



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA  
ENERGIATEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
BH10A0200 Energiatekniikan kandidaatintyö ja seminaari

## **SOODAKATTILOIDEN PÄÄSTÖT ILMAAN**

### **EMISSIONS FROM RECOVERY BOILERS**

Lappeenrannassa 4.5.2009

0296208 Antti Uusitalo, Ente 4

## SISÄLLYSLUETTELO

LYHENNELUETTELO: .....	1
1 JOHDANTO.....	2
2 SOODAKATTILAN TOIMINTAPERIAATE JA PÄÄSTÖT .....	2
2.1 Sellutehtaan kemikaalikierto .....	3
2.2 Soodakattilan rakenne ja päästöt.....	4
2.2.1 Soodakattilan rakenne .....	5
2.2.2 Soodakattilan päästöt ja savukaasujen käsittely .....	8
3 SOODAKATTILOIDEN YMPÄRISTÖLUVAT SUOMESSA .....	10
3.1 Päästöraja-arvot Suomessa .....	10
3.2 Toteutuneet päästöt .....	13
4 BAT-TEKNIikka.....	14
4.1 Soodakattiloiden BAT-tekniikoiden mukaiset päästöt ilmaan.....	15
4.1.1 Rikkidioksidi (SO <sub>2</sub> ) .....	15
4.1.2 Typenoksidit (NO <sub>x</sub> ) .....	17
4.1.3 Hiukkaset.....	18
4.1.4 Haisevat rikkiyhdisteet (TRS).....	18
4.2 BAT-tekniikoiden mukaisten päästöjen toteutuminen Suomen selluteollisuudessa .....	19
6 PÄÄSTÖJEN VAIKUTUKSET JA RAJOITTAMINEN TULEVAISUUDESSA .....	20
6.1 Typenoksidipäästöjen vaikutukset ja rajoittaminen tulevaisuudessa.....	20
6.2 Hiukkaspäästöjen vaikutukset ja rajoittaminen tulevaisuudessa.....	22
6.3 SO <sub>2</sub> - ja TRS- päästöjen vaikutukset ja rajoittaminen tulevaisuudessa.....	22
7 YHTEENVETO .....	25

Lähteet

**LYHENNELUETTELO:**

**ADt** Ilmakuiva sellutonni

**BAT** (Best Available Techniques), paras käytettävissä oleva tekniikka

**TRS** (Total Reduced Sulphur), haisevat rikkiyhdisteet

## **1 JOHDANTO**

Soodakattilat ovat suurin ilmapäästöjen aiheuttaja selluteollisuudessa. Tiukentunut ympäristölainsäädäntö ja päästöjen rajoittamistavoitteet ovat asettaneet vaatimuksia soodakattiloiden käytettävyydelle ja paremmalle suunnittelulle. Suomen selluteollisuuden päästöt ovat pienentyneet merkittävästi lähivuosikymmeninä parantuneen savukaasujen käsittelyn, sekä parantuneiden polttotekniikoiden ansiosta. Lisäksi huomiota on kiinnitetty prosessien optimointiin, kattiloiden parempaan käytettävyyteen, sekä käyttöhenkilökunnan koulutukseen.

Soodakattiloista aiheutuvista päästöistä merkittävimpiä ovat rikkidioksidi-, typenoksidi-, pienhiukkaspäästöt sekä haisevat rikkiyhdisteet. Soodakattiloista aiheutuvilla päästöillä on vaikutuksia sellutehtaan lähialueen ihmisten terveyteen ja lähialueen ympäristölle, sekä kauas tehtaan sijaintipaikasta ulottuvia vaikutuksia. Erityisesti soodakattiloiden typenoksidipäästöjen, sekä pienhiukkaspäästöjen sisältämien raskasmetallien rajoittaminen tulevat olemaan tulevaisuudessa erityisen huomion kohteena.

Työssä on esitelty lyhyesti soodakattilan toimintaperiaatetta ja rakennetta, sekä soodakattiloista aiheutuvia päästöjä ja niiden rajoittamiseksi käytössä olevia menetelmiä. Työssä on tarkasteltu myös Suomen sellutehtaille myönnettyjen ympäristölupien mukaisia päästöraja-arvoja, sekä sellutehtaiden toteutuneita päästöjä. Lisäksi työssä esitetään BAT- tekniikoilla soodakattiloille saavutettavissa olevia päästöraja-arvoja, sekä tarkastellaan päästöjen rajoittamista tulevaisuudessa.

## **2 SOODAKATTILAN TOIMINTAPERIAATE JA PÄÄSTÖT**

Suomessa sellu valmistetaan lähes yksinomaan sulfaattisellumenetelmällä. Sulfaattisellun keitossa syntyvän mustalipeän polttoon ja kemikaalien talteenottoon, sekä regenerointiin suunniteltua kattilaa kutsutaan soodakattilaksi. Soodakattilat tuottavat prosessihöyryä sellutehtaan prosesseihin, sekä toimivat osana sellutehtaan kemikaalikiertoa. Kemikaalien talteenotolla minimoidaan kalliiden kemikaalien häviöt polttoprosessissa.

Erilaisesta käyttötarkoituksesta johtuen soodakattila poikkeaa rakenteeltaan pelkästään energiantuotantoon käytettävistä höyrykattiloista. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin sulfaattisellutehtaan kemikaalikiertoa, sekä soodakattilan toimintaperiaatetta ja rakennetta.

## 2.1 Sellutehtaan kemikaalikierto

Nykyaikaisissa sellutehtaissa kemikaalihäviöt on pyritty minimoimaan kemikaalien korkeiden hintojen vuoksi. Kemikaalihäviöt on minimoitu muodostamalla sulfaattisellutehtaiden kemikaalikierrosta täysin suljettu prosessi. Keittämöllä kuorimolta tuleva haketettu puu sekoitetaan keittokemikaaleihin, jolloin puunkuidut irtoavat toisistaan. Puun sidosaine ligniini sekoittuu keittoneesteeseen ja muodostaa mustalipeää. Keittämöltä mustalipeä johdetaan haihduttamolle, jossa mustalipeän kuiva-aine pitoisuus nostetaan 60- 80 % haihduttamalla mustalipeästä vettä. Tämän jälkeen mustalipeää kutsutaan vahvamustalipeäksi ja se kulkeutuu soodakattilaan polttoon. (Huhtinen. 2004)

Soodakattilassa mustalipeästä poltetaan orgaaninen puuaines, joka on suurimmaksi osaksi ligniiniä. Mustalipeästä saadulla lämpöenergialla tuotetaan höyryä sellutehtaan prosesseihin. Mustalipeässä olevissa keittokemikaaleissa tapahtuu soodakattilassa natriumsulfaatin pelkistyminen natriumsulfidiksi reaktioyhtälön 1 mukaisesti.



Soodakattilassa pelkistyneet sulat keittokemikaalit kerätään talteen soodakattilan pohjalla sijaitsevaan liuottajaan. Kemikaalisula liuotetaan veteen tai heikkovalkolipeään, jolloin syntyneitä kemikaaleja kutsutaan viherlipeäksi. Tämän jälkeen viherlipeässä oleva natriumkarbonaatti ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) muutetaan natriumhydroksidiksi ( $\text{NaOH}$ ) lisäämällä viherlipeään kalkkia, joka muuttuu veden vaikutuksesta sammutetuksi kalkiksi. Sammutettu kalkki reagoi natriumkarbonaatin kanssa muodostaen natriumhydroksidia ja kalsiumkarbonaattia reaktioyhtälön 2 mukaisesti.



regenerointi. Soodakattilan rakenne eroaa pelkästään energiantuotantoon tarkoitetuista höyrykattiloista, polttoaineena käytettävän mustalipeän asettamien vaatimusten ja kemikaalihäviöiden minimoinnin, sekä kemikaalien regeneroinnin vuoksi.

