



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# JÄTTEEN PIENPOLTTOLAITOKSEN KÄYTTÖÖNOTTO

TE-

KIJÄ/T: Roope Karjanmaa

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Roope Karjanmaa			
Työn nimi Jätteen pienpolttolaitoksen käyttöönotto			
Päiväys	16.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	23/1
Ohjaajat Ari Mikkonen, Markku Huhtinen			
Toimeksiantajat/Yhteistyökumppanit Kainuun jätehuollon kuntayhtymä, Kajaanin Romu Oy			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli käyttöönottaa jätteenpolttoon tarkoitettu Iso-Britanniassa valmistettu Inciner8 -merkinen pienpolttolaitos ja selvittää sen mahdollisuudet erilaisten erityisjätteiden polttamiseen Kainuun ja Suomen olosuhteissa. Tässä työssä oli myös tarkoitus suorittaa koepoltot koetoiminnassa käytettäville jätteille. Koepolttoja ei kuitenkaan aikataulullisista syistä sisällytetä tähän työhön.</p> <p>Erytisjätteiden polttamisella pienpolttolaitoksessa Majasaaren jätekeskuksessa Kajaanissa pyritään vähentämään jätteen haltijalle jätteen kuljettamisesta aiheutuvia kustannuksia ja ympäristövaikutuksia. Polttolaitoksen tukipolttoaineena toimii puhdistamaton kaatopaikkakaasu.</p> <p>Tässä työssä selvitettiin jätelain, valtioneuvoston asetuksen jätteen polttamisesta, valtioneuvoston asetuksen jätteestä, valtioneuvoston asetuksen kaatopaikoista ja toiminnalle myönnetyn koetoimintaluvan asettamia vaatimuksia koetoiminnan suorittamiseen.</p> <p>Ennen tämän työn alkamista polttolaitoksen asennus oli lähestulkoon valmis. Polttolaitoksen kaasupolttimet olivat vielä asentamatta. Asennukset tehtiin loppuun yhteistyössä polttolaitoksen toimittajan asentajan kanssa. Asentaja piti myös perehdytyksen polttolaitoksen käyttöön.</p> <p>Polttolaitoksen käyttöönotto ei työn aikana täysin onnistunut, mutta työn aikana havaittiin ongelmakohtia, jotka vaikuttavat polttolaitoksen käyttöön. Suurimmat ongelmat laitoksen käytön kannalta ovat polttimien ohjauksille ohjelmaan asetetut lämpötilarajat ja kaatopaikkakaasun riittämättömyys polttolaitoksen kaikkien polttimien yhtäaikaiseen käyttöön. Polttolaitoksen sisäseinämien betonit saatiin kovetettua tämän työn aikana. Kun kaatopaikkakaasuun ja polttimiin liittyvät ongelmat saadaan korjattua, koetoiminta voidaan aloittaa.</p>			
Avainsanat Jätteenpoltto			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author Roope Karjanmaa			
Title of Thesis Commissioning of a small waste incineration plant			
Date	16.5.2019	Pages/Appendices	23/1
Supervisors Ari Mikkonen, Markku Huhtinen			
Client Organisations/Partners Kainuun jätehuollon kuntayhtymä, Kajaanin Romu Oy			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The aim of this thesis was commissioning a small incinerator manufactured by the British company Inciner8 and find out its possibilities to incinerate various special wastes in the circumstances of Kainuu and Finland. The aim of this thesis was also to perform test burnings to wastes used in testing. The test burns are excluded from this thesis due to a delayed schedule.</p> <p>Incinerating special wastes in a small incinerator in Majasaari waste center aims at reducing costs and environmental impacts caused by waste transportation. The incinerator uses unpurified landfill gas as a support fuel.</p> <p>In this thesis the requirements to perform the test burnings set by Waste Act, Government Decree on Waste Incineration, Government Decree on Waste, Government Decree on Landfill and trial permits were clarified.</p> <p>Before the beginning of this thesis the incinerator was mostly installed. The burners of the incinerator were not installed. The installations were completed in cooperation with the supplier of the incinerator. The installer gave the introduction on how to use the incinerator.</p> <p>Commissioning of the incinerator was not completely successful but during this thesis problem areas which affect the use of the incinerator were detected. Major problems affecting the use of the incinerator were temperature limits in the program for burner controls and insufficient landfill gas for the simultaneous use of the burners. The refractory concrete of the incinerator was successfully cured. After the problems with landfill gas and burners are fixed the test burnings can be started.</p>			
Keywords Waste incineration			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
1.1	Koetoiminnan tarkoitus ja tavoitteet .....	6
1.2	Työn toimeksiantajat .....	6
2	INCINER8 JÄTTEENPOLTTOLAITOS .....	7
2.1	Polttokammiot .....	8
2.2	Kaasupolttimet .....	9
2.3	Lämmönvaihdin .....	10
2.4	Savukaasujen puhdistusyksikkö .....	11
2.4.1	Sammutettu kalkki .....	12
3	POLTTOAINEET / JÄTTEET .....	13
3.1	Vaaralliset jätteet .....	13
3.1.1	Erytisrakennuspurkujätteet .....	13
3.1.2	Terveysthuollon erityisjätteet .....	14
3.1.3	Romun murskauksessa syntyvä alite .....	14
3.2	Sekajäte energiaksi .....	14
3.3	Kaatopaikkakaasu .....	15
3.3.1	Kaasupumppaamo .....	15
4	JÄTTEEN POLTTO .....	16
4.1	Ympäristövaikutukset .....	16
4.1.1	Ilmaan joutuvat päästöt .....	16
4.1.2	Tuhka .....	18
5	POLTTOLAITOKSEN KÄYTTÖÖNOTTO .....	19
5.1	Polttimien asennus ja säätö .....	19
5.2	Polttokammioiden seinämien kovettaminen .....	19
6	KEHITTÄMISEN KOHTEITA .....	21
6.1	Polttimien toiminta .....	21
6.2	Kaatopaikkakaasun riittävyys .....	21
7	YHTEENVETO .....	22
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	23
	LIITE 1: MAJASAAREN JÄTEKESKUKSEN KAATOPAIKKAKAASUN ANALYYSI 9.5.2019 .....	24

## 1 JOHDANTO

Suomessa syntyy jatkuvasti erityisjätteitä, jotka vaativat erityiskäsittelyä niiden ympäristölle tai ihmisille haitallisten tai vaarallisten ominaisuuksien takia. Usein erityisjätteitä joudutaan kuljettamaan pitkiä matkoja niiden käsittelyyn sopivalle jätteenkäsittelylaitokselle.

