

Tommi Alatalo

**MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN HAITTA-AINEIDEN
KÄYTTÖKELPOISET POISTOMENETELMÄT**

MÄDÄTYSJÄÄNNÖKSEN HAITTA-AINEIDEN KÄYTTÖKELPOISET POISTOMENETELMÄT

Tommi Alatalo
Opinnäytetyö
Syksy 2016
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Tommi Ensio Alatalo
Opinnäytetyön nimi: Määtysjäännöksen haitta-aineiden käyttökelpoiset poistomenetelmät
Työn ohjaaja: Tauno Jokinen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2016
Sivumäärä: 24 + 0 liitettä

Opinnäytetyön aiheena oli määtysjäännöksen haitta-aineiden käyttökelpoiset poistomenetelmät. Lähtökohtana oli tutkia biokäsittelylaitoksen reaktorivaiheen sivutuotteena muodostuvan määtysjäännöksen haitta-aineiden poistomenetelmiä. Tavoitteena oli löytää sovellettavia poistomenetelmiä ja tutkia niiden soveltuvuutta biokaasutusprosessiin sekä perehdyttää toimeksiantaja antaen hyvän tietopohjan aihealueeseen.

Työn alussa kerrotaan taustatietoa biokaasutustoiminnasta Suomessa ja lannoitevalmiste- sekä ympäristölainsäädännöstä. Biokaasutusprosessi alkaa raaka-ainemateriaalin vastaanotolla ja sen esikäsittelyllä, minkä jälkeen reaktorikäsittelyn sivuaineena muodostuu määtysjäännöstä ja kaasua, joita jälkikäsittelyllä voidaan valmistaa eri tuotteiksi. Työhön valitut haitta-aineet olivat PAH-yhdisteet, antibiootit, diklofenaakki, ibuprofeeni, parasetamoli, progesteroni, bisfenoli-A ja triklosaani. Työn lopussa kerrotaan, mitä erotusprosessilla, membraanisuodatuksella sekä kemikaalipesulla tarkoitetaan ja miten niillä voi vaikuttaa haitta-aineiden poistoon.

Selvitetyistä poistomenetelmistä vain kemikaalipesu selvisi ainoaksi käyttökelpoiseksi haitta-aineiden poistomenetelmäksi, mutta sen käytännön toimivuus vaatisi aiheesta syvällisen selvityksen ja laboratoriokokeita. Erotusprosessi ja membraanisuodatus eivät sovellu määtysjäännöksen haitta-aineiden poistoon joko niiden huonon biokaasutusprosessiin soveltuvuuden tai toimimattomuuden vuoksi.

Asiasanat: biokaasu, määtysjäännös, haitta-aine

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical engineering and production technology, production economics

Author: Tommi Ensio Alatalo
Title of thesis: Usable removal methods for pesticides and disrupters in digestate
Supervisor: Tauno Jokinen
Term and year when the thesis was submitted: autumn 2016
Pages: 24 + 0 annexes

The subject of thesis was usable removal methods of pesticides and disrupters in digestate. Basis for thesis was to investigate removal methods for pesticides and disrupters which form in biogas plants reactorphase. Goals for the thesis were to find usable removal methods and investigate their suitability for biogas process and to familiarize the employer giving him good knowledge of the field.

In thesis it is first told some background information about biogas activity in Finland and also about laws considering fertilizers and environment. Biogas process begins from receiving material and pretreating it. Afterwards digestate and gas is formed in reactorphase, which can be formed to different products by post-processing. Pesticides and disrupters chosen for thesis were: PAH-compounds, antibiotics, diclofenac, ibuprofen, paracetamol, progesterone, bisphenol A and triclosan. In the end it is told what separation process, membrane filtration and chemical wash mean and how they can affect on removing pesticides and disrupters.

From the researched methods only chemical wash was found usable for removing pesticides and disrupters, but its functionality would need further testing and more profound thesis. Separation process and membrane filtration do not suit for removing pesticides and disrupters for their defunctionality and bad interoperability with biogas process.

Keywords: biogas, digestate, pesticide, disrupter

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajaani Joonas Heikkistä BioHow Oy:ltä hyvästä ja antavasta opinnäytetyön aiheesta sekä ymmärtäväisestä asenteesta työn suorittamista kohtaan. Haluan myös kiittää opettajia Vesa Moilasta sekä Tauno Jokista työn ohjaamisesta. Viimeisenä haluan kiittää perhettä ja ystäviä tärkeästä tuesta kotirintamalla.

