

16.12.2014

## **JÄTTEEN PYROLYYTTISESSÄ KÄSITTELYSSÄ SYNTYVÄN KAASUN PUHDISTAMINEN JA POLTTAMINEN**

### **Esipuhe**

Ympäristöministeriö asetti 3.7.2014 työryhmän, jonka tehtävänä on selvittää jätteen lämpökäsittelyssä syntyvän kaasun ominaisuuksia ja puhdistamista siten, että puhdistettu kaasu ei ole enää jätettä ja että sen polttamisesta ei synny suurempia päästöjä, kuin maakaasun polttamisesta aiheutuu.

Työryhmän puheenjohtaja on neuvotteleva virkamies Ari Seppänen ja sihteerinä ylitarkastaja Nina Lehtosalo, molemmat ympäristöministeriöstä. Työryhmän kokoonpano on seuraava: tuotepäällikkö Juhani Isaksson Valmet Oy, tuotantojohtaja Hemmo Takala Lahti Energia Oy, johtava tutkija Matti Nieminen VTT, professori Esa Vakkilainen Lappeenrannan teknillinen yliopisto, ylitarkastaja Kari Leinonen Hämeen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, erityisasiantuntija Jaakko Kuisma ympäristöministeriö sekä Mikko Kantero Valmet Oy:n asiantuntija. Työryhmä on kuullut ympäristöneuvos Klaus Pfisteriä ympäristöministeriöstä.

Fortum Oy:n ja Gasum Oy:n edustajat ilmoittivat työryhmän aloituskokouksen jälkeen, että yhtiöt vetäytyvät työryhmän työstä.

Työryhmä on saanut käyttöönsä selvityksiä varten Valmet Oy:n, Lahti Energia Oy:n ja VTT:n sekä Gasum Oy:n aineistoja, mistä työryhmä esittää kiitokset.

Työryhmän tuli saada työnsä tehdyksi 28.11.2014 mennessä.

Työryhmä luovuttaa ympäristöministeriölle toimeksiantonsa mukaisena selvityksenä muistion.

Juhani Isaksson

Kari Leinonen

Mikko Kantero

Matti Nieminen

Jaakko Kuisma

Hemmo Takala

Esa Vakkilainen

Ari Seppänen

Nina Lehtosalo

## 1. Johdanto

Jätteen polttamisesta annettua valtioneuvoston asetusta (jätteenpolttoasetus, 151/2013) sovelletaan jätteenpolttolaitokseen ja jätteen rinnakkaispolttolaitokseen, jossa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätettä. *Jätteenpolttoa koskevaa asetusta ei sovelleta kaasutus- tai pyrolyysilaitokseen, jos jätteen lämpökäsittelyssä syntyvä kaasu puhdistetaan niin, että se ei ole enää jätettä ennen sen polttamista eikä se voi aiheuttaa päästöjä, jotka ovat suurempia kuin maakaasun polttamisesta aiheutuvat päästöt.* Jos jätteiden polton ohella käytetään muita lämpökäsittelyprosesseja kuten pyrolyysiä, kaasutusta tai plasmakäsittelyä, jätteenpolttolaitokseen ja jätteen rinnakkaispolttolaitokseen kuuluu sekä tuotekaasua tuottava prosessi, että sen jälkeinen kaasun polttoprosessi.

Jätteen kaasutusta koskeva jätteenpolttoasetuksen soveltamisalan rajaus perustuu suoraan teollisuuden päästöistä annettuun Euroopan parlamentin neuvoston direktiiviin (ns. teollisuuspäästädirektiivi, 2010/75/EU) ja liittyy Lahti Energia Oy:n kaasutuslaitosta koskeviin EU-tuomioistuimen ennakkoratkaisuihin (C-217/07 ja C-209/09). Edellä mainitut ennakkoratkaisut sekä jätteistä annettuun Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiiviin (ns. jätedirektiivi 2008/98/2011) ja teollisuuspäästädirektiiviin perustuva jätelaki ja jätteenpolttoasetus sisältävät oikeusohjeet ja -perusteet jätteen kaasutuksen sääntelemiseksi. Lupaviranomaisen tulee mainitut ohjeet ja perusteet huomioon ottaen kussakin tapauksessa perusteellisesti selvittää ja arvioida, puhdistetaanko tuotettua kaasua riittävästi siten, että molemmat asetetut edellytykset täyttyvät ja jätteen kaasutus- ja polttolaitos voidaan rajata jätteenpolttoasetuksen sääntelyn soveltamisalan ulkopuolelle.

Puhdistetun kaasun ominaisuuksia on siis arvioitava suhteessa sen jäteominaisuuden päättymiseen ja suhteessa sen polttamisessa syntyviin päästöihin, joita puolestaan verrataan maakaasun polttamisessa syntyviin päästöihin. Jätteenpolttovaatimusten soveltamisalan rajauksen toisena edellytyksenä on se, että jätteestä pyrolyyttisesti tuotettu kaasu puhdistetaan maakaasun polton päästötasolle, missä tapauksessa sen polttoon tuotteena ei sovelleta jätteenpolton sääntelyä. Jos taas kaasua ei puhdisteta ennen polttamista, jätteenpolton sääntelyä sovelletaan kaasutus- ja polttoprosessin yhdistelmään.

Jätteenpolttoasetusta sovelletaan jätettä polttoaineenaan käyttäviin polttolaitoksiin. Laitoksen suuruus tai käytetty tekniikka ei vaikuta asetuksen soveltamisalaan. Vastaavasti jätteenpolttoasetuksen soveltamisalan ulosrajaus koskee erityyppisiä ja -kokoisia kaasutuslaitoksia.

Seuraavassa tarkastellaan jätteen kaasutuksessa syntyvän kaasun ominaisuuksia ja puhdistamista sekä kaasun polttamisessa syntyviä päästöjä verraten niitä maakaasun ominaisuuksiin ja ainesosiin sekä maakaasun polttamisessa syntyviin päästöihin ja päästöjen raja-arvoihin.

## 2. Tavoitteet

Työryhmän tavoite on luonteeltaan teknillisiä seikkoja koskeva selvitys. Tavoitteena on toimeksiannon mukaisesti selvittää jätteen pyrolyyttisessä kaasutuksessa syntyvän kaasun ominaisuudet ja puhdistamiseen soveltuvat sellaiset menetelmät, joilla kaasua voidaan puhdistaa jätteenpolttoasetuksessa säädettyjen edellytysten täyttämiseksi siten, ettei kaasutukseen ja kaasun polttoon sovelletaisi jätteenpolttoasetusta.

Työryhmän tuli toimeksiantonsa mukaisesti

1. selvittää jätteen kaasutuksessa syntyvän kaasun ominaisuudet ja sen sisältämät haitalliset ainesosat ja niiden pitoisuudet ja pitoisuusvaihtelut
2. selvittää kaasun puhdistamiseen soveltuvat menetelmät ja niiden tehokkuus, taloudellisuus ja käyttökelpoisuus
3. verrata puhdistetun kaasun ja maakaasun ominaisuuksia ja niiden polttamisessa syntyviä päästöjä toisiinsa
4. selvittää jätteenä poltetun kaasun polttamisessa syntyvän savukaasun laadun ja puhdistamiseen soveltuvat menetelmät ja niiden käyttökelpoisuus

5. selvittää kaasun puhdistamismenettelyä ja -käytäntöjä muiden Euroopan unionin maiden osalta.

