

96

Juha-Heikki Tanskanen

Yhdyskuntajätehuollon lähtötiedot
Päijät-Hämeessä

96

Juha-Heikki Tanskanen

Yhdyskuntajätehuollon lähtötiedot
Päijät-Hämeessä

Helsinki 1997

SUOMEN YMPÄRISTÖKESKUS

ISBN 952-11-0182-2
ISSN 1455-0792

Painopaikka: Oy Edita Ab
Helsinki 1997

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	PERUSTIEDOT JÄTTEEN MÄÄRÄSTÄ JA LAADUSTA	6
2.1	Jätteen määrä ja koostumus	6
2.2	Jätejakeiden haitta-ainepitoisuudet ja lämpöarvot	11
2.3	Lajittelutehokkuuden arvot	12
3	YKSIKKÖKUSTANNUKSET	15
3.1	Jäteastiat keittiössä	15
3.2	Jätteen tuottajien omat kuljetukset	15
3.3	Astia-, keräys- ja kuljetusjärjestelmä	17
3.4	Siirtokuormaus ja jatkokuljetus	29
3.5	Kotikompostointi	29
3.6	Keskitetty kompostointi	30
3.7	Jätteen optinen lajittelu	31
3.8	Jätepolttoaineen tuotto	31
3.9	Jätteen loppusijoitus	31
3.10	Tuotot	32
4	YKSIKKÖPÄÄSTÖT	32
4.1	Jätteen tuottajien suorittama jätteenkuljetus	34
4.2	Keräys, kuljetus ja jatkokuljetus	34
4.3	Siirtokuormaus	42
4.4	Kompostointi, jätepolttoaineen valmistus ja optinen lajittelu	42
4.5	Jätteen poltto	43
4.6	Jätteen loppusijoitus	43
5	YHTEENVETO	44
	KIRJALLISUUS	46
	KUVAILELUEHDET	48

1 JOHDANTO

Tähän raporttiin on koottu yhdyskuntajätehuollon suunnittelussa tarvittavia perustietoja ja niiden laskentaperusteita Lahden seudulta. Julkaisu on taustaraportti Tanskanen (1997b) mallintamistutkimukselle, jossa on selvitetty yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavutettavuutta sekä vaikutuksia jätehuollon kustannuksiin ja päästöihin Päijät-Hämeessä. Valtakunnallisen jätesuunnitelman luonnoksessa on esitetty, että yhdyskuntajätteestä tulisi hyödyntää 50 % vuoteen 2000 ja vähintään 70 % vuoteen 2005 mennessä (Ympäristöministeriö 1996). Mallintamistutkimus on tehty Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) ja Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n (PHJ) yhteistyönä.

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n toimialueen mallintamistutkimuksessa on laskettu 17 eri lajittelustrategialla saavutettavat hyödyntämisasteet sekä jätehuollon kustannukset ja päästöt kahdeksalla eri lajittelustrategialla (Tanskanen 1997b). Tarkastelualue on kattanut PHJ:n toimialueeseen kuuluvat 12 kuntaa, jotka ovat Artjärvi, Asikkala, Heinola, Hollola, Hämeenkoski, Kärkölä, Lahti, Myrskylä, Padasjoki, Pukkila, Orimattila ja Sysmä. Tutkimuksessa on pyritty kokonaisvaltaiseen lähestymistapaan, jossa jätteiden kulkua on seurattu jätteen syntypaikalta hyödynnettävän jätteen markkinoille ja loppusijoitukseen saakka. Tutkimus on tehty jätevirtoja sekä niihin liittyviä kustannus- ja päästökertoimia mallintamalla. SYKE on soveltanut samaa tarkastelutapaa aiemmin mm. pääkaupunkiseudun jätehuoltoratkaisujen tarkastelussa.

Mallitarkasteluun on sisällytetty kotitalousjätteet sekä työpaikoilla muodostuvat yhdyskuntajätehuollon piiriin tulevat jätteet. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty ongelmajätteet, rakennus- ja purkujätteet, teollisuusjätteet ja lietteet. Näiden jätteiden jätehuoltojärjestelmät muodostavat omat itsenäiset kokonaisuutensa, ja niille on asetettu myös valtakunnallisessa jätesuunnitelmassa omat erilliset tavoitteensa. Tarkastelun ulkopuolelle on jätetty myös palautuspullo- ja purkkijärjestelmät, kirpputoritoiminta sekä erilaiset vaate- ja tempauskeräykset.