### **2.2.1 Soodakattilan rakenne**

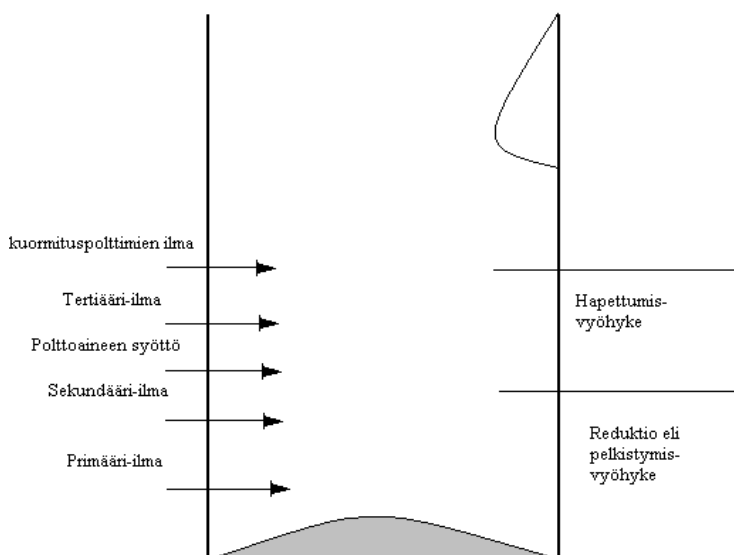
Soodakattiloihin kuuluu useita muista höyrykattilatyypeistä poikkeavia komponentteja ja rakenteita, joista muutamia on lueteltu seuraavassa. Soodakattilat ovat luonnonkierrolla toimivia prosessikattiloita, joiden tehtävänä on tuottaa höyryä sellutehtaan prosesseihin, sekä mustalipeän sisältämän natriumsulfaatin pelkistäminen natriumsulfidiksi.

Yksi soodakattilan tunnusomaisista osista on sulan liuottaja. Liuottaja sijaitsee soodakattilan pohjalla ja sen tehtävä on sulan kemikaalin talteenotto ja kemikaalien sekoittaminen veteen tai heikkovalkolipeään. Sulat kemikaalit valuvat tulipesän pohjalta sularännejä pitkin liuottajaan, jossa sulat kemikaalit sekoitetaan veteen tai heikkovalkolipeään, jolloin liuottajaan muodostuu viherlipeää. Sulan liuottajassa muodostuu haisevia rikkiyhdisteitä sisältäviä hajukaasuja, jonka vuoksi liuottajassa muodostuvat haisevat rikkikaasut tulee käsitellä ja kerätä. Hajukaasut voidaan polttaa, joko soodakattilassa tai ohjata poltettavaksi erillisiin hajukaasukattiloihin. (Huhtinen. 2004)

Soodakattiloiden rakenteelle on tunnusomaista höyrystin- ja tulistinputkien, sekä ekonomaiserin sijoittelu ja rakenne. Varsinkin höyrystinputkien rakenteeseen ja sijoitteluun on kiinnitetty erityistä huomiota sulien kemikaalien aiheuttaman korroosiovaaran vuoksi. Soodakattiloissa on vältettävä veden pääsemistä kosketuksiin kattilan tulipesässä olevan sulan kemikaalin kanssa. Mikäli vettä pääsee kattilan tulipesään voi seurata niin sanottu sulavesiräjähdyks, jonka aiheuttama painealto saattaa vaurioittaa kattilan rakenteita pahoin. Tämän vuoksi putkien sijoitteluun on kiinnitetty tavallista enemmän huomiota vahinkojen minimoimiseksi esimerkiksi vuototilanteissa. (Huhtinen. 2004)

Polttoaineen syöttö soodakattilaan tapahtuu mustalipeäruiskuilla, jotka on sijoitettu kattilan seiniin tasaisesti useita metrejä tulipesän pohjan yläpuolelle. Mustalipeä syötetään kattilaan 120-140 °C:n lämpötilaan esilämmitettynä. Mustalipeä hajotetaan pisaroiksi lusikan muotoisilla ruiskusuuttimilla. Suuttimesta lipeä ruiskutetaan kattilan tulipesään leveänä ruiskuna. Lipeäruiskujen lisäksi soodakattiloissa tarvitaan öljy- tai kaasukäyttöisiä käynnistys- ja kuormapolttimia. (Huhtinen. 2004)

Soodakattilan tulipesä jaetaan pelkistymis- ja hapetusvyöhykkeisiin. Pelkistysvyöhykkeessä polttoaine kuivuu ja osittain kaasuuntuu matkalla pohjalle olevaan kemikaalikekoon. Polton toimivuuden kannalta pisarakoko pyritään optimoimaan siten, että natriumsulfaatti saadaan pelkistymään tehokkaasti, ja reagoimattomien kemikaalien kulkeutuminen savukaasujen mukana minimoidaan. Palamisilmat johdetaan soodakattilaan monessa eri tasossa hapettumis- ja pelkistysvyöhykkeisiin. Yleisimmin palamisilma johdetaan kattilaan kolmessa päätasossa seuraavan kuvan mukaisesti hyvien poltto-olosuhteiden saavuttamiseksi. (Huhtinen. 2004)

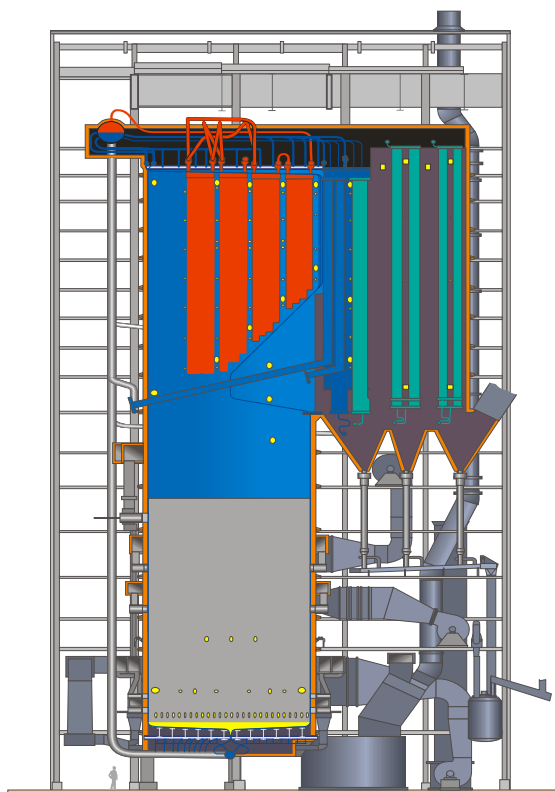


**Kuva 2.** palamisilmat ja tulipesän vyöhykkeet



Soodakattiloiden rakenne ja käyttö poikkeaa lentotuhkan sisältämien kemikaalien vuoksi muista höyrykattilatyypeistä. Soodakattilassa muodostuva lentotuhka sisältää suuria määriä kalliita keittokemikaaleja, jonka vuoksi tuhkan talteenotto savukaasuista on pyritty suunnittelemaan mahdollisimman tehokkaaksi. Kemikaaleja sisältävä lentotuhka otetaan talteen kattilan keittopinnoilta, sekä sähkösuotimilla. Talteen otettu lentotuhka kuljetetaan kuljettimilla takaisin kattilaan sekoittamalla tuhka mustalipeään sekoitussäiliössä. (Huhtinen. 2004)

Lentotuhkan sisältämien kemikaalien vuoksi tulistinputkien pinnalle muodostuu helposti kerrostumia, jotka haittaavat lämmönsiirtoa putkistoissa, ja savukaasujen virtausta kattilassa. Tämän vuoksi soodakattilan tulistin- ja keitto-osaa joudutaan nuohoamaan useammin, kuin useimmissa höyrykattilatyypeissä. Kuvassa 3 on esitetty tyyppillisen soodakattilan rakenne. (Huhtinen. 2004)



