



SUOMEN SOODAKATTILAYHDISTYS
FINNISH RECOVERY BOILER COMMITTEE

Suomen Soodakattilayhdistys ry

Hajukaasujen polttosuositus

30.5.2002

16.12.2005, rev A.

29.10.2013, rev B.

21.12.2021, rev C.

Suositus 1



ESIPUHE

Tämä Soodakattilayhdistyksen suositus on kolmas päivitys 30.5.2002 ilmestyneestä suosituksesta. Suositus on päivitetty viime vuosina toteutettujen sellutehdasprojektien kokemusten perusteella. Päivitystyö aloitettiin loppuvuonna 2018 ja saatiin päätökseen joulukuksi 2021.

Suosituksen C-revision koostaneessa työryhmässä jäseninä olivat Esa Vakkilainen ja Kirsi Hovikorpi LUT-yliopistosta, Risto Honkanen ja Petri Pynnönen Andritz Oy:stä, Tero Juutilainen, Kari Haaga ja Joni Niskavaara Valmet Technologies Oy:stä, Lauri Mattila UPM:n Pietarsaaren tehtaalta, Kimmo Pakkanen Metsä Fibren Joutsenon tehtaalta sekä Teppo Pakarinen Stora Enson Varkauden tehtaalta. Tämän erillisen hajukaasutyöryhmän sihteerinä toimivat yhdistyksen puolelta Antti Tikkanen ja Markus Nieminen.

Revisio B:n tekemisestä vastasi Soodakattilayhdistyksen perustama työryhmä jäseninään Marja Heinola ja Risto Honkanen Andritz Oy, Kari Haaga ja Tuomo Hilli Metso Power Oy, Ismo Tapalinen UPM-Kymmene Kaukaan tehdas, Lauri Mattila UPM-Kymmene Oyj Pietarsaaren tehdas, Raine Rantanen UPM-Kymmene Kymin tehdas, Esa Vakkilainen Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä sihteerinä Markus Nieminen Pöyry Finland Oy.

Revisio A:n tekemisestä vastasi Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Jens Kohlmann Jaakko Pöyry Oy ja jäseninään Hanna Anttila Andritz Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Mikko Anttila Kvaerner Power Oy, Kari Parviainen Teknillinen korkeakoulu, Harri Jussila UPM-Kymmene Oyj, Kymi, Jorma Torniainen Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Alkuperäisen suosituksen tekemisestä vastasi Suomen Soodakattilayhdistyksen Ympäristötyöryhmä puheenjohtajanaan Pekka Posti Oy Metsä-Botnia Ab, Sihteerinä Sebastian Kankkonen Jaakko Pöyry Oy ja jäseninään Aimo Hakkarainen Andritz-Ahlstrom Oy, Jouni Hiltunen Stora Enso Fine Paper Oy, Markku Isoniemi Kvaerner



Pulping Oy, Kari Parviainen Jaakko Pöyry Oy, Matti Tikka Kymi Paper Oy, Esko Talka Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium AB ja Juha Tolvanen Alstom Power Finland Oy sekä asiantuntijana Esa Vakkilainen Jaakko Pöyry Oy.

Työryhmä kiittää kaikkia suositusta kommentoineita.

Tämä suositus ei yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta tai pakottaa käyttäjiä tai valmistajia samanlaisiin laitteisiin tai prosessiratkaisuihin. Suosituksessa esitetään perustietoutta, jota voidaan käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna.

Tarkoituksena on kehittää suositusta edelleen ja tästä syystä mahdolliset huomiot virheistä, parannusehdotuksista ja kokemuksista pyydetään lähettämään Soodakattilayhdistyksen sihteeristölle. Yhteystiedot löytyvät yhdistyksen kotisivuilta: <http://www.soodakattilayhdistys.fi>

Yhdistys ei vastaa tämän suosituksen virheistä eikä tästä johtuvista mahdollisista ongelmista. Mahdollinen päivitetty versio on jäsenten löydettävissä yhdistyksen kotisivuilta tai saatavissa sihteeristöstä.

Suomen Soodakattilayhdistys ry



SISÄLLYS

1	YLEISTÄ	1
2	MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ	3
2.1	VÄKEVÄT HAJUKAASUT	3
2.2	LAIMEAT HAJUKAASUT.....	5
2.3	LIUOTINSÄILIÖN JA SEKOITUSSÄILIÖN HÖNGÄT	5
2.4	ERITYISHUOMIOTA VAATIVAT ERILLISKERÄYSKOHEET	6
2.4.1	MÄNTYÖLJYLAITOS.....	6
2.4.2	KALIUM JA KLOORIN POISTOLAITOS	6
2.4.3	RIKKIHAPPOLAITOS	6
2.4.4	LIGNIINEROTUSLAITOS	6
2.4.5	BIOHIILILAITOS	7
2.5	RIKKIVETY	7
2.6	METYYLIMERKAPTAANI.....	8
2.7	DIMETYYLISULFIDI JA DIMETYYLIDISULFIDI	8
2.8	METANOLI	8
2.9	TÄRPÄTTI.....	8
2.10	RÄJÄHDYSRAJAT	10
2.10.1	RÄJÄHDYSRAJOJEN LASKENTAKAAVOJA	12
2.11	LYHENTEITÄ	13
3	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN	14
3.1	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN RIKKIPÄÄSTÖIHIN	14
3.2	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TRS-PÄÄSTÖIHIN	14
3.3	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN TUKKEENTUMISEEN	15
3.4	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN NO _x -PÄÄSTÖIHIN	15
3.4.1	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS.....	16
3.4.2	LIUOTINHÖNGÄN VAIKUTUS.....	16
3.4.3	VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN VAIKUTUS.....	17
3.4.4	METANOLIN VAIKUTUS	17
3.5	VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN MUUHUN TOIMINTAAN	17
4	HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO	19
4.1	HAJUKAASUJEN KARKAAMINEN TYÖSKENTELYTILAAN.....	19
4.1.1	HAJU	20
4.1.2	HENKILÖKOHTAINEN SUOJAUTUMINEN	20
4.2	LAUHTEEN POISTO-ONGELMAT.....	20
4.2.1	VESITYSTASKUN TÄYTTYMINEN.....	21
4.2.2	VESILUKON KUIVUMINEN.....	21
4.2.3	VESILUKON TUKKEUTUMINEN.....	21
4.3	RÄJÄHDYSVAARAT HAJUKAASULINJOISSA	21
4.3.1	PYSÄYTYS- JA KÄYNTIINAJOTILANTEET	22
4.3.2	TAKATULI	22
4.4	KAASURÄJÄHDYS KATTILASSA.....	22
4.5	SULA-VESIRÄJÄHDYS KATTILASSA.....	22



4.6	KORROOSIO-ONGELMAT	23
4.7	KIPINÖINTI JA STAATTINEN SÄHKÖ	23
5	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT	24
5.1	TYYPILLISET KERÄILYKOHTEET SELLUTEHTAALLA.....	24
5.1.1	KUITULINJA.....	25
5.1.2	HAIHDUTTAMO.....	25
5.1.3	VALKOLIPEÄLAITOS	26
5.1.4	MUUT KOHTEET	27
5.2	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ	27
5.3	JÄÄHDYTYS JA LÄMMITYS	29
5.4	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN POLTON LOGIIKKA.....	29
5.4.1	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET	30
5.4.2	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN SYÖTÖN KESKEYTYS	31
5.4.3	VIRTAUS.....	31
5.4.4	POTENTIAALITASAU	31
5.5	VENTTIILIT JA PELLIT	31
5.6	PUHALLIN.....	32
5.7	LISÄILMAYHDE	32
5.8	PESURIT JA LAUHDUTTAMET	32
5.9	PISARANEROTIN	32
5.10	LAUHTENPOISTO.....	33
5.10.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	33
5.10.2	KANAVIEN KALLISTUS JA LAUHTENPOISTOYHTEIDEN SIIJOITUS	33
5.10.3	VESILUKOT.....	34
5.11	LIEKINESTIN	34
5.12	OHITUS	34
5.13	ALIPAINESUOJA	35
5.14	YLIPAINESUOJA	35
5.14.1	RÄJÄHDYSLEVYT JA MURTOKALVOT	35
5.15	PITOISUUSMITTAUS.....	35
6	SOODAKATTILALLA MUODOSTUVIEN HÖNKIEN POLTTO	36
6.1	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ	36
6.2	SEKOITUSSÄILIÖN HÖNGÄT	37
6.3	JÄÄHDYTYS JA LÄMMITYS	37
6.4	LIUOTTIMEN HÖNKIEN POLTON LOGIIKKA.....	38
6.4.1	LIUOTTIMEN HÖNKIEN SYÖTÖN EDELLYTYKSET	38
6.4.2	LIUOTTIMEN HÖNKIEN SYÖTÖN KESKEYTYS	38
6.5	KANAVAT	39
6.5.1	VIRTAUS.....	39
6.5.2	POTENTIAALINTASAU	39
6.6	VENTTIILIT JA PELLIT	40
6.7	PUHALLIN.....	40
6.8	PESURI.....	40
6.9	PISARANEROTIN	40
6.10	PISARANEROTTIMEN JA LÄMMITYSPATTERIN PESU	40
6.11	LAUHTENPOISTO.....	41



6.11.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	41
6.11.2	KANAVIEN KALLISTUS JA LAUHTENPOISTOYHTEIDEN SIOITUS	41
6.11.3	VESILUKOT.....	42
6.12	LIEKINESTIN	42
6.13	OHITUS.....	42
6.14	YLIPAINESUOJA	43
6.14.1	RÄJÄHDYSLEVY	43
6.15	PITOISUUSMITTAUS.....	43
7	VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT	44
7.1	TYYPILLISET KERÄILYKOHTEET SELLUTEHTAALLA.....	45
7.1.1	KUITULINJA.....	45
7.1.2	HAIHDUTTAMO.....	46
7.2	KOOSTUMUS JA MÄÄRÄ	46
7.3	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON LOGIIKKA.....	48
7.3.1	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	48
7.3.2	VÄKEVIEN KAASUJEN POLTON KESKEYTTÄMINEN.....	49
7.3.3	KAPASITEETTIRAJOITUS	50
7.3.4	POLTIN JA TUKILIEKIN KÄYTTÖ	51
7.4	PUTKISTO	52
7.4.1	PUTKISTON HÖYRYTYS.....	53
7.4.2	PUTKISTON PAINEMITTAUKSET	53
7.4.3	POTENTIAALITASAUS	53
7.5	VÄKEVIEN KAASUJEN SIIRTO	53
7.5.1	PAINEENPITOHÖYRY.....	54
7.5.2	VENTTIILIT	54
7.5.3	JÄÄHDYTYKSEN JA LÄMMITYS	54
7.5.4	ALKALIPESURI.....	54
7.5.5	PISARANEROTIN	55
7.5.6	LIEKINESTIN.....	55
7.5.7	ALIPAINESUOJA	55
7.5.8	YLIPAINESUOJAT	55
7.6	LAUHTENPOISTO.....	56
7.6.1	LAUHTENPOISTOLINJOJEN KOKO	56
7.6.2	PUTKIEN KALLISTUKSET JA LAUHTENPOISTOYHTEIDEN SIOITUS	56
7.6.3	VESILUKOT.....	57
7.7	VAIHTOEHTOINEN PAIKKA.....	57
7.8	PITOISUUSMITTAUS.....	58
8	METANOLIN JA TÄRPÄTIN POLTTO SOODAKATTILALLA	59
8.1	METANOLIN JA TÄRPÄTIN POLTON LOGIIKKA.....	59
8.1.1	METANOLI- JA TÄRPÄTTIPOLTTIMEN KÄYNNISTYKSEN EDELLYTYKSET	60
8.1.2	METANOLIN JA TÄRPÄTIN POLTON KESKEYTTÄVÄT TAPAHTUMAT	60
8.2	POLTTIMEN SÄHKÖISTYS JA AUTOMATIikka	61
8.3	VENTTIILIT	61
9	TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA.....	62
9.1	TOIMINTA HÄIRIÖN YHTEYDESSÄ	62



9.2	TOIMINTA PYSÄYTYKSEN YHTEYDESSÄ	62
9.3	TOIMINTA KÄYNTIINAJON YHTEYDESSÄ.....	62
9.4	TOIMINTA SEISOKIN AIKANA	63
9.4.1	OHJEITA HAJUKAASUJÄRJESTELMÄN VALMISTELEMISEKSI SEISOKKI- TAI HUOLTOTÖITÄ VARTEN	64
9.4.2	OHJEITA SEISOKIN AIKAISIIN KUNNOSSAPIDON TÖIHIN	64
10	HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAA.....	65
10.1	LUOKITTELU	65
10.2	KYLTIT	66
10.3	LAUHTENPOISTO.....	66
10.4	KANAVA- JA PUTKISTOMATERIAALI	66
10.5	PUTKIEN, KANAVIEN JA LAITTEIDEN ERISTYKSET.....	67
10.6	PUTKIEN JA KANAVIEN KALLISTUKSET.....	67
10.7	VENTTIILIT JA PELLIT	67
10.8	LAIPAT JA YHTEET	68
10.9	PUHALTIMET.....	68
10.10	EJEKTORIT JA NESTERENGASKOMPRESSORI	68
10.11	ALKALIPESURI KANAVISTOSSA	68
10.12	KANAVA- JA PUTKISTOMITOITUS	69
10.13	LIEKINESTIMEN SJOITUS	69
10.14	RÄJÄHDYSLEVYJEN JA MURTOKALVOJEN SJOITUS	70
10.15	OHITUKSEN SJOITUS	70
10.16	TILALUOKITUKSET	70
10.17	VALMISTUSLUVAT	71
11	MUUT POLTTOPAIKAT JA YHTEISTOIMINTA	72
11.1	VARAPOLTTOPAIKAT	72
11.2	SOIHTU	72
11.2.1	SOIHDUN SJOITUS	73
11.2.2	SOIHDUN LAUHTENPOISTO	73
11.3	HAJUKAASUKATTILA	74
11.3.1	ALKALIPESURI.....	75
11.3.2	NATRIUMBISULFIITIN, NaHSO_3 , VALMISTUS	75
11.3.3	RIKKIHAPON, H_2SO_4 , VALMISTUS	75
11.4	MEESAUUNI.....	76
11.5	VOIMAKATTILA	76
11.6	POLTTOPAIKAN VALINTA JA OHIAJOLINJA	77
11.7	HAJUKAASUJEN PULLOTUS.....	78
12	VAARANARVIOINISSA HUOMIOITAVAA.....	80
12.1	VAAROJEN ARVIOINTI LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMISSÄ.....	80
12.1.1	HAKESIILON HÖNGÄT	80
12.1.2	LAIMEIDEN KERÄILY SÄILIÖALUEILLA	81
12.1.3	VESIPATSAALLA TOTEUTETUT YLI- JA ALIPAINESUOJAT SEKÄ LAUHTENPOISTOT	81
12.1.4	LIPEÄN PAISUNTA HAIHDUTTAMOALUEELLA.....	82
12.1.5	MÄNTYÖLJYKEITTÄMÖN HÖNGÄT	82
12.1.6	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN PESURIT	83



12.1.7	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN KÄYTTÖ SOODAKATTILAN PALAMISILMANA	84
12.1.8	SOODAKATTILAN LIUOTTAJAN JA SEKOITUSSÄILIÖN HÖNGÄT	84
12.1.9	LAUHEIDEN PÄÄSY SOODAKATTILAAN	85
12.1.10	KAUSTISTAMON LAIMEAT HAJUKAASUT	85
12.1.11	HAJUKAASUJEN ESILÄMMITYS	86
12.1.12	LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN LAUHEET	86
12.2	VÄKEVIEN HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN VAAROJEN ARVIOINTI.....	86
12.2.1	KEITTÄMÖ.....	86
12.2.2	POLTTOLIFEÄSÄILIÖ JA VAHVAMUSTALIFEÄSÄILIÖ	87
12.2.3	HAIHDUTTAMON TYHJÖJÄRJESTELMÄ VÄKEVISSÄ HAJUKAASUISSA.....	88
12.2.4	LIKASLAUHEIDEN KÄSITTELY	88
12.2.5	HAIHDUTTAMON LIKASLAUHDESÄILIÖ.....	88
12.2.6	SOODAKATTILAN VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN POLTTIMEN ONGELMAT	89
12.2.7	LAUHEIDEN PÄÄSY SOODAKATTILAAN	90
12.3	TÄRPÄTTI.....	91
12.4	METANOLI	92
12.5	HAIHDUTTAMON KÄYNTIINAJO.....	92
12.6	LIEKINESTIMET	93
12.7	LIEKINVALVOJAT	93
12.8	VARAPOLTTOPAIKOILLA HUOMIOITAVAA.....	93
12.9	MUUTOSTYÖT HAJUKAASUJÄRJESTELMÄSSÄ.....	94
13	SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET	95
13.1	SUOMEN LAINSÄÄDÄNTÖ	95
13.1.1	POIKKEAMATARKASTELU (HAZOP).....	95
13.1.2	PUTKISTOJEN LUOKITTELU	95
13.1.3	RÄJÄHDYSSVAARALLISTEN TILOJEN LUOKITTELU (ATEX)	96
13.2	EUROOPPALAISET STANDARDIT	96
13.3	EU BAT BREF:N VELVOITTAVAT PÄÄTELMÄT	96
13.4	HUOMIOITA PROSESSIKOHTAISIN BAT-PÄÄTELMIIN	97
13.5	OLEMASSA OLEVAT SUOSITUKSET	101
13.5.1	SODAHUSKOMMITTÉN	101
13.5.2	BLRBAC.....	101
14	POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN	104
14.1	POIKKEAMAT BLRBACn OHJEISIIN	104
14.2	POIKKEAMAT EN-STANDARDIIN	104
15	ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA.....	106
15.1	ESIMERKKI 1:.....	106
15.2	ESIMERKKI 2:.....	109
15.3	ESIMERKKI 3:.....	110
15.4	ESIMERKKI 4:.....	111
15.5	ESIMERKKI 5:.....	112
15.6	ESIMERKKI 6:.....	115
15.7	ESIMERKKI 7:.....	116
15.8	ESIMERKKI 8:.....	116
15.9	ESIMERKKI 9:.....	117



15.10	ESIMERKKI 10:	117
15.11	ESIMERKKI 11:	120
16	LOPPUSANAT	122
17	KIRJALLISUUSVIITTEITÄ	123
LIITE 1		126
ESIMERKKI TULITEHON LASKEMISEKSI		126
LIITE 2		128
ALFA-PINEENIN TASAPAINOKÄYRÄ ILMASSA		128
LIITE 3		130
TÄRPÄTIN KOMPONENTTIEN OSAPAINEEET		130
LIITE 4		132
METANOLIN TASAPAINOKÄYRÄ ILMASSA		132
LIITTEET:		
Liite 1	Esimerkki pohjakuorman laskemiseksi	
Liite 2	Alfa-pineenin tasapainokäyrä	
Liite 3	Tärpätin komponenttien	
Liite 4	Metanolin tasapainokäyrä	



1 YLEISTÄ

Tässä suosituksessa annetaan ohjeita sellutehtaan hajukaasujen käsittelyyn ja polttoon soodakattilassa. Taustana on huoli turvallisuudesta ja kokonaisprosessin toimivuudesta. Hajukaasujen poltto soodakattilassa lisää onnettomuusriskejä ja hajukaasujen käsittely voi aiheuttaa työturvallisuusongelmia.

Suositus painottuu hajukaasujen polttoon soodakattilassa. Suositus käsittelee myös hajukaasujen keräilyjärjestelmiä sekä niihin liittyviä laitteita. Hajukaasujen käsittelyn suunnittelu täytyy tehdä kokonaisvaltaisesti. Suositus ei yritä yhtenäistää hajukaasujärjestelmien rakennetta tai prosessiratkaisuja. Sen sijaan esitetään perustietoutta, jota tulee käyttää suunnittelun, valmistuksen ja käytön apuna.

Soodakattila vaatii käyttöympäristönä erittäin luotettavat ja turvalliset järjestelmät. Sellutehtaalla lyhyetkin häiriöistä aiheutuvat käyttöseisokit maksavat usein enemmän kuin niiden eston tarvitsema investointi.

Tämä suositus ei ota kantaa hajukaasujen keräilyn ja polton järjestelmien vaatimaan käyttäjäkoulutuksen sisältöön. Ennen kuin uusia laitteita aletaan käyttää ja ennen kuin uudet työntekijät alkavat hajukaasujen polttolaitteilla työskennellä on asianmukainen koulutus ja työhön perehdyttäminen suoritettava.

Suositus ei ota kantaa hajukaasujärjestelmien laitteiden mekaanisiin huolto- ja kunnossapitotoimintoihin eikä tarkastusväliin ja -tapaan.

Suositusta laadittaessa on kuultu sekä tehtaiden, laitetoimittajien että vakuutuslaitosten mielipiteitä hajukaasujen käsittelystä. Tämä suositus lähtee siitä olettamuksesta, että hajukaasujärjestelmän laitteet ensisijaisesti täyttävät ne vaatimukset, jotka Suomen voimassa olevat lait ja oikeussäännökset mm. työsuojelulaki sekä palavia nesteitä ja kaasuja koskevat lait ja asetukset, määräävät tai valvovat viranomaiset asettavat. Hajukaasulaitteistojen oletetaan myös olevan kaikin puolin ammattitaitoisesti suunniteltuja, ensiluokkaisia, asianmukaisia ja käyttövarmoja sekä rakenteeltaan tarkoituksenmukaisia ja lisäksi käytettyjen aineiden ja työn moitteettomuuden suhteen ensiluokkaisia.



Vastuu hajukaasujärjestelmän toimivuudesta ja prosessiratkaisuista on laitteiden suunnittelijoilla. Vastuu hajukaasujärjestelmän oikeasta ja huolellisesta käytöstä on laitoksen käyttäjillä. Soodakattilayhdistys suosittelee, että ennen järjestelmän hankkimista toimittaja ja loppukäyttäjä suorittavat laitoksen poikkeamatarkastelun (HAZOP) ja käyvät yhdessä läpi vaaranarvioinnin vaatimat tiedot. Soodakattilayhdistys on raporttisarjassaan julkaissut raportin 16A0913-E0032 ”Soodakattilalaitoksen vaaranarviointi”.

Huolimatta siitä mitä tässä suosituksessa on sanottu, on ensisijaisesti noudatettava lakeja, asetuksia ja viranomaisten antamia määräyksiä ja ohjeita.



2 MÄÄRITELMIÄ JA LYHENTEITÄ

Hajukaasut sisältävät sellun valmistuksen yhteydessä vapautuvia kaasuja, puun mukana tulevia kaasuuntuvia yhdisteitä, vesihöyryä ja ilmaa. Keitossa, mustalipeän käsittelyssä ja kaustisoinnissa vapautuvat kaasut ja höngät; rikkivety, metyylimerkaptani, dimetyylisulfidi, dimetyylidisulfidi, metanoli ja tärpähti ovat palavia, räjähtäviä ja voimakkaasti haisevia yhdisteitä, mikä antaa hajukaasuille niiden luontaisen aromin. Puun mukana tulevat kaasuuntuvat yhdisteet; tärpähti ja metanoli, eivät puhutaana haise, mutta sellutehtaassa ne sisältävät epäpuhtautena haisevia komponentteja.

Tässä suosituksessa hajukaasut ryhmitellään seuraavasti:

- väkevät hajukaasut
- laimeat hajukaasut
- erityishuomiota vaativat erilliskeräyskohteet
- liuottajan ja sekoitussäiliön hönkäkaasut
- nestemäinen metanoli
- nestemäinen tärpähti

2.1 Väkevät hajukaasut

Väkevät hajukaasut ovat pääosin peräisin haihduttamolta, strippauksesta, metanolilaitokselta, polttolipeäsäiliöstä, vahvalipeäsäiliöstä, sekä niitä voi tulla myös keittämön paisuntasäiliöltä, kiehuttimelta eli ns. reboilerilta, tärpähtindekantoinnista, keittimen ja imeytyssäiliön kaasauksista.

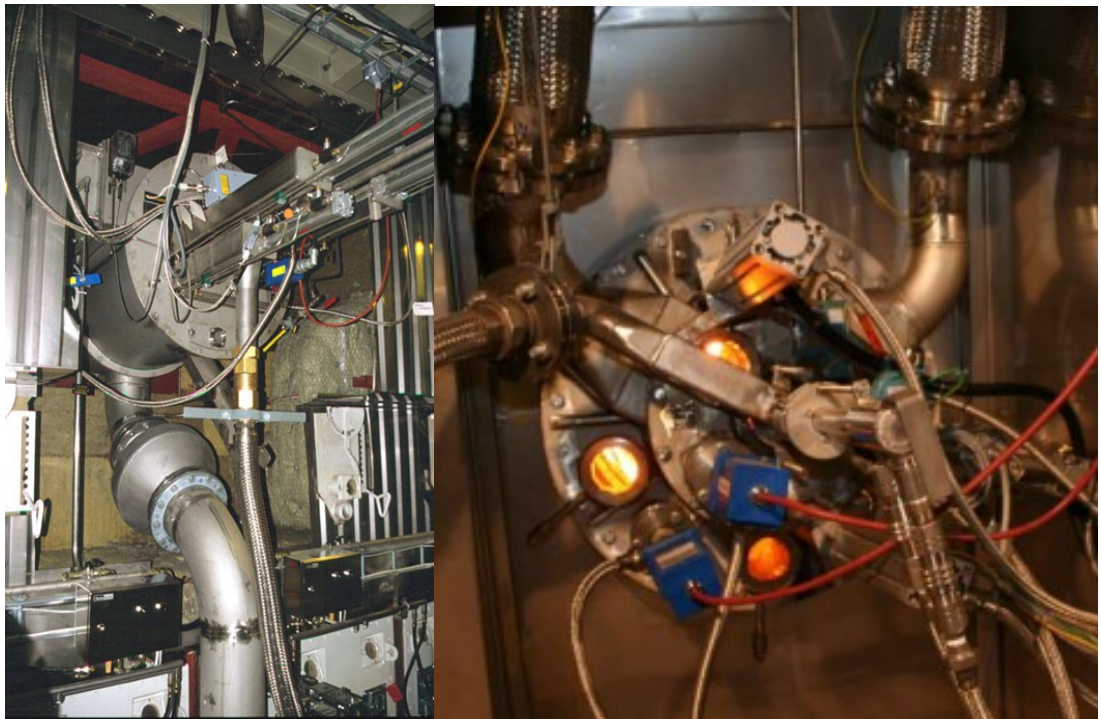
Väkevät hajukaasut sisältävät palavia kaasumaisia yhdisteitä, jolloin hajukaasujen käsittelyssä riskinä on räjähdysvaara. Pelkistyneet rikkiyhdisteet (TRS, Total Reduced Sulphur) ja etenkin tärpähti ovat räjähdysherkkiä laajalla pitoisuusalueella. Räjähdysvaara poistetaan estämällä ilman vuoto järjestelmään ja eliminoimalla sytytysenergian lähteet.

Englanninkielisinä lyhenteinä väkeville hajukaasuista käytetään termejä CNCG (Concentrated Non-Condensable Gas) ja LVHC (Low Volume High Concentration).

Stripperikaasuilla (SOG, Stripper Off Gases) tarkoitetaan stripperiltä tulevia lauhtumattomia väkeviä kaasuja, joka sisältää mm. metanolia (30–50 % painosta), pelkistyneitä rikkiyhdisteitä (TRS) ja terpeenejä. Stripperikaasut käsitellään väkevien hajukaasujen tavoin. Stripperikaasut voidaan johtaa suoraan omalla prosessipaineella ja omaa erillistä linjaa ja polttosuutinta pitkin väkevien polttimelle polttoon tai nesteytettäväksi metanolilaitokselle.

Jos stripperikaasuille tehdään metanolin nesteytys, hajukaasujen polttoprosessi saadaan tasaisemmaksi ja varmatoimisemmaksi myös haihduttamon ja stripperin häiriötilanteissa. Metanolin nesteytyksessä syntyvät lauhtumattomat kaasut johdetaan väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

Kuvassa 2-1 on esitetty kaksi esimerkkiä väkevien hajukaasujen polttimesta, jossa näkyy mm. hajukaasujen tuloputki, nestemäisen metanolin lanssi, liekinvalvojat, liekinestin ja tukipoltin.



Kuva 2-1. Väkevien hajukaasujen poltin



2.2 Laimeat hajukaasut

Laimeita hajukaasuja kerätään paineettomista säiliöistä ja laitteilta kuitulinjalta, haihduttamolta, mäntyöljykeittämöltä sekä kaustisointilaitokselta. Paineellisista mustalipeäsäiliöistä tulevat kaasut pitää ohjata väkeviin hajukaasuihin. Paineettomista vahvalipeäsäiliöistä tulevat hajukaasut suositellaan kerättäväksi laimeiden hajukaasujen järjestelmään niin, että niiden laimeus varmistetaan.

Laimeat hajukaasut sisältävät samoja komponentteja kuin väkevätkin hajukaasut. Laimeat hajukaasut sisältävät niin paljon vuotoilmaa, että ne ovat pitoisuuksiltaan räjähdysalueen alapuolella. Laimeiden hajukaasujen käsittelyn prosessiratkaisujen pitää huolehtia kaasujen laimeudesta kaikissa olosuhteissa.

Englanninkielinen lyhenne HVLC (High Volume Low Concentration) tarkoittaa laimeita hajukaasuja. BLRBAC:in ohjeessa käytetään amerikkalaista termiä DNCG (Diluted Non-Condensable Gas).

Keräämättömistä laimeista hajukaasuista EU:n BAT BREF:ssä käytetään termiä laimeat jäännöskaasut (residual weak gases). Tämän lisäksi BREF:ssä mainitaan hajupäästöt (diffuse emissions), joilla tarkoitetaan haisevia päästölähteitä, joita ei luokitella hajukaasuiksi ja joita ei tavallisesti kerätä, kuten jäteveden käsittelystä koituvat hajupäästöt.

2.3 Liuotinsäiliön ja sekoitussäiliön höngät

Liuotinsäiliön hönkä sisältää ilman ja vesihöyryn lisäksi epäorgaanista pölyä, ammoniakkia sekä haisevia rikkiyhdisteitä. Hönkää ei perinteisesti ole luettu hajukaasuksi. Kuitenkin, jos hönkä johdetaan soodakattilan tulipesään, tulee sen käsittelyssä noudattaa laimeille hajukaasuille annettuja suosituksia.

Tuhkan ja mustalipeän sekoitussäiliö voidaan yhdistää laimeisiin hajukaasuihin tai liuotinsäiliön hönkiin. Sekoitussäiliön höngän keräilyssä pitää prosessiratkaisun olla sellainen, jossa kaasut ovat laimeita kaikissa olosuhteissa.



2.4 Erityishuomiota vaativat erilliskeräyskohteet

Erilliskeräyskohteita voivat olla esimerkiksi mäntyöljylaitos, kaliumin- ja kloridinpoistolaitos, rikkihappolaitos, ligniininerotuslaitos sekä biohiililaitos.

2.4.1 Mäntyöljylaitos

Havupuutehtailla on mäntyöljylaitos. Puun uuteaineista muodostuva suopa nousee haihduttamon lipeäsäiliöissä pintaan, josta se kerätään talteen. Mäntyöljykeittämöllä suopa keitetään lisäämällä siihen rikkihappoa ja lämmittämällä sekä sekoittamalla reaktioseosta. Reaktiossa vapautuu rikkivetypitoisia kaasuja (H_2S), jotka johdetaan kaasupesurin kautta laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään. Kaasut voidaan johtaa mäntyöljylaitoksen H_2S -pesurille tai esimerkiksi haihduttamon laimeiden pesurille, joka on varustettu pH:n säädöllä H_2S :n pesua varten.

2.4.2 Kalium ja kloorin poistolaitos

Sellutehtaan suljettu prosessi aiheuttaa sen, että vierasaineista erityisesti kloori ja kalium rikastuvat kemikaalikiertoon. Vierasaineiden rikastuminen haittaa soodakattilan ajettavuutta ja lisää kattilan korroosiota. Kemikaalikierron vierasainetaseen hallitsemiseksi soodakattilan sähkösuotimella erottuvaa suolaa otetaan käsittelyyn. Käytössä on erilaisia menetelmiä, pääasiassa uutto sekä haihdutuskiteytys.

Prosessissa syntyvät hajukaasut tyhjöpumpuilta, säiliöiltä ja suotimelta johdetaan laimeisiin hajukaasuihin.

2.4.3 Rikkihappolaitos

Rikkitaseen hallitsemiseksi väkevistä hajukaasuista on mahdollista valmistaa rikkihappoa. Hajukaasukattilassa syntynyt SO_2 hapetetaan katalyyttisesti SO_3 :ksi, joka absorboidaan veteen rikkihapoksi. Jäljelle jääneet kaasut johdetaan laimeiden hajukaasujen järjestelmään.

2.4.4 Ligniininerotuslaitos

Osa mustalipeän sisältämästä ligniinistä voidaan erottaa ennen soodakattilassa polttoa. Erotus tapahtuu saostamalla, jossa pH:ta lasketaan hapolla tai hiilidioksidilla.



Saostunut ligniini suodatetaan ja pestään hapolla natriumhäviöiden minimoimiseksi. Pesuvesi johdetaan takaisin haihduttamoon.

Prosessissa syntyy sekä väkeviä että laimeita hajukaasuja.

2.4.5 Biohiililaitos

Myös mustaksi pelletiksi kutsuttu biohiili valmistetaan lämpökäsittelemällä puumasaa ennen pelletointia. Lämpökäsittelylle on kaksi menetelmää: höyryräjäytys, ja paahtaminen eli torrefiointi. Höyryräjäytyksessä massa kuumennetaan höyryllä painetetussa reaktorissa, ja purkaantunut biomassa puristetaan pelleteiksi. Prosessista purkautuva höyry lauhdutetaan ja syntynyt likaislauhde johdetaan haihduttamolle. Lauhduttimen höngät johdetaan väkevien hajukaasujen keräilyyn. Prosessissa syntyvät laimeat hajukaasut johdetaan laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

2.5 Rikkivety

Rikkivety on väritön, myrkyllinen, erittäin helposti syttyvä ja ilmaa raskaampi kaasu, jolla on voimakas mädäntyneen kananmunan haju, mutta lähestyttäessä 100 ppm:n (140 mg/m^3) lukemia rikkivety lamauttaa hajuaistin ja altistunut henkilö ei enää tunnista hajua vaikka pitoisuus kasvaa. Rikkivedyn 500 ppm (750 mg/m^3) pitoisuus aiheuttaa viidessä minuutissa tajuttomuuden. Yli 1 000 ppm:n ($1\,400 \text{ mg/m}^3$) pitoisuus aiheuttaa välittömästi tajuttomuuden ja kuoleman hengityksen lamaannuttua.

Rikkivetyvuoto voi aiheuttaa ulkotiloissa syttymisvaaran ja sisätiloissa räjähdysvaaran.

Rikkivety on pelkistin, joten se voi reagoida hapettavien aineiden kanssa voimakkaasti. Aine syövyttää metalleja ja muoveja. Vesiliuoksessa rikkivety reagoi happamasti. Rikkivety on ilmaa raskaampaa (tiheys verrattuna ilmaan on 1,19), joten se voi kertyä säiliöihin ja kanaaleihin poistuen sieltä vasta säiliön täytyttyessä tai ilmavirtojen mukana. Rikkivetyä muodostuu sulfidia, esimerkiksi natriumsulfidi, sisältävien liuosten sekoituessa happojen kanssa ja sitä voi esiintyä koko tehdasalueella ja viemäreitä sekä kanaaleja pitkin se voi levitä pitkienkin matkojen päähän. Tästä syystä sellutehtaalle on asennettu kaasuilmaisimia alueille joissa voi esiintyä rikkivetyä. Ilmaisimen havaitessa tarpeeksi suuren pitoisuuden (tyypillisesti



5 tai 10 ppm) vaarallista kaasua järjestelmään kytketyt ja mittauspisteiden lähelle asennetut hälytysvalot syttyvät.

2.6 Metyylimerkaptani

Metyylimerkaptani on väritön, ilmaa raskaampi, erittäin helposti syttyvä, haihtuva ja myrkyllinen kaasu. Metyylimerkaptanin terveyteen kohdistuvat haittavaikutukset ovat paljolti samanlaiset kuin rikkivedyn.

2.7 Dimetyylisulfidi ja dimetyylidisulfidi

Dimetyylisulfidi ja dimetyylidisulfidi ovat normaaliolosuhteissa värittömiä nesteitä, joilla on tunnusomainen epämiellyttävä haju. Molemmat yhdisteet ovat helposti syttyviä ja ilman kanssa sekoittuessaan räjähtäviä.