### 3. Työryhmän selvitykset

Seuraavassa tarkastellaan työryhmän toimeksiannon mukaisesti jätteen kaasutuksessa syntyvän kaasutuskaasun ominaisuuksia, kaasun puhdistamiseen soveltuvia menetelmiä ja niiden polttamisessa syntyviä päästöjä verraten niitä maakaasun ominaisuuksiin ja ainesosiin sekä maakaasun polttamisessa syntyviin päästöihin ja raja-arvoihin. Lisäksi selvitetään jätteenä poltetun kaasun savukaasun laatua ja puhdistamiseen soveltuvien menetelmien käyttökelpoisuutta ja myös kaasun puhdistamismenettelyä ja käytäntöjä muissa EU-maissa. Taustaselvityksenä ympäristöministeriössä on tehty oikeudellinen analyysi jätteenpoltonormien soveltamisen perusteista.

#### 3.1 Jätteen kaasutuskaasun ominaisuudet ja sen sisältämät haitalliset ainesosat, niiden pitoisuudet ja pitoisuusvaihtelut

Jätteen kaasutuskaasun koostumusta on selvitetty käyttäen esimerkkeinä Lahti Energian Kymijärven jätekaasuttimen ja Vaskiluodon Voiman biomassakaasutuslaitoksen sekä VTT:n tietoja ja kaasutuskoelaitteiston tuloksia.

Taulukossa 1 esitetään jätteen kaasutuslaitoksen tuottaman puhdistamattoman kaasutuskaasun ainesosia ja ominaisuuksia Kymijärvi I voimalasta vuosina 1998 -2012, jolloin kaasu tuotettiin erilliskerätyn kotitalousjätteen, jätepoltoaineen ja kierrätyspuun seoksella ja Kymijärvi II voimalasta (100 % SRF) sekä Vaskiluodon Voima Oy:n biomassavoimalasta (VTT, Lahti Energia ja Valmet).

Taulukko 1.

#### PUHDISTAMATTOMAN KAASUTUSKAASUN KOOSTUMUS

Ainesosa		Puhdistamaton Kymijärvi II	Puhdistamaton Kymijärvi I	Vaskiluodon Voima (biomassa)
Rikki	S	ei mitattu	30-50 % pidätys	ei mitattu
Kloori	Cl	ei mitattu		ei mitattu
Hiukkaset	pöly	10-20 g/m <sup>3</sup> n	20-50 g/Nm <sup>3</sup>	ei mitattu
Häkä	CO	5-8 % kostea	6-9 % kuiva	8-10 %, kostea
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	11-13 % kostea	14-16 % kuiva	11-13 %, kostea
Vety	H <sub>2</sub>	5-6 % kostea	9-11 % kuiva	5-8 %, kostea
Metaani	CH <sub>4</sub>	4-6 % kostea	3-6 % kuiva	5-7 %, kostea
Hiilivedyt	keveät	20 g/Nm <sup>3</sup>	2,5-4 % kuiva	20-30 g/Nm <sup>3</sup> , kostea
Tervat	raskaat	10 g/Nm <sup>3</sup>	40-60 g/m <sup>3</sup> n	5-15 g/Nm <sup>3</sup> , kostea
Vesi	H <sub>2</sub> O	23-27 %	ei mitattu	26-34 % (riippuu kuivurin toiminnasta)
Typpi	N <sub>2</sub>	42-45 % kostea	ei mitattu	
LHV	25 % kosteus	4-6 MJ/m <sup>3</sup> n	4-6 MJ/m <sup>3</sup> n	4-5 MJ/Nm <sup>3</sup> , kostea
Raskasmetallit		<10 mg/Nm <sup>3</sup> (laskettu, ei mitattu)	ei mitattu	ei mitattu

\*) (O<sub>2</sub>=11%)

Jätteen kaasutuskaasu koostuu pääosin hiilimonoksidista (CO), hiilidioksidista (CO<sub>2</sub>), vetykaasusta (H<sub>2</sub>), metaanista (CH<sub>4</sub>), hiilivedyistä (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>) ja typpikaasusta (N<sub>2</sub>). Puhdistamaton jäteperäinen kaasutuskaasu sisältää myös hiukkasia, raskasmetalleja, rikkiä ja klooria ja reagoimatonta hiiltä.

Pienten kaasutuslaitosten tuottaman kaasutuskaasun laadusta ei ollut käytettävissä analyysituloksia.

### **3.2 Kaasutuskaasun puhdistamiseen soveltuvat menetelmät ja niiden tehokkuus, taloudellisuus ja käyttökelpoisuus.**

Kaupan ja teollisuuden jätteestä sekä yhdyskuntajätteestä valmistetun kierrätyspolttoaineen, SRF (Solid recovered Fuel), leijukerroskaasutuksessa kiinteä SRF-polttoaine muunnetaan kaasutuskaasuksi, joka poistuu kaasuttimesta syklonin läpi korkeassa lämpötilassa (750-850°C). Tässä vaiheessa kaasu sisältää palavia kaasukomponentteja (CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, raskaampia hiilivetyjä), kaasutusilmasta tullutta tyyppiä, tervakomponentteja sekä epäpuhtauksia. Epäpuhtaudet ovat kaasumaisia reaktiotuotteita (H<sub>2</sub>S, HCl, NH<sub>3</sub>, jne.), höyrystyneitä metalleja, polttoaineen epäorgaanisesta aineksestä muodostunutta tuhkaa sekä reagoimatonta hiiltä.

Kaasun kuivapuhdistukseen perustuvassa kaasun puhdistuksessa kaasutuskaasu jäädytetään ottamalla kaasusta talteen lämpöä, joka hyödynnetään energiatuotannossa. Kaasun jäähtyessä n. 400...500°C lämpötilaan käytännössä kaikki höyrystyneet metallit elohopeaa lukuun ottamatta joko kondensoituvat kaasussa olevien hiukkasten pinnalle tai muodostavat kiinteitä hiukkasia ydintymällä.

Jäädytetty kaasutuskaasu suodatetaan tehokkailta keraamisilla tai metallisilla suodattimilla, joiden suodatuskyky on erittäin hyvä (>99,999 % yli 0,2 mikrometrin hiukkasille). Tällöin kaasusta poistuvat paitsi reagoimaton hiili ja tuhkakomponentit, myös kaikki kiinteässä muodossa olevat raskasmetallit ja alkali-metalliyhdisteet kuten alkali-kloridit ja alkalien rikkiyhdisteet. Elohopea pysyy kaasumaisena 350-450°C:n lämpötilassa, mutta jossain määrin elohopeaa sitoutuu suodattimien pinnalla olevaan hiukkasmassaan ja poistetaan hiukkasten mukana.

Jätepolttoaine sisältää useimmiten myös rikkiä ja klooria. Polttoaineen sisältämät alkalimetallit reagoivat rikin ja kloorin kanssa muodostaen yhdisteitä, jotka voidaan poistaa suodattamalla. Kaasuttimen petimateriaaliin lisätään usein kalkkikiveä, joka kalsinoiduttuaan reagoi kaasuttimessa rikin kanssa muodostaen kiinteää kalsiumsulfidia. Kalsinoitunut kalkkikivi eli poltettu kalkki reagoi suodattimen pölykakuksessa myös vetykloridin kanssa, jolloin muodostuu kiinteää kalsiumkloridia. Kalsiumsulfidi ja kalsiumkloridi poistetaan kaasusta suodattimella yhdessä muiden hiukkasten kanssa. Kloorin poistamista voidaan tarvittaessa tehostaa injektoimalla kaasuun esimerkiksi kalsiumhydroksidia ennen suodatusta. Muiden kaasukomponenttien osalta ei jäädytyksessä ja suodatuksessa tapahdu merkittäviä muutoksia vaan komponentit ja niiden pitoisuudet pysyvät jokseenkin samalla tasolla kuin ennen nopeasti tapahtuvaa jäädytystä.