**Kuva 3.** Soodakattila, UPM-Kymmene Kuusankoski,

Toimittaja:	Metso Power Oy
Kapasiteetti:	3600 t, ds/24h
Polttolipeän ka:	85 %, (83,9 %)
Päähöyry:	175kg/s, 102bar (a), 505 <sup>0</sup> C

### 2.2.2 Soodakattilan päästöt ja savukaasujen käsittely

Soodakattilassa, kuten muissakin polttoprosesseissa syntyy päästöjä ilmaan. Soodakattiloiden päästöt ovat pienentyneet lähivuosikymmeninä huomattavasti kehittyneen tekniikan ja kiristyneen ympäristölainsäädännön ansiosta. Soodakattiloiden päästöihin vaikuttavat soodakattilan iän lisäksi tulipesässä vallitsevat poltto-olosuhteet, kuten lämpötila ja palamisilman määrä, sekä poltettavan mustalipeän kuiva-ainepitoisuus. Merkittäviä päästövähennyksiä voidaan saavuttaa, myös käyttöhenkilökunnan koulutuksella ja hyvällä motivaatiolla, sekä parantamalla soodakattilan huoltoa, käytettävyyttä ja prosessinhallintaa. (EIPPCB. 2001)

Soodakattilan päästöillä on vaikutuksia tehtaan lähialueiden ihmisiin ja luontoon, sekä kauas tehdasalueesta ulottuvia vaikutuksia. Merkittävimmät soodakattilasta aiheutuvat päästöt ovat: typenoksidit ( $\text{NO}_x$ ), rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ ), haisevat rikkiyhdisteet (TRS), hiilimonoksidi (CO), sekä pienhiukkaset. Tulevaisuudessa suurimman huomion kohteena tulevat olemaan typenoksidipäästöjen, sekä pienhiukkaspäästöjen vähentäminen. Soodakattilasta aiheutuu myös hiilidioksidipäästöjä, mutta koska mustalipeä on biopolttoainetta, muodostuneen hiilidioksidin katsotaan sitoutuvan myöhemmin kasvavaan biomassaan. Tämän vuoksi merkittävimmät soodakattiloiden hiilidioksidipäästöistä muodostuvat fossiilisen apupolttoaineen käytöstä, kuten maakaasun poltosta kuorma- ja käynnistyspolttimilla. (Vakkilainen. 2005)

Soodakattiloista aiheutuvia päästöjä rajoitetaan savukaasujen käsittelylaitteistoilla. Savukaasujen käsittely tapahtuu soodakattilaprosessissa yleensä kahdessa vaiheessa. Ensimmäiseksi kattilalta tulevat savukaasut johdetaan sähkösuodattimiin, joissa savukaasujen mukana kulkeutuvat hiukkaset kuten pöly ja lentotuhka pyritään ottamaan talteen ja kuljettamaan takaisin kattilaan polttolipeän mukana. Kemikaaleja sisältävä lentotuhka pyritään ottamaan talteen mahdollisimman tarkasti kemikaalihäviöiden pienentämiseksi. (Huhtinen. 2004)

Sähkösuotimien jälkeen savukaasut voidaan ohjata savukaasupesurille, jossa savukaasuista poistetaan sähkösuodattimen läpi kulkeutuneet pölyhiukkaset, sekä

happamat komponentit, jotka muodostuvat pääosin erilaisista rikkiyhdisteistä. Erilaiset häiriötilanteet, kuten savukaasujen käsittelylaitteiston häiriöt, sekä ylös- ja alasajotilanteet aiheuttavat huomattavasti suurempia päästöjä kuin kattilan normaali tasainen käyttö. (Huhtinen. 2004)

Soodakattiloiden päästöistä erityisesti haiseville rikkiyhdisteille, pienhiukkaspäästöille, rikkidioksidille ja typenoksidoille on asetettu ympäristöluvissa tarkat päästöraja-arvot. Joissain ympäristöluvissa rikkidioksidi- ja typenoksidipäästöjä tarkastellaan kokosellutehtaasta kokonaisuutena, jolloin meesauunin ja hajukaasujärjestelmän vaikutus on otettu yhteiseen tarkasteluun soodakattilan päästöjen kanssa. Tässä tapauksessa päästöluvut on yleensä ilmoitettu sellutehtaalle tuotettua kuivaa sellutonnin kohden. Suomen sellutehtaiden ympäristöluvissa annettuja päästöraja-arvoja on esitetty tarkemmin kappaleessa 3.

### 3 SOODAKATTILOIDEN YMPÄRISTÖLUVAT SUOMESSA

Suomessa toimivat sulfaattisellutehtaat tarvitsevat toimintaansa ympäristölupaviranomaisen myöntämän ympäristöluvan. Ympäristölainsäädäntö on Suomessa ja maailmalla tiukentunut lähivuosina, jotta sellutehtaiden ja muun teollisuuden toiminnasta aiheutuvia vaikutuksia ympäristöön voitaisiin pienentää. Tämän vuoksi soodakattiloiden ilmapäästöjen rajoittamiseen kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Päästöjen rajoittaminen asettaa vaatimuksia yhä vähäpäästöisempien polttotekniikoiden, paremmin suunniteltujen ja käytettyjen prosessien, sekä parempien savukaasujen käsittelyjärjestelmien käyttämiselle. Ympäristölupapäätökset on tehty huomioimalla kaikki sellutehtaan toiminnasta aiheutuvat ympäristövaikutukset ja päästöjen rajoittaminen perustuu BAT-tekniikoiden mukaiseen periaatteeseen eli parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan. (Metsäteollisuus Ry. 2006)

#### 3.1 Päästöraja-arvot Suomessa

Suomessa sellutehtaille myönnettyissä ympäristöluvuissa on asetettu päästöraja-arvot sellutehtaan toiminnasta aiheutuille päästöille. Merkittävimmät soodakattiloista aiheutuvat päästöt ovat typenoksidit ( $\text{NO}_x$ ), rikkidioksidi ( $\text{SO}_2$ ), haisevat rikkiyhdisteet (TRS), sekä pienhiukkaset. Sellutehtaille myönnettyissä ympäristöluvuissa päästörajat typenoksideille ja rikkidioksidille on ilmoitettu, joko eriteltyinä eri laitoksen osille, tai koko sellutehtaan toiminnasta aiheutuvana tuotettua sellutonnaa kohden. Suuri osa sellutehtaiden rikkidioksidi-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöistä muodostuu soodakattilassa, mustalipeän polton yhteydessä, sekä soodakattiloiden apupolttoaineena tavallisesti käytettävän maakaasun poltosta. Taulukossa 1 on esitetty erälle Suomen sellutehtaille ympäristöluvuissa asetetut päästöraja-arvot.

