

20.12.2016



## ENERGIATEOLLISUUDEN YMPÄRISTÖPOOLI

Selvitys polttolaitosten savukaasupesureiden jätevesien ja lietteiden laadusta, hyötykäytöstä ja siihen liittyvästä luvituksesta

Copyright © Pöyry Finland Oy

Kaikki oikeudet pidätetään Tätä asiakirjaa tai osaa siitä ei saa kopioida tai jäljentää missään muodossa ilman Pöyry Finland Oy:n antamaa kirjallista lupaa.

Copyright © Pöyry Finland Oy

## SISÄLTÖ

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Tausta .....	1
1.2	Työn toteuttamistapa ja rajaukset .....	1
1.3	Savukaasupesureiden toimintaperiaate .....	2
<b>2</b>	<b>PESURIJÄTEVESIEN OMINAISUUDET JA VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖSSÄ....</b>	<b>4</b>
2.1	Pesurijätevesien koostumus ja siihen vaikuttavat tekijät .....	4
2.2	Vaikutukset ympäristöön ja niiden arviointi .....	5
2.2.1	Jätevesien merkittävimpien haitta-aineiden vaikutukset ympäristössä.....	6
2.2.2	Jätevesien ympäristövaikutusten arviointi ja sen epävarmuudet.....	9
2.3	Tyypilliset jäteveden käsittelytavat .....	10
2.3.1	Savukaasupesurin jätevesien käsittelyn tyypilliset menetelmät ja niiden kustannukset.....	10
2.3.2	Kiintoaine .....	11
2.3.3	Metallit .....	12
2.3.4	Sulfaatti .....	13
<b>3</b>	<b>LAINSÄÄDÄNNÖN JA JÄTEVESESOPIMUSTEN VAATIMUKSET JÄTEVESIEN LAADULLE JA TARKKAILULLE.....</b>	<b>15</b>
3.1	Lainsäädäntö.....	15
3.1.1	Suuret polttolaitokset .....	15
3.1.2	Pienet polttolaitokset.....	16
3.1.3	Jätteenpoltto.....	17
3.2	Viemäriin johdettavien vesien raja-arvot .....	18
3.3	Ympäristölupapäätösten ehdot savukaasupesureiden jätevesille .....	21
3.4	Vaatimukset savukaasupesureiden jätevesille Ruotsissa .....	23
<b>4</b>	<b>LIETTEET.....</b>	<b>25</b>
4.1	Lainsäädäntö.....	25
4.2	Lietteiden tyypilliset käsittelymenetelmät laitoksilla, ympäristölupapäätösten ehdot ja hyötykäyttömahdollisuudet .....	27
<b>5</b>	<b>MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET SAVUKAASUPESUREIHIN LIITTYEN.....</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>LÄHTEET.....</b>	<b>31</b>

## **1 JOHDANTO**

### **1.1 Tausta**

Savukaasupäästöjen kiristyvien raja-arvojen takia monet polttolaitokset ovat ottaneet käyttöön tai suunnittelevat tulevaisuudessa käytettäväksi uusia savukaasunpuhdistusmenetelmiä. Euroopan Unionin teollisuuspäästädirektiivi (IE-direktiivi, Directive on Industrial Emissions, 2010/75/EU) sekä valmisteilla olevat BAT-päätelmät asettavat raja-arvot suurten, teholtaan yli 50 MW:n polttolaitosten savukaasupäästöille. Suomessa kansallinen ns. PIPO-asetus (VNa 750/2013) sekä tulevaisuudessa Euroopan Unionin direktiivi keskisuurille polttolaitoksille (2015/2193) asettaa ehtoja teholtaan alle 50 MW:n polttolaitosten päästöille ilmaan.

Savukaasupesurit tulevat olemaan yksi potentiaalisista vaihtoehtoista uusien päästöraja-arvojen saavuttamiseksi tehtäville investoinneille kun halutaan vähentää erityisesti rikkidioksidi- ja hiukkaspäästöjä. Pesureilla voidaan vähentää savukaasujen haitta-aineita tehokkaasti sekä hyödyntää savukaasujen sisältämää hukkalämpöä esimerkiksi kaukolämmön tuotannossa. Samalla pesureista kuitenkin syntyy haitta-aineita sisältävää jätevettä sekä sen käsittelyssä syntyvää lietettä.

Tämän selvityksen tavoitteena on luoda kokonaiskuva savukaasupesureiden jätevesien ja lietteiden vaikutuksista ympäristöön sekä vaikutusten arviointimenetelmistä. Lisäksi tarkastellaan niihin sovellettavaa lainsäädäntöä ja luvituskäytäntöjä sekä mahdollisuuksia jätevesien käsittelemiseksi ja lietteiden hyödyntämiseksi.

### **1.2 Työn toteuttamistapa ja rajaukset**

Tämä selvitys on toteutettu syksyllä 2016 Pöyryllä asiantuntijatyönä. Lähtöaineistona on käytetty julkisista lähteistä saatavilla olevia tietoja, kuten polttolaitosten ympäristölupapäätöksiä ja on hyödynnetty Pöyryllä olemassa olevaa tietoa savukaasupesureista ja jätevesien ja lietteiden ominaisuuksista. Työn aikana on toteutettu haastatteluita polttolaitoksille ja laitetoimittajille. Haastatteluihin osallistuneet yritykset ovat Vapo Oy, Fortum Power and Heat Oy, Elenia Lämpö Oy, Valmet Technologies Oy ja Caligo Industria Oy. Lisäksi olemme hyödyntäneet Pöyryllä olevaa kokemusta ja käytössä olevia tietoja muista savukaasupesurihankkeista, joissa olemme toimineet konsultin roolissa.

Työssä käytetään nimitystä savukaasupesuri, mutta samalla tarkastellaan myös savukaasun lämmöntalteenottoon käytettävistä putkilauhduttimista syntyviä jätevesiä ja lietteitä. Työ keskittyy natriumhydroksidia käyttäviin pesurijärjestelmiin, jotka ovat yleisiä pienissä, keskisuurissa ja nykyään myös suuremmissa lämpövoimalaitoksissa ja lämmöntuotantoyksiköissä ja joihin hyvin usein integroidaan savukaasujen lämmöntalteenotto-laitteisto. Tarkastelun johtopäätöksiä ei voida suoraan soveltaa suurissa voimalaitoksissa käytettyihin kalkkikivipesureihin tai merivesipesureihin eikä esimerkiksi teollisuusprosesseissa käytettäviin monivaihepesureihin, joita saatetaan käyttää osana tehtaan kemikaalikiertoa.

Tässä selvityksessä keskitytään tarkastelemaan savukaasupesureita tavanomaisia polttoaineita, kuten puu ja turve, käytävillä laitoksilla. Jätepolttoaineita käytäviä laitoksia sivutaan tarkastelussa vain lyhyesti taustatietona muulle tarkastelulle.

### 1.3 Savukaasupesureiden toimintaperiaate

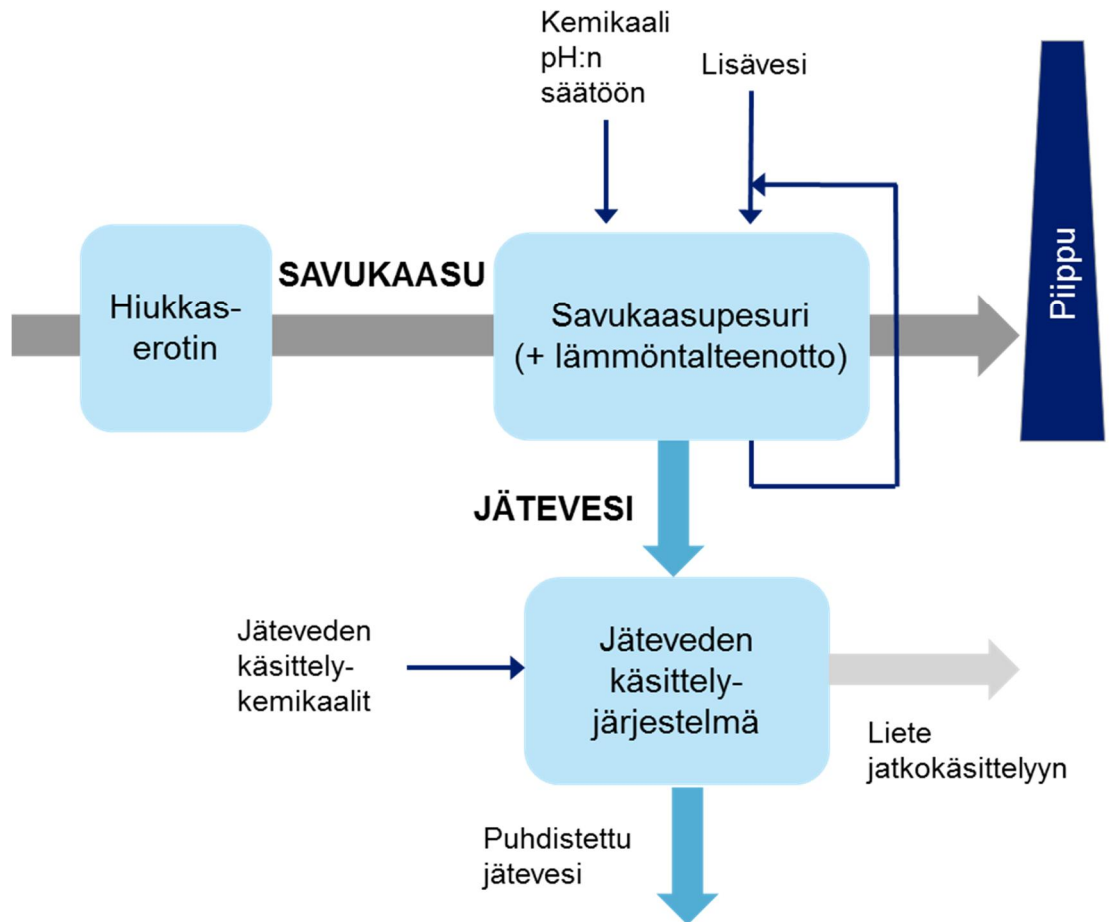
Savukaasupesureissa savukaasuihin suihkutetaan pesurissa kiertävää pesuvettä, johon erottuu savukaasujen sisältämiä epäpuhtauksia. Pesuvaiheita voi olla yksi tai useampia riippuen pesurin käyttötarkoituksesta ja halutusta epäpuhtauksien erotusasteesta. Pesurissa tyypillisesti savukaasuista erottuvat epäpuhtaudet ovat rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>), vetykloridi (HCl), hiukkaset sekä raskasmetallit. Myös typenoksidipäästöjen vähentämiseen voidaan käyttää pesureita, mutta niiden määrä on nykyisin vähäinen. Pesurin erotusastetta savukaasujen epäpuhtauksille hallitaan kierrätettävän pesuveden pH:ta säätämällä ja samalla se vaikuttaa syntyvien jätevesien laatuun. Säätöön käytetään tyypillisesti natriumhydroksidia (NaOH). Puhdistetut savukaasut johdetaan savupiippuun ja vesi, johon epäpuhtauksia on erottunut, johdetaan jätevedenkäsittelyyn. Jätevesi on pesuvesikierron ulospuhallusvettä, jonka poistolla estetään materiaaleja syövyttävien ja tukkivien epäpuhtauksien liiallinen konsentroituminen pesuvesikiertoon. Ulospuhallusvesi korvataan lisäämällä puhdasta lisävettä pesurikiertoon.

Epäpuhtauksien poistamisen lisäksi voidaan savukaasuista ottaa talteen lämmönvaihdinten avulla niiden sisältämää lämpöä. Tällöin pesurissa on tyypillisesti vähintään kaksi pesurivaihetta, joista ensimmäinen tai ensimmäiset vaiheet on suunniteltu savukaasun puhdistusta varten. Viimeinen pesurivaihe on osa lämmöntalteenottojärjestelmää, jossa savukaasujen lämpötila lasketaan pesurikierrossa alle savukaasun vesikastepisteen. Tällöin savukaasujen sisältämää vesihöyryä lauhtuu vedeksi ja sitä joudutaan poistamaan pesurista. Osa lauhtuneesta vedestä voidaan hyödyntää ensimmäisten pesurivaiheiden lisävetenä, mutta vettä jää tämänkin jälkeen huomattavasti yli ja jäteveden kokonaismäärä kasvaa verrattuna tilanteeseen, jossa lämmöntalteenottoa ei olisi. Samalla jäteveden sisältämien haitta-aineiden pitoisuudet laskevat.

Savukaasuista voidaan ottaa talteen lämpöä myös savukaasun kanssa suorassa kontaktissa olevilla putkilauhduttimella. Putkilauhdutin erottaa myös savukaasun epäpuhtauksia, mutta vähemmän kuin savukaasun puhdistukseen varta vasten suunniteltu pesuri. Näin ollen putkilauhduttimessa syntyvän jäteveden sisältämien haitta-aineiden määrät ovat pienemmät kuin pesurissa.

Tyypillisesti savukaasuista poistetaan hiukkasia jo ennen pesuria. Hiukkasten vähentämistekniikka ja pesuriin johdettavan savukaasun sisältämä hiukkaspitoisuus vaihtelevat usein laitoksen kokoluokan sekä mahdollisten ennen savukaasupesurin hankintaa olemassa olleiden savukaasujen käsittelymenetelmien mukaan. Jos hiukkasia poistetaan savukaasuista tehokkaasti jo ennen pesuria, vähentää se pesurissa jäteveteen päätyvän kiintoaineen, ja edelleen jätevedenkäsittelyssä syntyvän lietteen määrää. Samalla se parantaa pesurin toimintaa ja säädettävyyttä, koska pesurikierron tukkeutumisalttius pienenee.