2.8 Metanoli

Puhdas metanoli (CH_3OH) on väritön, lähes hajuton, palava ja myrkyllinen kaasu/neste, mutta sulfaattitehtaalla metanolin joukkoon erottuu runsaasti haisevia yhdisteitä. Keitossa syntyvän metanolin määrään vaikuttaa puun sisältämä metoksyyliryhmien määrä, keittoaika, keittokappa, pH ja keittolämpötila. Liitteessä 3 on esitetty metanolin alempi räjähdysraja lämpötilan funktiona.

Metanoli vapautuu lipeästä haihduttamalla ja päätyy likaislauhteeseen. Likaislauhteesta metanoli erotetaan strippauskolonnissa. Kolonnista tuleva stripperikaasu (SOG), joka sisältää 30–35 % metanolihöyryä, johdetaan joko suoraan polttoon tai metanolikolooniin, jossa metanoli nesteytetään ja pumpataan säiliön kautta polttoon. Nesteytettynä metanolia voidaan varastoida säiliöissä ennen polttoa.

2.9 Tärpätti

Raakatärpätti on $\text{C}_{10}\text{H}_{16}$ -terpeeni-isomeerien seos (mm. alfa-pineeni) jota syntyy sellun keiton sivutuotteena havupuiden uuteaineista, pihkan helposti haihtuvista komponenteista. Tärpättisaanto riippuu puun kasvuolosuhteista, puun säilytyksestä ja



varastointiajan pituudesta sekä höyrytyslämpötilasta ja sen kestosta. Tärpätti erotetaan ja joissain tapauksissa se poltetaan. Tislattu tärpätti on väritön ja miedosti tuoksuva kaasu/neste, mutta sulfaattitehtaalla tärpätin joukkoon erottuu haisevia orgaanisia rikkiyhdisteitä, kuten metyylimerkaptania.

Tärpätin höyrönpaine normaaliolosuhteissa on 0,5 kPa ja sen kiehumispistealue on 150–170 °C, jolloin se luokitellaan VOC-yhdisteeksi (Volatile Organic Compound) eli haihtuvaksi orgaaniseksi yhdisteeksi. Raakatärpätin koostumus vaihtelee laajasti. Tyypillisiä koostumuksia on esitetty taulukossa 2-1. Raakatärpätistä tislaamalla ja lostettava tärpätti koostuu lähinnä alfa-pineenistä ja delta-3-kareenista.

Taulukko 2-1. Raakatärpätin tyypillisiä koostumuksia. [(OVA)-ohje]

Yhdiste	Pitoisuus, %
Alfa-pineeni	50 – 80
Beta-pineeni	2 – 7
Delta-3 kareeni	10 – 30
Muita C ₁₀ H ₁₆ yhdisteitä	7 – 16
Metyylimerkaptani	0 – 5
Dimetyylisulfidi	0 – 12
Dimetyylidisulfidi	0 – 1

Tärpätti on syytä poistaa hajukaasuista mahdollisimman tarkkaan, koska se on räjähdysherkkä pienissä pitoisuuksissa, alempi räjähdysraja on n. 0,8 %.

Kerätessä kohteita, joissa voi esiintyä terpeenejä, rajoitetaan suuria pitoisuuksia lauhduttamalla kaasuja. Tärpätti erotetaan hajukaasuista pesurissa lauhduttamalla kylmällä vedellä. Pesuri sijaitsee tärpättilauhduttimen jälkeen hajukaasulinjassa. Erotettu raakatärpätti varastoidaan tärpätissäiliöön.

Terpeenipitoisia keräyskohteita voi olla esimerkiksi seuraavat: havuhakkeen syöttösiilot, likaislaudesäiliöt, keräily- ja laihalipeäsäiliöt, jos niihin johdetaan ajoittainkin tärpättipitoisia lauhhteita.

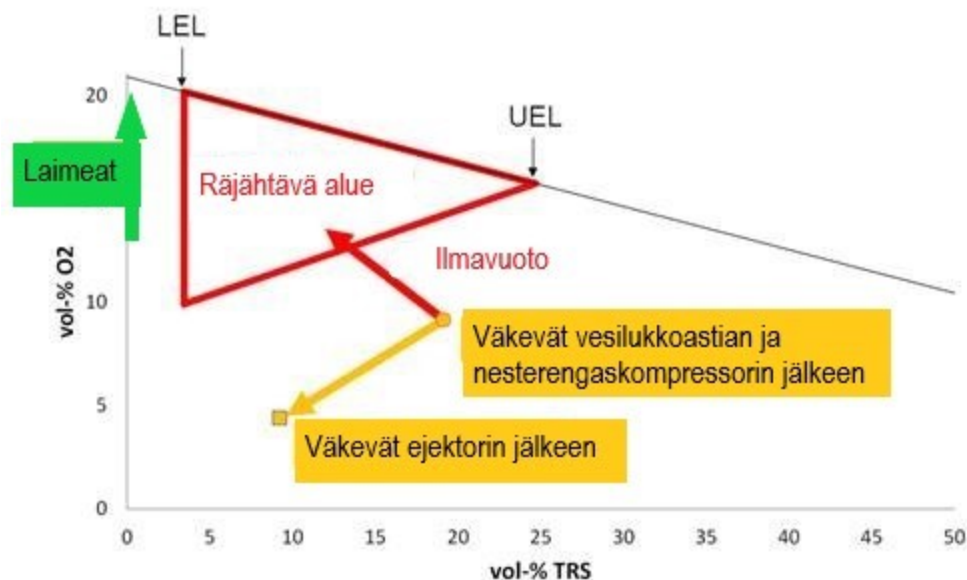
Myös seisokki- ja starttitilanteissa voi lauhtunut tärpätti höyrystyä hajukaasujen joukkoon lauhdesäiliöiden pinnalta tai kanavista.

Hajukaasujen lisäksi tärpättiä voidaan erottaa metanolitislauksen pohjalauhteesta tärpättidekanterilla. Dekantterissa tärpätti vettä kevyempänä ja heikosti liukenevana

nousee veden pinnalle. Veden pinnalta se on mahdollista erottaa ylikaatona. Kerättävät kaasut johdetaan väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

2.10 Räjähdyksrajat

Hajukaasut räjähtävät vain, jos hajukaasu-happiseos on räjähdysrajojensa välissä ja pääsee kosketuksiin syttymislähteen kanssa, kuva 2-2. Syttymislähteitä ovat esimerkiksi kuumat pinnat, mekaanisesti syntyvät kipinät, sähkölaitteet, staattinen sähkö, sähkömagneettinen säteily, paineaallot ja kemialliset reaktiot.



Kuva 2-2. Hajukaasujen räjähtävä pitoisuus.

Rajoja kutsutaan alemmaksi räjähdysrajaksi ja ylemmäksi räjähdysrajaksi, kuva 2-3. Yleensä käytetään englannin kielestä tulevia lyhenteitä LEL (Lower Explosion Limit) ja UEL (Upper Explosion Limit).

Alempi räjähdysraja, LEL Palavan aineen pitoisuuden alaraja, jossa räjähdys on mahdollinen (liian laimea, ei riittävästi polttoainetta).

Ylempi räjähdysraja, UEL Palavan aineen pitoisuuden yläraja, jossa räjähdys on vielä mahdollinen (liian väkevä, ei riittävästi happea).

Räjähtävä alue

Alue alemman (LEL) ja ylemmän (UEL) räjähdysrajan välissä (LEL-pitoisuuden yläpuolella, jolloin on tarpeeksi palavaa kaasua aiheuttamaan räjähdys ja UEL-pitoisuuden alapuolella, jolloin on tarpeeksi ilmaa aiheuttamaan räjähdys)



Kuva 2-3. Räjähdysrajat



2.10.1 Räjähdyksrajojen laskentakaavoja

Räjähdyksraja lasketaan tyypillisesti seoksen komponenttien avulla.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä (807/2001) liite 1 kohta 7.7.1 antaa kaavan syttyvyyden määrittämiselle. Pohjana on käytetty standardia “Gases and gas mixtures — Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets” ISO 10156 ja sen taulukoita 1 ja 2 jotka antavat eri palaville ja inerteille kaasulle laskentavakioita. Taulukkoon 2-2 on kerätty hajukaasun eri komponenttien ominaisuuksia ilmassa.

Taulukko 2-2. Hajukaasun eri komponenttien ominaisuuksia ilmassa (Burgess ja Young 1992, Lautkaski 2010)

		Rikki vety	Metyyli merkaptani	Dimetyyli- sulfidi	Dimetyyli- disulfidi	Tärpähti (α-pineeni)	Metanoli
Kaava		H ₂ S	CH ₃ SH	(CH ₃) ₂ S	(CH ₃) ₂ S ₂	C ₁₀ H ₁₆	CH ₃ OH
Molekyylipaino		34	48	62	94	132	32
Räjähdyksraja, LEL	%, v/v	4,3	3,9	2,2	1,1	0,8	5,5
Räjähdyksraja, UEL	%, v/v	45,0	21,8	19,7	16,1	6,0	36,5
Liekin nopeus	m/s	0,46	0,55	0,55		0,62	0,5
Itsesyttymislämpötila	°C	260	197	206	300	255	385
Leimahduspiste	°C	-82	-18	-49	24	34	11
Kiehumpiste	°C	-60	6	38	110	150	65
Lämpöarvo HHV	MJ/kg	15	22	31	23	41	22
Kaasun tilavuuspaino verrattuna ilmaan		1,19	1,66	2,14	3,24	4,7	1,11
Hajukynnys	ppm	0,008	0,0004–0,003	0,001–0,01	0,003– 0,011	100	100
Lämpöarvo	kJ/mol	518	1249	1908	2213	3947	543
Liukoisuus veteen		Kyllä	Ei	Ei	Huonosti	Ei	Kyllä

Syttymis- eli räjähdyksrajoja määriteltäessä on syytä käyttää menetelmää, joka varmasti antaa turvalliset rajat. Räjähdyksrajoja voidaan laskea eri periaatteilla. Kaasuseoksissa voidaan soveltaa standardissa [ISO 10156 /2010](#) kohdassa 5.2 käytettyä räjähdyksrajojen laskentaa.

Toinen tapa on tarkkailla ongelmaa termodynaamisesti (Hokynar 1999). Eroa ei käytännössä ole alemman räjähdyksrajan osalta, mutta ylemmän räjähdyksrajan määrittely eroaa koska inertin kaasun vaikutus on eri kahdessa edellä mainitussa menetelmässä.



2.11 Lyhenteitä

Lyhennys	Suomalainen määritelmä	Englanninkielinen määritelmä
ATEX	Räjähdysvaarallisten tilojen turvallisuus	Atmosphères Explosibles
BLRBAC	Amerikan soodakattilayhdistys	Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee
CH ₃ SH	metyylimerkaptani	methyl mercaptan
MM	metyylimerkaptani	methyl mercaptan
(CH ₃) ₂ S	dimetyylisulfidi	dimethyl sulfide
DMS	dimetyylisulfidi	dimethyl sulfide
(CH ₃) ₂ S ₂	dimetyylidisulfidi	dimethyldi sulfide
DMDS	dimetyylidisulfidi	dimethyldi sulfide
C ₁₀ H ₁₆	tärpähti	turpentine
CH ₃ OH	metanoli	methanol
MeOH	metanoli	methanol
C ₂ H ₅ OH	etanoli	ethanol
H ₂ S	rikkivety	hydrogen sulfide
SO ₂	rikkidioksidi	sulfur dioxide
O ₂	happi	oxygen
NH ₃	ammoniakki	ammonia
H ₂ O	vesi	water
CO ₂	hiilidioksidi	carbon dioxide
CO	hiilimonoksidi	carbon monoxide
NO	typpioksidi	nitric oxide
CNCG	väkevät hajukaasut	concentrated non condensible gas
DNCG	laimeat hajukaasut	diluted non condensible gas
HEL	ylempi räjähdysraja	higher explosion limit
HVLC	laimeat hajukaasut	high volume low concentration
LEL	alempi räjähdysraja	lower explosion limit
LVHC	väkevät hajukaasut	low volume high concentration
NCG	hajukaasu	non condensible gas
SHK	Ruotsin soodakattilayhdistys	Sodahuskommittén
SOG	stripperin kaasut	stripper off gas
TRS	pelkistyneet rikkiyhdisteet	total reduced sulfur compounds
UEL	ylempi räjähdysraja	upper explosion limit
HAZOP	poikkeamatarkastelu	hazard and operability study
HTP (TLV)	haitalliseksi tunnettu pitoisuus	threshold limit value



3 VAIKUTUKSET SOODAKATTILAN PÄÄSTÖIHIN

Hajukaasujen poltto soodakattilassa saattaa vaikuttaa soodakattilan emissioihin. Hajukaasujen poltto saattaa alentaa soodakattilan tuhkasuolan karbonaattipitoisuutta ja pH-arvoa. Hajukaasujen mukana tulipesään sisään syötettävä lisärikki näkyy ensin savukaasujen mukana sähkösuodattimille tulevassa tuhkasuolassa olevan karbonaatin korvaantumisena sulfaatilla. Karbonaatin tultua käytetyksi ylimäärä rikistä muodostaa SO₂:ta.

3.1 Vaikutukset soodakattilan rikkipäästöihin

Hajukaasujen sisältämä lisärikki nostaa aina soodakattilan tuhkan sulfaattipitoisuutta ja täten saattaa alentaa sen pH:ta. Jollei riittävää karbonaattipuskurivaraa ole, saattaa kattilan SO₂ päästö nousta. Kattilan SO₂ päästöön vaikuttaa tehtaan korkea sulfidi-teetti, matala polttolipeän kuiva-aine ja lämpöarvo sekä matala kattilan kuorma.

Hajukaasuja ei tulisi polttaa soodakattilalla, jossa on jo merkittäviä rikkipäästöjä. Kyseisessä tapauksessa hajukaasujen polttopaikaksi suositellaan erillistä polttopaikkaa, jossa on rikin talteenotto, esimerkiksi erillispolttokattila.

3.2 Vaikutukset soodakattilan TRS-päästöihin

Moderneissa kattiloissa, joissa on tehokas polttoaineen ja ilman sekoitus ja hajukaasujärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla, ei kattilan TRS-päästö merkittävästi lisäännä, mikäli hajukaasut syötetään vyöhykkeelle, jossa lämpötila on vähintään 900 °C. Mitattava vaikutus kokonaisvirrassa on käytännössä ollut joitakin ppm:n kymmenesosia.

Kuitenkin TRS- ja SO₂-päästöjen muodostuminen on mahdollista jos väkevien hajukaasujen poltto aloitetaan pienellä kattilan kuormalla. Jos lipeäruiskujen yläpuolelle syötetään laimeita hajukaasuja, on mahdollista, että osa hajukaasuista kulkeutuu reagoimatta kylmiä seinänvieriä pitkin.



3.3 Vaikutukset soodakattilan tukkeentumiseen

Katso kappale 3.1. Vaikutukset soodakattilan rikkipäästöihin

Jos hajukaasujen poltto-olosuhteet soodakattilassa eivät ole optimaaliset, ja syntyy SO₂-päästöjä, niin keittopinta, ekonomaiserit ja sähkösuodattimet voi tukkeutua. Lisäksi korroosioalttius lisääntyy, jos tuhkan matala pH säilyy pitkiä aikoja.

3.4 Vaikutukset soodakattilan NO_x-päästöihin

Varsinkin nestemäinen metanoli ja stripperin kaasut sisältävät typpiyhdisteitä. Typpi on pääosin ammoniakkinä. Myös kaustistamon laimeat hajukaasut sisältävät ammoniakkia.

Puun typpiyhdisteet liukenevat normaalissa keitossa käytännöllisesti katsoen täydellisesti keittoliipeään ja siirtyvät näin mustaliipeän kautta haihduttamoon ja edelleen soodakattilaan. Soodakattilassa tyypillisesti noin kolmannes mustaliipeän tpeestä hapettuu typpioksidiksi ja muodostaa savukaasujen NO_x-päästön.

Toinen olennainen osa mustaliipeän orgaanisesta tpeestä siirtyy soodakattilapoltossa pohjasulaan natriumsyanaattina NaOCN. Sulan syanaattityppi siirtyy liuottimen kautta sulan muiden suolojen joukossa viherliipeään, jossa syanaattityppi muuntuu vähitellen alkalisen hydrolyysin seurauksena ammoniakiksi.

Viherliipeässä ja edelleen valkoliipeässä muodostuva ammoniakki haihtuu osittain laimeiden hajukaasujen joukkoon. Pääosaltaan ammoniakki kuitenkin jatkaa valkoliipeän mukana takaisin keittoon. Keitosta ammoniakki siirtyy puun orgaanisten typpiyhdisteitten joukossa mustaliipeään. Haihduttamossa ammoniakki lopulta erottuu liipeästä ja siirtyy väkeviin hajukaasuihin ja metanoliin.

EU:n BAT-päätelmän 22 mukaan soodakattilan NO_x-päästötaso nousee poltettaessa typpipitoisia virtoja, kuten hajukaasuja, tärpähtiä ja metanolia, jolloin päästötasot ovat lähempänä BAT:n ylärajaa.



3.4.1 Laimeiden hajukaasujen vaikutus

Laimeiden hajukaasujen osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 10–30 % koko ilmamäärästä. Typpi laimeissa hajukaasuissa on pääasiassa ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 10 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO-taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys on silloin.

$$NO_x = \frac{100 + 0,3 * 0,2 * 10}{100} - 1 \approx 2 \%$$

Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu, jos laimeat hajukaasut ohjataan tulipesässä oikealle lämpötila-alueelle.

3.4.2 Liuotinhöngän vaikutus

Liuotinhöngkäjärjestelmän mukana tulevan ilman osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 2–5 % koko ilmamäärästä. Typpi liuotinhöngässä on peräisin haihduttamon sekundäärilauhteista tai sulan mukana liuotinsäiliöön tulevan typen reagoimisesta ammoniakiksi. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 100 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO-taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys on silloin

$$NO_x = \frac{100 + 0,3 * 0,05 * 100}{100} - 1 \approx 1 \%$$

Mitattavaa vaikutusta ei käytännössä ole havaittu, jos laimeat hajukaasut ohjataan tulipesässä oikealle lämpötila-alueelle. Joissakin kattiloissa on havaittu NO_x-päästöjen kasvua, kun liuotinhönkiä on johdettu tertiääri-ilman joukkoon.



3.4.3 Väkevien hajukaasujen vaikutus

Väkevien hajukaasujen osuus soodakattilan syötettävästä kokonaisilmasta on tyypillisesti 0,2–3 % koko ilmamäärästä. Typpi väkevissä hajukaasuissa on pääasiassa ammoniakkia. Ammoniakkipitoisuuden kuivissa kaasuissa voidaan olettaa olevan luokkaa 2000 ppm. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO-taso on luokkaa 100 ppm, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys saattaa olla silloin

$$NO_x = \frac{100 + 0,3 * 0,01 * 2000}{100} - 1 \approx 6 \%$$

3.4.4 Metanolin vaikutus

Metanolia syntyy noin 10 kg/ADt riippuen käytetystä puuraaka-aineesta. Nestemäisessä metanolissa voi ammoniakkia olla noin 2 %. Ammoniakkipitoisuuden metanolissa voidaan olettaa olevan luokkaa 0,2 kg/ADt. Voitaisiin olettaa, että noin 30 % ammoniakista konvertoituu NO:ksi. Jos kattilan NO-taso on luokkaa 200 mg/Nm³, savukaasuja syntyy 3,5 Nm³/kg k.a. ja lipeäkuiva-ainemäärä on 1600 kg k.a./ADt, niin kattilan typpioksidipäästöjen lisäys saattaa olla silloin:

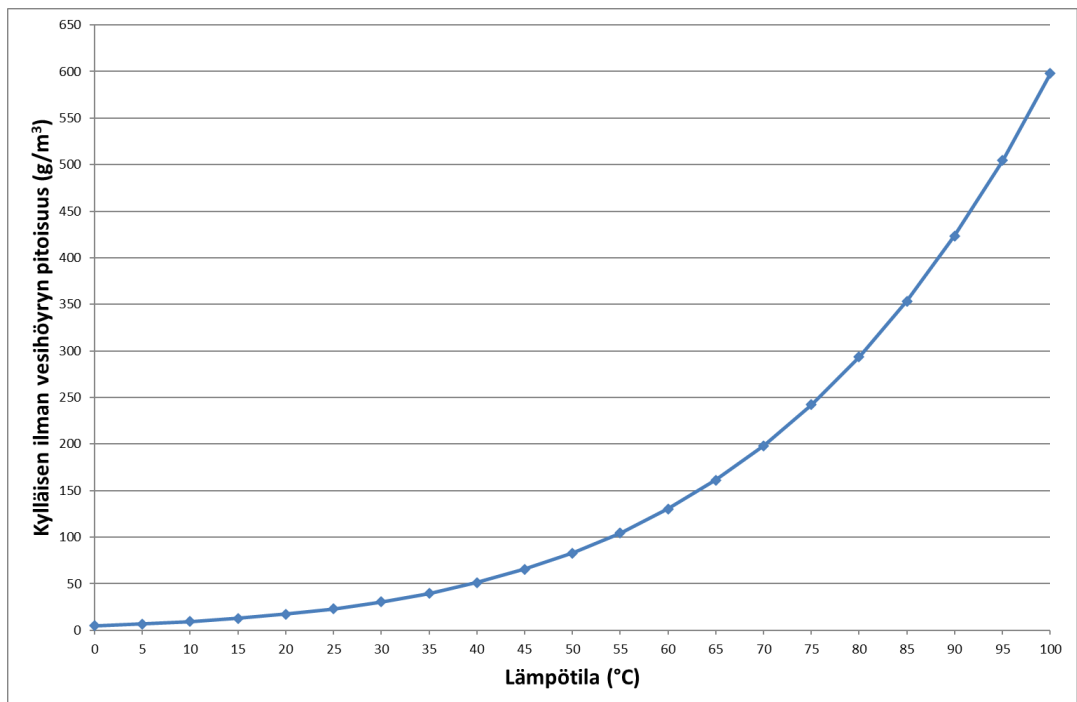
$$NO_x = \frac{200 * 3,5 * \frac{1600}{1000000} + 0,3 * 0,2}{200 * 3,5 * 1600 / 1000000} - 1 \approx 5 \%$$

3.5 Vaikutukset soodakattilan muuhun toimintaan

Moderneissa kattiloissa, joissa on tehokas polttoaineen ja ilman sekoitus ja riittävä pohjakuorma, sekä kun hajukaasujärjestelmä toimii suunnitellulla tavalla, ei vaikutuksia soodakattilan toimintaparametreihin ole havaittu. Esimerkiksi muutoksista reduktioon ei ole raportoitu.

Hajukaasujen polton aloittaminen pienentää yleensä tehtaan kokonaisrikkipäästöjä. Tämä vaikuttaa kuitenkin tehtaan kemikaalitaseisiin ja pyrkii nostamaan sulfiditeettia. Rikkitase tehtaalta pitääkin aina tarkastella tapauskohtaisesti.

Liuotinhöngän ja laimeiden hajukaasujen mukana kattilaan tulee vesihöyryä, mikä saattaa hiukan vesihöyrypitoisuudesta riippuen rajoittaa kattilan kapasiteettia. Kuvas-
sa 3-1 on esitetty tietyn lämpöisen ilman sisältämän vesihöyryn maksimimäärä
kuivassa ilmassa. Lämmin ilma pystyy sitomaan itseensä enemmän vettä kuin kylmä
ilma. Väkevien hajukaasujen, metanolin, tärpätin poltto lisää kattilan höyrystystä.
Tällöin vesi- ja höyrypuolen suunnittelu on tarkastettava ennen polton aloittamista
varsinkin olemassa olevissa soodakattiloissa.



Kuva 3-1. Kylläisen ilman vesihöyryn pitoisuus lämpötilan funktiona.



4 HAJUKAASUJÄRJESTELMIEN RISKIT JA KORROOSIO

Tyypillisiä riskejä hajukaasujärjestelmissä ovat räjähdysvaara (kaasujen konsentroituminen ja syttyminen kipinästä tai kuumasta pinnasta tai takatulesta), myrkytysvaara, lauhteenpoisto-ongelmat (vesi tulipesään) ja korroosio tai eroosio.

Soodakattilayhdistys suosittelee että ennen uusien keräilylähteiden liittämistä tai muutosten (mitoitus, ajotapa yms.) tekemistä suoritetaan hajukaasujärjestelmään riskienarviointitarkastus (esimerkiksi HAZOP).

Lisäksi hajukaasujen poltto voi aiheuttaa prosessiongelmia kuten rikkipäästöjä kattilasta, ekonomaisereiden ja keittopintojen tukkeutumista ja polttohäiriöitä tulipesässä.

4.1 Hajukaasujen karkaaminen työskentelytilaan

Hajukaasuja voi vuotaa liitoksista, venttiileistä, vesityksistä tai vauriokohdista laitteiston ulkopuolelle. Hajukaasuissa on rikkiyhdisteiden ja metanolin pitoisuus korkea, jolloin myrkytysvaara on olemassa. Vuodon tapahtuessa kattilahuoneeseen tai muuhun tilaan, pitää koko huone tai muu tila evakuoida ja tuulettaa hyvin ja mittauksin varmistaa tilan sopivuus työskentelyyn.

Hajukaasuja vapautuu työskentelytilaan tavallisimmin lauhteista kunnossapitotöiden yhteydessä. Mahdollisia vuotokohteita kunnossapitotöiden yhteydessä ovat hajukaasujärjestelmän vesilukot sekä varolaitteet. Erityistä huolellisuutta vaaditaan metanoli- ja tärpätipolttimien käsittelyssä. Pienetkin vuotavat määrät aiheuttavat merkittävän hajuhaitan.

Koska väkevien hajukaasujen linjat ovat ylipaineisia ejektorin jälkeen soodakattilarakennuksessa, voi soodakattilarakennukseen muodostua kaasumyrkytysvaara hajukaasulinjan vuotaessa ja jollakin huonosti tuuletetulla alueella voi olla kaasuräjähdysvaara.

Sallittu rikkivetypitoisuus sisätiloissa on 5 ppm (7 mg/m³) / 8 h ja 10 ppm (14 mg/m³) / 15 min Sosiaali- ja Terveysministeriön ohjeen ”[HTP-ARVOT 2020 : Haitallisiksi](#)



tunnetut pitoisuudet” mukaisesti. Nämä ns. HTP-arvot (haitalliseksi tunnettu pitoisuus) ovat pienimpiä pitoisuuksia, joiden uskotaan voivan vahingoittaa työntekijää.

Tehtailla on sekä kiinteitä että kannettavia rikkivety- sekä VOC-mittareita, joista kiinteät mittarit käynnistävät vilkkuvat hälytysvalot ja summerit, jos rikkivety- tai VOC-pitoisuus ilmassa on liian korkea. Hälytysten pitää näkyä sekä paikallisesti että valvomossa. Mittareiden sijoituksessa on hyvä huomioda mm. ilmavirtaukset ja työskentelyalueet. Niin kannettaville mittareille kuin kiinteästi asennetuille tulee tehdä säännöllisesti toimintatestit ja ne tulee ohjeistaa laatu järjestelmissä ja tehdyt testit tulee dokumentoida.

Soodakattilayhdistys suosittelee hajukaasujen polttopaikoille asennettavaksi kiinteitä rikkivetyhälyttimiä. Erillispolttopaikoissa voi esiintyä myös savukaasuvuotoja, minkä vuoksi kiinteä SO₂-hälytyskin on tarpeellinen.

Kun hajukaasulinjoilla tai -laitteilla tehdään korjaus- tai huoltotöitä, täytyy ko. työkohteilla saada erityistyö lupa työn suorittamiseksi.

4.1.1 Haju

Rikkiyhdisteet lamauttavat hajuaistin, joten nenään ei saa luottaa. Tilanne voi muodostua hengenvaaralliseksi, jollei asianmukaisia suojatoimia käytetä. Kaikkien hajukaasuja sisältävien laitteiden parissa työskentelevien on tutustuttava laimeiden ja väkevien hajukaasujen käyttöturvallisuustiedotteisiin.

4.1.2 Henkilökohtainen suojautuminen

Hajukaasuilta suojautumiseen käytetään työskennellessä ainoastaan paineilmalaitteita. Kaasunaamari ja hengitysilmasuojain on tarkoitettu vain vaara-alueelta poistumista varten. Suojaimen suodattimen tulee olla soveltuva hajukaasuissa esiintyviltä yhdisteiltä suojaamiseen. Lisäksi suositellaan käytettäväksi henkilökohtaisia mittareita, jotka ilmaisevat vähintään rikkivetyä (H₂S).

4.2 Lauhteen poisto-ongelmat

Jos hajukaasulinjastossa oleva vesihöyry pääsee lauhtumaan, on olemassa sulavesiräjähdyksvaara, mikäli tämä vesi pääsee soodakattilaan.



Vesityksiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja ne pitää järjestää linjoihin kattavasti.

4.2.1 Vesitystaskun täyttyminen

Yleinen ongelma hajukaasujärjestelmissä on ajoittainen runsas lauhdemäärä. Vesitystaskut lähimpänä soodakattilaa, on varustettava yläpinnan hälytyksellä sekä tarvittaessa lukituksella jolloin hajukaasut kääntyvät pois poltosta.

4.2.2 Vesilukon kuivuminen

Vesilukon kuivumista edistää hajukaasujen lämmitys lauhtumislämpötilaa korkeammalle. Vesilukkoihin on kuivumisen estämiseksi aina johdettava riittävä tuorevesivirta ja ne on varustettava vähintään virtausvahdeilla.

Vesilukkojen kuivuminen on estettävä myös seisokkien aikana.

4.2.3 Vesilukon tukkeutuminen

Hajukaasujen mukana kulkeutuu pieniä määriä lipeävaahtoa/suopaa, joka saattaa kerräntyä linjan alimpiin kohtiin kuten vesityksiin. Jos vesitysputkien halkaisija ei ole riittävän suuri, voi putkisto tukkeutua kokonaan.

4.3 Räjähdysvaarat hajukaasulinjoissa

Väkevän hajukaasun siirto ja poltto toteutetaan siten, että kaasu ei ole missään tilanteessa räjähtävää. Räjähdysvaara syntyy, jos väkevän hajukaasun joukkoon vuotaa ilmaa, esimerkiksi vesilukkojen tai säiliöitten varoventtiilien kautta. Väkevien hajukaasujen konsentraatio pidetään ylemmän räjähdysrajan yläpuolella huolehtimalla systeemin tiiveydestä.

Laimean hajukaasun siirto ja poltto toteutetaan niin, että kaasun konsentraatio on alle alemman räjähdysrajan. Laimeiden konsentraatio pidetään alle räjähdysrajan esimerkiksi huolehtimalla ilmalaimennuksesta. Joissain tapauksissa räjähdysvaara voi syntyä kun hajukaasuissa olevaa vesihöyryä lauhdutetaan pois jolloin kaasun konsentraatio nousee lähemmäksi alempaa räjähdysrajaa.



Syttyminen vaatii syttymisenergiaa. Maadoituksin, rakentein ja laitevalinnoin yritetään kipinän syntyä mahdollisuuksien mukaan estää.

4.3.1 Pysäytys- ja käyntiinajotilanteet

Erityistä huomiota laimeiden hajukaasujen konsentraatioihin on kiinnitettävä pysäytys- ja käyntiinajotilanteiden aikana. Usein soodakattiloiden hajukaasuräjähdykset ovat tapahtuneet juuri laimeiden hajukaasujen järjestelmille, joissa seisokki- tai häiriötilanteessa on konsentraatio päässyt nousemaan liian suureksi. Eräs tyypillinen ongelma on ollut räjähtävien kaasujen kerääntyminen putkistoon seisokin aikana ja niiden höyrystyminen käynnistyksen yhteydessä.

4.3.2 Takatuli

Liekki etenee putkistossa kaasuvirtaan nähden vastakkaiseen suuntaan tyypillisesti alhaisen virtausnopeuden takia. Tämän vuoksi väkevien hajukaasujen linjoissa käytetään liekinestimiä.

4.4 Kaasuräjähdyks kattilassa

Hajukaasut ovat palavien komponenttien, hapen ja inertin kaasun (typpi, vesihöyry) seos. Kuten aina palavia kaasuja käsiteltäessä on vaara, että tulipesässä tapahtuu kaasuräjähdyks. Kaasuräjähdyks saadaan aikaan, jos polttoainetta johdetaan tulipesään ilman, että se välittömästi palaa, ja sen jälkeen seos saa niin paljon energiaa, että se syttyy.

4.5 Sula-vesiräjähdyks kattilassa

Hajukaasujen linjaan lauhtuneen veden joutuminen tulipesään voi aiheuttaa sulavesiräjähdyksen. Veden tulon estämiseksi laimeat hajukaasut ja liuotinsäiliön höngät lämmitetään riittävästi jotta suurin osa vedestä olisi höyrynä ja hajukaasulinjat rakennetaan niin, että niissä on riittävät lauhteenpoistot ja kallistukset. Vesityksiä suunniteltaessa tulisi kiinnittää huomiota mm. kokoon, määrään ja sijaintiin.

Sula-vesiräjähdyksellä tarkoitetaan kuumen kemikaalikeon kanssa kosketuksiin joutuvan veden erittäin nopeaa höyrystymistä. Höyrystymisen aiheuttama paineaalto



saattaa rikkoa tulipesää ja siten aiheuttaa savukaasu/vesi/höyryvuodon kattilahuoneeseen.

4.6 Korroosio-ongelmat

Hajukaasujärjestelmiä suunnitellessa on huomioitava tulipesäkorroosion vaara. Myös väkevien hajukaasujen polttimen läheisyydessä olevissa ilma-aukoissa on havaittu korroosiota.

Kullekin hajukaasutyypille on käytettävä sille suositeltua materiaalia. Hajukaasupolttimia suunniteltaessa tulee huomioida mahdolliset liekin aiheuttamat ongelmat.

4.7 Kipinäointi ja staattinen sähkö

Räjähdys vaatii alkuenergian esimerkiksi kipinästä tai kuumasta pinnasta. Turvallisuuden takaamiseksi hajukaasulinjoille tehdään potentiaalintasaus keräilypisteestä lähtien. Potentiaalintasauksen tarkoituksena on ehkäistä vaarallisten jännite-erojen esiintyminen samanaikaisesti kosketeltavien johtavien osien välillä. Esimerkiksi laipoissa, luukuissa ja yhteissä, joissa esim. tiivistemateriaalin takia voi muodostua galvaninen erotus, on suoritettava potentiaalintasaus. Potentiaalintasaus tehdään määräysten mukaan ja varmistetaan mittauspöytäkirjalla.

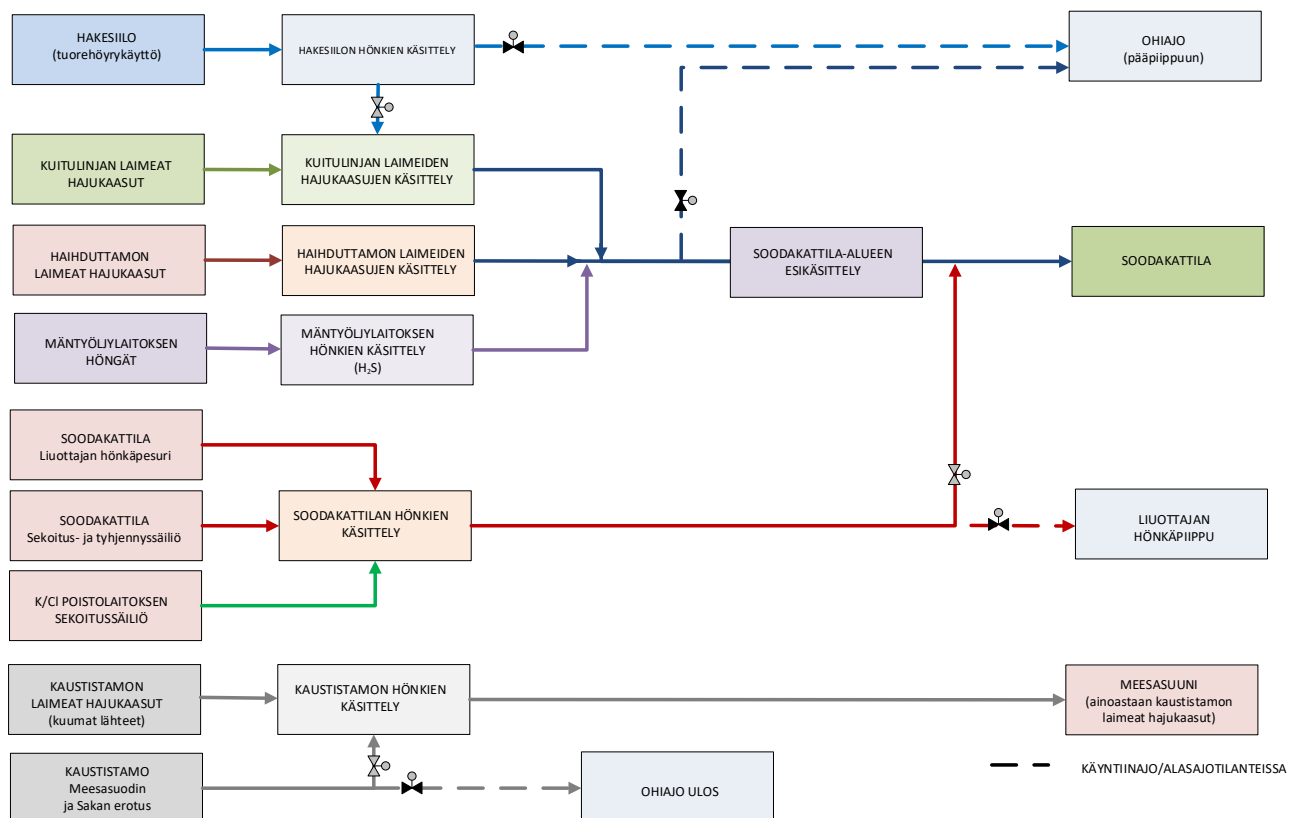
5 LAIMEIDEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT

Laimeat hajukaasut eivät ole polttoainetta. Ne koostuvat pääasiassa ilmasta ja vesihöyrystä. Laimeat hajukaasut luokitellaan kemikaalilain mukaisesti yleensä haitalliseksi, joten niiden laitteiden hankinta, suunnittelu, asennus ja käyttö tulee hoitaa tämän mukaisesti.

