

RAPORTTI

10903099

**NAPAPIIRIN KIERTOTALOUSPUISTOHANKE / SELVITYS JÄTTEIDEN KÄSITTELYSTÄ
ROVANIEMELLÄ**



2020-12-09 REV 1

Tiivistelmä

Tässä selvityksessä tarkastellaan, onko jätteen energiahyödyntäminen tarpeellinen osa kiertotalouspuiston toimintaa. Tarpeellisuutta arvioitiin jätteiden määrän ja laadun, investoinnin kannattavuuden ja toimintaympäristön näkökulmista.

Selvityksessä keskeisessä roolissa olivat kunnalliset sekajätteet noin 50 000 t/a. Jättekyselyyn vastanneilla tahoilla oli lisäksi noin 42 000 tonnia jätettä vuodessa. Nämä jätteet koostuivat yhdyskuntajätteestä, kaupan jätevirroista, muovijätteestä, SLF:stä, kuitu- sekä rakennus- ja purkujätteestä.

Jätteen energiahyödyntämisen konseptivaihtoehtoista tarkasteluun valittiin kolme vaihtoehtoa. Kaksi kaukolämmöntuotanto vaihtoehtoa (HOB) ja yksi yhdistetty sähkön ja lämmöntuotantolaitos (CHP). Kaikissa vaihtoehtoissa kaikki tuotettu energia pystyttiin hyödyntämään.

Vaihtoehdot: HOB 50 000 t/a, HOB 60 000 t/a ja CHP 60 000 t/a

Taulukko 7. (s.22) Kassavirtalaskelman keskeiset tulokset ja oletukset

VAIHTOEHTO		CHP	HOB	HOB
Jättemäärä	t/a	60 000	60 000	50 000
Polttoaineteho	MW	21	21	14
<i>Keskeisiä lähtötietoja</i>				
Porttimaksu	EUR/t	80	80	80
Kaukolämpö	EUR/MWh	30	30	30
Investointiarvio	MEUR	62,0	48,0	39,1
Pääoman kustannus (WACC)	%	8 %	8 %	8 %
Laskenta-aika	a	25	25	25
Nettonykyarvo	NPV	-3,6	6,6	0,8
Sisäinen korkokanta	IRR	7,3 %	9,7 %	8,3 %
<i>Kannattavuusrajahinnat</i>				
Porttimaksu	EUR/t	86,9	68,2	78,2
Kaukolämpö	EUR/MWh	33,3	25,6	29,2
Investointi	MEUR	58,9	53,7	39,8

Alustavassa kyselyssä alueelliset toimijat ovat osoittaneet olevansa kiinnostuneita jätteen energiahyödyntämisestä ja siihen liittyvistä mahdollisuuksista, kuten jätteiden toimittamisesta laitokselle ja tuhkien käsittelystä.

Alustavan tarkastelun perusteella jätteen energiahyödyntämisen laitokselle on mahdollista luoda kannattava konsepti alueellisiin jätevirtoihin ja niiden tulevaisuuden näkyymiin pohjaten. Onnistunut laitosinvestointi edellyttää tarkempaa tietoa laitokseen toimitettavien jättejakeiden ominaisuuksista sekä varmuutta niiden määristä.

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Jätevirtaselvitys	1
2.1	Jätteiden määrä ja laatu	1
2.2	Jätteiden sijainti ja logistiikka	4
2.3	Muu alueella syntyvä polttokelpoinen jäte	5
3	Toimintaympäristö	6
3.1	Toimijoiden halukkuus tehdä yhteistyötä	7
3.2	Toimijoiden näkemyksiä jätteen energiahyödyntämisen tulevaisuudesta	7
4	Jätteen energiahyödyntämisen konseptivaihtoehdot	9
4.1	Kaukolämmön tarve	9
4.2	Arinakattila	10
4.3	Savukaasun puhdistus	12
5	Lainsäädännön uudistuksen vaikutus	13
5.1	Jätesäädöspaketti ja sen keskeinen sisältö	13
5.2	Tulossa olevia keskeisiä muutoksia jätelainsäädännön alalle	14
5.3	Jätesäädöspaketin implementoinnin aikataulu	15
5.4	Implementoinnin vaikutustarkastelu	16
6	Kannattavuus tarkastelu	19
6.1	Massa- ja energiataseet	19
6.2	Kustannukset	20
6.3	Kassavirtalaskelmat	22
6.4	Herkkyystarkastelut	24
7	Päätelmät	27

Lyhenteet

BFB	Leijupeti (Bubbling Fluidized Bed)
CFB	Kiertoleijupeti (Circulating Fluidized Bed)
IRR	Sisäinen korkokanta (Internal Rate on Return)
NPV	Nettonykyarvo (Net Present Value)
MSW	Erilliskerätty sekajäte (Municipal Solid Waste)
SLF	Jätteen mekaanisessa käsittelyssä syntyvä sivujae (Shredded Light Fraction)
YVA	Ympäristövaikutusten arviointimenettely

1 Johdanto

Napapiirin kiertotalouspuisto hankkeen tarkoituksena on perustaa arktinen kiertotalouspuisto ja luoda kasvualusta kiertotalouden innovaatioille pohjoisen olosuhteisiin.

Tämän työ tavoitteena on selvittää, onko jätteen energiahyödyntäminen tarpeellinen osa kiertotalouspuiston toimintaa. Tarpeellisuutta arvioitiin jätteiden määrän ja laadun, investoinnin kannattavuuden ja toimintaympäristön näkökulmista. Tässä raportissa on esitetty selvityksen tulokset.

Jätteiden määrää ja laatua on tarkasteltu jätevirtaselvityksessä luvussa 2 sekä lainsäädännön uudistusta käsittelevässä luvussa 5.4 Implementoinnin vaikutukset. Investoinnin kannattavuutta on tarkasteltu teknistaloudellisella selvityksellä, jonka tulokset on esitetty luvussa 4 Jätteen energiahyödyntämisen konseptivaihtoehdot ja luvussa 6 Kannattavuustarkastelu. Toimintaympäristöä on käsitelty jätekyselyn tulosten näkökulmasta luvussa 3 Toimintaympäristö ja lainsäädännön uudistuksen näkökulmasta luvussa 5 Lainsäädännön uudistuksen vaikutus.

Selvityksen keskeiset tulokset on koottu yhteen luvussa 7 Päätelmät. Tulosten analysoinnin lisäksi luvussa on esitetty mahdollisia seuraavia askeleita.

2 Jätevirtaselvitys

Jäteselvityksen lähtötietona on käytetty aikaisempia selvityksiä sekä hankkeen aikana kertynyttä tietovarantoa. Hankkeen aikana on kontaktoitu eri toimijoita puhelimitse ja sähköpostitse sekä tehty kysely Lapin alueen jätealan toimijoille. Tarkastelussa keskityttiin mahdollisen uuden jätteen energiahyödyntämisen laitoksen jätemäärien selvittämiseen. Erityisesti tarkasteltiin yhdyskunta-, kaupan-, muovi- ja kuitujätettä.

2.1 Jätteiden määrä ja laatu

Napapiirin Residuumin, Lapecon ja Perämeren Jätehuollon jätemäärät on esitetty seuraavassa taulukossa. Taulukon tiedot ovat LCA Consultin Yhdyskuntajätteen keräyksen ja käsittelyn elinkaariarviointi Pohjois-Suomen alueella (7.11.2017).

Taulukko 1. Jättemäärät (t/a)

	Jätehuoltoyhtiön vastaanottama	Sekajätteessä	Ringin ekopisteiltä	Yhteensä
Napapiirin Residuum				
Sekajäte	17 532	-	-	17 532
Kuitu	424	1 578	132	2 134
Muovi	32	3 682	85	3 799
Lapeco				
Sekajäte	14 323			14 323
Kuitu	ei tietoa	1 289	142	1 431
Muovi	ei tietoa	3 008	27	3 035
Perämeren Jätehuolto				
Sekajäte	12 078	-	-	12 078
Kuitu	263	1 087	220	1 570
Muovi	37	2 536	62	2 635
Yhteensä				
Sekajäte	43 933			43 933
Kuitu	687	3 954	494	5 135
Muovi	69	9 226	174	9 469
Yhteensä				58 537

Sekajätteen koostumusta on selvitetty sekä koneellisen lajittelun, että käsinlajittelukokeen keinoin. Koneellisen lajittelun tuloksen on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 2. Jätteen koostumus koneellisella lajittelulla

Jätelaji	Vastaanotettu	Koostumus		Kokonais-potentiaali
	(t)	(%)	(t)	(t)
Polttokelpoinen jäte	26 363		10 413	10 413
Biojäte	2 065	26,0	6 854	8 919
Pienmetalli	177	2,5	659	836
Pakkauslasi	227	2,0	527	754
Kuitu*	4 641	9,0	2 373	7 014
Muovi	158	21,0	5 536	5 694
Yhteensä	3 361		26 363	33 631

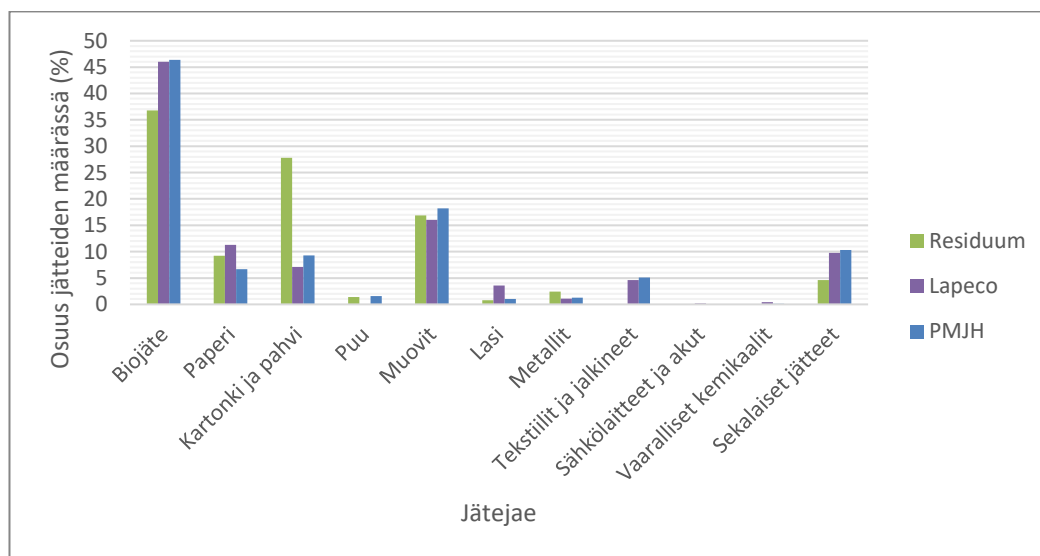
*paperi, pahvi ja kartonki

Käsinlajittelukokeen tulokset on esitetty taulukossa 3. Taulukossa on esitetty Napapiirin Residuumin sekajätteen koostumuksen lisäksi myös Lapecon ja Perämeren Jätehuollon

jätteiden laatu. Taulukon tiedot ovat Polttokelpoisen jätteen lajittelututkimuksesta (2019). Taulukossa on esitetty vuosien 2017 ja 2019 suhteelliset osuudet eri jätelajien 1. tason lajitteluluokkien mukaan. jaoteltuna. Vuoden 2019 koostumukset on havainnollistettu kuvassa 1.