Kuvassa 1-1 on esitetty yksinkertainen kaaviokuva savukaasujen puhdistusjärjestelmästä, jossa on mukana savukaasupesuri.



Kuva 1-1. Prosessikaavio savupesurista savukaasujen käsittelyjärjestelmässä

## 2 PESURIJÄTEVESIEN OMINAISUUDET JA VAIKUTUKSET YMPÄRISTÖSSÄ

### 2.1 Pesurijätevesien koostumus ja siihen vaikuttavat tekijät

Pesurissa syntyvän jäteveden koostumus on pesuriprosessin lisäksi riippuvainen laitoksella käytettävien polttoaineiden koostumuksesta sekä polttotekniikasta ja muista savukaasujen puhdistusprosesseista. Kalkkikiven käyttöön perustuvissa pesureissa esimerkiksi sulfaatit poistuvat pesurista pääosin kiinteässä muodossa, kun taas tässä selvityksessä tarkasteltavissa natriumhydroksidiin perustuvissa pesureissa sulfaattiyhdisteet ovat vesiliukoisia ja ne jäävät herkemmin jäteveeseen.

Jäteveden koostumus voi vaihdella voimakkaasti, varsinkin monipolttoainelaitoksissa polttoaineen laadunvaihtelun ja polttoaineseosten muutosten myötä, ja niiden arviointi luotettavasti ennen pesurin käyttöönottoa on haastavaa. Esimerkkejä jäteveden ominaisuuksille biopolttoaineita ja turvetta käyttävissä kattiloissa on esitetty taulukossa 2-1.

**Taulukko 2-1. Esimerkkejä savukaasupesurin jäteveden ominaisuuksista.**

	Pitoisuus jätevedessä [mg/l]
Kiintoaine	<10-1000 mg/l riippuu lauhdeveden käsittelymenetelmästä
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> )	1 500-2 500 (voi olla jopa 400-8 000)
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )	100-800
Kokonaistyyppi (kok. N)	10-50
Ammoniumtyppi (NH <sub>4</sub> -N)	10-20 (voi olla jopa 2-150)
Kokonaisfosfori	0,1-15
Arseeni (As)	<0,1
Elohopea (Hg)	<0,001
Kadmium (Cd)	<0,005
Kromi (Cr)	<0,01
Tallium (Tl)	<0,001
Lyijy (Pb)	<0,1
Kupari (Cu)	<0,02
Nikkeli (Ni)	<0,03
Sinkki (Zn)	<0,4
COD <sub>Cr</sub>	10-50
BOD <sub>7ATU</sub>	3-70

Savukaasuista poistetaan tyypillisesti hiukkasia ennen pesuria. Hiukkasten poiston tehokkuus vaikuttaa pesuriin tulevaan kiintoainemäärään ja samalla myös syntyvän jäteveden kiintoainepitoisuuteen. Lisäksi suuremmissa, etenkin jätteen rinnakkaispolttoa harjoittavissa laitoksissa pesuria edeltää usein pussisuodin, joka poistaa myös muita epäpuhtauksia, kuten rikkiä, klooria ja raskasmetalleja ennen pesuria. Mitä tehokkaampi hiukkastenpoistomenetelmä laitoksella on käytössä, sitä vähemmän pesurin käsiteltäväksi tulee hiukkasia.

Käytettävien polttoaineiden ominaisuuksilla on merkittävä vaikutus pesurissa syntyvän jäteveden laatuun. Turve sisältää tyypillisesti biopolttoaineita enemmän raskasmetalleja,

mikä vaikuttaa myös jätevesien laatuun. Lisäksi turpeen ja muiden rikkipitoisten polttoaineiden käyttö ja niistä aiheutuvan savukaasun rikkidioksidipitoisuuden vähentäminen pesurilla muodostaa jätevesiin sulfaattia. Jäteveden sulfaattipitoisuus on riippuvainen polttoaineen rikkipitoisuuden lisäksi myös pesurin rikinpoiston tehokkuudesta sekä muiden käytettävien polttoaineiden ominaisuuksista, kuten niiden kyvystä sitoa rikkiä tuhkan muodossa poistuviin yhdisteisiin. Käytettävien polttoaineiden ominaisuudet ja polttotekniikka vaikuttavat muun muassa rikin ja kloorin reaktioihin palamisessa. Biopolttoaineiden tuhkan sisältämät alkalit ja kalsium sitovat muiden polttoaineiden sisältämää rikkiä itseensä. Biopolttoaineiden sisältämät alkalit myös neutraloivat pesurissa syntyvää jätevettä ja neutralointiin käytettävien kemikaalien tarve pienenee.

Tyypillisesti jäteveden käsittelyllä vaikutetaan ensisijaisesti kiintoainepitoisuuteen, jota pystytään hallitsemaan tehokkaasti yleisesti käytössä olevilla menetelmillä. Vedenkäsittelymenetelmiä on kuvattu tarkemmin kappaleessa 2.3.

Syntyvän jäteveden määrä riippuu laitoksen kokoluokan ja polttoaineen laadun lisäksi muun muassa polttoaineen kosteudesta sekä lämmöntalteenottoasteesta. Mikäli pesuri on varustettu savukaasujen lämmöntalteenottojärjestelmällä, syntyy savukaasun sisältämän kosteuden lauhtumisen vaikutuksesta huomattavasti enemmän jätevesiä kuin pelkkään savukaasujen puhdistukseen suunnitellussa pesurissa. Mitä alemmaksi savukaasun lämpötila lasketaan lämmöntalteenotossa sitä enemmän jätevettä syntyy. Lämmöntalteenoton yhteydessä syntyvän jäteveden määrään vaikuttaa lämpöä keräävän väliaineen, kuten kaukolämpövesi, sisääntulolämpötila sekä virtaus. Mitä kylmempi väliaineen sisääntulolämpötila on, sitä alemmaksi savukaasun loppulämpötila voidaan laskea olettaen, että väliaineen määrä on riittävä vastaanottamaan kaiken potentiaalisesti tarjolla olevan savukaasun lämmön. Pelkästään savukaasujen puhdistukseen käytetyssä pesurissa jätevesi on pesurin vesikierron ulospuhallusta, jonka määrä riippuu pesurikiertoon kertyvien epäpuhtauksien konsentroitumisasteesta. Ulospuhalluksen määrä säädetään laitoksilla usein käyttökokemusten perusteella eikä yleispätevää arviota jäteveden määrästä pystytä näin ollen esittämään. Samalla laitoksella syntyvän jäteveden määrä voi näistä tekijöistä johtuen vaihdella merkittävästikin ajankohdasta riippuen. Esimerkkejä laitoksella syntyvän jäteveden määrästä on esitetty taulukossa 3-6 sivulla 22.

## 2.2 Vaikutukset ympäristöön ja niiden arviointi

Savukaasupesurin jätevesien vaikutukset vesistössä riippuvat niiden koostumuksen lisäksi niiden määrästä suhteessa purkuvesistön vesimääriin eli laimenemisolosuhteista. Suurissa virtaavissa vesistöissä jätevesivaikutukset ovat luonnollisesti vähäisemmät kuin pienissä ojavesissä. Pienissä vesistöissä vaikutukset korostuvat alivirtaama-aikana, jolloin laimeneminen on heikointa. Myös järvivesistöissä on eroja; suuri läpivirtausjärvi ei ole yhtä herkkä kuin pieni valuma-alueen latvaosissa sijaitseva järvi, jossa veden vaihtuminen on hitaampaa.

Järveen tai mereen johdettavien vesien laimenemista voi hidastaa myös vesimassojen kerrostuneisuus, jonka vaikutuksesta alusvesi ja päällysvesi eivät sekoitu. Kerrostuneisuutta voi muodostua sekä lämpötilan että suolaisuuden suhteen etenkin rannikolla. Savukaasupesurin jätevedet voivat osaltaan voimistaa kerrostuneisuutta purkuvesistössä johtuen niiden sisältämistä suoloista (natrium, sulfaatti, kloridi) ja lämpötilaerosta, jotka muuttavat jätevesien tiheyttä suhteessa purkuvesistöön. Vesistön kerrostuneisuuteen vaikuttavat myös monet muut asiat kuten vuodenaika sekä vesistön hydrodynamiikka ja morfologia.



### 2.2.1 Jätevesien merkittävimpien haitta-aineiden vaikutukset ympäristössä

Seuraavassa on käsitelty savukaasupesurien jätevesien merkittävimpien ominaisuuksien vaikutuksia erityyppisissä purkuvesistöissä.

#### Kiintoaine

Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukkasmaista ainesta. Kiintoaineen kulkeutuminen vesistöihin eroosion kautta on osa luontaista geologista kiertokulkua. Kiintoaine voi olla orgaanista materiaalia tai epäorgaanista ainetta. Savukaasupesurien jätevesissä kiintoaine on pääosin epäorgaanista tuhkaa ja sen mukana vesistöön voi kulkeutua myös mm. ravinteita ja metalleja polttoaineesta riippuen.

Kiintoaine aiheuttaa vedessä samennusta ja heikentää näkösyvyyttä, ja vaikuttaa edelleen muuhun vesistön ekologiaan. Runsaiden kiintoainemäärien kulkeutuminen vesistöön ja laskeutuminen hidavirtaisille alueille lisää sedimentaatiota ja liettymistä, millä voi olla vaikutuksia esimerkiksi pohjaeläimistöön ja kalojen kutualueisiin. Pesurijätevesissä kiintoainemäärät ovat yleensä jokseenkin pieniä (<10 mg/l) etenkin isoissa laitoksissa, joissa hiukkasten poisto on tehokasta. Siten niillä ei todennäköisesti ole erityisen suuria vesistövaikutuksia. Varsinkin jokivesissä kiintoainepitoisuus vaihtelee paljon luontaisesti.

#### Ravinteet

Ravinteiden saatavuus säätelee pitkälti perustuotantoa vesistöissä kasvukaudella. Kun veteen tulee paljon ravinteita, levien ja kasvien määrä lisääntyy, lajisto muuttuu ja vesialue rehevöityy.

Yleisesti sisävesien pääasiallinen minimiravinne on fosfori eli fosforin puute rajoittaa levien kasvua. Lisättäessä fosforirajoitteen vesistön fosforikuormitusta vesistön rehevyystaso lisääntyy. Vastaavassa tilanteessa yksipuolinen typpikuormituksen lisäys ei suoraan lisää rehevyyttä, koska fosforin puute on edelleen levien kasvua rajoittava tekijä. Suomen rannikkovesistä vain Perämeri on pääsääntöisesti fosforirajoitteinen ja Merenkurkusta etelään typpi on keskeinen minimiravinne (*Pietiläinen 2008*). Minimiravinne voi kuitenkin vaihdella vesistöissä ajallisesti ja paikallisesti tai molemmat pääravinteet voivat rajoittaa perustuotantoa. Virtavesissä usein rajoittavana tekijänä on itse virtaus ja ravinteet kulkeutuvat kauemmaksi alapuoliseen järveen tai mereen. Ravinnekkuormituksella voi olla vaikutusta myös vesistön happitilanteeseen, koska lisääntyvä perustuotanto ja pohjaan laskeutuva hajoava aine kuluttaa vesistön happivaroja.

Savukaasupesureiden jätevesien ravinnepitoisuuksissa esiintyy melko paljon vaihtelua, mutta tyypillisesti kuormitus ei ole erityisen suurta. Osaltaan se kuitenkin lisää ja ylläpitää rehevyyttä purkuvesistöissä. Vesistövaikutusten arvioinnissa on olennaista tarkastella paitsi ravinnekuormituksen suuruutta suhteessa purkuvesistöön, myös vesistön ravinne-rajotteisuutta.

Savukaasupesurien jätevesissä on myös ammoniumtyyppiä ( $\text{NH}_4$ ), joka rehevöitymisen lisäksi voi hapettuessaan heikentää happioloja purkuvesistön syvänteissä. Ammoniumin hapettuessa päälly- tai virtavedessä happivajetta ei muodostu, koska luontainen ilmastuminen kompensoi hapen kulutuksen.

### **Sulfaatti ja muut suolat (natrium ja kloridi)**

Sulfaatti ja muut suolat eivät itsessään ole vesiympäristössä haitallisia, vaikka suurissa määrin makeaan veteen sopeutuneet kasvit ja eliöt voivat olla niille herkkiä. Sisävesissä liuenneiden suolojen määrä on yleensä vähäinen maa- ja kallioperän laadusta johtuen ja järvivesissä sulfaattipitoisuus on tyypillisesti luokkaa 2–20 mg/l. Sulfaatin ja muiden suolojen haitallisuus vesistössä johtuu välillisistä vaikutuksista eli vesien suolaantumista ja sen aiheuttamasta vesien kerrostumisesta sekä myös mahdollisesti vaikutuksista aineiden normaaliin kiertoon vesistössä.

Merivedessä on sulfaattia, natriumia ja kloridia luonnostaan runsaasti. Esimerkiksi Itämeressä sulfaattipitoisuus on noin 400–600 mg/l. Meriympäristössä sulfaattikuormituksella ei ole käytännössä merkitystä.

Sulfaatille ei ole asetettu ympäristö- tai terveysperusteisia raja-arvoja esim. vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (1022/2006).

Runsaasti sulfaattia ja myös ionimuotoisena esiintyviä natriumia sekä kloridia sisältävät jätevedet voivat suuremman tiheyden vaikutuksesta kertyä purkuvesistöön toimivan järven alusveteen talven ja kesän kerrostuneisuuskausina. Ilmiö voimistaa kerrostuneisuutta ja vaikeuttaa sen purkautumista. Tällöin myös happi voi kulua loppuun pohjan läheisessä vesikerroksessa ja vapauttaa pohjasta muun muassa vesistöä rehevöittävää fosforia. Pysyvän suolakerrostuneisuuden muodostuminen edellyttää kuitenkin suurta sulfaattikuormitusta suhteessa vastaanottavan vesistön kokoon. Vesistöissä, joiden virtaama on suuri, sulfaatti sekoittuu suurempaan vesimäärään, eikä tätä ongelmaa ole.