**Taulukko 1.** Ympäristöluvissa määrätty päästöraja-arvot eräille soodakattilalaitoksille

<b>TEHDAS</b>	<b>SO<sub>2</sub></b>	<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>TRS</b>	<b>Hiukkaset</b>	
	mg/m <sup>3</sup> (n)	mg/m <sup>3</sup> (n)	mg/m <sup>3</sup> (n)	mg/m <sup>3</sup> (n)	
<b>Äänekoski</b>	100	350	10	150*	*(50 puhdistuslaite uudistettaessa)
<b>Sunila</b>					
soodakattila 10			10	100*	*(50 1.1.2009 alkaen)
soodakattila 11			10	90*	*(50 1.1.2009 alkaen)
<b>Kaskinen</b>	200	300	10	100*	*(50.1.1.2010 alkaen)
<b>Joutseno</b>		300	10	50	
<b>Kemi</b>				50	
<b>Varkaus</b>			10	125	
<b>Pietarsaari</b>	100	200	10	50	
<b>Kuusankoski</b>					
soodakattila 1			10	100*	*(50 1.1.2009)
soodakattila 2			10	100*	*(50 1.1.2009)
<b>Uimaharju</b>		400	10	50	
<b>Lappeenranta</b>		400	10	50	
<b>Rauma</b>	100	250	10	50	
<b>Imatra</b>					
soodakattila 5			10	50	
soodakattila 6			10	50	
<b>Oulu</b>				100*	*(70 1.1.2008, 50 1.1.2010)

Taulukossa 1 esitetyt prosessin hiukkaspäästöraja-arvot on ilmoitettu kuukausikeskiarvoina ja haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) päästöraja-arvot on ilmoitettu vuosikeskiarvoina kuivissa savukaasuissa 6 % happipitoisuudessa. ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi))

Taulukossa 2 on esitetty ympäristöluvissa annetut päästöraja-arvot eräille Suomen sellutehtaille. Taulukon 2 päästöraja-arvot on ilmoitettu koko sellutehtaan toiminnasta aiheutuvina. Raja-arvot on ilmoitettu yksikössä kiloa tuotettua ilmakeivää sellutonna kohden. ([www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi))

Taulukko 2. päästöraja-arvot sellutehtaille

TEHDAS				
Vuosikeskiarvot	SO <sub>2</sub> (kgS/ADt)	NO <sub>2</sub> (kg/ADt)	NO <sub>2</sub> tavoite (kg/ADt)	SO <sub>2</sub> tavoite (kg/ADt)
Äänekoski	1	2	1,5	0,5
Sunila	0,6	2	1,5	
Kaskinen	0,75	2		
Joutseno	0,5	2	1,5	
Varkaus	alle 1			
Pietarsaari	0,4	1,5		
Kuusankoski	0,5	2	1,5	
Uimaharju	0,5	2		
Lappeenranta	0,5	2	1,5	
Rauma	0,5	2		
Imatra	0,5	2	1,5	

Yleisimmin sellutehtaiden soodakattilalaitoksille on asetettu seuraavia päästöjä koskevia lupaehtoja päästöraja-arvojen lisäksi: Haisevien rikkiyhdisteiden (TRS) päästöjen vähentämistoimia tulee tehostaa niin, että ympäristössä hajua esiintyy mahdollisimman harvoin ja lyhytaikaisesti. Soodakattilan savukaasun ja sulanliuottajan poistokaasun pelkistyneiden rikkiyhdisteiden (TRS) pitoisuus rikiksi laskettuna saa olla vuorokausikeskiarvona enintään 10 mg S/m<sup>3</sup>(n) kuivaa kaasua 6 %:n happipitoisuudessa. Sellutehtaiden typenoksidipäästöjen tavoitearvona on käytetty yleisesti 1,5 kg/ADt. (www.ymparisto.fi)

Sellutehtaiden lupamääräysten tarkistamishakemuksen yhteydessä on esitettävä selvitys typenoksidipäästötason tavoitearvon toteutumisesta, ja ellei tavoitearvoon päästä, luvan haltijan on esitettävä teknistaloudellisesti toteuttamiskelpoinen suunnitelma kustannusarvioineen ja aikatauluineen tavoitearvoon pääsemiseksi. Savukaasujen käsittelylaitteiston häiriöiden ja muiden ilmapäästöihin vaikuttavien häiriöiden kestolle on ympäristöluvissa asetettu suurin sallittu kesto. Muutoin ympäristöluvissa annetut päästöraja-arvot eivät koske häiriötilanteita, kuten ylös- ja alasajo tilanteita. (www.ymparisto.fi)

Ympäristöluvissa on määritelty eri ilmapäästöjen suuruuden määrittämiseksi tarvittavat toimenpiteet eli tarvitaanko savukaasukomponenteille jatkuvatoimisia mittauksia vai

riittävätkö kertaluonteiset savukaasumittaukset määrittämään ilmapäästöjen taso. Lupaehdot katsotaan täytetyksi, jos savukaasumittauksista saadut tulokset kaasukomponentin pitoisuudesta eivät ylitä lupa-arvoja. (www.ymparisto.fi)

### 3.2 Toteutuneet päästöt

Suomen selluteollisuuden toteutuneet päästöt tilastoidaan vuosittain ja seuraavassa on yhteenvetona vuoden 2007 toteutuneet päästöt ilmaan. Taulukossa 3 on esitetty Suomen metsäteollisuuden toteutuneet typenoksidi-, rikkidioksidi-, sekä hiukkaspäästöt tuotettua tonnia kohden. Päästöt on ilmoitettu koko metsäteollisuuden keskiarvona, joten tilastot sisältävät sellunvalmistuksen lisäksi, myös paperinvalmistustoiminnan ja sahatoiminnan. (Metsäteollisuus Ry. 2007)

**Taulukko 3.** Metsäteollisuuden päästöt ilmaan 2007 tuotettua tonnia kohden

<b>METSÄTEOLLISUUDEN PÄÄSTÖT ILMAAN 2007</b>		
	<b>kg/t</b>	<b>Muutos vuoteen 1992 (%)</b>
<b>NO<sub>x</sub></b>	1,25	-30
<b>RIKKI (S)</b>	0,26	-80
<b>HIUKKASET</b>	0,24	-80

Taulukosta 3 nähdään, että metsäteollisuuden päästöt ilmaan tuotettua tonnia kohden jäävät pienemmiksi, kuin soodakattiloille ja selluntuotannolle ympäristöluvissa asetetut päästöraja-arvot. Soodakattiloista muodostuu suuri osa metsäteollisuuden ilmapäästöistä, joten taulukon 3 perusteella voidaan päätellä päästöjen pysyneen selluntuotannossa ympäristölupien edellyttämällä tasolla. Ilmapäästöjen pieneneminen vuoteen 1992 verrattuna on huomattavaa ja varsinkin metsäteollisuuden rikki- ja hiukkaspäästöt ovat pienentyneet merkittävästi. (Metsäteollisuus Ry. 2007)

Taulukossa 4 on esitetty kappaleessa 3.1 listattujen sellutehtaiden toteutuneet hiukkas-, typenoksidi-, rikkidioksidi- ja TRS- päästöt. Taulukko 4 sisältää myös tehtaita, jotka tuottavat sellun lisäksi paperia, joten toteutuneet päästöt eivät ole aiheutuneet pelkästään selluntuotannosta. (Metsäteollisuus Ry. 2007)

Taulukko 4. sellun ja paperin tuotannon päästöt vuonna 2007

SELLUN- JA PAPERIN TUOTANNON PÄÄSTÖT ILMAAN				
	Rikkidioksidi (t(SO <sub>2</sub> )/a)	TRS (t(S)/a)	Typenoksidit (t(Nox)/a)	Hiukkaset (t/a)
Äänekoski	307	16	844	407
Sunila	42	5,1	701	532
Kaskinen	32	72	853	164
Joutseno	138	91	1043	160
Kemi	91	53	1089	39
Varkaus	123	14	367	111
Pietarsaari	72	90	616	89
Kuusankoski	56	37	823	103
Uimaharju	145	68	708	170
Lappeenranta	261	29	1165	300
Rauma	205	98	923	524
Imatra	122	20	1507	161
Oulu	20	10	462	58

Taulukosta 4 huomataan, että poikkeamat eri tehtaiden vuosipäästöissä ovat huomattavia. Poikkeamat aiheutuvat muun muassa tehtaan tuotantokapasiteettien eroista, sekä tehtaan laitteistojen iästä, kunnosta, sekä eri tehtailla suoritetuista ympäristöinvestoinneista.