Kainuun jätehuollon kuntayhtymä on yhteistyössä Kajaanin Romu Oy:n kanssa hankkinut Kajaaniin Majasaaren jätekeskukseen Inciner8 merkkisen jätteen pienpolttolaitoksen koetoimintaa varten. Koepolttolaitoksessa on tarkoitus polttaa luvussa 3 nimettyjä erityisjätteitä sekä sekajätettä. Inciner8 -polttolaitosta ei ole aikaisemmin kokeiltu Suomessa vastaavassa tarkoituksessa. Erityisjätteen polttamisella paikallisella jäteasemalla voidaan vähentää jätteiden varastoisesta ja kuljetuksesta syntyviä kuluja ja päästöjä.

Polttolaitoksessa käytetään esilämmitykseen ja tukipolttoaineena Majasaaren kaatopaikan puhdistamatonta kaatopaikkakaasua. Koetoiminnan aikana syntynyt lämpöenergia siirtyy savukaasujen ja lämmönvaihtimen läpi virtaavan ilman mukana ympäristöön. Tulevaisuudessa vastaavanlaisessa suuremmissa polttolaitoksessa savukaasujen lämpöenergian talteenottoa voitaisiin lisätä ja hyötykäyttää. Tämän työn tarkoituksena oli suorittaa polttolaitokselle käyttöönotto, polttokokeet, päästömittauksia sekä selvittää kaatopaikkakelvollisuus että luoda polttolaitokselle käyttöohjeet.

Aikataulun luomien haasteiden vuoksi opinnäytetyöstä jätettiin pois varsinaiset koepoltot ja käyttöohjeen luominen. Koepoltoissa käytetään akkreditoitua toimijaa laitoksen ilmaan joutuvien päästöjen mittaamiseen. Päästömittausten lopullinen raportti valmistuu noin 1,5 kuukauden jälkeen mittauspäivästä. Käyttöohjetta varten pitää testata sekä jätteiden polttamista että polttolaitoksen käyttäytymistä eri jätteillä.

Aikataulun viivästyminen johtui siitä, että polttolaitoksen toimittajan asentaja ei saapunut sovittuna aikana ja tukipolttoaineeseen liittyvistä ongelmista. Asentaja tarvittiin viimeistelemään polttolaitoksen asennus, testaamaan polttolaitoksen laitteiden toiminta ja pitämään perehdytys polttolaitoksen käytöstä sekä turvallisesta työskentelystä polttolaitoksella.

## 1.1 Koetoiminnan tarkoitus ja tavoitteet

Koetoiminnan tarkoituksena on selvittää Inciner8 -polttolaitoksen soveltuvuus erilaisten erityisjätteiden hävittämiseen polttamalla Suomen olosuhteissa. Koetoiminnassa käytetään polttolaitoksen i8-250 -mallia. Koetoiminnan aikana selvitetään neljän eri jättejakeen osalta polttolaitoksen kapasiteetti, päästöt sekä lämpöenergia. Polttokokeiden tarkoituksena on tehdä raportti jätteiden polttamisen päästöistä ja tuhkan ominaisuuksista Inciner8 -polttolaitoksessa ympäristölupahakemusta varten. Koetoiminnassa poltettavat jätteet ovat etukäteen tutkittu erityisrakennuspurkujäte, terveydenhuollon erityisjätteet, romun murskaamisessa syntyvä alite, jolla ei ole hyötykäyttöä eikä loppusijoituspaikkaa ja sekajäte.

## 1.2 Työn toimeksiantajat

Työn toimeksiantajina ovat Kainuun jätehuollon kuntayhtymä ja Kajaanin Romu Oy.

Kainuun jätehuollon kuntayhtymä on virallinen nimi Ekokympille. Ekokymppi hoitaa Kainuun kuntien ja Vaalan kunnan lakisääteisiä jätehuollon palveluita ja viranomaistehtäviä. Ekokymppin tehtävänä on järjestää asuin- ja lomakiinteistöille jätehuolto. Jätehuollon järjestämisen lisäksi Ekokymppin toimintaan kuuluvat neuvonta, tiedotus ja jätehuollon kehittäminen. Neuvonnalla ja tiedottamisella Ekokymppi pyrkii vähentämään jätteen määrää. Ekokymppi käyttää toiminnassaan turvallisia ja nykyaikaisia toimintatapoja ja -välineitä. Yrityksen toimintaa kehitetään ja henkilöstöä koulutetaan jatkuvasti kestävä kehityksen ylläpitämiseksi.

Kajaanin Romu Oy on metallin kierrätysyritys. Kajaanin Romu kerää kierrätysmetalleja, lajittelee ne ja toimittaa valimo- ja terästeollisuuteen. Kajaanin Romu on virallinen romutettavien autojen vastaanottopiste. Toimintaan kuuluu myös rakennus-, metallirakenteiden- ja teollisuuden purkutöitä. Kajaanin Romulla on nykyaikainen tuotantolaitos materiaalien lajitteluun ja jalostamiseen teollisuuden raaka-aineeksi. Toiminnan sivutuotteena syntyy alitetta, jolla ei ole hyötykäyttöä eikä loppusijoituspaikkaa.

## 2 INCINER8 JÄTTEENPOLTTOLAITOS

Inciner8 on Iso-Britannialainen yritys, joka valmistaa monen kokoisia pienpolttolaitoksia erilaisten jätteen polttamiseen (KUVA 1). Lisävarusteena on saatavana savukaasujen puhdistusyksiköitä, lämmönvaihtimia ja jätteen syöttöjärjestelmiä. Inciner8 -polttolaitokset ovat CE-merkittyjä.