Sulfaatti voi vesistössä hapettomissa oloissa pelkistyä mikrobiologisesti sulfidiksi. Reaktiossa muodostuva rikkivety ( $H_2S$ ) on eliöille myrkyllinen jo erittäin pieninä pitoisuuksina. Sulfaatin pelkistyminen voi aiheuttaa myös raudan kierron tyrehtymisen alusvedessä sen sitoutuessa pelkistävässä olosuhteissa sedimenttiin niukkaliukoisina rautasulfideina. Pidemmällä aikavälillä ilmiö voi lisätä myös järven sisäistä fosforikuormitusta rautaan sitoutuneen fosforin vapautuessa alusveteen (*Lehtoranta & Ekholm 2013*). Sulfaattikuormitus ei kuitenkaan välttämättä aiheuta rehevöitymistä. Sulfaatin pelkistyminen ja sitä kautta vaikutus rehevöitymiseen edellyttävät sulfaatin pelkistämiseen kykenevien mikrobien läsnäolon, hapettomat olosuhteet ja käyttökelpoista eloperäistä ainesta (*Lehtoranta & Ekholm 2013*). Happitilanteen paraneminen myöhemmin voi aiheuttaa sedimenttiin sitoutuneen rautasulfidien hapettumisen aiheuttaen alusveden pH:n alenemisen ja metallien liukenemisen sedimentistä.

### **Raskasmetallit**

Raskasmetalleista vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia ovat erityisesti kadmium, elohopea, lyijy ja nikkeli, joille on EU-tasolla ja Suomessa määritelty ympäristönlautunormit pintavesissä (valtioneuvoston asetus 1022/2006, taulukko 2-2). Ympäristölaautunormeja käytetään pintavesien tilaluokittelussa: jos normi ylittyy, vesistön kemiallinen tila ei ole hyvä ja tällöin ekologinen tila luokitellaan enintään tyydyttäväksi.

Ympäristölaautunormeja tarkasteltaessa otetaan huomioon myös taustapitoisuus, joka lisätään määriteltyyn vuosikeskiarvona laskettavaan arvoon. Taustapitoisuudet riippuvat siitä, onko vesistö järvi, joki vai rannikkovesi/meri sekä vesistön muista ominaisuuksista.

Ympäristölaatumormeja ei voi suoraan käyttää raja-arvoina jätevesien haitta-aineiden pitoisuuksille ja ne ovatkin pääosin selvästi pienempiä kuin jätevesille asetetut raja-arvot (Taulukko 3-1, Taulukko 3-3). Mikäli jätevesistä aiheutuvia päästöjä ei pystytä rajoittamaan ja laatumormiarvot vesistössä ylittyvät, voidaan toiminnanharjoittajan hakemuksesta määrätä päästölähteen läheisyyteen rajoittuva sekoittumisvyöhyke. Sekoittumisvyöhyke voidaan myöntää mikäli päästöjen vähentämiseksi ja poistamiseksi on käytetty parasta käyttökelpoista tekniikkaa ja parhaita käytäntöjä.

**Taulukko 2-2. Metallien ympäristölaatumormit vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen (muutos 1308/2015) mukaisesti. Metalleille sovelletaan aritmeettisena vuosikeskiarvona ilmaistua ympäristölaatumormia (AA-EQS), joka perustuu eliöiden pitkäaikaisiin vaikutuksiin. MAC-EQS on raja-arvo hetkellisen pitoisuuden maksimiarvolle, joka perustuu akuutteihin vaikutuksiin. Lyijyn ja nikkelin osalta tarkastellaan sisävesissä biosaatavia pitoisuuksia, rannikkovesille normit on annettu liukoisina pitoisuuksina. Elohopean laatumormi on asetettu pitoisuudelle kalassa. AA = pitoisuuden vuosikeskiarvo, MAC = maksimipitoisuus**

		AA-EQS	MAC-EQS
<b>Sisävedet</b>			
Kadmium (Cd)	µg/l	≤0,08-0,25	≤0,45–1,5
Elohopea (Hg)	µg/l		0,07
Nikkeli (Ni)	µg/l	4 <sup>1)</sup>	34
Lyijy (Pb)	µg/l	1,2 <sup>1)</sup>	14
<b>Rannikkovedet</b>			
Kadmium (Cd)	µg/l	0,2	≤0,45–1,5
Elohopea (Hg)	µg/l		0,07
Nikkeli (Ni)	µg/l	8,6	34
Lyijy (Pb)	µg/l	1,3	14

1) biosaatava pitoisuus

Pesurijätevesissä voi esiintyä polttoaineesta riippuen muun muassa arseenia, kromia, kuparia ja sinkkiä. Näille metalleille ei ole määrätty pintavesinormeja Suomessa tai EU-tasolla. Suuntaa antavasti voidaan soveltaa esimerkiksi pohjaveden ympäristölaatumormeja, jotka ovat arseenille 5 µg/l, kromille 10 µg/l, kuparille 20 µg/l ja sinkille 60 µg/l. Metallien kulkeutuminen ja haittavaikutukset vesiympäristössä ovat voimakkaasti riippuvaisia pH:sta ja hapetus-pelkistyspotentiaalista sekä erilaisista adsorptio-, desorptio-, ioninvaihto- ja kompleksoitumisreaktioista sekä saostumis- ja liukenemistapahtumista.

Pohjavesialueilla sijaitseville pintavesille ei ole erikseen veden laadun raja-arvoja, mutta kaikki hankkeet jotka voivat vaikuttaa pohjaveden laatuun tai määrään ovat luvanvaraisia. Pohjavesille on asetettu (1022/2006) omat ympäristölaatumormit, joiden perusteella pohjavesimuodostuman kemiallinen tila määritellään.

### Dioksiinit ja furaanit

Dioksiini ja furaanit (PCDD/PCDF) ovat veteen niukkaliukoisia ja niiden liukoisuus laskee yhdisteen klooripitoisuuden kasvaessa. Ne ovat ympäristössä erittäin pysyviä ja kertyviä sekä vesieliöille erittäin myrkyllisiä. Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen muutoksessa 1308/2015 on annettu laatumormi myös dioksiineille ja dioksiinien kaltaisille PCB-yhdisteille: summapitoisuutena 0,0065 µg/kg TEQ. Pitoisuus mitataan kaloista. Yhteismyrkyllisyyttä kuvataan toksisuusekvivalentin (TEQ)

avulla, missä toksisempien yhdisteiden osuutta painotetaan vähemmän toksisiin nähden. Dioksiinien ympäristölaatu normi tulee asetuksen mukaisesti voimaan 22.12.2018.

### **Yhteenveto**

Savukaasupesureiden jätevesien laatu ja purkuvesistöjen olosuhteet vaihtelevat paljon ja siten myös jätevesistä aiheutuvat vesistövaikutukset ovat tapauskohtaisia. Ongelmallisimpia ovat tilanteet, joissa suuri määrä jätevettä johdetaan pieneen vesistöön tai jätevesien sekoittuminen on puutteellista esimerkiksi vesistön kerrostuneisuuden vuoksi.

Yleisesti merkittävin vesistökuormitus savukaasupesureiden jätevesissä aiheutuu kiintoaineesta, ravinteista, erilaisista suoloista (sulfaatti, natrium, kloridi) sekä raskasmetalleista. Vesiympäristölle haitallisten ja vaarallisista aineista suurimman riskin vesistöissä on arvioitu aiheutuvan elohopeasta, kadmiumista, lyijystä, nikkelistä ja dioksiineista, joille on myös määritelty erilliset ympäristölaatu normit pintavesissä. Vesistövaikutusten kannalta oleellista on tarkastella tapauskohtaisesti purkuvesistön rehevyyttä ja ravinne rajoitteisuutta sekä kerrostuneisuutta ja happitilannetta. Etenkin järvi vesistöissä sulfaatti ja muut suolat voivat vaikuttaa mm. vesistön kerrostuneisuuteen sekä aineiden normaaliin kiertoon. Esimerkiksi sulfaattikuormitus voi vaikuttaa raudan ja fosforin kiertoon vesistöissä.

## **2.2.2 Jätevesien ympäristövaikutusten arviointi ja sen epävarmuudet**

Jätevesien leviämistä ja vaikutuksia voidaan mallintaa vesistövaikutusten arvioinnissa asiantuntija-arvion tueksi. Eri käyttötarkoituksiin soveltuvia erilaisia mallinnusohjelmia on useita.

Virtaus- ja vedenlaatumallinnus soveltuu hyvin kuormituksen kulkeutumisen ja sekoittumisen tarkasteluun. Mallinnusta voidaan käyttää esimerkiksi tilanteessa, jossa kuormitus muuttuu tai halutaan määrittää optimaalisin purkupaikka jätevesille.

Virtaus- ja vedenlaatumallilla voidaan laskea annettujen lähtötietojen perusteella syntyvät virtauskentät ja -suunnat sekä aineiden laimentumisen vesistöissä. Vesistömalli on aina parhaimmillaankin pelkistetty matemaattinen kuvaus vesien liikkeistä ja aineiden kulkeutumisesta. Mallinnusta suunniteltaessa on tärkeää arvioida lähtötietoaineiston riittävyys ja luotettavuus, esimerkiksi kuormituksen määrä ja kesto. Jos lähtötiedot ovat puutteellisia, ovat myös mallinnustulokset ja ennusteet epäluotettavia. Mallin tarkkuutta voidaan parantaa merkittävästi mallin kalibroinnilla toteutuneisiin vesistökuormituksiin ja vesireitin tarkkailutuloksiin perustuen. Mallin kalibrointia tarvitaan erityisesti purkuvesien ja vastaanottavien vesien tiheyseron sekä mallinnettavien vedenlaatumuuttujien poistumiskertoimen määrittämiseen. Poistumiskerroin on usein olosuhde- ja vedenlaatumuuttujariippuvainen.

Veden laadun mallinnuksessa ja vesistövaikutusten arvioinnissa on syytä kiinnittää erityistä huomiota syvänteiden kerrostuneisuuteen etenkin jos purkuvesistö on järvi. Mallinnuksessa voidaan huomioida jätevesien sisältämien veden tiheyttä lisäävien vedenlaatumuuttujien (mm. natrium ja sulfaatti) sekä lämpötilan vaikutukset jäteveden kerrostumiseen syvänteisiin. Tiheyseron tarkka kuvaaminen on tärkeää, jotta vesien sekoittumiseen liittyvät epävarmuudet voidaan minimoida mallilaskelmissa. Mallilaskelmat soveltuvat parhaiten kuormitusmuutosten ennustamiseen ja mallinnuksen avulla on mahdollista myös määrittää optimaalisin purkupaikka jätevesille.

Vesiluonnossa tapahtumat ovat usein monimutkaisempia ja siellä tapahtuu prosesseja, joita mallissa on vaikea huomioida, kuten esimerkiksi virtausten ja aallokon aiheuttama

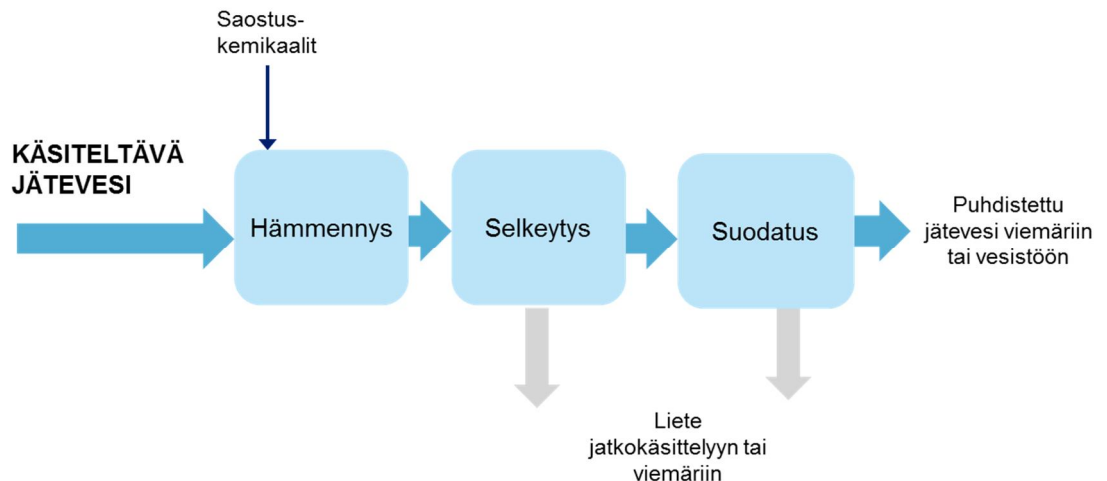
pohjaan laskeutuneiden aineiden sekoittuminen takaisin järviveteen (resuspendaatio) sekä kemialliset muutokset johtuen pH:n ja redox-olosuhteiden muutoksista. Varsinainen vaikutusarviointi tulee tehdä aina asiantuntijatyönä, mutta mallinnusta voidaan käyttää hyvänä apuna tarkasteltaessa aineiden kulkeutumista ja sekoittumista vesistöissä virtausten mukana.