Soodakattilan käyttöturvallisuuden takia pitää veden joutuminen kattilaan estää laimeiden hajukaasujen polton yhteydessä. Laimeat hajukaasut jäähdytetään (osa kaasun sisältämästä vedestä lauhtuu), siirretään puhaltimella ja kuumennetaan, jotta mahdolliset pisarat höyrystyisivät ennen polttoa. Hajukaasulinjat varustetaan lauhteenpoistolla, jottei vettä kerääntyisi hajukaasulinjaan ja joutuisi siitä kattilaan.

5.1 Tyypilliset keräilykohteet sellutehtaalla

Hajukaasujen keräilykohteissa on eroja tehtaiden välillä prosessiratkaisuista johtuen. Näin ollen kaikkia tässä luvussa esitettyjä keräilykohteita ei kaikilla tehtailla ole.



Kuva 5-1-1. Esimerkki laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmästä (PSAVI/7988/2019).



5.1.1 Kuitulinja

Kuitulinjan tavanomaisia keräilykohteita ovat alla mainitut. Valkaisun hönkiä ei kerätä laimeisiin hajukaasuihin, vaan käsitellään erikseen.

Säiliöt: ruskean massan puskusäiliö, happivaiheen puskusäiliö, suodossäiliöt, rejektisäiliöt ja vuotojen keräyssäiliö.

Prosessilaitteet: hakesiilo, ruskean massan pesurit, oksan pesurit, rejektipesurit, valkoliipeän hapetuslaitteisto, happivaiheen jälkeiset pesurit, keskisakean massan pumput ja tyhjöpumput.

Muut prosessikohteet: keittämö- ja pesualueen lattiakaivot, lattiakanaalit ja maanalaiset keräilyssäiliöt.

Huomioita kuitulinjan keräilykohteista:

- Prosessiratkaisusta riippumatta hakesiilossa on mahdollista muodostua hajukaasuja, jotka väkevöityvät ylittäen laimeiden hajukaasujen alemman räjähdysrajan. Erilaisiin ajo- ja häiriötilanteisiin on kiinnitettävä huomiota riskien vaaranarvioinnissa.
- Haihduttamon sekundäärilauhteiden käyttö kuitulinjalla voi lisätä TRS-jakeita sisältävien hönkien määrää.
- Valkaisun hönkiä ei kerätä laimeiden hajukaasujen järjestelmään, koska nämä jakeet eivät sisällä haisevia rikkiyhdisteitä. Valkaisun höngät on mahdollista johtaa oman pesurin kautta taivaalle.

Kuivatuskoneella ei muodostu merkittävästi haisevia yhdisteitä ja syntyvät poistomäärät ovat huomattavan suuria, minkä vuoksi niitä ei johdeta laimeiden hajukaasujen keräilyyn.

5.1.2 Haihduttamo

Haihduttamon tavanomaisia keräilykohteita ovat alla mainitut.

Säiliöt: ilmanpaineessa toimivat lipeäsäiliöt, kuten haihduttamon syöttölipeäsäiliöt, laihalipeäsäiliöt, välilipeäsäiliöt, vuotolipeäsäiliöt, vahvamustalipeäsäiliöt, sekundäärilauhdesäiliöt ja suopasäiliöt.



Prosessilaitteet: näytteenottopisteet

Muut prosessikohteet: lattiakanaalit ja maanalaiset keräilysäiliöt.

Huomioita haihduttamon keräilykohteista:

- Paineellisten lipeäsäiliöiden hönkiä ei saa johtaa laimeiden hajukaasujen keräilyyn. Paineellisissa lipeäsäiliöissä muodostuu väkeviä hajukaasuja myös seisokin aikana ja ne tulee käsitellä asianmukaisesti.
- Kuumien lipeiden paisuntaa ei tule suorittaa varastosäiliöissä, vaan höngät tulee kerätä haihduttamosarjalle.
- Ainoastaan puhtaiden sekundäärilauhdesäiliöiden höngät kerätään laimeiden hajukaasujen järjestelmään. Likaislauhdesäiliön höngät kerätään väkevien hajukaasujen järjestelmään.
- Stripatun lauhteen laadun heikentyessä voidaan lauhde hetkellisesti ohjata vuotolipeäsäiliöön. Säiliön hönkien riittävä laimennus on varmistettava. Ensisijaisesti on huolehdittava lauhteen laadun korjaamisesta.
- Likaislauhdesäiliön ylikaato johdetaan tyypillisesti lattiakaivoon, jonka höngät kerätään laimeiden hajukaasujen järjestelmään. Tällöin lattiakaivon hönkien riittävä laimennus on varmistettava. Ensisijaisesti on kuitenkin huolehdittava ylikaadon estämisestä riskien välttämiseksi.
- Metanolin käsittelyn ja tärpätinerotuksen höngät tulee johtaa väkevien hajukaasujen järjestelmään.

5.1.3 Valkoliipeälaitos

Valkoliipeälaitoksen tavanomaisia keräilykohteita ovat alla mainitut:

Säiliöt: raakaviherlipeän ja puhdistetun viherlipeän varastosäiliöt, viherlipeän selkeyttimet, viherlipeäsakkasäiliö, valkoliipeän selkeyttimet, valkoliipeän varastosäiliöt, laihavalkoliipeän varastosäiliöt, meesan varastosäiliö, pesuvesisäiliö, happosäiliö ja laimennussäiliö.



Prosessilaitteet: viherlipeän suodatuslaitteet, viherlipeäsakan käsittely, sammutin ja kaustisointisarja, valkolipeän suodattimet, meesasuodin, tyhjöpumput ja valkolipeän hapetuslaitteisto.

Muut prosessikohteet: lattiakanaalit ja maanalaiset keräilysäiliöt.

Huomioita valkolipeälaitoksen keräilykohteista:

- Valkolipeälaitoksen hajukaasujärjestelmää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon pölyävät prosessit, jotka aiheuttavat tukkeutumisvaaran keräilyjärjestelmässä.

5.1.4 Muut kohteet

Tehdasalueen jätevedenkäsittely: happamien ja emäksisten viemäriveresien sekoituskammio ja biolietteen käsittely.

Muita keräilykohteita: Mäntyöljylaitoksen höngät alkalipesurin jälkeen, ligniini-nerotuslaitoksen höngät, kloridinpoistolaitteisto ja rikkihapon valmistus.

Öljysäiliöiden kuten polttoöljy, mäntyöljy ja pikiöljy, hönkiä ei tyypillisesti kerätä hajukaasujärjestelmään, koska höngät eivät ole haisevia.

5.2 Koostumus ja määrä

Laimeat hajukaasut koostuvat mm. sellutehtaan kuitulinjan säiliö- ja laitehöngistä, haihduttamon säiliöalueen höngistä, kaustistamon höngistä yms. Laimeiden hajukaasujen määrä on noin 300–400 m³n/ADt ja niiden rikkipitoisuus on noin 0,1–0,5 kgS/ADt. Laimeat hajukaasut pääsääntöisesti käsitellään pesurityyppisellä hönkäähdyttimellä, jolloin käsiteltävä hajukaasumäärä pienenee. Sellutehtaan laimeiden hajukaasujen keräilykohteiden tyypillisiä osastomääriä on esitetty taulukossa 5-1.



TAULUKKO 5-1. Laimeiden hajukaasujen keräilymäärät eri osastoilta lämpötilassa 40 °C.

Osasto	kg S / ADt	m ³ n / ADt
Jatkuvatoimisen keiton höngät	0,1 – 0,5	100 – 400
Eräkeiton höngät (evakuointi-ilma, paineettomien säiliöiden hönkä)	0,1 – 0,5	150 – 300
Pesemön höngät	0,05 – 0,1	100 – 200
Mäntyöljykeittämön höngät	0,05 – 0,2	2 – 3
Säiliöhöngät, haihduttamo (ilmanpaineiset säiliöt)	0,1 – 0,4	20 – 30
Kaustistamo- ja meesauunialue	0,01 – 0,1	5 – 10
Yhteensä	0,1 – 0,5	300 – 400

Laimeiden hajukaasujen konsentraatio pidetään koko ajan alle räjähdysrajan ja konsentraation nousu tulee estää. Kun konsentraatio ja kosteus pidetään alhaisena, niin laimeita hajukaasuja voidaan käsitellä kattilalaitoksella kuten muuta palamisilmaa. Kun laimeiden hajukaasujen poltto otetaan tehtaalla ensimmäistä kertaa käyttöön tai prosessiin tehdään muutoksia, tulee konsentraatiot linjoissa ja eri keräyspisteistä mitata jotta todetaan laimeiden hajukaasujen pitoisuudet eri keräyslähteistä. Esimerkkejä laimeiden hajukaasujen analyyseistä on esitetty taulukossa 5-2. Hajukaasun komponenttien pitoisuudet vaihtelevat paljon riippuen tehtaasta ja mittauspisteestä.

Taulukko 5-2. Esimerkkejä laimeiden hajukaasujen analyyseistä syntypisteessä.

Komponentti	Tehdas A ppm	Tehdas B ppm	Tehdas C ppm	Tehdas D ppm	Tehdas E ppm	Tehdas F ppm
H ₂ S	*	*	1	0	725	1
MM, CH ₃ SH	200	40	70	2	14	2
DMS, (CH ₃) ₂ S	1 000	60	160	643	1 530	784
DMDS, (CH ₃) ₂ S ₂	90	*	270	1	10	365
Tärpähti, C ₁₀ H ₁₆	1 500	15	*	69	470	12 400
MeOH, CH ₃ OH	900	150	*	834	6 943	2 046
Etanoli, C ₂ H ₅ OH	80	*	*	*	*	*
Happi, O ₂	*	*	*	*	*	*
Ammoniakki, NH ₃	200	*	*	*	*	*
Vesi, H ₂ O	70 000	50 000	*	*	*	*
Hiilidioksidi, CO ₂	*	300	*	*	*	*

*) ei analysoitu tai havainnointirajan alapuolella

Erityistä huomiota on kiinnitettävä siihen, että hakesiilon höngissä häiriötilanteissa hajukaasujen konsentraatio ei nouse liian korkeaksi. Hakesiilon häiriötilanteessa ei sen hönkäkaasuja saa johtaa laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään. Lisäksi on selvítettävä, mihin tärpätipitoiset lauhteet johdetaan turvallisesti keittämöhäiriössä. Tiedetään tapauksia, joissa harkitsemattoman kytkennän vuoksi tärpätipitoisuus lauhteessa on noussut keittämöhäiriön seurauksena merkittävästi



Taulukko 5-3 esittää suosituksen laimeiden hajukaasujen komponenttien enimmäispitoisuuksille ennen polttoa. Laimeat hajukaasut ovat tyypillisesti alle 10 % LEL-rajasta.

Taulukko 5-3. Laimeiden hajukaasujen komponenttien suositeltavia enimmäispitoisuuksia ennen polttoa.

Ominaisuus	Raja	Huom.
Ilmapitoisuus, til-%	> 90	
Vesipitoisuus, til-%	< 7	40 °C (lauhduttimen jälkeen)
Vesipitoisuus til-%	< 12	50 °C (lauhduttimen jälkeen)
Rikkipitoisuus TRS, ppm	< 200	
Tärpättipitoisuus, ppm	< 1000	
Metanolipitoisuus, ppm	< 1000	

Laimeat hajukaasut syötetään soodakattilaan tyypillisesti osana kattilan polttoilmaa. Lauhderyöpyn aiheuttaman sulavesiräjähdyksen vaaran vuoksi hajukaasujen syöttämistä primääri-ilman joukkoon ei suositella.

5.3 Jäähdytys ja lämmitys

Laimeiden hajukaasujen lauhdetta ei saa päästä soodakattilan tulipesään. Laimeiden hajukaasujen mukana kulkevan vesihöyryn määrä tulipesään on oltava mahdollisimman pieni. Suositellaan, että laimeiden hajukaasujen lämpötila lauhduttimen jälkeen on 40–50 °C.

Laimeat hajukaasut suositellaan lämmitettävän 30 °C yli lauhdutuslämpötilan, jotta minimoidaan vesipisaroiden pääsy tulipesään. Kun laimeita hajukaasuja sekoitetaan palamisilmaan, on sen sekoituksen jälkeisen lämpötilan täytettävä yllä mainittu kriteeri.

5.4 Laimeiden hajukaasujen polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan laimeiden kaasujen polton logiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikykentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.



Tämä suositus ei koske laimeiden hajukaasujen keräilyn aloituksen ja ajon lukituksia, vaikka ne usein on osittain toteutettu samassa järjestelmässä kuin polton lukitukset. Nämä lukitukset pitää määritellä tapauskohtaisesti erikseen.

Soodakattilayhdistys suosittelee, että hajukaasujärjestelmä on ollut käytössä riittävän pitkään (esim. yli yhden tunnin) ennen syötön aloittamista, jotta kanaviin lauhtuneet palavat hajukaasukomponentit höyrystetään ja tuuletetaan ulos. Jos mahdollista, laimeiden hajukaasujen keräily tulisi olla päällä seisokin aikana. Tavoite on, että laimeiden hajukaasujen järjestelmässä ei tapahdu konsentroitumista väkeviksi.

Laimeiden hajukaasujen polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja polton aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

5.4.1 Laimeiden hajukaasujen syötön edellytykset

Laimeita hajukaasuja voidaan syöttää kattilan tulipesään, kun mm. seuraavat ehdot ovat voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.**

Taulukko 5-4. Laimeiden hajukaasujen syötön edellytykset

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Tulitieto kattilassa; esimerkiksi vähintään yksi käynnistyspoltin käynnissä ja/tai lipeänpoltto päällä.	Varmistaa poltto-olosuhteet.
2. Kattilan tuliteho suurempi kuin $0,3 \text{ MW/m}^2$, mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 15 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet hajukaasujen hapettumiseksi (lämpötila, viive-aika).
3. Laimeiden hajukaasujen tulipesään syöttävä puhallin on päällä.	Varmistaa hajukaasujen virtauksen tulipesään ja estää hajukaasujen pääsemisen kattilahuoneeseen.
4. Lämpötila jäähdytyksen jälkeen (ennen lämmityspatteria) alle lämpötilarajan.	Alentaa kaasun tilavuutta ja vesihöyryn määrää.
5. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan yli lämpötilarajan.	Estää vesipisaroiden pääsy kattilaan.
6. Hajukaasujärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitaskun pinta alle ylärajan.	Estää lauhteen pääsyn kattilaan.



5.4.2 Laimeiden hajukaasujen syötön keskeytys

Laimeitten hajukaasujen syöttö kattilan tulipesään on keskeytettävä kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.**

Taulukko 5-5. Laimeiden hajukaasujen syötön keskeytys

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Tulitieto kattilassa menetetään.	Poltto-olosuhteiden varmistus.
2. Kattilan tuliteho pienempi kuin 0,3 MW/m ² , mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 15 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet hajukaasujen hapettumiseksi (lämpötila, viive-aika).
3. Pikapysäytys aloitetaan.	Estää hajukaasujen syöttö kun kattila ei ole käytössä
4. Laimeita hajukaasuja tulipesään syöttävä puhallin pysähtyy.	Varmistaa hajukaasujen virtauksen tulipesään ja estää hajukaasujen pääsemisen kattilahuoneeseen.
5. Lämpötila jäähdytyksen jälkeen (ennen lämmityspatteria) nousee yli lämpötilarajan.	Liian korkea kaasujen kosteuspitoisuus
6. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan alle lämpötilarajan.	Vesipisaroiden määrä nousee liian suureksi
7. Hajukaasujärjestelmässä olevan vesitaskun pinta yli ylärajan	Estää lauhteen pääsy kattilaan

5.4.3 Virtaus

Poltoon menevien laimeiden hajukaasujen virtausmäärää suositellaan mitattavaksi.

5.4.4 Potentiaalitasaus

Laimeilla hajukaasuilla ei vaadita potentiaalitasausta.

5.5 Venttiilit ja pellit

Laimeiden hajukaasujen polton venttiilit ja pellit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiveyteen. Normaalisti käytetään tiiviitä läppäventtiilejä tai peltejä isoissa putkissa.

Laimean hajukaasulinjan automaattisen sulkuventtiilin on sulkeuduttava apuenergian loppuessa. Samalla on ohituskanavan tai vaihtoehtoisen polttopaikan venttiilin



avauduttava. Sulkuventtiilin avautumisesta ja sulkeutumisesta on tultava rajatieto automaatiojärjestelmään.

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4301 (AISI 304) tai vastaava.

5.6 Puhallin

Puhaltimen rakenne tulee olla riittävän tiivis, jotta hajukaasut eivät vuoda ympäristöön. Lauhteenpoiston koko on oltava vähintään DN50.

5.7 Lisäilmayhde

Laimeiden hajukaasujen järjestelmän osana voidaan käyttää lisäilmayhdettä (varasilmayhde), jossa hajukaasujen joukkoon lisätään ulkoilmaa. Jos laimeiden hajukaasujen turvallisuus riippuu lisäilmayhteen toiminnasta, on erityistä huomiota kiinnitettävä siihen, ettei lisäilman tulo voi estyä mistään syystä.

Edellä olevasta syystä on lisäilman syöttöä valvottava ja mitattava riittävästi, esimerkiksi virtausmääramittauksilla ja riittämättömästä lisäilman syötöstä suoritettava tarpeelliset lukitukset.

5.8 Pesurit ja lauhduttimet

Laimeiden hajukaasujen järjestelmässä tulee olla tarpeellinen määrä pesureita tai lauhduttimia, joilla poistetaan kaasujen sisältämää vesihöyryä sekä VOC:ia (mm. tärpätti) ja siten pienennetään kerättävää kaasumäärää.

5.9 Pisaranerotin

Pisaranerottimessa poistetaan mahdolliset lauhteet kaasusta. On suositeltavaa käyttää pisaranerotinta aina sen jälkeen, kun laimeita hajukaasuja jäähdytetään tai käsitellään pesurilla. Lisäksi on suositeltavaa käyttää pisaranerotusta ennen kaasujen lämmitystä lähellä polttopaikkaa.



5.10 Lauhteenpoisto

Laimeiden hajukaasujen linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet tulee ensisijaisesti johtaa likaislauhteiden käsittelyyn omana järjestelmänä.

Lauhteidenpoistoa suunniteltaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota mm. yhteiden kokoon, määrään ja sijaintiin. Viimeinen poisto tulee varustaa pintakytkimin sekä sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että kanavan pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt.

5.10.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteiden ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään DN50 tukkeutumisvaaran vuoksi. Lauhteenpoistolinjojen yhdistimistä toisiinsa tulee välttää riittävän kapasiteetin takaamiseksi. Lähinnä soodakattilaa olevan lauhteenpoistoyhteen ja -linjan putkihalkaisija tuli olla vähintään DN100. Lauhteenpoistoyhteiden ja -linjojen kokoa tulee kasvattaa, jos kanavaan on mahdollista päästä ylimääräistä vettä esim. pesuvesi.

5.10.2 Kanavien kallistus ja lauhteenpoistoyhteiden sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteen poistoihin päin. Lauhteen poisto muuhun kun virtaussuuntaan on vaikeaa. Suositeltava kanavien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25.

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa on pyrittävä kanavien kallistukseen kaasun virtaussuunnassa 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempään. Ennen jyrkkää nousua on aina tehtävä lauhteenpoisto. Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

Hajukaasukanaviston kokoa ja virtausnopeutta suunniteltaessa on huomioitava, että suurilla virtausnopeuksilla kaasuvirta voi temmata lauhdetta mukaansa.

Käytettäessä suuria kanavakokoja (yli DN300) suositellaan lauhdetaskua, josta lauhteenpoisto.



5.10.3 Vesilukot

Lauhteidenpoistolinjat on varustettava vesilukoilla tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä (lauhteiden keräysastia). Näin estetään hajukaasujen vuoto lauhteenpoistoyhteiden kautta.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai jatkuvalla tai ajoitetusti toimivalla, virtausmittauksin varmistetulla vesivirralla.

Jotta laimeiden hajukaasujen kanavassa vallitseva paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipintojen korkeuden eron voitava vaihdella ainakin 10 kPa tai kanavan rakennepainetta vastaava määrä. 10 kPa vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1 m.

Jos lauhteet kerätään pumppausastiaan, niin astian pinnankorkeuksien eron tulee voida vaihdella ainakin 10 kPa tai kanavan rakennepainetta vastaavan määrä.

On suositeltavaa että polttopaikkaa edeltävässä tilassa on suurempi lauhteenpoistin, joka voi ottaa vastaan esim. seisokin aikana syntyneen suuremman lauhdemäärän.

5.11 Liekinestin

Laimeiden hajukaasujen kanavissa ei tarvitse käyttää liekinestintä.

5.12 Ohitus

Laimeiden hajukaasujen ohituskanava on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Ohituskanava suositellaan johdettavan omalla linjallaan soodakattilalaitoksen katolle tai savupiippuun. Ohitus voidaan myös toteuttaa johtamalla laimeat hajukaasut liuotinhölkien kanssa samaan ohituskanavaan. Tällöin tulee kiinnittää huomiota yhteistoimintaan ja koko järjestelmän tiiveyteen.



5.13 Alipainesuoja

Laimeille hajukaasuille voidaan käyttää alipainesuojaa, jos putkiston rakennepaine ja puhaltimen imu sitä vaativat.

5.14 Ylipainesuoja

Laimeille hajukaasuille ei tarvitse käyttää ylipainesuojaa.

5.14.1 Räjähdyslevyt ja murtokalvot

Laimeiden hajukaasujen kanavissa ei tarvitse käyttää räjähdyslevyä. Mikäli järjestelmissä käytetään painesuojaukseen murtokalvoja, on näiden kuntoa valvottava automaatiojärjestelmässä aiheuttamalla hälytys. Tällaisen murtokalvon poistoaukon suuntaus on tehtävä turvalliseen suuntaan.

5.15 Pitoisuusmittaus

Laimeille hajukaasuille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta.

Soodakattilayhdistys suosittelee, että laimeiden hajukaasujen pitoisuudet lähtöpis-
teessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laite- tai kytkentämuutoksia. Näin
varmistetaan, ettei laimeiden hajukaasujen pitoisuus ylitä alempaa räjähdysrajaa.

Lisäksi Soodakattilayhdistys suosittelee, että laimeiden hajukaasujen rikki- ja happi-
pitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.



6 SOODAKATTILALLA MUODOSTUVIEN HÖNKIEN POLTTO

Soodakattilalla muodostuu hönkiä pääosin sulanliuotuksessa. Sen lisäksi sähkösuodintuhkan sekoituksessa mustalipeään muodostuu hönkiä kuten myös kaliumin ja kloridin erotuslaitoksessa. Näiden lisäksi tyypillisiä keräilykohteita ovat tyhjenyssäiliö ja lipeävuotojen keräilyyn tarkoitettu kaivo tai säiliö.

Liuottimen höngät vastaavat ominaisuuksiltaan laimeita hajukaasuja. Hönkä sisältää pääasiassa ilmaa ja vesihöyryä sekä pieniä määriä hajurikkiyhdisteitä ja suolapartikkeleita. Liuottimen hönkien sisältämän hajurikin talteen saamiseksi sekä pölypäästöjen pienentämiseksi niitä on alettu polttaa soodakattiloilla. Soodakattilayhdistys suosittelee liuotinhönkien polttamista soodakattilalaitoksella.

Liuottajan hönkäjärjestelmään voidaan johtaa mm. sekoitussäiliön hönkiä, tuhkan käsittelyprosessin hönkiä sekä tehtaan muita laimeita hajukaasuja.

Soodakattilan käyttöturvallisuuden takia pitää veden joutuminen kattilaan estää liuottimen hönkien polton yhteydessä.

Liuottimen höngät pestään, jäähdytetään, siirretään puhaltimella ja kuumennetaan, jotta mahdolliset pisarat höyrystyisivät ennen polttoa. Hönkälinjat varustetaan lauhteenpoistolla, jottei vettä kerääntyisi hönkälinjaan ja joutuisi siitä kattilaan.

6.1 Koostumus ja määrä

Liuottimen höngät ovat peräisin pääasiassa vuotoilmasta, sulan lämmön aikaansaamasta höyrystä (viherlipeän kiehuminen liuottajassa) ja sulan hajotushöyrystä. Ongelmallisinta käsittelyn kannalta on liuottimen hönkien sisältämät pienet viherlipeäpisarat, jotka kuivuessaan pyrkivät likaamaan/tukkimaan hönkäjärjestelmän.

Sellutehtaan liuottimen hönkien määriä ja koostumuksia on esitetty taulukossa TAULUKKO 6-1. Hönkien määrä vaihtelee kuitenkin kattiloittain ja prosessilla on suuri vaikutus koostumukseen.



TAULUKKO 6-1. Liuottimen hönkien määrät ja koostumus, Rantanen 1987

Hönkämäärä liuotinsäiliöstä	m ³ n / kg k.a.	0,4 – 0,8
Hönkien lämpötila liuotinsäiliöstä	°C	85 – 95
Hönkien kosteuspitoisuus liuotinsäiliöstä	til-%	40 – 80
Hönkien kokonaispöly liuotinsäiliöstä	mg / m ³ n (kuiva)	1000 – 5000
Hönkien TRS liuotinsäiliöstä	mg / m ³ n (kuiva)	150 – 700
Hönkien kokonaisrikki pesurin jälkeen	kg S / ADt	0,01 – 0,1
Hönkien kokonaispöly pesurin jälkeen	mg / m ³ n (kuiva)	100 – 200
Hönkien TRS pesurin jälkeen	mg / m ³ n (kuiva)	1 – 10

Liuottimen hönkiä syötetään soodakattilaan esimerkiksi sekoitettuna ilmaan tai muihin kattilaan johdettaviin laimeisiin hajukaasuihin. Toinen mahdollisuus on syöttää liuottimen höngät omien erillisten suutinten kautta.

6.2 Sekoitussäiliön höngät

Sekoitussäiliöstä tulevien hönkien TRS-pitoisuus voi olla korkea, mutta määrä on liuotussäiliön hönkien määrään verrattuna pieni, jolloin ne voidaan johtaa liuotinhönkien joukkoon. Sekoitussäiliön hönkiä johdettaessa liuottimen hönkäjärjestelmään on otettava huomioon niiden likaava vaikutus, jolloin sekoitussäiliön hönkäjärjestelmään voidaan lisätä oma pesuri.

Sekoitussäiliön hönkiä johdettaessa tulipesään omana järjestelmänään on huomioitava liuotinhönkien polton suositukset ja lukitukset.

6.3 Jäähdytys ja lämmitys

Liuottimen hönkien lauhdetta ei saa päästä soodakattilan tulipesään. Liuottimen hönkien järjestelmässä tulee olla jäähdytin, jolla poistetaan vesihöyryä ja siten pienennetään kattilaan menevää kaasumäärää. Jäähdyttimen pesumahdollisuus käynnin aikana on huomioitava. Suositellaan, että liuottimen hönkien lämpötila lauhduttimen jälkeen on 40–50 °C.

Hönkien erillistä lämmitystä ei tyypillisesti käytetä likaantumisriskin takia, vaan lämmittäminen tapahtuu sekoittamalla höngät kuumaan kaasuvirtaan.



6.4 Liuottimen hönkien polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan liuottimen hönkien polton logiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Liuottimen hönkien poltto soodakattilassa tulee voida valvoa ja polton aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

6.4.1 Liuottimen hönkien syötön edellytykset

Liuottimen hönkiä voidaan syöttää kattilan tulipesään, kun seuraavat ehdot ovat voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.**

Taulukko 6-2. Liuottimen hönkien syötön edellytykset

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Tulitieto kattilassa; esimerkiksi vähintään yksi käynnistyspoltin käynnissä ja/tai lipeänpolto päällä.	Varmistaa poltto-olosuhteet.
2. Kattilan tuliteho suurempi kuin $0,3 \text{ MW/m}^2$, mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 15 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet hajukaasujen hapettumiseksi (lämpötila, viive-aika).
3. Liuottimen hönkäpuhallin ja kyseessä olevan polttoilmatason puhallin ovat päällä.	Varmistaa liuotinhönkien virtauksen tulipesään ja estää hönkien pääsemisen kattilahuoneeseen.
5. Lämpötila jäähdytyksen jälkeen (ennen lämmityspatteria) alle lämpötilarajan	Alentaa kaasun tilavuutta ja vesihöyryn määrää
6. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan yli lämpötilarajan	Estää vesipisaroiden pääsy kattilaan
7. Liuotinhönkäjärjestelmässä mahdollisesti oleva vesitaskun pinta alle ylärajan	Estää lauhteen pääsyn kattilaan

6.4.2 Liuottimen hönkien syötön keskeytykset

Liuottimen hönkien syöttö kattilan tulipesään on keskeytettävä, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla**



käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.

Taulukko 6-3. Liuottimen hönkien syötön keskeytys

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Tulitieto kattilassa menetetään.	Poltto-olosuhteiden varmistus.
2. Kattilan tuliteho pienempi kuin 0,3 MW/m ² , mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 15 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet hajukaasujen hapettumiseksi (lämpötila, viive-aika).
3. Pikapysäytys aloitetaan.	Estää hajukaasujen syöttö, kun kattila ei ole käytössä
4. Liuottimen hönkäpuhallin tai kyseessä olevan polttoilmatason puhallin pysähtyy.	Varmistaa liuotinhönkien virtauksen tulipesään ja estää hönkien pääsemisen kattilahuoneeseen.
5. Lämpötila jäähtytyksen jälkeen nousee yli lämpötilarajan.	Liian korkea kaasujen kosteuspitoisuus
6. Lämpötila ennen syöttöä kattilaan alle lämpötilarajan.	Vesipisaroiden määrä nousee liian suureksi
7. Liuotinhönkäjärjestelmässä olevan vesitaskun pinta yli ylärajan	Estää lauhteen pääsy kattilaan

6.5 Kanavat

Liuottimen hönkien vuotaminen kattilahuoneeseen pitää estää ja kanavan pituus kattilahuoneessa minimoida.

Korroosiovaaran vuoksi on liuottimen hönkien polton kanavat ja suuttimet tehtävä ruostumattomasta teräksestä EN 1.4301 (AISI 304) tai vastaavasta.

6.5.1 Virtaus

Liuottimen hönkien virtausmäärä suositellaan mitattavaksi.

6.5.2 Potentiaalintasaus

Liuottimen hönkien kanavistolle ei tarvitse tehdä potentiaalintasausta.



6.6 Venttiilit ja pellit

Liuottajan hönkien venttiilit ja pellit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiveyteen. Normaalisti käytetään tiiviitä läppäventtiilejä tai peltejä isoissa putkissa.

Liuottajan hönkien automaattisen sulkuventtiilin on sulkeuduttava apuenergian loppuessa. Samalla on ohituskanavan tai vaihtoehtoisen polttopaikan venttiilin avauduttava. Sulkuventtiilin avautumisesta ja sulkeutumisesta on tultava rajatieto automaatiojärjestelmään.

Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4301 (AISI 304) tai vastaava.

6.7 Puhallin

Puhaltimen rakenne tulee olla riittävän tiivis, jotta hajukaasut eivät vuoda ympäristöön. Lauhteenpoiston koko on oltava vähintään DN50.

6.8 Pesuri

Liuottimen hönkien järjestelmässä tulee olla pesuri, jolla poistetaan pölyä ja vesihöyryä. Pesurin ja päälaitteiden pesumahdollisuus soodakattilan käynnin aikana on huomioitava.

6.9 Pisaranerotin

Pisaranerottimessa poistetaan mahdolliset lauhteet kaasusta. On suositeltavaa käyttää pisaranerotinta aina sen jälkeen, kun hönkiä jäähdytetään tai käsitellään pesurilla.

6.10 Pisaranerottimen ja lämmityspatterin pesu

Liuottajan hönkä sisältää pieniä viherlipeäpysäroita, jotka kuivuessaan pyrkivät liikaamaan tai tukkimaan pisaranerotinta, lämmityspatteria ja kanavistoa. Kun edellä mainituille laitteille tehdään vesipesu, on erityistä huomioita kiinnitettävä



kunnolliseen lauhteenpoistoon. Pesu tulee keskeyttää välittömästi, jos lauhteenpoistimen pintakytkin hälyttää.

6.11 Lauhteenpoisto

Liuottimen hönkien linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet tulee ensisijaisesti johtaa liuottimeen.

Lauhteidenpoistoa suunniteltaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota mm. yhteiden kokoon, määrään ja sijaintiin. Viimeinen poisto tulee varustaa rajakytkimin sekä sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että kanavan pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt.

6.11.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteiden ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään DN50 tukkeutumisvaaran vuoksi. Lauhteenpoistolinjojen yhdistimistä toisiinsa tulee välttää riittävän kapasiteetin takaamiseksi. Lähinnä soodakattilaa olevan lauhteenpoistoyhteen ja -linjan putkihalkaisija tuli olla vähintään DN100. Lauhteenpoistoyhteiden ja -linjojen kokoa tulee kasvattaa, jos kanavaan on mahdollista päästä ylimääräistä vettä esim. pesuvesi.

6.11.2 Kanavien kallistus ja lauhteenpoistoyhteiden sijoitus

Kanavien ja putkien on kallistuttava lauhteen poistoihin päin. Lauhteen poisto muuhun kun virtaussuuntaan on vaikeaa. Suositeltava kanavien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25.

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa on pyrittävä kanavien kallistukseen kaasun virtaussuunnassa 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempään. Ennen jyrkkää nousua on aina tehtävä lauhteenpoisto. Jollei suositeltaviin kallistuksiin päästä jollain osalla kanavaa, on lauhteen poisto tällaisesta kanavan osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.

Hajukaasukanaviston kokoa ja virtausnopeutta suunniteltaessa on huomioitava, että suurilla virtausnopeuksilla kaasuvirta voi temmata lauhdetta mukaansa.



Käytettäessä suuria kanavakokoja (yli DN300) suositellaan lauhdetaskua, josta lauhteenpoisto.

6.11.3 Vesilukot

Lauhteidenpoistolinjat on varustettava vesilukoilla tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä (lauhteiden keräysastia). Näin estetään hajukaasujen vuoto lauhteenpoistoyhteiden kautta.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai jatkuvalla tai ajoitetusti toimivalla, virtausmittauksin varmistetulla vesivirralla.

Jotta hönkäkanavassa vallitseva paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on lukon vesipintojen korkeuden eron voitava vaihdella ainakin 10 kPa tai kanavan rakennepainetta vastaava määrä. 10 kPa vastaa vesilukon pinnankorkeuden eron vaihtelua 1 m.

Jos lauhteet kerätään pumppausastiaan, niin astian pinnankorkeuksien eron tulee voida vaihdella ainakin 10 kPa tai kanavan rakennepainetta vastaavan määrä.

On suositeltavaa että polttopaikkaa edeltävässä tilassa on suurempi lauhteenpoistin, joka voi ottaa vastaan esim. seisokin aikana syntyneen suuremman lauhdemäärän.

6.12 Liekinestin

Liuottimen hönkien kanavissa ei tarvitse käyttää liekinestintä.