Taulukko 3. Polttokelpoisen jätteen koostumus

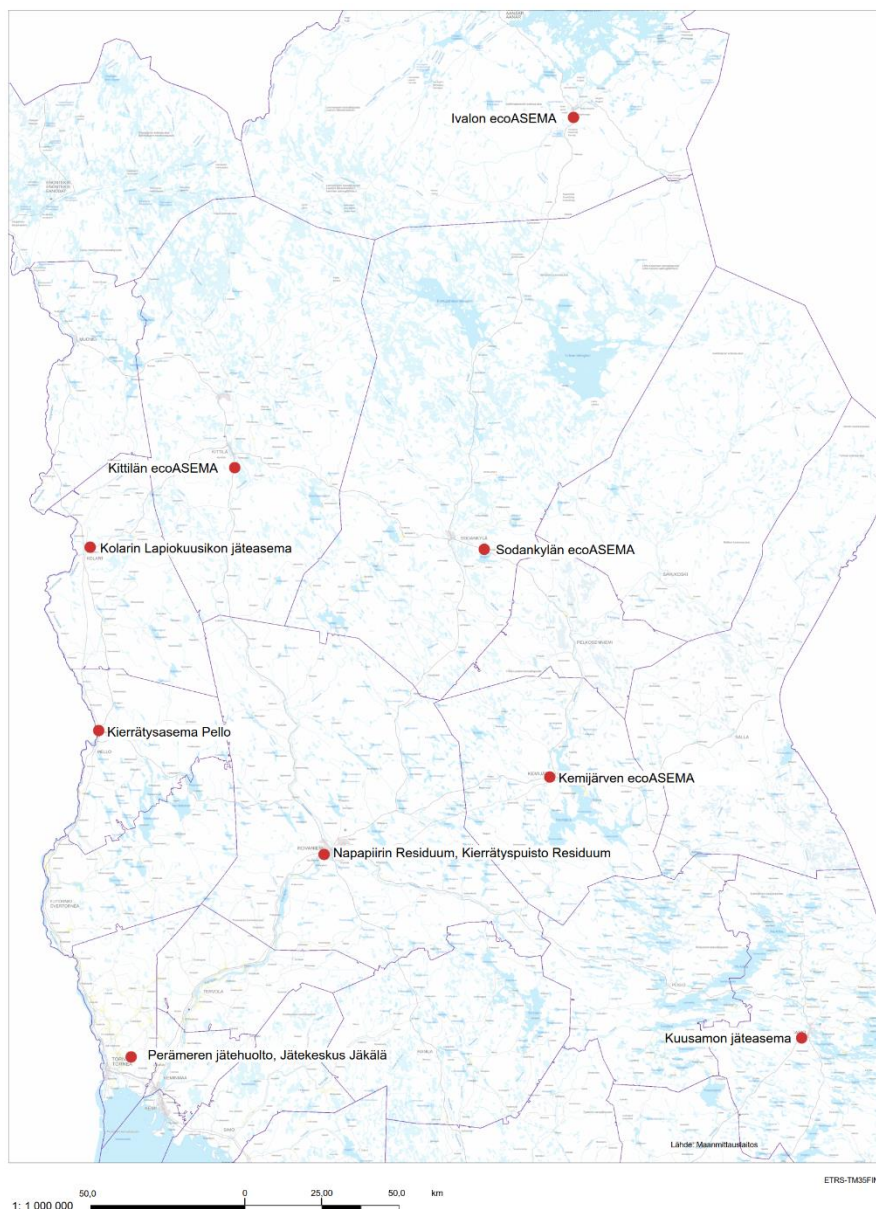
Jätejake	Residuum	Residuum	Lapeco	Lapeco	PMJH	PMJH
	Osuus 2019 [%]	Osuus 2017 [%]	Osuus 2019 [%]	Osuus 2017 [%]	Osuus 2019 [%]	Osuus 2017 [%]
Biojäte	37	16	46	44	46	25
Paperi	9	20	11	10	7	12
Kartonki ja pahvi	28	6	7	9	9	9
Puu	1	1	0	4	2	1
Muovit	17	20	16	16	18	26
Lasi	1	0	4	1	1	2
Metallit	2	2	1	1	1	5
Tekstiilit ja jalkineet	0	31	5	3	5	9
Sähkölaitteet ja akut	0	0	0	0	0	1
Vaaralliset kemikaalit	0	0	0	0	0	0
Sekalaiset jätteet	5	4	10	13	10	9
Yhteensä	100	100	100	100	100	100



Kuva 1. Erilliskerätyn sekajätteen koostumus 2019 osuudet Napapiirin Residuumin, Lapecon ja Perämeren jätehuollon osalta.

2.2 Jätteiden sijainti ja logistiikka

Seuraavassa kuvassa on esitetty eri jätekeskuksien sekä siirtokuormaus- ja hyötyjäteasemien sijainnit tarkastelualueella. Sijainnit ovat samat kuin Selvitys biomassojen ja pilaantuneiden maiden määrästä (2020) raporissa esitetyt logistiikkakeskukset. Karttakuvan jälkeen olevassa taulukossa on esitetty jokaisen kartassa esitetyn kohteen etäisyys Kierrätyspuisto Residuumista (osoite: Betonitie 1, 96300 Rovaniemi) ja Laanilan ekovoimalaitoksesta (Typpitie 1, 90620 Oulu).



Kuva 2. Jätteenkäsittelyyn osoitettuja paikkoja

Taulukko 4. Jätteenkäsittelyyn osoitettujen kohteiden etäisyys Kierrätyspuisto Residuumista ja Laanilan ekovoimalaitoksesta

Kohde	Etäisyys Napapiirin Residuum (km)	Etäisyys Laanilan ekovoimalaitos (km)	Erotus (km)
Ivalon ecoASEMA	287	500	213
Kuusamon jäteasema	203	208	5
Kolarin Lapiokuusikon jäteasema	172	327	155
Kittilän ecoASEMA	146	359	213
Sodankylän ecoASEMA	143	356	213
Jätekeskus Jäkälä	112	136	24
Kierrätysasema Pello	108	263	155
Kemijärven ecoASEMA	85	298	213

Kuusamon jäteaseman ja Jätekeskus Jäkälän kohdalla kuljetusmatkoissa ei ole suurta eroa, viedäänkö jätteet Napapiirin Residuumille vai Laanilan ekovoimalaitokseen Ouluun. Muiden kohteiden osalta kuljetusmatka on 155 – 213 km lyhyempi, jos jätteet kuljetetaan Rovaniemelle eikä Ouluun. Säästettyjen kilometrien määrän voidaan katsoa olevan merkittävä näiden kohteiden kohdalla. Merkittävin säästö syntyy siinä, että Napapiirin Residuumin jätteiden kuljetuksesta aiheutuva liikenne Laanilan ekovoimalaitokseen jää kokonaan pois. Etäisyyttä näillä kahdella kohteella on 221 km.

2.3 Muu alueella syntyvä polttokelpoinen jäte

Tietoa polttokelpoisen jätteen synnystä alueella kerättiin tekemällä kysely. Kysely toteutettiin ajalla 23.9. – 9.10.2020. Kysely kohdistettiin harkinnanvaraisella otoksella selvitystarpeen näkökulmasta merkittäviin toimijoihin. Kyselylinkki lähetettiin sähköpostilla yhteensä 43 vastaanottajalle. Kyselyn jakelusta vastasi Napapiirin kiertotalouspuisto -hanke. Kyselyssä hyödynnettiin ZEF-ohjelmaa.

Kyselyssä saatiin yhteensä 24 vastausta. Suurin osa vastauksista saatiin Rovaniemeltä. Yhteensä kyselyyn vastaavilla tahoilla oli noin 42 000 tonnia jätettä vuodessa. Jätteet koostuivat yhdyskuntajätteestä, kaupan jätevirroista, muovijätteestä, SLF:stä, kuitu- sekä rakennus- ja purkujätteestä. Tulevaisuudessa vastaajat näkivät, että jätteen määrä voisi

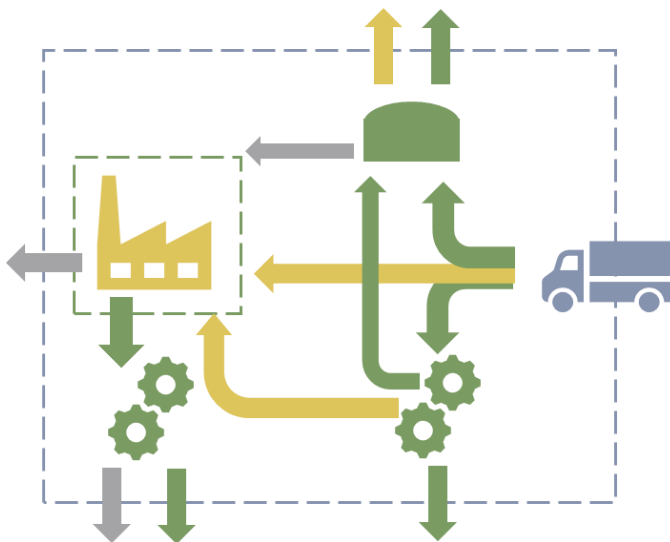
kasvaa. Vastaajilla olisi mahdollisesti yhteensä enintään noin 57 000 tonnia jätettä vuodessa.

3 Toimintaympäristö

Työn yhtenä tavoitteena oli laatia yleispiirteinen kuvaus Napapiirin kiertotalouspuiston toimintaympäristöstä. Osa selvitystyön yhteydessä toteutetusta kyselystä käsitteli sidosryhmien yhteistyöhalukkuutta ja mahdollisuuksia osallistua jätteen energiahyödyntämiseen tai muuhun osaan jätteiden hyödyntämisprosessia. Lisäksi vastaajilta kysyttiin näkemyksiä jätteen energiahyödyntämisen tulevaisuudesta.

Kyselyyn vastanneet tahot edustivat monipuolisesti eri toimialoja. Edustettuina olivat mm. rakennusalan yrityksiä (ml. remontointi, korjausrakentaminen, rakennusten purku), kuljetusyrityksiä (ml. terminaalit), kaupan alan yritys, ympäristöalan yritys, jätehuoltoyritys, romun tukkukauppa, ajoneuvoja valmistava yritys sekä mm. kierrätys-, bioenergia- ja tehdaspalveluja tarjoava yritys.

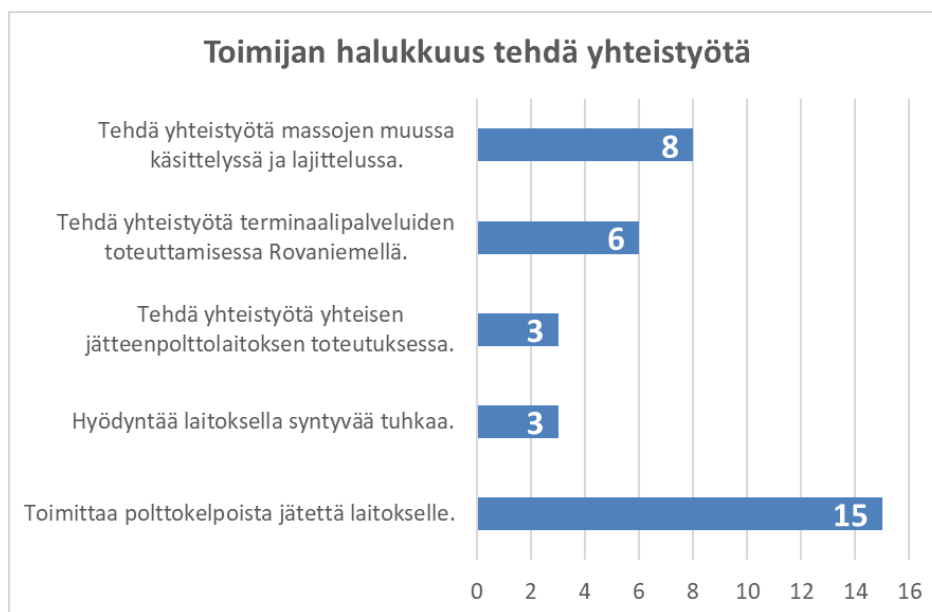
Kyselyyn vastanneet toimijat sijoittuvat kiertotalouden arvoketjussa karkeasti luokiteltuna seuraavasti: 1) jätteen tuottajat 2) (jäte)logistiikka 3) jätteen lajittelu 4) kierrätys tai mahdollisesti hyödyntäminen energiana 5) käsitellyn materiaalin, kuten tuhkan, potentiaaliset hyödyntäjät. Toisaalta on hyvä huomioida, että samalla yrityksellä voi olla toimintoja useissa eri kiertotalouden arvoketjun vaiheissa. Kyselyn tuloksena voidaan todeta, että kiertotalouspuiston sidosryhmät muodostuvat varsin monialaisesta yritysjoukosta. Lähtökohtaisesti liiketoimintapotentiaalia voidaan tunnistaa sekä kierrätyspalvelujen tarjoamisessa että jätteen energiahyödyntämisessä. Kyselyn tuottama otos on kuitenkin suhteellisen rajallinen, joten tulokset ovat suuntaa antavia.



Kuva 3. Kierrätyspalvelut ja mahdollinen jätteen energiahyödyntäminen osana Napapiirin kiertotalouspuiston toimintakonseptia.