VTT:n kaasutuskoelaitteistolla on jätepolttoainetta kaasutettu ilmakaasutuksella leijukerroskaasuttimella, jossa peiteaineksena oli hiekka-kalkkikiviseosta. Jäädytetyn ja suodatetun kaasutuskaasun koostumus on seuraava: CO 6-10%, CO<sub>2</sub> 13-16%, CH<sub>4</sub> 2-5%, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> 1-3%, tervoja 10-20g/m<sup>3</sup>n, H<sub>2</sub>S 250-400 ppm (mg/kg), HCL 40-150 ppm(v), LHV 4-6 MJ/m<sup>3</sup>n.

Edellä kuvatun kuivapuhdistuksen vaihtoehtona kaasutuskaasun puhdistus voidaan toteuttaa myös pesuritekniikalla märkäpesureilla. Tällainen puhdistusjärjestelmä koostuu useista pesuvaiheista ja edellyttää myös pesunesteiden regenerointia. Luonteeltaan pesuritekniikkaan perustuva menetelmä on monimutkainen ja sen johdosta erittäin kallis menetelmä. Puhdistettaessa jäteperäisestä kaasusta sen sisältämä terva menetetään samalla merkittävä osa kaasun sisältämästä energiasta, mikä alentaa energiatehokkuutta. Pesurimenetelmä soveltuu käytännössä vain korkealaatuisesta polttoaineesta happikaasutuksella tuotetun kaasun puhdistamiseen joko kaasuturbiinia tai kemiallisia synteesejä varten.

Kuivapesuritekniikalla puhdistettu jätteen kaasutuskaasu sisältää hiilivetyjen ohella epäpuhtauksina kloori-rikki- ja ammoniumyhdisteitä sekä elohopeaa, jotka voidaan poistaa märkäpesuritekniikalla. Märkäpesuritekniikan kustannukset ovat kuivapesun kustannuksia korkeammat.

Tällä hetkellä parhaaksi menetelmäksi on osoittautunut kaasutuskaasun suodatus alle 500°C lämpötilassa keraamisilla tai metallisilla suodattimilla, jolloin kaasutuskaasun pöly ja raskasmetallipitoisuudet saadaan erittäin alas ja samalla poistetaan suuri osa rikki- ja klooriyhdisteistä. Tätä Suomessa kehitettyä menetelmää on käytetty Lahti Energian Kymijärvi II laitoksessa, josta saatuja mittaustuloksia on esitelty raportissa.

Jätteestä saatavan kaasutuskaasun puhdistamismenetelmiä ja niiden kustannustehokkuutta on tarpeen edelleen parantaa siten, että epäpuhtauksien pitoisuutta voidaan vähentää jätteenpolttolaitoksen soveltamisalan ulosrajauksen edellyttämällä tavalla eri kokoluokissa.

### 3.3 Puhdistetun kaasutuskaasun ja maakaasun ominaisuudet ja niiden polttamisessa syntyvät päästöt toisiinsa verrattuina

#### 3.3.1 Puhdistettu kaasutuskaasu

Taulukossa 2 esitetään Lahti Energia Oy:n Kymijärvi II:n puhdistetun kaasun koostumustietoja ja kaasussa puhdistamisen jälkeen esiintyvien haitta-aineiden pitoisuutta sekä tyypillisiä puhdistetun kaasun sisältämien raskasmetallien pitoisuusarvoja (VTT). Raskasmetallien pitoisuusarvot antavat käsitystä siitä, mihin päästään kaasun kuumapuhdistuksella. Kaasutuksessa Kymijärvi II:ssa syntyvä kaasu suodetaan noin 400°C:n lämpötilassa.

Taulukko 2.

Puhdistetun kaasutuskaasun koostumus

Ainesosa		Puhdistettu Kymijärvi II, 2013 100 % ref	Puhdistettu Kymijärvi II (Valmet) 100% ref	Suodatus, 436°C, kaasutuskoe-laitteisto (VTT)	Suodatus, 434 °C, kaasutuskoe-laitteisto (VTT)
Rikki	H <sub>2</sub> S	<700 ppm, kuiva	<700 ppm (H <sub>2</sub> S), kuiva		
Kloori	HCl	<150 ppm, kuiva	<150 ppm, kuiva		
Hiukkaset	pöly	<2 mg/Nm <sup>3</sup>	<2 mg/Nm <sup>3</sup>		
Häkä	CO	5-8%, kostea	7-10%, kuiva		
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	11-13%, kostea	13-16%, kuiva		
Vety	H <sub>2</sub>	5-6%, kostea	6-9%, kuiva		
Metaani	CH <sub>4</sub>	3-5%, kostea	4-6%, kuiva		
Hiilivedyt	keveät	20g/ Nm <sup>3</sup>	2-3%, kuiva		
Tervat	raskaat	10g/Nm <sup>3</sup>	10-20 g/m <sup>3</sup> n		
Vesi	H <sub>2</sub> O	23-27%	20-30%		
Typpi	N <sub>2</sub>	42-45%	52-60% kuiva		
LHV **		4-6 MJ/Nm <sup>3</sup>	4-6 MJ/Nm <sup>3</sup>		
Raskasmetallit		<50 µg/Nm <sup>3</sup>		mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
Hg					
Sn				0,001	0,0031
Sb				0,019	0,018
As				0,0025	0,0025
Cd				0,0098	0,011

Pb				0,0096	0,016
V				<0,0009	<0,0008
Mn				0,0011	0,0008
Co				<0,0002	0,0002
Ni				0,0024	0,0063
Cu				0,0025	0,0015
Zn				0,014	0,02
Cr				0,0008	<0,0002
Tl				0,0055	0,0055

Kuivan kaasun tiheys on 1,2 kg/Nm<sup>3</sup>. \*\*(kost. 20-30%)

### **Puhdistetun kaasutuskaasun polttamisessa syntyvän savukaasun ominaisuudet ennen puhdistusta**

Kymijärven II voimalassa on mitattu vuonna 2013 100 %:n jätepoltoaineen sekä 100%:n kierrätys-/purkupuun kaasutuksessa syntyvän puhdistetun kaasutuskaasun polttamisessa muodostuvan savukaasun koostumusta (Taulukko 3).

Taulukko 3.