6.13 Ohitus

Liuottajan hönkien ohituskanava on laimeiden hajukaasujen tapaan johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Ohituskanava suositellaan johdettavan omalla linjallaan soodakattilalaitoksen katolle tai savupiippuun. Ohitus voidaan myös toteuttaa johtamalla liuotinhöngät laimeiden hajukaasujen kanssa samaan ohituskanavaan. Tällöin tulee kiinnittää huomiota yhteistoimintaan ja koko järjestelmän tiiveyteen.



6.14 Ylipainesuoja

Liuottimen hönkäjärjestelmän on kestävä puhaltimen aiheuttama ylipaine. Lisäksi liuottimelta menee erillinen kanava ulos kattilarakennuksesta, joka aukeaa liuottimen ylipaineesta.

6.14.1 Räjähdyslevy

Liuottimen hönkien kanavissa ei tarvitse käyttää räjähdyslevyä.

6.15 Pitoisuusmittaus

Liuottimen höngille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta.

7 VÄKEVIEN HAJUKAASUJEN JÄRJESTELMÄT

Väkevät hajukaasut ovat luonteeltaan matalalämpöarvoinen polttoaine ja niiden polttojärjestelmän tulee noudattaa turvallisuusmääräyksiltään ja logiikaltaan räjähtävien kaasujen poltosta annettuja suosituksia ja määräyksiä.

Väkevien hajukaasujen keräilyyn tuodaan mm. haihduttamon lauhtumattomat kaasut, stripperin ja metanolitislauksen kaasut, likaislahdesäiliön hönkä, keittimen lauhduttimien kaasut, tärpättisysteemin kaasut sekä paineellisten lipeäsäiliöiden kaasut.

Väkevien hajukaasujen siirtoon käytetään ejektoria tai nesterengaskompressorina. Näiden laitteiden jälkeen hajukaasujärjestelmässä on pisaranerotin, liekinestin ja räjähdyslevy ennen polttoa. Väkeviä hajukaasuja ei yleensä lämmitetä ennen polttoa kuten laimeita hajukaasuja. Tarvittavia ohituksia ja kääntöjä sekä niiden liittyviä laitteita käsitellään luvussa 11.

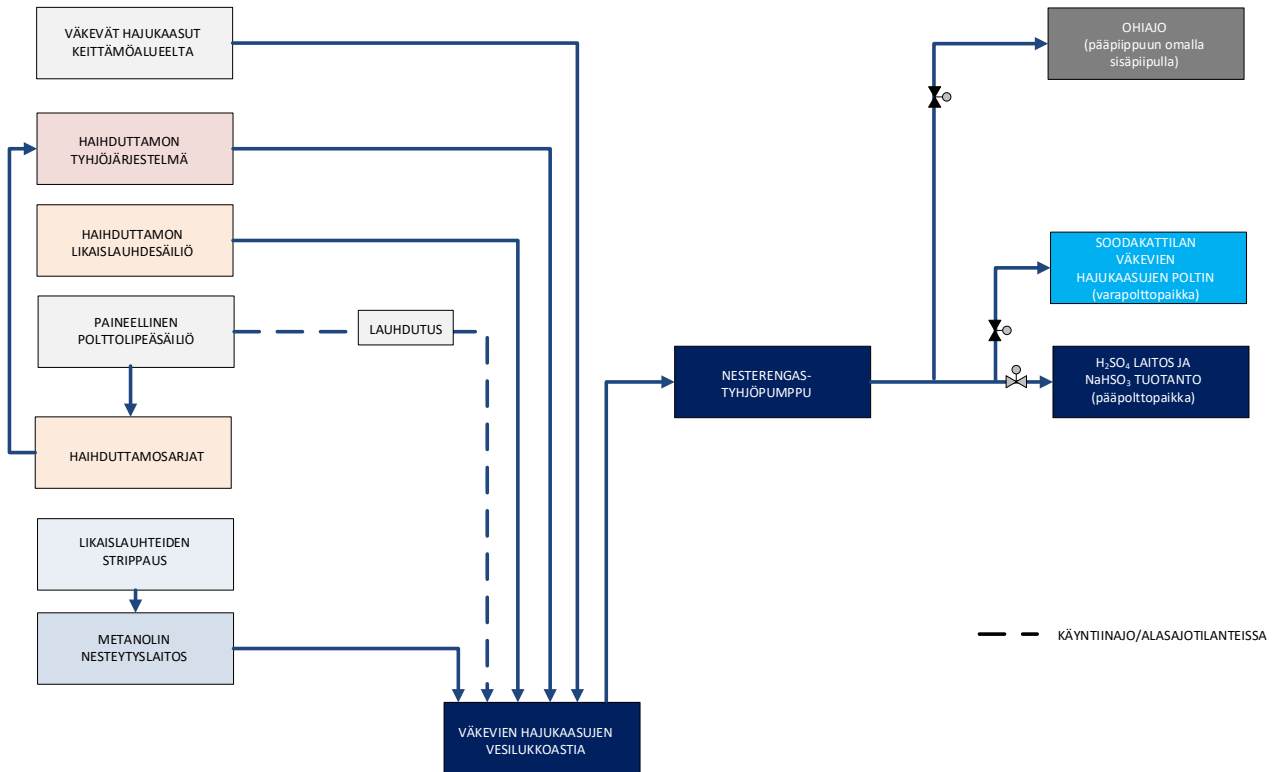
Väkevien hajukaasujenjärjestelmien suunnittelussa on huomioitava ATEX-säädökset.



Kuva 7-1. Soodakattilan tulipesän alaosa, jossa keskellä erillispoltin väkeville hajukaasuille.

7.1 Tyypilliset keräilykohteet sellutehtaalla

Hajukaasujen keräilykohteissa on eroja tehtaiden välillä prosessiratkaisuista johtuen. Näin ollen kaikkia tässä luvussa esitettyjä keräilykohteita ei kaikilla tehtailla ole. Esimerkki keräilykohteista on esitetty kuvassa Kuva 7-2-2



Kuva 7-2. Esimerkki väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmästä (PSAVI/7988/2019).

7.1.1 Kuitulinja

Tavanomaisia väkevien hajukaasujen keräilykohteita kuitulinjalla ovat alla esitetyt

Säiliöt: tärpätin varastosäiliö, likaislauhdesäiliöt, paineelliset lipeäsäiliöt

Prosessilaitteet: keittimen kaasaus, kiehutin (reboiler), lipeän paisunnan hönkä-lauhdutin, tärpätinerotuslaitteisto

Huomioita kuitulinjan keräilykohteista:

- Prosessiratkaisusta riippumatta hakesiilossa on mahdollista muodostua hajukaasuja, jotka väkevöityvät ylittäen laimeiden



hajukaasujen alemman räjähdysrajan. Tästä huolimatta hakesiilon hönkiä ei saa kytkeä väkevien hajukaasujen järjestelmään.

- Tärpättiä siirrettäessä säiliöautoon on pyrittävä estämään ilman pääseminen hajukaasujärjestelmään sekä hajukaasujen vapautuminen ympäristöön.

7.1.2 Haihduttamo

Säiliöt: paineelliset lipeäsäiliöt, likaislahdesäiliöt, tärpättsäiliöt, metanolisäiliö

Prosessilaitteet: haihduttamon tyhjökaivo, tärpätinerotuslaitteisto, metanolilaitos

Muuta huomioitavaa haihduttamon keräilykohteista:

- Paineellisten lipeäsäiliöiden ja lipeän lämpökäsittelyn hönkiä ei saa johtaa laimeiden hajukaasujen järjestelmään.
- Ilman pääsy likaislahdesäiliön kautta väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään tulee estää.
- Likaislauhteen höyrystripperissä muodostuvat kaasut ohjataan tyypillisesti metanolilaitokseen.

7.2 Koostumus ja määrä

Väkevien hajukaasujen kokonaismäärä modernissa sellutehtaassa on 2–4 kg S/ADt. Määrä lisääntyy merkittävästi jos mustalipeää haihdutetaan korkeaan kuiva-aineseen (yli 80 %). Väkevien hajukaasujen rikkimäärä ja lämpöteho riippuvat muun muassa kemikaalikierron sulfiditeetista, joten prosessista johtuen väkevien hajukaasujen määrä voi vaihdella suuresti eri ajankohtina. Sellutehtaan väkevien hajukaasujen keräilykohteiden tyypillisiä määriä on esitetty taulukossa 7-1.

**TAULUKKO 7-1. Väkevien hajukaasujen tyypillisiä määriä eri osastoilta**

Osasto	kg S / ADt	m ³ n / ADt
Eräkeiton pusku	0,4 – 0,8	5 – 15
Eräkeiton kaasaus	0,1 – 0,2	1,0 – 3,0
Jatkuva keitto	0,1 – 0,4	1,0 – 4,5
Stripperi	0,5 – 1,0	15 – 25
Haihduuttamo	0,4 – 0,8	1 – 10
Metanolin käsittely	0,5 – 1,0	1,0 – 2,0
Mustalipeän lämpökäsittely	2 – 3	1,5 – 3,0
Konsentraattori	2 – 5	1,5 – 6,0

Väkevät hajukaasut sisältävät merkittäviä määriä rikkiyhdisteitä sekä ammoniakkia. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen analyyseista on esitetty taulukoissa 7-2. Väkevät hajukaasut luokitellaan sisältönsä mukaan joko erittäin myrkyllisiksi, myrkyllisiksi tai palaviksi. Hajukaasu komponenttien lämpöarvoja on esitetty taulukossa 7-3.

TAULUKKO 7-2. Esimerkkejä väkevien hajukaasujen analyyseista.

Komponentti	Tehdas A ppm	Tehdas B ppm	Tehdas C ppm	Tehdas D til-%
H ₂ S	*	50 000	81 300	1.5
CH ₃ SH	80 900	110 000	188 300	2.0
(CH ₃) ₂ S	22 000	50 000	116 000	2.0
(CH ₃) ₂ S ₂	800	30 000	3 000	1.5
C ₁₀ H ₁₆ (tärpätti)	1 900	*	*	0.1
CH ₃ OH	*	*	*	0.2
O ₂	*	*	*	9.0
NH ₃	*	*	*	*
H ₂ O	20 000	330 000	*	6.0
CO ₂	*	*	*	*

*) ei analysoitu tai havainnointirajan alapuolella

TAULUKKO 7-3. Väkevien hajukaasujen komponenttien lämpöarvoja, BLRBAC.

Komponentti	kJ/kg(kuiva)
H ₂ S	15 280
CH ₃ SH	26 100
(CH ₃) ₂ S	30 890
(CH ₃) ₂ S ₂	23 630
Tärpätti	41 560
Metanoli (kaasu)	22 720

Väkevien hajukaasujen poltto- ja keräilyjärjestelmältä vaaditaan, että vuodot linjoista työskentelytiloihin on estetty, vettä ei pääse kaasujen mukana tulipesään ja



tulipalon ja räjähdysriskin on minimoitu. Ilmavuodot väkevien hajukaasujen järjestelmään on estettävä, jotta ei synny räjähtävää kaasuseosta.

7.3 Väkevien kaasujen polton logiikka

Väkevien hajukaasujen poltto soodakattilassa tulee voida valvoa ja sen aloittaminen ja lopettaminen tulee voida tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan väkevien kaasujen polttimen polttologiikalta. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Tämä suositus ei koske väkevien hajukaasujen keräilykohteiden lukituksia, vaikka ne usein on osittain toteutettu samassa järjestelmässä kuin polton lukitukset.

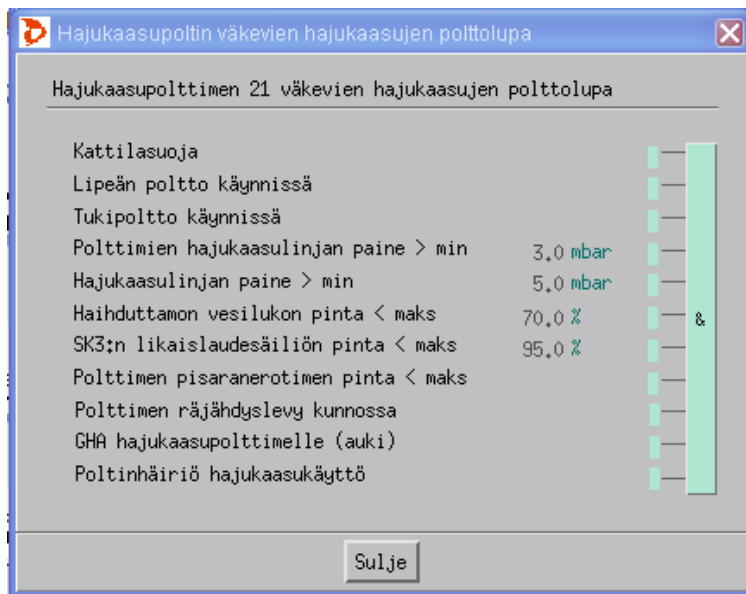
7.3.1 Väkevien kaasujen polttimen käynnistyksen edellytykset

Väkevien kaasujen poltto voidaan aloittaa kun mm. seuraavat ehdot ovat voimassa.

HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.

Taulukko 7-4. Väkevien hajukaasujen polton käynnistyksen edellytykset

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Kattilan tuliteho on suurempi kuin 0,7 MW/m ² , mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 30 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet hajukaasujen hapettumiseksi (lämpötila, viive-aika).
2. Polttimeen tukiliekki on päällä.	Varmistaa riittävät palamisolosuhteet polttimella.
3. Polttimeen polttoilman tulopaine tai virtaus on yli minimiarvon.	Varmistaa riittävä ilmavirtaus polttimelle.
4. Väkevien hajukaasujen linjat ennen pikasulkuventtiileitä ovat auki.	Varmistaa hajukaasujen virtaus tulipesään.
5. Pikasulkuventtiileissä ja tuuletusventtiileissä ei ole häiriöitä.	Varmistaa venttiileiden turvallinen toiminta.
6. Soodakattilan polttimeen likaislauhteen keräilysäiliön ja pisaranerotimen pinta ei ole korkea.	Estää lauhteen pääsemisen tulipesään.
7. Räjähdyksilevy tai murtotappiventtiili on ehjä.	Estää hajukaasujen pääsemisen ympäristöön.
8. Väkevien hajukaasujen linjassa ennen pikasulkuventtiileitä on oltava riittävä paine.	Varmistaa hajukaasujen virtaus tulipesään.
9. Väkevien hajukaasujen lanssi on polttoasennossa.	Varmistaa polttimeen turvallinen toiminta ja ohjata hajukaasut tulipesään.



Kuva 7-3. Esimerkki erään tehtaan väkevien hajukaasujen polttolupanäkymästä. Kuvassa on esitetty myös ylimääräisiä lupaehtoja.

7.3.2 Väkevien kaasujen polton keskeyttäminen

Väkevien kaasujen poltto keskeytyy, kun esimerkiksi jokin seuraavista ehdoista on voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden,**



varustelun, prosessikyt kentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.

Taulukko 7-5. Väkevien hajukaasujen polton keskeyttäminen

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Kattilan tuliteho on pienempi kuin $0,7 \text{ MW/m}^2$, mikä todennetaan esimerkiksi höyrykuorman tai syöttövesivirtauksen kautta. Tämä vastaa noin 30 % kattilan nimellishöyrykuormasta, mutta tämä raja tulee määrittää tapauskohtaisesti.	Varmistaa tulipesässä riittävän vakaat olosuhteet hajukaasujen hapettumiseksi (lämpötila, viive-aika).
2. Polttimen tukiliekki ei ole päällä kattilan tulitehon ollessa alle $1,5 \text{ MW/m}^2$	Varmistaa riittävät palamisolosuhteet polttimella.
3. Polttoilman virtaus on yli alarajan tai paine on yli alarajan sekä palamisilmapelti on polttoasennossa.	Varmistaa riittävä ilmavirtaus polttimelle.
4. Pikapysäytys aloitetaan.	Estää hajukaasujen ja paineenpitohöyryn syöttö, kun kattila ei ole käytössä.
5. Väkevien hajukaasujen linjat ennen pikasulkuventtiileitä eivät ole auki.	Varmistaa hajukaasujen virtaus tulipesään.
6. Pikasulkuventtiileissä tai tuuletusventtiilissä on häiriö.	Varmistaa venttiileiden turvallinen toiminta.
7. Soodakattilan polttimen likaislauhteen keräilysäiliön tai pisaranerotin pinta on korkea.	Estää lauhteen pääsemisen tulipesään.
8. Räjähdyksilevy tai murtotappiventtiili ei ole ehjä.	Estää hajukaasujen pääsemisen ympäristöön.
9. Väkevien hajukaasujen syöttöpaine polttimelle on alle minimin tai yli maksimin.	Varmistaa hajukaasujen virtaus tulipesään ja polttimen tehokas toiminta.
10. Väkevien hajukaasujen lanssi ei ole polttoasennossa.	Varmistaa polttimen turvallinen toiminta ja ohjata hajukaasut tulipesään.

7.3.3 Kapasiteettirajoitus

Väkevien hajukaasujen poltto vaatii, että tulipesässä on riittävä lämpötila ja viiveaika, jotta hajukaasut palaisivat hiilidioksidiksi, vesihöyryksi ja rikkidioksidiksi. Riittävä lämpötila saavutetaan, kun kattilan kuormaa nostetaan tarpeeksi. Minimikapasiteetin höyryvirtana määrittää laitetoimittaja. Koska nimelliskuorma on usein jonkin verran epämääräinen käsite, suositellaan, että tämä kapasiteetti vastaisi vähintään tulitehoa $0,7 \text{ MW/m}^2$ pohjaa. Esimerkki tulitehon laskemiseksi on esitetty Liite 1.

Väkevien kaasujen poltto **suositellaan keskeytettävän**, jos esimerkiksi jokin seuraavista hälytyksistä aktivoituu.



Taulukko 7-6. Väkevien hajukaasujen polton hälytyksiä

Hälytys	Hälytyksen tarkoitus
1. Kattilahuoneen rikkipitoisuushälytys (H ₂ S) aktivoituu.	Estää rikkivetymyrkytys.
2. Liekinestimen paine-ero on yli ylärajan.	Liekinestin tukossa tai tukkeutumassa.

7.3.4 Poltin ja tukiliekkin käyttö

Väkevät hajukaasut voidaan polttaa ainoastaan asianmukaisella ja tarkoitukseen soveltuvalla erillispolttimella. Poltin tulee varustaa erillisellä ilmarekisterillä ja erillisellä lanssilla tuki/pilottipolttoaineelle, joka voi olla esimerkiksi öljy, kaasu, metanoli, tärpätti, pikiöljy. Väkevien hajukaasujen polttimen ilmaksi ei suositella laimeita hajukaasuja (ml. liuotinhölkien) niiden kosteuden ja epäpuhtauksien takia.

Pienillä kuormilla tukiliekkin tarkoitus on varmistaa hajukaasujen syttyminen ja palaminen. Tukiliekkin polttoainetehto tulee olla vähintään 10 % polttimen hajukaasujen polttoainetehosta. Tukiliekkiä on valvottava liekinvalvoajalla.

Väkevien hajukaasujen polton käynnistyksessä tarvitaan aina tukiliekki. Ensimmäinen tukiliekkin sytytys tulee tehdä paikallisojauksena. Hajukaasujen poltto voidaan tämän jälkeen käynnistää valvomosta. Tukiliekki tarvitaan jatkuvasti väkevien hajukaasujen poltossa, kun kattilan tuliteho on välillä 0,7–1,5 MW/m². Kattilan toimiessa tulitehoalueella >1,5 MW/m² tukiliekkiä ei tarvita. Tällöin tukiliekki voidaan sammuttaa kolmen minuutin kuluttua väkevien hajukaasujen polton käynnistyksestä.

Kattilan toimiessa tulitehoalueella 0,7–1,5 MW/m² ja tukiliekki menetetään, tukiliekkin voi yrittää sytyttää valvomosta enintään kaksi kertaa kolmen minuutin aikana, jolloin väkevien hajukaasujen polttoa voidaan jatkaa ilman tukiliekkiä.

Sekä tukiliekki että väkevien hajukaasujen poltto voidaan pysäyttää valvomosta tai paikallisojauksena.

Väkevien hajukaasujen palaminen vaatii riittävää polttovyöhykkeen lämpötilaa, yleisesti lämpötilana pidetään 900 °C. Lämpötilavaatimus täyttyy, jos hajukaasu johdetaan, kattilan toimiessa stabiilisti ja riittävällä kuormalla, lipeäruiskujen alapuolelle. Jos väkeviä hajukaasuja johdetaan lipeäruiskujen yläpuolelle, pitää varmistaa, että ne johdetaan kattilan sellaiseen osaan, jossa tämä lämpötila ylitetään.

Kuvassa 7-3 on esimerkki väkevien hajukaasujen polttimesta kuvattuna sekä ulkoa että sisältä. Kuvassa näkyy mm. hajukaasujen poltin, metanolilanssi, liekinvalvojat, liekinestin ja tukipoltin.



Kuva -7-4. Eräs väkevien hajukaasupoltin kuvattuna kattilan sisältä ja ulkoa.

Väkevien hajukaasujen polttimen sähköistyksen ja automatiikan täytyy täyttää öljy- tai kaasupolton sähköistyksen ja automatiikan vaatimukset.

7.4 Putkisto

Väkevien hajukaasujen linjojen pituus soodakattilahuoneessa on pyrittävä pitämään mahdollisimman lyhyenä. Putkisto on sijoitettava välttämällä mahdollisia ongelmapaikkoja kuten liuotussäiliö ja sen ympäristö, heikko nurkka ja kulkuväylät. Putkiston rakentamisessa on noudatettava paineastia- ja kemikaalilakia. Sijoitussuunnitelmaa laadittaessa tulee ottaa huomioon putkiston turvallinen reititys.

Putkiston rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaavaa. Hajukaasun eräät yhdisteet, kuten tärpätti ja metanoli, ovat voimakkaita liuottimia, minkä johdosta lasikuitu- ja muoviosien käyttöä ei sallita.



7.4.1 Putkiston höyrytys

Polton pysähdyttyä voidaan väkevien kaasujen linjoja puhaltaa puhtaaksi inertillä väliaineella. Käytännössä linjat aina höyrytetään matalapainehöyryllä. Linjojen puhallusta ilmalla ei suositella, koska puhallusilman ja puhallettavan väkevän hajukaasun rajavyöhykkeelle muodostuu räjähtävä seos.

Höyrytettäessä on olemassa riski, että linjaan lauhtunut vesi pääsee tulipesään ja aiheuttaa vaaratilanteen.

7.4.2 Putkiston painemittaukset

Väkevien hajukaasujen putkisto pitää varustaa painemittauksin ejektorin tai nesterengaskompressorin jälkeen ja välittömästi ennen väkevien hajukaasujen poltinta. Putkiston paineesta on ylipaine- sekä minimipainehälytys.

Putkiston tukkeentumista voidaan valvoa sekä virtausmäärän että painemittausten perusteella.

7.4.3 Potentiaalitasaus

Väkevien hajukaasujen linjoille tehdään potentiaalintasaus. Esimerkiksi laipoissa, luukuissa ja yhteissä, joissa esim. tiivistemateriaalin takia voi muodostua galvaaninen erotus, on suoritettava potentiaalintasaus. Potentiaalintasaus tehdään määräysten mukaan ja varmistetaan mittauspöytäkirjalla.

7.5 Väkevien kaasujen siirto

Väkevien kaasujen siirtoon ei saa käyttää puhallinta. Väkevien kaasujen siirtoon suositellaan ejektoria tai nesterengaskompressoria. Höyryejektorissa suositellaan käytettäväksi matalapainehöyryä. Höyryn lämpötila saa olla maksimissaan 200 °C, (vastaa kylläisen höyryn painetta noin 12 bar(yp)) kaasukomponenttien itsesyttymislämpötilan takia.

Väkevien kaasujen ejektori/nesterengaskompressorin voidaan tarvittaessa sijoittaa soodakattilalaitokseen.



7.5.1 Paineenpitohöyry

Paineenpitohöyrynä käytetään matalapainehöyryä. On varmistettava että höyrylinjojen vesitykset toimivat kaikissa tilanteissa, tällä estetään veden pääsy kattilaan.

7.5.2 Venttiilit

Väkevien hajukaasujen polton venttiilit on valittava huolellisesti. Erityistä huomiota on kiinnitettävä venttiilien tiiviyyteen.

Väkevien hajukaasujen tulolinjassa polttimelle pitää olla kaksi pikasulkuventtiiliä ja välissä tuuletusputkilinja venttiileineen. Sulkuventtiilit on varustettava rajatiedolla. Sulkuventtiilien on sulkeuduttava ilman ulkopuolista käyttöenergiaa. Samalla on sulkuventtiilien välissä olevan tuuletuslinjan venttiilin avauduttava.

Kattilahuoneeseen menevät väkevien hajukaasujen linjat suositellaan varustettavan ns. palosulkuventtiileillä, joka on mahdollista sulkea kattilahuoneen ulkopuolelta. Suositus ulkopuolelta sulkemisesta aiheutuu siitä, että vaaratilanteessa ei voida edellyttää hajukaasulinjojen sulkemista kattilahuoneesta. Lisäksi halutaan estää hajukaasujen virtaus kattilahuoneeseen tilanteessa jossa esim. kattilahuoneessa oleva venttiili vuotaa.

Venttiilivalinnassa on huomioitava palavalle kaasulle esitetyt vaatimukset mm. palonkesto. Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaava materiaalia.

7.5.3 Jäähdytys ja lämmitys

Väkevien hajukaasuja ei yleensä polton yhteydessä lämmitetä eikä jäähdytetä.

7.5.4 Alkalipesuri

Polttoon päätyvän rikin määrää on mahdollista vähentää väkevien hajukaasujen alkalipesurilla. Alkalipesurin tyypillinen rikin talteenottoaste on 50–60 %. Alkalina käytetään tyypillisesti natriumhydroksidia (NaOH) tai valkolipeää.



7.5.5 Pisaranerotin

Höyryejektorin tai nesterengaskompressorin jälkeen polttoon menevässä hajukaasulinjassa tulee olla pisaranerotin ja lauhteenpoisto. Pisaranerottimessa poistetaan mahdolliset lauhteet kaasusta.

7.5.6 Liekinestin

Väkeville hajukaasuille on käytettävä liekinestintä. Liekinestimen tarkoitus on sammuttaa putkistoa pitkin pesästä kohti hajukaasujen tuloa etenevä palorintama. Liekinestimen sijoituspaikan on oltava mahdollisimman lähellä väkevien hajukaasujen poltinta.

Liekinestintä valitessa tulee huomioida, että hajukaasut ovat usean kaasun seos ja näin ollen sille ei ole annettu tarkkaa määritelmää esimerkiksi IEC-standardissa. Hajukaasulinjaan suositellaan asennettavaksi vähintään räjähdysryhmän IIA mukaista liekinestintä.

Jos liekinestimelle on järjestetty pesumahdollisuus, ei pesulinjoja saa kytkeä pysyvästi. Liekinestimen paine-ero on mitattava ja korkeasta paine-erosta on oltava hälytys.

7.5.7 Alipainesuoja

Väkeville hajukaasuille ei saa käyttää ilmaa korvauskaasuna ottavaa alipainesuojaa. Suositellaan että putkisto ja laitteet mitoitetaan kestäämään niin että alipainesuojia ei tarvita.

7.5.8 Ylipainesuojat

Väkeville hajukaasuille ei kattilarakennuksessa saa käyttää suoraan kattilahuoneeseen aukeavaa ylipainesuojaa (esim. varoventtiili). Ylipainesuojan laukeamisen aiheuttama väkevien hajukaasujen virtaus on johdettava paikkaan, josta siitä ei aiheudu vaaraa ja joka on mahdollisimman haitaton. Ulkoilmaan menevissä ylipainesuojien putkissa on huomioitava vesitys jäätyamisen estämiseksi. Ylipainesuojan laukeamisesta on tultava hälytys.



Tyypillisin ylipainesuoja on räjähdyslevy. Räjähdyslevyt on varustettava indikaattorilla, josta seuraa hälytys räjähdyslevyn toimiessa. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää lämpötilamittausta toimintaindikaattorina.

Suosittelava räjähdyslevyn materiaali on haponkestävä teräs tai grafiitti.

Räjähdyslevyt on sijoitettava siten, että niiden toimiessa ei normaaleilla työskentelytasoilla oleskeleville henkilöille aiheudu vaaraa.

7.6 Lauhteenpoisto

Väkevien hajukaasujen linjat on varustettava lauhteenpoistoyhteillä. Lauhteet sisältävät runsaasti hajuyhdisteitä. Lauhteet tulee kerätä pumppaussäiliöön ja pumpata säiliön kautta haihduttamolle likaislahdesäiliöön.

Eri prosessipaineissa olevia väkevien hajukaasujen linjoja, kuten jatkuvatoimisen keiton väkevien hajukaasujen linjaa, eräkeiton väkevien hajukaasujen linjaa tai stripperikaasun linjaa, ei tulisi vesittää samoihin lauhteenkeräilyputkiin.

7.6.1 Lauhteenpoistolinjojen koko

Lauhteenpoistoyhteiden ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään DN50 syntyvän lauhde- sekä tukkeutumisvaaran vuoksi. Ulkona olevat yhteydet ja lauhdeputket varustetaan sähkösaatolla jäätymisvaaran takia. Sähkösaattokaapelissa on huomioitava ATEX-vaatimukset.

7.6.2 Putkien kallistukset ja lauhteenpoistoyhteiden sijoitus

Putkien on kallistuttava lauhteenpoistoihin päin. Suositeltava putkien kallistus, muualla kuin soodakattilalaitoksella, lauhteen kulkiessa kaasun virtaussuunnassa on 1:100 ja lauhteen kulkiessa kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:25. Putket tulee mitoittaa niin suureksi, ettei lauhde ala tulvia putkistossa.

Veden tulipesään joutumisvaaran vuoksi soodakattilalaitoksessa on pyrittävä putkiston kallistukseen kaasun virtaussuunnassa 1:100 ja kaasun virtaussuuntaa vastaan 1:1 tai jyrkempi. Jollei suositeltuihin kallistuksiin päästä jollain osalla putkistoa, on lauhteen poisto tällaisesta putkiston osasta suunniteltava erityisen huolellisesti.



Lauhteidenpoistoa suunniteltaessa tulisi kiinnittää huomiota mm. yhteiden kokoon, määrään ja sijaintiin. Viimeinen poisto tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle soodakattilaa niin, että putkiston pituus tästä poistosta pesään on mahdollisimman lyhyt. Erityistä huomiota tulee kiinnittää väkevien hajukaasujen polton höyrylinjojen lauhteenpoistoon.

Käytettäessä suuria putkikokoja (yli DN200) suositellaan lauhdetaskua, josta lauhteenpoisto.

7.6.3 Vesilukot

Jotta lauhteenpoistoyhteiden kautta estettäisiin hajukaasujen vuoto, on lauhteenpoistolinjat varustettava vesilukoilla ja pumppaussäiliöllä tai yhteisellä vesilukkosäiliöllä.

Jotta väkevien hajukaasujen putkistossa ejektorin kehittämä paine ei riittäisi tyhjentämään vesilukkoa, on vesilukon mitoituksessa otettava huomioon ejektorin mitoitussarvot (yli- ja alipaine) sekä prosessin tuomat vaateet (esimerkiksi systeemin pulutus).

Vesilukkosäiliö on mitoitettava riittävän suureksi jotta ejektorin imu ei ota pisaroita mukaansa.

Jotta vesilukkojen kuivuminen voidaan estää, on vesilukot varustettava pinnankorkeuden mittauksin tai virtausmittauksin varmistetulla jatkuvalla tai ajoitetusti toimivalla, virtausmittauksin varmistetulla vesivirralla.

7.7 Vaihtoehtoinen paikka

Väkevien hajukaasujen polton edellytys soodakattilassa on, että järjestelmässä on olemassa vaihtoehtoinen paikka, minne kaasut voidaan automaattisesti ohjata tilanteessa jossa hajukaasujen poltto soodakattilassa keskeytyy. Vaihtoehtoisia paikkoja voi olla useita, esimerkiksi voimakattila, varakattila, soihtu, meesauuni ja piippu. Vaihtoehtoisia polttopaikkoja ja ohjauksen logiikkaa käsitellään tarkemmin luvussa 11.



7.8 Pitoisuusmittaus

Väkeville hajukaasuille ei tarvitse käyttää jatkuvatoimista pitoisuusmittausta.

Soodakattilayhdistys suosittelee, että väkevien hajukaasujen pitoisuudet lähtöpis-
teessä mitataan, jos tässä syntykohteessa tehdään laitemuutoksia.

Lisäksi Soodakattilayhdistys suosittelee, että väkevien hajukaasujen rikki- sekä mah-
dollisesti happipitoisuus polttoon mitataan ainakin kerran vuodessa.



8 METANOLIN JA TÄRPÄTIN POLTTO SOODAKATTILALLA

Nestemäistä metanolia ja tärpättiä poltetaan sellutehtailla soodakattilan lisäksi meesauunissa, erillisessä hajukaasukattilassa, voimakattilassa ja soihdussa.

Metanoli- ja tärpättiseoksen yhteispoltossa tärpätti johdetaan metanolipumpun imupuolelle halutussa suhteessa polttoon menevän metanolin määrään. Yhteispoltossa on muun muassa huomioitava tärpätin suurempi lämpöarvo sekä ominaisuus nousta säiliöiden pinnalle (huono liukoisuus). Tärpätin lämpöarvo ~ 40 MJ/kg ja metanolin ~ 20 MJ/kg.

Metanolin poltossa tulee huomioida metanolin vesipitoisuuden aiheuttamat ongelmat, esimerkiksi pitkissä siirtolinjoissa saattaa vesi erkaantua ns. helmiksi.

Jollei varapolttopaikka ole käytettävissä, on metanolia/tärpättiä kyettävä varastomaan esimerkiksi 24 h tuotantoa vastaava määrä. Metanoli sekä tärpättisäiliön sijoituksessa on huomioitava kemikaalilainsäädännön ja palavien nesteiden varastoinnin määräykset. Niitä ei saa sijoittaa kattilahuoneeseen.

8.1 Metanolin ja tärpätin polton logiikka

Tämä teksti pyrkii esittämään ne prosessivaateet, joita vaaditaan metanolin ja tärpätin polttimen polttologiikalta normaalin kaasu- ja öljypolttimen lisäksi. On pyritty esittämään joukko välttämättömiä ehtoja, joita turvallisen automaation pitää täyttää. Jokaisessa soodakattilassa on varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä suureita mukana logiikassa.

Sekä metanolia että tärpättiä voidaan käyttää soodakattilan väkevien hajukaasujen polttimessa tukipolttoaineena sekä käynnistyspolttimen polttoaineena. Metanolia tai tärpättiä käytettäessä käynnistyspolttimen polttoaineena tulee huomioida tulipesän riittävä lämpötila. Poltto voidaan aloittaa aikaisemmin kuin hajukaasujen poltto. Tällöin polton lukitusehdot on määritettävä tapauskohtaisesti.

Liekin irtoamisen tai sammumisen takia polttoon menevän metanolin ja tärpätin laatu (mm. vesipitoisuus) tulee varmistaa esimerkiksi tiheysmittauksella. Tärpätin normaali tiheys on noin $0,85$ kg/dm³ ja metanolin noin $0,80$ kg/dm³.



Metanolin ja tärpätin polttoa soodakattilassa tulee voida valvoa ja sen aloittaminen ja lopettaminen tulee tehdä samasta valvomosta kuin muukin soodakattilan toiminnan valvonta tapahtuu.

8.1.1 Metanoli- ja tärpättipolttimen käynnistyksen edellytykset

Metanolin/tärpätin poltto voidaan aloittaa soodakattilassa kun seuraavat ehdot ovat voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.**

Taulukko 8-1. Metanoli- ja tärpättipolttimen käynnistyksen edellytykset

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Tulitieto kattilassa; esimerkiksi vähintään yksi käynnistyspoltin käynnissä tai lipeän-poltto päällä.	Varmistaa poltto-olosuhteet.
2. Metanoli- tai tärpättilanssi on paikallaan ja kytketty	Varmistaa metanolin tai tärpätin lanssin oikea sijoitus
3. Metanolin tai tärpätin paine on yli minimipaineen ja alle maksipaineen (viive)	Varmistaa stabiili metanolin tai tärpätin palaminen
4. Polttoilman virtaus on yli alarajan tai paine on yli alarajan sekä palamisilmapelti on polttoasennossa.	Varmistaa riittävä polttoilman saanti polttimelle
5. Hajotusaineen paine on yli minimipaineen	Varmistaa metanolin ja tärpätin tasainen palaminen
6. Liekinvalvoja näyttää liekkiä (syttymisviive)	Varmistaa liekkitiedon
7. Metanolin/tärpätin tiheys on alle ylärajan	Varmistetaan ettei polttoaineen lämpöarvo laske liian alas (liikaa vettä)
8. Pikasulkuventtiileissä ei ole häiriötä	Varmistaa venttiileiden turvallinen toiminta.