3.1 Toimijoiden halukkuus tehdä yhteistyötä

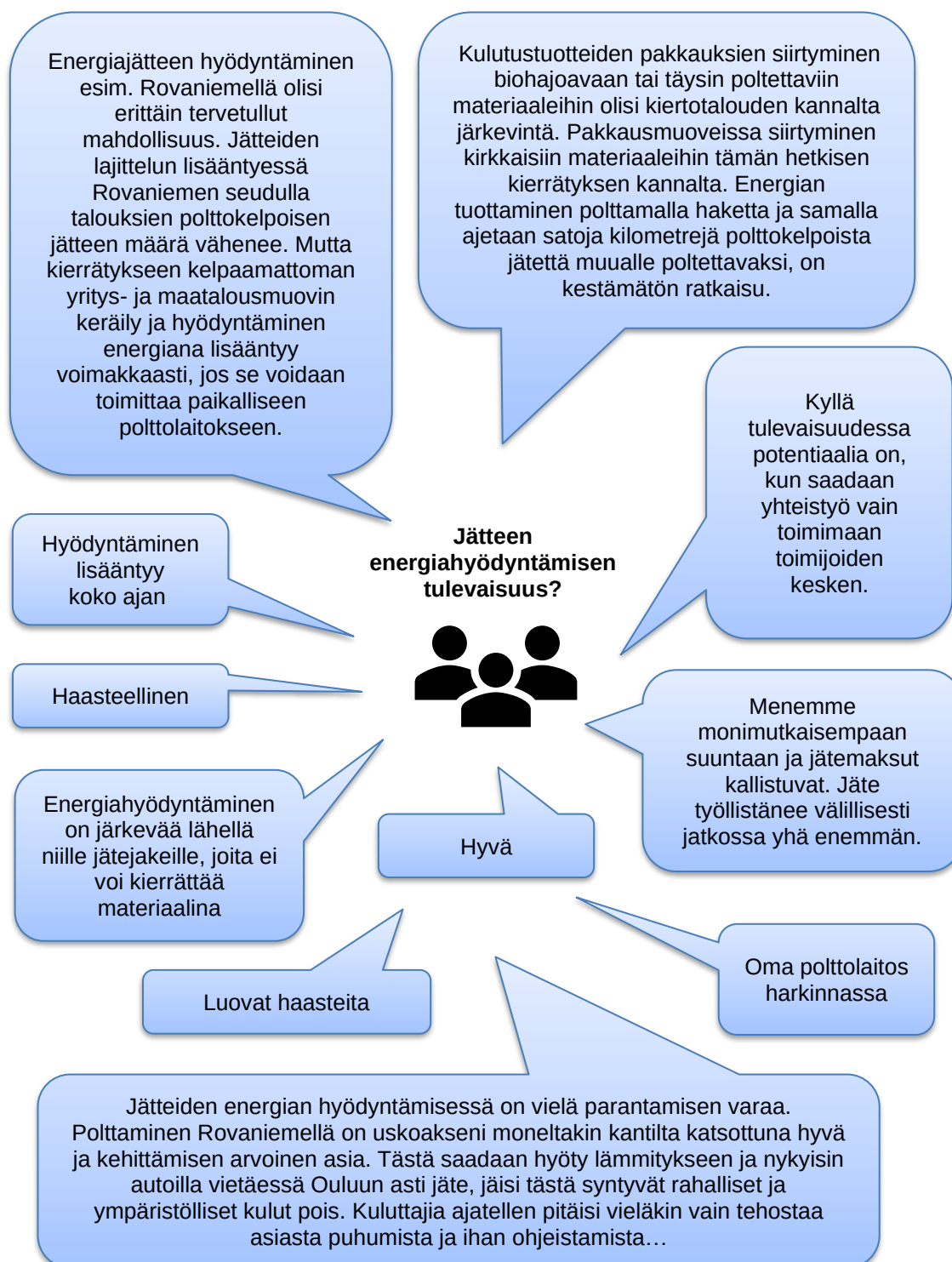
Kyselyssä toimijoilta kysyttiin, onko heillä halukkuutta tehdä yhteistyötä, mikäli jätteenpolttolaitosinvestointi toteutuisi. Vastaajista 15 vastasi kyllä. Vastaajia pyydettiin myös tarkentamaan, minkälainen yhteistyö voisi tulla kysymykseen. Tässä kysymyksessä vastaajat saattoivat valita useamman vaihtoehdon. Eniten kiinnostusta herätti mahdollisuus toimittaa polttokelpoista jätettä laitokselle sekä mahdollisuus tehdä yhteistyötä massojen muussa käsittelyssä ja lajittelussa.



Kuva 4. Tulokset kysymykseen toimijoiden halukkuudesta tehdä yhteistyötä laitoshankkeeseen liittyen

3.2 Toimijoiden näkemyksiä jätteen energiahyödyntämisen tulevaisuudesta

Toimijoilta kysyttiin myös, millaisena he näkevät jätteen energiahyödyntämisen tulevaisuuden. Vastaajia pyrittiin arvioimaan esimerkiksi, miten jätelainsäädännön tai kuluttajakäyttäytymisen muutokset vaikuttavat tulevaisuudessa. Jätteen energiahyödyntämiseen nähtiin liittyvän mahdollisuuksia ja potentiaalia, mutta myös haasteita. Kyselyssä vastaajat saivat jättää kommenttinsa avoimeen kenttään. Seuraavalle sivulle on koottu kyselyn tuloksena saatuja kommentteja. Koska kysely kohdistettiin harkinnanvaraisella otoksella selvitystarpeen näkökulmasta merkittäviin toimijoihin, on huomattava, että vastaukset eivät kuvaa yleistä mielipideilmastoa liittyen jätteen energiahyödyntämisen tulevaisuuteen.



4 Jätteen energiahyödyntämisen konseptivaihtoehdot

Jätteen energiahyödyntämisen konseptivaihtoehdoista tarkasteluun valittiin kolme vaihtoehtoa. Kaksi kaukolämmöntuotantovaihtoehtoa (HOB) ja yksi yhdistetty sähkön ja lämmöntuotantolaitos (CHP). Pienemmässä HOB vaihtoehdossa hyödynnetään vain sekajätteitä (MSW). Suuremmassa HOB vaihtoehdossa ja CHP vaihtoehdossa hyödynnetään MSW:n lisäksi vaikeampia jätejakeita kuten sairaalajätteitä ja metallien kierrätyksessä syntyvää sivutuotetta (SLF).

Sairaaloiden jätteen voidaan luokitella kolmeen osaan yhdyskuntajätteeksi, sairaaloiden erityisjätteeksi ja vaaralliseksi jätteeksi. Sairaalan erityisjätteisiin kuuluvat biologiset jätteet, viiltävät ja pistävät jätteet, biologisesti tahrinut sähkö- ja elektroniikkaromu, eettinen tunnistettava biologinen jäte, tietosuojattavat biologiset jätteet, tyhjentämättömät imu- ja dreeneripussit sekä tartuntavaaralliset ja lääkejätteet. Vaarallista jätettä on muun muassa tartuntavaarallinen jäte.

Vaihtoehdot: HOB 50 000 t/a
HOB 60 000 t/a
CHP 60 000 t/a

Tarkasteltu energiahyödyntämisen teknologia on kaikissa vaihtoehdoissa arinakattila. Arinakattilateknologia täydentää sekä Rovaniemen energiantuotantoteknologioita että kierrätyslaitosten tarpeita. Rovaniemellä voidaan jo nykyisellä energiantuotantolaitoksella hyödyntää parempilaatuista kierrätyspuuta leijuteknologialla. Arinakattila soveltuu kierrätyslaitosten rejektin energiahyödyntämiseen. Kaukolämmöntuotanto erilliskerätyistä sekajätteestä arinakattilalla on koeteltua teknologiaa.

Seuraavaan taulukkoon on koottu tarkastellut konseptivaihtoehdot.

Taulukko 5. Konseptivaihtoehdot

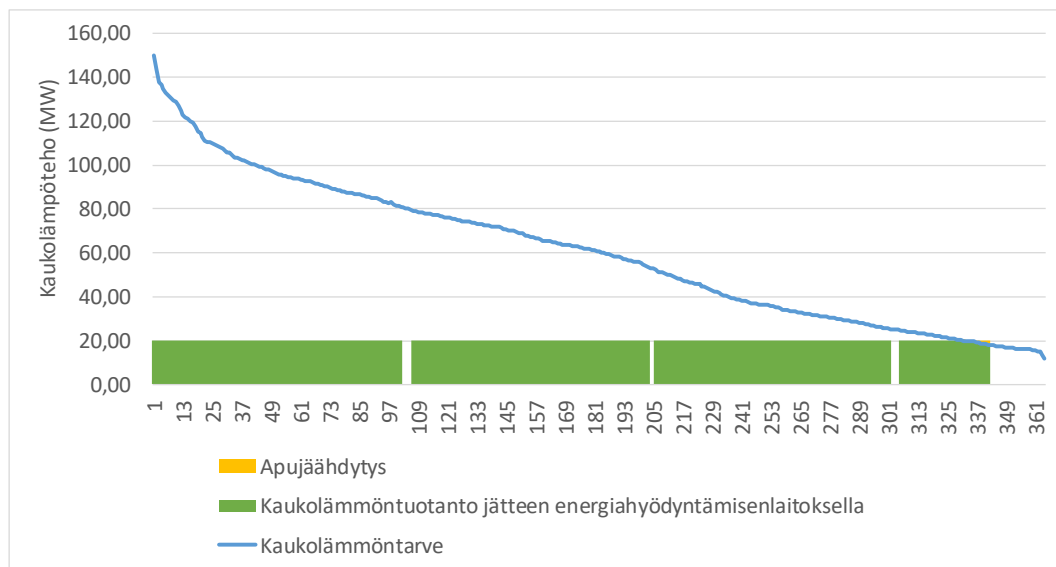
Energiana hyödynnettävän jätteen määrä vuodessa	MSW 50 000 t/a SLF 9 000 t/a Sairaalajäte 1 000 t/a	MSW 50 000 t/a SLF 9 000 t/a Sairaalajäte 1 000 t/a	MSW 50 000 t/a
Energiahyödyntämisen konsepti	CHP arina	HOB arina	HOB arina

Projektiaikataulun oletettiin olevan kaikille vaihtoehdoille sama. YVA-menettelyn ja ympäristölupavaiheen kestoiksi arvioitiin yhteensä noin 2 vuotta. Taustaselvitysten oletettiin kestävän vuoden. Noin 2 vuotta kestävä esisuunnittelu, hankinta ja toteutusvaihe voidaan viedä eteenpäin osittain samaan aikaan luvituksen kanssa. Näin arvioituna laitosten on oletettu olevan täydessä käynnissä vuoden 2025 alussa.

4.1 Kaukolämmön tarve

Jätteen energiahyödyntämisen laitoksen on oletettu ajavan kaukolämmöntuotannon pohjakuormaa. Seuraavassa kuvassa on esitetty Rovaniemen kaukolämmön tarpeen pysyvyyskäyrä sekä suurimman tarkastellun vaihtoehdon kaukolämmöntuotanto.

Jätevoimalaitoksen vuosihuollon on oletettu olevan kesällä kaukolämmön tarpeen ollessa pienimmillään. Kuten kuvasta voidaan havaita, kaikissa tarkastelluissa vaihtoehtoissa tuotettu kaukolämpö pystytään hyödyntämään kokonaisuudessaan Rovaniemen kaukolämpöverkossa.



Kuva 5. Kaukolämmöntarpeen pysyvyyskäyrä ja suurimman tarkastellun vaihtoehdon kaukolämmöntuotanto

4.2 Arinakattila

Arinapoltto on hyvin pitkään käytössä ollut kiinteiden yhdyskuntajätteiden polton perustekniikka. Arinapoltoissa jäte syötetään kahmarilla syöttösuppilon, josta se syötetään edelleen hydraulitoimisilla työntimillä arinalle. Arinatulipesässä on tavanomaiset kostean polttoaineen palamisen alueet eli kuivumis-, pyrolyysi- ja kaasuuntumisvyöhykkeet sekä hiiltojännöksen palamisalue. Arinatekniikka sopii monenlaisen jätteen polttoon eikä tavanomaista yhdyskuntajätettä tarvitse juurikaan esikäsitellä ennen polttoa muuta kuin rikkomalla jätteestä erittäin suuret kappaleet ja poistamalla suuret metalliesineet. Prosessi sietää oikein säädettynä myös melko hyvin jätteen kosteuden, lämpöarvon ja tuhkapitoisuuden vaihteluja. Menetelmä ei kuitenkaan sovellu nestemäisten, jauhemaisten ja sulavien jätteiden polttoon.¹