Oulussa 21.11.2016

Tommi Alatalo

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 BIOKAASUTUSTOIMINTA SUOMESSA	10
2.1 Suomen biokaasutuslaitokset	10
2.1.1 Yhteiskäsittelylaitokset	10
2.1.2 Jätevedenpuhdistamoiden biokaasutuslaitokset	10
2.1.3 Maatilojen biokaasutuslaitokset	11
2.2 Ympäristö- ja lannoitevalmistelainsäädäntö	11
2.2.1 Ympäristosuojelulaki	11
2.2.2 Lannoitevalmistelaki	12
3 BIOKAASUTUSLAITOKSEN TOIMINTAPROSESSI	13
3.1 Materiaalin vastaanotto ja esikäsittely	13
3.2 Reaktorikäsittely	13
3.3 Jälkikäsittely	13
4 HAITTA-AINEET	14
4.1 PAH-yhdisteet	14
4.2 Antibiootit	14
4.3 Diklofenaakki	14
4.4 Ibuprofeeni	15
4.5 Parasetamoli	16
4.6 Progesteroni	16
4.7 Bisfenoli-A	17
4.8 Triklosaani	17
5 HAITTA-AINEIDEN POISTAMISMENETELMÄT	18
5.1 Erotusprosessi	18

5.2 Membraani- eli kalvosuodatus	18
5.3 Kemikaalipuhdistus	19
6 YHTEENVETO	21
LÄHTEET	22

SANASTO

BAT	Best Available Techniques, paras käyttökelpoinen tekniikka
CHP	Combined Heat and Power, yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto
EU	Euroopan unioni
hemolyysi	verisolujen hajoaminen
PAH	polyaromaattiset hiilivedyt

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on mädätysjäännöksen haitta-aineiden käyttökelpoiset poistomenetelmät. Työn lähtökohtana on tutkia biokäsittelylaitoksen reaktorivaiheen sivutuotteena muodostuvan mädätysjäännöksen haitta-aineiden poistomenetelmiä. Opinnäytetyöhön on valittu yhdessä toimeksiantajan kanssa joukko haitta-aineita, joiden pitoisuuksien rajoittamisen toimeksiantaja on arvioinut korkeimmaksi tulevaisuuden lannoitelainsäädännössä. Työn toimeksiantajana toimii BioHow Oy, joka tekee biotalouksien ja uusiutuvien energialähteiden konsulttitoita ja on aiheissa edelläkävijänä Suomessa.

Biokaasutusprosessin lopputuotteena käytettävän mädätysjäännöksen lannoitekäyttö on yleistymässä voimakkaasti. Taustalla tähän on lisääntynyt orgaanisten jätteiden biokaasutus sekä maatalojen tarve löytää eri vaihtoehtoja kalliiden tuontilannoitteiden tilalle. Mädätysjäännöksen lannoitekäytön ongelmaksi on muodostunut mädätysjäännöksen haitta-aineet ja lääkejäämät, joita maanviljelijät eivät halua lannoitteisiinsa. Lisäksi moni lääkeaine ja hormonivalmiste on EU:n tarkkailulistalla, ja mikäli EU asettaa joillekin näistä käyttörajoitteita, on tärkeää, että niihin osataan reagoida nopeasti.

Työn tavoitteena on löytää sovellettavia poistomenetelmiä ja tutkia niiden soveltuvuutta biokaasutusprosessiin. Opinnäytetyön tavoitteena on myös toimia toimeksiantajan tiivistettynä tietopohjana, jonka avulla haitta-aineiden mahdollisia poistomenetelmiä voidaan arvioida ja soveltaa biokaasutuslaitosympäristöön.

Työ suoritetaan kirjallisuuskatsauksena pyrkien käyttämään mahdollisimman monipuolisesti eri lähteitä. Työssä arvioidaan eri menetelmien soveltuvuutta mädätysjäännöksen eri haitta-aineiden poistamiseen. Esiteltävät haitta-aineet valittiin yhdessä toimeksiantajan kanssa, ja tarkoituksena oli tutkia aihetta vain kirjallisesti ilman laboratoriokokeita. Lisäksi PAH-yhdisteet ja antibiootit käsitellään kokonaisuuksina eikä niitä käsitellä yksittäisinä.

2 BIOKAASUTUSTOIMINTA SUOMESSA

Biokaasun käyttö teollisuudessa energianlähteenä on kasvanut vuodesta vuodesta 2008 vuoteen 2014 aikana melkein 17-kertaiseksi. Kuitenkin sen osuus vuonna 2014 teollisuuden kokonaiskulutuksesta oli vain noin 0,36 %. (Teollisuuden energiankäyttö energialähteittäin vuonna 2008. 2008; Teollisuuden energiankäyttö energialähteittäin vuonna 2014. 2014.) Biokaasun osuus energianlähteenä on huomattavassa kasvussa, vaikkakin sen osuus on vielä marginaalisen pieni Suomen energianlähteenä.

2.1 Suomen biokaasutuslaitokset

Suomen biokaasutuslaitokset voidaan jakaa kolmeen kategoriaan. Niitä ovat yhteiskäsittelylaitokset, jätevedenpuhdistamoiden biokaasutuslaitokset ja maatalojen pienet biokaasutuslaitokset. (Latvala 2009, 10.)