8.1.2 Metanolin ja tärpätin polton keskeyttävät tapahtumat

Metanolin ja tärpätin poltto keskeytyy, kun jokin seuraavista ehdoista on voimassa. **HUOM. Jokaisessa soodakattilassa saattaa olla käyttöönottovuoden, varustelun, prosessikytkentöjen ja toteutuksen takia myös muita kuin tässä esitettyjä ehtoja mukana logiikassa.**



Taulukko 8-2. Metanolin ja tärpätin polton keskeyttävät tapahtumat

Ehto	Ehdon tarkoitus
1. Tulitieto kattilassa menetetään: yhtään käynnistys- tai tukipoltinta ei ole käynnissä eikä lipeänpoltto ole päällä	Varmistaa poltto-olosuhteet
2. Metanoli- tai tärpättilanssi ei ole paikallaan ja kytkettynä	Varmistaa metanolin tai tärpätin lauseen oikea sijoitus
3. Metanolin tai tärpätin paine on alle minimipaineen tai yli maksipaineen (viive)	Varmistaa stabiili metanolin tai tärpätin palaminen
4. Polttoilman virtaus on alle alarajan tai paine on alle alarajan tai palamisilmapelti ei ole polttoasennossa.	Varmistaa riittävä polttoilman saanti polttimelle
5. Hajotusaineen paine on alle minimipaineen	Varmistaa metanolin ja tärpätin tasainen palaminen
6. Liekinvartija ei näyttä liekkiä	Varmistaa liekkitiedon
7. Metanolin tai tärpätin tiheys yli ylärajan	Varmistetaan ettei polttoaineen lämpöarvo laske liian alas (liikaa vettä)
8. Pikasulkuventtiileissä on häiriö	Varmistaa venttiileiden turvallinen toiminta

8.2 Polttimeen sähköistys ja automatiikka

Metanolin ja tärpätin polttimeen sähköistuksen ja automatiikan täytyy täyttää öljy- tai kaasupolton sähköistuksen ja automatiikan vaatimukset.

Metanoli- ja tärpättilanssit puhalletaan höyryllä tai ilmalla. Tällöin pitää olla kattilan tulitieto voimassa (käynnistyspolttimia päällä).

8.3 Venttiilit

Metanolin ja tärpätin polton venttiilit on valittava huolellisesti. Metanolin ja tärpätin polton automaattisten pikasulkuventtiilien on sulkeuduttava ilman ulkopuolista käyttöenergiaa. Sulkuventtiilin kiinnimenemisestä on tultava rajatieto automaatiojärjestelmään.

Venttiilivalinnassa on huomioitava palavalle nesteelle esitetyt vaatimukset mm. palonkesto. Venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaava. Venttiilien tiivistemateriaalin on oltava sellaista, että se ei liukenisi (metanoli ja tärpähti ovat liuottimia). Tiivistemateriaalivalintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Katso lisätietoa esimerkiksi PSK-standardeista.



9 TOIMINTA ERIKOISTILANTEISSA

Tämä luku käsittelee niitä toimenpiteitä, joita on tarkoitus suorittaa niissä tilanteissa kun soodakattilaa ei ajeta vakiokuormalla.

9.1 Toiminta häiriön yhteydessä

Soodakattilayhdistys suosittelee, että kaikkien soodakattilan häiriötilanteiden yhteydessä väkevien hajukaasujen, laimeiden hajukaasujen, liuotinsäiliön hönkien, metanoli sekä tärpätin poltto soodakattilassa keskeytetään ja kaasut ohjataan varapolttopaikkaan.

Jos kattilasuoja laukeaa, on metanolin, tärpätin, liuottimen ja sekoitussäiliön hönkien sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa lopetettava.

Jos hätäpysäytys on käynnistetty, metanolin, tärpätin, liuottimen ja sekoitussäiliön hönkien sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen poltto soodakattilassa ja tuonti soodakattilarakennukseen on mahdollisuuksien mukaan lopetettava.

9.2 Toiminta pysäytyksen yhteydessä

Pysäytyksen yhteydessä hajukaasujen poltto soodakattilassa suositellaan lopetettavaksi lähestyttäessä lukitusrajoja, katso Taulukko 5-5, Taulukko 6-3 ja Taulukko 7-5, ja kaasut ohjataan varapolttopaikkaan tai ohitukseen. Jos mahdollista, laimeiden hajukaasujen keräily tulisi olla päällä seisokin aikana, koska kaasut konsentroituvat helposti säiliöihin ja putkistoihin.

Hajukaasulinjoja huollettaessa, sisäpuolelta tarkastettaessa tai pitkään seisokkiin valmistauduttaessa tulee linjat huuhdella höyryllä pysäytyksen yhteydessä.

9.3 Toiminta käyntiinajon yhteydessä

Jos hajukaasujen poltto soodakattilalla on ollut keskeytyksissä, on ennen hajukaasujärjestelmän käyttöönottoa soodakattilalla varmistettava että:



- seisokin aikaiset kunnossapito- ja korjaustyöt ovat loppuun suoritettut eikä hajukaasulaitteilla ole enää menossa seisokkitöitä
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleet laitteet ja putkistot on asianmukaisesti asennettu, tarkastettu ja puhdistettu asennusjätteistä
- potentiaalintasaukset on palautettu asianmukaiseen kuntoon huoltotöiden päätyttyä
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleisiin laitteisiin liittyvät venttiilit ovat käynnistyksen edellyttämässä kunnossa ja asennossa
- kunnossapito- ja korjaustoimenpiteiden kohteena olleet laitteet ja putkistot ovat käyttövalmiita ja tiiviitä. Tiiviys pitää kokeilla koe-
pyöritysten ja kierrätysten avulla.

Ennen käyntiinajoa on kaikki seisokissa paineettomina olleet väkevien hajukaasujen linjat on höyrytettävä sekä tarvittaessa typetettävä. Samoin, käyttämättä olleet laitteiden hajukaasujen linjat on tuuletettava. Lisäksi soodakattilayhdistys suosittelee, että hajukaasujärjestelmä on ollut käytössä riittävän pitkään (esim. yli 1 tunti) ennen polton aloittamista soodakattilassa, jotta seisokin aikana kanaviin ja muihin laitteisiin vuotaneet ja sinne lauhtuneet palavat hajukaasukomponentit eivät aiheuta haittaa tai vaaratilannetta.

Ennen käynnistystä on kaikki lauhdesäiliöt tarkastettava ylivuotojen ja kuivumisten havaitsemiseksi.

Ennen käyntiinajoa on kaikki vesilukkojen lisävedet tarkastettava ja laitettava toimimaan.

9.4 Toiminta seisokin aikana

Seisokin aikana on hajukaasujen vuoto kattilarakennukseen estettävä, esimerkiksi sokeoimalla. Hajukaasulinjojen erottamisen tarkoitus on estää seisokin aikainen hajukaasujen vuoto ja kertyminen kattilarakennuksen sisäisiin kanaviin ja putkiin.



9.4.1 Ohjeita hajukaasujärjestelmän valmistelemiseksi seisokki- tai huoltotöitä varten

Hajukaasulinjat, kuten muutkin lipeäosaston linjat, on saatettava turvalliseen tilaan ennen kuin niiden kanssa voidaan työskennellä. Laimeiden hajukaasujen linjat on huolellisesti tuuletettava. Väkevien hajukaasujen linjat vaativat höyrytyksen sekä tarvittaessa typetyksen. Hajukaasujärjestelmän pysäyttämisen ja tarvittavien laitteiston osien erottamisen jälkeen on tehtävä tehostettua tuuletusta kaikille erotetuille laitteistoille heti seisokin alussa. Tuuletus olisi pyrittävä tekemään virtaussuuntaan ja johdettava ulkoilmaan. Laimeat ja väkevät hajukaasulinjat vaativat myös LEL ja rikkipitoisten kaasujen mittauksen ennen töiden aloittamista.

Väkevien putkiston huuhtelua suositellaan tehtäväksi 24 tuntia ennen pitoisuusmittausta ja huolto- sekä kunnossapitotöiden aloittamista väkevien hajukaasujen putkilla.

Laimeiden hajukaasujen polton loppuessa on kanavisto huuhdeltava ilmalla. Laimeiden kanaviston huuhtelua suositellaan tehtäväksi kahdeksan tuntia ennen pitoisuusmittauksia ja huolto- sekä kunnossapitotöiden aloittamista laimeiden hajukaasujen kanavilla.

Ennen töiden aloittamista on tehtävä riskienarviointi, jossa erityisesti kartoitetaan kaikki työalueelle tulevat putkilinjat. Kirjallinen työlupakäytäntö on suositeltavaa ennen töiden aloittamista, esim. hajukaasujärjestelmän laitteiden sisällä työskenteleyn vaaditaan aina kirjallinen säiliötyölupa.

9.4.2 Ohjeita seisokin aikaisiin kunnossapidon töihin

Hitsaus on hajukaasusysteemiin kipinän tai lämmönlähteen tuottava toimenpide ja synnyttää räjähdysvaaran. Kunnossapitotyöt hajukaasujärjestelmissä ja putkistoissa edellyttävät aina erikoislupaa. Seisokin yhteydessä on seisokkitöihin osallistuville selvitettävä mitkä linjat ovat hajukaasulinjoja ja kuinka niiden korjaus- ja huoltotöissä tulee menetellä.



10 HAJUKAASULINJOJEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAA

Hajukaasulinjoissa on noudatettava suunnittelutavan ja materiaalien valinnassa tavallisten putkien ja kanavien suunnitteluohjeiden lisäksi erityisohjeita, koska hajukaasulinjat sisältävät räjähdysherkkiä, liuottavia ja korrodoivia yhdisteitä.

Hajukaasulinjojen tulee kestää mekaaniset, kemialliset ja termiset vaikutukset, jotka aiheutuvat sisällöstä ja ympäristöstä (lumi, jää, kuumat ja kylmät pinnat, värinä). Putkiston liitostavan on oltava valitulle materiaalille sopivaa.

10.1 Luokittelu

Hajukaasulinjojen luokittelussa tulee noudattaa kemikaalilainsäädäntöä. Lisätietoa luokittelusta löytyy TUKESin julkaisemasta oppaasta: [Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset 2017](#). Sen mukaan ”*hönkä on vaaralliseksi luokiteltujen höyryjen, sumujen ja kaasujen sekä ilman ja mahdollisen inertointikaasun muodostama seos. Hönkäputki on tällaisten vaarallisiksi luokiteltujen aineiden ja/tai seosten siirtoon tarkoitettu putkisto.*” Tämän mukaan väkevät hajukaasulinjat luokitellaan kemikaalilain alaisiin putkistoihin. Laimeissa hajukaasuissa ei tyypillisesti esiinny vaarallista tasolla olevia pitoisuuksia.

Hajukaasujen jako laimeisiin ja väkeviin hajukaasuihin sekä liuottajasäiliön hönkiin ei riitä karakterisoimaan sisällön vaarallisuutta. Kaasuseokset pitää luokitella [Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksen kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä 26.9.2001/807](#) mukaisesti sekä huomioiden [muutokset, jotka on annettu 11.1.2010](#). Täten kukin hajukaasulinjasto pitää luokitella sen nimenomaisen kaasun sisällön mukaan.

Jos ei muuta esitetä, niin väkevien hajukaasujen, metanolin ja tärpätin linjoja voidaan esisuunnitella luokituksen *myrkyllinen* ja *syttyvä* mukaan.

Jos ei muuta esitetä, niin laimeiden hajukaasujen linjaa voidaan esisuunnitella luokituksen *haitallinen* mukaan.

Luokitus pitää kuitenkin tarkistaa ajankohtaisen lainsäädännön ja määräysten mukaan.



10.2 Kytit

Hajukaasujen polttolaitteet, putkistot ja kanavat on varustettava asianmukaisin merkinnöin. Merkinnöissä on luettava ainakin tekstit ”Väkeviä hajukaasuja”, ”Tärpättiä”, ”Metanolia” ja ”Laimeita hajukaasuja” sekä tarvittaessa ”Palavaa”, ”Myrkyllistä” ja ”Ei saa hitsata tai leikata ilman valvontaa” sekä ”Laitteita ei saa avata ilman kirjallista työlupaa”. Lisäksi putket ja kanavat on varustettava virtaussuuntaa kuvaavilla merkeillä.

Hajukaasujen käsittelyalueella on tupakointi ja muu avotulenteko kielletty. Alueelle on asennettava asianmukaiset kyltit.

10.3 Lauhteenpoisto

Lauhteenpoistoa suunniteltaessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota mm. yhteiden koon, määrään ja sijaintiin. Katso kohdat 5.10, 6.11 ja 7.6.

10.4 Kanava- ja putkistomateriaali

Laimeiden hajukaasujen kanaviston rakennemateriaaliksi suositellaan ruostumatonta terästä EN 1.4301 (AISI 304) tai vastaavaa.

Väkevien hajukaasujen osalta suositellaan noudatettavan TUKESin ohjeita (Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset 2017) hönkäputkien suunnitteluun. Putkiston rakennemateriaaliksi suositellaan haponkestävää terästä EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaavaa.

Metanolin ja tärpätin polton putkiston rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaavaa.

Hajukaasun eräät yhdisteet, kuten tärpätti ja metanoli, ovat voimakkaita liuottimia, minkä johdosta lasikuitu- ja muoviosien käyttöä ei sallita.



10.5 Putkien, kanavien ja laitteiden eristykset

Hajukaasut sisältävät runsaasti vettä ja muita lauhtuvia aineita. Hajukaasulinjat on muiden putkistojen tapaan eristettävä henkilövahinkojen välttämiseksi sekä siellä missä lauhteen muodostumista halutaan välttää.

ATEX-määräykset on huomioitava suunniteltaessa väkevien hajukaasujen linjoja, niiden lauhdelinjoja, metanolin ja tärpätin putkistoja; mm. sähkösaattokaapeleiden luokitus. Vesitykset on eristettävä ja ulkona olevat vesitykset on tarvittaessa lämpösaattettava.

10.6 Putkien ja kanavien kallistukset

Hajukaasut sisältävät lähes poikkeuksetta merkittäviä määriä vesihöyryä. Vaikka putkistot ja kanavat ovat huolellisesti eristettyjä ja sähkösaattettuja, on lauhtumiseen aina varauduttava. Putkien ja kanavien kallistusohjeet ja lauhteenpoistoyhteiden sijoituskohdat on selitetty tarkemmin kappaleissa: 5.10 laimeiden hajukaasujen lauhteenpoisto, 6.11 liuottajan höngän lauhteenpoisto ja 7.6 väkevien hajukaasujen lauhteenpoisto.

10.7 Venttiilit ja pellit

Hajukaasujen poltossa on käytettävä käsiteltävän hajukaasun ominaisuuksien mukaan valittuja venttiilejä ja peltejä. Lisätietoa on saatavana esimerkiksi PSK-standardeista.

Laimeiden hajukaasujen venttiilien ja peltien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4301 (AISI 304) tai vastaava.

Väkevien hajukaasujen venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaavaa.

Metanolin ja tärpätin venttiilien rakennemateriaaliksi suositellaan EN 1.4436 (AISI 316) tai vastaavaa. Venttiilien tiivistemateriaalin on oltava sellaista, että se kestää liuottimia.



10.8 Laipat ja yhteet

Laippojen ja yhteiden tiiviyyteen kaikissa olosuhteissa on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tiivisteitä valittaessa on oikeantyyppisen tiivistemateriaalin käyttöön kiinnitettävä erityistä huomiota. Hajukaasut sisältävät liuottavia ja korrodoivia yhdisteitä.

Liitosten on pysyttävä tiiviinä myös käytössä (hapettuminen, reagointi hajukaasujen sisältämien rikkiyhdisteiden kanssa, jäätyminen, vääntymät jne.). Aina kun hajukaasulinjan laippa avataan, tulisi tiiviste vaihtaa.

10.9 Puhaltimet

Laimeiden hajukaasujen siirtoon suositellaan käytettäväksi puhaltimia. Laimeiden hajukaasujen puhaltimiin suositellaan asennettavan vesitysyhde vähintään kokoa DN50 ja vesityslinjat vähintään kokoa DN50 joustavalla yhteellä.

10.10 Ejektorit ja nesterengaskompressorit

Väkevien hajukaasujen siirtoon ei saa käyttää puhallinta. Niiden siirtoon käytetään höyryejektoria tai nesterengaskompressorit. Höyryejektorissa suositellaan käytettäväksi matalapainehöyryä. Höyryn lämpötila saa olla maksimissaan 200 °C kaasukomponenttien itsesyttymislämpötilan takia. Häiriön tai käynnistystilanteen yhteydessä väkevissä hajukaasuissa saattaa olla happea niin paljon, että kaasuseos on syttyvää.

10.11 Alkalipesuri kanavistossa

Usein sekä väkevien että laimeiden hajukaasujen kanavissa käytetään pesuria. Pesuri lauhduttaa hajukaasuja ja poistaa niistä kosteutta. Samoin pesuri erottaa mm. tärpätin ja metanolia. Pesurit tuottavat aina likaislaauhteita, jotka on käsiteltävä asianmukaisesti.

Alkalipesurin käyttöä suositetaan laimeiden hajukaasujen järjestelmässä silloin, jos henkilöturvallisuuden varmistamiseksi pitoisuuksia pitää alentaa.



Alkalipesuria ei saa käyttää muuttamaan väkeviä hajukaasuja laimeiksi hajukaasuiksi.

10.12 Kanava- ja putkistomitoitus

Hajukaasuja poltettaessa kanava- ja putkistonopeudet on pidettävä kaikissa käyttöolosuhteissa yli liekin etenemisnopeuden.

TUKES on julkaissut oppaan [Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset 2017](#), jossa kerrotaan millaisia vaatimuksia säädökset asettavat turvalliselle kemikaaliputkistolle suunnittelun, valmistuksen, käytön, kunnossapidon ja dokumentoinnin osalta. Opas esittelee sekä kemikaaliturvallisuuslainsäädännöstä että painelaitelainsäädännöstä johtuvia velvoitteita.

Väkevät hajukaasut luokitellaan tyypillisesti erittäin myrkylliseksi tai myrkylliseksi ja erittäin helposti syttyväksi. Väkevien hajukaasujen linjojen käytönaikainen paine on -10 ... +10 kPa. Väkevien hajukaasujen linjojen on kestävä täyttä alipainetta (100 kPa). Tukesin esittämien suunnitteluperusteiden lisäksi suositellaan, että väkevien hajukaasujen putkistot suunnitellaan käytettävän höyryn paineen ja lämpötilan mukaan, kuitenkin vähintään 4 bar (yp).

Laimeat hajukaasut luokitellaan tyypillisesti haitalliseksi. Laimeiden hajukaasujen linjojen käytönaikainen paine on -5 ... +10 kPa. Laimeiden hajukaasujen keräily- ja siirtolinjojen on kestävä alipainetta 10 kPa.

10.13 Liekinestimen sijoitus

Liekinestin on sijoitettava mahdollisimman lähelle itse polttolaitetta. Liekinestin on valittava niin että liekinestimen pohja ei ole linjan pohjaa alempana, tällöin ei synny vesitaskua.



10.14 Räjähdyslevyjen ja murtokalvojen sijoitus

Räjähdyslevyt ja murtokalvot on sijoitettava siten, että niiden toimiessa ei normaaleilla työskentelytasoilla oleskeleville henkilöille aiheudu vaaraa. Näiden kuntoa on valvottava automaatiojärjestelmässä aiheuttamalla hälytys.

Räjähdyslevyt on sijoitettava suoran putkiosan jatkeeksi ilman mutkia. Varsinainen putki jatkaa matkaa t-haaralla.

10.15 Ohituksen sijoitus

Ohituslinjat on johdettava mahdollisimman korkealle paikalle. Ohitus suositellaan johdettavaksi omana linjana savupiippuun tai soodakattilalaitoksen katolle.

Ohiajopaikan tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kattilaa, jotta ohiajopaikan ja soodakattilan välinen linja olisi mahdollisimman lyhyt. Käytännön syystä ohiajopaikka sijaitsee lähellä soodakattilaa.

Ohituksen automaattisen sulkulaitteen on avauduttava apuenergian loppuessa. Sulkulaitteen avautumisesta on tultava rajatieto automaatiojärjestelmään.

Koska väkevien hajukaasujen palosulkuventtiili sijaitsee soodakattilarakennuksen ulkopuolella, tulisi ohiajolinjakin sijaita soodakattilarakennuksen ulkopuolella ennen palosulkuventtiiliä.

10.16 Tilaluokitukset

Tilaluokituksissa noudatetaan kemikaalilainsäädännön ohjeita ja määräyksiä.

Väkeville hajukaasuille ja tärpättipitoisille likaislauhteille joudutaan usein soveltamaan räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitusta. Tärpätti on huonosti veteen liukenevaa ja herkästi haihtuvaa, joten vuototapauksissa se nousee pinnalle ja haihtuu ilmaan.

Tilaluokat ja niiden vaikutusalueet määritellään myös mahdollisille vuotokohteille. Tilaluokan vaikutusalueelle tulevat laitteistot rakennetaan luokituksen mukaisin



komponentein. Luokka 1 tarkoittaa, että räjähtävää kaasua esiintyy satunnaisesti ja luokka 2 tarkoittaa, että kaasua ei odoteta esiintyvän kyseisellä alueella normaalkäytön aikana.

Mikäli tila katsotaan riskialttiiksi mahdollisille vuodoille, voidaan se varustaa automaattisella tehotuuletuksella, mikäli H₂S-pitoisuus nousee liian korkeaksi.

Kattilahuone ja mahdollinen väkevien hajukaasujen ja metanolin ja tärpätin polttimen lähialue tulee varustaa hälyttävällä rikkivety- tai VOC-pitoisuutta näyttävällä mittarilla, jos hajukaasua sisältävä linja kulkee työskentelytilan kautta.

10.17 Valmistusluvut

Hajukaasulinjoja suunniteltaessa, valmistettaessa ja asennusta valvottaessa on huomioitava mitä paineastialaki velvoittaa.

Väkevillä hajukaasuilla tyypillisesti edellytetään putkiston valmistajalta paineastialainsäädännön tarkoittamaa valmistuslupaa ja valmistuksen valvojaa.

Laimeiden hajukaasujen putkiston ja kanaviston valmistajalta ei tyypillisesti edellytetä paineastialainsäädännön tarkoittamaa valmistuslupaa ja valmistuksen valvojaa.

Metanoli ja tärpättilinjojen asennustöissä pitää noudattaa asianomaisia määräyksiä (kaasuasennukset, öljyasennukset ja paineastianvalmistus). Käytännössä on syytä menetellä kuten käynnistyspolttimien öljy- ja kaasuputkistojen asennuksessa menetellään.

On suositeltavaa, että kaikissa valmistukseen ja asennukseen liittyvissä töissä käytetään vain pätevyyden osoittamaan pystyviä yrityksiä.

Polttimen ja tukipolttoaineputkiston asennuksen saa tehdä vain kyseiset asennusluvut omistava liike.



11 MUUT POLTTOPAIKAT JA YHTEISTOIMINTA

Sellutehtaan hajukaasuja käsitellään tyypillisesti useammassa kuin yhdessä poltto-
paikassa. EU:n BAT BREF-dokumentti edellyttää haju- ja ympäristöhaittojen mini-
moimiseksi useampaa käsittelypaikkaa. Tästä johtuen hajukaasujärjestelmän yhteis-
toiminnan suunnitteleminen on tärkeää.

BAT:ssa väkeville hajukaasuille vaaditaan varapolttopaikka. Laimeille hajukaasuille
varapolttopaikkaa ei vaadita. Lisäksi dokumentissa vaaditaan, että pidetään kirjaa
häiriöistä ja häiriöpäästöjen määrästä väkevien hajukaasujen osalta. Paikallinen vi-
ranomainen asettaa kuitenkin lopulliset vaatimukset ja toimintatavat.

11.1 Varapolttopaikat

Tyypillisesti soodakattila on pääasiallinen polttopaikka hajukaasuille. Varapoltto-
paikkoina voidaan käyttää muun muassa soihtua, erillistä hajukaasukattilaa, meesa-
uunia tai voimakattilaa.

Varapolttopaikan polttojärjestelmän suunnittelussa tulee noudattaa samoja periaat-
teita kuin soodakattilan väkevien hajukaasujen poltossa, sisältäen mm. lauhteenpois-
tot, pikasulkuventtiilit, liekinestimet ja räjähdysuojat. Tämän lisäksi varapolttopai-
kan automaatiojärjestelmässä tulee olla ehdot hajukaasujen turvalliseen käsittelyyn.

Mikäli hajukaasujen ensisijainen polttopaikka on jokin muu kuin soodakattila, voi-
daan soodakattilaa tällöin käyttää varapolttopaikkana, mutta Soodakattilayhdistys ei
suosittele automaattista väkevien hajukaasujen kääntöä soodakattilaan.

11.2 Soihtu

Soihtua voidaan käyttää varapolttopaikkana sekä väkeville että laimeille hajukaa-
suille. Laimeiden hajukaasujen suuri tilavuusvirta on huomioitava, jos soihtua halu-
taan käyttää niiden varapolttopaikkana.

Tyypillisesti soihtua ei pidetä jatkuvasti kuumana polttamalla tukipolttoainetta.
Soihdun käynnistystä voidaan nopeuttaa esimerkiksi:



- Pitämällä soihdun palamisilmapuhallin koko ajan päällä huolehditaan tarvittavasta tuuletuksesta sekä estetään kosteuden, lumen ja jään kertyminen laitteistoon.
- Pitämällä tukipolttoainelinjat paineellisena pikasulkuventtiileille asti.
- Pitämällä hajukaasulinjat paineellisena hajukaasuilla pikasulkuventtiileille asti.
- Suunnittelemalla ja varustamalla soihtu niin, että se saadaan kuumaksi mahdollisimman nopeasti.
- Huolehtimalla soihdun ja siihen liittyvien järjestelmien jäätymisenestosta.

On huomioitava, että soihtu hapettaa hajukaasujen rikin rikkidioksidiksi (SO_2) eikä rikin talteenottoa ole. Rikkidioksidipäästöä voidaan vähentää lisäämällä polttoon menevään kaasulinjaan alkalipesuri.

11.2.1 Soihdun sijoitus

Soihdun tyypillinen sijoituspaikka on soodakattilarakennuksen katolla jolloin välteetään erillisen piipun rakentaminen. Soihtu voidaan sijoittaa joko täysin ulos katolle tai osittain katon sisäpuolelle, jolloin poltinosa ja venttiilikoneikot ovat rakennuksen sisäpuolella. Sijoituksesta riippuen palamis- ja jäähdytysilma soihdulle on mahdollista ottaa soodakattilarakennuksen sisältä. Tällöin riittävästä ilmansaannista on huolehdittava.

Suositellaan että soihdulle menevät hajukaasu- ja polttoainelinjat venttiileineen sijoitetaan soodakattilarakennuksen ulkopuolelle. Tällä tavalla voidaan varmistaa soihdun häiriötön ja riippumaton käyttö myös soodakattilan häiriötilanteessa, jolloin polttoaineiden syöttö soodakattilarakennukseen on estetty. Linjojen, laitteiden ja instrumentoinnin suunnittelussa tulee huomioida ATEX-tilaluokituksen asettamat edellytykset.

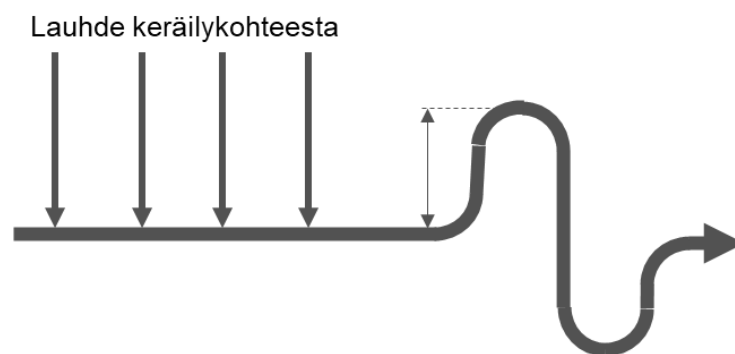
11.2.2 Soihdun lauhteenpoisto

Soihdulle tulevien väkevien hajukaasulinjojen ja polttimeen rakenteiden lauhteenpoistolinjat johdetaan soodakattilan likaislauhteiden keräilyjärjestelmään tai

erilliseen likaislauhteiden pumppaussäiliöön. Jos soihdulle tulee useampi erillinen väkevien hajukaasujen linja, tulisi kullakin olla oma erillinen lauhteiden keräilyjärjestelmä eri prosessipaineet huomioiden.

Lauhteenpoistoyhteiden ja niistä alkavien linjojen suositeltava putkihalkaisija on vähintään DN50 syntyvän lauhde- sekä tukkeutumisvaaran vuoksi. Ulkona olevat yhteydet ja lauhdeputket varustetaan sähkösaatolla jäätymisvaaran takia. Sähkösaattokaapelissa on huomioitava ATEX-vaatimukset.

Lauhdelinjat voidaan johtaa yhteiseen keräilytukkiin, jossa on riittävän korkea vesilukko. Tällä estetään hajukaasujen pääseminen keräilytukin kautta soihdun palotilaan. Vesilukon korkeudessa on huomioitava mahdollisen pullotuksen vaatima paine.



Kuva 11-1 Soihdulle johdettavien väkevien hajukaasujen lauhteiden johtaminen keräilytukkiin.

11.3 Hajukaasukattila

On tyypillistä, että moderneilla tehtailla on erillinen hajukaasujen käsittelyyn tarkoitettu kattila, jossa on rikkien talteenottoon tarkoitettu järjestelmä. Hajukaasukattila toimii paitsi varapolttopaikkana väkeville hajukaasuille myös jatkuvatoimisesti kemikaalien valmistuksessa, joita käsitellään alla olevissa luvuissa 11.3.1–11.3.3

Hajukaasukattilassa voidaan polttaa myös laimeita hajukaasuja. Käytettäessä on huomioitava kattilan pitkä käynnistymisaika, mikä vaatii kattilan pitämistä jatkuvasti kuumana, sekä rajoitettu laimeiden hajukaasujen käsittelykapasiteetti.

11.3.1 Alkalipesuri

Alkalipesurilla voidaan poistaa kaasufaasissa olevia rikkiyhdisteitä suoraan hajukaasuista tai hajukaasujen poltossa muodostuvista savukaasuista.

Käsiteltäessä hajukaasuja alkalipesurissa pesuveden pH muutetaan emäksiseksi esimerkiksi NaOH:ia lisäämällä, jolloin merkittävä osa hajukaasujen rikkivedystä, metyylimerkaptaanista ja dimetyylisulfidista (DMS) siirtyy kaasusta nesteeseen. Sen sijaan dimetyylidisulfidi (DMDS) peseytyy alkalipesurissa huonosti. Jos alkalipesurissa käytetään pesuliuksena sekundäärilauhteita, vapautuvat niiden TRS-komponentit lämpötilan nousun seurauksena.

Toinen käyttökohde alkalipesurille on hajukaasukattilan tai muun rikkipitoista polttoainetta käyttävän laitteen savukaasujen SO₂:n poistaminen. Tällöin talteenotettu rikki voidaan palauttaa kemikaalikiertoon tai hyödyntää muulla tavoin.

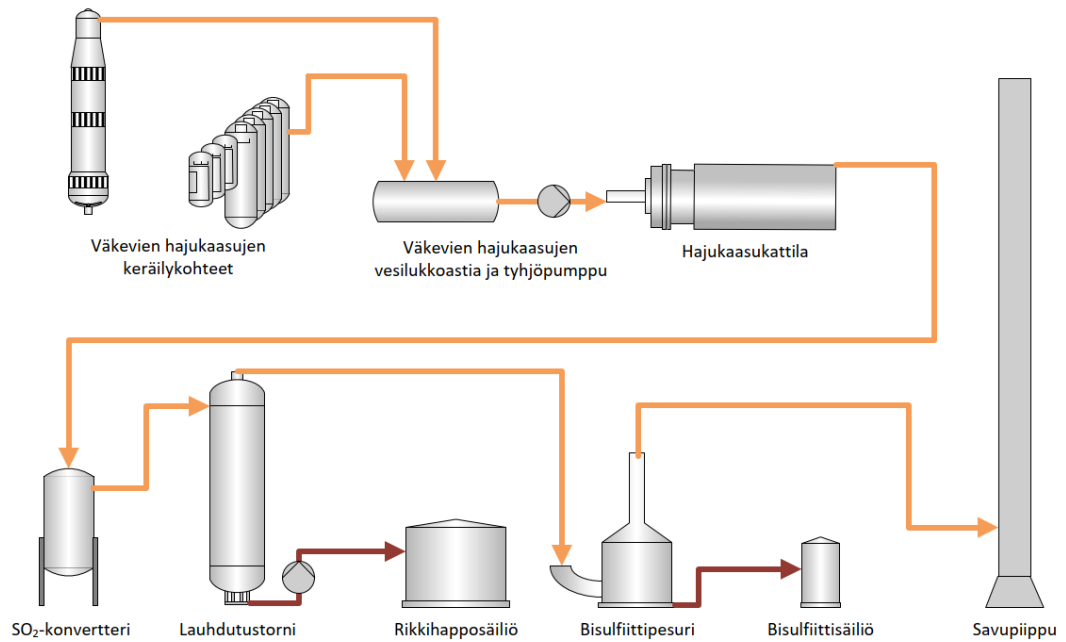
11.3.2 Natriumbisulfiitin, NaHSO₃, valmistus

Natriumbisulfiittia voidaan valmistaa alkalipesurissa käsiteltäessä hajukaasujen polton savukaasuja. Natriumbisulfiittia on mahdollista käyttää esimerkiksi valkaisimolla pH:n säätöön tai hönkien pesuun tai jatkojalostaa keittokemikaaliksi.

Jos hajukaasukattilan tukipolttoaineena käytetään likaavaa polttoainetta kuten raskasta polttoöljyä, tulee natriumbisulfiitti suodattaa epäpuhtauksien poistamiseksi.

11.3.3 Rikkihapon, H₂SO₄, valmistus

Rikkihappoa on mahdollista valmistaa väkevistä hajukaasuista. Rikkihapon valmistuksessa väkevät hajukaasut poltetaan erillisessä hajukaasukattilassa, jolloin savukaasuihin muodostuu rikkidioksidiä. Savukaasujen lämpötila säädetään sopivaksi ja rikkidioksidi konvertoidaan katalyytillä rikkitrioksidiksi, jonka annetaan reagoida veden kanssa rikkihapoksi. Kaikki rikkidioksidi ei kuitenkaan konvertoidu rikkitrioksidiksi, jolloin savukaasut edelleen pestään lopun rikin talteenottamiseksi. Tehdään Na/S-tasetta voidaan säätää, jos väkevistä hajukaasuista valmistettua rikkihappoa käytetään ostorikkihapon sijaan.



Kuva 11-2. rikkihapon valmistus väkevistä hajukaasuista

11.4 Meesauuni

Nykyaikaisilla tehtailla ei meesauunia käytetä enää väkevien hajukaasujen pääpolttopaikkana ja vähenevässä määrin myös varapolttopaikkana. Kaikki hajukaasujen rikki ei sitoudu kalkkiin meesauunissa, mikä aiheuttaa rikkipäästöjä. Väkevien hajukaasujen polttoainetehon vaihtelu on todettu aiheuttavan meesauunin käytettävyyso ongelmia. Kaustistamon laimeita hajukaasuja voidaan johtaa meesauunin sekundaari-ilman joukkoon. Tavallisesti meesauunin kapasiteetti ei riitä koko tehtaan laimeiden hajukaasujen käsittelyyn.

11.5 Voimakattila

Voimakattila voi toimia niin väkeville kuin laimeillekin hajukaasuille varapolttopaikkana. Tällöin väkevät hajukaasut johdetaan yleensä omalle hajukaasupolttimelle ja laimeat hajukaasut osaksi palamisilmaa. Polton edellytykset tulee määrittää tapauskohtaisesti.