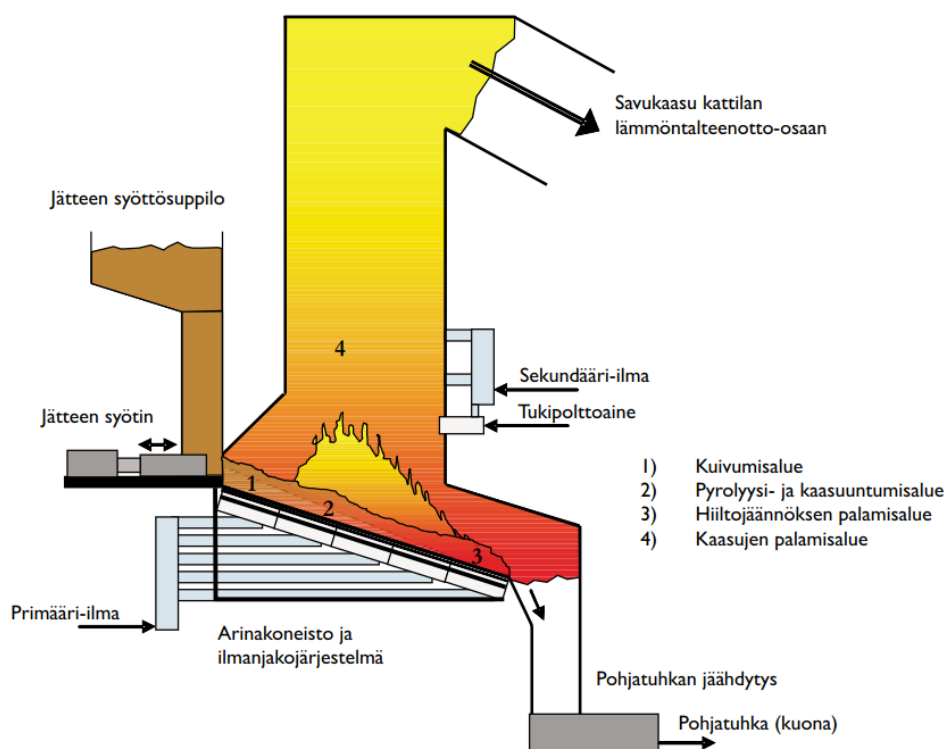
Uusien jätteenpolttolaitosten arinat ovat useimmiten vinoja, eri menetelmin jätettä polton aikana sekoittavia arinoita, joilla polttoa voidaan ohjata säätämällä arinan eri osiin syötettävää ilmamäärää. Arinan alta puhallettavalla primääri-ilmalla kuljetetaan riittävä happimäärä polttoainekerrokseen ja jäähdytetään arinasauvoja. Arinan yläpuolelta

¹ Suomen ympäristökeskus. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailusiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä. 2006. 104 s.
F. Neuwahl & G. Cusano & J. G. Benavides et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. 2019. 764 s

puhallettavalla sekundääri-ilmalla varmistetaan jätteen täydellinen poltto savukaasujen tehokkaalla sekoittamisella ja estetään palamattomien kaasuvirtojen eteneminen.¹

Tulipesän rakenne suunnitellaan tavallisesti sellaiseksi, että arinan eri vyöhykkeillä muodostuneet kaasut sekoittuvat mahdollisimman hyvin ja palavat korkeassa lämpötilassa arinan yläpuolella. Karkea tuhka ja jätteen sisältämät palamattomat materiaalit, kuten esimerkiksi metallikappaleet ja kivet, poistuvat arinan alapäästä laitoksen pohjatuhkajärjestelmään.²

Savukaasut johdetaan tulipesästä ensin esijäähdytyskammioon ns. tyhjiin vetoon ja sen jälkeen lämmöntalteenotto-osaan. Tulipesästä poistuva savukaasu sisältää hienojakoista tuhkaa ja tulipesässä höyrystyneitä epäorgaanisia aineita, jotka pyritään tiivistämään esijäähdytyksessä kiinteiksi kattilan lämmönsiirtimiin tarttumisen estämiseksi. Osa kiinteytyneistä aineista ja tuhkasta erottuu esijäähdytyskammioissa ja kattilassa niin kutsutuksi kattilatuhkaksi, joka poistuu kattilan pohjalta tuhkajärjestelmään. Kattilan jälkeen savukaasut johdetaan puhdistusprosessiin.^{1,2} Seuraavassa kuvassa on esitetty arinatulipesän toimintaperiaate jätteenpoltossa.



Kuva 6. Jätteenpolto arinatulipesässä [1].

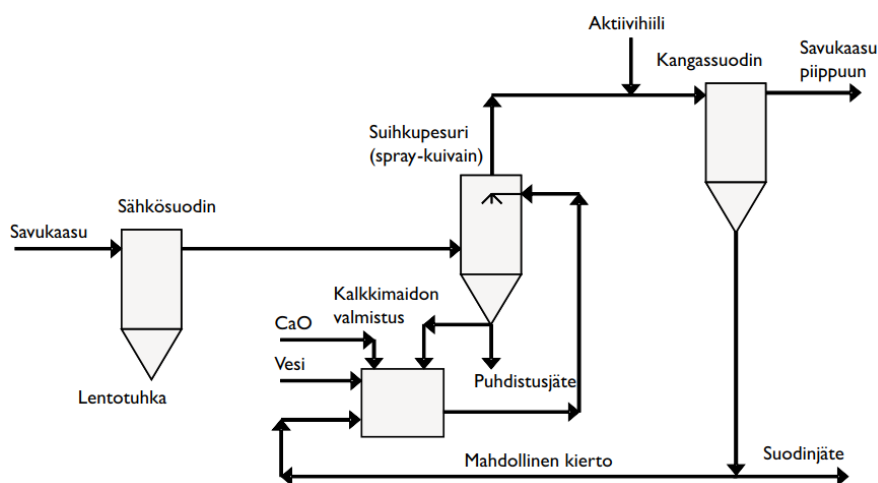
¹ F. Neuwahl & G. Cusano & J. G. Benavides et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. 2019. 764 s

² Suomen ympäristökeskus. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä. 2006. 104 s.

4.3 Savukaasun puhdistus

Jätteenpolttolaitoksen savukaasujen puhdistusprosessiin sisältyy tavallisesti useita toisiinsa kytkettyjä ja vaikuttavia puhdistusvaiheita. Savukaasujen puhdistusprosessin suunnitteluun vaikuttaa muun muassa poltettavan jätteen laatu ja sen vaihtelu, polttoprosessi sekä vaadittava savukaasujen puhtaustaso. Jätteenpolton savukaasujen puhdistuksen vähimmäistason määrittää teollisuuden päästöistä annettu direktiivi (2010/75/EU) ja jätteenpolttoasetus (valtionneuvoston asetus jätteen polttamisesta, 151/2013), joissa esitetyt raja-arvot on savukaasun epäpuhtauspitoisuuksien jatkuvasti alitettava. Puhdistusprosessin suoritusarvojen ja raja-arvojen välille varataan tavallisesti riittävä häiriö- ja vaihtelumarginaali, joiden tavoitteena on varmistaa selvästi asetuksen arvoja puhtaampi savukaasu.¹

Savukaasujen puhdistusprosessi voidaan toteuttaa useilla eri tekniikoilla ja niiden yhdistelmillä. Puolikuivassa puhdistuksessa savukaasujen happamat yhdisteet ja rikkiyhdisteet sidotaan kalsiumhydroksidi-vesi-lietteeseen eli niin kutsuttuun kalkkimaitoon suihkupesurissa. Puhdistusprosessi mitoitetaan niin, että liete kuivuu savukaasuvirrassa ja reaktiotuotteet poistuvat pesurista savukaasuvirtaan sekoittuneena pölynä. Pöly erotetaan pesurin jälkeen kangassuotimella, joka toimii prosessissa myös kemiallisesti aktiivisena puhdistimena savukaasun kulkiessa reagoimattoman kalsiumhydroksidia sisältävän pölykerroksen läpi.^{1,2} Seuraavassa kuvassa on esitetty puolikuivan savukaasun puhdistuksen toimintaperiaate.



Kuva 7. Savukaasun puhdistus puolikuivamenetelmällä [1].

Savukaasuvirtaan puhalletaan tavallisesti ennen suodinta hienojakoista aktiivihiiltä elohopean ja dioksiiniyhdisteiden sitomiseksi. Aktiivihiili voidaan sekoittaa myös pesuriin ruiskutettavaan kalkkimaitoon. Puhdistusprosessin viimeisenä vaiheena voi olla typen

¹ Suomen ympäristökeskus. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä. 2006. 104 s.

² F. Neuwahl & G. Cusano & J. G. Benavides et al. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Incineration. 2019. 764 s

oksidien katalyyttinen pelkistys, mutta yleisemmin puolikuivaa menetelmää käyttävissä laitoksissa typen oksidit hallitaan joko polttoteknisesti tai pelkistetään ne tulipesässä ammoniakkiruiskutuksella (SNCR). Prosessin alussa voidaan myös käyttää sähkösuodinta lentotuhkan esierotukseen. Menetelmä ei tuota lainkaan jätevesiä, mutta kiinteän puhdistusjätteen määrä on suurempi kuin esimerkiksi märkämenetelmissä. Puolikuivaa puhdistusprosessia käytetään yleensä laitoksissa, joissa puhdistamattoman savukaasun epäpuhtausmäärät eivät vaihteile merkittävästi.

Savukaasujen puhdistusjätteet puolikuivasta savukaasupuhdistuksesta luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi ja ne tulee käsitellä ennen loppusijoitusta. Loppusijoituspaikkoina toimivat kaatopaikkojen lisäksi mm. vanhat kaivokset. Pohjakuona ja lentotuhka eivät ole vaarallista jätettä ja näiden hyödyntämisen edistämiseksi tehdään jatkuvasti tutkimus ja kehitystyötä. Käsitelty pohjakuona kuuluu MARA-asetuksen piiriin.

Käsittelyllä jätteenpolton kuonalla tarkoitetaan yhdyskuntajätteen polttolaitoksella syntyvää käsittelyä kuonaa. Käsittelyssä jätteenpolton raakakuona on käsitelty rauta- ja muiden metallien poistamiseksi. Käsitellyn jätteenpolton kuonan käyttö on sallittua väylä- ja kenttärakenteissa sekä teollisuus- ja varastorakennusten pohjarakenteissa.¹

5 Lainsäädännön uudistuksen vaikutus

5.1 Jätesäädöspaketti ja sen keskeinen sisältö

Toukokuussa 2018 hyväksytyllä ns. jätesäädöspaketilla muutettiin kuutta keskeistä jätettä koskevaa direktiiviä – jätedirektiiviä, pakkausjätedirektiiviä, kaatopaikkadirektiiviä sekä romuajoneuvodirektiiviä, paristo- ja akkudirektiiviä ja sähkö- ja elektroniikkalaiteromudirektiiviä (SER-direktiivi). Kyseisiin direktiivimuutoksiin liittyen komissio on antanut täydentäviä säädöksiä esimerkiksi yhdyskuntajätteen osalta tietojen laskentaa, todentamista ja toimittamista koskevien sääntöjen vahvistamiseksi sekä pakkausten ja pakkausjätteen osalta tietokantajärjestelmään liittyvien taulukoiden vahvistamisesta.

Lisäksi EU:ssa hyväksyttiin kesällä 2019 tiettyjä muovituotteita koskeva niin sanottu SUP-direktiivi, jonka vaatimukset on pantava kansallisesti täytäntöön 3.7.2021 ja 31.12.2024 välisenä aikana. SUP-direktiivi tähtää kertakäyttöisistä muovituotteista aiheutuvan roskaantumisen vähentämiseen ja etenkin roskaantumisesta vesiympäristölle aiheutuvien haitallisten vaikutusten ennalta ehkäisemiseen. Direktiivi sisältää useita toimenpiteitä, kuten kertakäyttöisten muovituotteiden kulutuksen vähentämisvelvollisuuden, tiettyjen muovituotteiden markkinoille saattamisen kieltämisen, tuotteiden merkintävaatimuksia sekä laajennettua tuottajavastuuta koskevien järjestelmien käyttöönoton eräiden tuoteryhmien osalta. Jätesäädöspaketin implementoinnin yhteydessä tarkasteltavia direktiivin toimenpiteitä ovat eräiden tuotteiden markkinoille saattamista koskevat kiellot sekä tuotteiden merkintävaatimukset. Muita direktiivin edellyttämiä toimenpiteitä käsitellään myöhemmin valmisteltavassa lakiesityksessä.

¹ Valtioneuvoston asetus eräiden jätteiden hyödyntämisestä maarakentamisessa 348/2017 (MARA-asetus)

Jätesäädöspaketin keskeisiä tavoitteita ovat jätehierarkian, eli jätelain 8.1 §:n mukaisen etusijajärjestyksen, noudattamisen tehostaminen, materiaalien resurssitehokkaan käytön ja kierrätyksen lisääminen sekä jätteiden syntypaikkajättelun ja erilliskeräyksen lisääminen jätteen kierrätystä tehostamalla. Lisäksi jätesäädöspaketissa tarkennetaan muun muassa jätteen määritelmiä sekä vaarallisten jätteiden ja muiden jätteiden kulun seuranta ja jäljitettävyyttä. Selvilläolo-, tiedonanto-, kirjanpito- ja raportointivelvollisuudet tulevat jätesäädöspaketin implementoinnin myötä merkittävästi lisääntymään ja tarkentumaan.

