verrannollinen CO-molekyylien siirtymiseen membraanin läpi.

3.6 Kiintoaine

3.6.1 Optinen savukaasun tiheysmittaus (30), (31), (32)

Sähkömagneettisen säteilyn käyttäminen hiukkasjoukon pitoisuuden määritykseen perustuu hiukkasten ja säteilyn väliseen vuorovaikutukseen. Alunperin optiset mittalaitteet on kehitetty mittaamaan savun tiheyttä. Nykyään ne on laajalti käytössä savukaasun polypitoisuuden määrityksessä. Optisissa menetelmissä mitataan joko transmittanssia, opasiteettia, heijastumista ta optista tiheyttä.

Yksinkertaisimmillaan optinenmittalaite on savu kanavan eri puolille asennettu detektori ja valonlähde. Detektori rekisteröi valolähteestä tulevan säteen intensiteetin. Kummassakin yksikössä on puhallin, jolla optiset ikkunat pidetään puhtaana mittalaitteeseen pyrkivästä pölystä.

Vaihtoehtoiseti voidaan myös käyttää yhdistettyä valonlähdettä ja detektoria eli kaksisäde analysaattori. Valonlähteen vastapäätä kanavan toiseen reunaan asennetaan peili, joka heijastaa säteen takaisin detektorille. Näissä laitteissa valonsäde jaetaan kahteen osaan, referenssi säteeseen, joka johdetaan suoraan detektorille ja mittaussäde heijastetaan kanavassa olevasta peilistä takaisin detektorille. Detektorille pääsevää sädettä vaihdetaan pyörivän levyn avulla.

3.6.2 Laser-säteilyyn perustuva tiheysmittaus (27), (28)

Laserilla on on säteilylähteenä huomattavia etuja hehkulamppuun verrattuna: Säteen monokromaattisuuden vuoksi teoreettinen laskenta on helppoa, vakaan käyttäytymisen vuoksi valonlähteen ulosantotehon tarkkailua ei tarvita, laser-pohjaisen mittalaitteen pieni koko mahdollistaa asentamisen ahtaisiin tiloihin. Säteilylähteinä on pääasiassa He-Na-lasereita.

Yksin kertaisimmillaan laserpölymittaus voidaan toteuttaa savukanavan eri puolille asetetuilla detektorilla ja laser-lähteellä.

Lasersäteilyn takaisin sirontaan perustuvissa analysaattoreissa optiikka sijoitetaan kanavaan asennettavaan sondiin. Valonlähteestä lähetetään kollimoitu säde, jolloin säteen edessä olevat hiukkaset siroonnuttavat säteen kaikkiin suuntiin. Valonkeräyslinssi kohdistaa sironneen valon detektoriin,

jossa se muuttuu sähköiseksi signaaliksi. lähtevästä säteestä osa kohdistetaan referenssidetektoriin, joka kompensoi valonlähteen vaihtelut.

4. Asennustavat

Mittauspaikat vaihtelevat mitattavan päästökomponentin mukaan, savukaasut mitataan useimmiten savupiipusta, mutta komponentteja voidaan mitata myös suoraan prosessista ja pölymittaus tapahtuu yleensä ennen sähkösuodinta. Mittauskohta prosessissa valitaan mittauksen tarkoituksen mukaan. Päästömittauksissa on järkevä mittauspaikka savukaasujen puhdistuslaitteiden jälkeen niin myöhäisessä vaiheessa kuin mahdollista. Ohjaus ja valvonta tarkoituksessa näytteet yleensä joudutaan ottamaan jo prosessin aikaisemmassa vaiheessa.