## 2.3 Tyypilliset jäteveden käsittelytavat

Savukaasupesurissa syntyvä jätevesi käsitellään laitoksilla niiden omassa käsittelyjärjestelmässään. Tyypillisesti käsittelyjärjestelmällä säädetään veden pH:ta (neutralointi) sekä poistetaan vedestä kiintoaineista. Jätevedestä voidaan tarpeen mukaan erottaa myös muita haitta-aineita. Lauhteenkäsittelyssä samalla myös jäteveden lämpötila laskee. Seuraavassa on kuvattu menetelmiä pesurijätevesien sisältämien merkittävimpien haitta-aineiden poistamiseksi yleisesti sekä lopuksi arvio pesurijätevesille soveltuvimmista menetelmistä sekä niiden investointikustannuksista. PIPO-asetus asettaa vaatimuksia jäteveden käsittelymenetelmille. Vaatimukset on kuvattu kappaleessa 3.1.2.

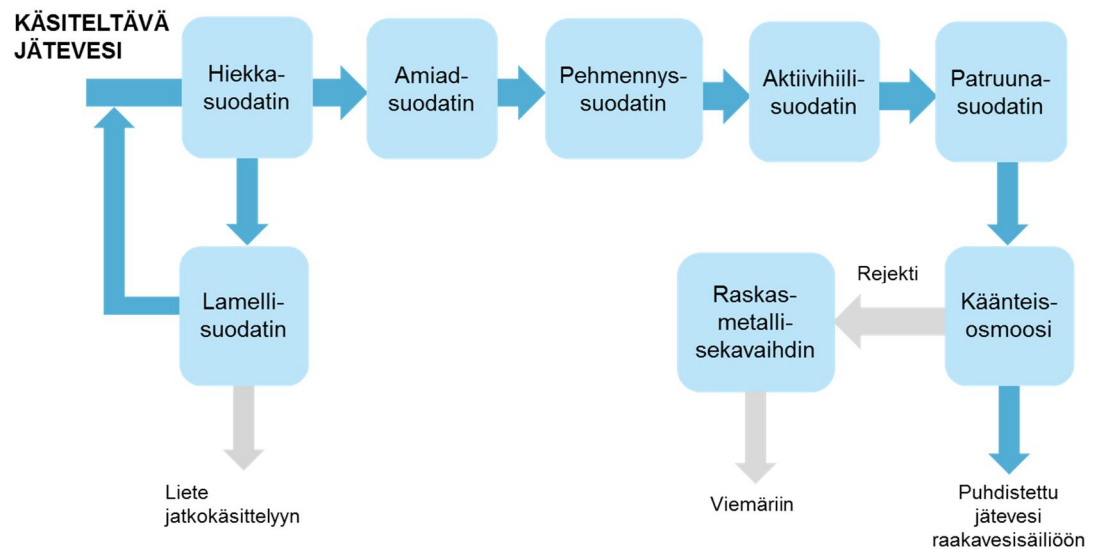
### 2.3.1 Savukaasupesurin jätevesien käsittelyn tyypilliset menetelmät ja niiden kustannukset

Tyypillisin tapa savukaasupesureiden jätevesien käsittelyssä on poistaa kiintoainesta saostamalla, selkeyttämällä ja suodattamalla. Suodatusmenetelmä valitaan riippuen vaadittavasta käsitellyn jäteveden kiintoainepitoisuudesta. Lauhteenkäsittelyjärjestelmä, jolla voidaan saavuttaa kiintoainepitoisuuden tasona alle 10 mg/l, vastaa investointikustannuksiltaan tyypillisesti noin 10–15 % pesurin kokonaisinvestoinnista. Esimerkki tällaisesta lauhteenkäsittelyjärjestelmästä on esitetty kuvassa alla.



**Kuva 2-1. Esimerkki tyypillisestä jätevedenkäsittelyprosessista keskittyen kiintoainepitoisuuden hallintaan.**

Saostusta ja selkeytystä on mahdollista tehostaa raskasmetallien poiston osalta käyttämällä erityisiä raskasmetallien saostukseen tarkoitettuja saostuskemikaaleja. Jos jätevedestä halutaan poistaa lisäksi raskasmetalleja alhaisiin pitoisuuksiin ja sulfaattia ja muita haitta-aineita, tyypillisin menetelmä lauhteenkäsittelyyn on kalvosuodatus. Osa näin käsitellystä vedestä voidaan hyödyntää polttolaitoksen raakavetenä ja samalla saadaan pienennettyä laitoksen raakavedenoton ja -käsittelyn kustannuksia. Esimerkki Vantaan Energia Oy:n jätevoimalan savukaasupesurin jätevedenkäsittelyprosessista raakavedeksi on esitetty kuvassa alla.



**Kuva 2-2. Esimerkki Vantaan Energia Oy:n jätevoimalan savukaasupesurin jätevedenkäsittelyprosessista. (Lehmusmetsä 2015)**

Lauhteen käsittelyprosessissa poistetaan kiintoainetta hiekka- ja Amiad-suodatuksella. Tämän jälkeen ennen käänteisosmoosia poistetaan lauhteesta kovuusioneita pehmenys-suodattimessa sekä orgaanista ainetta että klooria aktiivihiilisuodattimessa. Ennen kaksivaiheista käänteisosmoosia on asennettu vielä 1 µm patruunasuodattimet. Käänteisosmoosilla poistetaan lauhteesta suurin osa suoloista (silikaatit, sulfaatit ja kloridit) sekä raskasmetalleja. Puhdistettu savukaasulauhde käytetään lisäveden valmistukseen. Käänteisosmoosissa syntyvä rejekti kierrätetään osittain uudelleen suodatettavaksi ja toisen vaiheen rejekti johdetaan raskasmetallisekavaihtimen kautta viemäriin.

Lauhteen käsittelymenetelmien kustannukset kasvavat suhteessa siihen mitä enemmän ja erilaisempia polttoaineista johtuvia epäpuhtauksia täytyy jätevedestä poistaa. Mitä yksinkertaisempi puhdistusprosessi, sitä halvempi on laiteinvestointi. Halvin vaihtoehto savukaasulauhteen käsittelyyn on perinteinen saostus-selkeytys-suodatus prosessi, jolla päästään nykyisissä pienissä voimalaitoksissa vaatimusten mukaiseen puhdistustulokseen. Kalvosuodatusten investointikustannukset ovat halventuneet viimeisen kymmenen vuoden aikana, mutta ne ovat edelleen suhteellisen kalliita menetelmiä. Lisäksi investointipäätöksessä tulee ottaa huomioon menetelmien käyttökustannukset, joihin vaikuttavat eniten kemikaalien tarve ja sähkönkulutus.

Tyypillisten lauhteen käsittelymenetelmien laiteinvestointien indeksoidut kustannukset:

- Saostus, selkeytys, hiekkasuodatus	100 Y
- Ioninvaihto	160 Y
- Kalvosuodatus	200 Y

### 2.3.2 Kiintoaine

Kiintoaineen erottaminen jätevedestä käsittää selkeytyksen ja suodatuksen. Nämä menetelmät ovat olleet tähän mennessä riittäviä jätevesien saattamiseksi sen laatuiseksi, että ne voidaan hyväksytysti johtaa vesistöön tai viemäriin. Mikäli lauhteen kiintoainepitoisuus on alhainen, voidaan käsittely toteuttaa myös pelkällä hiekkasuodatuksella.

Kiintoaineen poistoa ja veden selkeytystä tehostetaan kemiallisella saostuksella, jossa jäteveeseen lisätään saostuskemikaalia. Saostuskemikaalilla flokataan kiintoainetta suuremmiksi partikkeleiksi, mikä parantaa sen laskeutumista selkeyttimen pohjalle. Käytetyt saostuskemikaalit ovat yleensä rauta- tai alumiinipohjaisia sulfaatti- tai kloridiyhdisteitä (PIX- ja PAX-tyypit). Selkeytystä voidaan tehostaa vielä lisäämällä veteen poly-meerejä, jolloin sakasta saadaan raskaampaa. Kemikalointia varten tarvitaan yleensä hämmennyslohko, jota ennen saostuskemikaali syötetään. Hämmennyslohkossa kasvataan kiintoaineen ja saostuskemikaalin muodostaman flokin kokoa ennen selkeytystä.

Selkeytys toteutetaan tyypillisesti lauhteenkäsittelyssä lamelliselkeytyksellä, jossa tavallisen pystyselkeytyksen kokonaistilavuutta on voitu pienentää ja tehokkuutta parantaa asentamalla selkeyttimeen lamellilevyjä, joilla saadaan lisättyä laskeutuspinta-alaa. Lamelliselkeytyksessä kiintoainetta laskeutuu lamellilevyille ja valuu selkeyttimen pohjalle. Ylivuotona saadaan kirkaste, joka usein käsitellään vielä suodattamalla kiintoainepitoisuuden laskemiseksi. Prosessista jätteenä muodostuu lietettä, joka voidaan viemäroidä tai sekoittaa lentotuhkaan.

Selkeytyksen kirkasteen sisältämän laskeutumattoman kiintoaineen erottaminen jätevedestä toteutetaan yleensä hiekkasuodatuksella, jolla päästään kiintoainepitoisuudessa alle 10 mg/l. Suodattimen huuhtelussa syntyy pesuvesiä, jotka voidaan johtaa hämmennykseen tai viemäroidä. Vaihtoehtoisesti pienemmän jäännöskiintoainepitoisuuden vesi voidaan myös suodattaa patruuna- tai pussisuodattimella tai hiekkasuodatuksen tulosta voidaan vielä parantaa lisäämällä sen perään patruuna- tai pussisuodatin. Patruuna- ja pussisuodattimet ovat yksi teollisuuden käytetyimmistä suodatintyypeistä. Niiden suodatus perustuu suodinpatruunassa tapahtuvaan syväsuodatukseseen tai suodatin kankaalla perustuvaan suodatukseseen. Ne ovat kertakäyttöisiä ja niiden tukkeutumista seurataan suodattimen paine-eromittauksella. Suodatinten tukkeutuminen on riippuvainen suodatimen huokoskoosta ja puhdistettavan jäteveden kiintoainekuormasta. Suodattimen suodatuskoko määritetään poistettavan kiintoaineen tai seuraavan prosessiosan vaatimusten mukaan. Lauhdeveden käsittelyssä tyypillisesti käytetty reikäkoko on 5-10 µm.

Kiintoainetta voidaan poistaa myös kalvotekniikkaan perustuvalla ultrasuodatuksella. Kalvotekniikka perustuu kalvon yli muodostuvaan paine-eroon, jolla vedestä saadaan erotettua kalvon huokoskoko suuremmat partikkelit. Ultrasuodatuskalvon huokoskoko on välillä 0,001-0,04 µm, jolloin jätevedestä poistuu lähinnä kiintoainetta. Ennen ultrasuodatusta on mahdollista lisätä lauteeseen saostuskemikaaleja ja hämmennyslohko, jolloin kiintoaineen erotusta saadaan tehostettua. Menetelmää käytetään usein nano- tai käänteisomoosisuodatuksen esikäsitteilynä. Suodatin on tyypiltään läpivirtaussuodatin, joka tarkoittaa, ettei se tuota käynnissä ollessaan kuin puhtaan jakeen. Puhdistuksessa erottunut lika jää suodattimen sisään ja tukkii sen vähitellen. Suodatinyksikön tukkeutuminen vältetään säännöllisillä vastavirtahuuhteluilla sekä kemikaalipesuilla. Nämä toimenpiteet laskevat laitteiston ajallista ja vesitaseen mukaista hyötysuhdetta. Tämän vuoksi ne optimoidaan sopivaksi suodatettavan lauhteen laadun mukaan. Prosessissa syntyy jätevetenä kalvon pesuvesiä.

### 2.3.3 Metallit

Raskasmetallit poistetaan jätevedestä tavallisesti saostamalla ne korkeassa pH:ssa. Käytetyimmässä menetelmässä ne saostetaan hydroksideina, mikä edellyttää jäteveden pH:n nostamista natriumhydroksidin tai kalkin avulla. Eri metallit saostuvat ja saavuttavat minimiliukoisuuden hieman eri pH-arvoissa, joten tavoiteltava pH-arvo riippuu siitä, mitä metalleja vedestä ensisijaisesti pyritään poistamaan. Natriumhydroksidin avulla to-

teutettavalla saostuksella ei voida saavuttaa kokonaisvaltaisesti alhaisia jäteveden raskasmetallipitoisuuksia, sillä arseeni ja elohopea eivät muodosta hydroksideja. Kipsisaostuksessa käytettäessä kalsiumhydroksidia saostukseen korkeassa pH:ssa saostuva kalsiumkarbonaatti ja/tai -sulfaatti toimivat saostumisytimenä edesauttaen metallien saostumista. Natriumhydroksidilla ei ole vastaavaa etua.

Kolmas korkeassa pH:ssa tapahtuva saostus on karbonaattisaostus, jossa voidaan poistaa lyijy, kadmium ja nikkeli. Toisinaan jätevesi sisältää jo riittävästi karbonaattia, mutta saostusta tehostetaan lisäämällä tavallisesti soodaa (natriumkarbonaattia) hiilidioksidia tai natriumbikarbonaattia. Saostus edellyttää emäksistä pH:ta >9, jolloin vedessä on läsnä karbonaattia. Yleensä osa metalleista saostuu hydroksideina ja osa karbonaatteina.

Käytettäessä pH:n nostoon perustuvaa hydroksidisaostusta metallit poistuvat jätevedestä kiintoaineen erotuksen yhteydessä lietteeseen. Metallihydroksidit lietteessä ovat epästabiileja ja metallit saattavat liueta niistä uudelleen loppusijoituksessa, mikäli lietteen pH-arvo laskee.