Muutoksilla asetettiin tavoite yhdyskuntajätteen kaatopaikkakäsittelyn vähentämiselle sekä uudet kierrätystavoitteet yhdyskunta- ja pakkausjätteelle. Kansalliset yhdyskuntajätteen kierrätystavoitteet Suomen osalta ovat 55 % vuoteen 2025 mennessä, 60 % vuoteen 2030 mennessä ja 65 % vuoteen 2035 mennessä. Kierrätysasteiden toteumissa on alueellisia vaihteluita, kun esimerkiksi vuonna 2018 yhdyskuntajätteen kierrätysaste oli Oulun seudulla 38 % sen ollessa Turun seudulla 44 % ja pääkaupunkiseudulla 48 %. Tuolloin Suomen kansallinen kierrätysaste oli 41 %.¹ Pakkausjätteen kierrätystavoitteet on asetettu vuosille 2025 ja 2030. Suomelle ne tulevat olemaan haasteellisimmat muovin (50 % 2025 mennessä, 55 % 2030 mennessä) ja puupakkausjätteen (25 % 2025 mennessä, 30 % 2030 mennessä) osalta. Kaikkien pakkausten yhteenlaskettu kierrätysastetavoite vuoteen 2025 mennessä on 65 % ja vuoteen 2030 mennessä 70 %.

Kuva 8. Jätesäädöspaketin mukaiset pakkausjätteen kansalliset kierrätysastetavoitteet.

	2025 mennessä	2030 mennessä
Kaikki pakkaukset	65 %	70 %
Muovi	50 %	55 %
Puu	25 %	30 %
Rautametallit	70 %	80 %
Alumiini	50 %	60 %
Lasi	70 %	75 %
Paperi & kartonki	75 %	85 %

Suomi joutui vuonna 2017 EU:n niin sanottuun varhaiseen varoitusmenettelyyn (early warning) alhaisen kierrätysasteen vuoksi 13 muun maan kanssa. Viimeisin Tilastokeskuksen julkaisema tieto yhdyskuntajätteen kierrätysasteesta on vuodelta 2018, jolloin Suomen kierrätysaste oli 42 %. Menettelyn seurauksena Suomi sai ehdotuksia kierrätysasteen parantamiseksi siten, että kierrätysastetavoitteet tulisivat saavutetuiksi.

5.2 Tulossa olevia keskeisiä muutoksia jätelainsäädännön alalle

Yhdyskuntajätteen ja pakkausjätteen erilliskeräystä koskevat vaatimukset tulevat jätesäädöspaketin implementoinnin myötä tiukentumaan merkittävästi, kun jatkossa jätteet olisi lähtökohtaisesti kerättävä toisistaan erillään siinä laajuudessa kuin se on tarpeen

¹ Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä: Yhdyskuntajätteiden seudullinen arviointi. 2019.

jätteen uudelleenkäyttöön valmistelun, kierrätyksen tai muun hyödyntämisen helpottamiseksi taikka terveydelle tai ympäristölle aiheutuvan vaaran tai haitan ehkäisemiseksi. Täten kunnalle asetettaisiin velvoite järjestää biojätteen erilliskeräys sekä tietyn kokoisille asuinkiinteistöille taajama-alueilla kiinteistökohtainen lasi-, metalli-, kuitu- ja muovipakkausjätteen erilliskeräys. Erilliskeräysvelvollisuudesta voitaisiin poiketa vain, jos jokin laissa säädetyistä direktiivin mukaisista edellytyksistä täyttyy. Erilliskeräystä koskevat vaatimukset koskisivat myös sellaisia palvelu- ja elinkeinotoiminnan harjoittajia, joiden toiminnassa syntyy yhdyskuntajätettä. Kokonaan uutena erilliskeräysvaatimuksena annettaisiin kunnille velvollisuus järjestää tekstiilijätteen alueelliset vastaanottoapaikat vuodesta 2023 lähtien.

Pakkausjätteen osalta kunnan ja pakkausten tuottajan olisi järjestettävä pakkausjätteen erilliskeräys yhteistoiminnassa. Kansallisen implementoinnin myötä pakkausten tuottajan kustannusvastuu tulee kasvamaan nykyisestä. Direktiivin sisältöön liittyy tässä yhteydessä merkittävää oikeudellista epävarmuutta. Komission epävirallisen kannan mukaan tuottajien olisi katettava kaiken erilliskerätyn pakkausjätteen jätehuollon kustannukset. Jäsenvaltiot voivat poiketa tuottajien täydestä kustannusvastuusta, jos se on perusteltua asianmukaisen jätehuollon sekä tuottajavastuujärjestelmän taloudellisen elinkelpoisuuden varmistamiseksi. Tuottajayhteisöjä ja niiden toimintaa koskevaa sääntelyä tullaan myös lisäämään. Tuottajayhteisöjen tulee jatkossa taata tuottajille mahdollisuus hoitaa tuottajavastuuvaihtoehtoja keskitetysti yhden toimijan kautta. Pakkausten tuottajayhteisön toimialan tulisi jatkossa kattaa kaikki pakkausmateriaalit.

Jätelakiin on tarkoitus lisätä myös EU:n jätedirektiivillä annettu kielto, joka koskee uudelleenkäytön valmistelua tai kierrätystä varten erilliskerätyn jätteen polttamista tai sijoittamista kaatopaikalle. Myös jätteen uudelleenkäyttöä tullaan edistämään siten, että ammattimaisten toimijoiden on varattava uudelleenkäytön valmistelijoille mahdollisuus saada jäte itselleen.

5.3 Jätesäädöspaketin implementoinnin aikataulu

Jätesäädöspaketin laajuuden vuoksi kansalliseen lainsäädäntöön on tulossa olennaisia muutoksia jätelakiin ja lähes kaikkiin jätealan asetuksiin, kuten edellä on esitetty. Ympäristöministeriö asetti alkuvuodesta 2019 työryhmän valmistelevaan ehdotuksen tarvittavien lainsäädäntömuutosten keskeisistä linjauksista. Työryhmän julkaisi mietinnön jätelainsäädäntöön tehtävistä muutoksista 16.9.2019. Mietintö ei ollut yksimielinen. Ympäristöministeriö valmisteli työryhmän ehdotuksen pohjalta luonnoksen hallituksen esitykseksi tarvittavista lakimuutoksista sekä ehdotukset asetustason muutoksista. Luonnos hallituksen esitykseksi on ollut lausunnoilla ensin syksyllä 2019 ja uudestaan kesän korvalla 2020. Tänä vuonna lausuntomenettelyn kautta ympäristöministeriö sai käyttöönsä yli 200 lausuntoa luonnoksesta hallituksen esitykseksi, mikä osaltaan kuvaa lakiuudistuksen laajuutta ja sitä, että se koskettaa monien erilaisten toimijoiden intressejä.

Muuttuneiden direktiivien määräykset olisi tullut saattaa osaksi kansallista lainsäädäntöä 5.7.2020 mennessä. Lainsäädäntötyö on kuitenkin viivästynyt ja viimeisimmän tiedon

mukaan hallituksen esitys jätelain muuttamiseksi on tarkoitus saattaa eduskunnan käsiteltäväksi viikolla 46/2020. Tätä selvitystä laatiessa hallituksen esitys ei kuitenkaan ole ollut käytettävissä, vaan tarkastelu on suoritettu muun aihetta koskevan aineiston perusteella.¹ Uudistetun jätelain on tarkoitus tulla voimaan 1.1.2021, mutta myös tämän on arvioitu viivästyvän kesälle 2021. Lisäksi on odotettavissa, että useiden uusien velvoitteiden osalta tullaan säätämään määräajoista ja siirtymäajoista, joiden sisällä eri toimijoiden tulee sopeutua muuttuviin velvoitteisiin. Näin ollen jätessäädöspaketin implementoinnin seuraukset esimerkiksi jätemäärien kehityksessä tulevat näkymään vasta vuosien kuluessa uudistettujen lakien ja asetusten voimaantulosta.

5.4 Implementoinnin vaikutustarkastelu

Erilliskeräytyistä jätejakeista energiahyödyntämiseen päätyy sekajäte sekä muilta käsittelylaitoksilta tuleva rejekti. Erilliskeräyksen tehostuminen vaikuttaa paitsi sekajätteen määrään myös sen koostumukseen.

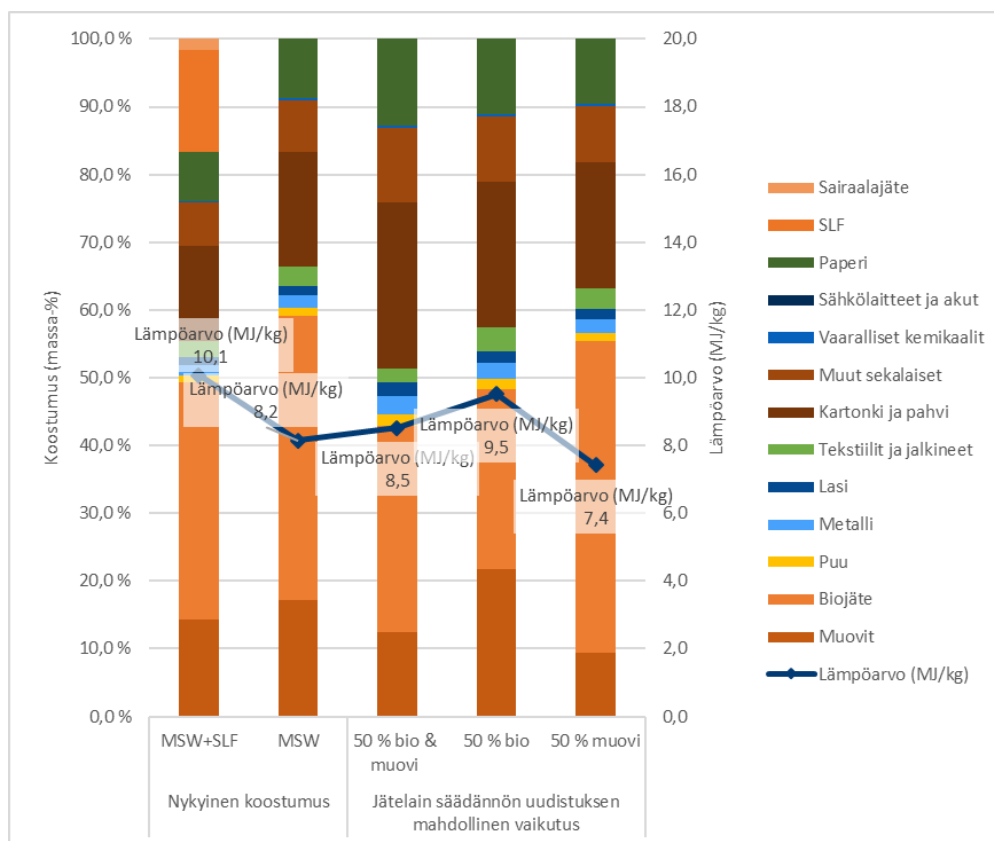
Energiahyödyntämisen näkökulmasta yksi keskeisistä muuttujista on sekajätteen energiasisältö eli lämpöarvo. Nykyisen sekajätteen lämpöarvo arvioitiin käsinlajittelututkimuksessa saadun koostumuksen pohjalta käyttäen eri jakeille kirjallisuudesta löytyviä lämpöarvoja. Sekajätteen sisältämien jakeiden osuuksien kautta laskettiin lämpöarvo sekajätteelle eri skenaarioissa.

Seuraavassa kuvassa on esitetty erilliskerätyn sekajätteen (MSW) koostumus nykyisin sekä kolme mahdollista koostumusta erilliskeräyksen tehostumisen jälkeen. Lisäksi kuvassa on esitetty miten lämpöarvo muuttuu, kun nykyiseen sekajätteeseen lisätään kierrätysteollisuuden sivutuotteita (SLF, shredded light fraction).

Erilliskeräyksen tehostumista tarkasteltiin biojätteen ja muovin osalta, sillä näiden osuus sekajätteessä on suuri ja lainsäädännön uudistuksessa tarkastellaan erityisesti näitä jakeita. Molempien jakeiden osalta tarkasteltiin erikseen tilannetta, jossa sekajätteeseen päätyy 50 % vähemmän kyseistä jätettä. Lisäksi tarkasteltiin tilannetta, jossa molempia jakeita päätyy 50 % vähemmän sekajätteeseen.

Kuten seuraavasta kuvasta voidaan havaita, matalan lämpöarvon biojätteen osuuden vähentyessä sekajätteen lämpöarvo nousee. Vastaavasti korkean lämpöarvon muovin osuuden vähentyessä sekajätteen lämpöarvo laskee. Kun molempien jakeiden määrä vähenee, lämpöarvo ei juurikaan muutu.