Majasaaren hankitun polttolaitoksen polttoprosessi on automaattisesti ohjattua. Polttolaitoksessa on automaattinen ohjaus polttimille, puhaltimille ja savukaasujen puhdistusyksikön toimilaitteille, joilla säädetään prosessin toimintaa. Polttolaitoksen automaattisen säädön parametrejä voidaan muuttaa, jotta saavutetaan optimaalinen palaminen. Polttolaitoksen tilaa seurataan ja ohjataan lämpötilan mittauksilla. Polttolaitoksen toimintaa seurataan ja säädetään erillisestä ohjauspaneelistä. Prosessin arvoja voidaan seurata reaaliajassa ja ohjelman piirtämästä kuvaajasta.

Molemmissa polttokammioissa on lämpötila-anturi. Polttokammioiden lämpötilamittausten perustella ohjataan polttimia ja voidaan päätellä milloin jätteenpolttokammioon syötetty jäte on palanut. Koe-polttolaitoksessa ei ole jätteesyöttöjärjestelmää, vaan jätteen syöttö tapahtuu manuaalisesti. Savukaasukanavassa on lämpötila-anturi ennen keraamista suodatinta. Tämän lämpötilatiedon mukaan ohjataan lämmönvaihtimen jäähdytysilmapuhallinta. Suodattimen ja savukaasupuhaltimen jälkeen savukaasukanavassa on lämpötila-anturi mittaamassa savupiippuun menevän savukaasun lämpötilaa.



KUVA 1. Inciner8 -polttolaitos asennettuna Majasaaren jätekeskuksessa (Karjanmaa 2019-7-5.)

## 2.1 Polttokammiot

Inciner8 polttolaitoksessa on kaksi polttokammiota. Kammioiden ulkopinta on 4 mm paksua terästä. Kammioiden sisäpintana on 100 mm paksu tulenkestävä betoni. Polttolaitoksen tulenkestävä betoni kestää lämpöä 1600 °C asti. Kammioiden sisä- ja ulkopintojen välissä on 25 mm paksu eristekerros.

Jätteenpolttokammioon syötetään poltettava jäte (KUVA 2). Tämän kammion tilavuus on 2,4 m<sup>3</sup> ja sen teoreettinen polttokapasiteetti on 375 kg jätettä tunnissa. Jos polttimet ovat päällä kun jätteenpolttokammion kansi avataan, ne sammuvat. Jätteen syöttämisen ja kannen sulkemisen jälkeen polttimet syttyvät, jos kammion lämpötila on asetettua matalampi.

Jälkipolttokammio on valmistettu siten, että savukaasut viipyvät vaaditussa lämpötilassa 2 sekuntia. Jälkipolttokammiossa savukaasut kulkevat liekkiverhon läpi ja palavat tehokkaasti, jolloin dioksiinien ja furaanien syntyminen vähentyy.

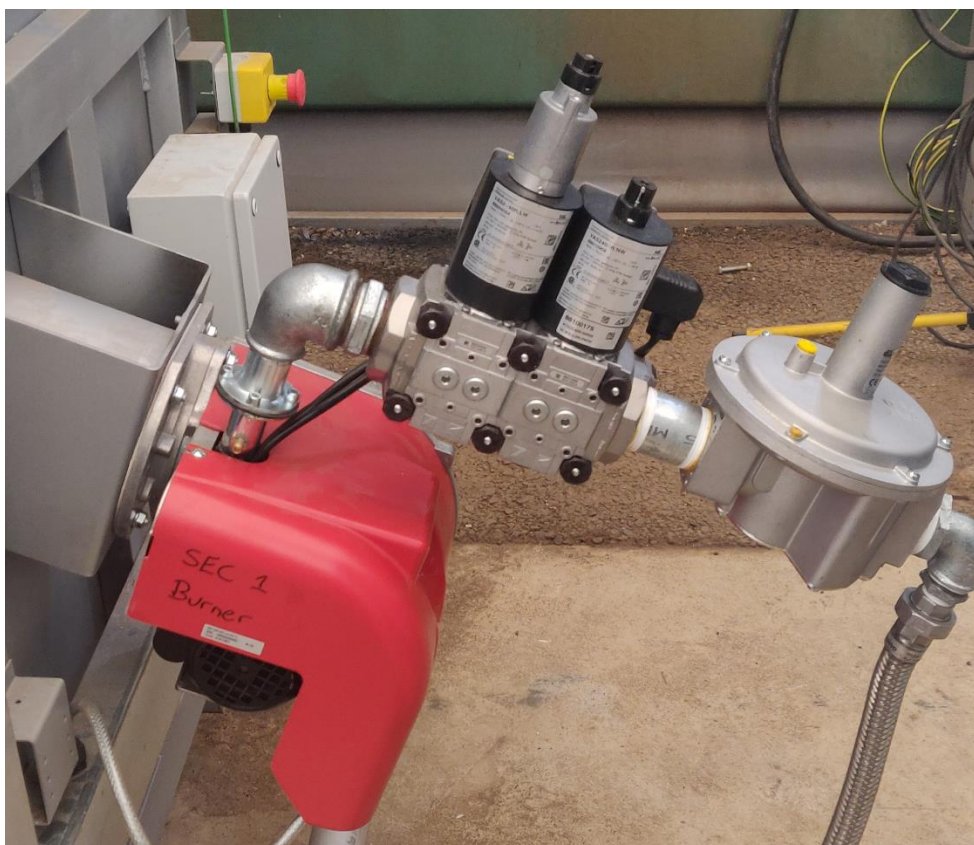


KUVA 2. Jätteenpolttokammio (Karjanmaa 2019-7-5.)

## 2.2 Kaasupolttimet

Polttolaitoksen toimitukseen kuului viisi Ecoflam:in valmistamaa kaasupoltinta. Jätteenpolttokammiossa on kolme ja jälkipolttokammiossa kaksi poltinta. Polttimilla esilämmitetään polttolaitos jätteen polttoa varten ja tarvittaessa niitä käytetään jätteen sytyttämiseen, mikäli jäte ei syty seinämiin va-  
rautuneesta lämmöstä.