PUHDISTAMATON SAVU-KAASUKOOSTUMUS		Kymijärvi II, 2013 100 % ref.	Kymijärvi II, 2013 100 % kierrätys-/ purkupuun	Jätteenpolttoasetuksen mukaiset raja-arvot
<b>Ainesosa</b>				
Rikki	SO <sub>2</sub>	<150 mg(SO <sub>2</sub> )/Nm <sup>3*</sup> )	160 mg/Nm <sup>3</sup>	50 mg(SO <sub>2</sub> )/Nm <sup>3*</sup> )
Kloori	HCl	<4 ppm*)		10 mg/Nm <sup>3*</sup> )
Typen oksidit	NO <sub>x</sub>	< 540 - 670 mg/Nm <sup>3*</sup> )	787 mg/Nm <sup>3</sup>	200 mg/Nm <sup>3*</sup> )
Hiukkaset	pöly	<2 mg/Nm <sup>3*</sup> )		10 mg/ Nm <sup>3*</sup> )
Raskasmetallit		<50µg/Nm <sup>3*</sup> )		500 µg/Nm <sup>3*</sup> )
Häkä	CO	<2 mg/Nm <sup>3*</sup> )		50 mg/Nm <sup>3*</sup> )
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	11-15%		
Vesi	H <sub>2</sub> O	12-16%		
TOC		Ei mitattu		10 mg/Nm <sup>3*</sup> )
PCDD-PCDF	Tox eq.	Ei mitattu		0,1 ng/Nm <sup>3*</sup> )

\*) O<sub>2</sub> 11%

### **3.3.2 Jätteenä poltetun puhdistetun kaasutuskaasun polttamisessa syntyvän savukaasun laatu ja puhdistamiseen soveltuvat menetelmät ja niiden käyttökelpoisuus**

#### *Savukaasun puhdistaminen*

Kymijärvi II:n kaasutuskaasussa on myös kaasutuskaasun puhdistamisen jälkeen niin suuri pitoisuus useita haitta-aineita, että kaasutuskaasun polttamisessa syntyvät savukaasut on puhdistettava tehokkaasti. Käytetyllä kuivapuhdistusmenetelmällä varmistetaan että laitoksen päästöt täyttävät kaikki jätteenpoltoa koskevat säädösten mukaiset vaatimukset.

Kymijärven II:n kaasutuskaasun poltossa syntyvä savukaasu puhdistetaan rikki-, suolahappo-, elohopea sekä typen oksidien päästöjen vähentämiseksi, jotta päästäisiin jätteenpoltoasetuksen päästörajojen

edellyttämälle tasolle. Puhdistusprosessissa savukaasuun syötetään natriumbikarbonaattia, jotta rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>) ja suolahappopäästöt saadaan pysymään alhaisina. Typen oksidien päästöjen pienentämiseksi on käytössä ammoniakkin syöttö ja katalyytti. Elohopeapitoisuuden alentamiseksi voidaan tarpeen mukaan syöttää savukaasuun myös aktiivihiltä. Lisäksi savukaasut johdetaan letkusuodattimen läpi kiintoaineen erottamiseksi. Menettelyllä on saavutettu päästöt, jotka ovat selkeästi alle jätteenpolttoasetuksen vaatimusten.

Taulukossa 4 on esitetty jätteestä kaasutetun Lahti Energia Oy:n Kymijärvi II:n jätteenkaasutuslaitoksen kaasutuskaasun poltossa syntyvän savukaasun puhdistuksen jälkeinen koostumus.

Taulukko 4.

#### Päästöt ilmaan

Ainesosa		Puhdistettu Kymijärvi II (Valmet) 2012 100% ref	Puhdistettu Kymijärvi II (Valmet) 2012 100 % ref.	Puhdistettu Kymijärvi II, 2014 60 % kierrätyspuu, 40 % ref.	Jätteenpolttoasetuksen mukaiset raja-arvot
Rikki	SO <sub>2</sub>	30 mg (SO <sub>2</sub> 9/Nm <sup>3*</sup> )	7 (SO <sub>2</sub> ) mg/Nm <sup>3*</sup> )	43 (SO <sub>2</sub> )mg/Nm <sup>3*</sup> )	50 mg(SO <sub>2</sub> )/Nm <sup>3*</sup> )
Kloori	HCl	<10 mg/m <sup>3</sup> n*)	<1 mg/Nm <sup>3*</sup> )	2 mg/Nm <sup>3*</sup> )	10 mg/Nm <sup>3*</sup> )
Typen oksidit	NO <sub>x</sub>	<200 mg/m <sup>3</sup> n*)	161 mg/Nm <sup>3*</sup> )	184 mg/Nm <sup>3*</sup> )	200 mg/Nm <sup>3*</sup> )
Hiukkaset	pöly	<2 mg/Nm <sup>3*</sup> )	<2 mg/Nm <sup>3*</sup> )	<2 mg/Nm <sup>3*</sup> )	10 mg/ Nm <sup>3*</sup> )
Raskasmetallit				<50µg/Nm <sup>3*</sup> )	500 µg/Nm <sup>3*</sup> )
Cd + Tl			<3 µg/Nm <sup>3</sup>		
Elohopea	Hg		<0,1 µg/Nm <sup>3</sup>		
Muut			<30 µg/Nm <sup>3</sup>		
Häkä	CO	1 mg/Nm <sup>3*</sup> )	<2 mg/Nm <sup>3*</sup> )	1 mg/Nm <sup>3*</sup> )	50 mg/Nm <sup>3*</sup> )
TOC		1 mg/Nm <sup>3*</sup> )	<1 mg/Nm <sup>3</sup>	1	10 mg/Nm <sup>3*</sup> )
PCDD-PCDF		0,013 µg/Nm <sup>3*</sup> )	<0,002 ng/Nm <sup>3</sup>	0,00004 ng/Nm <sup>3</sup>	0,1 ng/Nm <sup>3*</sup> )

\*) (O<sub>2</sub>=11%); - = ei mitattu

### 3.3.2 Maakaasu

#### A. Maakaasu Suomessa ja sen polton päästöt

Maakaasu ei sisällä (joitakin poikkeuksellisia kaasunlähteitä lukuun ottamatta) käytännössä lainkaan rikkiä (rikkipitoisuus <1mg/m<sup>3</sup>). Näin ollen rikkidioksidia ei muodostu. Suomessa maakaasun hajustamiseen käytetään THT:tä (tetrahydrotiofeeni/C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>S). Hajusteaineessa rikin osuus on 36 %, jolloin rikin määräksi hajustetussa maakaasussa tulee 3,6 mg/m<sup>3</sup>. Maakaasun poltossa syntyy typenoksidipäästöjä, mutta koska maakaasu ei sisällä orgaanista typpeä, päästöjä syntyy maakaasun poltossa kuitenkin muita polttoaineita vähemmän. Typenoksidien määrä riippuu merkittävästi käytettävästä polttotekniikasta. Maakaasu ei sisällä raskasmetalleja, halogeeneja, eikä ammoniakkaa. Mahdollinen kiinteä epäpuhtaus kaasussa erotetaan kaasusta ennen sen syöttämistä maakaasuverkkoon. Lähde: Gasum tiedonanto 20.10.2014.

Maakaasun polttoon suunnitelluissa kattiloissa häkäpitoisuudet ovat kuitenkin tyypillisesti alhaiset, tyypillisesti muutamia ja enimmillään muutamia kymmeniä milligrammoja normaalikuutiometrissä. Maakaasun polttoon suunnitelluissa kattiloissa myös palamattoman metaanin pitoisuudet ovat tyypillisesti pieniä. Kaasumootoreissa CO- ja VOC-pitoisuudet ovat tyypillisesti selvästi suurempia. CO- ja VOC-pitoisuudet voivat olla selvästi korkeampia myös silloin, kun maakaasua ei polteta maakaasun polttoon suunnitelluissa kattiloissa tai epäedullisissa poltto-olosuhteissa esimerkiksi silloin, kun sitä käytetään varapolttoaineena tai syynä on kattilan ajotilanne.