¹ 30.11.2020 Valtioneuvosto tiedotti hallituksen päässeen sopimukseen niin sanotun jätessäädöspaketin sisällöstä. Tavoitteena on saada hallituksen esitys eduskunnalle vuoden 2021 alkupuolella. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/jatelain-uudistus-etenee-erilliskerayksen-laajeneminen-vauhdittaa-kiertotaloutta>



Kuva 9. Jätelainsäädännön uudistuksen mahdollisia vaikutuksia erilliskerätyn sekajätteen koostumukseen

Jätteen energiahyödyntämisen laitoksen mitoituksessa keskeisessä roolissa on hyödynnettävien jätelajien koostumus ja määrä, joiden perusteella laitos pystyy tuottamaan tietyn määrän energiaa. Näiden perusteella lasketun mitoituspisteen lisäksi laitos pystyy operoimaan osakuormalla sekä energiantuotannon että syötettävän jätteen määrän suhteen. Jätteen energiahyödyntämisen laitokselle voidaan siten piirtää kapasiteettidiagrammi, joka kuvaa laitoksen toiminta-aluetta.

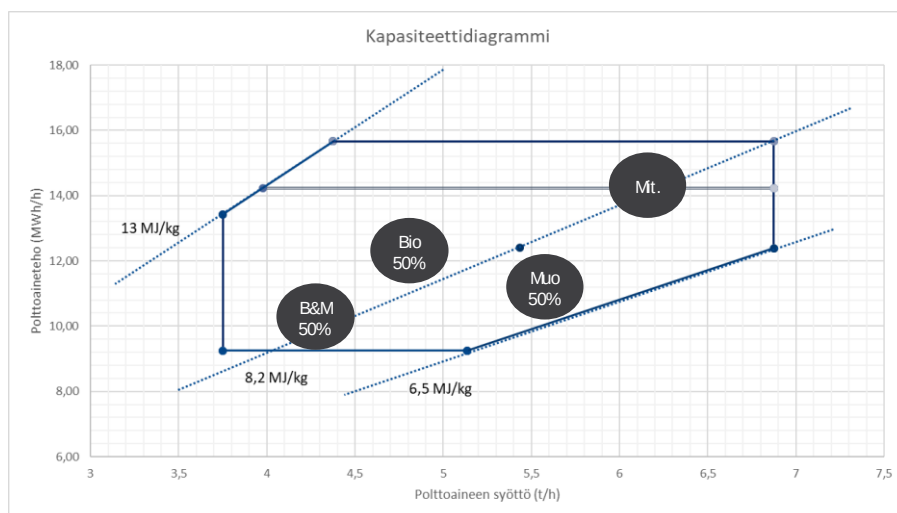
Seuraavissa kuvissa on esitetty kapasiteettidiagrammit kahdelle erilaiselle laitokselle:

- Vain sekajätettä 50 000 tonnia vuodessa hyödyntävä laitos (kuva 8)
- Sekajätettä ja korkean lämpöarvon teollisuusjätettä 60 000 tonnia vuodessa hyödyntävä laitos (kuva 9)

Kuvissa on nostettu esiin erilliskeräyksen tehostamisen vaikutukset laitoksen energiantuotantoon ja operointimahdollisuuksiin. Kuten kuvista voi havaita, molemmat laitokset pystyvät operoimaan myös muuttuneissa tilanteissa, joskin osakuormalla. Päästäkseen takaisin täyden kuorman toimintaan, laitos pystyy ottamaan vastaan lisää jätelajeita, joiden määrä riippuu näiden ominaisuuksista.

Vain sekajätettä hyödyntävän laitoksen kuvaajassa esitettyjen pisteiden selitteet:

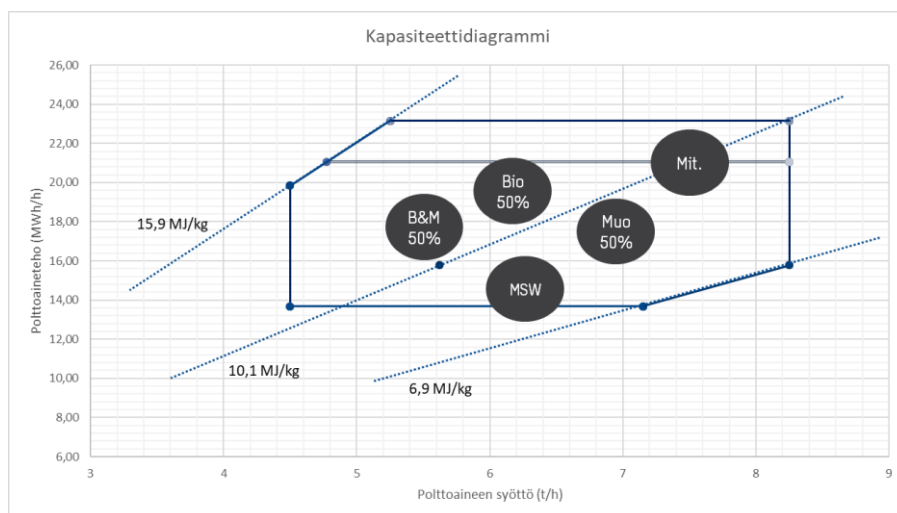
- Mitoitus nykyisen MSW:n koostumuksen mukaan (6,3 t/h; 8,2 MJ/kg)
- Biojätteen määrä sekajätteessä vähenee 50% (4,9 t/h; 9,5 MJ/kg)
- Muovin määrä sekajätteessä vähenee 50% (5,7 t/h; 7,4 MJ/kg)
- Biojätteen ja muovin määrä sekajätteessä vähenee 50% (4,3 t/h; 8,5 MJ/kg)



Kuva 10. Jätteen energiahyödyntämisen laitoksen kapasiteettidiagrammi 50 000 t/a MSW

Sekajätettä ja teollisuuden sivutuotteita hyödyntävän laitoksen kuvaajassa esitettyjen pisteiden selitteet:

- Mitoitus nykyisen MSW:n koostumuksen ja oletetun korkean lämpöarvon teollisuusjätteen koostumuksen mukaan (7,5 t/h; 10,1 MJ/kg)
- Vain nykyinen MSW 50 000 t/a (6,3t/h; 8,2 MJ/kg)
- Biojätteen määrä sekajätteessä vähenee 50% (6,2/h; 11,6 MJ/kg)
- Muovin määrä sekajätteessä vähenee 50% (7,0 t/h; 9,6 MJ/kg)
- Biojätteen ja muovin määrä sekajätteessä vähenee 50% (5,6 t/h; 11 MJ/kg)

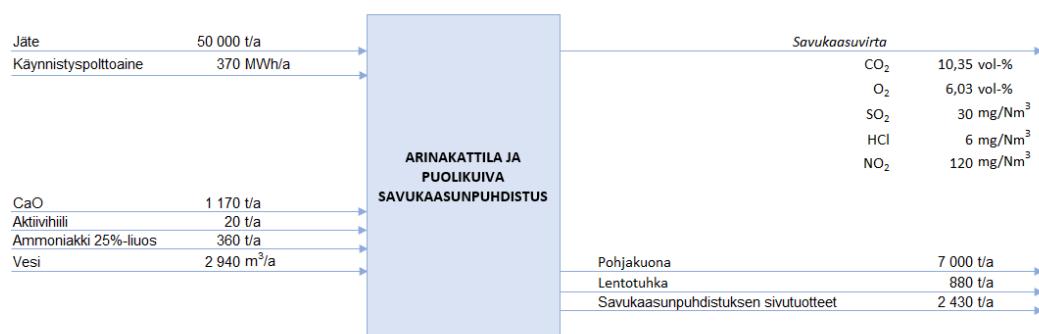


Kuva 11. Jätteen energiahyödyntämisen laitoksen kapasiteettidiagrammi 60 000 t/a MSW+SLF

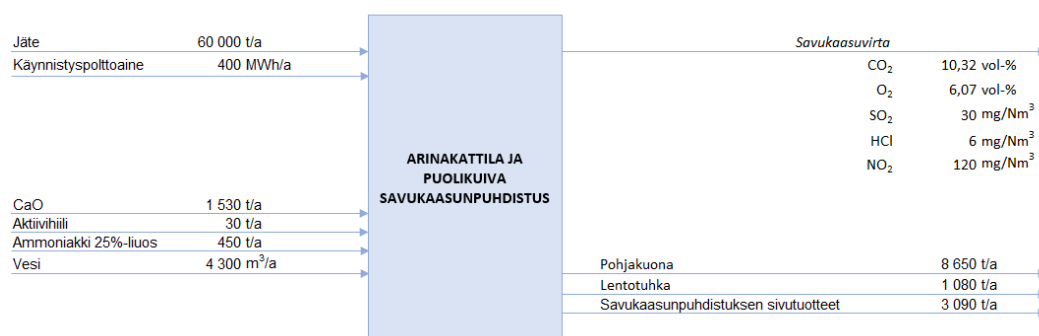
6 Kannattavuus tarkastelu

6.1 Massa- ja energiataseet

Massataseet laskettiin molemmille kokoluokille perustuen käytettäviin polttoaineisiin ja valittuun jätteen energiahyödyntämisen konseptiin. Suurimmasta osasta valittuja polttoaineita ei ollut saatavilla alkuaineanalyysejä, joten massataseissa hyödynnettiin kirjallisuudesta saatavilla olevia alkuainekoostumuksia. Massataseiden laskennassa hyödynnettiin BAT mukaisia päästöraja-arvoja mm. savukaasupuhdistuksen lisäaineiden tarpeen laskennassa. Tyypillisesti päästöt jätevoimalaitoksilla jäävät selvästi näiden raja-arvojen alle. Seuraavissa massatasekuissa on esitetty laskennassa hyödynnetyt päästöraja-arvot. Jätteenpolttoasetuksessa raja-arvot on asetettu puolen tunnin ja vuorokauden keskiarvoina jatkuvatoimisesti seurattaville päästöille.



Kuva 12. Massatase HOB 50 000 t/a



Kuva 13. Massatase HOB ja CHP 60 000 t/a

Seuraavaan taulukkoon on koottu energiataseet kaikissa vaihtoehdoissa. Taulukossa on esitetty erikseen kaukolämmöntuotanto sekä kaukolämmönvaihtimilla että savukaasulauhduttimessa. Energiataselaskennassa hyödynnettiin sekajätteen osalta käsinlajittelukokeessa saatua koostumustietoa, jonka perusteella arvioitiin sekajätteen lämpöarvo (8,2 MJ/kg). Lämpöarvo näin arvioituna jäi alhaiseksi verrattuna muihin

vastaaviin jakeisiin Suomessa. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla erilliskerätyn sekajätteen lämpöarvo vaihtelee välillä 9-12 MJ/kg. Alhaista arviota lämpöarvosta selittää mm. biojätteen suuri osuus.

Hyötysuhde on korkea kaikissa vaihtoehtoissa, koska polttoaineen sisältämä energia on laskettu alemmasta lämpöarvosta. Näin ollen savukaasulauhduttimessa talteen saatu energia ei näy polttoaineen kulutus rivillä laitokseen sisään tulleen energiana. Hyötysuhde näin laskettuna on hieman korkeampi vain MSW:tä hyödyntävässä vaihtoehdossa, koska polttoaine on kosteampaa ja savukaasulauhduttimesta saadaan siten enemmän kaukolämpöä.

Taulukko 6. Energiataseet

VAIHTOEHTO		CHP	HOB	HOB
Jättemäärä	t/a	60 000	60 000	50 000
Polttoaineteho	MW	21	21	14
Sähköntuotanto (brutto)	MWh/a	36 100	-	-
Kaukolämmöntuotanto (lämmönvaihtimet)	MWh/a	108 300	144 400	97 400
Kaukolämmöntuotanto (SKL)	MWh/a	15 200	15 200	12 000
Kaukolämmöntuotanto yhteensä	MWh/a	123 500	159 600	109 400
Polttoaineen kulutus	MWh/a	167 900	167 900	113 200
Sähkönkulutus	MWh/a	5 040	5 040	3 400
Hyötysuhde		0,92	0,92	0,94

6.2 Kustannukset

Massataseiden perusteella arvioitiin laitoksen käyttökustannukset. Hyödykkeiden kulutuksen ja sivutuotteiden syntyminen oletettiin pysyvän vakiona läpi tarkastelujakson. Myös hintojen oletettiin pysyvän vakiona muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Nämä poikkeukset ovat pohjakuonan käsittelykustannukset ja päästöoikeudet.

Pohjakuonan läjityksen kustannusten oletettiin halpenevan selvästi tarkasteluajanjakson loppupuolella. Pohjakuonien hyödyntämiseen kehitetään jatkuvasti uusia mahdollisuuksia. On oletettavaa, että osa tällä hetkellä tutkimuspöydällä olevista hyödyntämiskohteista etenee kaupalliseen käyttöön, mikä vähentää läjityksen tarvetta.