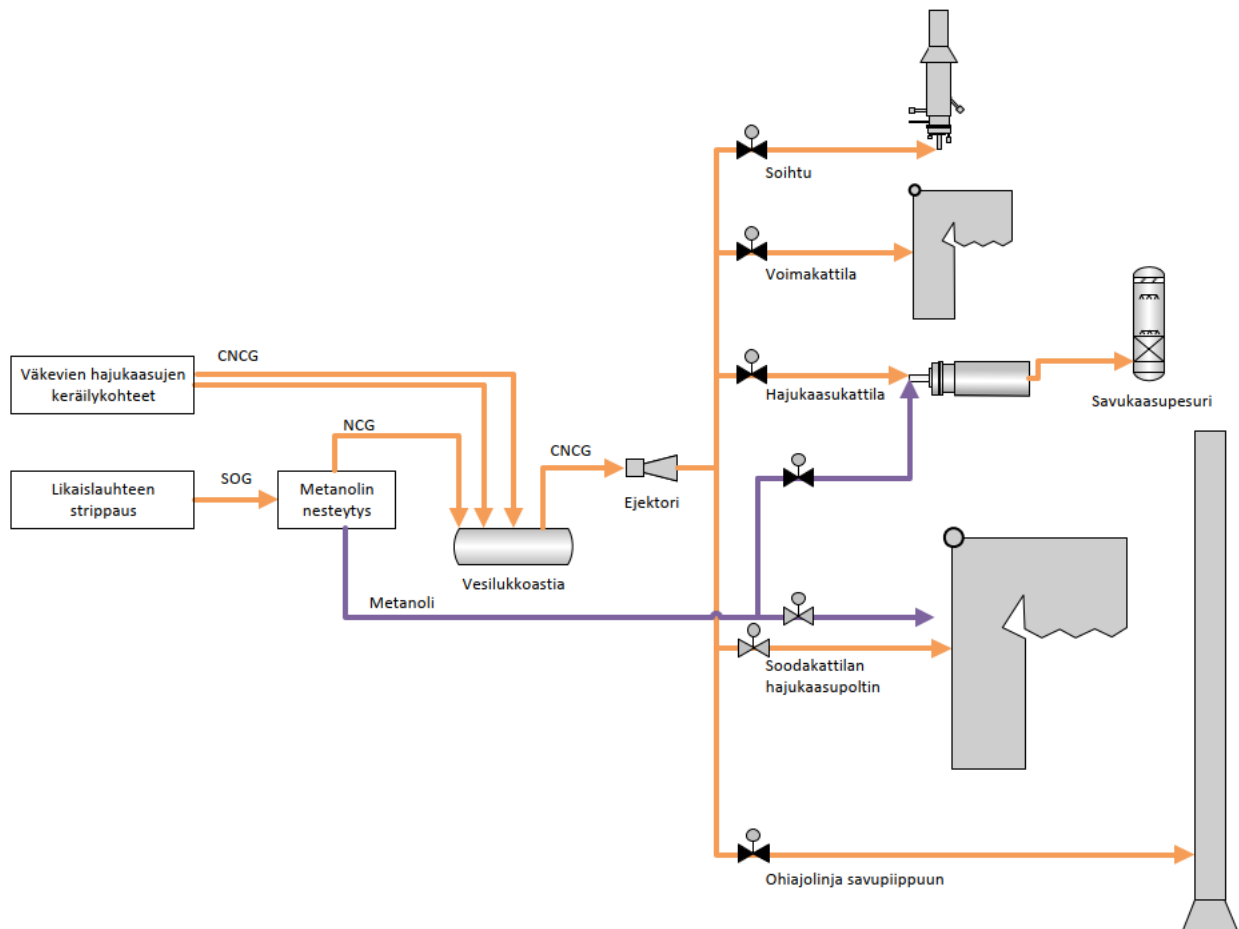


Voimakattilan hajukaasujen käsittelyn rajoituksena on savukaasujen rikki- ja NO_x-päästöt.

11.6 Polttopaikan valinta ja ohiajolinja

Polttopaikkaa valitessa tulee polttopaikalla täyttyä polton aloituksen ehdot. Mikäli käytettävissä ei ole varapolttopaikkaa, hajukaasut ohjataan ohiajolinjaan tai aloitetaan pullotus, ks. luku 11.7. Hajukaasut tulee pystyä ohjaamaan varapolttopaikkaan ilman ohiajolinjan avautumista hajuhaittojen välttämiseksi. Hajukaasujen kääntö varapolttopaikalle voidaan suunnitella automaattiseksi ottaen huomioon kunkin polttopaikan turvallinen toiminta. Operaattorin tulee kuitenkin hyväksyä aina hajukaasujen polton aloitus soodakattilassa.

Käytettäessä väkevien hajukaasujen polttopaikan valinnassa kääntöventtiileitä, joilla hajukaasut ohjataan vaihtoehtoiseen polttopaikkaan tai ohiajolinjaan, tulee niiden toimia automaattisesti myös ulkopuolisen käyttöenergian loppuessa. Kaikista hajukaasujärjestelmän kääntö- ja sulkuventtiileistä on tultava rajatieto automaatiojärjestelmään. Ohiajolinjan tarkoituksena on estää esimerkiksi käyttöenergian loppuessa hajukaasujen vapautuminen keräilykohteista ja ohjata ne hallitusti ohiajolinjaa pitkin mahdollisimman turvalliseen paikkaan.



Kuva 11-3. Esimerkki väkevien hajukaasujen keräily- ja polttojärjestelmästä, jossa on havainnollistettu eri polttopaikkoja.

Mikäli tehtaalla pyritään hajuttomuuteen myös häiriötilanteissa, kuten laajan sähkökatkon aikana, tulee varmistaa koko hajukaasujärjestelmän käyttöenergiansaanti esimerkiksi varmennetulla sähkönsyötöllä.

11.7 Hajukaasujen pullotus

Polttopaikkojen häiriötilanteissa hajuhaittojen estämiseksi väkeviä hajukaasuja voidaan pidätellä putkistossa varapolttopaikan käynnistymiseen saakka. Pullotus on automaattisesti käynnistytävä toimenpide ja automaatiojärjestelmä on suunniteltava sitä varten.

Kun hajukaasuja ei polteta missään eikä hajukaasuja vapauteta ohiajolinjan kautta ympäristöön, alkaa hajukaasujärjestelmä paineistua. Koko hajukaasujen keräily- ja siirtojärjestelmä täytyy suunnitella hajukaasujen pullotuksen aikaisen paineen



nousun varalta. Paineen nousua hidastetaan sulkemalla kaikki höyrösyötöt, kuten ejektorihöyry ja paineensäätöhöyry. Jotta väkevien hajukaasujen ohiajolinjan käyttö vältetään pullotuksen pitkittyessä, täytyy järjestelmä toteuttaa niin, että väkeviä hajukaasuja tuottavat prosessit ajetaan alas automaattisesti vaihteittain.



12 VAARANARVIOINISSA HUOMIOITAVAA

Hajukaasujen luonteen vuoksi niiden keräily-, käsittely- ja polttojärjestelmiin liittyy vaara- ja onnettomuusriski. Näin ollen on erityisen tärkeää tunnistaa vaaratyypit ja -tilanteet.

Vastuu hajukaasujärjestelmän toimivuudesta ja prosessiratkaisuista on laitteiden suunnittelijoilla. Vastuu hajukaasujärjestelmän oikeasta ja huolellisesta käytöstä on laitoksen käyttäjillä. Soodakattilayhdistys suosittelee että ennen järjestelmän hankkimista toimittaja ja loppukäyttäjä suorittavat yhdessä laitoksen poikkeamatarkastelun (esim. HAZOP) ja käyvät läpi vaaranarvioinnin. Soodakattilayhdistys on raporttisarjassaan julkaissut raportin 11/2001 (16A0913-E0032) ”Soodakattilalaitoksen vaaranarviointi”, jonka luvussa 8 ”Hajukaasut” esitetään hajukaasujen vaaranarviointia.

Vaaranarvioinnin helpottamiseksi Soodakattilayhdistys on koonnut tyypillisiä vaaratilanteita suomalaisilta tehtailta. Hajukaasujärjestelmiä auditoitaessa tulee tunnistaa mahdolliset vaaratilanteet, niiden toteutumistodennäköisyys sekä mahdolliset seuraukset (esimerkiksi henkilö-, materiaali- tai ympäristövaara) ja kuinka niihin on varauduttu.

12.1 Vaarojen arviointi laimeiden hajukaasujen järjestelmissä

12.1.1 Hakesiilon höngät

Hakesiilon hönkien keräilyn suunnittelu ja prosessin turvallisuuden arviointi on syytä aloittaa selvittämällä hakesiilon tyyppi ja toimintaperiaate. Eri aikakausien ja teknologiatoimittajien ratkaisut saattavat poiketa merkittävästi toisistaan, joten yhtä yleispätevää hönkienkeräilyperiaatetta ei voi antaa.

Tyypillisesti hakesiilon höngät kerätään laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään. Joissain prosessiratkaisuissa hakesiilolla hyödynnetään hakkeen pasutuksessa keittimen mustalipeän paisunnan TRS-pitoisia hönkiä. Turvallisempi ratkaisu on käyttää hakkeen pasutukseen puhdasta höyryä. Höyry voi olla tuorehöyryä tai erityyppisillä (höyry-neste, neste-neste) kiehuksilla eli ns. reboilereilla tuotettua.



Hakesiilolle hakkeen pasutusta varten johdettavat lipeän paisunnan höngät ovat olleet pääsyynä useissa hajukaasuräjähdyksissä niin Suomessa kuin muualla maailmassa. Laimeiden hajukaasujen pitoisuudet ovat päässeet nousemaan yli alemman räjähdysrajan (LEL) mm. hakesiilon häiriötilanteissa.

Tarkastettava:

1. Hakesiilon ja hönkäjäjärjestelmän lukitukset turvallisen käytön varmistamiseksi
2. Miten hakesiilo toimii kun hakepinta on matala
3. Voiko hakesiilon hönkien TRS-, metanoli- tai tärpättipitoisuus ylittää LEL-rajan jossain ajotilanteessa tai seisokin aikana

12.1.2 Laimeiden keräily säiliöalueilla

Säiliöalueiden laimeiden hajukaasujen keräilysysteemeissä tulee varmistaa riittävä laimennusilman saanti. Laimennusilma johdetaan joko säiliöön tai suoraan keräilylinjaan. Ilman määrää voidaan rajoittaa esimerkiksi käsiventtiilillä tai ali-/ylipainesuojalla. Laimennusilmaa rajoittaessa tulee huolehtia, ettei säiliöstä vapaudu hönkää ympäristöön. Tällöin tulee myös varmistaa, ettei säiliöön synny liiallista alipainetta, mikä johtaisi säiliön vaurioitumiseen.

Hajukaasujärjestelmän ja siihen kytkettyjen säiliöiden mittaus-, huolto- ja pesuyhteiden käyttäminen on toteutettava siten, ettei keräilyjärjestelmän toiminta häiriinny liiallisen vuotoilman takia.

Tarkastettava:

1. Mittauksin varmistetaan keräilyyn tuotavien hajukaasujen laatu. Erityisesti kiinnitettävä huomiota, että haihduttamoalueella vahvamustalipeäsäiliön sekä soodakattilan tuhkansekoitussäiliön hajukaasut ovat aina alle LEL:n pitoisuuksissa.
2. Hajukaasujärjestelmään kytkettyjen säiliöiden kesto ja korvausilman saanti nopeissa painevaihteluissa.
3. Jos lisäilmayhde sijoitetaan puhaltimen imuaukon yhteyteen, on varauduttava mahdolliseen hajukaasupäästöön lisäilmayhteen kautta puhaltimen pysähtyessä.

12.1.3 Vesipatsaalla toteutetut yli- ja alipainesuojat sekä lauhteenpoistot

Yli- ja alipainesuojien nestetäyttöiset suojaukset perustuvat hydrostaattisen paineen muodostamaan painesuojaan yli- ja alipainetta varten, joka aikaansaadaan

vesipatsaan korkeudella. Tehtaan osastojen välillä vesipatsaiden korkeudet voivat vaihdella suurestikin eri yli- ja alipainesuojissa.

Uusimmissa sellutehdasratkaisuisissa pyritään laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmät suunnittelemaan ja toteuttamaan mahdollisimman suljettuna. Näin pystytään minimoimaan turhat kanavisto- ja laitekokoja kasvattavat vuotoilmat sekä hajuhaittoja aiheuttavat hönkimiset taivaalle. Laimien hajukaasujen järjestelmän muutosten yhteydessä tulee kiinnittää huomiota yli- ja alipainesuojiiin, jotta uuteen tai olemassa olevaan prosessiin ei pääse muodostumaan liian kovaa alipainetta, joka vaurioittaisi säiliöitä.

Tarkastettava:

1. Vesipatsaat eivät käytön aikana pääse kuivumaan
2. Vesipatsaan korkeus vastaa suurinta mahdollista yli- tai alipainetta

12.1.4 Lipeän paisunta haihduttamoalueella

Haihduttamoalueella on ilmennyt mustalipeäsäiliöiden (ka. 30–75%) selkeää hönkimistä taivaalle. Yhdeksi runsasta hönkimistä aiheuttavaksi syyksi on selvinnyt lipeän riittämätön paisunta ennen pumppausta vahvamustalipeäsäiliöön. Lipeä ei pääse paisumaan syystä tai toisesta haihdutinsarjojen paisuntasäiliöissä, jolloin lipeä tulee liian kuumana vahvalipeäsäiliölle. Kuuma lipeä paisuu säiliössä ja aiheuttaa ympäristölle hajuhaittoja ja kohonneita TRS-pitoisuuksia, mikäli laimeiden hajukaasujen keräilykapasiteetti ei riitä kattamaan syntynyttä paisuntahöyryä. Lisäksi kasvanut paisuntahöyry määrä saattaa kuormittaa laimeiden hajukaasujen lauhdutusta tarpeettomasti, mikä edelleen pienentää keräilyjärjestelmän kokonaiskapasiteettia.

Tarkastettava:

1. Haihduttamon paisunnan toiminta
2. Säiliöön syötettävän lipeän lämpötila

12.1.5 Mäntyljykeittämön höngät

Mäntyljykeittämön suovan palstoituksessa vapautuu rikkivetyä (H_2S) ja tämä hajukaasu on myrkyllistä tai tappavaa. Tämän vuoksi on huolehdittava, ettei palstoituksen hajukaasut pääse leviämään työskentelytiloihin. Mäntyljykeittämön hajukaasujen pitoisuutta voidaan alentaa ennen kytkentää laimeiden hajukaasujen

keräilyjärjestelmään, esimerkiksi alkalipesurilla tai lisäämällä laimennusilmaa. Tällä tavalla voidaan osaltaan varmistaa, että laimeita hajukaasuja ei tarvitse luokitella myrkyllisiksi.

Myös putkiston materiaalivalinta mäntyöljykeittämön hönkälinjojen osalta on syytä tarkistaa, ettei kaasuputkisto pääse syöpymään ja aiheuttamaan etenkin sisätiloihin vuotovaaroja ennen kaasujen alkalipesua.

Tarkastettava:

1. Mäntyöljylaitoksen hajukaasujärjestelmän materiaalivalinta ja tiiveys
2. Hajukaasujen alkalipesun tai laimennuksen tarve
3. Kaasujen turvallinen johtaminen kaikissa tilanteissa myös mahdolliset seisokkityöt huomioiden.

12.1.6 Laimeiden hajukaasujen pesurit

Hajukaasupesureilla halutaan poistaa laimeiden hajukaasujen keräilystä tulevat kiintoaineet kuten pöly tai kuidut sekä lauhduttaa hajukaasujen sisältämä vesi. Pesurissa muodostuvaan likaislauhteeseen voi konsentroitua rikkiyhdisteitä tai tärpättiä, jotka höyrystyessään voivat muodostaa räjähtävän kaasuseoksen. Vaara syntyy tyypillisesti seisokitilanteen jälkeen, kun alas ajettu pesuri käynnistetään uudelleen. Seisokin aikana on huolehdittava laitteiston riittävästä tuuletuksesta sekä pesuriin kertyneen likaislauhteen laimentamisesta ja poistosta.

Käynnin aikana pesurin toiminnan kannalta on erityisen tärkeää estää sen likaantuminen ja varmistaa riittävä lauhteen poisto. Liian pienet lauhteenpoisto- ja ylikaaotolinjat ovat alttiita tukkeutumiselle, minkä vuoksi ne tulee suunnitella riittävän suuriksi ja vesityslinjojen yhdistämisestä tulee välttää. Pesurin likaantuminen alentaa sen pesutehokkuutta, jolloin epäpuhtaudet voivat päästä pesurista läpi ja kertyä laimeiden hajukaasujen puhaltimeen ja esilämmittimeen. Pesurin ja lämmönvaihtimen likaantuminen laskee lauhdutustehokkuutta, minkä seurauksena kaasun kosteus pesurin jälkeen nousee.

Hajukaasupesureiden lämmönsiirtimissä voi esiintyä likaantumiso ongelmia sekä prosessivirran että jäähdytysveden puolella. Prosessipuolella tukkeutumista aiheuttavat



mm. kiintoainepartikkelit, suopa ja lipeä. Jäähdytysveden puolella likaantumista aiheuttaa mm. veden kovuus, humus ja jäähdytysveden aiheuttama limoittuminen.

Tarkastettavaa:

1. Pesurin likaantumisriskin huomioiminen suunnitteluvaiheessa mm. riittävin pesuyhtein varustamisella
2. Likaavien komponenttien pääsyn estäminen pesuriin ja yleisesti hajukaasujen joukkoon
3. Lauhteenpoisto- ja ylikaatolinjojen riittävä koko
4. Pesurin huuhtelu ja likaislauhteen riittävä laimennus ennen pesurin pysäyttämistä
5. Pesurin riittävä tuuletus seisokin aikana

12.1.7 Laimeiden hajukaasujen käyttö soodakattilan palamisilmana

Soodakattilan kuorman muuttuessa myös palamisilmamäärä ja -suhde saattaa muuttua, minkä takia kaikkia laimeita hajukaasuja ei voida polttaa soodakattilassa ja hajukaasut ohjautuvat varapolttopaikkaan tai taivaalle.

Haasteellinen tilanne on, jos laimeita hajukaasuja johdetaan polttoilmaan sekoittamisen sijaan erillisellä putkella ilma-aukoille tai omille aukoilleen.

Tarkastettava:

1. Hajukaasujen polttomahdollisuus koko kattilan käyntialueella

12.1.8 Soodakattilan liuottajan ja sekoitussäiliön höngät

Liuottajan hönkäpesurit ovat hajuhaittojen lähteenä silloin, kun niitä ei ole kytketty soodakattilan palamisilmasysteemiin, vaan liuottajan höngät johdetaan pölypesurin kautta taivaalle tai soodakattilan savukaasupesurin kautta taivaalle.

Nykyaikaisissa tehtaissa liuottajan, sekoitus- ja vuotosäiliöiden höngät käsitellään lauhduttavilla pesureilla ja johdetaan soodakattilan sekundääri-ilmasysteemiin.



Soodakattilan sähkösuodintuhkan hakuun käytetty lipeä tulisi tuoda sekoitussäiliöön kiehumispisteen alapuolisessa lämpötilassa, jotta lipeä ei paisu sekoitussäiliössä ja aiheuta korkeita TRS-pitoisuuksia höngissä.

Tarkastettava:

1. Liuottajan hönkäpesurin puhdistusmahdollisuus myös kattilan käynnin aikana
2. Pesurin pesuveden pääsy tulipesään estettävä
3. Tuhkanhakulipeän lämpötila sekoitussäiliössä
4. Tuhkansekoitussäiliön hönkien turvallinen laimentuminen myös prosessihäiriöiden aikana

12.1.9 Lauhteiden pääsy soodakattilaan

Lauhteiden pääsy hajukaasujärjestelmien kautta soodakattilaan on aiheuttanut useita tulipesäräjähdyksiä. Järjestelmää toteutettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota lauhteenpoistoon. Lauhteiden pääsyä tulipesään voidaan estää myös kuumentamalla hajukaasuja vähintään 30 °C keräilylämpötilaa korkeampaan lämpötilaan.

Tarkastettava:

1. Kanaviston vesitysten sijoitus niin, ettei lauhdetta pääse kertymään missään ajo-tilanteessa. Erityisesti huomioitava seisokin ja hajukaasujen polttopaikan käynnin aikainen toiminta.
2. Pisaranerottimien ja lauhdetaskujen paikkojen huolellinen sijoittelu järjestelmässä
3. Lauhteenpoistojen jäätymisenesto ja riittävä koko tukkeutumisen estämiseksi

Vesitykset mahdollisissa höyrylinjoissa

12.1.10 Kaustistamon laimeat hajukaasut

Kaustistamolla olevien suotimien happopesussa muodostuu rikkivetyä. Vaaratilanteiden välttämiseksi, tulee kerättävien hönkien laimentamiseen kiinnittää huomiota.



Tarkastettava:

1. Turvallinen toimintatapa laitteiden happopesussa

12.1.11 Hajukaasujen esilämmitys

Hajukaasujen esilämmittimillä on yleisesti todennut likaantumisongelmia. Hajukaasujen ja palamisilman esilämmityksessä on huomioitava erityisesti liuottajan ja sekoitussäiliön hönkien aiheuttama lämpöpintojen likaantumisalttius.

Tarkastettava:

1. Laimeiden hajukaasujen esilämmittimien ajonaikainen pesumahdollisuus
2. Palamisilman syöttö tulipesään lämmittimien pesun ajaksi

12.1.12 Laimeiden hajukaasujen lauhteet

Pääsääntöisesti laimeiden hajukaasujen lauhteet johdetaan erilliskeräilyyn. Ilman erillistä keräilyä, lauhteet voivat aiheuttaa hajuhaittaa esimerkiksi avoimien kanaalien kautta.

Nykyaikaisissa tehtaissa kunkin osaston laimeidenhajukaasujärjestelmien likaislauhteet johdetaan kullakin osastolla takaisin prosessikiertoon. Hajuhaittojen ehkäisyn lisäksi tällä voidaan vähentää kiintoaineiden aiheuttamaa hajukaasulinjojen likaantumista.

Tarkastettava:

1. Lauhdejärjestelmien toiminta

12.2 Väkevien hajukaasujärjestelmien vaarojen arviointi

12.2.1 Keittäminen

Keittämön väkevien hajukaasujen keräilystä tulevat painepiikit ovat selkeä hajupäästöjen aiheuttaja. Painepiikkejä syntyy mm. keittimen kaasaus- ja paisuntahönkien lauhdutuksen riittämättömyydestä, säätöpiirin hitaudesta, lauhduttimen lauhdekuormasta tai riittämättömästä lauhteenpoistosta. Tällainen painepiikki siirtyy edelleen muihin keräilykohteisiin, etenkin jos keittämön ja haihduttamoalueen väkevät hajukaasut on johdettu yhteiseen vesilukkoastiain. Tällöin painepiikistä johtuen väkevät



hajukaasut voivat päästä purkautumaan esimerkiksi yli- ja alipainesuojien tai prosessilaitteiden kautta ympäristöön aiheuttaen merkittäviä hajuhaittoja ja henkilövaaran.

On myös syytä huomata, että keittimen paisuntahönkien johtaminen hakesiiloon on aiheuttanut useita vakavia hajukaasuonnettomuuksia. Tehtaan käynnistys- ja pysäytystilanteissa tai häiriön sattuessa hakesiilosta voi vapautua räjähtävällä alueella olevia hajukaasuja.

Tarkastettava:

1. Keittämöalueen keräilykohteiden alttius painepiikeille
2. Keittämöalueen vaikutus väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmän toimintaan painepiikeissä
3. Paisuntahönkien turvallinen käsittely kaikissa ajotilanteissa

12.2.2 Polttolipeäsäiliö ja vahvamustalipeäsäiliö

Polttolipeän korkea kuiva-ainepitoisuus (>75 %) voi vaatia paineellisen polttolipeäsäiliön. Paineellisen polttolipeäsäiliön lämpötila on käytön aikana korkea ja lämpötila pyritään pitämään myös seisokin aikana sopivalla tasolla. Kuuma mustalipeä tuottaa hajukaasuja myös seisokin aikana, mikä nostaa painetta polttolipeäsäiliössä. Lämpötilaa seisokin aikana pitää yllä mm. säiliön sekoittimen ja kierrätyspumpun käyttö. Polttolipeäsäiliö on kytkettävä väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään ja paineen hallitsemisesta on huolehdittava myös seisokin aikana. Väkevien ja laimeiden hajukaasujen järjestelmät tulee aina pitää erillään. Paineellista polttolipeäsäiliötä ei näin ollen tule koskaan kytkeä laimeiden hajukaasujen keräilyyn. Polttolipeäsäiliö on myös varustettava ylipainesuojalla.

Polttolipeäsäiliön tavallista nopeampi kaasaus saattaa aiheuttaa painepiikkejä hajukaasujärjestelmässä, jolloin putkiston lauhdejärjestelmässä olevat vesilukot saattavat tyhjentyä. Putkiston vesilukkoja suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mahdolliset painepiikit.

Tarkastettava:

1. Paineellisen polttolipeäsäiliön ylipainesuoja
2. Paineellisen polttolipeäsäiliön seisokin aikainen hajukaasujen poisto



3. Paineellisen polttoliipeäsäiliön aiheuttaman ylipaineen vaikutus lauhdejärjestelmään

12.2.3 Haihduttamon tyhjöjärjestelmä väkeissä hajukaasuissa

Haihduttimien tyhjö- ja sekundäärilauhdejärjestelmässä voi olla ylikaatoja, jotka on viety erilliseen vesilukkoastiaan. Riippuen vesilukon pinnan korkeudesta ja hajukaasujärjestelmän alipaineesta, on tyhjökaivon kautta mahdollista imeä ilmaa keräilyjärjestelmään ja aiheuttaa räjähtävä kaasuseos. Vastaavasti hajukaasujärjestelmän korkea paine, esimerkiksi pullotuksen aikana, voi aiheuttaa väkevien hajukaasujen vapautumisen vesilukon kautta haihduttamoalueelle.

Tarkastettava:

1. Vesilukon pinnankorkeuden varmistaminen
2. Kaasunkeräilyn alipaine ja säätö
3. Järjestelmän tarkastaminen hajukaasujen pullotukseen varauduttaessa

12.2.4 Likaislauhteiden käsittely

Tavallisesti likaislauhteet kuitulinjalta ja haihduttamolta kerätään haihduttamon likaislahdesäiliöön. Likaislauhteen laatu saattaa heiketä esimerkiksi lipeän tai kuitujen takia, jolloin lauhdetta ei voida ohjata sellaisenaan käsittelyyn. Likaislauhteen johtokykyä tyypillisesti seurataan ja likaislauhteet johdetaan vuotoliipeäsäiliöön johtokyvyn ylärajan ylittyessä. Vuotoliipeäsäiliön höngät kerätään laimeiden hajukaasujen järjestelmään ja suuri likaislauhteiden osuus säiliössä voi johtaa hajukaasujen konsentroitumiseen. Likaislauhteet tulee johtaa vuotoliipeäsäiliöön nestepinnan alle ja varmistua riittävästä pinnan korkeudesta likaislauhteen laimentamiseksi.

Tarkastettava:

1. edellytykset likaislauhteen turvalliseen johtamiseen vuotoliipeäsäiliöön
2. kiintoaineen ja kuitujen erotus likaislahdestripperin syötössä ja sen seuranta tukkeutumisen varalta.

12.2.5 Haihduttamon likaislahdesäiliö

Haihduttamoalueen likaislahdesäiliöön kerätään erilaisia palavia yhdisteitä, jotka saattavat erottua ja kerääntyä lauhteen pinnalle. Likaislauhteen pinnalle kevyempänä jakeena nouseva tärpätti voi siirtyä edelleen suurena pitoisuutena stripperikaasuihin



ja nestemäiseen metanoliin, mikä aiheuttaa lämpöarvon voimakkaan nousun ja pahimmillaan mekaanisia vahinkoja polttopaikoissa.

Likaislahdesäiliö on osa väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmää, joten vuotoilman pääseminen säiliöön tulee estää. Lisäksi säiliön ylikaa to tulee kytkeä turvalliseen paikkaan, kuten jatkuvalla laimennuksella varustettuun vesilukkoastiaan tai sumpputaivoon. Ensisijaisesti likaislahdesäiliön kaataminen yli tulee estää ajotavalla ja lukituksin, koska tyypillisesti edellä mainitut kohteet on kytketty laimeiden hajukaasujen järjestelmään.

Tarkastettava:

1. yli- ja alipaineenkestit tehdessä muutoksia keräilyjärjestelmään
2. säiliön ylikaa to on väkevien keräilyyn soveltuva
3. tarvitaanko dekantoivaa väliseinää riippuen tehta an raaka-aineesta
4. likaislahteen käsittelyn ajotapa esimerkiksi tärpätin rikastumisen estämiseksi

12.2.6 Soodakattilan väkevien hajukaasujen polttimen ongelmat

Väkevien hajukaasujen polttimelle on mahdollista päätyä kiintoainesta tai likaavia yhdisteitä, kuten mustalipeää, mikä voi aiheuttaa liekinestimen tukkeutumisen. Liekinestimen tukkeutumista tulee seurata paine-eromittauksen avulla.

Väkevien hajukaasujen polttimen käynnin tasaisuus on ollut ongelma usealla tehtaalla. Poltin asennetaan tyypillisesti lipeäruiskujen alapuolelle, jossa se on alttiina lipeäpisaroille. Eri ajomalleilla saattaa tulipesän ala osassa olla polttimen kuorman vaihdellessa epästab iilisuutta, jolloin poltin tukkeutuu. Väkevien hajukaasujen poltin on kyettävä puhdistamaan helposti soodakattilan ajon aikana. Suositellaan että väkevien hajukaasujen polttimen sijainti ja sekundääri-ilmajärjestelmä tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena.

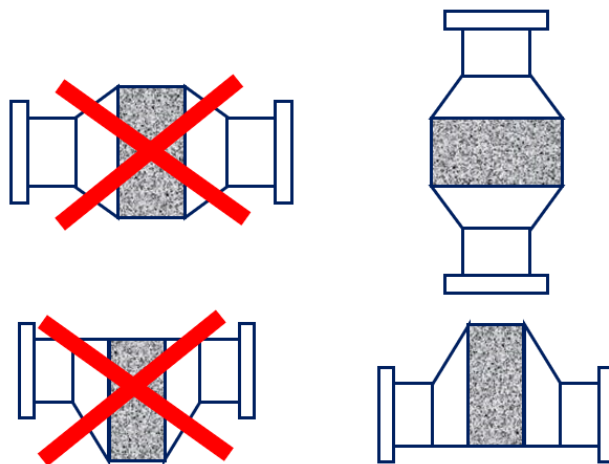
Tarkastettava:

1. Liekinestimien tukkeutumisen seuranta ja huollettavuus
2. Polttimen likaantumisen estäminen ja puhdistettavuus ajon aikana
3. Väkevien hajukaasujen polttimen sijainti ja ilmajärjestelmän toiminta

12.2.7 Lauhteiden pääsy soodakattilaan

Hajukaasuputkistoon asennettavat liekinestimet saattavat väärin asennettuna kasata lauhdetta putkistoon, mikä aiheuttaa riskin veden pääsystä tulipesään. Liekinestin suositellaan asennettavaksi pystyputkeen. Vaakaputkessa oleva liekinestin tulee olla tasapohjainen, jolloin lauhdetta ei kerry kummallekaan puolelle liekinestintä.

Lauhdetta saattaa päästä hajukaasuputkistoon myös höyrylinjojen kautta. Höyrylinjojen riittävään lauhteenpoistoon tulee kiinnittää huomiota erityisesti silloin, kun höyrylinja on kytketty hajukaasulinjaan pisaranerottimen jälkeen.



Kuva 12-1. Kielletyt ja suositellut tavat asentaa liekinestin hajukaasulinjoihin.

Tarkastettava:

1. Putkiston vesitysten sijoitus niin, ettei lauhdetta pääse kertymään missään ajotilanteessa. Erityisesti huomioitava seisokin ja hajukaasujen polttopaikan käynnön aikainen toiminta.
2. Lauhteenpoistojen jäätymisenesto ja riittävä koko tukkeutumisen estämiseksi
3. Lauhdetta ei saa päästä kertymään liekinestimeen tai sen yhteisiin
4. Hajukaasujärjestelmän höyrylinjojen vesitys
5. Joustoliitosten (palje, metallipunosletku) asento lauhteen kerääntymisen estämiseksi



12.3 Tärpätti

Havusellutehtaiden hajukaasuissa tärpätti on yksi merkittävimmistä riskeistä ja sen käsittelyyn tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Runsas tärpättipitoisuus hajukaasuissa on vaarallinen, siksi tärpättipitoisuutta tyypillisesti alennetaan lauhduttamalla. Lauhdutuksesta huolimatta terpeenejä jää aina kaasumaisena käsiteltyyn kaasuseokseen terpentiinien osapainetta vastaava määrä, Liite 3. Turvallisuutta lisää, kun tällaiset mahdollisesti runsaasti terpeenejä sisältävät laimeiden hajukaasujen kohteet laimennetaan keräyspisteen tai lauhdutuksen jälkeen. Suositellaan, että tärpättipitoiset laimeat hajukaasut jäähdytetään alle 35 °C. Lauhdutuksen jälkeisen maksimilämpötilan ylittyessä on kohde rajattava automaattisesti pois keräilystä.

Likaislauhteen strippauksessa puhdistettuun jakeeseen saattaa jäädä tärpättiä, jos likaislauhdesyötön tärpättipitoisuus on korkea. Tärpätin kulkeutumista likaislauhteiden käsittelyn kautta puhtaampien lauhteiden joukkoon tulisi tarkastella, sillä puh- taiden lauhdejakeiden joukossa tärpätti aiheuttaa hajuhaittaa. Tärpätin kulkeutumista voidaan estää mm. säiliöiden oikeaoppisella suunnittelulla ja tärpätin dekantoimisella likaislauhteen varastosäiliössä.

Eräs tunnistetuista tärpätin käsittelyyn liittyvistä riskeistä on tärpätin siirto rekkaan, jolloin hajukaasujärjestelmään on mahdollista imeä ilmaa. Siirtojärjestelmän suunnitteluun ja käyttöön suositellaan kiinnitettävän huomiota turvallisen toiminnan varmistamiseksi ja hajupäästöjen välttämiseksi.

Tarkastettava:

1. Seisokin aikainen tärpätin lauhtuminen putkistossa ja kanavistossa sekä laitoksen turvallinen käynnistäminen seisokin jälkeen
2. Mahdollinen tärpätin kulkeutuminen puhtaisiin sekundäärilauhteisiin
3. Turvallisuus hakesiilon hönkien lauhdutuksen jälkeisen lämpötilan noustessa.



12.4 Metanoli

Metanolin nesteytyksen lauhtumattomat hajukaasut kerätään muiden väkevien hajukaasujen tapaan keräilyjärjestelmän vesilukkoastian nestepinnan alle.

Metanolin käsittelyssä tulee noudattaa sille laadittuja erityisohjeita räjähdysvaaran sekä myrkyllisyyden takia.

12.5 Haihduttamon käyntiajo

Haihduttamoa käynnistettäessä tyypillinen hajukaasujärjestelmään liittyvä riski on mustalipeän mahdollinen kuohaaminen erityisesti havupuutehtailla. Kuohaava lipeä saattaa kulkeutua hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

Haihduttamoa käynnistäessä haihdutinyksiköt ovat täynnä ilmaa. Ellei ilmanpoistoa suoraan ympäristöön mahdollisten hajuhaittojen vuoksi sallita, täytyy haihduttamon käynnistyksen yhteydessä kiinnittää erityistä huomiota väkevien hajukaasujen siirtoon ja polttoon, koska väkevät hajukaasut ovat tässä tilanteessa räjähtävällä pitoisuusalueella. Ejektoria käytettäessä kaasujen siirtoon, höyry toimii inerttinä väliaineena, mikä pienentää ilman osuutta hajukaasuseoksessa.

Väkevien hajukaasujen koostumus saattaa vaihdella haihduttamon käynnistyksen yhteydessä, mikä aiheuttaa varapolttimen hapensäätöön ongelmia sekä huojuuttaa palavan aineen määrään ja laatuun. Tämän seurauksena poltin voi sammua, jolloin voi aiheutua hajuhaittoja.

Tarkastettava:

1. Laihalipeän kuiva-ainepitoisuuden nostaminen käynnistyksen yhteydessä kuohaamisen estämiseksi
2. Haihduttamon käynnistyksen yhteydessä väkevien hajukaasujen turvallinen käsittely kaasun ollessa räjähtävällä pitoisuusalueella



12.6 Liekinestimet

Liekinestimiä on kahta mallia: joko pystylinjaan asennettava malli tai vaakalinjaan asennettava malli, ks. Kuva 12-1. Liekinestin tulee olla hajukaasuille tarkoitettu ja lauhteen kertyminen siihen tulee estää.