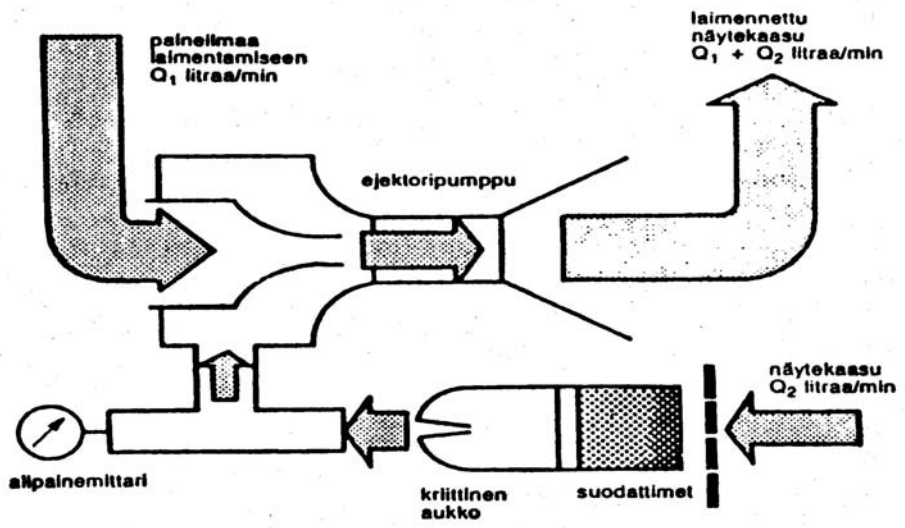
5. Näytteenotto

Soodakattilan näytteenottosondit voivat joko laimentavia tai laimentamattomia. Laimentavassa sondissa, sondin päässä, näytteen sekaan johdetaan kuivaa, puhdasta ilmaa. Sondi voi olla lämmitetty, mutta useimmiten riittää ilman lämmittäminen kaasun kanssa samaan lämptilaan sondin sisäisellä lämmönvaihtimella.

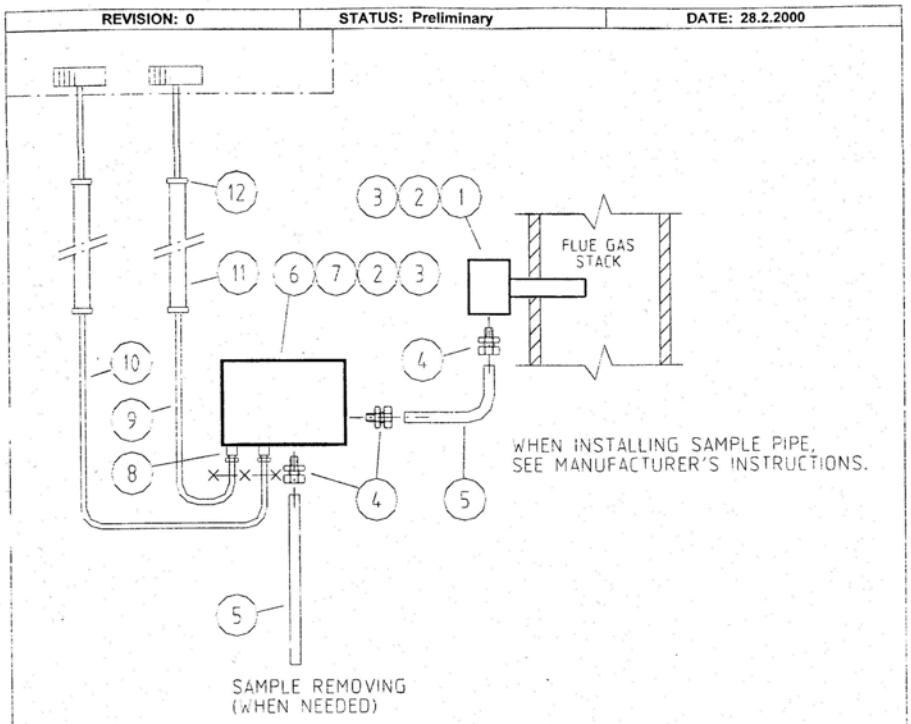
Kaasunäytettä imetään jatkuvasti laimentavalle sondille suodattimen ja kriittisen aukon kautta. Sondin päävirtaus on yleensä paineilmaa josta on suodatettu yli μm kokoiset hiukkaset

Soodakattilan savukaasujen näytteenottoon vaikuttavat useat eri tekijät: hiukkaspitoisuus, korrosoiva ympäristö, lämpötila ja kosteus. Hiukkaset aiheuttavat fysikaalisia ja kemiallisia häiriöitä ja vesihöyryn lauhtuminen voi muuttaa näytteen koostumusta.

Laimennussondissa mittavirheitä aiheuttaa savukaasukanavan paineen muutokset, savukaasun tiheyden muutokset ja savukaasun läpötilan muutokset.