2.1.1 Yhteiskäsittelylaitokset

Yhteiskäsittelylaitokset voivat käsitellä erillistä biojätettä, lietejätteitä teollisuudesta, lietejätteitä jätevedenpuhdistamoilta sekä maatalouden lietteitä ja kasvibiomassaa. Yhteiskäsittelylaitoksissa on tyypillistä hyödyntää biokaasu sähkön ja lämmön yhteistuotantoon (CHP, Combined heat and power) ja tuotannossa syntynyttä mädätysjäännöstä lannoitevalmisteksi. (Latvala 2009, 13.) Yhteiskäsittelylaitoksissa prosessinohjaus on haastavampaa kuin jätevedenpuhdistamoiden ja maatalojen biokaasutuslaitoksissa, koska laitoksissa voidaan käsitellä useita erityyppisiä jätteitä (Latvala 2009, 28).

2.1.2 Jätevedenpuhdistamoiden biokaasutuslaitokset

Jätevedenpuhdistamoiden biokaasutuslaitokset käsittelevät pääasiassa jätevedenpuhdistusprosessissa syntyvää lietteitä sekä teollisuudesta muodostuvia lietteitä (Latvala 2009, 11). Normaalisti syöteseos eli lietteet siirretään jätevedenpuhdistamoiden biokaasutuslaitoksissa putkia pitkin jätevedenkäsittelyprosessista biosakeutusaltaaseen. Tässä prosessin

vaiheessa lietteeseen lisätään kuiva-ainetta, minkä seurauksena lietteen kuiva-ainepitoisuus nousee 2 - 8 %. Kuiva-aineen lisäämisen jälkeen liete johdetaan itse biokaasureaktoriin. (Latvala 2009, 27.)

2.1.3 Maatilojen biokaasutuslaitokset

Maatilojen yhteydessä toimii pieniä biokaasutuslaitoksia, joissa on hyvin tyypillistä käsitellä vain omalla tai lähialueen tiloilla syntyvää karjan lantaa sekä kasvibiomassaa. Maatilalaitokset sisältävät yleensä erillisiä murskaimia tai silppureita, joilla voidaan hienontaa kasvibiomassaa tarpeeksi hienojakeiseksi reaktoria varten. (Latvala 2009, 26.)

2.2 Ympäristö- ja lannoitevalmistelainsäädäntö

Ympäristösuojelulaki velvoittaa ehkäisemään ympäristön pilaantumista. Tätä varten ympäristösuojelulakiin on sisälletty säännöksiä vesien, ilman ja maaperän suojelusta. Biokaasutuslaitoksella, jonka vuotuinen kapasiteetti on yli 5 000 tonnia vuodessa, edellytetään ympäristölupaa omalle toiminnalleen ympäristökeskukselta. Ympäristöluvassa tarkastellaan mahdollisia ympäristöhaittoja aiheuttavaa toimintaa kuten haitallisia päästöjä maaperään, ilmaan ja veteen. (Latvala 2009, 15.)

2.2.1 Ympäristösuojelulaki

Ympäristösuojelulain tarkoituksena on

- 1) ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja
- 2) turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta
- 3) edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia

- 4) tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena
- 5) parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon. (YSL 27.6.2014/527.)

Ympäristösuojelulaissa veloitetaan toiminnanharjoittajaa käyttämään toiminnassaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) (YSL 27.6.2014/527).

Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla tarkoitetaan sellaisia menetelmiä ja toimintatapoja, joilla voidaan ehkäistä ympäristön pilaantumista tai tehokkaasti vähentää sitä. Menetelmien ja toimintatapojen tulee olla mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä niin teknillisesti kuin taloudellisesti.

Ympäristösuojelulaki ei kuitenkaan velvoita tiettyyn teknillisiin ratkaisuihin, mutta toiminnanharjoittajan on sisällytettävä oma arvionsa ympäristölupahakemukseen parhaasta käyttökelpoisesta tekniikasta omassa toiminnassaan. (Latvala 2009, 15 - 16.)

2.2.2 Lannoitevalmistelaki

Mikäli biokaasutuslaitos tuottaa sivutuotteena lannoitevalmisteita mädätysjäännöksestä, sovelletaan silloin lannoitevalmistelakia (LVL 29.6.2006/539). Tämä tarkoittaa sitä, että lannoitevalmisteiden tulee olla tasalaatuisia sekä turvallisia ja sopivia käyttötarkoituksiinsa.

Lannoitevalmisteiden tulee kuulua johonkin lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelon olevan tyyppinimen alle. (Latvala 2009, 17.)

Lannoitevalmisteiden tyyppinimet jaetaan karkeasti

- 1) lannoitteisiin
- 2) kalkitusaineisiin
- 3) maanparannusaineisiin
- 4) mikrobivalmisteisiin
- 5) kasvualustoihin. (Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo.)