#### 4 BAT-TEKNIikka

Ilmapäästöjen minimoimiseksi soodakattilalaitoksilla pyritään käyttämään BAT – tekniikoiden (Best available techniques), eli parhaimman käytettävissä olevan tekniikan mukaisia savukaasujen käsittelylaitteita, sekä muita tekniikoita, jotka ehkäisevät ilmapäästöjen muodostumista. Ympäristölupien päästöraja-arvot perustuvat BAT-tekniikoiden mukaisiin päästöihin, joka tarkoittaa päästöraja-arvojen pysymistä tasolla, joka kullekin laitokselle on teknillis- taloudellisesti mahdollista saavuttaa.

Koska eri soodakattilalaitokset ja sellutehtaat poikkeavat toisistaan iältään ja suunnittelultaan on BAT- tekniikoiden mukaiset yleiset päästöraja-arvot ja näiden saavuttamismenetelmät vaikeaa määrittellä. BAT- tekniikoiden mukaisten päästöjen



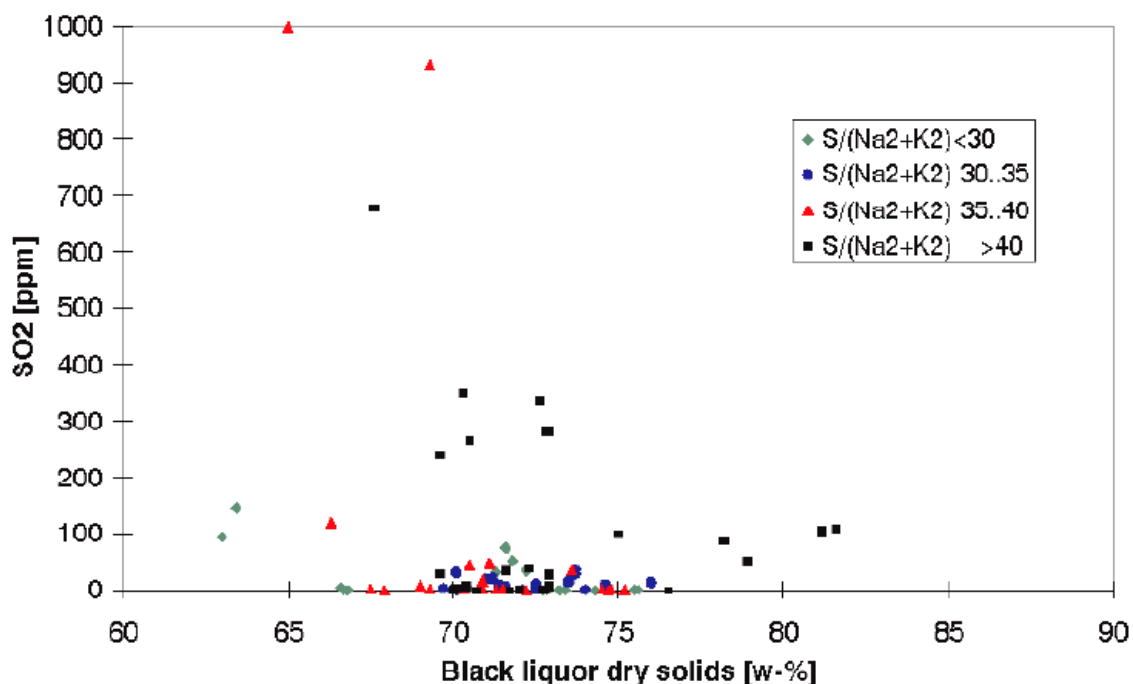
saavuttaminen voidaan tehtailla toteuttaa useilla eri tavoilla, jolloin tehdaskohtaisesti valitaan käytettävät menetelmät. Seuraavassa on esitetty BAT- tekniikoiden mukaisia päästöraja-arvoja, sekä vertaillaan Suomen selluteollisuuden vuoden 2001 toteutuneita päästöjä BAT-tekniikoiden mukaisiin päästöraja-arvoihin. (EIPPCB. 2001)

## **4.1 Soodakattiloiden BAT-tekniikoiden mukaiset päästöt ilmaan**

Euroopan komissio on määritellyt soodakattiloiden rikkidioksidi- typenoksidi- hiukkas- ja TRS-päästöille BAT-tekniikoilla saavutettavissa olevat päästömäärät. Seuraavassa on esitetty eri päästöille saavutettavissa olevia päästöarvoja, sekä BAT-tekniikoiksi luokiteltavia menetelmiä, joilla päästövähennykset voidaan saavuttaa.

### **4.1.1 Rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>)**

Haihduuttamolta soodakattilalle polttoon tulevan mustalipeän kuiva-ainepitoisuutta nostamalla pyritään saavuttamaan suurempi höyryntuotanto kattilassa. Mustalipeän kuiva-ainepitoisuudella on suuri merkitys myös kattilasta aiheutuviin rikkipäästöihin. Nostamalla mustalipeän kuiva-ainepitoisuus 65–67%:sta 74–76%:iin rikkipäästöjä on mahdollisuus pienentää jopa 80 %:a. Mustalipeän rikkipitoisuudella on suuri vaikutus rikkipäästöjen muodostumiseen ja rikkipäästöt pienenevät käytettäessä vähän rikkiä sisältäviä puulaatuja. Kuvassa 4 on esitetty soodakattilan tyypillisiä rikkidioksidipäästöjä eri mustalipeän kuiva-ainepitoisuuksilla. (EIPPCB. 2001)



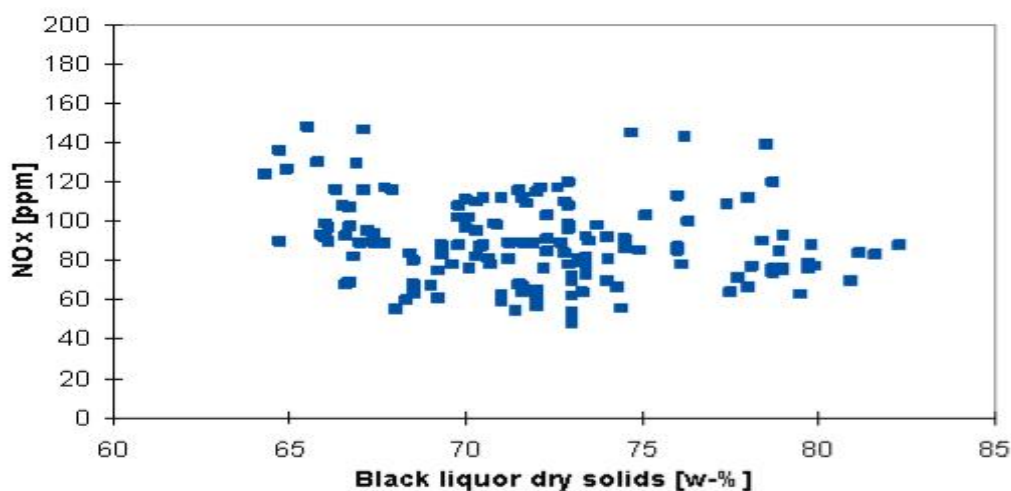
Kuva 4. Tyypillisiä rikkidioksidipäästöjä eri mustalipeän kuiva-ainepitoisuuksilla (Vakkilainen 2005)

Rikkidioksidipäästöjä voidaan pienentää savukaasuista pesurilla, jonka pH on 6-7. Savukaasupesurin pH:ta säädellään natriumhydroksidilla (NaOH), tai heikkovalkolipeällä, jotta savukaasupesuri saadaan poistamaan rikkidioksidi tehokkaasti. Korkeammilla pH- arvoilla savukaasujen hiilidioksidi absorboituisi ja aiheuttaisi emäksisen kemikaalin neutraloitumisen. Rikkidioksidista voidaan poistaa savukaasupesurilla yli 90 % savukaasujen sisältämästä rikkidioksidista.