Jätteen energiahyödyntäminen ei tällä hetkellä kuulu päästökaupan piiriin. Näin ei myöskään ole tulevilla kymmenvuotiskaudella 2021-2030. On kuitenkin huomioitava, että tulevaisuudessa säätelyllä halutaan ohjata jätteitä energiahyödyntämisen sijaan materiaali kierrätykseen. Toistaiseksi on ennen aikaista sanoa, miten jätteen energiahyödyntämisen toimintaympäristö tulee muuttumaan sekä energiamurroksen että uudistuvan jätelainsäädännön seurauksena. Yksi säätelyn keinoista on päästökauppa. Tässä selvityksessä muuttuva toimintaympäristö on huomioitu laskemalla päästöoikeuksista koituva kustannus vuodesta 2040 eteenpäin laitoksen käyttökustannuksiin. Jätteestä syntyy noin 1 CO₂-tonni jokaista poltettua jätetonnin

kohden. Tästä puolet luetaan biopohjaiseksi. Käyttökustannukset on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 7. Käyttö- ja kunnossapitokustannukset

VAIHTOEHTO		CHP	HOB	HOB
Jättemäärä	t/a	60 000	60 000	50 000
Polttoainetehto	MW	21	21	14
Käyttökustannukset tarkastelu jakson alussa	MEUR/a	2,3	2,8	2,3
Käyttökustannukset tarkastelu jakson lopussa	MEUR/a	2,9	3,4	2,9
Kunnopistokustannukset tarkastelujakson alussa	MEUR/a	1,6	1,2	0,98
Kunnopistokustannukset tarkastelujakson lopussa	MEUR/a	1,7	1,3	1,0
Käyttö- ja kunnossapitokustannukset yhteensä	MEUR/a	3,8-4,6	4,0-4,7	3,3-3,9

Kunnossapitokustannusten arvioitiin prosentuaalisena osuutena investoinnista. Kunnossapitokustannusten oletettiin hieman nousevan laitoksen vanhetessa. Lisäksi joka viidentenä vuotena kunnossapitokustannusten oletettiin olevan 50% enemmän suuremmat kuin muina vuosina.

Investointikustannusten arvioimiseksi lähetettiin budjettitarjouspyynnöt viidelle päälaitetoimittajille. Viidestä toimittajasta kolme antoi tarjouksen. Yksi budjettitarjouksista oli selvästi korkeampi kuin muut. Korkeampaan hintaan vaikutti todennäköisesti monimutkaisemmaksi oletettu polttoaineenkäsittely. Investointikustannusarvio perustuu alemman tarjouksen antaneisiin budjettitarjouksiin sekä konsultin kokemukseen vastaavista laitoksista. Investointikustannusarviot on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 8. Investointiarviot

VAIHTOEHTO		CHP	HOB	HOB
Jättemäärä	t/a	60 000	60 000	50 000
Polttoainetehto	MW	21	21	14
Päälaitteet	MEUR	29,5	21,0	15,8
BOP	MEUR	2,6	1,8	1,6
Sähkö&Automaatio	MEUR	3,6	2,0	1,8
Varaosat	MEUR	0,7	0,5	0,4
Rakennustekniset työt	MEUR	14,0	13,4	11,8
MUUT (suunnittelu, varaukset, liitynnät)	MEUR	11,6	9,2	7,8
KOKONAISINVESTOINTIARVIO	MEUR	62,0	48,0	39,1

6.3 Kassavirtalaskelmat

Kassavirtalaskelmat toteutettiin 25 vuoden käyntiajalle ja pääoman kustannukseksi oletettiin 8%. Näiden ja aiemmissa kappaleissa esitettyjen oletusten mukaisesti laskettiin laitosinvestoinnille kassavirta, nettonykyarvo, sisäinen korkokanta sekä kannattavuusrajat, porttimaksulle, kaukolämmön hinnalle ja investointikustannuksille.

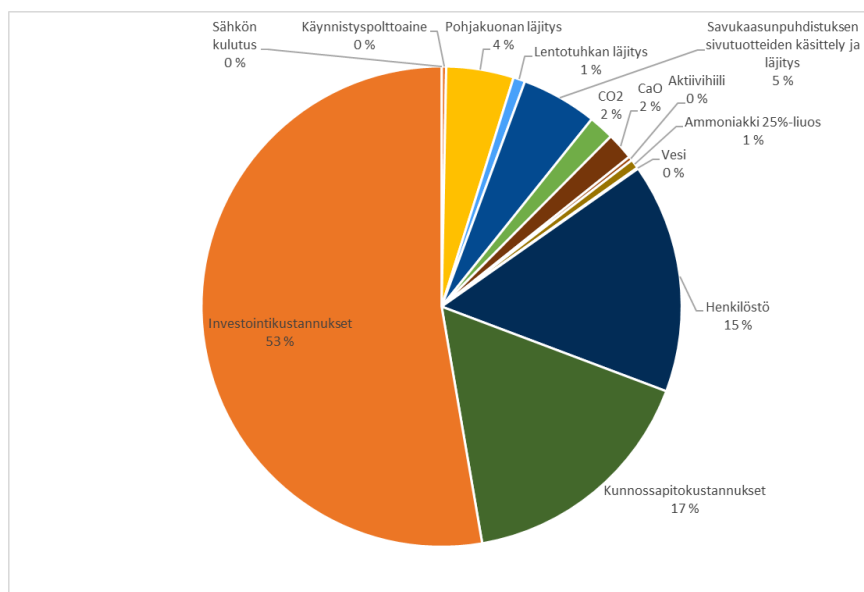
Investoinnin kannattavuusrajakustannuksella tarkoitetaan sellaista investointikustannusta, jota suuremmalla kustannuksella investointi ei ole kannattava. Vastaavasti kaukolämmön kannattavuusrajahinta tarkoittaa kaukolämmön sellaista hintaa, jota halvemmalla hinnalla investointi ei ole kannattava, kun kaikki muut muuttujat pysyvät oletusarvoissaan. Samoin porttimaksun kannattavuusrajahinta edustaa sellaista porttimaksua, jota halvemmalla hinnalla laitosinvestointi ei ole kannattava.

Seuraavaan taulukkoon on koottu kassavirtalaskelman keskeiset tulokset ja oletukset. Lisäksi seuraavissa kuvissa on esitetty kustannusjakaumat kaikille vaihtoehdoille.

Taulukko 9. Kassavirtalaskelman keskeiset tulokset ja oletukset

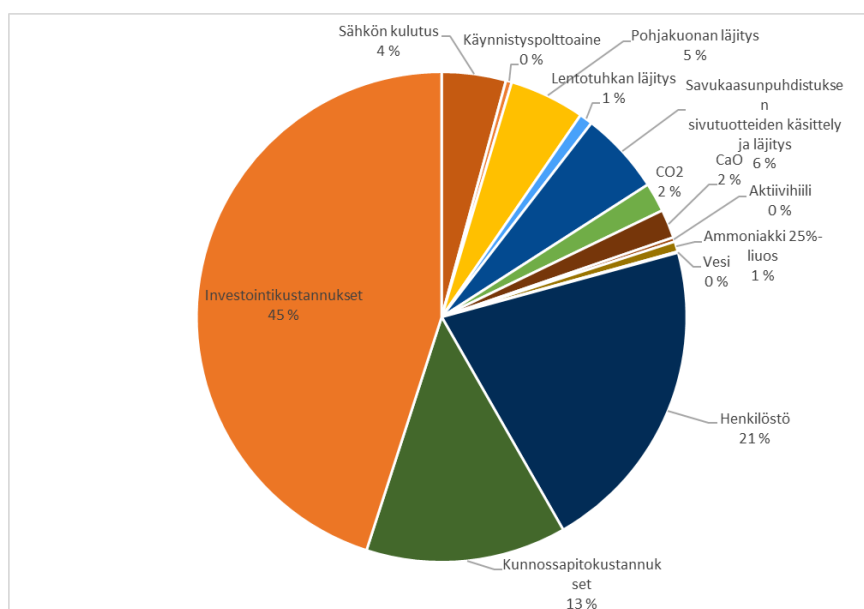
VAIHTOEHTO		CHP	HOB	HOB
Jättemäärä	t/a	60 000	60 000	50 000
Polttoainetehto	MW	21	21	14
<i>Keskeisiä lähtötietoja</i>				
Porttimaksu	EUR/t	80	80	80
Kaukolämpö	EUR/MWh	30	30	30
Investointiarvio	MEUR	62,0	48,0	39,1
Pääoman kustannus (WACC)	%	8 %	8 %	8 %
Laskenta-aika	a	25	25	25
Nettonykyarvo	NPV	-3,6	6,6	0,8
Sisäinen korkokanta	IRR	7,3 %	9,7 %	8,3 %
<i>Kannattavuusrajahinnat</i>				
Porttimaksu	EUR/t	86,9	68,2	78,2
Kaukolämpö	EUR/MWh	33,3	25,6	29,2
Investointi	MEUR	58,9	53,7	39,8

Yllä olevasta taulukosta voidaan havaita, että paras kannattavuus on suuremmassa lämpölaitoksessa. Molemmat lämpölaitokset ovat kannattavuudeltaan CHP laitosta parempia, kun sähköhinnaksi on oletettu 40 EUR/MWh. CHP laitos on myös tarkastelluista vaihtoehdoista ainoa, joka ei osoittautunut kannattavaksi tehdyillä lähtöoletuksilla (nettonykyarvo on negatiivinen).

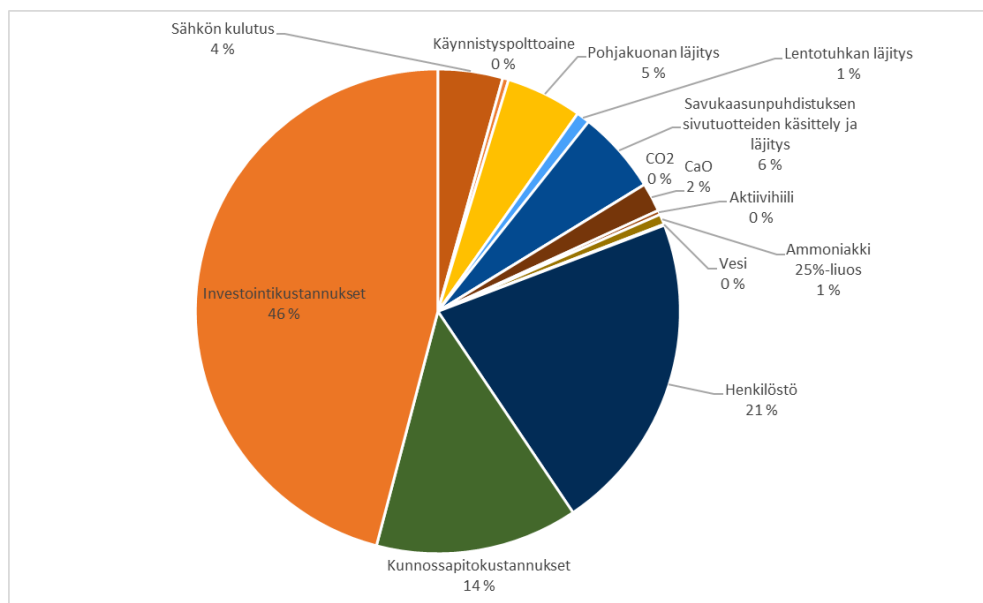


Kuva 14. CHP 60 000 t/a kustannusten nettoarvon jakauma

Yllä olevasta kuvasta voi havaita kiinteiden kustannusten olevan suhteellisen suuressa roolissa CHP laitoksen kustannusjakaumassa. Näin on myös muiden vaihtoehtojen kohdalla, mutta erityisesti tämä korostuu CHP laitoksella, jossa investointikustannukset käsiteltävää jätetonnin kohden ovat suurimmat. Jätevoimalaitokseksi tarkastellut kokoluokat ovat pieniä, joten skaalautua ei ole saavutettavissa ja kiinteiden kustannusten osuus muodostuu suureksi.