Laimennussondin toimintaperiaate
Sondin kalibrointi tapahtuu syöttämällä kalibrointikaasua sondiin laimennuspaineilman tavoin jolloin koko linjasto saadaan tarkastettua häviöiden, kuten likaantumisen ja vuodon varalta.

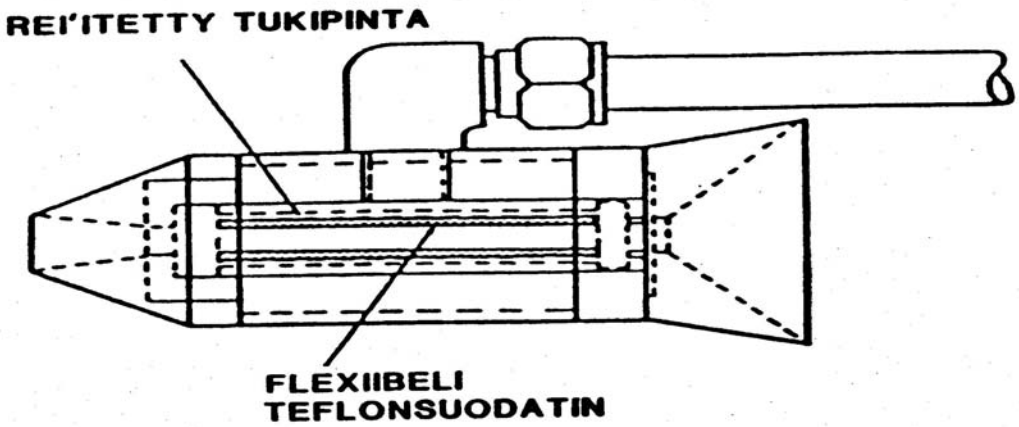


PART	QUANTITY		NAME	SIZE	MATERIAL	CODE	P	I	NOTE
12	4	pcs	Conduit end plug	19mm		HPRC.03			
11	8	m	Protection conduit	19x1,5mm		HPRC.01			
10		m	Supply cable	KYJV 3x1,5		WP.315			
9		m	Signal cable	JYP3V-2 (2x2x0,5)		WS.205			
8	2	pcs	Cable gland			HPRC.04			
7	1	pcs	Mounting bracket			HMBR.02			
6	1	pcs	Transmitter			HDTR.01			See specification
5		m	Sample pipe			HSPE.10			See specification
4	3	pcs	Male connector			HCNR.14			Suitable for device
3	2	pcs	Name plate			HNPL.01			
2	2	pcs	Name plate holder			HNPL.02			
1	1	pcs	Sensor			HDSE.01			See specification

Erään kattilalaitoksen näytteenoton PKS-kuva

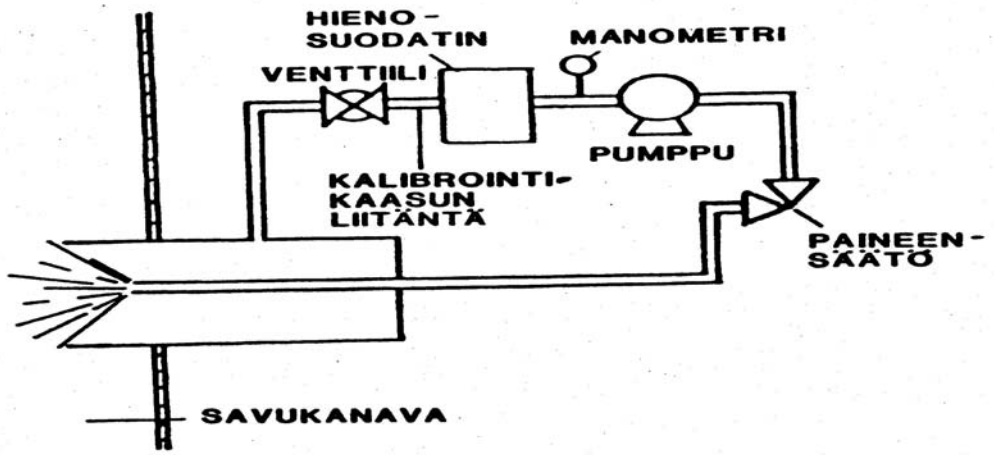
5.1 Pölyn poisto (35)