Savukaasupesurilla varustetun soodakattilan rikkidioksidipäästöt ovat luokkaa 10–50 S/Nm<sup>3</sup> tai 0,1–0,4 kg S/ADt. Korkealla mustalipeän kuiva-ainepitoisuudella rikkidioksidipäästöt jäävät alhaisiksi, ja soodakattilan rikkipäästöille on mahdollista saavuttaa alle 0,1 kg S/ADt, tai alle 10–50 S/N m<sup>3</sup> päästöt. (EIPPCB. 2001)

#### 4.1.2 Typenoksidit ( $\text{NO}_x$ )

Soodakattiloista aiheutuvien typenoksidipäästöjen suuruus riippuu poltettavan mustalipeän tyypipitoisuudesta, sekä kattilassa ylijäämähepesta kattilan tulipesässä. Soodakattiloiden typenoksidipäästöt ovat verrattain pieniä, johtuen matalasta happipitoisuudesta kattilan tulipesässä, sillä kemikaalien pelkistyminen ei vaadi suuria happimääriä tulipesään. Ylijäämähepen pitoisuuden nousu soodakattilassa 1,5 %:sta 2,5 %:iin voi nostaa typenoksidien määrää 20 %. Lisäksi mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden nostaminen 65 %:sta 75 %:iin voi nostaa typenoksidipäästöjä 20 %. Kuvassa 5 on esitetty tyypillisiä typenoksidipäästöjä eri mustalipeän kuiva-ainepitoisuuksilla. Tyypipitoisuus mustalipeässä vaihtelee sellutehtaalla käytettävän puun mukaan. Kovia puulaatuja käyttävillä sellutehtailla, mustalipeästä voi muodostua 10 % suuremmat typenoksidipäästöt, kuin pehmeitä puulaatuja käyttävillä sellutehtailla. (EIPPCB. 2001)



**Kuva 5.** Tyypillisiä tyypipäästöjä mustalipeän eri kuiva-ainepitoisuuksilla (Vakkilainen. 2005)

Typenoksidipäästöjen pienentäminen onnistuu muokkaamalla kattilan palamaisilmajärjestelmää optimaalisten poltto-olosuhteiden saavuttamiseksi. Typenoksidipäästöjä voidaan pienentää myös soodakattilan kuorma- ja käynnistyspolttimien suunnittelulla, sekä käyttämällä low- $\text{NO}_x$  tekniikkaa.

Soodakattiloiden typenoksidipäästöt ovat tyypillisesti luokkaa 50–80 mg/MJ tai 1-2 kg NO<sub>x</sub>/t, mutta uusilla soodakattiloilla on mahdollisuus päästä alle 40mg/MJ tai alle 1kg NO<sub>x</sub>/t. BAT-tekniikoilla on mahdollisuus saavuttaa typenoksidipäästöjen tasoksi 80-120 mgNO<sub>x</sub>/Nm<sup>3</sup> (40 - 60 mg NO<sub>x</sub>/MJ), tai 0,7- 1,1 kg NO<sub>x</sub> / ADt. (EIPPCB 2001)

#### **4.1.3 Hiukkaset**

Suuri osa soodakattilassa muodostuvista hiukkas- ja pölypäästöistä on natriumsulfaattia. Soodakattiloiden hiukkaspäästöjä rajoitetaan sähkösuotimilla, jotka poistavat savukaasuista suurimman osan hiukkasista. Osa hiukkasista poistetaan myös savukaasupesurissa, jolloin sähkösuotimen läpäisseistä hiukkasista osa saadaan pois savukaasuista. Soodakattiloiden hiukkaspäästöille on mahdollista saavuttaa BAT-tekniikalla luokkaa 30- 50 mg/Nm<sup>3</sup> tai 0,2- 0,5 kg/ADt hiukkaspäästöt, mutta tämä edellyttää modernien soodakattiloiden käyttöä, jossa on tehokkaat savukaasujen käsittelylaitteistot. Vanhoilla soodakattiloilla on mahdollista päästä lähelle BAT-tekniikan mukaisia päästöjä, jos savukaasupesuri, sekä sähkösuotimet uusitaan. Hiukkaspäästöille on mahdollista saavuttaa luokkaa 100- 150mg/ Nm<sup>3</sup> hiukkaspäästöt monilla tehtailla, joilla ei ole käytössä savukaasupesuria. (EIPPCB. 2001)

#### **4.1.4 Haisevat rikkiyhdisteet (TRS)**

Haisevia rikkiyhdisteitä muodostuu kaikissa sellutehtaan osaprosesseissa, joissa lipeää käsitellään. Sellutehtailla muodostuvat haisevat rikkikaasut jaetaan heikkoihin ja vahvoihin hajukaasuihin. Laimeita hajukaasuja voidaan polttaa soodakattiloissa sekoittamalla hajukaasut sekundääri- ja tertiääri-ilman sekaan ja ohjaamalla hajukaasut soodakattilan tulipesään. Haisevia rikkikaasuja tulee kerätä mahdollisimman tehokkaasti talteen ja hajukaasut tulee käsitellä savukaasupesureilla. Yleinen tapa on polttaa haisevat rikkikaasut erillisillä hajukaasukattiloilla tai – polttimilla.

Hajukaasujen polttamista soodakattilassa on mahdollista pitää varajärjestelmänä, jos varsinaiseen hajukaasujärjestelmään tulee toimintahäiriö. Soodakattilassa muodostuvat TRS- päästöt pienenevät käytettäessä korkeaa kuiva-ainepitoisuutta mustalipeälle. (EIPPCB. 2001)

## **4.2 BAT-tekniikoiden mukaisten päästöjen toteutuminen Suomen selluteollisuudessa**

Vuoden 2001 Suomen sellutehtaiden toteutuneet typenoksidipäästöt vaihtelivat keskimäärin 1,2–2,0 kg NO<sub>x</sub>/ADt, ja toteutuneiden typenoksidipäästöjen keskiarvo oli 1,61 kg NO<sub>x</sub>/ADt. Vain yhden tehtaan typenoksidipäästöt ylittivät vuonna 2001 arvon 2 kg NO<sub>x</sub>/ADt, mutta silti suurin osa Suomen sellutehtaista jäi selvästi BAT- tekniikalla saavutettavissa olevasta typenoksidien päästöarvosta 0,7- 1,1 kg NO<sub>x</sub>/ ADt. (Metsäteollisuus Ry. 2001)

Vuoden 2001 Suomen selluteollisuuden toteutuneet rikkipäästöt vaihtelivat välillä 0,05–2,31 kg SO<sub>2</sub>/ADt. Rikkipäästöjen suuruus vaihteli tehtaiden välillä melko suuresti, osan tehtaiden rikkipäästöjen ollessa varsin pieniä, kun taas joidenkin tehtaiden päästöt olivat huomattavasti keskiarvopäästöjä suuremmat. Selluteollisuuden rikkidioksidipäästöjen keskiarvo vuonna 2001 oli 0,62 kg SO<sub>2</sub>/ADt. BAT-tekniikoiden mukaiset rikkipäästöt savukaasupesurilla varustetuilla laitoksilla ovat 0,1–0,4 kg S/ADt. Osa Suomen sellutehtaista ylitti vuonna 2001 BAT-tekniikoiden mukaiset rikkipäästöjen raja-arvot huomattavasti. (Metsäteollisuus Ry. 2001)

Suomen selluteollisuuden toteutuneet hiukkaspäästöt vuoden 2001 tilastoissa vaihtelivat välillä 0,1- 3,8 kg/ADt. Keskimääräiset hiukkaspäästöt olivat 0,67 kg/ADt. BAT-tekniikalla saavutettavissa olevat hiukkaspäästöt ovat 0,2- 0,5 kg/ADt, joten Suomen selluteollisuuden keskimääräiset päästöt ovat lähellä BAT- tekniikoiden mukaisia arvoja. Osa Suomen sellutehtaista ylitti kuitenkin merkittävästi BAT-tekniikoilla saavutettavissa olevat hiukkaspäästöt. (Metsäteollisuus Ry. 2001)