3 BIOKAASUTUSLAITOKSEN TOIMINTAPROSESSI

3.1 Materiaalin vastaanotto ja esikäsittely

Biokaasulaitoksissa on mahdollista käsitellä eläinperäisiä sivutuotteita, jätevesilietteitä sekä kasvisperäisiä jätteitä ja sivutuotteita. Biokaasun tuotoltaan on hyvä, että syötteet sisältävät runsaasti tärkkelystä sekä glyserolia. Vastaanotossa tulisi välttää sellaisia syötteitä, jotka sisältävät runsaasti ligniiniä tai muita heikosti hajoavia syötteitä. (Latvala 2009, 22.) Esikäsittelyn tarkoituksena biokaasuprosessissa on poistaa syötteistä epäpuhtaudet ja murskata käsiteltävät syötteet sopivan pieneen palakokoon sekä tehdä syöteseoksesta homogeenistä (Latvala 2009, 23).

3.2 Reaktorikäsittely

Biokaasuprosessissa reaktorikäsittely tarkoittaa useimmiten joko mesofiilista tai termofiilista prosessia. Mesofiilisessa prosessissa operoidaan mikrobien optimilämpötila-alueella eli noin 35 - 38 °C:n lämpötilassa ja termofiilisessa prosessissa noin 55 °C:ssa. Termofiilisessa prosessissa etuna on jätteen nopeampi hajoaminen, mikä tuottaa enemmän biokaasua, mutta herkempi altistus lämpötilan ja pH:n muutoksille tekevät siitä epävakaamman kuin mesofiilinen prosessi. (Lehtomäki – Paavola – Luostarinen – Rintala 2007, 31-32.)

3.3 Jälkikäsittely

Mädätysjäännöksen jatkokäsittelyssä otetaan huomioon lopputuotteen hyödyntämistapa. Normaalisti mädätysjäännöksestä pyritään tuotteistamaan mahdollisimman suuri osa, esimerkiksi lannoitteeksi. Jälkikäsittelytekniikoita ovat esimerkiksi kuivaus ja kompostointi. (Latvala 2007, 74.) Tässä työssä tutkittavat poistomenetelmät sijoittuvat biokaasuprosessissa tähän vaiheeseen.

4 HAITTA-AINEET

4.1 PAH-yhdisteet

PAH-yhdisteet eli polysykliset aromaattiset hiilivedyt ovat kahden tai useamman bentseenirenkaan fuusion tuloksia (PAH-yhdisteet ja niiden esiintyminen. 2010). PAH-yhdisteet voivat imeytyä ihmisen elimistöön ihon, hengitysteiden tai ruoansulatuksen kautta. PAH-yhdisteet voivat aiheuttaa silmien, hengitysteiden sekä ihon ärsytystä ja naftaleeni voi aiheuttaa nieltynä hemolyysiä. (PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio. 2016.)

Näiden lisäksi useat PAH-yhdisteet aiheuttavat syöpää ja perimämuutoksia (PAH-yhdisteet: terveystvaikutukset ja altistuminen. 2010).

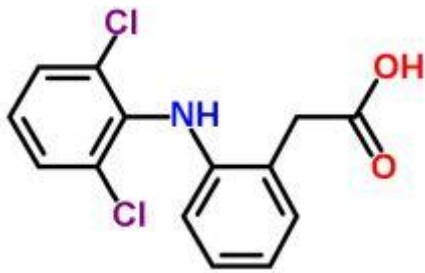
4.2 Antibiootit

Antibiootteja käytetään bakteeriperäisten infektioiden hoitoon ja ennaltaehkäisyyn. Antibiootit vaikuttavat myös ihmisen toiminnalle välttämättömien bakteerien toimintaan, mikä voi vaikuttaa negatiivisesti yksilön terveyteen. (Piri 2016, 11.)

Ihmiselle haitalliset bakteerit voivat myös kehittää resistenssin antibiootteja kohtaan, mikä voi vaikuttaa laajalla mittakaavalla vakavia seurauksia. EU on listannut antibiooteista erytromysiinin, klaritsomysiinin ja atsitromysiinin tarkkailulistalle. (Vieno 2015, 63.)

4.3 Diklofenaakki

Diklofenaakki (kuva 1) on tulehduskipulääke, jota käytetään erilaisiin tulehduksiin ja kuumetiloihin. Diklofenaakki on EU:n tarkkailulistalla, sillä se aiheuttaa Itämeren kalojen kiduksissa, maksassa ja munuaisissa muutoksia. Lisäksi diklofenaakkia kertyy sinisimpukoiden ja kalojen maksoihin ja sappinesteisiin. (Brausch – Connors – Brooks – Gary 2012, 33.)