Näytteen esikäsittelyn tarkoituksena on saada näyte muuttumattomana analysaattorille, suojata analysaattoria epäpuhtauksilta, häiritseviltä kaasukomponenteilta ja aikaansaada vakio-olosuhteet lämpötilan, paineen ja virtauksen suhteen. Näytteenottosondissa sijaitsevalla karkealla suodattimella ja sondin loppupäässä sijaitsevalla hienosuodattimella. Hienosuodattimet ovat usein varustettu lämmityksellä. Suodattimeen kertyneen pölyn poisto tapahtuu paineilman avulla. Pölyn erottamiseen on olemassa myös Teflon-suodattimia ja refluxsondeja, mutta niiden käyttö on ollut vähäistä. Sondi rakentuu teräksisestä ulkokuoresta ja teflonisesta muunnettava muotoisesta suodattimesta, joka esimerkiksi puhdistuspuhalluksen aikana painuu kasaan parantaen puhdistumista.



Teflonsuodatin

Refluxsondilla savukaasusta otetaan suuri näyte, josta suurin osa palautetaan samasta aukosta takaisin savukanavaan. Suukappaleessa kaasun virtausnopeus on suuri, jolloin takaisinvirtaus estää pölyn pääsyn analysaattoriin.

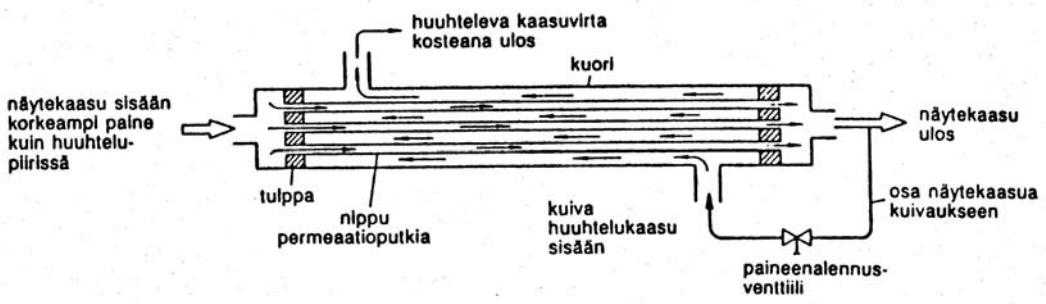


Refluxsondi

5.2 Kosteuden poisto
Näytteessä oleva kosteus voidaan poistaa sähköisillä kuivaimilla tai nostamalla näytteen lämpötila yli kastepisteen.

5.2.1 Peltier-kennoon perustuva kuivain
Peltierkennoon perustuvassa kuivaimessa näytekaasun lämpötila vakioidaan alhaiseksi, jotta vesi ei kondensoidu näytelinjastossa. Lauhdevesi johdetaan lauhdevesisäiliöön, josta se voidaan poistaa lauhdevesi pumpulla. sähköiset lauhduttimet vaativat hyvin vähän huoltoa, joten ne soveltuvat käytettäväksi jatkuvissa näytteenotto järjestelmissä. Järjestelmän huono puoli on sen epävarmuus, jotkut savukaasu-komponentit liukenevat veteen ja vääristävät mittaustulosta.

5.2.2 Permeaatiokuivain
Permeaatiokuivaimen toiminta periaate on vesimolekyylien permeaatioon polymeerikalvon läpi. Kuivaimeen on pakattu useita permeaatioputkia, joissa vesi diffentoituu polymeeri putkien läpi. Putkien ulkopintoja huuhtelee kuiva kaasuvirta vastakkaiseen suuntaan. Permeaation toiminnan edellytyksenä on on kuivempi ja tilavuusvirralta suurempi huuhteleva kaasu ja sisä- ja ulkoputken välillä tulee myöskin vallita paine-ero. Permeaation seurauksena sisällä virtaava kaasu kuivuu ja ulkokaasu kostuu.