## **6 PÄÄSTÖJEN VAIKUTUKSET JA RAJOITTAMINEN TULEVAISUUDESSA**

Metsäteollisuuden päästöjen rajoittaminen tulevaisuudessa tuo alalle uusia haasteita ja luo metsäteollisuudelle ekokilpailukykyä. Ympäristölainsäädäntö ja päästöjen vähentämistavoitteet tulevat ohjaamaan voimakkaasti soodakattiloiden suunnittelu- ja kehitystyötä. Sellu- ja paperiteollisuuden rikkipäästöt ovat pienentyneet 80 % viimeisen viidentoista vuoden aikana, sekä pienhiukkaspäästöt 70 % samalla ajanjaksolla, samaan aikaan kun alan tuotantomäärä Suomessa on puolitoistakertaistunut. Metsäteollisuuden merkittävimmät päästöt ovat kuitenkin edelleen selluprosessin rikkiyhdisteet ja metsäteollisuuden energiantuotannosta aiheutuvat typenoksidipäästöt. Tulevaisuudessa huomio tulee keskittymään ennen kaikkea soodakattiloiden typenoksidipäästöihin, sekä ongelmallisiin hiukkaspäästöihin, kuten raskasmetallipäästöihin. (Metsäteollisuus Ry. 2006)

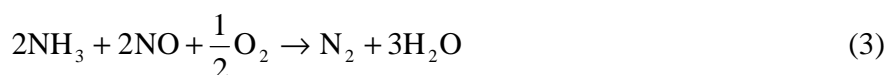
Mittauslaitteistojen kehittyminen ja prosessien optimointi, sekä parantunut suunnittelu ovat pienentäneet soodakattiloiden päästöjä. Jatkuvatoimisten mittausten lisääntyneet käyttö prosessin eri vaiheissa parantaa huomattavasti soodakattilaprosessin päästöjen hallintaa. (Vakkilainen. 2001)

### **6.1 Typenoksidipäästöjen vaikutukset ja rajoittaminen tulevaisuudessa**

Typenoksidipäästöt muodostavat ilmakehässä happamia sateita, happamoittavat maaperää, aiheuttavat rehevöitymistä, sekä aiheuttavat ihmisille astmaa ja muita keuhkosairauksia. Lisäksi suuri osa muodostuvista typenoksideista on maapallon ilmakehää lämmittäviä kasvihuonekaasuja. Metsäteollisuuden aiheuttamat typenoksidipäästöt ovat noin 10 % koko Suomen typenoksidipäästöistä ja suurin osa metsäteollisuuden typenoksidipäästöistä syntyy energiantuotannosta. Soodakattiloiden typenoksidipäästöt ovat hieman lisääntyneet lähivuosina, mustalipeän kuiva-ainepitoisuuksien nostamisen myötä, sekä hajukaasujen yleistynyt polttaminen

soodakattilan tulipesässä on lisännyt typenoksidipäästöjä. Typenoksidien päästömäärien pieneneminen ei ole ollut lähivuosisikymmeninä lähellekään yhtä suurta kuin soodakattiloista aiheutuvien rikkidioksidi- ja pienhiukkaspäästöjen väheneminen. (Metsäteollisuus Ry. 2006; Vakkilainen. 2005)

Typenoksidipäästöjä voitaisiin pienentää soodakattilan palamisilmajärjestelmän optimoinnin lisäksi, ruiskuttamalla ammoniakkia (NH<sub>3</sub>) soodakattilan tulipesässä savukaasujen sekaan, jolloin reaktiossa syntyy typpeä ja vettä reaktioyhtälön 3 mukaisesti.



Ammoniakin ruiskutus tulipesään ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton, sillä ammoniakki aiheuttaa kattilassa matalalämpötila korroosiota ja koska soodakattilan suppea toimintalämpötila-alue asettaa rajoitteita menetelmän käytölle. (Vakkilainen. 2005)

Soodakattilan palamisilmaa säätämällä ja rajoittamalla voidaan pienentää typenoksidipäästöjä. Palamisilmamäärän rajoittaminen ja tästä johtuva hapen pieni määrä tulipesässä johtaa kuitenkin hiilimonoksidin syntymiseen. Soodakattilan palamisilmoja tulee säätää siten, että kattilassa muodostuvat hiilimonoksidi- ja typenoksidipäästöt pysyvät halutuilla tasoilla. (Vakkilainen. 2001)

Typimonoksidin hapettaminen typpidioksidiksi ja edelleen pelkistäminen typeksi on yksi lupaava menetelmä soodakattiloiden typenoksidipäästöjen vähentämiseksi. Hapettavana aineena voidaan käyttää klooria, otsonia tai klooridioksidia. Hapetus-pelkistys menetelmä asettaa kuitenkin vaatimuksia savukaasupesurin materiaalivalinnalle hapettavan aineen kuluttavien ominaisuuksien vuoksi. (Vakkilainen. 2005)

## **6.2 Hiukkaspäästöjen vaikutukset ja rajoittaminen tulevaisuudessa**

Soodakattiloiden pienhiukkas- ja pölypäästöjen vähentäminen on tärkeää, sillä pienhiukkaspäästöt aiheuttavat ilmanlaadun huononemista tehtaan lähialueilla. Metsäteollisuuden osuus Suomen pienhiukkaspäästöistä on noin 7 %. Pienet partikkelit aiheuttavat ihmisille keuhkosairauksia ja pienimmät partikkelit voivat kulkeutua ihmisen verenkiertoon. (Metsäteollisuus Ry. 2006; Vakkilainen. 2005)

Soodakattiloiden pienhiukkaspäästöt sisältävät myös raskasmetalleja, jotka ovat haitallisia ihmisten terveydelle. Raskasmetallit voivat kerääntyä ihmisten kehoon ja nostaa veren raskasmetallipitoisuutta. Raskasmetallien osuus soodakattilan tuhkassa on kuitenkin melko pieni ja suurin osa tuhkasta koostuu vaarattomista aineista. Suurin osa raskasmetalleista päätyy mustalipeään puuaineksesta. Raskasmetallien päästöihin on alettu kiinnittää enemmän huomiota ja Euroopassa rajoitetaan erityisesti kadmiumin, lyijyn ja elohopean vuotuisia päästöjä. (Vakkilainen. 2005)

Hiukkaspäästöjä voidaan vähentää tehokkailla sähkösuotimilla, sekä säätelemällä mustalipeän pisarakokoja ja kuiva-ainepitoisuutta, sekä koostumusta. Prosessin luotettavuuden parantaminen vähentää merkittävästi hiukkaspäästöjä, sillä suuri osa hiukkaspäästöistä muodostuu erilaisten häiriötilanteiden, kuten sähkösuotimen toimintahäiriön aikana. Lisäksi hyvällä kattilan suunnittelulla tulee olemaan merkittävä rooli hiukkaspäästöjen rajoittamisessa. (Vakkilainen. 2005)