## B. Maakaasu Itävallassa

Itävallassa maakaasun laatua ja koostumusta säännellään Itävallan kaasustandardilla, jossa maakaasulle asetetaan taulukossa 5 olevat raja-arvot.

Taulukko 5

Itävallan kaasustandardin (2001) mukaan maakaasun raja-arvot ovat:	
O <sub>2</sub>	< 5 mol %
CO <sub>2</sub>	< 2 mol %
N <sub>2</sub>	< 5 mol %
H <sub>2</sub>	< 4 mol %
S	< 150 mg/m <sup>3</sup> lyhytaikaisesti häiriötilanteessa
	< 30 mg/m <sup>3</sup> vuosikeskiarvo
	< 10 mg/m <sup>3</sup> pitkäaikainen
Merkaptaani S	< 6 mg/m <sup>3</sup>
H <sub>2</sub> S	< 5 mg/m <sup>3</sup>
COS	< 5 mg/m <sup>3</sup>
Halogenidit	0 mg/m <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	teknisesti puhdas
Kiinto- ja nesteaine	teknisesti puhdas

Teknisesti puhdas tarkoittaa, että kondensaatti, sumu ja pöly poistetaan siinä määrin, että normin- tai tavanmukainen kaasulaitteen käyttö ja kaasuteknisten välineiden kestävyys on varmistettu.

## C. Maakaasu muualla Euroopassa

Euroopassa käytetään kahta erilaatua maakaasua, H- ja L-kaasua (High and Low calorific gas). Pääasiassa käytetään H-kaasua. H-kaasun laatuvaatimuksia koskevaa standardia (prEN 16726:2014) on valmisteltu CEN:ssä. Ehdotuksen mukaan siirrettävän maakaasun laatuun sovelletaan seuraavia raja-arvoja:

Rikin kokonaispitoisuus saa olla enintään	20 mg/m <sup>3</sup> .
Rikkivedyn- ja karbonyylisulfidirikin sisältämän rikin pitoisuus enintään	5 mg/m <sup>3</sup> ja
Merkaptaanirikin sisältämän rikin pitoisuus enintään	6 mg/m <sup>3</sup> .

Kaasu ei saa standardin mukaan sisältää muita aineksia epäpuhtauksina siinä määrin, että sitä ei voida kuljettaa, varastoida ja/tai käyttää mukauttamatta tai käsittelemättä kaasun laatua.

Euroopan maakaasun siirtoyhtiöiden järjestö (EASEE) asetti vuonna 2005 maakaasun laadun harmonisointia varten tarkoitettuja laatuvaatimuksia, jotka vahvistettiin 2008 ja pantiin täytäntöön 1.10.2010 mennessä. EASEE selvitti Euroopan Unionin alueen maakaasujen ominaisuuksia ja koostumusta harmonisointia varten (Taulukko 6.).

Laatuvaatimuksia sovelletaan H-kaasulle, johon ei ole lisätty hajusteita. EASEE suosittelee, ettei typenpitoisuuden perusteella hylätä sellaista kaasua, joka täyttää asetetut kriteerit (0°C ja 101.325 kPa).

Taulukko 6.

Muuttuja	Yksikkö	Min	Max	Täytäntöönpano
W1	kWh/m <sup>3</sup>	13,6	15,81	2010
d	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0,555	0,7	2010
kok S	mg/m <sup>3</sup>	-	30	2006
H <sub>2</sub> S + COS (S)	mg/m <sup>3</sup>	-	5	2006
RSH (S)	mg/m <sup>3</sup>	-	6	2006
HC DP	oC at 1-70 bar (a)	-	- 2	

#### D. Muut maakaasut

Ympäri maailmaa on tehty merkittäviä liuskekaasulöytöjä ja esimerkiksi Kiinassa ja Yhdysvalloissa arvioidaan saviliuskekaasun kasvattavan tunnettuja kaasureservejä kolmanneksella vuoteen 2020 mennessä. Euroopassa Puolassa, Saksassa ja Itävallassa kerrotaan olevan merkittäviä esiintymiä. Ainakin 18 yritystä on aktiivisena Euroopan saviliuskekaasun kanssa, enimmäkseen Alankomaissa, UK:ssa, Ranskassa ja Puolassa mm. Shell, Exxon, Chevron ja San Leon. Ei-konventionaalisen maakaasun arvioidaan saavuttavan merkittävän osan maakaasun kokonaiskulutuksesta.

Maailmalta löytyy runsaasti energiasisällöltään köyhempiä kaasuja kuin mitä Suomessa käytetään. Maakaasukäsikirjan mukaan maakaasujen pitoisuudet ovat (Taulukko 7)

Taulukko 7

Kenttä		Venäjä Urengoi	Saksa Goldenstedt	USA Kansas	Hollanti Groningen	Norja Troll
Metaani	CH <sub>4</sub>	98,0 %	88,0 %	84,1 %	81,3 %	93,2 %
Etaani	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,8 %	1,0 %	6,7 %	2,8 %	3,7 %
Propani	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,2 %	0,2 %	0,3 %	0,4 %	0,4 %
Butaani	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,02 %	-	-	0,4 %	0,5 %
Typpi	N <sub>2</sub>	0,9 %	10,0 %	8,4 %	14,3 %	1,6 %
Hiilidioksidi	CO <sub>2</sub>	0,1 %	0,8 %	0,8 %	0,9 %	0,6 %

Maakaasun poltossa voi syntyä haitallisia yhdisteitä U.S. EPAn mukaan (<http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/ch01/final/c01s04.pdf>) ”Maakaasua polttavista kattiloista ja tulipesistä syntyvät ilmapäästöt sisältävät typpioksideja (NO<sub>x</sub>), hiilimonoksideja (CO) ja hiilidioksideja (CO<sub>2</sub>), metaania (CH<sub>4</sub>), ilokaasua (N<sub>2</sub>O), haihtuvia hiilivetyjä (VOCs), vähän rikkidioksidia (SO<sub>2</sub>), ja pölyä (PM). Niissä kattiloissa, joissa poltetaan käsittelemätöntä maakaasua, voi esiintyä korkeaa rikkidioksidipäästöä SO<sub>2</sub> maakaasun sisältämän rikin takia. Näille yksiköille rikkitase antaa kuvan SO<sub>2</sub> päästöistä.”

#### Päästörajat maakaasua käyttäville laitoksille

Teollisuuspäästädirektiivin (2010/75/EU) mukaiset vähimmäispäästöraja-arvot (kuiva savukaasu, 3 % jäännöshappipitoisuus) polttoaineteholtaan yli 50 MW maakaasua polttoaineena käyttävissä polttolaitoksissa (muut kuin kaasuturbiinit ja kaasumootorit) ovat taulukon 8 mukaiset. Teollisuuspäästädirektiivi asettaa lisäksi erillisiä vähimmäispäästörajoja rauta- ja terästeollisuuden ja öljynjalostamoiden kaasujen poltolle, jotka ovat pääosin maakaasun polton päästörajoja suuremmat.

Taulukko 8.

Päästö	Raja-arvo, mg/Nm <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	35
NO <sub>x</sub>	100
CO	100
Pöly	5

Edellä esitetyt raja-arvot koskevat sekä uusia, että olemassa olevia laitoksia. Teollisuuspäästädirektiivi asettaa lisäksi erillisiä vähimmäispäästörajoja rauta- ja terästeollisuuden ja öljynjalostamoiden kaasujen rikkidioksidinpäästöille (800/400/200 mg/Nm<sup>3</sup>), typenoksidipäästöille (200 mg/Nm<sup>3</sup>), hiukkaspäästölle (10/30 mg/Nm<sup>3</sup>). Näille teollisuusalojen kaasuille ei ole asetettu hiilimonoksidiraja-arvoa. Taulukon 8 raja-arvot eivät koske alle 50 MW:n laitoksia.