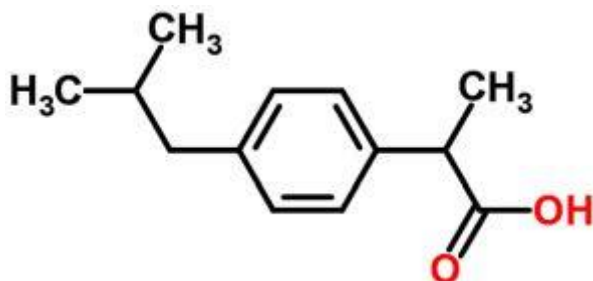
KUVA 1. Diklofenaakin kemiallinen kaavio (Äystö ym. 2014, 8)

Diklofenaakki voi, kuten muutkin tulehduskipulääkkeet, aiheuttaa suolistoon tai mahaan haavaumia sekä vaikuttaa munuaisten toimintaan estämällä mahaa ja munuaisia suojaavien välittäjäaineita muodostumasta (Paakkari 2013).

Diklofenaakia on havaittu Suomen vesistöistä enimmillään 65 nanogrammaa litraa kohden, keskiarvon ollessa 10 nanogrammaa litraa kohden. Ruotsissa havaittu keskiarvo on ollut 135 nanogrammaa litraa kohden (Äystö – Mehtonen – Kalevi 2014, 8).

4.4 Ibuprofeeni

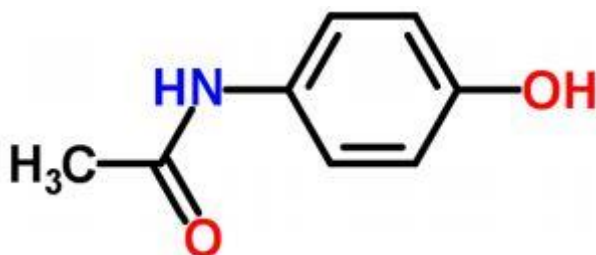
Ibuprofeeni (kuva 2) on yksi yleisimmistä tulehduskipulääkkeistä Suomessa ja Suomen pintavesistä sitä on havaittu keskimäärin 22 nanogrammaa litraa kohden maksimiarvon ollessa 90 nanogrammaa litraa kohden (Äystö ym. 2014, 8). Ibuprofeeni voi diklofenaakin tavoin aiheuttaa maha- ja suolistohaavaumia sekä ongelmia munuaisissa (Paakkari 2013). Ibuprofeenin on lisäksi todettu hajoavan auringonvalon ja hapen yhteisvaikutuksesta. (Marttinen – Suominen – Lehto – Jalava – Tampio 2014, 50).



KUVA 2. Ibuprofeenin kemiallinen kaavio (Äystö ym. 2014, 8)

4.5 Parasetamoli

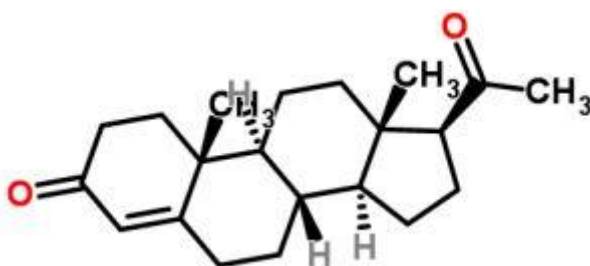
Parasetamoli (kuva 3) on Suomen käytetyimpiä tulehduskipulääkkeitä, se tunnetaan myös nimellä Panadol tai Pamol. Ruotsin pintavesistä sitä on havaittu enimmillään 0,36 mikrogrammaa litraa kohden, keskiarvon ollessa 0,1 mikrogrammaa litraa kohden. Äystön (2014, 9) raportissa ei tosin ole Suomen vesien tutkimusarvoja kerrottuna. (Äystö ym. 2014, 9.)



KUVA 3. Parasetamolin kemiallinen kaavio (Äystö ym. 2014, 9)

4.6 Progesteroni

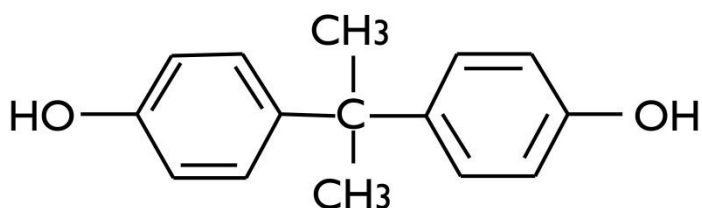
Progesteronia (kuva 4), joka tunnetaan myös nimellä keltarauhashormoni, käytetään Suomessa ja maailmalla lääkevalmisteissa, vaikka se onkin luontaisesti esiintyvä hormoni. Pohjoismaiden pintavesistä sitä on havaittu keskimäärin 7,5 nanogrammaa litraa kohden ja enimmillään sitä on havaittu 10 nanogrammaa litraa kohden. (Äystö ym. 2014, 22.)