Arseeni ja elohopea poistuvat osittain kiintoaineen saostuksessa käytettäessä rauta- tai alumiinisuoloja saostukseen, mutta menetelmällä ei välttämättä päästä riittävän pieniin pitoisuuksiin. Raskasmetallien saostukseen on kehitetty myös erityisiä saostuskemikaaileja kuten TMT-15 tai Zetag®, jolloin niitä voidaan saostaa yhdessä kiintoaineen kanssa. Tämä on yleisin tapa käsitellä pienten voimalaitosten lipeäpesurien jätevesiä poistamaan raskasmetalleja.

Arseenia voidaan saostaa erikseen sulfidisaostuksella. Sulfidi saostuksessa jäteveteen lisätään natriumsulfidia, hydrosulfidia tai rautasulfidia. Myös muita metalleja voidaan poistaa sulfidisaostuksella. Metallisulfidit ovat niukkaliukoisia eivätkä liukene uudelleen pH:n noustessa. Lisäksi sulfidiyhdisteet saostuvat huomattavasti alhaisemmilla pH arvoilla. Menetelmän haittapuolena on myrkyllisen rikkivedyn muodostuminen.

Raskasmetallien poistamiseksi on kehitetty myös erityisiä ioninvaihtomassoja. Lisäksi voidaan käyttää myös elektrodialyysiä, jossa sähkövaraukseen perustuen erotetaan ioneja liuoksesta.

#### **2.3.4 Sulfaatti**

Tyypillisin tapa poistaa jätevedestä sulfaattia, kun sitä on vedessä useita grammoja litrassa, on saostaa se kalsiumhydroksidin eli kalkin avulla kipsiksi ( $\text{CaSO}_4$ ). Tätä menetelmää käytetään savukaasupesureissa, joiden pesukemikaalina käytetään joko kalkkivettä tai kalkkikiveä. Saostuksessa syntyvä kiinteä kipsisakka erotetaan vedestä laskeuttamalla tai suodattamalla. Sulfaatin saostuksen yhteydessä metalleja saostuu samalla metallihydroksideina. Syntyvä kalsiumsulfaattisaostuma on vesiliukoista, joten menetelmällä ei päästä kovin alhaisiin sulfaattipitoisuuksiin. Kipsisaostuksella päästään tyypillisesti sulfaattipitoisuuteen 1500-2 000 mg/l. Saostusmenetelmät ovat kustannustehokkaita ainoastaan suurten vesimäärien ja korkeiden sulfaattipitoisuuksien käsittelyyn. Veden korkea natriumpitoisuus voi heikentää saostustulosta, kuten voi tapahtua nykyään yleistyvissä natriumhydroksidin käyttöön perustuvissa pesureissa. Menetelmä on kaivosteollisuudessa yleisesti käytetty ja edullinen, mutta sen haittapuolena on suuri kipsisakan määrä. Savukaasupesurien jätevesien osalta tämä menetelmä ei tyypillisesti ole käyttökelpoinen, koska menettelyllä saavutettava sulfaattipitoisuus ei ole ollenkaan tai merkittävästi alhaisempi kuin savukaasupesurien jätevesien sulfaattipitoisuus. Lisäksi pienten savukaasupesurien sulfaatin lähtöpitoisuus on usein verrattain alhainen saostusmenetelmän käyttämiseen.



Sulfaatin poistamiseksi on olemassa myös monia muita saostusmenetelmiä kuten bariumhydroksidisaostus, jarosiittisaostus, ettringiittisaostus ja sen modifikaatiot SAVMIN-saostus ja siitä kehitetty kustannustehokkaampi CERS-saostus. Yleisesti saostusmenetelmien haittapuolena ovat korkeat käyttö- ja investointikustannukset sekä syntyvän lietteen suuri määrä ja loppusijoittaminen. Saostusmenetelmiä käytetään yleensä merkittävien sulfaattipitoisuuksien käsittelemiseksi.

Sulfaattia voidaan poistaa myös nanosuodatukseen perustuvalla kalvosuodatuksella. Samalla vedestä poistuu myös muita kahdenarvoisia ioneja kuten kovuusioneja (kalsium ja magnesium). Prosessissa väkevöidään liukoisia yhdisteitä puoliläpäisevän kalvon avulla. Tuloksena on kaksi vesijaetta, retentaatti eli suodatuksen konsentraatti ja permeaatti eli puhdistettu vesi. Kalvon tiheys määrää tuotteen puhtauden. Kuitenkin mitä tiheämpi kalvo on, sitä enemmän energiaa kuluu käsittelyyn ja sitä enemmän vesi vaatii esikäsittelyä ennen kalvosuodatusta. Nanosuodatus tarvitsee veden esikäsittelyn kiintoaineen ja raskasmetallien poistamiseksi, sillä ne tukkivat kalvoa ja aiheuttavat saannon laskun. Esikäsittelyä voidaan käyttää saostusta ja ultrasuodatusta tai perinteistä saostus-selkeytys-suodatusprosessia. Kalvosuodatuslaitteiston kalvoja tulee pestä säännöllisesti, jolloin menetelmää käytettäessä jätteenä syntyy sekä rejekti ja pesuvesiä, jotka tulee viemäroidä tai jatkokäsitellä muuten. Koska investointi- ja käyttökustannukset ovat korkeita, käytetään kalvotekniikoilla käsiteltä vettä tavallisesti uudelleen voimalaitoksen vesikierrossa.

Ioninvaihto perustuu kemialliseen ioninvaihtoreaktioon veden ja kiinteän ioninvaihtohartsin välillä. Hartsit ovat selektiivisiä, eli ne poistavat ioneja perustuen niiden varaukseen. Vahvoille ja heikoille anioneille ja kationeille on olemassa omat ioninvaihtohartsinsa. Tietyn läpivirtaaman jälkeen ioninvaihtohartsi täytyy regeneroida eli palauttaa sen ioninvaihtokyky. Kationin vaihdin regeneroidaan tavallisesti vahvalla hapolla kuten rikki- tai suolahappo. Anionin vaihdin regeneroidaan tavallisesti natriumhydroksidilla tai natriumkloridilla. Regeneroinnissa syntyy jätevesiä, jotka täytyy edelleen käsitellä tai laimentaa ennen viemäriin johtamista. Ioninvaihdolla päästään erittäin puhtaaseen lopputulokseen.

Muita menetelmiä sulfaatin poistamiseksi vedestä ovat lisäksi adsorptio modifioituihin zeolitteihin tai muihin luonnonmateriaaleihin. Jättemateriaalien kuten lentotuhkien toimimista adsorbentteina on myös tutkittu. Sulfaattia voidaan poistaa myös biologisilla prosesseilla, joissa sulfaatti pelkistetään sulfidiksi (rikkivedyksi), joka voidaan edelleen hapettaa mikrobiologisesti alkuainerikiksi. Ongelmana menetelmässä on kuitenkin muodostuva myrkyllinen rikkivetykaasu.

### **3 LAINSÄÄDÄNNÖN JA JÄTEVESISOPIMUSTEN VAATIMUKSET JÄTEVESIEN LAADULLE JA TARKKAILULLE**

Seuraavassa on kuvattu lainsäädännössä ja ympäristöluvuissa esitettyjä vaatimuksia polttolaitoksissa savukaasujen puhdistuksessa syntyville jätevesille.

#### **3.1 Lainsäädäntö**

##### **3.1.1 Suuret polttolaitokset**

###### **SUPO-asetus ja IE-direktiivi**

Valtioneuvoston asetuksessa suurten polttolaitosten päästöjen rajoittamisesta (936/2014, ns. SUPO-asetus) ei ole säädetty savukaasujen puhdistuksessa syntyvien jätevesien käsittelystä, epäpuhtauksien pitoisuuksista tai tarkkailusta. SUPO-asetuksella on tuotu kansalliseen lainsäädäntöön Euroopan Unionin teollisuuspäästädirektiivin (IE-direktiivi) vaatimukset. Myöskään teollisuuspäästädirektiivi ei sisällä vaatimuksia polttolaitoksissa savukaasujen puhdistuksessa syntyville jätevesille.

###### **Suurten polttolaitosten BAT-päätelmät**

BAT-vertailuasiakirjoissa eli ns. BREF-dokumenteissa on kuvattu toimialan parasta käyttökelpoista tekniikkaa koskevat tiedot. Uudet BREF-dokumentit sisältävät myös ns. BAT-päätelmät ja jatkossa teollisuuspäästädirektiivin mukaisten direktiivilaitosten ympäristölupamääräysten on perustuttava päätelmien päästötasoihin. Polttolaitosten osalta vaatimus tulee koskemaan suuria, teholtaan yli 50 MW:n polttolaitoksia, mukaan lukien rinnakkaispolttolaitokset.

Suuria polttolaitoksia koskeva uusi BREF-asiakirja on valmisteilla ja viimeinen luonnos siitä on julkaistu kesällä 2016. Savukaasupesurit ovat BREF-luonnoksen mukaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa. BREF-luonnoksessa on esitetty BAT-päästötasot koskien savukaasujen käsittelystä syntyviä jätevesiä, jotka johdetaan vesistöön (taulukko 3-1). Kaikkia päästötasoja, kuten TOC, COD, fluoridi, sulfaatti ja sulfiitti, ei sovelleta tässä selvityksessä tarkasteltaviin savukaasupesureihin vaan ne koskevat ainoastaan määritettyjen rikinpoistomenetelmistä syntyviä jätevesiä. Sulfaatin päästötasoa ei sovelleta näihinkään laitoksiin silloin, jos jätevesi johdetaan mereen tai murtoveteen.

**Taulukko 3-1. Savukaasujen käsittelyssä syntyville, vesistöön johdettaville jätevesille ehdotetut päästötasot suurten polttolaitosten BREF-asiakirjan kesällä 2016 julkaistun luonnoksen mukaan.**

<b>Epäpuhtaus</b>	<b>BAT-päästötaso (vuorokausikeskiarvo) (suluissa olevat eivät koske savukaasupesureita)</b>
Kiintoaine	10-30 mg/l
Arseeni (As)	0,01-0,05 mg/l
Kadmium (Cd)	0,002-0,005 mg/l
Kromi (Cr)	0,01-0,05 mg/l
Kupari (Cu)	0,01-0,05 mg/l
Elohopea (Hg)	0,0002-0,003 mg/l
Nikkeli (Ni)	0,01-0,05 mg/l
Lyijy (Pb)	0,01-0,02 mg/l
Sinkki (Zn)	0,05-0,2 mg/l
Orgaaninen kokonaishiili (TOC)	(20-50 mg/l)
Kemiallinen hapenkulutus (COD)	(60-150 mg/l)
Fluoridi (F <sup>-</sup> )	(10-25 mg/l)
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	(1 300-2 000 mg/l)
Sulfidi (S <sup>2-</sup> )	(0,1-0,2 mg/l)
Sulfiitti (SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	(1-20 mg/l)

### 3.1.2 Pienet polttolaitokset

#### PIPO-asetus

Valtioneuvoston asetus polttoaineteholtaan alle 50 MW:n energiantuotantoyksiköiden ympäristönsuojeluvaatimuksista eli ns. PIPO-asetus (750/2013) määrittää muun muassa raja-arvot savukaasupäästöille sekä vaatimukset jätevesien käsittelylle.

Asetuksessa ei ole esitetty vaatimuksia jäteveden laadulle, mutta siinä on määrätty jätevesien käsittelymenetelmistä ja tarkkailusta. Asetuksen (9 §) mukaan savukaasupesurissa ja savukaasujen lauhdutuksessa syntyvät jätevedet on neutraloitava, selkeytettävä ja suodatettava ennen niiden johtamista vesistöön tai viemäriin. Ojaan johdettavat vedet on saostettava kemiallisesti, selkeytettävä ja suodatettava. Jätevedet on mahdollista käsitellä myös muilla menetelmillä, jos toiminnanharjoittaja lupahakemuksessa osoittaa, että vastaava tai parempi tulos on saavutettavissa muulla kuin edellä esitetyillä menetelmillä.

Savukaasujen lauhdutuksessa muodostuville, vesistöön tai ojaan johdettaville vesille PIPO-asetuksessa asetetut tarkkailuvaatimukset on esitetty taulukossa 3-2. Asetuksen mukaan yleiseen viemäriverkostoon johdettavien vesien laadun ja määrän seurannassa tulee huomioida myös viemärlaitoksen jätevesisopimuksen seuranta vaatimukset.

**Taulukko 3-2. Energiantuotantolaitosten puhdistinlaitteiden jätevesien seuranta. (PIPO-asetus 750/2013, Liitteen 3 taulukko 3)**

Seurantaparametri	Seurantataajuus
määrä	jatkuva
lämpötila	jatkuva
pH	jatkuva
sulfaattipitoisuus	kaksi kertaa vuodessa
kokonaisfosforipitoisuus	kaksi kertaa vuodessa
kokonaistyyppipitoisuus	kaksi kertaa vuodessa
biologinen hapenkulutus (BHK <sub>7</sub> )	kaksi kertaa vuodessa
kiintoainepitoisuus	kaksi kertaa vuodessa
raskasmetallit*	kerran vuodessa

\* jos poltetaan raskasta polttoöljyä, hiiltä turvetta: As, Cd, Co Cr, Ni, Pb, Zn, Hg. Jos poltetaan puuta: Cr, Pb, Zn, Cd, As

### MCP-direktiivi

Euroopan Unionin ns. MCP-direktiivi koskee keskisuurista (alle 50 MW) polttolaitoksista ilmaan joutuvien päästöjen rajoittamista. Se on hyväksytty marraskuussa 2015 ja se tullaan tuomaan kansalliseen lainsäädäntöön vuoden 2017 aikana. Direktiivi koskee ilmaan johdettavien päästöjä ja laitosten luvitusta/rekisteröintiä, eikä siinä ole käsitelty laitoksilla syntyviä jätevesiä.