Kuva 15. HOB 60 000 t/a kustannusten nettoarvon jakauma



Kuva 16. HOB 50 000 t/a kustannusten nettonykyarvon jakauma

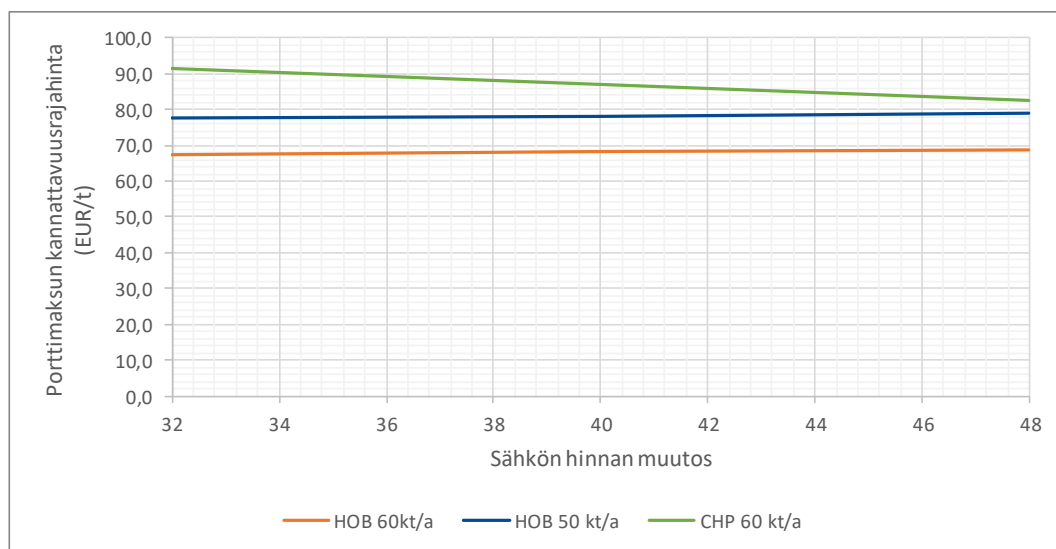
HOB vaihtoehdoissa investoinnin osuus kaikista kustannuksista on pienempi kuin CHP:n tapauksessa, koska sähköntuotantoon ei investoida. Henkilöstökustannusten osuus kaikista kustannuksista korostuu pienimmässä vaihtoehdossa, koska henkilöstön tarve on kaikissa vaihtoehdoissa oletettu samaksi. Muut kustannukset ovat riippuvaisia laitoksen koosta.

6.4 Herkkyystarkastelut

Herkkyystarkasteluun valittiin neljä muuttujaa, joilla katsottiin olevan suurin merkitys laitoksen kannattavuuteen tai vaihtoehtojen väliseen vertailuun. Nämä muuttujat ovat:

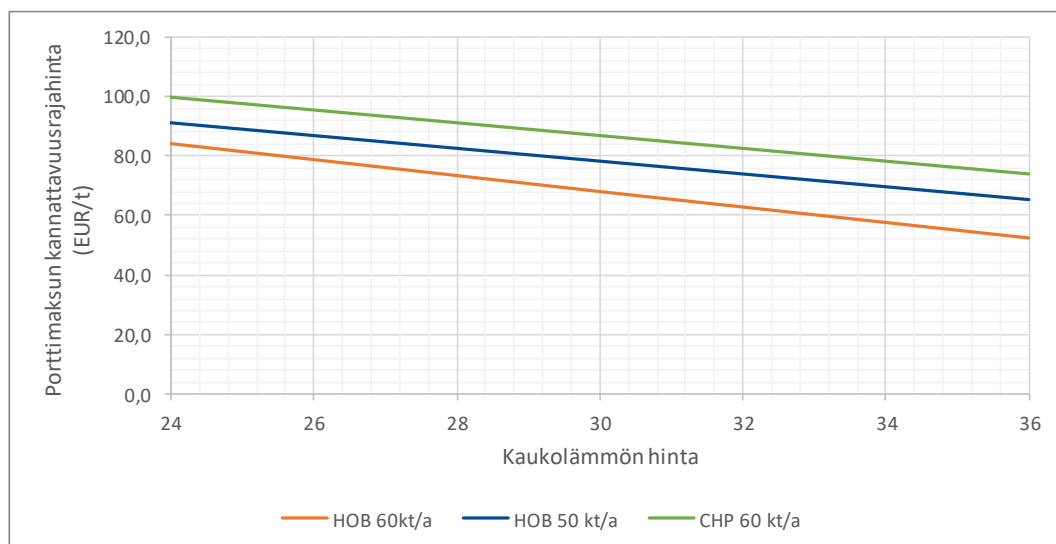
- Investointikustannus
- Porttimaksu
- Kaukolämmön hinta
- Sähkön hinta

Valittuja tunnuslukuja tarkasteltiin tilanteissa, joissa jokin yllä mainituista muuttujista muuttui +/-20% oletusarvoon nähden. Seuraaviin kuviin on koottu muuttujien vaikutus porttimaksun kannattavuusrajahintaan.

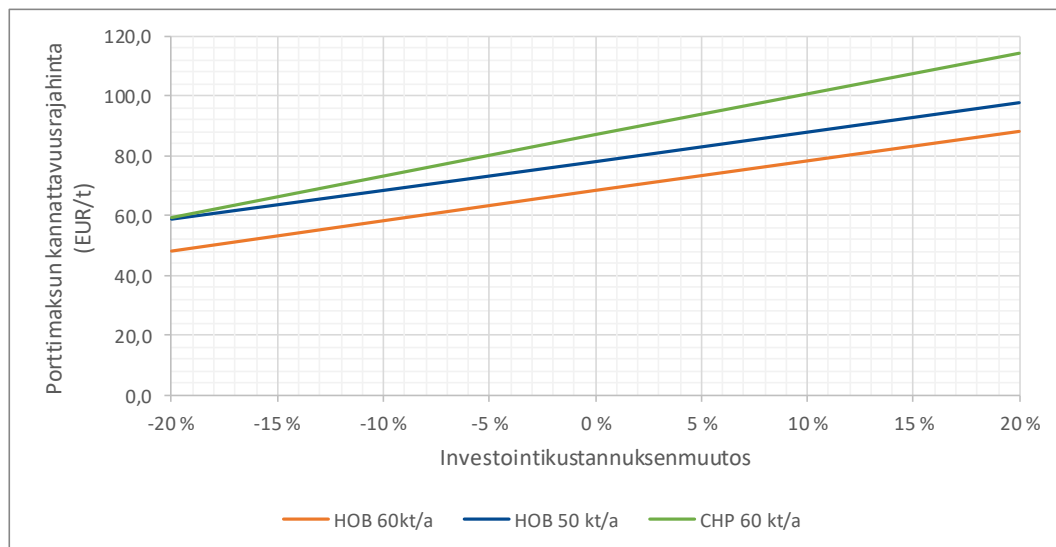


Kuva 17. Sähkön hinnan vaikutus porttimaksun kannattavuusrajahintaan

Sähkön hinta oli muuttujista ainoa, joka vaikuttaa vaihtoehtojen väliseen vertailuun. Sähkön hinnan noustessa CHP vaihtoehtoon kannattavuus paranee siinä missä HOB vaihtoehtojen kannattavuus heikkenee. 20% muutos sähkön hinnassa ei kuitenkaan vaikuta vaihtoehtojen väliseen järjestykseen. CHP laitos muuttuu lämmöntuotantolaitosta kannattavammaksi sähkön hinnalla noin 70 EUR/MWh. Pienempää HOB vaihtoehtoa kannattavammaksi CHP vaihtoehto tulee jo alle 20% sähkön hinnan nousulla. HOB laitoksilla omakäyttösähkön hintaan on sähkön sisällytetty arvio sähkön siirron kustannuksista ja verot. CHP laitoksilla osa tuotetusta sähköstä menee laitoksen omaan käyttöön.



Kuva 18. Kaukolämmön hinnan vaikutus porttimaksun kannattavuusrajahintaan



Kuva 19. Investointikustannuksenmuutoksen vaikutus porttimaksun kannattavuusrajahintaan

Investointikustannus on merkittävin yksittäinen tekijä laitoksen kannattavuuden arvioinnissa ja siten myös sen muutoksen vaikutus on suurin. Investointikustannusten noustessa 20% nousee porttimaksu, jolla investointi saadaan kannattavaksi, jopa 30%. Vaikutus on suurempi CHP vaihtoehdossa, jossa investoinnin osuus kaikista kustannuksista on suurempi.

Herkkyystarkastelu vaikutti vain hieman vaihtoehtojen väliseen vertailuun, mutta kannattavuudessa oli havaittavissa selviä heilahteluja. Seuraavaan taulukkoon on koottu vaihtoehtojen kannattavuus herkkyyystarkastelun eritilanteissa.

Taulukko 10. Vaihtoehtojen kannattavuus herkkyyystarkastelussa

Investointiarvio	-20%	oletus	+20%
CHP 60 000 t/a	+	-	-
HOB 60 000 t/a	+	+	-
HOB 50 000 t/a	+	+	-
Porttimaksu	-20%	oletus	+20%
CHP 60 000 t/a	-	-	+
HOB 60 000 t/a	-	+	+
HOB 50 000 t/a	-	+	+
Kaukolämmönhinta	-20%	oletus	+20%
CHP 60 000 t/a	-	-	+
HOB 60 000 t/a	-	+	+
HOB 50 000 t/a	-	+	+
Sähkönhinta	-20%	oletus	+20%
CHP 60 000 t/a	-	-	-
HOB 60 000 t/a	+	+	+
HOB 50 000 t/a	+	+	+

7 Päätelmät

Tässä selvityksessä on noussut esiin argumentteja sekä jätteen energiahyödyntämisen puolesta että vastaan osana kiertotalouspuiston toimintaa. Näistä esiin nousseita asioista on koottu seuraavassa taulukossa esitetty SWOT-analyysi.



Alustavassa kyselyssä alueelliset toimijat ovat osoittaneet olevansa kiinnostuneita jätteen toimittamisesta energiahyödyntämisestä ja laitoksen tuhkien käsittelystä. Alueelliset energiahyödyntämiseen ohjautuvat jätemäärät ovat tällä hetkellä alustavan selvityksen mukaan yli 90 000 tonnia vuodessa, josta kunnallisen jätteen osuus on hieman yli puolet.

Selvityksen tulosten perusteella jätteen energiahyödyntämiselle on mahdollista luoda kannattava konsepti alueellisiin jätevirtoihin ja niiden tulevaisuuden näkymiin pohjaten. Ratkaisulla voidaan parantaa nykyistä tilannetta ympäristövaikutusten näkökulmasta. Kuljetusmatkojen lyhentymisellä saavutettavaa päästöjen vähentymistä voidaan tarkastella tarkemmin selvittämällä tarkemmin eri jäteasemien jätemäärät. Jätteen energiahyödyntäminen on jätehierarkian pohjalla, ja on oletettavaa, että sitä koskevat säädökset tulevat tiukkenemaan ja siten myös kustannukset todennäköisesti kasvavat tulevaisuudessa, jotta jätteet myös kustannussyistä ohjautuisivat paremmin

materiaalikierrätykseen. Jätteen energiahyödyntämiselle on tämän selvityksen perusteella mahdollista luoda konsepti, jossa on varauduttu myös tulevaan jätteen määrän vähentymiseen ja sen koostumuksen muuttumiseen.

Jätteen energiahyödyntämislaitos osana kiertotalouspuiston toimintaa kannattaa parhaiten, kun se palvelee mahdollisimman monia toimijoita. Useiden toimijoiden kautta myös mahdolliset muutokset toimintaympäristössä on helpompi hallita. Käytännössä tämä tarkoittaa, että jätteen energiahyödyntämisen laitoksen tulee pystyä ottamaan vastaan monipuolisesti erilaisia – myös hankalasti energiana hyödynnettäviä – jakeita.

Laitoshankkeen eteenpäin viemiseksi tarvitaan tarkempaa tietoa laitokseen toimitettavien jättejakeiden ominaisuuksista ja varmuutta niiden määrästä. Jättejakeiden analyysitiedot ovat keskeisiä lähtötietoja laitoksen esisuunnitteluun ja hankintaan. Jätteen ominaisuuksia ja määriä on hyvä tarkentaa myös YVA- ja ympäristölupaprosesseja varten. YVA- ja ympäristölupaprosessia voi viedä eteenpäin muiden selvitysten rinnalla.

Jätteen energiahyödyntämislaitokselle on useita mahdollisia liiketoimintamalleja. Suomessa jätteen energiahyödyntämisen laitoksia on toteutettu mm. useiden toimijoiden yhteenliittymän tekemän jätteenkäsittelyn kilpailutuksen kautta, ja kunnallisten toimijoiden yhteenliittymänä. Mahdolliset liiketoimintamallit on hyvä selvittää mahdollisten yhteistyökumppaneiden kesken. Tähän liittyy myös mahdollisten jätteen hankintamallien selvittäminen.

Seuraavaan taulukkoon on koottu laitoshankkeen etenemisen vaiheet sekä karkea arvio vaiheiden aikataulusta. Jokaisen vaiheen jälkeen hankkeen etenemistä tarkastellaan uudelleen vaiheessa saadun uuden tiedon pohjalta.

Taulukko 11. Esimerkki laitoshankkeen etenemisen vaiheista

	2021	2022	2023	2024
Esiselvitykset, kuten				
- Liiketoimintamalli				
- Jätteiden hankintamalli				
- Yhteistyökumppanit				
- Analyysit jätteistä polttoaineena				
Veissuunnittelu				
YVA-menettely				
Ympäristölupa				
Rakennuslupa				
Jätteiden hankinta*				
Esisuunnittelu ja päälaitehankinnat				
Laitoksen toteutus				

*Aikataulussa esimerkin omaisesti Napapiirin Residuumin jätteiden käsittelyn kilpailutuksen ajankohta