KUVA 4. Progesteronin kemiallinen kaavio (Äystö ym. 2014, 22)

4.7 Bisfenoli-A

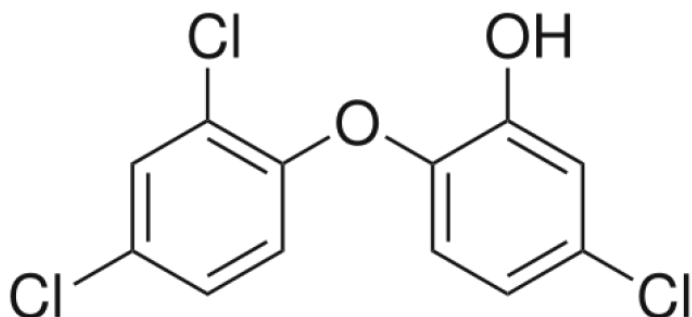
Bisfenoli-A (kuva 5) on yhdiste, jota käytetään polykarbonaatin valmistuksessa, mitä taas käytetään esimerkiksi ruoansäilytysastioiden valmistuksessa. Vieno (2015, 57) kertoo sen irtoavan sitä sisältävistä astioista, minkä vuoksi muun muassa EU on kieltänyt sen käytön tuttipulloissa. Bisfenoli-A on hyvin pitkälti estrogeeninkaltainen aine, mikä häiritsee eliöiden normaalia hormonitoimintaa. (Vieno 2015, 57.)



KUVA 5. Bisfenoli-A:n kemiallinen kaavio (Hoban 2012)

4.8 Triklosaani

Antibakteerista triklosaania (kuva 6) käytetään muun muassa saippuoissa, voiteissa, deodoranteissa ja hammastahnoissa. Triklosaania voi ihmiselle kertyä rasvakudokseen, sillä se on hydrofobinen yhdiste. Se on välittömästi ja kroonisesti haitallista eliöille kuten leville. Vieno (2015, 52) kertoo, että olisi tärkeää tietää enemmän triklosaanin kroonisista vaikutuksista sen biokertyvyyden vuoksi. (Vieno 2015, 52.)



KUVA 6. Triklosaanin kemiallinen kaavio (Helmenstine 2015)

5 HAITTA-AINEIDEN POISTAMISMENETELMÄT

5.1 Erotusprosessi

Erotusprosessilla tarkoitetaan mädätysjäännöksen jatkokäsittelyä, missä nesteet ja kiintoaineet erotetaan toisistaan. Erotusprosessit voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään eli ominaispainoeroihin perustuvaan ryhmään, partikkelikokoon perustuvaan ryhmään ja haihdutus- tai kuivausmenetelmään taulukon 1 osoittamalla tavalla. (Kymäläinen – Pakarinen 2015, 99.)

TAULUKKO 1. Erotusprosessien toimintaperiaatteet ja niiden menetelmät (Kymäläinen – Pakarinen, 99)

Toimintaperiaate	Menetelmä
Ominaispainoeroihin perustuvat	Laskeutus, linko
Partikkelikokoon perustuvat	Seula, suotonauha, ruuvikuivain, kalvotekniikat
Termiset	Haihdutus, kuivaus

Useimmat lääkeaineet jäävät kuivajakeeseen erotusprosessin jälkeen (Marttinen ym. 2014, 50). Erotusprosessilla saadaan kuivajae erotettua nesteestä, mutta se ei poista alkuperäistä ongelmaa eli haitta-aineiden poistoa. Tästä syystä erotusprosessi ei ole käytännöllinen mädätysjäännöksen haitta-aineiden poistomenetelmä vaan pikemminkin sen jatkoprosessointia.

5.2 Membraani- eli kalvosuodatus

Membraanisuodatuksessa on tarkoituksena antaa yhden tai useamman ainesosan läpäistä kalvo muiden ainesosien läpäisyn ollessa vähäistä.

Membranisuodatus on tyypillistä vedenpuhdistusprosesseissa, missä sitä käytetään paine-eroon perustuvissa suodatusmenetelmissä. Näitä menetelmiin kuuluvat mikro-, ultra- ja nanosuodatus sekä käänteisosmoosi. (Mänttari – Arola 2013, 3 - 6.)

Suodatusmenetelmän valintaan vaikuttaa erotettavien aineksien koot. Membranisuodatus kykenee korkeaan erotustehokkuuteen ja suhteellisen alhaiseen energiankulutukseen. Lisäksi membranisuodatuslaitteet ovat prosessilaitteeksi verrattain yksinkertaisia ja prosessi on helposti automatisoitavissa. Suurin haittatekijä membranisuodatuksen käytössä biokaasuprosessissa on kalvojen likaantuminen, mikä heikentää prosessin toimintavarmuutta. (Mänttari – Arola 2013, 3 - 6.)