Yksittäisen kaasupolttimen teho on 55 – 175 kW. Tehoon vaikuttaa käytetty kaasu ja polttimeen tehdyt säädöt. Polttimissa on paineenalentimet ja kaksoismagneettiventtiilit, joilla pystytään säätämään kaasun painetta ja virtausta (KUVA 3). Kyseisissä polttimissa ei ole automaattista tehon säätöä vaan niitä sytytetään ja sammutetaan tarpeen mukaan.



KUVA 3. Jälkipolttokammion ensimmäinen poltin (Karjanmaa 2019-7-5.)

### 2.3 Lämmönvaihdin

Polttolaitoksessa on polttokammioiden ja keraamisten suodattimien välissä savukaasu/ilma lämmönvaihdin. Lämmönvaihtimessa savukaasut kulkevat 100 mm halkaisijaltaan olevissa putkissa. Jäähdytysilmaa syötetään lämmönvaihtimen vaippaan pohjasta (KUVA 4). Lämmönvaihtimella savukaasut jäähdytetään noin 400-450 °C ennen savukaasujen puhdistusta. Savukaasuja ei jäähdytetä enempää ennen puhdistusta, jotta vältetään dioksiinien ja furaanien muodostumiselta. Lämmönvaihtimen savukaasuista keräämää lämpöenergiaa ei koepolttolaitoksessa hyödynnetä mitenkään, vaan se ohjataan ulkoilmaan.



KUVA 4. Lämmönvaihdin (Karjanmaa 2019-7-5.)

## 2.4 Savukaasujen puhdistusyksikkö

Inciner8 savukaasujen puhdistusyksikkö on suunniteltu vähentämään ilmaan joutuvia päästöjä Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin täyttämiseksi. Savukaasujen puhdistaminen tapahtuu sammutetulla kalkilla eli kalsiumhydroksidilla ja keraamisella suodattimella. Sammutettua kalkkia sumutetaan paineilmalla savukaasujen sekaan ennen keraamista suodatinta, jossa se reagoi savukaasujen kanssa. Reagoinut kalkki poistetaan savukaasuista keraamisessa suodattimessa. Keraaminen suodatin suodattaa myös hiukkasia ja raskasmetalleja. Kalkin syöttöjärjestelmässä on suppilo, johon mahtuu noin 65 kg sammutettua kalkkia. Kalkin syötön tukkeutumista ehkäistään suppilon pohjalla sijaitsevalla paakkuja rikkovalla roottorilla ennen säädettävää syöttöruuvia ja paineilmalla toimivalla tärisyttäjällä.

Keraamisen suodattimen läpi virtaavan savukaasun suurin tilavuusvirta on 6500 m<sup>3</sup>/h ja korkein sallittu lämpötila on 450 °C. Yksittäisiä suodattimia suodatinkammiossa on 320 kappaletta ja suodattimien kokonaispinta-ala on 61 m<sup>2</sup> (KUVA 5). Suodattimia puhdistetaan sykleittäin paineilmalla, jotta vältetään suodattimien tukkeutumiselta. Suodattimiin tarttunut kiintoaine putoaa suodatinkammion pohjalle, josta se voidaan poistaa, kun polttolaitos ei ole käytössä. Suodatinkammion pohjalta kerätty kalkki voidaan syöttää jätteenpolttokammioon jätteen mukana myöhemmällä polttokerralla.



KUVA 5. Savukaasujen puhdistusyksikkö (Karjanmaa 2019-7-5.)

### 2.4.1 Sammutettu kalkki

Sammutetun kalkin kemiallinen kaava on  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Sammutettu kalkki sitoo savukaasuista happamia aineita. Näitä aineita ovat suolahappo, fluorivety, rikkidioksidi ja rikkiatrioksidi. Sammutettua kalkkia eli kalsiumhydroksidia valmistetaan poltetusta kalkista eli kalsiumoksidista sekoittamalla siihen vettä. Poltetun kalkin kemiallinen kaava on  $\text{CaO}$ . Kalkin sammutuksen reaktiossa syntyy sammutetun kalkin lisäksi lämpöä. Sammutetun kalkin valmistuksen reaktioyhtälö on:



Kalkin sammutuksen reaktiossa syntyy sammutetun kalkin lisäksi lämpöä. (KUNELIUS 2018, 18)

### 3 POLTTOAINEET / JÄTTEET

Jätteellä tarkoitetaan "ainetta tai esinettä, jonka sen haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä". (Jätelaki 2011/646, § 5)

Valtioneuvoston asetuksen jätteistä 19.4.2012/179 jäteluettelossa jätteet luokitellaan kaksi- ja nelinumeroisiin nimikeryhmiin. Yksittäisellä jätenimikkeellä on kuusinumeroinen tunnus. Sen 4 ensimmäistä numeroa tulevat nimikeryhmästä ja kaksi viimeistä numeroa yksilöi tietyn jätenimikkeen. Vaarallisten jätteiden nimikkeiden perään lisätään (\*). Jäteluettelossa vaarallisten jätteiden merkillä viitataan jätteiden sisältämiin vaarallisiin aineisiin. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, Liite 4)

#### 3.1 Vaaralliset jätteet

Vaarallisella jätteellä tarkoitetaan jätettä, joka on palo- tai räjähdysvaarallinen, tartuntavaarallinen, muu terveydelle vaarallinen, ympäristölle vaarallinen tai sillä on jokin muu vaaraominaisuus. (Jätelaki 2011/646, § 6)

Vaaralliset jätteet on pakattava asianmukaisesti pakkauksiin ja merkittävä vaarallisten ominaisuuksien mukaan. Vaarallisen jätteen siirtoja ja ominaisuuksia tulee voida seurata sen synty paikalta hyödyntämiseen tai loppukäsittelyyn. Vaarallisia jätteitä ei saa laimentaa eikä sekoittaa laadultaan erilaiseen aineeseen. Sekoittaminen voidaan sallia vain, mikäli jätteen käsittely sitä vaatii. Tällaiselle toiminnalle on oltava ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupa. (Jätelaki 2011/646, § 16, § 17)