### Pienten polttolaitosten kansallinen BAT-selvitys

Pienille polttolaitoksille ei ole laadittu parhaan käyttökelpoisen tekniikan vertailuasialkirjoja EU-tasolla. Pienille polttolaitoksille on vuonna 2003 laadittu Suomessa kansallinen BAT-selvitys (*Jalovaara et al. 2003*). Selvityksessä savukaasupesuri on mainittu käyttökelpoisena tekniikkana pääasiassa hiukkaspäästöjen vähentämiseksi. Selvityksessä on sivuttu pesurissa syntyviä jätevesiä vain lyhyesti ja mainitaan, että ne usein johdetaan paikalliselle vesilaitokselle.

### 3.1.3 Jätteenpoltto

Valtioneuvoston asetuksessa jätteen polttamisesta (151/2013) säädetään savukaasujen puhdistuksessa syntyvien jätevesien epäpuhtauksista pitoisuuksista (15 §). Siinä todetaan myös, että ”savukaasujen puhdistuksessa syntyvän jäteveden päästäminen vesiin on estettävä mahdollisimman tehokkaasti siten kuin ympäristöluvassa määrätään”. Taulukossa 3-3 on esitetty savukaasujen puhdistuksessa syntyviin jätevesipäästöihin sovellettavat raja-arvot. Päästöjen raja-arvojen noudattamiseksi jäteveettä ei saa laimentaa. Jätteenpoltoasetuksen vaatimukset vastaavat EU:n jätteenpolttodirektiivin vaatimuksia.

**Taulukko 3-3. Jätteenpoltoissa savukaasujen puhdistuksessa syntyvään jäteveteen sovellettavat päästöjen raja-arvot. (Jätteenpoltoasetus 151/2013, Liite 4)**

Epäpuhtaus ja sen yhdisteet	Päästöjen raja-arvot massapitoisuuksina suodattamattomissa näytteissä	
	(95 %)	(100 %)
Kiintoaineksen kokonaismäärä	30 mg/l	45 mg/l
Elohopea (Hg)	0,03 mg/l	
Kadmium (Cd)	0,05 mg/l	
Tallium (Tl)	0,05 mg/l	
Arseeni (As)	0,15 mg/l	
Lyijy (Pb)	0,2 mg/l	
Kromi (Cr)	0,5 mg/l	
Kupari (Cu)	0,5 mg/l	
Nikkeli (Ni)	0,5 mg/l	
Sinkki (Zn)	1,5 mg/l	
Dioksiinit ja furaanit	0,3 ng/l	

Verrattuna suurten polttolaitosten BREF-asiakirjan luonnoksessa (kappale 3.1) esitettyihin raja-arvoihin, jätteenpoltoasetuksen raja-arvot ovat BREF-luonnoksen raja-arvoja korkeammat.

Jätteenpoltoasetuksessa säädetään myös mittauksista vesiin johdettavista päästöistä. Taulukossa 3-4 on esitetty mittaukset, jotka on tehtävä jäteveden poistopaikasta.

**Taulukko 3-4. Jätteenpoltoasetuksen (151/2013) mukaiset mittaukset jäteveden poistopaikasta.**

Mittaukset	Seurantataajuus
pH, lämpötila, virtaus	Jatkuva
Kiintoaineksen kokonaismäärä	päivittäisinä pistokokeina TAI ympäristöluvan määräysten mukaisesti vuorokauden ajalta otetuista virtaukseen suhteutetuista edustavista näytteistä
Raskasmetallit	Kuukausittain (vuorokauden päästöjä edustavan näytteet virtaukseen suhteutettuna)
Dioksiinit ja furaanit	ainakin kerran puolessa vuodessa (12 ensimmäisen käyttökuukauden aikana kerran kolmessa kuukaudessa)

Jätteenpolton uusi BAT-vertailuasiakirja (BREF) ja BAT-päätelmät ovat valmisteilla, mutta niiden valmistelu on vielä alkuvaiheessa eikä luonnosta asiakirjasta ole vielä saatavilla.

### 3.2 Viemäriin johdettavien vesien raja-arvot

Teollisuusjätevesiä voidaan johtaa viemäriverkostoon, jos ne täyttävät teollisuuslaitoksen ympäristölupaehtojen ja lainsäädännön lisäksi vesihuoltolaitoksen asettamat vaatimukset. Teollisuusyritykset, jotka laskevat viemäriin toiminnassa syntyneitä jätevesiä, solmivat vesihuoltolaitoksen kanssa teollisuusjätevesisopimuksen jätevesien johtamisesta. Teollisuusjätevesisopimus laaditaan usein silloin, kun vesihuoltolaitoksen viemäriin johdettavan teollisuusjäteveden määrä tai laatu saattaa vaikuttaa jätevedenpuhdistamon

toimintaan, viemäriverkoston kuntoon, lietteen laatuun, vesihuoltolaitoksen työntekijöiden turvallisuuteen tai purkuvesistön tilaan. (Karvonen et al. 2012)

Teollisuusjätevesisopimuksissa tyypillisesti otetaan huomioon vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden asetuksen määräykset. Lisäksi sopimus voi sisältää esimerkiksi lisäehtoja jätevesien tarkkailusta tai haitallisten aineiden enimmäismääristä. Vesihuoltolaitokset voivat kieltäytyä vastaanottamasta teollisuusjätevesiä, mikäli asetetut vaatimukset eivät täyty.

Ruotsissa vesihuoltolaitokset käyttävät apuna viemäriin johdettavan jäteveden laadulle asetettavia raja-arvoja määrättäessä Ruotsin vesi- ja jätevesiyhdistyksen julkaisemaa teollisuusjätevesiohjeistusta (*Svenskt Vatten 2012*). Ohjeistuksessa on annettu ehdotuksia raja-arvoille kahdessa kategoriassa:

- Parametrit, jotka vaikuttavat viemäriverkoston kuntoon
- Parametrit, jotka vaikuttavat jätevedenpuhdistamon toimintaan, lietteen laatuun tai purkuvesistön tilaan.

Taulukossa 3-5 on esitetty esimerkkinä Kymen Vesi Oy:n ja Helsingin seudun ympäristöpalvelut kuntayhtymän (*HSY*) viemäriin johdettavien jätevesien raja-arvot sekä Ruotsin vesi- ja jätevesiyhdistyksen ohjeistuksessa esitetyt raja-arvot. Lisäksi jätevesisopimuksessa voidaan asettaa tarvittaessa tapauskohtaisia raja-arvoja, jos se osoittautuu tarpeelliseksi viemäriverkon tai puhdistamon toiminnan kannalta. Tällaisia tapauskohtaisia raja-arvoja voidaan asettaa muun muassa seuraaville ominaisuuksille (*HSY 2015, Kymen Vesi Oy 2016*):

- pH-arvo
- Kiintoaine
- Metallit
- Rasva (elintarviketeollisuus)
- BHK<sub>7</sub> (biologinen hapenkulutus)
- Typenpoistoa häiritsevät aineet

**Taulukko 3-5. Viemäriin johdettavien teollisuusjätevesien määrän ja laadun rajoitukset esimerkkinä muutamilla vesihuoltolaitoksilla Suomessa ja ohjeistuksen tiedot Ruotsista. (Kymen Vesi Oy 2016, HSY 2015, Svenskt Vatten 2012)**

	Kymen Vesi Oy	HSY	Svenskt Vatten
<b>Metallien raja-arvot</b>			
Arseeni (As)	0,1 mg/l	0,1 mg/l	-
Elohopea (Hg)**	0,01 mg/l	0,01 mg/l	Ei saa esiintyä
Hopea (Ag)**	0,1 mg/l	0,2 mg/l	0,05 mg/l
Kadmium (Cd)**	0,01 mg/l	0,01 mg/l	Ei saa esiintyä
Kokonaiskromi (Cr)**	0,5 mg/l	1,0 mg/l	0,05 mg/l
Kromi VI (Cr <sup>6+</sup> )*	0,1 mg/l	0,1 mg/l	Ei saa esiintyä
Kupari (Cu)**	0,5 mg/l	2,0 mg/l	0,2 mg/l
Lyijy (Pb)**	0,5 mg/l	0,5 mg/l	0,05 mg/l
Nikkeli (Ni)**	0,5 mg/l	0,5 mg/l	0,05 mg/l
Sinkki (Zn)**	2,0 mg/l	3,0 mg/l	0,2 mg/l
Tina (Sn)	2,0 mg/l	2,0 mg/l	-
<b>Muut ainekohtaiset raja-arvot</b>			
pH*	6,0 – 9,0	6,0 – 11,0	6,5 – 10,0
Lämpötila (max)*	30 °C	40 °C	50 °C
Sähkönjohtavuus*	-	-	500 mS/m
Sulfaatti, tiosulfaatti, sulfiitti (summa-arvo)*	400 mg/l	400 mg/l	400 mg/l
Kokonaissyaniidi (CN)**	0,5 mg/l	0,5 mg/l	0,5 mg/l
Formaldehydi	0,5 mg/l	-	-
Rasvat*	100 mg/l	-	-
Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )*	-	-	300 mg/l
Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )*	-	-	60 mg/l
Kloridi*	-	-	2 500 mg/l
Kokonaishiilivetyypitoisuus (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	100 mg/l	100 mg/l	-
Erittäin helposti syttyvät, helposti syttyvät ja veteen liukenemattomat VOC-yhdisteet (esim. dietyylietteri, petrolieetteri, sykloheksaani)	Ei saa johtaa viemäriin	Ei saa johtaa viemäriin	-
Klooratut VOC-yhdisteet (esim. trikloorietyleeni, tetrakloorietyleeni, kloroformi ja hiilitetrakloridi)	Ei saa johtaa viemäriin	Ei saa johtaa viemäriin	-
BTEX-yhdisteet (esim. tolueneeni ja ksyleeni)	3 mg/l	3 mg/l	-
Öljypitoisuus**	-	-	5 – 50 mg/l

\* Svenskt Vattenin teollisuusjätevesiohjeistuksessa esitettyjä raja-arvoja parametreille, jotka voivat vaikuttaa viemärin toimintaan. Raja-arvoja ei saa ylittää edes hetkellisesti.

\*\* Svenskt Vattenin teollisuusjätevesiohjeistuksessa esitettyjä raja-arvoja parametreille, jotka voivat vaikuttaa jätevedenpuhdistusprosesseihin tai lietteen laatuun. Raja-arvot ovat varoittavia eikä niitä pitäisi ylittää.

### 3.3 Ympäristölupapäätösten ehdot savukaasupesureiden jätevesille

Esimerkkejä Aluehallintovirastojen suurille polttolaitoksille myöntämässä ympäristöluvissa esitetyistä savukaasupesureiden jätevesiä koskevista vaatimuksista on esitetty taulukossa 3-6. Useimmissa ympäristölupahakemuksissa, joissa savukaasupesurin jätevedet suunnitellaan johdettavan ympäristöön, jätevesien vaikutusta on arvioitu alustavan jätevesien koostumuksen avulla asiantuntija-arviona. Joillain laitoksilla arviota on täydennetty vesistömallinnuksella.

Lupapäätöksissä usein määrätään, että savukaasupesurin lauhdevedet on neutraloitava, selkeytettävä ja suodatettava.

Aluehallintoviraston asettamissa ympäristöluvuissa suurille polttolaitoksille on savukaasupesurissa syntyville jätevesille on tyypillisesti annettu raja-arvot koskien kiintoainepitoisuutta, pH:ta ja lämpötilaa. Kiintoainepitoisuudelle on asetettu usein raja-arvo 10 mg/l. pH:lle asetetut raja-arvot ovat tyypillisesti 6-8 ja jäteveden lämpötilalle asetettu yläraja +35–40 °C. Muutamilla tarkastelluilla laitoksilla on asetettu raja-arvo tai tavoitearvo sulfaattipäästöille ja muutamilla muilla laitoksilla määräys sulfaattipäästöjä koskevan selvityksen laadintaan, jonka perusteella lupaviranomaisella on oikeus tarkistaa lupaehdoja. Tyypillisesti suurin mielenkiinto sulfaattipäästöjen vaikutuksiin on laitoksilla, joiden jätevedet johdetaan järveen.

Useille laitoksille on haettu lupaa lauhdevesien johtamiseksi vesistöön tai sen mahdollisuudesta on keskusteltu ennen lupahakemuksen jättämistä, mutta viranomainen on määrännyt vesien johtamisesta viemäriverkkoon vesistön sijaan.

Tyypillisesti savukaasupesurin liittäminen olemassa olevaan laitokseen vaatii ympäristöluvan muutoksen. Selvityksessä havaittiin yksi ympäristöluvituksen piiriin kuuluva laitos, jonka ei ole tarvinnut ympäristöluvan muuttamista pesurin vuoksi, koska muutosta laitoksen toiminnassa ei todettu merkittäväksi muutokseksi ympäristöviranomaisen toimesta. Laitoksella savukaasupesurin jätevedet johdetaan järveen.

Merkittävä osa polttolaitoksista kuuluu ympäristölupamenettelyn sijaan rekisteröintimenettelyn piiriin. Myös rekisteröinnin piiriin kuuluvilla pienillä polttolaitoksilla savukaasupesuri on yleinen erityisesti savukaasujen hukkalämmön hyödyntämisessä sekä myös savukaasujen käsittelemismenetelmänä. Rekisteröinnin piiriin kuuluvien laitosten tulee täyttää PIPO-asetuksen vaatimukset jätevesille, eivätkä ne sisällä raja-arvoja haitta-aineille.

Selvityksessä ei tullut esille tapauksia, joissa savukaasupesurin jätevesille asetetuista ehdoista olisi annettu oikeuden päätöksiä. Yhden uuden kattilan ympäristöluvasta, joka sisältää myös savukaasupesurin, on valitettu Vaasan hallinto-oikeuteen, mutta asian käsittely on kesken.