Permeaatiokuivaimen toimintaperiaate

6. Viranomaismääräykset ja ohjearvot suomessa

Suomessa ilmansuojelulain 7. § velvoittaa huolehtimaan ”ilman pilaantumisen ehkäisemisestä siinä laajuudessa kuin kohtuudella voidaan edellyttää” Valtioneuvosto on määrännyt 12.2.1987 ohjearvot sulfaattiselluteollisuudelle päästöjen rajoittamiseksi. Ohjearvoissa on määritelty kaasumaisten rikkiyhdisteiden päästö rikkidioksidiksi laskettuna saa saa olla enintään 4.0 kg / t sellua. Ennen päätöksen voimaantuloa toimintansa aloittaneiden laitosten päästöarvot saavat olla 6.0 kg / t sellua. Sellutehtaat ovat joutuneet toimittamaan lääninhallitukselle ilmansuojeluilmoituksen, jonka perusteella lääninhallitukset ovat antaneet laitoksille pitoisuusrajat.

7. Käyttökokemukset

Kyselykaavakkeen palautteista selvisi seuraavanlaisia ongelmia ja kuinka niitä on ratkaistu. Esiin tuli myös asioita joita tulisi ottaa huomioon jo laitosrakennuksia suunniteltaessa lähinnä analysaattrien sijoittamisen suhteen.

Sijoittaminen

Analysaattorin vakaa toiminta on erittäin tärkeää, sen epävakaa toiminta pilaa koko järjestelmän hyödyn, jos sondilta tulevan näytteen analyysi on virheellinen.

Analysaattoreille tulisi jo laitoksen suunnitteluvaiheessa suunnitella tilat, jossa olosuhteet pysyisivät mahdollisimman vakaina. Tällä pystytään minimoimaan ulkoisten olosuhteiden vaikutus mittaustulokseen.

Analysaattoritilat tulisi suunnitella niin lähelle sondia kuin on mahdollista ja järkevää, jolloin saadaan näytteenottolinja pysymään mahdollisimman lyhyenä. Lyhyeen näytteenottolinjaan ei pääse syntymään kondensiopistettä ja linjan auki pysyminen varmempaa.

Tutustumillani laitoksilla yhtä lukuunottamatta analysaattori oli sijoitettu piippuun. Laitteillepääsyyn tulisi kiinnittää huomiota, koska mahdollisesti huollossa tarvittavia suuria tai raskaita esineitä on hankala kuljettaa kierreportaissa. Tämä ongelma voidaan korjata tavarahissillä. Huollossa

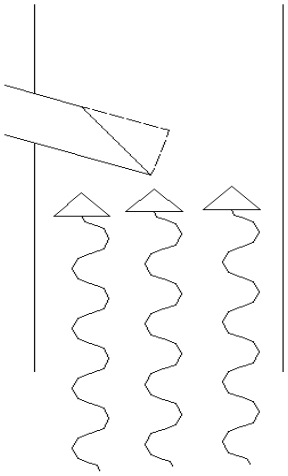
tarvittavien hyödykkeiden kuten paineilma ja mahdollisesti vesi tulisi olla mahdollisimman helposti saatavilla

Näytteenotto

Analysaattori-järjestelmä on näytteenotosta, näytteenottolinjasta ja itse analysaattorista koostuva järjestelmä. Koko järjestelmän kunnosta saadaan kuva, jos analysaattorin kalibrointikaasut on mahdollista syöttää sondin kautta. Tällöin saadaan selville järjestelmässä olevat mahdolliset viat, kuten liittimien pitävyys. Tämän menetelmän huonona puolena voidaan mainita suurempi kalibrointikaasun kulutus, kuin suoraan analysaattorille syötettynä.

Analysaattorijärjestelmässä tulisi olla myös näytteenoton ulosotto ulkopuolista tarkastajaa varten, tällöin ulkopuoliselle tarkastajalle ja laitoksen omalle analysaattorille menevä näyte saadaan samalta hetkeltä. Tällä saadaan varmuus analysaattorin todellisesta tarkkuudesta.

Yleisin häiriö sondilla oli sondin tukkeutuminen kiinteiden partikkeleiden kekoutuessa sondin suulle. Sondin tukkeutumista oli pystytty ehkäisemaan sondin pään uudelleen muitoilulla. Periaatekuva sondinpään uudelleen muotoilusta alla.