##### 3.1.1 Erityisrakennuspurkujätteet

Rakennuspurkamisesta syntyvät etukäteen tutkitut jätteet. 17 02 04\* - Lasi, muovi ja puu, jotka sisältävät vaarallisia aineita tai ovat niiden saastuttamia. (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, Liite 4)

### 3.1.2 Terveydenhuollon erityisjätteet

Terveyden hoidosta syntyvät jätteet. Alkuperäisestä koetoimintasuunnitelmasta poiketen jätenimike "18 01 08\* - sytotoksiset lääkkeet ja sytostaatit" jätettiin pois koetoiminnasta työturvallisuussyistä. Koetoiminnassa käytetyt terveydenhuollon erityisjätteet ovat (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, Liite 4):

- 18 01 01 - Viiltävät ja pistävät jätteet (lukuunottamatta nimikettä 18 01 03)
- 18 01 02 - Ruumiinosat ja elimet, verivalmisteet mukaan luettuna (lukuunottamatta nimikettä 18 01 03\*)
- 18 01 03\* - Jätteet, joiden keräykselle ja käsittelylle asetetaan erityisiä vaatimuksia tartuntavaaraan tai henkilötietosuojan vuoksi
- 18 01 06\* - Kemikaalit, jotka koostuvat vaarallisista aineista tai sisältävät niitä
- 18 01 09\* - muut kuin nimikkeessä 18 01 08 mainitut lääkkeet

### 3.1.3 Romun murskauksessa syntyvä alite

Kajaanin Romun murskaus prosessissa syntyy alitetta, jolla ei ole hyötykäyttöä eikä loppusijoituspaikkaa. Alite koostuu seuraavista jätenimikkeistä (Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012, Liite 4):

- 19 10 03\* - Metallinöyhtä (fluff) - kevytjäte ja pöly, jotka sisältävät vaarallisia aineita
- 19 10 04 - Muu kuin nimikkeessä 19 10 03 mainittu metallinöyhtä (fluff) - kevytjäte ja pöly
- 19 12 11\* - Muut jätteiden mekaanisessa käsittelyssä syntyvät jätteet (eri materiaalien seokset mukaan luettuina), jotka sisältävät vaarallisia aineita
- 19 12 12 - Muut kuin nimikkeessä 19 12 11 mainitut, jätteiden mekaanisessa käsittelyssä syntyvät jätteet (eri materiaalien seokset mukaan luettuina)

## 3.2 Sekajäte energiaksi

Ekokymppin sekajäte sisältää kierrätyskelvottomia loppujätteitä. Sekajätteestä on syntypaikkalajiteltu pois kierrätyskelpoiset sekä vaaralliset jätteet. Sekajätteen seasta kuitenkin löytyy usein siihen kuulumattomia jätteitä. Myös sekajätteen polttamista on tarkoitus kokeilla polttolaitoksessa.

### 3.3 Kaatopaikkakaasu

Kaatopaikkakaasu eli biokaasu on kaatopaikasta syntyvä kaasu, joka sisältää tyypillisesti 40-60 % metaania, 30-50 % hiilidioksidia ja loput happea sekä muita yhdisteitä. Kaatopaikkakaasun keskimääräinen lämpöarvo on 4-6 kWh/m<sup>3</sup>. Metaani on voimakas kasvihuonekaasu. Metaanin ilmastoälämmitävä vaikutus on 21-kertainen hiilidioksidiin verrattuna. Metaania syntyy orgaanisen aineen hajotessa hapettomassa tilassa. (Illikainen 2011, 6)

Polttolaitoksen tukipolttoaineena toimii Majasaaren jätekeskuksen puhdistamaton kaatopaikkakaasu. Majasaaren jätekeskuksessa syntyvän kaatopaikkakaasun metaanin pitoisuus on normaalitoiminnassa noin 50 %. Kaatopaikkakaasua kerätään hyötykäyttöön Majasaaren kiinteistöjen lämmittämiseen. Kaasun tuotanto vaihtelee kaatopaikkaan sijoitetun jätteen laadun ja iän sekä ympäristöolosuhteiden mukaan. Silloin kun kaasun tuotanto on kulutusta suurempaa, poltetaan ylimääräinen kaasu soihdussa. Metaanin palamisessa syntyy hiilidioksidia ja vettä. Soihdussa polttamisella vähennetään kaatopaikan kasvihuonekaasupäästöjä.

#### 3.3.1 Kaasupumppaamo

Kaatopaikkakaasua kerätään talteen pumppaamalla sitä jätepenkasta pystykeräyskaivojen, vaakakeräyslinjojen ja imuputkien avulla. Kaasupumppaamolle tulee 16 kaasun keräysputkea, jotka yhdistyvät pumppaamossa yhteen linjaan (KUVA 6). Kaasun pumppaamista yksittäisistä putkista voidaan säätää keräysputkien käsiventtiileillä. Jokaisessa putkessa on mittausyhteet kaasun pitoisuuksien analysointia varten. Lisäksi linjassa, jossa keräysputket yhdistyvät on 2 mittausyhdettä. Kaasun pitoisuuksia analysoidaan Geotech GA5000- kaasuanalysointilaitteilla.



KUVA 6. Kaasun keräysputket kaasupumppaamossa (Karjanmaa 2019-9-5.)