Taulukko 3-6. Esimerkkejä Aluehallintovirastojen myöntämässä ympäristölupapäätöksissä savukaasupesureiden jätevesille asetetuista vaatimuksista.

	Vapo Oy, Forssan voimalaitos	Fortum Power and Heat Oy, Järvenpään voimalaitos	Jyväskylän Energiantuotanto Oy, Rauhalahden voimalaitos	Kuopion Energia Oy, Haapaniemen voimalaitos	Tampereen Energiantuotanto Oy, Naistenlahden voimalaitos	Napapiirin Energia ja Vesi Oy, Suosiolan voimalaitos
Polttoaineteho (MW)	70	76	295	245	193	120
Polttoaineet	Bio, turve	Rinnakkaispoltto	Turve, bio, kivihiili	Turve, bio	Bio, turve	Bio, turve
Jäteveden määrä (m <sup>3</sup> /a)	70 000-100 000	80 000-90 000	300 000	160 000	220 000	<120 000
Jäteveden johtopaikka	Viemäri	Oja/joki	Järvi	Järvi	Järvi	Oja
Raja-arvot ympäristöluvassa						
Kiintoaine (mg/l)	10	10	10	10	10	10
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> )	-	Selvitettävä vähentämismahdollisuuksia	Selvitettävä natrium- ja sulfaattipäästöjen vaikutuksista vesistössä	Tavoitearvo 2 500 mg/l, raja-arvo 300 000 kg/a	-	-
pH	6,5-8	6-8	6-9	6-8	6-8	6-8
Lämpötila	+40 °C	+40 °C	+35 °C	+40 °C	+35 °C	+40 °C
Muut raja-arvot	-	Ammoniumtyppi (20 mg/l), Rinnakkaispoltossa raja-arvot raskasmetalleille ja dioksiineille ja furaaneille	Kts. sulfaatti	Ammoniumtyppi (20 mg/l), elohopea (5 µg/l) ja kadmium (10 µg/l)	-	Elohopea (5 µg/l) ja kadmium (10 µg/l)

### **3.4 Vaatimukset savukaasupesureiden jätevesille Ruotsissa**

Ruotsissa on yleistä, että biomassaa polttavilla laitoksilla on savukaasupesuri kauko­lämmön tuotannon tehostamiseksi. Monet näistä laitoksista ovat polttoaineteholtaan vähintään 50 MW. Nykyisin suuria polttolaitoksia koskevassa kansallisessa lainsäädän­nössä ei ole vaatimuksia savukaasupesureiden jätevesille. Jätteenpolttoa koskien on kansalliseen lainsäädäntöön tuotu EU:n jätteenpolttodirektiivin vaatimukset savukaasu­jen käsittelyn jätevesille vastaavasti kuin Suomessakin. Muilta osin vaatimuksia jäteve­sien laadulle on esitetty polttolaitosten ympäristöluvissa, joiden vaatimuksista esimerk­kejä on esitetty seuraavassa.

Joillain laitoksilla on asetettu ympäristöluvassa hyvin tiukkoja ehtoja raskasmetallien pitoisuuksille. Näille laitoksille asetetut raja-arvot ovat merkittävästi tiukempia verrat­una esimerkiksi jätteenpolttodirektiivissä tai suurten polttolaitosten BREF-asiakirjan luonnoksessa esitettyihin arvoihin.

**49 MW biopolttoaineita käyttävä laitos**

Jätevedet käsitellään suodattamalla.

Ympäristöluvassa esitetyt raja-arvot jätevesille ovat:

- kiintoaine 10 mg/l
- pH 6,5-10

**32 MW biopolttoaineita käyttävä laitos**

Käsitellyt jätevedet johdetaan teollisuusalueen hulevesijärjestelmään ja sieltä edelleen ojaan.

Ympäristöluvassa esitetyt raja-arvot jätevesille ovat:

- kiintoaine 5 mg/l
- pH 6,5-10

**80 MW biopolttoaineita käyttävä laitos**

Laitoksella jätevedet käsitellään lamellisuodattimella ja hiekkasuodattimella sekä ne neutraloidaan. Käsitellyt jätevedet johdetaan viemäriin.

Ympäristöluvassa esitetyt alustavat raja-arvot jätevesille ovat:

- kiintoaine 10 mg/l
- elohopea 0,03 mg/l
- kadmium 0,005 mg/l
- arseeni 0,03 mg/l
- lyijy 0,05 mg/l
- kromi 0,05 mg/l
- kupari 0,05 mg/l
- nikkeli 0,05 mg/l
- sinkki 0,3 mg/l

Lopulliset raja-arvot määrätään sen jälkeen kun laitos on selvittänyt mahdollisuudet jätevesien käsittelylle (sis. raskasmetallit, kiintoaineen, öljyt, pH:n ja lämpötilan).

**Jätteenpolttolaitos**

Savukaasupesurin jätevedet puhdistetaan käyttämällä ultrasuodatusta ja käänteisosmoosia. Laitos on otettu käyttöön vuonna 2013 ja sille asetettiin ensin väliaikaiset päästö-raja-arvot jätevesille. Vuonna 2016 laitokselle myönnettiin uusi ympäristölupa, jossa on määrätty jätevesille jätteenpolttodirektiiviä tiukemmat raja-arvot:

- kiintoaine 10 mg/l
- elohopea 0,005 mg/l
- kadmium 0,005 mg/l
- tallium 0,5 mg/l
- arseeni 0,08 mg/l
- lyijy 0,05 mg/l
- kromi 0,05 mg/l
- kupari 0,08 mg/l
- nikkeli 0,1 mg/l
- sinkki 0,1 mg/l
- koboltti 0,01 mg/l
- dioksiinit ja furaanit 0,3 ng/l
- ammoniumtyppi 20 mg/l

Jätevedet johdetaan laitokselta mereen. Laitoksen lähiympäristössä on erityistä huomiota kohdistunut kaloihin kohdistuviin mahdollisiin haittoihin. Useilla uusilla jätteenpolttolaitoksilla on asetettu jätteenpolttodirektiiviä tiukempia raja-arvoja jätevesille.

## 4 LIETTEET

Jätevedenkäsittelyssä syntyy lietettä, joka sisältää jätevedestä poistettavaa kiintoainesta. Lietteen vesipitoisuus on tyypillisesti ennen sen käsittelyä hyvin korkea. Lietteen ominaisuudet riippuvat jäteveden käsittelyprosessista, mutta ensisijaisesti jätevesien koostumuksesta, joka on hyvin riippuvainen muun muassa kattilassa käytettävistä polttoaineista (kappale 2.1). Lietteen määrä on tyypillisesti vähäinen verrattuna polttolaitoksella syntyvien tuhkajakeiden määriin.

Seuraavassa on kuvattu lietteiden käsittelyyn liittyvää lainsäädäntöä sekä tyypillisiä menetelmiä savukaasupesureiden jätevesien käsittelyssä syntyvien lietteiden käsittelemiseksi polttolaitoksilla.

### 4.1 Lainsäädäntö

Polttolaitoksia koskevassa lainsäädännössä on esitetty yleisluontoisia säädöksiä poltossa ja savukaasujen käsittelyssä syntyvien kiinteiden jätteiden käsittelylle. Suuria polttolaitoksia koskevassa asetuksessa ei ole asetettu vaatimuksia jätehuoltoon liittyen. Suurten polttolaitosten BREF-asiakirjan luonnoksessa (kesäkuu 2016) on esitetty parhaana käytökelpoisena tekniikkana tuhkien ja lietteiden hyödyntäminen energiantuotannossa sekoittaen ne muihin laitoksella käytettäviin polttoaineisiin (*European Commission 2016*).

#### PIPO-asetus

PIPO-asetuksessa (750/2013) asetetaan vaatimuksia pienten (alle 50 MW) energiantuotantolaitosten jätehuollolle (14 §). Asetuksen mukaan jätehuolto on järjestettävä jätelain (646/2011) ja sen nojalla annettujen säädösten mukaisesti siten, että toiminnasta ei aiheudu ympäristön roskaantumista, maaperän pilaantumista tai muuta vaaraa tai haittaa terveydelle tai ympäristölle. Asetuksessa on määrätty muun muassa, että vaaralliset jätteet ja hyödyntämiskelpoiset jätteet on kerättävä talteen ja pidettävä erillään muista jätteistä.

#### Jätteenpolttoasetus

Jätteenpolttoasetuksessa (151/2013) annetaan vaatimuksia polttojätteen käsittelylle (16 §). Asetuksen mukaan polttojätteen määrää on vähennettävä ja sen haitallisuutta on ehkäistävä mahdollisimman paljon. Polttojäte on mahdollisuuksien mukaan kierrätettävä. Ennen polttojätteen käsittelytavan määrittämistä polttojätteen fysikaalis-kemialliset ominaisuudet ja haitallisuus ympäristölle on selvitettävä. Lisäksi on selvitettävä polttojätteen liukoisen jakeen ja raskasmetallien liukoisen jakeen kokonaismäärä.

#### Kaatopaikkakelpoisuus

Valtioneuvoston asetuksessa kaatopaikoista (331/2013) on määritetty kriteerit pysyvän, tavanomaisen ja vaarallisen jätteen kaatopaikoille sijoitettaville jätteille (taulukko 4-1). Jätteen kaatopaikkakelpoisuutta arvioitaessa on tunnettava jätteen koostumus ja liukoisuus sekä huomioitava jätteille annetut sijoitusrajoitukset. Kaatopaikkakelpoisuuden määrittämistä varten on selvitettävä luokitellaanko jäte vaaralliseksi jätteeksi vai tavanomaiseksi jätteeksi. Kullekin kaatopaikalle voidaan sijoittaa vain luokituksen mukaisia jätteitä. Tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikalle voidaan sijoittaa myös käsiteltyä vaarallista jätettä.

**Taulukko 4-1. Kaatopaikkakelpoisuuskaatopaikoista 331/2013).**

		Pysyvän jätteen kaatopaikka	Tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikka*	Vaarallisen jätteen kaatopaikka
<b>Liukoisuusominaisuudet: Raja-arvo mg/kg kuiva-ainetta (L/S-suhteessa 10 l/kg)</b>				
Arseeni	mg/kg	0,5	2	25
Barium	mg/kg	20	100	300
Kadmium	mg/kg	0,04	1	5
Kromi (yht.)	mg/kg	0,5	10	70
Kupari	mg/kg	2	50	100
Elohopea	mg/kg	0,01	0,2	2
Molybdeeni	mg/kg	0,5	10	30
Nikkeli	mg/kg	0,4	10	40
Lyijy	mg/kg	0,5	10	50
Antimoni	mg/kg	0,06	0,7	5
Seleen	mg/kg	0,1	0,5	7
Sinkki	mg/kg	4	50	200
Kloridi, Cl <sup>-</sup>	mg/kg	800	15 000	25 000
Fluoridi, F <sup>-</sup>	mg/kg	10	150	500
Sulfaatti, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/kg	1 000**	20 000	50 000
Fenoli-indeksi	mg/kg	1		
Liennut orgaaninen hiili, DOC	mg/kg	500	800	1 000
Liuenneiden aineiden kokonaispitoisuus, TDS ***	mg/kg	4 000	60 000	100 000
<b>Kokonaispitoisuudet</b>				
Hehkutushäviö 550 °C	%			10
Orgaanisen hiilen kokonaismäärä, TOC	mg/kg	30 000 (3 %)	50 000 tai 5 %	6 %
BTEX-yhdisteet (Bentseeni, tolueni, etyylibentseeni ja ksyleenit)	mg/kg	6		
Polyklooratut bifenyylit, PCB	mg/kg	1		
Mineraaliöljy, C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub>	mg/kg	500		
Polyaromaattiset hiilivedyt, PAH	mg/kg	40		
<b>Muut ominaisuudet</b>				
pH			>6	
Happoneutralointikapasiteetti, ANC			Aina tutkittava ja arvioitava	Aina tutkittava ja arvioitava

\* Tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikalle voidaan sijoittaa käsiteltyä vaarallista jätettä. Myös teollisuuden mineraaliset tuotantojätteisiin voidaan soveltaa tämän luokan kriteerejä.

\*\* Jätteen katsotaan täyttävän kelpoisuusvaatimuksen myös, jos sulfaattipitoisuus ei ylitä seuraavia arvoja: 1 500 mg/l (läpivirtaustestin ensimmäinen uutostoissuhteessa L/S = 0,1 l/kg) ja 6 000 mg/kg (uuttosuhteessa L/S = 10 l/kg); pitoisuuden määrittämiseksi uutostoissuhteessa L/S = 0,1 l/kg on käytettävä läpivirtaustestiä; pitoisuus uutostoissuhteessa L/S = 10 l/kg voidaan määrittää joko ravistelu- tai läpivirtaustestillä.

\*\*\* Liuenneiden aineiden kokonaismäärän raja-arvoa voidaan soveltaa sulfaatin ja kloridin raja-arvojen sijasta.

#### 4.2 **Lietteiden tyypilliset käsittelymenetelmät laitoksilla, ympäristölupapäätösten ehdot ja hyötykäyttömahdollisuudet**

Tyypillisesti polttolaitosten ympäristöluvuissa esitetään yleisiä ehtoja laitoksen jätevedenkäsittelyssä syntyvän lietteen käsittelylle laitoksella ja jatkokäsittelylle. Lupapäätökset voivat sisältää ehtoja varastoida liete omana jakeenaan, toimittaa se asianmukaiseen jatkokäsittelyyn sekä selvittää lietteen laatu ja tarvittaessa kaatopaikkakelpoisuus.