Periaate sondinpään uudellen muotoilusta Katkoviivalla sondin pään alkuperäinen muoto

Laitevalinnat

Laitevalintoihin erityisesti tulisi kiinnittää huomiota. Samaa komponenttia mittaavien laitteiden toimintaperiaatteiden vaihdellessa toisissa on enemmän kuluvia osia kuin toista mittausperiaatetta käyttävissä laitteissa. Mittausperiaatteetteesta riippuen mittalaitteessa saattaa olla kuluvia osia, kuten moottoreita, jotka vaativat tietyin väliajoin huoltoa. Tällaista analysaattoria hankittaessa tulee kiinnittää huomiota myös varaosien saatavuuteen.

Korrosoivien olosuhteiden vuoksi kaikkien analysaattorijärjestelmään liitettävien laitteiden tulee olla hyvin korroosiota kestäviä, esim. keraamisia. Eräällä laitoksella oli ollut korroosio-ongelmia mittalaitteistossa, joista yleisin oli ollut keraamisen suodattimen metallinen runko. Suodattimen vaihdon lisäksi lisätyötä ja kuluja aiheuttaa myös rungon vaihto.

Seuraaviin taulukoihin on kerätty laitoksilta saadut palautteet.

	Kaukas	Joutseno
Näytteeonotto	Piipussa	Savukaasukanava
Häiriöalttius	-	n. kerran / 2kk
Laitteillepääsy		
Näytteenottolinja	1 x Lämmitetty Permeaatiokuivain	1 x Lämmitetty + Laimennuskaasu + Alipaine
Pituus / m	n. 50	n. 40
suodattimet	Keraaminen	Keraaminen
Linjan auki pysyminen	Ei ongelmia	Lämmityksen toimiessa Ei ongelmia
Mitattavat päästökomponentit	SO2, TRS, NOX, PÖLY	SO2, TRS, CO NOX, PÖLY
Kalibrointikaasujen pitoisuudet / ppm	SO2 68.0 NOX 82.5	O2 paineilma NOX 183 SO2 33.1 CO 180
Mittausperiaatteet	NOX - Kemiluminenssi SO2 - UV-Fluoresenssi TRS - Pöly -	CO – IR 02 - Paramagneettinen TRS - UV NOX - Pöly -
Analysaattorin sijoitus	Piippu	Piippu
Laitteillepääsy	Portaat	Portaat
Huollossa tarvittavat hyödykkeet Vesi Paineilma	- Kyllä	Kyllä Kyllä
Kalibrointikaasujen ajo analysaattoriin Tarkastusväli	Analysaattoriin 1 / kk	Sondille 1 / kk
Säännöllinen vuosihuolto Tehtävät toimet	Kerran vuodessa, Kontram Ainakin Linjan ja Analysaattorin pesu	-
Muuta huoltoa Tarvittava aika	Tarkastukset kerran kuukaudessa	Tarvittaessa
Puhallus	Automaattinen	Paineilmalla
Yleisimmät häiriöt	Harvoin linjan tukkeutuminen Hajukaasujen poltossa tukoksia, puhalletaan auki 1 / 2h	UV-Lampun n.3kk Välein Näytesondin tukkeutuminen Näytekompressorin hihna

	Äänekoski	Varkaus
Näytteeonotto	Piippu	Piippu
Häiriöalttius	-	-
Laitteillepääsy		
Näytteenottolinja	1 x Lämmitetty 2 x Kaasulauhdutin Permeaatiokuivain	2 x lämmitetty, toinen varalla Kalibrointilinja
Pituus / m	n. 6	n. 45m
suodattimet	Paperisuodatin	On
Linjan auki pysyminen	Ei ongelmia sondinpään muotoilun jälkeen	Huuhdeltu kerran 3:ssa vuodessa
Mitattavat päästökomponentit	SO2, NOX, CO, O2, Pöly	SO2, NOX, CO, O2, Pöly
Kalibrointikaasujen pitoisuudet / ppm	SO2 1600 NOX 408 CO 159 O2 159	SO2 300 CO 1000 O2 20
Mittausperiaatteet	CO - IR / Paramagneettinen 02 - Paramagneettinen TRS - Elektroluminenssi NOX - IR Pöly -	O2 - ZrO2-kenno CO - IR SO2 - UV - fluoresenssi
Analysaattorin sijoitus	Piippu	Kattilan sähkötilat
Laitteillepääsy	Portaat	
Huollossa tarvittavat hyödykkeet Vesi Paineilma	- Kyllä	- Kyllä
Kalibrointikaasujen ajo analysaattoriin Tarkastusväli	Sondille 1/kk	Analysaattoriin 2/kk
Säännöllinen vuosihuolto Tehtävät toimet	1 / vuosi Uusitaan mm. letkut ja kalvot	Kerran Vuodessa, Ulkopuolinen. Laitteiston tarkempi läpikäynti. Analysaattorin lineaarisuuden tarkistaminen.
Muuta huoltoa Tarvittava aika	-	2 - 3h/vko
Puhallus	-	Seisokeilla 2 - 3 / vuosi
Yleisimmät häiriöt	Sondilla olevat häiriöt	Korroosion aiheuttama mitta-laitteiden vauriot. Näytelinjan suodattimen runko syöpyy. Pumppujen kalvot. Harvoin vettä näytelinjassa