Liekinestin tulee tarkastaa säännöllisesti ja estimestä aiheutuvaa paine-eroa on syytä seurata tukkeutumisen havaitsemiseksi. Väkevien hajukaasujen linja polttimelle on pystyttävä huuhtelevaan höyryllä liekinestimen turvallisen huoltotyön varmistamiseksi.

12.7 Liekinvalvojat

Liekinvalvojan valinnassa tulee huomioida polton tukipolttoaine, sillä eri polttoaineet vaativat eri aallonpituusalueella (ultraviolettia tai infrapuna) toimivan liekinvalvojan.

12.8 Varapolttopaikoilla huomioitavaa

Hajukaasujärjestelmää suunniteltaessa ja rakennettaessa tulee varmistaa hajukaasujen automaattinen ohjautuminen varapolttopaikkaan turvallisesti ja hajuttomasti. Hajukaasujärjestelmää tulee käsitellä kokonaisuutena huomioiden niin putkistoille, laitteille kuin automaatiolle asetetut vaatimukset.

Varapolttopaikkojen lauhdelinjoja suunniteltaessa tulee huomioida, ettei väkevät hajukaasut pääse ohittamaan lauhdelinjojen kautta muiden polttimien palo- tai pikasulkuja.

Soihdun vesityksiin tulee varata riittävän korkea vesilukko, jottei soihdun palokammioista ole mahdollista puhaltaa polttoilmaa hajukaasujen lauhteiden keräilyjärjestelmään. Polttoilma voi aiheuttaa räjähtävän kaasuseoksen väkevien hajukaasujen ja niiden lauhteiden putkistossa.



Tarkastettava:

1. Hajukaasujen käännön automaatio ja toiminta myös häiriötilanteessa, kuten sähkökatkon tai muun käyttöenergian loppumisen aikana
2. Hajukaasujärjestelmien lauhteenpoistolinjojen riittävä koko ($\geq DN50$), koskien niin putkistoa kuin laitteitakin (polttimet, puhaltimet jne.)
3. Vesilukkojen korkeus
4. Edellytykset soihdun nopealle käynnistykselle, ks. luku 11.2
5. Lauhdejärjestelmän toiminta niin varallaolon kuin käynnin aikana
6. Hajukaasulinjojen ja hajukaasujen lauhdelinjojen suojaaminen kaikissa olosuhteissa, kuten jäätymisen esto ja vesilukkojen kuivumisen estäminen

12.9 Muutostyöt hajukaasujärjestelmässä

Hajukaasujärjestelmiin liittyvissä muutostöissä on varmistuttava, että uusi ja vanha järjestelmä muodostavat yhdessä turvallisen kokonaisuuden. Järjestelmän kytkennät tulee toteuttaa siten, että vanhaan järjestelmään ei jää kytkentöjä käytöstä poistuviin prosessialueisiin ja että laimeiden ja väkevien hajukaasujen järjestelmät eivät pääse yhdistymään.

Väkevien hajukaasujen pulloitusta suunniteltaessa on huomioitava erityisesti vanhojen prosessilaitteistojen sopivuus pulloituksen asettamiin vaatimuksiin. Tyypillisiä ongelmapaikkoja ovat muun muassa vesilukot sekä säiliöt, joita ei ole suunniteltu ali- tai ylipaineelle.

Tarkastettava:

1. Käytöstä poistuvien laitteiden ja säiliöiden eristäminen hajukaasujärjestelmistä
2. Putkien reititys ja lauhteiden keräily
3. Säiliöiden ja niiden turvalaitteiden suunnitteluarvot uuden järjestelmän osana



13 SUUNNITTELUUN VAIKUTTAVAT MUUT OHJEET JA MÄÄRÄYKSET

13.1 Suomen lainsäädäntö

Tärkeimmät hajukaasujen käsittelyä koskevat kotimaiset lait ja asetukset ovat:

- Kemikaalilaki ([744/1989](#))
- Asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä ([59/1999](#))
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta ([6/2010](#))

13.1.1 Poikkeamatarkastelu (HAZOP)

Kemikaalilaki määrittelee vaaralliset kaasut ja vaatii hajukaasun poltolle poikkeamatarkastelun (esimerkiksi HAZOP-tarkastelu).

13.1.2 Putkistojen luokittelu

Kemikaalilaki ja asetus vaarallisten kemikaalien teollisesta käsittelystä antavat teknisiä laitevaatimuksia ja määräävät käytännössä esimerkiksi, miten putket luokitellaan, miten määräaikaistarkastuksia suoritetaan ja että väkevät hajukaasut on siirrettävä ejektorilla eikä esimerkiksi puhaltimella.

EU:n uusi aineiden ja seosten luokitusta, merkintöjä ja pakkaamista koskeva ns. [CLP-asetus \(EY\) N:o 1272/2008](#) astui voimaan 20.1.2009. CLP-asetus on sellaisenaan voimassa kaikissa EU:n jäsenmaissa.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä [26.9.2001/807](#) antaa kaavan syttyvyyden määrittämiselle, pohjana on käytetty standardia [Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets ISO 10156](#) ja sen taulukoita 1 ja 2. Laimeat hajukaasut luokitellaan haitallisiksi kaasuiksi, muttei räjähtäviksi kaasuiksi.

Väkevien hajukaasujen erillispoltto rakennetaan käytännössä yleensä maakaasun vaatimusten mukaan. Maakaasulle on olemassa ohjeistus joka asettaa mm. venttiileille ja huuhtelulle tarkat vaatimukset.



13.1.3 Räjähdysvaarallisten tilojen luokittelu (ATEX)

Räjähdysvaarallisia tiloja koskee [EU ATEX-direktiivi 2014/34/EU](#). Lisäksi räjähdysvaarallisten tilojen luokittelusta annetaan ohjeet [standardissa EN 60079-10:1956](#), joka on käännetty suomeksi ja julkaistu SFS-käsikirjana numero 59. Väkeville hajukaasuille sovelletaan räjähdysvaarallisten tilojen tilaluokitusta. Tilaluokat ja niiden vaikutusalueet määritellään mahdollisille vuotokohteille. Tilaluokan vaikutusalueelle tulevat laitteistot rakennetaan luokituksen mukaisin komponentein. Luokka 1 tarkoittaa, että räjähtävää kaasua esiintyy satunnaisesti ja luokka 2 tarkoittaa että kaasua ei odoteta esiintyvän kyseisellä alueella normaalikäytön aikana.

13.2 Eurooppalaiset standardit

Eurooppalainen paineastioita käsittelevä standardi ([EN 12952-8, Annex A.3.3.](#)) asettaa hajukaasujen poltolle soodakattilassa tiettyjä rajoituksia. Väkeviä hajukaasuja saa polttaa soodakattilassa, mikäli höyrynykehitys on vähintään 50 % kattilan nimelliskuormasta mustalipeällä.

Lisäksi standardi vaatii, että varotoimenpiteisiin ryhdytään, jottei vesiliuoksia joutuisi tulipesään kaasujen tai polttoaineen mukana sekä ettei väkeviä hajukaasuja joutuisi kattilarakennuksen ilmaan. Laimeita hajukaasuja ei tämä edellä mainittu koske.

Kaikkiin hajukaasulinjoihin on asennettava sulkuventtiilit.

13.3 EU BAT BREF:n velvoittavat päätelmät

EU on julkaissut BAT BREF -dokumenteja, joilla ohjataan ympäristömääräyksiä. Dokumentti on kaksiosainen:

1. Suoranaisesti velvoittavat päätelmät: ”European Commission, Implementing decision (2014/687/EU), Pulp and Paper Conclusions”, josta on tehty komission toimesta virallinen suomennos ”Komission täytäntöönpanopäätös (2010/75/EU) parhaita käytettävissä olevia tekniikoita (BAT) koskevien päätelmien vahvistamisesta massan, paperin ja kartongin tuotantoa varten”.



2. Koko teksti: ”European Commission, Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board. 2015”, jossa oleva teksti on tarkoitettu ohjeeksi eikä se laillisesti velvoita jäsenmaita.

Jäsenmaan ympäristöviranomainen voi kokonaisharkinnan perusteella päättää itsenäisesti, mutta jos päätökset ovat löysempiä kuin velvoittavat päätelmät, pitää siitä ilmoittaa EU:lle.

13.4 Huomioita prosessikohtaisiin BAT-päätelmiin

BAT-päätelmä 5 tarkoittaa, että haisevien vesien uudelleenkäytössä on hajukaasupitoisuus huomioitava.

BAT-päätelmän 9. kohdat a ja c

Parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on toteuttaa ilmaan johdettavien päästöjen tarkkailu ja mittaaminen seuraavassa kuvatulla tavalla säännöllisin väliajoin, kuten taulukossa viitattu ja EN-standardien mukaisesti.

Jos EN-standardeja ei ole käytettävissä, parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on käyttää ISO-, kansallisia tai muita kansainvälisiä standardeja, joilla varmistetaan toimitettavien tietojen vastaava tieteellinen laatu.

Hajukaasujen polttoon tarkoitettu hajukaasukattilan NO_x ja SO₂ on mitattava jaksottaisesti tai jatkuvatoimisesti.

Hajukaasujen polttoon tarkoitettu hajukaasukattilan H₂S on mitattava jaksottaisesti tai jatkuvatoimisesti.

Hajukaasujen hajapäästöt (H₂S) eri lähteistä (esimerkiksi kuitulinja, säiliöt ja hakesii-
lot) sekä laimeat jäännöskaasut on mitattava jaksoittain.



BAT-päätelmä 20

BAT 20. Väkevista ja laimeista hajukaasuista aiheutuvien hajupäästöjen ja pelkistyneiden rikkiyhdisteiden kokonaispäästöjen vähentämiseksi parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on ehkäistä hajapäästöt ottamalla talteen kaikki prosessipohjaiset rikkipitoiset poistokaasut, mukaan lukien rikkipitoiset päästökaasut, hyödyntämällä kaikkia seuraavassa mainittuja tekniikoita.

	Tekniikka	Kuvaus
a	Seuraavilla ominaisuuksilla varustetut väkevien ja laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmät: — kapasiteetiltaan riittävät katteet, imukuvut, putkistot ja poistojärjestelmä; — jatkuvatoiminen vuodonilmaisujärjestelmä; — turvatoimet ja -laitteet.	
b	Lauhtumattomien väkevien ja laimeiden hajukaasujen polttaminen	Polttamisessa voidaan käyttää seuraavia: — soodakattila — meesauuni ⁽¹⁾ — TRS:n polttoon tarkoitettu hajukaasukattila, jossa on märkäpesuri SO _x -yhdisteiden poistamista varten; tai — voimakattila ⁽²⁾ Väkevien hajukaasujen polton on toimittava jatkuvasti, mitä varten asennetaan varajärjestelmät. Meesauunit voivat toimia varajärjestelmänä soodakattiloille. Muita mahdollisia varalaitteita ovat soihdut ja tulitorvi-tuliputkikattila.
c	Pidetään kirjaa polttojärjestelmän käyttökeskeytyksistä sekä näistä aiheutuvista päästöistä ⁽³⁾	

⁽¹⁾ Meesauunin SO_x-päästötasot kasvavat voimakkaasti, kun uuniin syötetään lauhumattomia väkeviä hajukaasuja ilman alkalipesurin käyttöä.

⁽²⁾ Voidaan soveltaa laimeiden hajukaasujen käsittelyyn.

⁽³⁾ Voidaan soveltaa väkevien hajukaasujen käsittelyyn.

Lisäksi BAT-päätelmässä 20 mainitaan keräämättömistä rikkiyhdisteistä: ”Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukainen pelkistyneiden rikkiyhdisteiden (TRS) päästötaso laimeissa jäännöskaasuissa on 0,05–0,2 kg S/ADt.”

BAT BREF:ssä todetaan hajukaasujen poltosta meesauunissa seuraavia asioita.

Meesauunin päästöjen vähentäminen, SO₂, BAT 24: Meesauunista peräisin olevien SO₂-päästöjen vähentämiseksi parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on hyödyntää seuraavassa mainittuja tekniikoita yksin tai yhdistelminä.

- Polttoaineen valinta/vähärikkinen polttoaine
- Rikkipitoisten väkevien hajukaasujen polttamista meesauunissa rajoitetaan
- Syötettävän meesan Na₂S-pitoisuuden säateleminen



d. Alkalipesuri

Kohdalla b tarkoitetaan, että meesauuniin ei tule syöttää jatkuvasti isoa määrää väkeviä hajukaasuja puutteellisen rikinsidontakyvyn vuoksi. BAT-päätelmässä ei ole mainintaa laimeiden hajukaasujen poltosta meesauunissa.

Meesauunin päästöjen vähentäminen, TRS, BAT 25 taulukko 7: ”Väkeviä kaasuja (mukaan lukien metanoli ja tärpähti) polttavien meesauunien AEL-vaihteluvälin yläraja voi olla enimmillään 40 mg/Nm³.” Ilman hajukaasujen polttoa vaihteluväli on 1–10 mg/Nm³, joten väkevien hajukaasujen poltto meesauunissa lisää TRS-päästöjä.

Meesauunin päästöjen vähentäminen, NO_x, BAT 26 luettelee seuraavat tekniikat NO_x-päästöjen vähentämiseksi:

- a. Optimoitu palaminen ja palamisen hallinta
- b. Polttoaineen ja ilman huolellinen sekoittaminen
- c. Low-NO_x-polttimet (typen oksidien syntymistä vähentävät polttimet)
- d. Polttoaineen valinta/vähän typpeä sisältävä polttoaine

Kohdan d polttoaineella käsitetään myös meesauuniin johdettavat väkevät hajukaasut sekä nestemäinen metanoli ja tärpähti. Päätelmässä todetaan, että näitä poltettaessa meesauunin NO_x-päästöt kasvavat.

Väkevien hajukaasujen polttimesta (erillinen hajukaasukattila) peräisin olevien päästöjen vähentäminen, SO₂ ja TRS, BAT-päätelmä 28 toteaa: ”Väkevien hajukaasujen polttamisesta hajukaasujen polttoon tarkoitettussa hajukaasukattilassa peräisin olevien SO₂-päästöjen vähentämiseksi parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on käyttää alkali-SO₂-pesuria.”



BAT-päätelmässä on annettu seuraavan taulukon mukaiset päästötasot erilliselle hajukaasukattilalle.

Taulukko 10

Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaiset SO₂- ja TRS-päästöt, jotka ovat peräisin väkevien kaasujen polttamisesta hajukaasujen polttoon tarkoitettussa hajukaasukattilassa

Muuttuja	Vuosikeskiarvo mg/Nm ³ (9 % O ₂)	Vuosikeskiarvo kg S/ADt
SO ₂	20–120	—
TRS	1–5	
Kaasumainen rikki (TRS-S + SO ₂ -S)	—	0,002–0,05 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Tämä BAT-päästötaso perustuu kaasuvirtaamaan, jonka taso on 100–200 Nm³/ADt.

Väkevien hajukaasujen polttimesta (erillinen hajukaasukattila) peräisin olevien päästöjen vähentäminen, NO_x, BAT-päätelmässä 29 a ja b mainitaan: ”Väkevien hajukaasujen polttamisesta hajukaasujen polttoon tarkoitettussa hajukaasukattilassa peräisinolevien NO_x-päästöjen vähentämiseksi parasta käytettävissä olevaa tekniikkaa on hyödyntää seuraavassa mainittuja tekniikoita yksin tai yhdistelminä.”

a. Polttimeen/polton optimointi

b. Vaiheistettu poltto

Hajukaasukattilan päästöistä päätelmässä on ilmoitettu alla taulukoidut päästörajat.

Taulukko 11

Parhaan käytettävissä olevan tekniikan mukaiset NO_x-päästöt, jotka ovat peräisin väkevien kaasujen polttamisesta hajukaasujen polttoon tarkoitettussa hajukaasukattilassa

Muuttuja	Vuosikeskiarvo mg/Nm ³ (9 % O ₂)	Vuosikeskiarvo kg NO _x /ADt
NO _x	50–400 ⁽¹⁾	0,01–0,1 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Jos olemassa olevissa laitoksen osissa ei voida siirtyä vaiheistettuun polttoon, päästötasot voivat olla enimmillään 1 000 mg/Nm³ (vastaa 0,2 kg:aa/ADt).

BAT-päätelmässä on ilmoitettu ilmaan johdettavien päästöjen ehkäisemisessä ja valvonnassa käytettävien tekniikoiden kuvaukset päätelmien luvussa 1.7. Hajukaasujen käsittelyyn olennaisesti liittyvät luvun seuraavat kohdat:



- a. Yleisesti hajukaasujen poltosta mainitaan seuraavaa: ”Talteenotetut väkevät kaasut voidaan hävittää polttamalla ne soodakattilassa, erillisessä hajukaasukattilassa tai meesauunissa. Talteenotetut laimeat kaasut sopivat poltettaviksi soodakattilassa, meesauunissa, voimakattilassa tai hajukaasukattilassa. Liutussäiliöiden poistokaasut voidaan polttaa uudenaikaisissa soodakattiloissa”.
- b. Typen oksidit, NO_x: ”Vähän typpeä sisältävien polttoaineiden käyttö vähentää NO_x-päästöjä, jotka johtuvat polttoaineessa olevan typen hapettumisesta polton aikana. Konsentroituneiden lauhtumattomien hajukaasujen tai biomassapohjaisten polttoaineiden poltto lisää NO_x-päästöjä öljyyn ja maakaasuun verrattuna, sillä konsentroituneet lauhtumattomat hajukaasut ja kaikki puupohjaiset polttoaineet sisältävät enemmän typpeä kuin öljy ja maakaasu.” Koska väkevät hajukaasut ja nestemäinen metanoli sisältävät runsaasti typpiyhdisteitä, niiden poltto aiheuttaa lisääntyvää NO_x-päästöä.

13.5 Olemassa olevat suositukset

Ruotsin Sodahuskommittén ja amerikkalainen BLRBAC ovat tehneet ohjeita hajukaasujen käsittelystä ja poltosta. BLRBAC:n ohjeet ovat hyvin seikkaperäisiä ja antavat tarkkoja teknisiä kuvauksia ratkaisuihin.

13.5.1 Sodahuskommittén

Ruotsin sisarorganisaatiomme Sodahuskommittén teki joulukuussa 2008 periaatepäätöksen, että suosituksia julkaistaan vastedes vain ruotsiksi ja ne on ainoastaan tarkoitettu Sodahuskommittén jäsenten käyttöön. Komitean teettämän selvityksen mukaan komitean vastuu suosituksista voidaan ulottaa pitkällekin.

13.5.2 BLRBAC

BLRBAC on tehnyt ohjeen vaaratilanteiden minimoimiseksi nimeltä ”[Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black liquor recovery boiler](#)”, päivitetty huhtikuu 2017 (Vapaasti suomennettu: Suositeltava hyvä tapa jätevirtojen polttamiseksi soodakattilassa)



Ohjeessa luetellaan palavat hajukaasut ja määritellään niiden räjähdysrajat. Ohje kertoo, mistä hajukaasuja kerätään, miten niitä voidaan hävittää ja antaa ohjeet mm. metanolin ja tärpätin polttoon muun muassa hakesiilon hönkien käsittelystä on oma kappale. Ohje antaa ehdot esim. millä mustalipeän kuiva-ainepitoisuudella hajukaasuja voidaan turvallisesti polttaa.

Ongelmatilanteissa, ja erityisesti kun käytännössä kun suoritetaan pikapysäytys eli Emergency Shutdown Procedure (ESP), on hajukaasut välittömästi johdettava soodakattilasta muualle muun polttoaineen tavoin.

Ohje varoittaa myös hajukaasujen myrkyllisyydestä ja niiden aiheuttamasta korroosiovaarasta, vaikkei hajukaasujen poltosta olekaan todistetusti havaittu korroosiota paineastialle.

Ohje on hyvin kattava, se sisältää myös logiikkaehtoja ja esimerkkejä poltto- ja keräilyjärjestelmien PI- ja lukituskaavioista. Alla on esitetty BLRBAC:n esitys logiikkaehdoista.

4.4.1 Permissive Starting Logic - DNCG

To admit DNCG to the recovery furnace, the following conditions should be fulfilled:

- Purge credit established and maintained
- Steam flow is above 30% of MCR
- DNCG temperature after reheat not low
- DNCG temperature after condenser not high
- DNCG flow above minimum
- If vent gas from a steaming chip bin is included in the collection system, the chip bin gas temperature after the gas cooler is not high
- Dissolving tank pressure not high (if applicable)
- DNCG temperature after scrubber/cooler for dissolving tank vent gas below maximum (if applicable)

Permissive starting logic for thermal oxidation of DNCG is shown in Figure 2, which is supported by a Logic Explanation Chart.

4.4.2 Protective Tripping Logic - DNCG

Any of the following conditions will disallow introduction of DNCG to the recovery furnace:

- Master Fuel Trip (purge credit lost)
- DNCG flow low
- Gas temperature after chip bin gas cooler high (if applicable)
- DNCG temperature after gas condenser high
- DNCG temperature after reheater low
- Boiler steam flow less than 30% of MCR
- Automatic vent valve not closed.



5.4.1 Permissive Starting Logic - CNCG

To start thermal oxidation of CNCG in the waste streams burner the following conditions must be fulfilled.

- Purge credit established and maintained
- Firing liquor stably or steam flow greater than 50% of the steam flow at MCR
- Combustion air fan for waste streams burner running

Page 36

BLRBAC RECOMMENDED GOOD PRACTICE ***Thermal Oxidation of Waste Streams in Black Liquor Recovery Boilers***

April 2017

- Combustion air flow normal
- CNCG flow (velocity) above minimum
- CNCG temperature above minimum
- CNCG pressure not high
- CNCG pressure not low
- Seal pot level not high (if used)
- Burner switch in START position
- Igniter has been in stable operation for minimum one minute
- Igniter interlocks satisfied

Staging of injection of multiple streams into a waste stream burner should be part of the Start Permissives.

Permissive Starting Logic for thermal oxidation of CNCG in the waste streams burner is shown in Figure 7.

5.4.2 Protective Tripping Logic - CNCG

Any of the following conditions will cause the waste streams burner to shut down thermal oxidation of CNCG.

- Master Fuel Trip (purge credit lost)
- Not firing liquor stably or steam flow less than 50% of steam flow at MCR
- CNCG pressure high
- CNCG pressure low
- Combustion air fan for waste streams burner off
- CNCG temperature below minimum
- CNCG flow (velocity) below minimum
- Combustion air flow not normal
- Igniter interlocks not satisfied



14 POIKKEAMAT MUIDEN OHJEIDEN KÄYTÄNTÖÖN

Suomen Soodakattilayhdistys on pyrkinyt pääosin noudattamaan eräissä muissa maissa laadittuja suosituksia ja ohjeita hajukaasujen poltosta soodakattilalla. Ainakin seuraavat asiat poikkeavat muissa suosituksissa esitetyistä.

14.1 Poikkeamat BLRBACn ohjeisiin

Soodakattilayhdistyksen ohjeet poikkeavat BLRBACn (<http://www.blrbac.org/>) ohjeista muun muassa seuraavissa kohdin:

- Ohjeissa on oma kappale hakesiilon hönkien keräilyyn ja käsittelyyn. Alemman räjähdysrajan (LEL)- analysaattorin käyttöä BLRBAC suosittelee, jos siirtoon käytetään puhallinta ja hakesiilon tuodaan keittämön paisuntahöyryä.
- SKY:n suositus eroaa hakesiilon hönkien käsittelystä
- Ohjeissa on oma kappale stripperikaasujen käsittelyyn ja polttoon
- Esimerkkejä hajukaasukeräilyn ja polton PI- ja lukituskaavioista
- Suositus laimeiden hajukaasujen ja hönkien suhteelliseksi kosteudeksi lauhduttimen jälkeen 50 % joka vastaa lämpötilaa $< 43,3\text{ °C}$ (110 °F). Lämmitys vähintään $22,2\text{ °C}$ (40 °F) yli lauhdutuslämpötilan.
- Laimeiden hajukaasujen poltto voidaan aloittaa kun kattilan höyrykuorma on yli 30 % kattilan MCR:stä.
- Väkevien hajukaasujen poltto voidaan aloittaa kun kattilan höyrykuorma on yli 50 % kattilan MCR:stä.
- Metanolin/tärpätin poltto mustalipeään sekoitettuna

14.2 Poikkeamat EN-standardiin

Soodakattilayhdistyksen ohjeet poikkeavat EN-standardista [EN 12952-8](#) muun muassa seuraavissa kohdin:



- Standardissa vaaditaan kaikille polttoaineille (sisältäen väkevät hajukaasut) epäpuhtauksien poistolaitetta (esim. suodatusverkko) ennen polttimen pikasulkuventtiileitä.
- Standardissa esitetään, että väkeviä hajukaasuja saa polttaa soodakattilassa, mikäli höyryntuotanto on vähintään 50 % kattilan nimelliskuormasta mustalipeällä.



15 ESIMERKKEJÄ VAURIOISTA

Hajukaasulinjastossa voi olla räjähdysvaara, mikäli kaasun konsentraatio on räjähdysalueella. Kaasun konsentraatio on pidettävä riittävän korkeana tai tarpeeksi matalana. Etenkin pysäytys- ja käynnistystilanteet ovat ongelmallisia. Yleensä soodakattiloiden hajukaasuräjähdykset ovat tapahtuneet laimeiden hajukaasujen järjestelmissä.

Seuraavassa on kuvattu esimerkein eräitä Soodakattilayhdistyksen tietoon tulleita vaurioita ja vaaratilanteita. Vauriot on kuvattu, jotta suosituksen lukijalle tulisi konkreettinen kuva mahdollisista vaaratilanteista, jotka liittyvät hajukaasujen käsittelyyn tai polttoon. Vastaavanlaisia tapahtumia on esiintynyt muillakin tehtailla.

15.1 Esimerkki 1:

Tehtaan betonipiipussa tapahtui räjähdys, jossa vaurioitui laimeiden kaasujen teräspiippu koko pituudeltaan, osa meesauunin savukaasupiipusta ja pala väkevien hajukaasujen putkea. Räjähdys piipussa aiheutui usean tekijän yhteisvaikutuksesta. Räjähdystä edelsivät ajotilanteet, jotka nostivat ohituspiipun kaasuseoksen pitoisuuden syttymis- ja räjähdysalueelle. Samanaikaisesti vallitsevat sääolosuhteet työnsivät meesauunin kuumat savukaasut ulostulevien laimeiden hajukaasujen sekaan aiheuttaen syttymisen.



Kuva 15-1. Kuva sisäpiipusta räjähdysen jälkeen

Syyt:

- Haihduttamon laimeat hajukaasut olivat konsentroituneet normaaliajona ja seisokin aikana räjähdyspitoisuuteen
- Polttoliipeäsäiliön kaasut johdettiin laimeiden hajukaasujen keräilyyn. Polttoliipeäsäiliöstä purkautui voimakkaasti kaasuja 22 tuntia ennen räjähdystä.
- Kuitulinjojen hajukaasupuhallin oli pysäytetty, jolloin laimentavaa vaikutusta kuitulinjojen hajukaasuista ei saatu.
- Meesauunin kuumat (n. 260 °C) savukaasut sekoittuivat vallitsevien sääolosuhteiden johdosta suoraan ulospurkautuneisiin laimeisiin hajukaasuihin, joiden pitoisuus ylitti alemman räjähdysrajan. Laimeiden hajukaasujen ohituspiippu ja meesauunin savukaasupiippu olivat samalla tasolla.

Jatkotoimenpiteet räjähdysen jälkeen:

- Kuitulinjojen laimeiden hajukaasujen puhallin tulisi pitää käynnissä seisokin aikana ja samalla johtaa laimennusilmaa puhaltimen imupuolelle. Näin varmistetaan, että kaasujen pitoisuus pysyy tarpeeksi alhaisena.



- Polttolipeäsäiliön kaasut johdetaan väkevien hajukaasujen keräilyyn tai haihdutinsarjalle, ei laimeiden hajukaasujen keräilyyn.
- Polttolipeäsäiliön vahvalipeän lämpötila ja kuiva-aine pudotetaan 117 °C:een ja 67–69 % kuiva-aineeseen seisokkia varten kaasunmuodostumisreaktioiden estämiseksi.
- Hajukaasupesurin kierrätyspumppua ei pysäytetä seisokin aikana.
- Laimien hajukaasujen seisokkiaikainen ajo ohjeistetaan selkeästi.
- Haihduttamon hajukaasupesurin pesukiertonestettä ei pumpata vuotolipeäsäiliöön, josta kaasut imetään takaisin laimeiden hajukaasujen keräilyyn.

Muut suositukset:

- Kartoitetaan metanolin, TRS-yhdisteiden ja tärpätin pitoisuuksia laimeissa hajukaasuissa, lipeissä ja lauhdeissa.
- Lisätään laimeiden hajukaasujen keräilyyn pitoisuus- tai virtausmittaus valvontaa varten.
- Laaditaan simulointiohjelma, jolla voidaan luotettavasti määrittää laimennusilmojen määrä eri ajotilanteissa.
- Haihduttamon suljetun laimeiden hajukaasujen keräilyyn puhaltimen kapasiteettia tulisi lisätä ja imupuoli varustaa laimennusilman sisäännotolla.
- Laimien hajukaasujen ohituspiipun alaosan suunnittelu pitää miettiä uudestaan.
- Esimerkin tapauksessa haihduttamon puhaltimen käyttö tulisi lopettaa ja ohjata laimeat hajukaasut imupuolella olevaan omaan piippuun, jotta ne eivät pääse konsentroitumaan räjähdyspitoisuuksiin.
 - Huom. hajukaasujen konsentroitumisen estämiseksi yleisesti suositellaan laimeiden hajukaasujen puhaltimien pitämistä päällä myös seisokissa. Mikäli hajukaasupuhallin joudutaan huoltotöiden takia pysäyttämään, tulee hajukaasut ohjata suoraan ulkoilmaan ja konsentroitumisen



estämiseksi laimennusilmaa lisätä keräilypaikalta esimerkiksi avaamalla huoltoluukut yli- ja alipaineventtiileissä.

- Laimeille hajukaasuille tulisi tehdä poikkeamatarkastelu (HAZOP) kaasujen väkevoitymiselle normaaliajossa ja seisokkitilanteessa.

15.2 Esimerkki 2:

Hajukaasuräjähdyksen lähellä hajukaasukattilan poltinta laimeiden hajukaasujen keräilyputkistossa.

Syyt:

Sellutehtaan käynnistyksen yhteydessä hakkeen syöttö keittimelle pysähtyi mustaliipeäsuodattimien ongelmien takia. Tämän jälkeen hakesiilon pinta nostettiin tasolle 95 % ja hake pasutettiin tuorehöyryllä, jolloin hakesiilon pintalämpötila näytti 90 °C.

Puoli tuntia pysäytyksen jälkeen hakkeen syöttö keittimelle käynnistettiin uudelleen, jolloin myös pasutushöyryä lisättiin hakesiilon, koska väkevien hajukaasujen systeemi ei kyennyt pitämään riittävää alipainetta polttokattilalle menevässä hajukaasujen keräilylinjassa. Valmiiksi pasutettu hakepatja ei pystynyt lauhduttamaan ja absorboimaan pasutushöyryä, jolloin se pääsi hakepatjan läpi ja nosti hakesiilon yläosan lämpötilan äkillisesti. Hakesiilosta höyry pääsi kulkeutumaan laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään.

Lämpötilalukitus hakesiilon hönkien lauhduttimien jälkeen saavutti lukitusrajan >55 °C, jolloin kaasut ohjautuivat ohitusputkeen. Ennen tätä turvalukitusta kaasuja pääsi n. 40 sekunnin ajan laimeiden hajukaasujen keräilyyn, mikä aiheutti räjähdysten n. 1,5 minuuttia pasutushöyryventtiilin avaamisesta. Räjähdys tapahtui lähellä hajukaasukattilan poltinta keräilyputkistossa.

Jatkotoimenpiteet räjähdysten jälkeen:

Ennen tehtaan uudelleenkäynnistämistä tehtiin seuraavat toimenpiteet:

- Pasutushöyryventtiilin avautumisnopeutta hidastettiin (5%/min välillä 0–10%), jotta pasutushöyryä pääsee hakesiiloon käynnistyksen yhteydessä vain hallittava määrä.
- Hakekuljetin siiloon täytyy olla käynnissä vähintään viisi minuuttia ennen kuin pasutushöyryventtiili hakesiilolle voidaan avata. Näin varmistetaan, että tuoretta haketta on hakesiilossa lauhduttamassa pasutushöyryä.
- Hakesiilon lämpötilan noustessa yli 90 °C avautuu lauhduttimen jäähdytysvesiventtiili heti 100 % auki.

15.3 Esimerkki 3:

Massatehtaan ja soodakattilan käynnistyksen yhteydessä hajukaasukanavassa syttyi tulipalo, joka vaurioitti soodakattilan etuseinää ja kanavaa noin kahden metrin matkalta. Palo sai mahdollisesti alkunsa kattilan takatulesta, joka sytytti hajukaasukanavan pohjalle kertyneen sakan palamaan. Hajukaasukanavan pohjalle muodostunut sakka on yleensä peräisin mäntyöljylaitokselta.



Kuva 15-2. Kuva laimeiden hajukaasujen kanavasta palon jälkeen



Soodakattilayhdistyksen kestoisuustyöryhmä keräsi listan asioista, joihin olisi kiinnitettävä huomiota:

- Pesurien toiminta on saatava kuntoon, jotta taataan hyvä pesutulos. Nesteenjako, pisaranerotus ja pesurin jälkeinen lämpötila on tarkastettava jokaisessa pesurissa.
- Laimeiden hajukaasujärjestelmän laimennuksen hallinta on tarkastettava.
- Ennen esilämmitintä on oltava pisaranerotus.
- Polttosuosituksen mukaisesti hajukaasujen koostumus on mitattava säännöllisesti.
- Kanavat on tarkastettava ja puhdistettava säännöllisesti.
- Poikkeamatarkastelu (HAZOP) tulisi tehdä aina järjestelmämuutosten yhteydessä yhdessä hajukaasujärjestelmän toimittajan kanssa.

Jatkotoimenpiteet räjähdysen jälkeen:

- Laimeiden hajukaasujen puhallin uusittiin.
- Ilman esilämmitystä tehostettiin lisäämällä tuoreilmalle oma lämmönvaihdin, jolloin laimeiden hajukaasun lämpötilaa saatiin nostettua.
- Keräilyjärjestelmän kapasiteettia kasvatettiin.
- Polttoon liittyvät lukitukset tarkistettiin.
- Liuottajan höngät otettiin mukaan polttoon laimeiden hajukaasujen mukana.

15.4 Esimerkki 4:

Tässä esimerkissä on kuvattu kaksi erillistä tapausta. Ensimmäinen räjähdys tapahtui soodakattilalla laimean hajukaasun kanavistossa ja toinen polttolipeäsäiliössä.

Syyt:

Brasilialaisella tehtaalla tapahtui kaksi räjähdystä käynnistyksen jälkeen. Ensimmäinen räjähdys liittyi hakesiiloon ja toinen paineelliseen polttolipeäsäiliöön.

Pasutushöyryä ajettiin hakesiiloon tehtaan seisokin aikana, jolloin väkevä hajukaasu pääsi laimeiden hajukaasujen keräilyyn hakepatjan läpi, tai metanoli oli väkevöitynyt patjaan ja vapautui. Pasutushöyrylle ei ollut lauhdutusta, vaan se oli johdettava hakesiiloon. Räjähdyks tapahtui soodakattilalla laimean hajukaasun kanavistossa. Soodakattilan sekundääri-ilmamäärää oli manuaalisesti pienennetty.

Toinen räjähdys liittyi paineelliseen polttolipeäsäiliöön, joka räjähti, kun sen kierrätyspumppu jätettiin käyntiin seisokissa ja hajukaasuyhdisteitä alkoi muodostua säiliön sisällä voimakkaasti. Säiliössä ei ollut varoventtiiliä eikä sitä ollut liitetty väkevien hajukaasujen keräilyyn.

Jatkotoimenpiteet räjähdysten jälkeen:

Hakesiilon väkevien kaasujen räjähdys laimeassa keräilyjärjestelmässä johti siihen, että tehdas investoi pasutushöyryn kiehuutimeen (reboileriin), jolloin hake pasutetaan puhtaalla höyryllä. Tämä keittämön parannus poisti laimeiden hajukaasujen keräily- ja käsittelyjärjestelmän ongelmat. Kiehuutimen höyryn käyttö hakesiilossa pitää laimeiden hajukaasujen konsentraation aina alhaisella tasolla. Myös varapolttajärjestelmän hankintaa harkittiin hajuongelmien takia, mutta kiehutin poisti pahimman häiriöpäästölähteen, joten uutta polttojärjestelmää ei tarvittu.