Biokaasuprosessissa membranisuodattimien käyttö ei ole käytännöllistä, sillä pitkälle automatisoidussa prosessissa ei ole mahdollisuutta kalvojen pesuun tai vaihtoon. Lisäksi suodattimet eivät myöskään läpäise mädätysjäännöksen omaa kiintoainetta, minkä vuoksi menetelmän tulos ei poikkea mädätysjäännöksen linkouksesta tai kuivauksesta. Membranisuodattimet toimivat lähinnä täysin nestemäisten aineiden, kuten rejektiveden, suodattamiseen, mikä on jo useimmilla biokaasutuslaitoksilla käytössä.

5.3 Kemikaalipuhdistus

Mädätysjäännöksen valittuja haitta-aineita voisi yrittää poistaa tai pilkkoa mädätteestä voimakkailta hapettavilla kemikaaleilla. Mahdollisia kemikaaleja puhdistukseen voisi olla peretikkahappo, permuurahaishappo tai ns. Fenton reaktio. (Kettunen, 2016.)

Peretikkahapon vaikutus perustuu proteiinien ja entsyymien inaktivoitumiseen, mutta se hapettaa myös joitakin lipidejä ja näin vaikuttaa solujen soluseinään (Salkinoja-Salonen 2002, 37). Kettusen (Kysely Kemiran tuotteista, 2016) mukaan peretikkahapolla voisi olla mahdollinen vaikutus mädätysjäännöksen haitta-aineiden pilkkomiseen, mutta ei mennyt sen toimivuudesta takuuseen.

Kemikaalipuhdistus on tällä hetkellä ainoa varteenotettava vaihtoehto mädätysjäätännöksen haitta-aineiden poistomenetelmäksi, mutta sen toimivuudesta ei ole varmuutta. Tämä vaatisi laboratorio- ja käytännön kokeita sen toimivuudesta ja oikeiden kemikaalien testausta, jotta sitä voitaisiin toteuttaa käytännössä.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli mädätysjäännöksen haitta-aineiden käyttökelpoiset poistomenetelmät. Lähtökohtana oli tutkia biokäsittelylaitoksen reaktorivaiheen sivutuotteena muodostuvan mädätysjäännöksen haitta-aineiden poistomenetelmiä. Esitetyt haitta-aineet olivat PAH-yhdisteet kokonaisuudessaan, antibiootit kokonaisuudessaan, diklofenaakki, ibuprofeeni, parasetamoli, progesteroni, bisfenoli-a ja triklosaani.

Tavoitteena oli löytää mädätysjäännöksen haitta-aineiden käyttökelpoisia poistomenetelmiä ja luoda tietopohja työn toimeksiantajalle aihepiiristä. Taustatietoa aiheesta löytyi runsaasti niin englannin kuin suomenkin kielellä. Itse haitta-aineiden poistomenetelmistä taustaa ja teoriaa löytyi niukasti, mistä syystä poistomenetelmien toimivuutta yksittäisille haitta-aineille ei alettu arvioida. Aiempia tutkimuksia haitta-aineista ja niiden poistomenetelmistä oli saatavilla myös niukasti. Osasyynä tähän on se, ettei nykyinen lannoitelainsäädäntö rajoita näiden haitta-aineiden pitoisuuksia lannoitetuotteissa ja siten laajempaan tutkimukseen ei ole ollut tarvetta.

Haitta-aineiden poistomenetelmiä löytyi ja niiden soveltuvuutta arvioitiin, mutta ainoaksi varteenotettavaksi vaihtoehdoksi muodostui kemikaalipesu. Sen toimivuutta tulisi kuitenkin testata laboratorio-olosuhteissa, jotta sitä voitaisiin alkaa ajamaan biokaasutuslaitoksille sisään. Itse biokaasutusprosessiin kemikaalipesu olisi helppo lisäys, sillä se ei vaatisi suuria laiteinvestointeja. Mädätysjäännöksen haitta-aineiden, kuten lääke- ja hormonijäämien, poisto on vielä suhteellisen tuore ongelma, joten siihen ei löytynyt laajaa kirjoa ratkaisuja. Työ toimii hyvänä taustatietopakettina asiaan perehtyvälle, mutta sitä ei tulisi käyttää biokaasutuslaitosten investointien perusteena, sillä työ vaatisi jatkoa. Jatkotyössä haitta-aineiden poistomenetelmiä tulisi testata käytännössä.

LÄHTEET

Brausch, John – Connors, Kristin – Brooks, Bryan – Gary, Rand 2012. Human Pharmaceuticals in the Aquatic Environment: A Review of Recent Toxicological Studies and Considerations for Toxicity Testing. Springer US.

Helmenstine, Anne 2015. Toxic Chemicals in Cosmetics. About Inc. Saatavissa: <http://chemistry.about.com/od/healthsafety/tp/toxic-chemicals-in-cosmetics.htm>. Hakupäivä 14.10.2016.