8. Lähdeluettelo

(1) Blackwell ja king, Chemical Reactions In Kraft Recovery Boilers,
(2) Skogindustrins miljövårdsprojekt: Teknisk sammanfattning, stiftelsen Skogindustriernas Vatten- och Luftvårdsforskning
(3) Environmental pollution Control, Pulp and paper Industry, Part I 1976
(4) Chamberlain, Lofcrantz, ja Smith, Computer Control Of Recovery Furnace Smelt Reduction, Fouling And Corrosion
(5) Hupa, Backman ja Bostrom, Kattiloden Typen Oksidien Päästöt Suomessa
(6) Pohjola, Niskanen, Raunio, Sulfaattisellutehtaan päästöselvitys
(7) Penttilä, Energiatuotannon ja Teollisuuden No_x päästöistä
(8) Flakt, Suomen puhallintehdas Oy, Sähkösuodattimet, Laite-esite.
(9) Riionheimo, Sähkösuodatus
(10) Selluteollisuuden savukaasupäästöjen mittausmenetelmiä
(11) Lundstrom, Driftserfarenheter av kontinuerlika mätsystem för overvakning av utsläpp till luft från fasta anläggningar
(12) Niskanen, Kaasumittaukset
(13) Bostrom, Grennfelt ja Lövblad, Kontinuerlig mätning av svavelväte och svaveldioxid I rökgaser
(14) Instrumentation of Environmental Monitoring, Part 1 Air
(15) Siemens, Ultramat 3, Esite
(16) Knapp, Sampling and analysis of source Gases, Teoksessa Handbook of Air pollution Technology
(17) Leybold Oy, Binos IR/VIS/UV, Laite-esite
(18) Oy Landis & Gyr Ab, Kent Z-FG happianturijärjestelmä
(19) Torvela Söhkökemialliset anturit rikkidioksidipäästöjen mittauksessa
(20) Downing, Optical Instrumentation for Gas measurement in the Pulp and Paper Industry
(21) Neotronics, Laite-esite
(22) Algol, Land-analysaattoreiden esite
(23) Wark, Warner Air pollution, Its origin and control
(24) A Study of Nitrogen Oxides Emissions from Large Kraft Recovery Furnaces
(25) Lear Siegler, SM 8100, Laite-esite
(26) Böhm, Hartmann, Electrochemische Erfassung von luftverunreinigungen
(27) Huovilainen, Jatkuvatoimiset hiukkasmittaukset – optiset mittausperiaatteet
(28) Kaukomarkkinat Oy, Emicon-Pölymittari, Laite-esite
(29) Flue Gas Measurement, A guide to maximizing Combustion Efficiency
(30) An Analysis of the options availeble for continuous PArticulate Measurement in Wet Stack Gases
(31) Beutner, Measurement of Opacity and Particulate Emissions with an on-stack Transmissiometer
(32) Lövblad ja Steen, Instrument för optisk in-situmätning av stoft – en översikt
(33) Telko Engineering, Telkon märkäpesurit, Esite
(34) Strengell, Erään sulfaattiselluloosatehtaan soodakattilalitoksen savukaasupäästöt

(35) Bostrom ja Grennfelt, Provtagningssystem för H_2s och SO_2 I rökgaser-beskrivning och tester