Teollisuuspäästädirektiivissä on asetettu maakaasua polttaville kaasuturbiineille ja kaasumootoreille taulukon 9 mukaiset vähimmäispäästöraja-arvot (kuiva savukaasu, 15 % jäännöshappipitoisuus). Olemassa olevilla polttolaitoksilla (muut kuin kaasuturbiinit ja kaasumootorit) on mahdollisuus käyttää NO<sub>x</sub> -raja-arvoa 150 mg/Nm<sup>3</sup>, mikäli laitos käy alle 1 500 tuntia vuodessa viiden vuoden liukuvana keskiarvona.

Taulukko 9.

Kaasuturbiinit	
Päästö	Raja-arvo, mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	50
CO	100
Kaasumootorit	
Päästö	Raja-arvo, mg/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	75 (100)
CO	100

Edellä esitetyt raja-arvot koskevat sekä uusia, että olemassa olevia laitoksia sillä poikkeuksella, että olemassa oleville kaasumootoreille sovelletaan suluissa olevaa korkeampaa raja-arvoa. Kaasuturbiinien osalta NO<sub>x</sub> - ja CO-päästöjen raja-arvoja sovelletaan ainoastaan kuormituksen ollessa yli 70 %. Olemassa olevissa kaasuturbiineissa päästöraja-arvo on lisäksi 75 mg/Nm<sup>3</sup> tilanteissa, joissa yhteistuotantolaitoksen kokonaishyötysuhde on yli 75 %, kombilaitoksen sähkötuotannon hyötysuhde on yli 55 % tai kun kyseessä on mekaanisen voimansiirron kaasuturbiini.

Kaasuturbiinin raja-arvojen osalta direktiivin päästöraja-arvotaulukossa on lisäksi teknisluonteinen alaviite, jossa todetaan että raja-arvo koskee sellaisen maakaasun polttoa, joka on luonnossa esiintyvä metaani, jonka tilavuudesta on enintään 20 % reagoimattomia kaasuja ja muita aineosia. Alaviite on tässä kohdassa tarpeen, koska muille kaasuturbiinissa poltettaville kaasuille (muun muassa masuunikaasut ja jalostamokaasut) on käytössä korkeampi raja-arvo, eikä näitä kaasuja ole tässä kaasuturbiinin osalta yksilöity tarkemmin, toisin kuin raja-arvotaulukon muissa kohdissa.

Teollisuuspäästädirektiivin raja-arvot ovat lainsäädännön vähimmäisraja-arvoja ja näitä tiukempia raja-arvoja voitaisiin asettaa ympäristöluvissa muun muassa parhaan käyttökelpoisen tekniikan perusteella. Edellä esitetyt raja-arvot vastaavat pääosin nykyisin voimassa olevan suurten polttolaitosten BAT-referenssiasiakirjan (LCP BREF, 2006) BAT-tasoa. Asiakirjaa päivitetään parasta aikaa ja aikataulun osalta oletuksena on, että uudet suuria polttolaitoksia koskevat BAT-päätelmät hyväksyttäisiin aikaisintaan vuoden 2016 aikana.

Alle 50 MW polttolaitoksille on asetettu kansalliset raja-arvot valtioneuvoston asetuksessa polttoainete-holtaan alle 50 megawatin energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista (750/2013). Ase-tuksessa on taulukon 10 mukaiset raja-arvot (kuiva savukaasu, 3 % jäännöshappipitoisuus) maakaasun poltolle.

Taulukko 10.

<b>Kattilat</b>	
<b>Kokoluokka</b>	<b>NO<sub>x</sub> raja-arvo, mg/Nm<sup>3</sup></b>
1-15 MW	340 (400)
15-50 MW	200 (300)

Olemassa olevien energiantuotantoyksiköiden raja-arvot on esitetty suluissa. Kaasumoottoreiden ja kaa-saturbiinien raja-arvot on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11.

<b>Kaasudieselmoottori</b>	
<b>Kokoluokka</b>	<b>NO<sub>x</sub> raja-arvo, mg/Nm<sup>3</sup></b>
1-20 MW	1 600 (1 850)
20-50 MW	750 (1 850)
<b>Kipinäsytytteinen moottori</b>	
<b>Kokoluokka</b>	<b>NO<sub>x</sub> raja-arvo, mg/Nm<sup>3</sup></b>
1-20 MW	190
20-50 MW	95 (190)
<b>Kaksoispolttoainemoottori</b>	
<b>Kokoluokka</b>	<b>NO<sub>x</sub> raja-arvo, mg/Nm<sup>3</sup></b>
1-20 MW	380
20-50 MW	190 (380)
<b>Kaasuturbiini</b>	
<b>Kokoluokka</b>	<b>NO<sub>x</sub> raja-arvo, mg/Nm<sup>3</sup></b>
1-20 MW	115 (150)
20-50 MW	50 (150)

Olemassa olevien energiantuotantoyksiköiden raja-arvot on esitetty suluissa. Asetuksessa 750/2013 on edellä esitettyjen lukujen lisäksi moottoreille ja turbiineille erillisiä arvoja niille laitoksille, jotka käyvät alle 500 tai 1 500 tuntia, mutta näitä lukuja ei ole esitetty tässä muistiossa.

Suomessa käytetyn maakaasun ominaisuuksista johtuen asetusta valmisteltaessa ei ole katsottu tar-peelliseksi asettaa raja-arvoja muille yhdisteille kuin typenoksidoille.

### 3.3.3 Esimerkkilaskelma päästövertailusta

Valmet Power on arvioinut esimerkkilaskelmalla kuvitteellisen hiililaitoksen päästöjä, mikäli siinä poltetaisiin rinnakkaispolttoaineena maakaasua tai vaihtoehtoisesti kaasutuskaasua. Laskelman mukaan kummankin kaasumaisen polttoaineen polton päästöt ovat kaikilta osin alhaisemmat kuin pelkän hiililaitoksen päästöt ja täyttäisivät kaikki sen lupaehdot. Verrattaessa maakaasun ja kaasutuskaasun rinnakkaispolttoa hiililaitoksessa havaitaan, että kaasutuskaasun HCl-päästö olisi korkeampi, mutta CO<sub>2</sub> päästö matalampi kuin maakaasua poltettaessa. Muiden päästökomenttien suhteen eroavaisuuksia ei laskelmassa ilmennyt.

### 3.4 Jätteestä tuotetun kaasutuskaasun lupa- ja hallintokäytäntöjä muiden Euroopan unionin maiden osalta

#### Itävalta

Itävallan jätteenpolttomääräyksessä säädetään teollisuuspäästädirektiivin mukaisen jätteen kaasutukseen sovellettavan lievennyksen edellyttävän, että puhdistetun kaasutuskaasun sisältämien haitallisten aineiden pitoisuudet alittavat määräyksessä säädettyt raja-arvot (Taulukko 12). Kun haitallisten aineiden pitoisuuden osoitetaan alittavan säädettyt raja-arvot, voidaan määrätä, että jätteenpolttoa koskevaa sääntelyä ei sovelleta kyseessä olevaan kaasutus- tai pyrolyysilaitokseen. Työryhmällä ei ole tiedossa yhtään laitosta, jossa Itävallan säädöksiä sovelletaan jätteestä tuotetun kaasutuskaasun hyödyntämiseen.