Polttolipeäsäiliöt liitettiin väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmään ja säiliöön asennettiin varoventtiili.

15.5 Esimerkki 5:

Sellutehtaan käynnistyksessä hakesiilosta vapautui täpätti- ja hajukaasuyhdisteitä, jotka syttyivät räjähdysmäisesti soihdussa. Palorintama eteni takaperin hajukaasupuhaltimelle, jossa tapahtui toinen räjähdys.

Syyt:

Räjähdyks aiheutui usean tekijän yhteisvaikutuksesta hakesiilossa, jossa laimeiden hajukaasujen turvajärjestelmällä ei pystytty hallitsemaan poikkeuksellisia olosuhteita. Turvajärjestelmä toimi hyvin normaaleissa käyttötilanteissa, mutta poikkeustilanteissa oli riski, ettei järjestelmä tunnistanut vaaraa. Muissa keräilyyn piirissä

olevissa säiliöissä laimeiden hajukaasujen muutokset ovat hitaampia, joten näihin muutoksiin tehtaan turvajärjestelmät olivat riittäneet.



Kuva 15-3. Laimeiden hajukaasujen puhallin räjähdysen jälkeen.

Räjähdysen syntyyn vaikuttivat seuraavat yksittäiset tekijät:

- Hakkeen pitkä pasutus hakesiilossa (matalapaineikiikin jumiutuminen)
- Tavanomaista korkeammat TRS- ja VOC-pitoisuudet hakesiilossa ja sen kaasuissa käynnistyksen yhteydessä
- Hakesiilolta tulevan hönkälinjan lämpötilamittauksen viive
- LEL-analysaattorin viive
- Hajukaasupesuri lauhduttaa pääasiassa vesihöyryä, jolloin hajukaasujen osuus ilmamäärässä kasvaa. LEL-analysaattori oli sijoitettu ennen lauhdutusta, jolloin mitattava pitoisuus on pienempi.
- Laimeiden hajukaasujen keräilypuhaltimen imupuolella olevan laimennusventtiilin toimimattomuus
- Keittämön laimeiden hajukaasujen keräilyventtiilin automaattinen uudelleenavautuminen LEL-analysaattorin mittauksen perusteella



- Kuristuslevy keittämön laimeiden hajukaasujen hönkäpiipussa
- Soihdun sammuminen

Laimennusilman määrä oli ollut riittävä normaaliajotilanteissa ja se perustui vuosina 1998 ja 2000 tehtyihin mittauksiin. Mittaukset eivät kuitenkaan kattaneet poikkeustilanteita.

Laimennusilmaa lisätään laimeiden hajukaasujen keräily- ja käsittelyjärjestelmään kolmessa kohdassa:

- Hajukaasupuhaltimen aiheuttama alipaine imee laimennusilmaa eri keräilykohteista hakesiilon ja muiden säiliöiden hönkäputkien kautta. Järjestelmä ei kuitenkaan toimi, jos se paineistuu, koska silloin kaasu puskee sieltä ulos. Hakesiilon tapauksessa laimennusilmalyhteeseen oli lisätty kuristuslevy.
- LEL-hajukaasuanalysaattori avaa laimennusventtiiliä hajukaasupuhaltimen imupuolella, jos pitoisuus nousee yli 30 % alemmasta LEL-rajasta.
- Laimeat hajukaasut johdetaan soihtuun, jossa tarvittava lisäilma laimentaa hajukaasuja.

Jatkotoimenpiteet räjähdysen jälkeen:

- Hakesiilon ajotapaa ja sen valvontaa kehitetään.
- Muutosten yhteydessä laimeiden hajukaasujen käsittely ja siihen liittyvät turvajärjestelmät tarkastellaan kokonaisuutena.
- Laimennusilman riittävyys poikkeustilanteissa varmistetaan.
- Suojajärjestelmä rakennetaan turva-automaation periaatteiden mukaisella tavalla.
- Laimeiden hajukaasujen pitoisuuksien seurantaa parannetaan ja lukitusrajat tarkistetaan (analysaattorin kehittäminen ja sijoitus sekä mahdollinen kahdentaminen).
- Poikkeustilanteet tunnistetaan ja ohjeistetaan.
- Vaarojen tunnistaminen ja riskien arviointi toteutetaan järjestelmällisesti.
- Valvontaa yhtenäistetään.

15.6 Esimerkki 6:

Hajukaasuräjähdyks tapahtui soodakattilan tertiääri-ilmajärjestelmässä. Räjähdyksessä särkyi hajukaasujen siirtopuhallin, noin 15 metriä kaasukanavaa, yhdeksän kattilan kupeessa olevaa suutinta, kanavien ja puhaltimen tukirakenteita, kaksi lämmönvaihdinta, pisaranerotin, kaksi säätöpeltiä, syöttövesilinjan sulkuventtiilin kara rajoineen, osa rakennuksen ikkunoista ja pieni määrä automaatiolaitteita.

Syyt:

Hakesiilolla oli häiriöitä johtuen hakekuljettimen pysähtymisestä ja pasutushöyryn joutumisesta hakesiilon hönkäjärjestelmään. Hakesiilon höngät oli kytketty laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään valkolipeäpesurin kautta massatehtaan käynnistymisen jälkeen. Kytkeä oli tehty, koska hakesiilo oli suurin yksittäinen hajuhaitan aiheuttaja tehtaalla. Häiriön aikana hakesiilon hönkien määrä ja pitoisuus nousivat voimakkaasti, jolloin väkevää tärpättiä, metanolia ja TRS-yhdisteitä sisältävää palavaa kaasua pääsi soodakattilan tertiääri-ilmajärjestelmään.

Räjähdyksen jälkeisissä hajukaasumittauksissa todettiin, että hakesiilon poistokaasu ylitti alemman räjähdysrajan pitoisuuden, jolloin kaasu saattoi syttyä soodakattilasta takaperin tulleesta liekistä tai puhaltimen aiheuttamasta kipinästä. Tärpättiliekien etenemisnopeus on 150 m/s, kun nopeus tertiääri-ilmasuuttimissa on noin 85 m/s.

Räjähdyksestä ei aiheutunut henkilövahinkoja, mutta mahdollisuudet niihin olivat olemassa.

Jatkotoimenpiteet räjähdysten jälkeen:

Tehdyssä selvityksessä suositeltiin, ettei hakesiilon poistokaasua vietäisi laimeiden hajukaasujen keräilyjärjestelmään. Raportissa kuitenkin todettiin, että jos hönkä hajusyistä halutaan viedä keräilyjärjestelmään, hakesiilon hönkälinja tulee varustaa tärpättilauhduttimella ja pesurilla, jossa kaasu jäähdytetään kylmällä vedellä. Lisäksi alemman räjähdysrajan mittaus ja hakesiilon hönkien johtaminen paikalliseen ohiajopiippuun vaaratilanteissa olisi suositeltavaa.



15.7 Esimerkki 7:

Laimeiden hajukaasujen polttolinjastossa kaasuseos konsentroitui liikaa seisokin jälkeisen käynnistyksen aikana, mikä johti räjähdykseen.

Todennäköisesti räjähdysalueella ollut kaasuseos oli kulkeutunut osittain auki olleen sulkuventtiilin ja/tai vesitysputkistojen kautta soodakattilan tertiääritason takaseinän hajukaasusuuttimille seisokin jälkeisen käynnistyksen aikana. Seos syttyi suuttimilla ja eteni hajukaasukanavistoa pitkin lämmönvaihtimen etuosaan, jossa tapahtui räjähdys.

Nykyään tehtaalla pidetään hajukaasujen keräily käynnissä myös seisokin aikana.

15.8 Esimerkki 8:

Jos soodakattilaan menevässä hajukaasulinjastossa lauhtuu vettä, syntyy sulavesiräjähdysvaara.

Brasiliassa sattui vakava räjähdys, koska tulipesään joutui suurehko määrä vettä hajukaasupolttimen läpi. Räjähdysten seurauksena neljä henkilöä menehtyi ja 13 henkilöä loukkaantui. Toinen, pienempi sulavesiräjähdys tapahtui 15 minuuttia myöhemmin.

Räjähdysten perimmäinen syy oli todennäköisesti tulipesään joutunut vesi, joka sammutti keon. Vesi pääsi ilmeisesti soodakattilaan lauhtumattomien kaasujen polttolinjastosta, kun automatiikka sammutti polttojärjestelmän ja puhalsi höyryllä kaasulinjan tyhjäksi, työntäen samalla linjastossa olleen lauhtuneen veden tulipesään.

Vesityksiin tulee kiinnittää erityistä huomiota ja ne pitää järjestää linjoihin kattavasti. Ohiajopiipun tulisi sijaita mahdollisimman lähellä kattilaa, jotta piipun ja varsinaisen soodakattilarakennuksen välinen linja olisi mahdollisimman lyhyt. Käytännön syystä ohiajopiippu sijaitsee lähellä soodakattilaa, koska ejektori on usein soodakattilarakennuksessa tai sen läheisyydessä, ja piippu on aina painepuolella ejektorin jälkeen.

15.9 Esimerkki 9:

On syytä korostaa kaikille hajukaasulinjojen ja niiden läheisyydessä työskentelemään joutuville henkilöille hajukaasumyrkytyksen vaaraa.

Eräällä tehtaalla sattui 1980-luvun alussa tapaturma, jossa kaksi soodakattilan käyttöhenkilöä sai hajukaasumyrkytyksen. Onnettomuus sattui, kun lipeää ei enää virrannut mustalipeän sekoitussäiliöön hönkäputken tukkeentumisen seurauksena. Sekoitussäiliössä pinnanmittauksena oli painelähetin, mikä paineen nousun johdosta näytti väärää nestepintaa. Normaalitytilanteessa jätehappo johdettiin sekoitussäiliön pohjalle n. 2 m lipeäpinnan alapuolelle, jotta rikkivetyä ei pääsisi huonetilaan.

Onnettomuustilanteessa lipeäpinta laski liian alas, jolloin jätehappo aiheutti reaktion, joka vapautti rikkivetyä. Reaktion vuoksi kasvanut paine sulki tulevan mustalipeän venttiilin, jolloin rikkivedyn muodostuminen lisääntyi voimakkaasti. Käyttökäyttäjä oli puhdistamassa hönkälinjaa ja hengitti hönkälinjan rassauserästä vapautunutta rikkivetyä. Kyseinen henkilö tunsi huimausta ja poistui ulkoilmaan, jonka jälkeen hän menetti hetkellisesti tajuntansa. Toinen käyttökäyttäjä tuli tarkastamaan sekoitussäiliön toimintaa ja havaitsi mustalipeän sekaista vaahtoa pursuavan sekoitussäiliön tarkastusluukun kannen välistä. Hänenkin tunsi huimausta ja poistui soodakattilan valvomoon ilmoittaen valvomonhoitajalle tilanteen ja tämän jälkeen menetti hetkellisesti tajuntansa. Molemmat käyttökäyttäjät kävivät sairaalassa tarkkailussa. Tapahetken jälkeen ylimääräisen jätehapon pumppaus sekoitussäiliöön lopetettiin riskitekijöiden poistamiseksi.

15.10 Esimerkki 10:

Sellutehtaan väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmässä tapahtui aamuyöllä räjähdys. Yövuoro korjasi yhden neljästä rikkoutuneesta murtolevystä ilman ongelmia. Aamuvuoron työntekijät jatkoivat murtolevyjen vaihtotyötä. Murtolevyä kiinnitettäessä tehtaan sisätiloihin pääsi vuotamaan väkeviä hajukaasuja. Työntekijöillä ei ollut hengityssuojaimia tai monikaasumittaria ja he altistuivat väkeville hajukaasuille. Yksi työntekijä altistui vakavasti ja joutui sairaalahoitoon. Kaksi työntekijää kävi tarkkailtavana sairaalassa ja kahdelle annettiin ensiapua tapahtumapaikalla.



Murtolevyjä rikkonut räjähdys tapahtui, kun hajukaasujärjestelmään pääsi ilmaa kuvuneen vesilukon kautta, ja räjähdyskelpoinen kaasu-ilmaseos syttyi todennäköisesti staattisen sähkön aiheuttamasta kipinästä. Putkiston maadoituksessa ja potentiaalintasauksessa oli havaittu puutteita ennen onnettomuutta tehdyissä tarkastuksissa. Tehtaalla oli tapahtunut viimeisen vuoden aikana useita räjähdyksiä väkevien hajukaasujen järjestelmässä. Suurin osa tapauksista oli rikkonut vain väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmässä ylipainesuojina toimivia murtolevyjä, mutta yksi räjähdys oli aiheuttanut materiaalivahinkoa.

Murtolevyjen vaihtotyön aikana ejektorin höyryventtiili oli ajettu kiinni ja kaasut ohjautuivat painovoimaisesti ohituslinjaa pitkin katolle. Onnettomuushetkellä oltiin kiinnittämässä toista kahdesta kuitu- ja lipeälinjan välisessä putkilinjassa rikkoutuneesta murtolevystä. Vaihdeettava murtolevy oli edellä mainituista murtolevyistä soodakattilan puoleinen. Murtolevyn asentaminen ulospurkausputkeen ja pulttien kiristämisen aloittaminen on todennäköisesti muuttanut tai kiihdyttänyt kaasuvirtauksia rikkoutuneiden murtolevyjen välisessä putkessa. Keittämöltä ja haihduttamolta linjaan tulevat hajukaasut ovat lähteneet virtaamaan kohti katolle menevää ohituslinjaa ja päässeet purkautumaan kiinnitettävän murtolevyn raosta putkitunneliin, jossa kunnossapitotyöntekijät olivat tekemässä vaihtotyötä.

Keittämön ja haihduttamon hajukaasut on mahdollista ohjata häiriötilanteissa erillisiä ohituslinjoja pitkin ulos, mutta näitä toimenpiteitä ei oltu tehty ennen putkitunnelin murtolevyn vaihtotyön aloittamista.

Onnettomuuden jälkeisessä tutkinnassa havaittiin puutteita sekä väkevien hajukaasujen keräilyjärjestelmän kunnossa että kunnossapitotöihin liittyvissä toimintatavoissa.

- Käytössä olleessa järjestelmässä (liian) paljon vesilukkoja ja murtolevyjä varolaitteina, jolloin on suuri todennäköisyys ilman pääsemiselle järjestelmään.
- Kunnossapidossa havaittiin puutteita, joten mm. korroosion aiheuttamien vuotojen riski suuri.
- Työohjeissa ja työluvista oli puutteita, vaikka kysymyksessä on vaarallista kemikaalia sisältävä laitteisto.



Toimenpiteet vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi:

- Prosessiin turvallisuuden varmistamiseksi lisätyt laitteet tulee sijoittaa siten, että niiden tarkastaminen ja korjaaminen on turvallista. Varolaitteille on suositeltavaa asentaa tarkoitukseen sopiva indikaattori tai liittää laitteet automaatiojärjestelmään niiden aktivoitumisen havaitsemiseksi.
- Prosessiin turvallisuuden varmistamiseksi asennettujen laitteiden laukeamisen syyt tulee selvittää. Varolaitteita vasten ajamista ei tule hyväksyä normaaliksi prosessin ajotavaksi.
- Laitteiston ikääntymisestä johtuvat riskit tulee arvioida. Erityisesti tulee huomioida prosessiturvallisuuden kannalta kriittisten laitteiden ennakkohuolto, kuntotarkastukset ja uusimistarve.
- Toiminnanharjoittajan on varmistettava, että työntekijät tuntevat eri työpisteisiin ja työtehtäviin liittyvät vaaratekijät sekä turvallisuus- ja työohjeet. Ohjeiden tulee sisältää myös häiriötilanteiden aikainen toiminta, jolla prosessi saadaan ajettua turvalliseen tilaan. Turvallisuuden kannalta tärkeät ohjeet tulee käydä läpi työntekijöiden kanssa ja ohjeiden noudattamista tulee valvoa.
- Vuorotyössä tulee varmistaa riittävä tiedonkulku eri vuorojen välillä. Käyttäjäkunnossapidolle tulee määritellä soveltuvat vuorovaihto- ja tiedonkulkumenetelmät
- Käyttäjäkunnossapidajille pitää antaa riittävä perehdytys työkohteeseen ja työtehtäviin sekä niihin liittyviin vaaroihin ennen työn aloittamista.
- Vastuut ja velvollisuudet häiriötilanteiden jälkeisessä toiminnassa (mukaan lukien käynnistys- ja pysäytystilanteet) tulee olla selkeästi määritelty.
- Muutostenhallinnan tulee kattaa myös pienten muutosten turvallisuusvaikutusten arviointi. Riskianalyysien, ohjeiden ja PI-kaavioiden ajantasaisuus tulee tarkistaa säännöllisesti.
- Useiden osastojen tai yksiköiden alueella olevien laitteistojen kunnossapitovastuut tulee määritellä selkeästi.

- Myös prosessissa muodostuvien kemikaalien käsittelyssä ja varastoinnissa tulee noudattaa vaarallisten kemikaalien käsittelyssä ja varastoinnista annettuja säädöksiä ja ohjeita.
- Sisäisissä auditoinneissa ja tarkastuksissa tulee huomioida myös prosessiturvallisuuden kannalta tärkeiden järjestelmien vikaantumismekanismit sekä menettelyt vikatilanteiden korjauksessa mukaan lukien käytön ja kunnossapidon vastuut ja tehtävät.

15.11 Esimerkki 11:

Sellutehtaan keittämön kolmannessa kerroksessa sijaitseva valkolipeän mittasäiliö räjähti. Tilavuudeltaan 9 m³:n ja seinämävahvuudeltaan noin 5 mm:n metallisäiliö repesi ja säiliön osat levisivät eri tasoille keittämöllä. Ikkunoita rikkoontui keittämöllä useista eri kerroksista. Räjähdyksessä katkaisi keittimeen menevät kaksi mustalipeäputkea, jolloin noin 85 m³ mustalipeää pääsi vuotamaan tehtaan viemäreihin/vuotolipeäjärjestelmään. Räjähdyksen vuoksi hajukaasut johdettiin muutaman tunnin ajan käsittelemättömänä ulos, joka aiheutti hajuhaitan tehdasalueella ja sen välittömässä läheisyydessä. Räjähdyksessä ei aiheuttanut henkilövahinkoja. Keittämörakennuksessa ei ollut tapahtumahetkellä ketään ja ulkona lähimmät henkilöt olivat 50–200 metrin päässä.

Mittasäiliö oli asennettu 1970-luvun lopussa valkolipeän annostelun seurantaan varten. Myöhemmin sitä käytettiin keittämön lämmönvaihtimien pesusäiliönä. Säiliö poistettiin käytöstä noin 15 vuotta ennen onnettomuutta. Säiliö oli tällöin tyhjenetty, mutta putkisto jätetty paikoilleen.

Syyt tapahtumalle:

- Mittasäiliöön pääsi täpättipitoista kaasua haihduttamon tyhjösäiliöstä. Tyhjösäiliön ylijuoksulla ja mittasäiliöllä oli yhteys kanaali-putken kautta.
- Mittasäiliön ylijuoksuputki ja tyhjennyslinja menevät yhteiseen kanaali-putkeen. Välillä oleva vesilukko oli kuiva eikä se siis estänyt kaasujen nousua mittasäiliöön.



- Tyhjäsäiliön sisällä olevasta imuputkesta löytyi vaurio tarkastuksen yhteydessä. Vaurion johdosta tyhjäsäiliön tärpättipitoinen neste ei suunnitellusti poistunut säiliöstä. Hajukaasukeräilyn paineheittojen vuoksi tärpättipitoista hajukaasua pääsi kanaaliputken kautta mittasäiliölle. Mittasäiliöllä ja sen putkistolla ei ole maa- doituksia, joten staattinen sähkö on mahdollisesti aiheuttanut rä- jähdysen. Tärpättipitoinen kaasuilmaseos voi myös syttyä itses- tään tietyissä pitoisuuksissa.
- Mittasäiliöltä oli DN250 hönkäputki keittämön katolle ja mittasäi- liön kannen miesluukku ei ollut tiiviisti kiinni.

Toimenpiteet vastaavien onnettomuuksien ehkäisemiseksi:

- Käytöstä poistetut putkistot ja säiliöt tulee erottaa pysyvästi käy- västä prosessista. Putket täytyy katkaista ja sokeoida.
- Hajukaasujärjestelmä on alun perin rakennettu 1980-luvun lopussa ja sitä on sen jälkeen useaan otteeseen muutettu ja modernisoitu. Tehtyjen muutosten dokumentointi ja riskien arviointi oli puut- teellista. Järjestelmän kuvaus sekä käyttö- ja kunnossapito-ohjeis- tus tulee olla ajan tasalla.
- Vuoromestareille ja kuitulinjan valvomoon on laadittu tilapäisohje hajukaasujärjestelmän tilan tehostetusta tarkkailusta. Sellutehtaan aamupalavereissa on korostettu hajukaasujen käsittelyn merki- tystä.
- Hajukaasujen keräilyputkiston räjähdyslevyjen liittämistä auto- maatiojärjestelmään selvitetään. Tällöin ongelmatilanteiden selvit- täminen nopeutuisi.
- Haihduttamon tyhjäsäiliö uusitaan kokonaan vuosihuolto- seisokissa. Kyseinen säiliö ei ole paineastia.



16 LOPPUSANAT

Suomen Soodakattilayhdistyksen jäsenistö on kaivannut selkeää kannanottoa sellutehtaan hajukaasujen keräilyyn ja polttoon. Taustana on huoli turvallisuudesta ja kokonaisprosessin toimivuudesta.

Hajukaasujen syttymis- eli räjähdysalue jakaa hajukaasut laimeisiin, eli pitoisuudeltaan alle räjähdysalueen, ja väkeviin, eli pitoisuudeltaan yli räjähdysalueen.

Väkevien hajukaasujen poltto soodakattilassa on tullut vasta 1990-luvulla voimakkaasti kiinnostuksen kohteeksi. Laimeita hajukaasuja on johdettu soodakattilaan jo aiemmin.

Laimeiden hajukaasujen johtamisessa polttoon on ilmennyt runsaasti ongelmia. Kuten muillakin polttokaasuilla, väkevien hajukaasun poltolla on riskinsä, mikä on herättänyt tarpeen tälle ohjeelle. Hajukaasujen poltolle on myös olemassa eri koulukuntia, mikä on herättänyt hämmennystä ja paljon keskustelua aiheesta.

Soodakattilan suunnittelua ja käyttöä on ohjeistettu monin eri tavoin. Tämän suosituksen tarkoituksena on mahdollistaa hajukaasujen turvallinen keräily ja poltto soodakattilassa.



17 KIRJALLISUUSVIITTEITÄ

Allen, Travis, 2001, NCG Handling, incineration concerns drive need for safe system design. Pulp&Paper, April 2001. pp. 39 – 41.

Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee, Recommended good practice for the thermal oxidation of waste streams in a black liquor recovery boiler. February 2012.

Burgess, Tom ja Young, Randy, The explosive nature of noncondensable gases. Proc. 1992 Tappi Environmental Conf., pp. 81 – 95.

Compilation of 'Air Toxic' Emission Data for Boilers, Pulp Mills and Bleach Plants; NCASI Technical bulletin no. 650, June 1993.

Drew, John, Russel, James and Bajak, Henry W., Sulfate turpentine recovery. Pulp Chemicals Association, New York 1971, 147 p.

Gas book. 2007. Honeywell Analytics Inc.

Grace, T. M., Klabin / Monte Alegre recovery boiler explosion. Föredrag vid Soda-huskonferensen '99, ÅF-IPK AB 1999.

Huuska, T., Esitelmä Konemestaripäivillä 2000. Soodakattilayhdistyksen raportti 1/2000.

Hokynar, S., Sulfaattisellun valmistuksessa syntyvät hajukaasut ja niiden räjähdys-rajat. TKK, Diplomityö, 1999.

HTP-ARVOT 2020: Haitallisiksi tunnetut pitoisuudet. Sosiaali- ja terveysministeriön julkaisu 2020:24. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-00-5658-2> Viitattu 9.7.2021.

ISO 10156:1996 Ed.2, TC58/SC2: Gases and mixtures – Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets. <http://sales.sfs.fi/servlets/ProductServlet?action=showproduct&productid=237500>

Jaakko Pöyry Oy:n arkistotietoa.



Janka, K., Haaga, K., Tamminen, A. ja Wallin, E., Advanced Recovery Boilers Reduce Odor Gases Cost-Efficiently; SPCI 1999 s.531-535.

Karjunen, T., Kaasuräjähdykset soodakattiloissa vesivuotojen aikana. Soodakattilayhdistyksen raportti 7/1999.

Kankkonen, S., Pekkanen, M., Soodakattilassa poltettavat ainevirrat. Soodakattilayhdistyksen raportti 2/2000.

Lautkaski, Risto, 2010, Reappraisal of the role of turpentine vapor in noncondensable gas explosions. Tappi Journal, Vol. 7, No. 4, April 2010, pp. 6–11.

Modernin sulfaattiselutehtaan haihtuvat kaasumaiset yhdisteet, Osaprojekti 1 Haihtuvien kaasumaisten yhdisteitten määrittäminen, Loppuraportti. VTT Kemiantekniikka, Ympäristötekniikka. 45 p.

Mäntyniemi, Jussi, Isoniemi, Markku ja Harila, Pauli, Biosludge and NCG incineration in a recovery boiler. 1995 International Chemical Recovery Conference. pp. B57 – B61.

OVA-ohje: Tärpätti. 28.8.2013. Työterveyslaitos. <http://www.ttl.fi/ova/tarpatti.pdf>.

Pekkanen M, Nieminen R, Lehtinen T. Hajukaasujen polttosuosituksen päivitykseen liittyvä selvitys Soodakattilayhdistyksen raportti 7/2010.

PSAVI/7988/2019. Biotuotetehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, Kemi. 2019. Pohjois-Suomen Aluehallintovirasto. <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/1694991> Viitattu 9.7.2021.

Rantanen, Asmo, 1987, Soodakattilan liuotinhöngän koostumuksen ja käsittelymenetelmien tutkiminen. Diplomityö LTKK, Energiatekniikan osasto, Lappeenranta, 114 p.

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (979/1997) kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä.



Sosiaali- ja terveysministeriön päätös (1058/1999) kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä annetun sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen muuttamisesta.

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus kemikaalien luokitusperusteista ja merkintöjen tekemisestä annetun sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen muuttamisesta (6/2010), 11.1.2010.

Kemikaaliputkistojen turvallisuusvaatimukset 2017, Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), 2017.

Työpaikan ilman epäpuhtauksien enimmäispitoisuudet (enimmäispitoisuusohjeet). Sosiaali- ja terveysministeriön vahvistamat teknilliset turvallisuusohjeet N:o 11. Sosiaali- ja terveysministeriö 1972.

Venermo, Mikko, Upgrading of the odour control system of a kraft pulp mill by pre-evaporating the black liquor. Diplomityö, TKK Espoo. 94 p, 1992.

LIITE 1
Esimerkki tulitehon laskemiseksi



ESIMERKKI TULITEHON LASKEMISEKSI

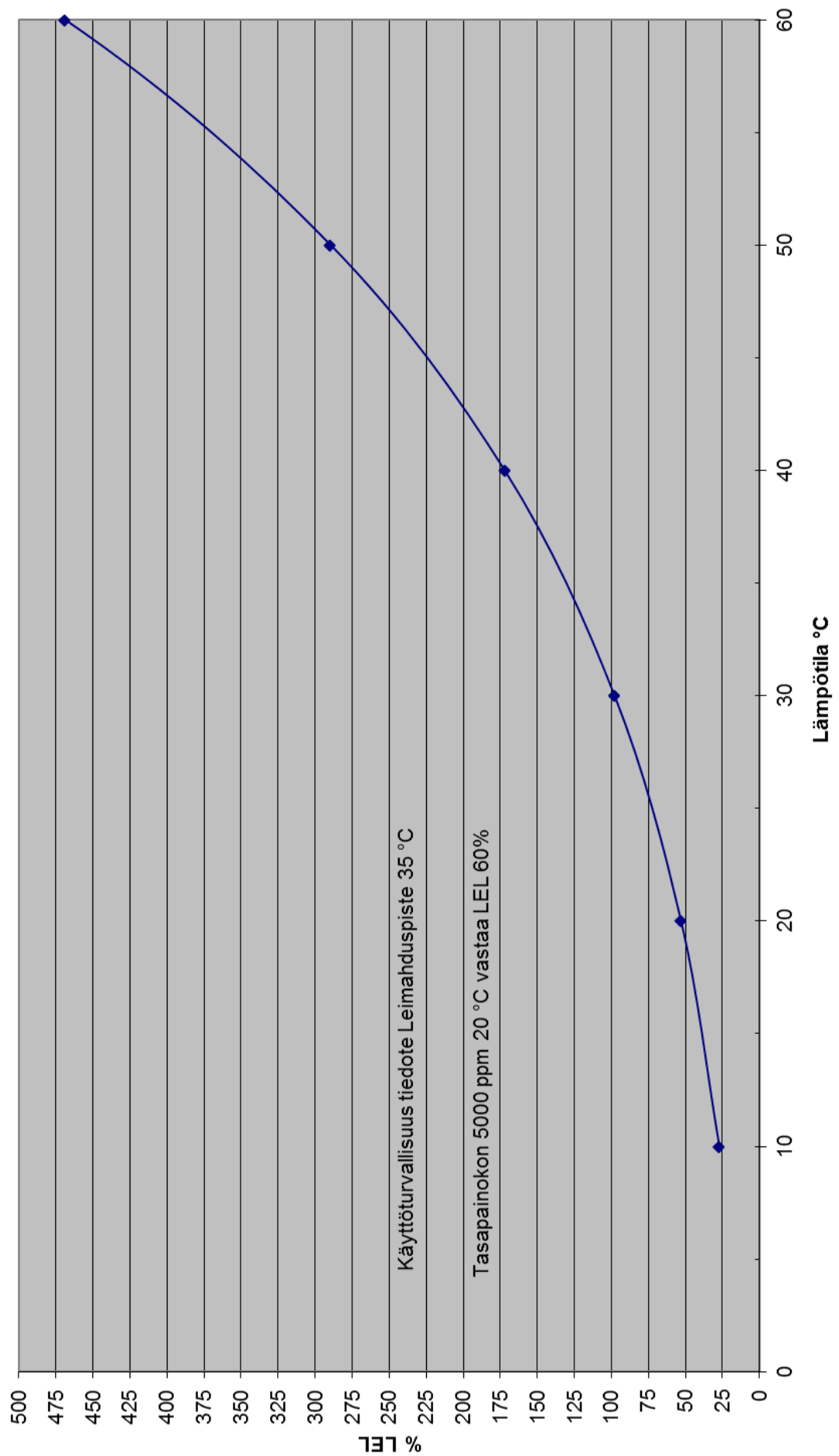
Jotta minimikuorma hajukaasujen poltolle laskettaisiin yhtenevästi, on ohessa esitetty kaksi tapaa laskea minimikuorma. Toisessa kuorma sidotaan höyryvirtaan ja toisessa lipeävirtaan. Tulitehon yksikkö on höyrykehitykseen saatu nettolämpö jaettuna tulipesän pohjaneliöillä.

	100	%		43	%
Kattilan pohjan ala	100	m ²		100	m ²
Höyrykehitys	80	kg/s		34,3	kg/s
Tuorehöyryn paine	80	bar		80	bar
Tuorehöyryn lämpötila	480	°C		480	°C
Tuorehöyryn entalpia	3349.5	KJ/kg		3349.5	kJ/kg
Syöttöveden paine	100	bar		100	bar
Syöttöveden lämpötila	115	°C		115	°C
Syöttöveden entalpia	489.6	kJ/kg		489.6	kJ/kg
Lieriön paine	90	bar		90	bar
Nuohoushöyryn entalpia	2942.9	kJ/kg		2942.9	kJ/kg
Ulospuhalluksen entalpia	1363.7	kJ/kg		1363.7	kJ/kg
Ulospuhallus	1.5	%		1.5	%
Nuohous	2,0	%		2.0	%
Lämpö höyryyn	2.922	MJ/kg		2,922	MJ/kg
	233.8	MW		100.2	MW
Nettolämpö pohja-alaa kohti	2.34	MW/m ²		1.00	MW/m ²
TAI					
	100	%		43	%
Mustalipeävirtaus	2200	tka/24h		943	tka/24h
	25.5	kgka/s		10.9	kgka/s
Nettolämpö (taseesta)	9200	kJ/kgka		9200	kJ/kgka
	234.3	MW		100.4	MW
Nettolämpö pohja-alaa kohti	2.34	MW/m ²		1.00	MW/m ²

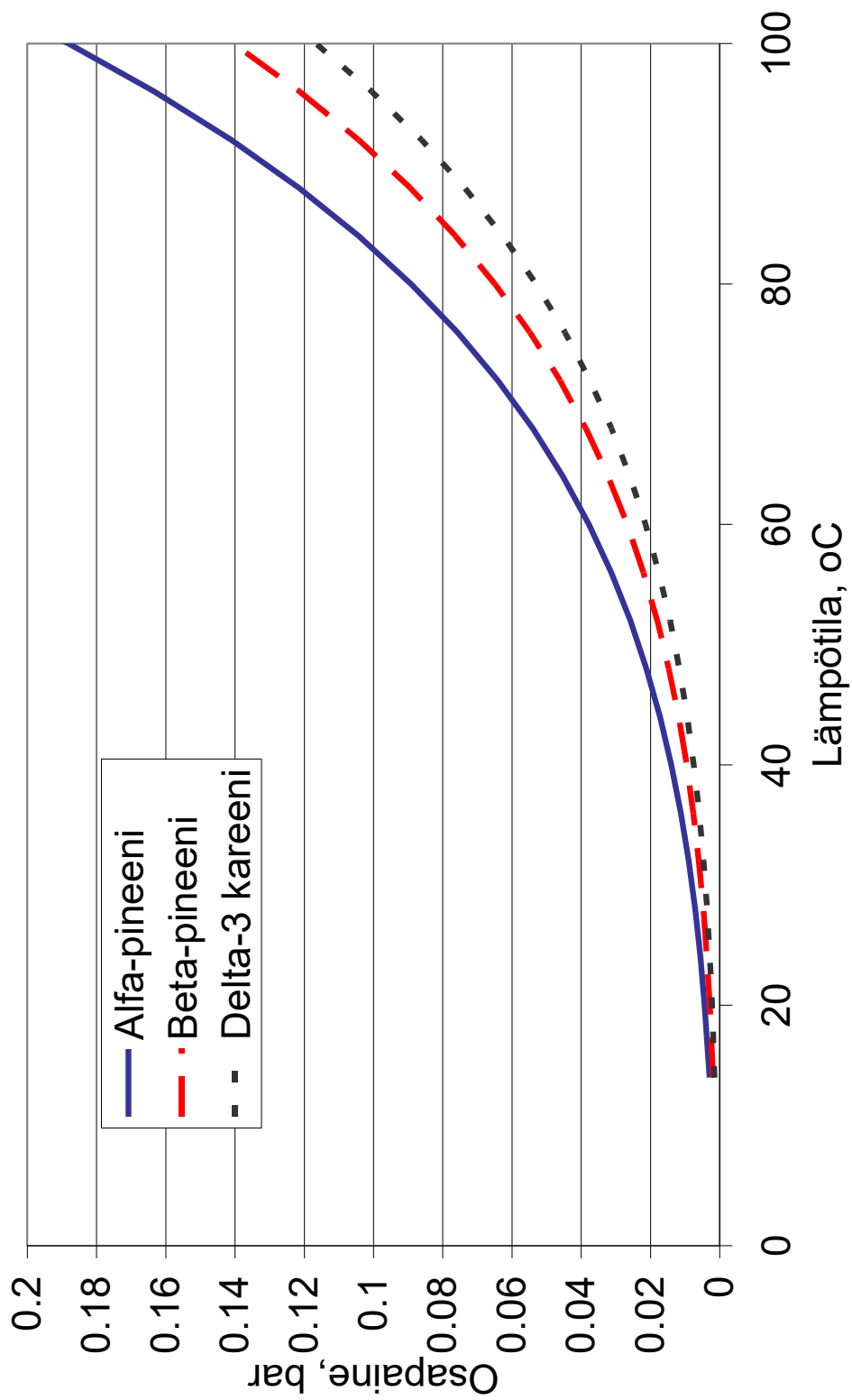
LIITE 2
Alfa-pineenin tasapainokäyrä ilmassa



LEL %LEL Tärpätintasapainoilmassa



LIITE 3
Tärpätin komponenttien osapaineet



Tärpätin komponenttien höyryn osapaineita, Drew et al., 1971

LIITE 4
Metanolin tasapainokäyrä ilmassa