## 4 JÄTTEEN POLTTO

Jätteen polttamisessa on noudatettava ympäristönsuojelulakia, jätelakia, valtioneuvoston asetusta jätteen polttamisesta ja toiminnalle myönnetyn ympäristöluvan määräyksiä. (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013, § 4)

Jätteitä poltettaessa on polttokammioiden lämpötilan oltava vähintään 850 °C ja 1100 °C poltettaessa vaarallista jätettä, joka sisältää halogenoituneita orgaanisia aineita enemmän kuin yhden prosentin kloorina ilmaistuna. Savukaasun viipymä jälkipolttokammiossa on oltava vähintään 2 sekuntia vaaditussa lämpötilassa. (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013, § 9)

### 4.1 Ympäristövaikutukset

Jätteen polttamisesta aiheutuu ympäristövaikutuksia savukaasujen mukana ilmaan joutuvina päästöinä ja poltosta syntyvänä tuhkana. Jätteen polttamisesta syntyvistä ympäristövaikutuksista on tehtävä luotettavat analyysit. Ympäristövaikutusten määrittämisestä ja niiden raportoinnista on määrätty polttolaitoksen koetoimintailmoituksessa. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2017, Päätös 121/2017/1)

Jätteen polttamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia tulee ehkäistä käyttäen BAT-tekniikkaa. BAT-tekniikalla tarkoitetaan parasta käyttökelpoista tekniikkaa. Paras käyttökelpoinen tekniikka käsittää yleisesti saatavilla olevaa sekä teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoista. (Ympäristöministeriö 2015, 3)

#### 4.1.1 Ilmaan joutuvat päästöt

Jätteen poltolle on asetettu ilmaan joutuville päästöille raja-arvot Valtioneuvoston asetuksen jätteen polttamisesta liitteessä 2. Päästöjen raja-arvot ilmoitetaan kuivissa savukaasuissa 273,15 K lämpötilassa 101,3 kPa paineessa ja 11 % happipitoisuudessa (Taulukko 1). (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013, Liite 2)

Majasaaren koepolttolaitoksen koetoimintaluvassa vaaditaan jatkuvatoimiset päästömittaukset tyypin oksideista (NO<sub>x</sub>), hiilimonoksidista (CO), hiukkasten kokonaismäärästä, orgaanisen hiilen kokonaismäärästä (TOC), suolahaposta (HCl), fluorivedystä (HF) ja rikkidioksidista (SO<sub>2</sub>) koepolton normaali-toiminnan aikana. Lisäksi jokaisen jätejakeen polttokokeen aikana on mitattava dioksiini- ja furaanipäästöt sekä raskasmetallit vähintään kerran. (Pohjois-Suomen aluehallintovirasto 2017, Päätös 121/2017/1)

Dioksiini- ja furaanipäästöjen keskiarvot määritetään 6-8 tunnin pituisen näytteenottojakson ajalta. Raskasmetallipäästöjen keskiarvot määritetään vähintään 30 minuutin ja enintään kahdeksan tunnin näytteenottojakson ajalta. (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013, Liite 2)

Koepolttolaitoksen testauksen ja käytön aikaisia päästöjä seurataan Testo 350 savukaasuanalyysatorilla. Analyysatorilla voidaan mitata savukaasuista typenoksidien (NO<sub>x</sub>), hiilimonoksidin (CO) ja rikkidioksidin (SO<sub>2</sub>) pitoisuuksia sekä orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC). Lisäksi analyysattori mittaa savukaasujen happipitoisuuden, lämpötilan ja virtauksen. Testo 350 savukaasuanalyysatorilla ei voida mitata suolahappoa (HCl), fluorivetyä (HF) tai hiukkasten kokonaismäärää.

Varsinaisissa koepoltoissa käytetään akkreditoitua toimijaa, joka tekee viralliset analyysit savukaasuista. Näiden analyysien tuloksia tarvitaan myöhemmin hakieissa ympäristölupaa vastaavalle toiminnalle.

TAULUKKO 1. Jätteenpolton ilmaan joutuvien päästöjen rajat vuorokausikeskiarvona ilmaistuna

<b>Epäpuhtaus</b>	<b>Päästöraja (mg/m<sup>3</sup>(n))</b>
<b>Hiukkasten kokonaismäärä</b>	10
<b>Orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC)</b>	10
<b>Suolahappo (HCl)</b>	10
<b>Fluorivety (HF)</b>	1
<b>Rikkidioksidi (SO<sub>2</sub>)</b>	50
<b>Typenoksidit (NO<sub>x</sub>)</b>	200
<b>Hiilimonoksidi (CO)</b>	50
<b>Elohopea (Hg)</b>	0,5
<b>Kadmium ja tallium (Cd+Tl)</b>	0,05 (Max. 8 h keskiarvo)
<b>Muut raskasmetallit yhteensä (Sb+As+Pb+Cr+Co+Mn+Ni+V)</b>	0,5 (Max. 8 h keskiarvo)
<b>Dioksiinit ja furaanit (PCDD/F)</b>	0,1 (yksittäismittaukset)

#### 4.1.2 Tuhka

Jätteen palamisessa syntyvässä tuhkassa ja kuonassa saa olla enintään 3 % orgaanista hiiltä. Tuhkasta on selvitettävä sen fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet sekä haitallisuus ympäristölle. Tuhka on varastoitava ja kuljetettava niin että sitä ei päädy ympäristöön. (Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013, § 9)

Jätteen polttamisessa syntyvä tuhka voidaan sijoittaa tavanomaisen jätteen kaatopaikan jätetäyttöön tai rakenteeseen, ”jos sen liuenneen orgaanisen hiilen pitoisuus on alle 800 milligrammaa kilogrammassa määritettynä nesteen ja kiinteän aineen suhteessa 10 litraa kilogrammaa kuiva-ainetta kohden joko jätteen omassa pH:ssa tai pH:ssa 7,5-8” (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013, § 28).

## 5 POLTTOLAITOKSEN KÄYTTÖNOTTO

Polttolaitoksen polttimien asentaminen ja polttolaitoksen eri laitteiden testaukset suoritettiin yhteistyössä polttolaitoksen toimittajan asentajan kanssa. Asentajan oli tarkoitus olla mukana myös polttolaitoksen kammioiden kovettamisessa. Kaatopaikkakaasun riittävydessä ja laadussa olevien ongelmien takia tätä ei ehditty tehdä asentajan Suomessa viettämän ajan aikana. Asentaja antoi opastuksen kovettamisprosessista ja yleisistä toimintaohjeista polttolaitoksen käytön aikaisissa erilaisissa tilanteissa toimimisesta.