Määräyksen mukaan lievennystä sovelletaan direktiivin mukaisesti, kun jätteen lämpökäsittelyssä syntyvät kaasut ennen niiden polttamista puhdistetaan siinä määrin, että kaasun ei katsota olevan jätettä ja että sen polttamisesta ei voi aiheutua korkeampia päästöjä, kuin maakaasun polttamisesta aiheutuu. Määräyksessä säädetään lisäksi, että puhdistetun kaasun haitta-aineiden pitoisuudet eivät saa tuolloin ylittää niille asetettuja seuraavia raja-arvoja:

Taulukko 12

Kokonaisrikki	10 mg S/m <sup>3</sup>
Rikkivety (H <sub>2</sub> S)	5 mg/m <sup>3</sup>
Karbonyylisulfidi (COS)	5 mg/m <sup>3</sup>
Halogeeniyhdisteet	0 mg/m <sup>3</sup>
Ammoniakki (NH <sub>3</sub> )	Teknisesti puhdas
Kiinteät ja nestemäiset ainesosat	Teknisesti puhdas

(kaasun tilavuus 0 °C:n lämpötilassa ja 1013 Mbar:n paineessa ISO standardin 6976 (1996-02-01) mukaisesti, näytteenotto ISO 10715, kokonaisrikki ISO 6326-5, rikkivety ja karbonyylisulfidi ISO 19739)

Kaasua ei saa sekoittaa muuhun kaasuun raja-arvojen alittamiseksi.

#### Alankomaat

Alankomaissa on voimassa vanhaan EU:n jätteenpolttoa koskevaan sääntelyyn perustuva ryhmäkirje (2.10.2006). Alankomaiden ympäristöministeriö on vastannut, että ohje koskee nykyisellään jätepuusta saatavan puhdistetun kaasun polttoa Amerin hiilivoimalaitoksessa polttoaineena. Laitoksen ympäristöluopa on vuodelta 2012 ja se on annettu ennen kaasutusta koskevaa IE-diirektiivin ulosrajaussäännöstä. Puhdistetun kaasutuskaasun poltosta hiilen kanssa ei aiheudu tiettävästi lisäriskiä verrattuna kivihiilen polttoon. Nykyisellään laitoksessa käytetään purkupuun tai muun kierrätyspuun (ns. B-luokan puu) kaasutuskaasua polttoaineena, ei jätteenä. Ryhmäkirjeen mukaan pintakäsittelystä puusta (B-puu) kaasutettu kaasu rinnastetaan puhtaasta puusta (A-puusta) kaasutettuun kaasuun. Kriteerinä tälle pidetään sitä, että kaasutuskaasussa on enintään 30 mg/MJ raskasmetalleja (summa seuraavista: As+Co+Cr+Cu+Mn+Ni+Pb+V). Menettely on käytännössä testattu ja toimiva menetelmä, jolla laitoksen päästöt ovat pysyneet hallinnassa. Työryhmällä ei ole tiedossa onko menettely voimassa olevan teollisuuspäästädirektiivin mukainen.

## Iso-Britannia

Iso-Britanniassa ja Walesissa on tiettävästi käytössä kansallinen ohjeistus jätteistä valmistettujen polttoaineiden jäteluokituksen päättymisen kriteereille. Ohjeistus koskee myös kaasumaisia polttoaineita.

[https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/341718/LIT\\_9992.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/341718/LIT_9992.pdf)

### 4. Johtopäätökset

Työryhmä tarkastelee jätteen kaasutusta toimeksiantonsa mukaisesti teknilliseltä kannalta. Eri vaihtoehtojen ja menetelmien oikeudellinen tarkastelu ei kuulu työryhmän toimeksiantoon.

Termokemiallisiin prosesseihin perustuvien energiantuotantoprosessien päästöjen hallinta voidaan toteuttaa erilaisin ratkaisuin riippuen prosessikokonaisuudesta (polttoaineesta energiaksi). Päästöjenhallintateknikka pyritään valitsemaan siten, että lopputuloksena alitetaan tavoitteena oleva päästötaso teknisesti ja taloudellisesti mahdollisimman tehokkaalla tavalla. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, ettei yksittäisiä osaprosesseja optimoida erikseen vaan optimointi kohdistetaan koko prosessiketjuun. Esimerkiksi typenoksidien poistaminen tai muodostumisen estäminen pelkästään tulipesässä ei kaikissa tilanteissa ole edes mahdollista, vaan lopullinen typenoksidien tason alentaminen on tehtävä savukaasusta vasta myöhemmässä vaiheessa. Vastaavasti pyrolyyttisellä kaasutuksella tuotetun kaasun hyödyntämiseen perustuvissa energiantuotantosovelluksissa on päästöjen hallintaa tarkasteltava kokonaisuutena.

Johtavana periaatteena päästöjen hallinnassa on, että sääntelyllä pyritään vaikuttamaan lopputulokseen, ei käytettyyn menetelmään. Tästä poikkeuksena esimerkiksi jätteenpolttamisessa asetetaan lisävaatimuksia käytetyn menetelmän osalta muun muassa niin, että säädellään polttolaitoksen polttoolosuhteita, jotta voidaan varmistua jätteiden asianmukaisesta käsittelystä kaikissa tilanteissa. Lisäksi käytännössä pelkkää kaasutuskaasua kattilan polttoaineena käyttävien laitosten suunnitteluperiaatteet poikkeavat tapauksista, joissa kaasutuskaasua käytetään rinnakkaispolttoaineena jonkun pääpolttoaineen rinnalla ja siksi näitä tapauksia on käsiteltävä erikseen.

Jätteenpolttoasetusta sovelletaan jätteenpolttolaitokseen ja jätteen rinnakkaispolttolaitokseen, jossa poltetaan kiinteää tai nestemäistä jätettä. Jätteenpolttoasetusta ei sovelleta kaasutus- tai pyrolyysilaitokseen, jos jätteen lämpökäsittelyssä syntyvä kaasu puhdistetaan niin, että se ei ole enää jätettä ennen sen polttamista eikä se voi aiheuttaa päästöjä, jotka ovat suurempia kuin maakaasun polttamisesta aiheutuvat päästöt. Jos jätteenpolttoasetusta ei sovelleta kaasutus- tai pyrolyysilaitokseen, ei sitä sovelletaisi myöskään kaasutuskaasua hyödyntävään laitokseen.

Jätteen pyrolyyttiseen kaasutukseen ja siitä saatavan kaasutuskaasun polttamiseen ei sovelleta jätteenpolttovaatimuksia, jos asetetut kaksi ehtoa täyttyvät. Ensiksikin jätteestä tuotettu kaasutuskaasu tulee puhdistaa ennen sen polttamista niin, että aine ei ole enää jätettä. Toiseksi syntyvän kaasutuskaasun on oltava sellainen, että sen poltosta ei voi aiheutua suurempia päästöjä kuin maakaasun polttamisesta aiheutuneet päästöt kulloinkin kyseessä olevassa laitoksessa esim. niin että päästöt voivat olla erilaisia kaasuturbiineissa tai kattiloissa.