Hoban, Rose 2012. NC Scientists in the Middle of the BPA Debate. North Carolina Health News. Saatavissa: <http://www.northcarolinahealthnews.org/2012/04/02/local-scientists-in-the-middle-of-the-bpa-debate/>. Hakupäivä 14.10.2016.

Kansallinen lannoitevalmisteiden tyyppinimiluettelo, Evira id 316528. 2011. Evira. Saatavissa: http://www.evira.fi/files/attachments/fi/kasvit/lannoitevalmisteet/raportit/kansallinen_lannoitevalmisteiden_tyyppinimiluettelo_id316528.pdf. Hakupäivä 8.1.2016.

Kettunen, Vesa 2016. Kysely Kemiran tuotteista. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Tommi Alatalo. 27.1.2016.

Kymäläinen, Maritta – Pakarinen, Outi 2015. Biokaasuteknologia. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Latvala, Markus 2009. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) : biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Helsinki: Edita Publishing.

Lehtomäki, Annimari – Paavola, Teija – Luostarinen, Sari – Rintala, Jukka 2007. Biokaasusta energiaa maatalouteen: raaka-aineet, teknologiat ja lopputuotteet. Jyväskylän yliopiston bio- ja ympäristötieteiden laitoksen tiedonantoja 85. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/47694/978-951-39-3075-2.pdf?sequence=1>. Hakupäivä 12.2.2016.

LVL 29.6.2006/539. Lannoitevalmistelaki. Helsinki: Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavissa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060539>. Hakupäivä 7.1.2016.

Marttinen, Sanna – Suominen, Kimmo – Lehto, Marja – Jalava, Taina – Tampio, Elina 2014. Haitallisten orgaanisten yhdisteiden ja lääkeaineiden esiintyminen biokaasulaitosten käsittelyjäännöksissä sekä niiden elintarvikeketjuun aiheuttaman vaaran arviointi. Jokioinen: MTT.

Mänttari, Mika – Arola, Kimmo 2013. Membraanisuodatuksen hyödyntäminen kunnallisessa jätevedenpuhdistuksessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Saatavissa: <http://www.parikkala.fi/loader.aspx?id=c564a7fe-a069-48c1-8b49-51dfa7a61832>. Hakupäivä: 8.1.2016.

Paakkari, Pirkko 2013. Kipulääkkeet – turvallinen käyttö. Kustannus Oy Duodecim. Saatavissa:

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00649.

Hakupäivä 12.10.2016.

PAH-yhdisteet ja niiden esiintyminen. 2010. Työterveyslaitos. Saatavissa: http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitietoa/PAH-yhdisteet_ja_niiden_esiintyminen/Sivut/default.aspx. Hakupäivä 12.10.2016.

PAH-yhdisteet: terveysvaikutukset ja altistuminen. 2010. Työterveyslaitos. Saatavissa:

http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitietoa/PAH-yhdisteet_ja_niiden_esiintyminen/terveysvaikutukset_ja_altistuminen/Sivut/default.aspx. Hakupäivä 12.10.2016.

PAH-yhdisteiden tavoitetasoperustelumuistio. 2016. Työterveyslaitos.

Saatavissa:

http://www.ttl.fi/fi/tyoturvallisuus_ja_riskien_hallinta/riskien_hallinta/ohjeavot_tavoitetasot_haittatekij%C3%B6ille/tavoitetasot/Documents/pah_yhdisteet_tavoite_taso.pdf. Hakupäivä 12.10.2016.

Piri, Jonna 2016. Lääkejäämien kulkeutuminen vesistöihin ja niiden vaikutukset eliöstöön. Tutkielma. Oulu: Oulun yliopisto, maantieteen laitos.

Salkinoja-Salonen, Mirja 2002. Mikrobiologian perusteita. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Teollisuuden energiankäyttö energialähteittäin vuonna 2008. 2008.

Tilastokeskus. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/tene/2008/tene_2008_2010-01-26_tau_001_fi.html. Hakupäivä 8.1.2016.

Teollisuuden energiankäyttö energialähteittäin vuonna 2014. 2014.

Tilastokeskus. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/tene/2014/tene_2014_2015-11-05_tau_001_fi.html. Hakupäivä 8.1.2016.

Vieno, Niina 2015. Haitta-aineet puhdistamo- ja hajalietteissä. Saatavissa: http://www.vhvsy.fi/files/upload_pdf/5004/Julkaistu%2073_2015.pdf. Hakupäivä: 12.10.2016.

YSL 27.6.2014/527. Ympäristönsuojelulaki. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>. Hakupäivä 7.1.2016.

Äystö, Lauri – Mehtonen, Jukka – Kalevi, Kirsti 2014. Kartoitus lääkeaineista yhdyskuntajätevedessä ja pintavedessä. Kulutuksen ja tuotannon keskus. Suomen ympäristökeskus. Loppuraportti.