### 5.1 Polttimien asennus ja säätö

Polttimet asennettiin ja säädettiin metaanin polttamiseen soveltuviksi. Polttimet voidaan tarvittaessa muuttaa propaanin polttamiseen soveltuvaksi. Majasaaren koepolttolaitoksen polttimien testauksessa yksittäiset polttimet kuluttivat kaatopaikkakaasua noin 20 m<sup>3</sup>/h. Jos kaikkia viittä poltinta käytettäisiin samaan aikaan, olisi kulutus noin 100 m<sup>3</sup>/h. Polttimia ei kuitenkaan polteta jatkuvasti ja todellinen polttoprosessin aikainen kaasun kulutus on pienempi. Esilämmityksen jälkeen polttimien käytön määrään vaikuttavat jätteenpolttokammioon syötettävän kiinteän aineen ominaisuudet.

### 5.2 Polttokammioiden seinämien kovettaminen

Ennen normaalikäyttöä on polttokammioiden seinämien betoni kovetettava. Polttokammioita lämmitetään kaasupolttimilla 850 °C asteeseen pitkällä aikavälillä. Lämpötilaa nostetaan 50 °C kerrallaan tunnin välein, kunnes saavutetaan tavoitelämpötila, jossa lämpötila pidetään tunnin ajan. Tämän jälkeen lämpötilaa ruvetaan pudottamaan 50 °C kerrallaan tunnin välein. Koko kovetusprosessin kesto on yhteensä 34 tuntia.

Polttolaitoksen polttokammioiden seinämien kovettaminen ei onnistunut ensimmäisellä kerralla kaatopaikkakaasun laadun takia. Polttokammioiden kovettamista yritettiin kahdella polttimella. Kaasupumppaamo sammui, kun kolmea poltinta yritettiin käyttää samaan aikaan.

Kaasupumppaamon hälytyslokista selvisi, että useimmiten syy sammumiselle oli happi tai metaanipitoisuus. Kaasupolttimet eivät myöskään syttyneet kunnolla ja sammuivat satunnaisesti metaanipitoisuuden alhaisuuden ja suuren happipitoisuuden takia.

Kaasun pitoisuudet mitattiin 9.5.2019 alhaisen metaanipitoisuuden ja korkean happipitoisuuden takia (Liite1). Metaani- ja happipitoisuudet olivat normaalilla tasolla yksittäisissä kaasunkeräysputkissa, joissa kaasun virtausta ei oltu rajoitettu sulkuventtiilillä. Linjassa johon keräysputket yhdistyvät, pitoisuudet olivat huomattavasti huonommat. Vika paikantui alipaineiseen vedenpoistoputkeen, joka oli revennyt todennäköisesti jäätyksen seurauksena. Halkeamasta pääsi kaasun sekaan ilmaa ympäristöstä, mikä pienensi metaanipitoisuutta, nosti happipitoisuutta sekä vähensi pumpun luomaa alipainetta keräyslinjoihin. Haljenneen putken uusimisen jälkeen kaasun pitoisuudet palasivat normaalille tasolle.

Toisella kovettamiskerralla polttimien määrää ei voitu nostaa kahdesta, vaikka kaasun pitoisuudet olivatkin polttoon soveltuvat. Kaasupumppu ei riittänyt ylläpitämään polttimien paineensäätimien vaatimaa 200 mbar painetta kaasuputkessa, kun käytettiin useampaa kuin kahta poltinta. Kahdella polttimella lämpötilan nostaminen kammioissa oli hidasta, mutta kovettaminen onnistui.

## 6 KEHITTÄMISEN KOHTEITA

Ennen koetoiminnan aloittamista polttolaitoksen toiminta tulee saattaa sellaiseen tilaan, että sillä voidaan polttaa vaarallisia jätteitä keskeytyksettä pisimmän päästömittauksen näytteenottojakson ajan. Tämän työn aikana polttolaitoksen suuria ongelmakohtia on tunnistettu ja niihin voidaan reagoida.

### 6.1 Polttimien toiminta

Polttolaitoksen polttimien ohjaukset kytkeytyvät päälle, kun lämpötila putoaa 50 °C alle asetetun lämpötilan. Polttimien ohjauksen kytkeytymisestä polttimen syttymiseen kestää vielä useita kymmeniä sekunteja. Tässä ajassa lämpötila kammiossa voi pudota jopa yli 100 °C alle asetetun lämpötilan. Pitkään jatkuneen polton aikana lämpötilan putoaminen ei ole yhtä suurta, kun polttolaitoksen rakenteet ovat varanneet enemmän lämpöä. Jätteiden poltossa tulee pystyä epäedullisimmassakin tilanteessa pitämään vähintään 850 °C lämpötila jatkuvasti.

Polttimien automaattisiin ohjauksiin muutosten tekeminen ei polttolaitoksen käyttäjällä ole itsenäisesti mahdollista. Asiaa voidaan selvittää polttolaitoksen toimittajan kanssa ja mahdollisesti muuttaa polttimien ohjauksia. Toisena vaihtoehtona voidaan pitää polttolaitoksen polttolämpötilaa korkeampana, jolla varmistetaan, että polttimet syttyvät ennen kuin lämpötila tippuu alle 850 °C.

### 6.2 Kaatopaikkakaasun riittävyys

Useamman kuin kahden polttimen jatkuva käyttö ei työn aikana onnistunut. Tähän ongelmaan on useita tekijöitä ja niitä on tunnistettu. Polttolaitos sijaitsee noin 100 metrin päässä kaasupumppaamosta. Pumppaamo ei tämän hetkisillä säädöillä pysty ylläpitämään polttolaitoksen normaalitoiminnan vaatimaa 200 mbar painetta, kun useita polttimia yritetään käyttää samaan aikaan. Polttolaitokselle tulevan kaasulinjan halkaisija kaventuu 110 mm halkaisijasta 70 mm halkaisijaan noin 6 metriä ennen polttolaitosta. Putken kaventuessa kaasun virtausnopeus kasvaa ja paine laskee. Linjassa on lisäksi useita 90° mutkia, jotka myös aiheuttavat painehäviötä. (Kurkinen 2017, 3)

Kaasupumpun pyörimisnopeutta voidaan nostaa, mutta samalla nousee keräysputkiin kohdistuva alipaine. Keräysputkiin kohdistuvalle alipaineelle on asetettu varoitus- ja hälytysrajat, joista jälkimmäinen sammuttaa pumppaamon. Tämän alipainerajan tarkoituksen selvittämisellä ja mahdollisella muuttamisella voitaisiin lisätä kaatopaikkakaasun määrää polttolaitoksella. Mikäli kaasupumppaamon kapasiteetti ei riitä pumppaamaan tarvittavaa määrää kaasua polttolaitoksen käyttöön, kaasulle olisi mahdollista tehdä puskurivarasto. Puskurivarastolla tarkoitetaan varastoa, jolla tuotetta tai raaka-ainetta varastoidaan saantiongelmien varalle. Puskurivarasto täytyisi silloin kun polttolaitoksen polttimet eivät ole päällä. Puskurivarasto tulisi mitoittaa ja toteuttaa niin, että polttolaitoksen polttimien käyttö yhtäaikaaisesti olisi mahdollista ja kaasu riittäisi vähintään yhteen polttokertaan.