Laitoksilla, joilla on käytössä märkä tuhkan käsittelyjärjestelmä, voidaan pesurin jätevedenkäsittelyssä syntyvä liete periaatteessa sekoittaa tuhkan joukkoon ja toimittaa sen mukana jatkokäsittelyyn. Mikäli näin toimitaan, tulee varmistaa, että lietteen ominaisuudet vastaavat loppusijoituspaikan vaatimuksia.

Jos pesurin liete toimitetaan omana jakeenaan jatkokäsittelyyn ja loppusijoitukseen, siitä tyypillisesti poistetaan ensin vettä ja sen jälkeen se pakataan suursäkkeihin ja kuljetetaan pois polttolaitokselta. Lietteestä voidaan poistaa vettä esimerkiksi suotonauhapuristimella ja erotettu vesi voidaan johtaa takaisin jätevedenkäsittelyyn. Liete voidaan myös johtaa suoraan suursäkkiin, jossa siitä valuu pois vettä, joka johdetaan edelleen jätevedenkäsittelyyn. Täyttynyt ja riittävän kiintoainepitoisuuden omaava suursäkki toimitetaan jatkokäsittelyyn tai loppusijoitukseen.

Savukaasupesureissa syntyvän jätevedenkäsittelyn lietteiden sijoittamista kaatopaikalle voi arvioida eri kaatopaikkoja koskevien kriteerien avulla (taulukko 4-1). Tyypillisesti laitoksilla, joilla poltetaan joko pelkästään tai merkittäviä määriä muita kuin biopolttoaineita (kuten turve ja kivihili), jätevedenkäsittelyssä syntyvä liete joudutaan sijoittamaan vaarallisen jätteen kaatopaikalle johtuen korkeista raskasmetallien liukoisuuksista. Biopolttoaineita polttavilla laitoksilla lietteen kaatopaikkasijoittamista sen sijaan ohjaa usein orgaanisen hiilen määrä tai sulfaatin liukoisuus. Tyypillisiä lietteiden pitoisuuksia biopolttoaineita polttavilla laitoksilla on esitetty alla.

**Taulukko 4-2. Tyypillisiä lietteiden pitoisuuksia biopolttoainetta polttavilla laitoksilla.**

	Pitoisuus lietteessä [mg/kg]	Liukoisuus L/S 10 [mg/kg]
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> )		3800-6200
Kloridi (Cl <sup>-</sup> )		<120-260
Fluoridi (F)		<100
Arseeni (As)	15-40	<0,1
Antimoni (Sb)	<1-20	<0,1
Barium (Ba)		1-3
Elohopea (Hg)		<0,001
Kadmium (Cd)	1-12	<0,01
Kromi (Cr)	60-230	<0,1
Molybdeeni (Mo)	<2-20	<0,1-1,7
Lyijy (Pb)	30-110	<0,1
Kupari (Cu)	30-130	<0,1
Nikkeli (Ni)	30-130	<0,1
Seleeni (Se)	<1	<0,2
Sinkki (Zn)	520-2500	0,1-0,2
DOC (liuenneen orgaanisen hiilen määrä)		<100-210
TDS, kiintoaine		-
Hehcutushäviö %	10-25	
TOC % (orgaanisen hiilen kokonaismäärä)	1-7	
pH, L/S 10	6-8,5	
Johtokyky, µS/cm L/S10	750-1200	

Lietettä voidaan joillain laitoksilla johtaa myös takaisin kattilaan poltettavaksi. Tämä voi olla potentiaalinen lietteenkäsittelykeino erityisesti laitoksilla, joilla on savukaasujen käsittelyssä käytössä letkusuodin, jolla voidaan poistaa savukaasuista haitta-aineita ja estää niiden rikastuminen prosessiin lietteen kierrätyksestä johtuen. Lietteiden syöttäminen takaisin polttoon on yleistä erityisesti Ruotsissa. Myös Suomessa sitä toteutetaan ainakin muutamilla laitoksilla nykyään. Lietteiden syöttö takaisin polttoon on joissain tapauksissa tulkittu jätteenpoltoksi, jolloin laitokselta on vaadittu rinnakkaispolton sallivaa ympäristölupaa ja sen vaatimia järjestelmiä mm. palamisen hallintaan sekä raja-arvot ja mittaukset savukaasupäästöille. Toisilla laitoksilla lietteen polttoa ei ole kuitenkaan katsottu jätteenpoltoksi, kuten Fortum Power and Heat Oy:n Järvenpään voimalaitoksella.

Vastaavasti kuten poltossa syntyviä tuhkia, jätevedenkäsittelyn lietteitä voidaan hyödyntää lannoitteena, jos ne täyttävät lannoitteille asetetut ehdot jakeen laadulle. Pelkkää biopolttoainetta käyttävillä laitoksilla voi liete täyttää metsälannoitteille asetetut raja-arvot. Tyypillisesti turvetta ja muita kuin biopolttoaineita käyttävillä laitoksilla lietteen raskasmetallipitoisuudet ovat liian korkeat lannoitekäyttöön.

## 5 MUUT YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET SAVUKAASUPESUREIHIN LIITTYEN

Savukaasupesureiden tarkoituksena on vähentää ilmaan kohdistuvia päästöjä sekä hyödyntää savukaasujen sisältämää hukkalämpöä, mikäli lämmölle löytyy käyttökohde esimerkiksi kaukolämpönä. Ilmaan kohdistuvat päästöt, erityisesti rikkidioksidin, happamien yhdisteiden, hiukkasten ja raskasmetallien osalta, pienenevät suoraan pesurin savukaasujen puhdistavasta vaikutuksesta johtuen. Lisäksi jos savukaasupesurilla otetaan talteen ja hyödynnetään savukaasujen sisältämää hukkalämpöä, vähenee lämmöntuotantoon käytettävien polttoaineiden käyttö ja muut lämmöntuotannon ympäristövaikutukset (kuten päästöt ilmaan ja syntyvän tuhkan määrä) energiatehokkuuden parantumisen myötä.

Savukaasupesuri, kuten myös muut savukaasujen käsittelymenetelmät, käyttävät prosessiin energiaa ja kemikaaleja. Pesurin aiheuttama painehäviö ja sitä kautta vaadittava savukaasupuhallinteho on samaa suuruusluokkaa pussisuotimen kanssa, mutta sen käyttämä omakäyttösähköenergia on pussisuodinta hieman suurempi johtuen pesuriveden kierrätys- ja jätevesipumpuista ja jäteveden käsittelystä. Sähkösuotimeen nähden pesurin omakäyttöenergia on suurempi sekä korkeamman painehäviön että pumppujen energiankulutuksen vuoksi. Pesurissa ja pussisuotimessa käytetyt savukaasujen puhdistuskemikaalit ovat laadultaan ja sekä reaktio-ominaisuuksiltaan että -tavoiltaan erilaisia, joten niiden käyttömääriä ei voi suoraan verrata keskenään. Kemikaalien syötössä käytetyt mooliylimäärät ovat näissä molemmissa savukaasunpuhdistusmenetelmissä suurin piirtein samalla tasolla. Pesurissa käytettävien kemikaalien kokonaismäärää kasvattaa jätevesien käsittelyssä vaadittavien kemikaalien käyttö verrattuna kemikaalien käyttömäärään kuivassa tai puolikuivassa savukaasujen käsittelymenetelmässä.

Myös muissa savukaasujen puhdistusmenetelmissä syntyy kiinteää jätettä (tuhka tai savukaasuihin lisättyjä puhdistuskemikaaleja sisältävä savukaasujen puhdistusjäte/reaktiotuote), jonka ominaisuudet eivät eroa ympäristön kannalta merkittävimpien tekijöiden, kuten raskasmetallien, osalta merkittävästi lietteen ominaisuuksista. Savukaasupesuri eroaa kuivista tai puolikuivista savukaasujen käsittelymenetelmistä siinä, että pesurissa käsittelyn lopputuotteena syntyy myös jätevettä. Toisaalta muissa menetelmissä ei saada hyödynnettyä savukaasujen sisältämää hukkalämpöä.



## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Savukaasupesureiden jätevesien ominaisuuksista tyypillisesti eniten kiinnitetään huomioita lämpötilan ja pH:n lisäksi kiintoaineen, raskasmetallien ja sulfaatin pitoisuuksille. Jätevesien ominaisuudet riippuvat voimakkaasti laitoksella käytettävien polttoaineiden ominaisuuksista. Verrattuna paljon julkisuutta saaneiden kaivosteollisuuden jätevesien sulfaattipitoisuuksiin, savukaasupesureiden jätevesien sulfaattipitoisuudet ovat alhaisempia ja myös jätevesien määrä on suurillakin polttolaitoksilla kaivosteollisuutta merkittävästi pienempi.

Savukaasupesureiden ympäristöhyötyjen arvioidaan olevan positiivisia niiden savukaasupäästöjä pienentävän sekä lämmöntalteenottoa tehostavan vaikutuksen vuoksi. Jätevedet voidaan johtaa tyypillisesti turvallisesti myös järveen tai jokeen. Niiden vaikutukset vastaanottavassa vesistössä riippuvat voimakkaasti vesistön tyypistä (järvi, virtaava vesi tai meri) ja ominaisuuksista, kuten vedenlaadusta ja sekoittumisolosuhteista. Näin ollen jätevesistä aiheutuvat vaikutukset vesistöön tulisi arvioida sekä mahdolliset jätevesiä koskevat raja-arvot määrittää aina tapauskohtaisesti.

Suurissa polttolaitoksissa syntyville savukaasupesureiden jätevesille tullaan jatkossa todennäköisesti asettamaan raja-arvot kiintoaineen ja raskasmetallien pitoisuuksille, jos BAT-päätelmät tulevat voimaan niiden viimeisen luonnoksen mukaisina. BAT-päästötasot voivat vaatia nykyistä enemmän käsittelyä tiettyjen raskasmetallipitoisuuksien saavuttamiseksi erityisesti turvetta käytävillä laitoksilla. Jätteenpolttoasetuksessa on jo nykyään asetettu raja-arvot savukaasupesureiden jätevesien kiintoaine- ja raskasmetallipitoisuuksille.

Pieniä polttolaitoksia koskeva PIPO-asetus asettaa vaatimukset savukaasupesureiden jätevesien käsittelymenetelmille, mutta ei jätevesien laadulle. Pienet polttolaitokset varustetaan nykyisin asetuksen edellyttämällä jätevesien käsittelylaitteistoilla. Jätevedet on neutraloitava, selkeytettävä ja suodatettava ennen niiden johtamista viemäriin. Usein jätevedet täyttävät viemäriin johdettaville teollisuusjätevesille asetettavat ehdot myös ennen PIPO-asetuksen mukaisia käsittelymenetelmiä, jonka perusteella ne välttämättä eivät kaikilla asetuksen piiriin kuuluvilla laitoksilla olisi tarpeellisia. Pienissä polttolaitoksissa syntyvän jäteveden määrä on pieni, jonka vuoksi tapauksissa, joissa jätevedet johdetaan vesistöön, arvioida myös niiden ympäristövaikutusten olevan tyypillisesti vähäisiä.

Suomessa joissain tapauksissa ympäristölupaviranomainen on voinut määrätä luvassa, että savukaasupesurin jätevesiä ei saa johtaa vesistöön vaan ne tulee johtaa viemäriin ja edelleen jätevedenpuhdistamolle. Savukaasupesureissa syntyvät jätevedet ovat tyypillisesti laimeita jätevedenpuhdistamoiden käsittelemiin muihin jätevesiin verrattuna. Jätevedenpuhdistamokaan ei poista vedestä sulfaattia, mutta pesurivesien sekoittuessa suureen vesimäärään sulfaatin mahdolliset ympäristövaikutukset vähenevät. Toisaalta pesurijätevesien sulfaatti voi aiheuttaa haasteita vesijohtoverkoston rakenteille. Vesilaitokset ovat joissain tapauksissa myös kieltäytyneet ottamasta pesurijätevesiä vastaan tämän ja prosessia laimentavan vaikutuksen vuoksi. Ruotsissa puolestaan joillain laitoksilla on asetettu jätevesille erittäin tiukkoja raja-arvoja erityisesti raskasmetallien pitoisuuksille.

**LÄHTEET**

**European Commission 2016.** Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. Final Draft (June 2016)

**HSY 2015.** Viikinmäen ja Suomenojan jätevedenpuhdistamoille johdettavien jätevesien raja-arvot. 3.11.2015. Saatavilla:

[https://www.hsy.fi/fi/yhteisollejayritykselle/vesihuolto/Documents/jateveden\\_raja-arvot.pdf](https://www.hsy.fi/fi/yhteisollejayritykselle/vesihuolto/Documents/jateveden_raja-arvot.pdf)

**Jalovaara et al. 2003.** Parasta käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Suomen ympäristökeskus.

**Karvonen et al. 2012.** Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen. Kuvaus hyvistä menettelytavoista. Ympäristöministeriön raportteja 15 / 2012.

**Kymen Vesi Oy 2016.** Teollisuusjätevedet. Internetsivusto. Saatavilla: <http://www.kymenvesi.fi/tietoa-vedesta/teollisuusjatevedet>

**Lahermo, P., Väänänen, P., Tarvainen, T. & Salminen, R. 1996.** Suomen geokemianatlas, osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. Geologian tutkimuskeskus.

**Lehtoranta, J. & Ekholm, P. 2013.** Sulfaatti – salakalava rehevöittäjä. Vesitalous 2/2013, 40–42.

**Pietiläinen 2008.** Yhdyskuntien typpikuormitus ja pintavesien tila. Suomen Ympäristö 46/2008.

**Svensk Vatten 2012.** Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet. Publikation P95. (10.10.2016) Luettavissa: <http://www.svenskvatten.se/globalassets/avlopp-och-miljo/uppstomsarbete-och-kretslopp/p95-rad-vid-mottagande-av-avloppsvatten.pdf>