## **6.3 SO<sub>2</sub> - ja TRS- päästöjen vaikutukset ja rajoittaminen tulevaisuudessa**

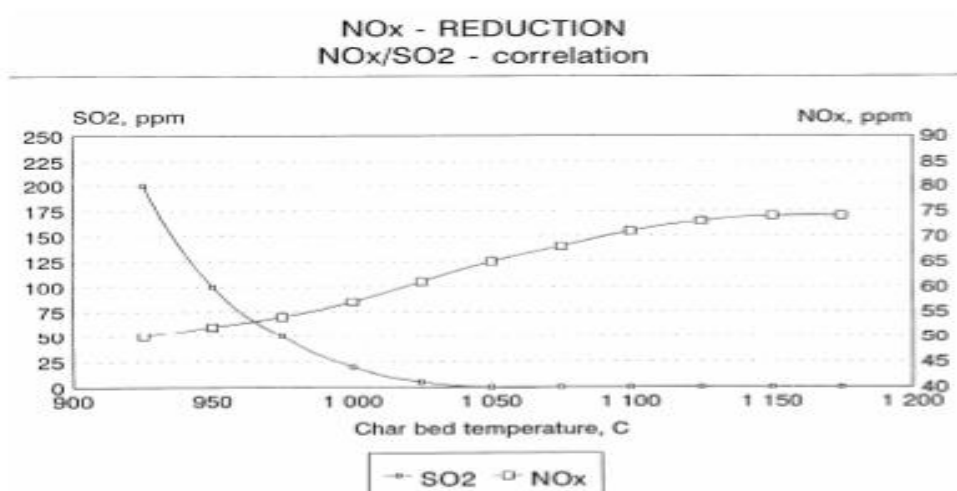
Metsäteollisuuden osuus Suomen rikkidioksidipäästöistä on noin 10 %. Selluteollisuuden rikkidioksidipäästöt ovat pienentyneet merkittävästi mustalipeän kuiva-ainepitoisuuksien nostamisen ja vähän rikkiä sisältävien puupohjaisten polttoaineiden laajamittaiseen käyttöön siirtymisen myötä.



Selluteollisuus ei ole nykyään niin merkittävä rikkidioksidipäästöjen aiheuttaja kuin ennen ja nykyään suurin osa Suomen rikkipäästöistä syntyy energiantuotannosta, metalliteollisuudesta ja muista suurista teollisuuden laitoksista. (Metsäteollisuus Ry. 2006; Vakkilainen. 2005)

Rikkidioksidi muodostaa ilmakehässä happamia sateita ja päästöt voivat kulkeutua pitkiäkin matkoja ilmakehässä. Näin ollen rikkipäästöjen vaikutukset eivät ole vain sellutehtaan lähialueille ulottuvia. Ihmisille rikkidioksidi aiheuttaa silmien ja hengitysteiden ärsyntyä ja voi aiheuttaa keuhkosairauksia, kuten astmaa. (Vakkilainen. 2005)

Soodakattiloiden rikkipäästöt ovat pienentyneet viime vuosikymmeninä hyvin merkittävästi mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden nostamisen myötä. Toisaalta mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden nostaminen ja kattilan tulipesän lämpötilan nostaminen lisäävät typenoksidien muodostumista kattilassa kuvan 6 mukaisesti. Tämä asettaakin vaatimuksia poltto-olosuhteiden optimoinnille siten, että typenoksidien ja rikkidioksidin muodostuminen pysyvät tasapainossa. Soodakattiloiden rikkidioksidipäästöjä voidaan tulevaisuudessa vähentää mustalipeän kuiva-ainepitoisuuden nostamisen lisäksi tehokkaammilla savukaasupesureilla. (Vakkilainen. 2001)



**Kuva 6.** Typpi- ja rikkipäästöjen muodostuminen suhteessa tulipesän lämpötilaan (Vakkilainen. 2001)

TRS-yhdisteiden eli haisevien rikkiyhdisteiden vaikutukset ulottuvat lähinnä tehtaan ympäristöön ja aiheuttavat alueen ihmisille joskus merkittäviäkin hajuhaittoja. Hajukaasujen päästöjä tulee rajoittaa siten, että hajuhaitat ovat mahdollisimman lyhytaikaisia ja niitä esiintyy alueella mahdollisimman harvoin. Hajukaasuja muodostuu prosessin jokaisessa vaiheessa, missä lipeää käsitellään. Suuri osa haisevien rikkiyhdisteiden päästöistä muodostuu hajukaasujen käsittelyjärjestelmän häiriötiloista ja näin ollen hajukaasujen rajoittamiseksi on lisättävä prosessin luotettavuutta, sekä kehittämällä hajukaasujen polttamiseen, keräämiseen ja käsittelyyn tarkoitettuja järjestelmiä entistä luotettavimmiksi. Tulevaisuudessa hajukaasujen polttomahdollisuus soodakattiloissa tulee yleistymään. (Vakkilainen. 2001)

## 7 YHTEENVETO

Soodakattilat ovat tärkein päästöjen aiheuttaja selluteollisuudessa ja tämän vuoksi soodakattiloiden päästöjen vähentäminen on avainasemassa koko selluteollisuuden päästömäärien pienentämisessä. Suomen selluteollisuuden päästöjä rajoitetaan tehdaskohtaisilla ympäristöluvilla, jotka perustuvat BAT- tekniikoiden mukaisiin päästörajoihin. Suomen selluteollisuuden toteutuneet päästöt ovat pääosin hyvin lähellä BAT- tekniikoiden mukaisia päästöraja-arvoja, joskin tehdaskohtainen vaihtelu eri päästöjen välillä on suurta.

Soodakattiloiden suunnittelu, kehittäminen ja käyttö tulevat tulevaisuudessa perustumaan suurelta osin soodakattiloiden ympäristövaikutusten vähentämiseen. Soodakattilateknologian kehittyminen ja selluteollisuuden ympäristöinvestoinnit viime vuosikymmeninä ovat johtaneet päästömäärien huomattaviin vähennyksiin varsinkin pienhiukkas- ja rikkidioksidipäästöjen osalta.

Tulevaisuudessa erityisen huomion kohteena tulevat olemaan soodakattiloiden typenoksidipäästöjen, sekä ongelmallisten pienhiukkaspäästöihin kuuluvien raskasmetallipäästöjen rajoittaminen. Typenoksidi- ja raskasmetallipäästöjen vähentäminen on tärkeää johtuen päästöjen haitallisuudesta ympäristölle ja ihmisille. Uusia tekniikoita, investointeja ja prosessien kehitystyötä tarvitaan tulevaisuudessa, jotta selluteollisuuden päästömääriä pystyttäisiin vähentämään nykyisestä tasosta.

## LÄHTEET

European commission, 2001, EIPPCB: European Integrated pollution prevention control bureau, Reference document on Best available techniques in the pulp and paper industry. 509 s. (verkkojulkaisu), saatavissa: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/pages/FActivities.htm>

Huhtinen Markku, Kettunen Arto, Nurminen Pasi, Pakkanen Heikki, 2004  
Höyrykattilatekniikka, Helsinki: Edita Prima Oy, 379 s. ISBN 951-37-3360-2

Metsäteollisuus Ry, 2006, Avain Suomen metsäteollisuuteen, Libris Oy, Helsinki, Finland, 125 s. ISSN-1238-4135.

Metsäteollisuus Ry, 2007, Metsäteollisuuden ympäristötilastot vuodelta 2007, Helsinki (verkkojulkaisu), saatavissa:  
[http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/ymparistotilastot2006/Documents/41673 Metsateollisuus%20ymp.pdf](http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/ymparistotilastot2006/Documents/41673_Metsateollisuus%20ymp.pdf) (viitattu 25.10.2008)

Metsäteollisuus Ry, 2001, Metsäteollisuuden ympäristötilastot 2001, Helsinki

Vakkilainen, Esa K., 2005, Kraft recovery boilers – Principles and practice. Suomen Soodakattilayhdistys r.y., Valopaino Oy, Helsinki, Finland, 246 s. ISBN 952-91-8603-7.

Vakkilainen Esa K, 2001, selluteollisuuden päästöjen hallinta- soodakattilat ja meesauunit, Jaakko Pöyry,

[www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi), valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu: sellutehtaiden ympäristölupapäätökset (verkkojulkaisukokoelma)