## 7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli valmistella polttolaitos koepolttoja varten ja suorittaa koepolttoja. Polttolaitoksen ominaisuuksien, aikataulullisten ongelmien ja tukipolttoaineen syötön ongelmien vuoksi polttolaitosta ei ehditty käyttämään jätteen polttamiseen. Työn aikana saatiin selvitettyä tekijöitä, joiden takia polttolaitoksen käyttö jätteenpoltoon ei ole ollut mahdollista.

Polttolaitoksen polttimet eivät toimi sellaisella tavalla, kuin jätteenpoltto edellyttää. Vaihtoehtoina polttimien toiminnan muuttamiseen on polttolämpötilan nostaminen tai polttimien ohjelman muuttaminen. Tukipolttoaineen saatavuuteen polttolaitokselle on monia tekijöitä. Tämän työn aikana selvitettyjen ongelmakohtien osalta toimenpiteitä on jo aloitettu suunnittelemaan. Näiden ongelmakohtien korjaamisen aikana ja jälkeen voidaan havaita muita mahdollisia tekijöitä, jotka vaikuttavat tukipolttoaineen saatavuuteen. Polttolaitoksen käyttöön vaikuttavien tekijöiden ongelmien havaitsemista ja ratkaisemista jatketaan tämän työn jälkeen, jotta koepoltot pystytään toteuttamaan.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

ILLIKAINEN, Markku. 2011. Ruskon kaatopaikkakaasun hyödyntäminen. [Viitattu 26.4.2019] Saatavissa: <http://www.oamk.fi/toolbox/fileuploads/ygoforum8102010lopullinen1markku.pdf>

Jätelaki 2011/646. Annettu Helsingissä 17.6.2011. [Viitattu 25.4.2019] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151>

KUNELIUS, Tiia. 2018. Kalkin annostelun optimointimahdollisuuden selvittäminen jätevoimalaitoksella. [Viitattu 29.4.2019] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142148/Kunelius\\_Tiia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/142148/Kunelius_Tiia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

KURKINEN, Marjo. 2017. Virtausmittaukset. [Viitattu 15.5.2019] Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126787/Kurkinen\\_Marjo.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126787/Kurkinen_Marjo.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Pohjois-Suomen aluehallintovirasto. 2017. Päätös 121/2017/1. [Viitattu 29.4.2019] Saatavissa: [https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia\\_ID=1413400](https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=1413400)

Valtioneuvoston asetus jätteen polttamisesta 151/2013. Annettu Helsingissä 14.2.2013. [Viitattu 25.4.2019] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130151#Pidp445997904>

Valtioneuvoston asetus jätteistä 179/2012. [Viitattu 25.4.2019] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646#Lidp446137520>

Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 331/2013. Annettu Helsingissä 2.5.2013. [Viitattu 13.5.2019] Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>

Ympäristöministeriö. 2015. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) ympäristöluvituksessa. [Viitattu 15.5.2019] Saatavissa: [file:///C:/Users/Roope/Downloads/Paras%20k%C3%A4ytt%C3%B6kelpoisen%20tekniikka%20\(BAT\)%20ja%20ymp%C3%A4rist%C3%B6luvut.pdf](file:///C:/Users/Roope/Downloads/Paras%20k%C3%A4ytt%C3%B6kelpoisen%20tekniikka%20(BAT)%20ja%20ymp%C3%A4rist%C3%B6luvut.pdf)

## LIITE 1: MAJASAAREN JÄTEKESKUKSEN KAATOPAIKKAKAASUN ANALYYSI 9.5.2019

TAULUKKO. Majasaaren kaatopaikkakaasun ominaisuuksia keräysputkissaputkissa ja kaasulinjassa

Mittausyhde	Metaani- til%	Hiilidioksidi- til%	Happi- til%	Lämpötila C	Virtaus m/s
<b>KP1</b>	47,6	36,0	0,5	16,2	0,73
<b>KP2</b>	50,2	37,4	0,3	16,7	0,71
<b>KP3</b>	45,8	37,1	0,3	16,5	0,83
<b>KP4</b>	45,6	37,6	0,2	15,7	0,88
<b>KP5</b>	44,1	36,7	0,7	10,2	5,20 – 6,40
<b>KP6</b>	15,8	10,7	12,1	15,1	0,06
<b>GW01</b>	59,7	31,8	0,1	13,6	1,80 – 2,20
<b>GW02</b>	61,7	24,5	0,2	9,6	2,70
<b>GW03</b>	47,5	29,4	0,1	13,7	3,90 - 6,00
<b>GW04</b>	37,7	20,7	0,1	11,8	8,40 – 11,50
<b>GW05</b>	59,7	30,2	0,1	12,8	8,00 – 9,50
<b>GW06</b>	15,6	12,2	0,1	16,0	0,06
<b>GW07</b>	47,2	28,2	0,1	12,4	6,10 – 9,40
<b>GW08</b>	46,3	35,5	0,1	14,3	0,95
<b>GW09</b>	24,5	16,0	0,1	15,5	1,58
<b>GW10</b>	46,2	36,5	0,2	15,8	1,40
<b>ALIP 1</b>	42,8	29,5	1,9	19,0	0,83
<b>ALIP 2</b>	39,3	26,8	3,2	19,9	0,77