Jäteluokituksen poistumisen kriteerit on määritelty jätelaissa (646/2011). Jotta aine voidaan poistaa jätteen luokittelusta, tulee sen täyttää seuraavat kriteerit: 1) se on läpikäynyt hyödyntämistoimen; 2) sillä on käyttötarkoitus, johon sitä käytetään yleisesti; 3) sillä on markkinat tai kysyntää; 4) se täyttää käyttötarkoituksensa mukaiset tekniset vaatimukset ja on vastaaviin tuotteisiin sovellettavien säännösten mukainen; ja 5) sen käyttö ei kokonaisuutena arvioiden aiheuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle.

Työryhmä on tarkastellut erilaisia vaihtoehtoja, joilla jätteestä pyrolyyttisellä kaasutuksella valmistettavan kaasutuskaasun voisi katsoa olevan ns. tavanomaisiin polttoaineisiin verrattavaa polttoainetta siten, että otetaan huomioon ympäristönsuojelunäkökohdat kuin myös tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet.

Jos kaasutuskaasu ei täytä puhtausvaatimusta, sen polttamisessa syntyvän savukaasun puhdistamista ja päästöjä säännellään jätteenpolttosäännöksin. Toisaalta kun puhdistusvaatimukset täyttyvät säännösten mukaisesti ei kaasutuskaasua hyödyntävään laitokseen sovelleta jätteenpolttosäännöksiä. Esimerkkinä Alankomaissa sovellettava menetelmä, jossa kriteeriksi on otettu puhdistetun tuotekaasun riittävän alhainen raskasmetallipitoisuus ja luotu sille käytännöllinen valvontamenetelmä.

Puhtausvaatimuksen täyttävä, jätteestä saatavan kaasutuskaasun puhdistusteknologia on ympäristövaatimusten osalta edullisessa asemassa koko EU:n alueella teknologiavientiä ajatellen. Lisäksi ratkaisu säästää luonnonvaroja ja tehostaa jätteen energiasisällön hyödyntämistä.

### *Kaasun puhdistaminen*

Jätteen kaasutuskaasun ominaisuudet ja sen sisältämät haitalliset ainesosat ja niiden pitoisuudet vaihtelevat. Jätteen kaasutuksessa suurissa laitoksissa syntyvä kaasutuskaasu koostuu pääosin hiilimonoksidista, hiilidioksidista, vedystä, metaanista, hiilivedyistä ja typpikaasusta. Jäteperäinen kaasutuskaasu sisältää myös raskasmetalleja, rikkiä, klooria sekä hiukkasia, jotka ovat peräisin polttoaineen epäorgaanisesta aineksesta, sekä myös reagoimatonta hiiltä. Pienien kaasutuslaitoksien tuottaman kaasutuskaasun laadusta ei ollut käytettävissä analyysituloksia.

Kaasutuskaasun puhdistamiseen voidaan käyttää useita menetelmiä ja niiden tehokkuus, taloudellisuus ja käyttökelpoisuus vaihtelevat. Kuivapesutekniikalla puhdistettu jätteestä saatu kaasu sisältää hiilivetyjen ohella epäpuhtauksina kloori- rikki- ja ammoniumyhdisteitä sekä elohopeaa. Ne voidaan puhdistaa monivaiheisella märkäpesutekniikalla. Märkäpesutekniikan kustannukset ovat kuivapesun kustannuksia korkeammat.

Tällä hetkellä parhaaksi menetelmäksi on osoittautunut kaasutuskaasun suodatus alle 500 °C lämpötilassa keraamisilla tai metallisilla suodattimilla, jolloin kaasutuskaasun pöly ja raskasmetallipitoisuudet saadaan erittäin alas ja samalla poistetaan suuri osa rikki- ja klooriyhdisteistä. Tätä Suomessa kehitettyä menetelmää on käytetty Lahti Energian Kymijärvi II laitoksessa josta saatuja mittaustuloksia on esitelty raportissa.

Jätteestä saatavan kaasutuskaasun puhdistamismenetelmiä ja niiden kustannustehokkuutta on tarpeen edelleen parantaa siten, että epäpuhtauksien pitoisuutta voidaan vähentää jätteenpolttoasetuksen soveltamisalan ulosrajauksen edellyttämällä tavalla eri kokoluokissa.

### *Vertaaminen maakaasun polton päästöön*

Jätteen kaasutuksessa syntyvän ennen polttamista puhdistetun kaasutuskaasun polttamisessa syntyvää päästöä verrataan maakaasun polttamisessa syntyvään päästöön kysymyksessä olevassa voimalaitoksessa.

Suomessa käytettävän maakaasun poltosta aiheutuu alhaiset rikkidioksidipäästöt. Kaasumaisen olomuodon ansiosta ei liioin muodostu hiukkas- ja raskasmetallipäästöjä. Hiilidioksidin määrä ja typenoksidien määrä on vähäisempi verrattuna muihin fossiilisiin polttoaineisiin. Tämän johdosta raja-arvoja on asetettu pölylle, hiilimonoksidille sekä rikin- ja typen oksideille.

Verrattaessa kaasutuskaasun polttamisessa syntyvää päästöä maakaasun polttamisessa syntyvään päästöön voidaan maakaasun osalta tarkastella mitattuja päästöjä ja asetettuja raja-arvoja sekä päästön koostumusta. On tarpeen varmistaa, että myös jätteenpoltolle tyypillisten epäpuhtauksien pitoisuutta verrataan maakaasun poltossa syntyviin vastaavien aineiden pitoisuuteen.

Kriteerit voidaan asettaa siten, että kulloinkin tarkoitettusta kaasutettavasta jätteestä saatavan kaasun polttamisesta suunnitellussa voimalaitoksessa ei synny suurempia päästöjä, kuin maakaasun polttamisesta aiheutuu kulloinkin kyseessä olevassa laitoksessa.

### *Euronormit*

Tarkastelussa voidaan ottaa huomioon CEN:n mukainen eurooppalainen maakaasustandardiehdotus, Itävallan maakaasustandardi sekä Itävallassa voimassa oleva teollisuuspäästädirektiivin soveltamista täydentävä asetusmenettely sekä muissa maissa kuten Iso-Britanniassa ja Alankomaissa vakiintunut käytäntö.

### *Vaatimukset kaasutettavalle jätteelle*

Pyrolyttisellä kaasutuksella tuotettavan kaasun ja siten sen poltossa muodostuvien savukaasujen epäpuhtauksiin voidaan vaihtoehtoisesti vaikuttaa asettamalla laatuvaatimuksia kaasutuksen raaka-aineena käytettävälle jätteelle. Käytännössä tämä voidaan tehdä antamalla käsiteltävälle jätevirralle tarvittavat laatuvaatimukset ja/tai jätevirta rajataan vain tiettyyn (ennalta tunnettuun) jätejakeeseen, jotta voidaan ennakolta varmistua raakakaasun laadusta ja sen riittävästä puhdistuksesta.

### *Kriteerit kaasutuskaasulle*

Toinen tapa olisi asettaa kaasutuskaasulle puhtauskriteerit, jotka täyttämällä kaasutuskaasu voidaan katsoa tavanomaisia polttoaineita korvaavaksi polttoaineeksi. Asetettavilla puhtauskriteereillä varmistetaan korkea ympäristönsuojelun taso. Laatuksiteeri voi perustua korvattavan tavanomaisen direktiivin mukaisen polttoaineen, maakaasun ominaisuuksiin. Esimerkiksi Alankomaissa on puujätteen kaasutusta koskeva yleiskirje.