Mallintamista varten PHJ:n toimialue on jaettu yhdyskuntarakenteen perusteella kaupunkiseutuun ja muuhun seutuun. Näin paikalliset olosuhteet, mm. yhdyskuntarakenne, on voitu ottaa paremmin huomioon lajitteluratkaisuja arvioitaessa. Vuoden 1995 lopussa 78 % PHJ:n toimialueen asukkaista, 80 % toimipaikoista ja 57 % asuinkiinteistöistä on sijainnut kaupunkiseudulla. Kunnat ja niiden osa-alueet (tilastoalueet) on jaettu kahteen osaan seuraavasti:

A. Kaupunkiseutu: Asikkala tilastoalue 01, Heinola, entinen Heinolan maalaiskunta tilastoalueet 401, 404, 406, Hollola tilastoalueet 03010, 04012, 04015, 04017, 10036, 10037, 10038, 10039, 10040, 10041, 10043, 10044, 10045, Lahti, Orimattila tilastoalue 06

B. Muu seutu: Artjärvi, Asikkala (pl. kaupunkiseutuun kuuluvat tilastoalueet), entinen Heinolan maalaiskunta (pl. kaupunkiseutuun kuuluvat tilastoalueet), Hollola (pl. kaupunkiseutuun kuuluvat tilastoalueet), Koski, Kärkölä, Myrskylä, Padasjoki, Pukkila, Orimattila (pl. kaupunkiseutuun kuuluvat tilastoalueet) ja Sysmä.

Tähän raporttiin on koottu mallintamistutkimuksessa käytetyt lähtötiedot, jotka perustuvat kokemukseräiseen tietoon, asiantuntijalausuntoihin ja kirjallisuuteen. Lähtötiedot voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

I Perustiedot jätteen määrästä ja laadusta

- jätteen määrä ja koostumus
- jätejakeiden haitta-ainepitoisuudet (Pb, Cd, Hg, Zn, Cl)
- jätejakeiden lämpöarvot
- lajittelutehokkuuden arvot

II Yksikkökustannukset ja -tuotot

- jäteasiat keittiössä
- jätteen tuottajien omat kuljetukset
- astiat, keräys ja kuljetus
- siirtokuormaus ja jatkokuljetus
- kotikompostointi
- keskitetty kompostointi
- keskitetty optinen lajittelu
- jätepolttoaineen tuotto
- jätteen loppusijoitus
- hyödynnettävästä jätteestä saatavat tulot

III Yksikköpäästöt

- jätteentuottajien suorittama jätteenkuljetus (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)
- keräys, kuljetus ja jatkokuljetus (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)
- siirtokuormauksen energiankulutus (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)
- kotikompostointi (CO₂, CH₄, N₂O, NH₃, VOC)
- keskitetty kompostointi (COD, NH₄-N, CO₂, CH₄, N₂O, NH₃, NO_x, SO₂, VOC)
- keskitetyn optisen lajittelun energiankulutus (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)
- jätepolttoaineen valmistuksen energiankulutus (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)
- jätteen poltto (CO₂, NO_x, SO₂)
- jätteen loppusijoitus
 - * jätteen hajoaminen jätetäytössä (COD, NH₄-N, CO₂, CH₄, N₂O, VOC)
 - * kaatopaikkakoneet (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)
 - * energiantuotto kaatopaikkakaasulla (CO₂, NO_x, SO₂, VOC)

Raportissa on käytetty seuraavia lyhenteitä:

KsAk3-	=	kaupunkiseudun vähintään kolmen huoneiston asuinkiinteistöt
KsAk1-2	=	kaupunkiseudun omakoti- ja paritalot
KsTp	=	kaupunkiseudun toimipaikkakiinteistöt
MsAk3-	=	muun seudun vähintään kolmen huoneiston asuinkiinteistöt
MsAk1-2	=	muun seudun omakoti- ja paritalot
MsTp	=	muun seudun toimipaikkakiinteistöt
np-kartonki	=	nestepakkauksen kartonki

2 PERUSTIEDOT JÄTTEEN MÄÄRÄSTÄ JA LAADUSTA

2.1 Jätteen määrä ja koostumus

PHJ:n toimialueella syntyvän jätteen kokonaismäärä on 83 400 tonnia vuodessa, josta kotitalousjätteen osuus on 51 p-% (taulukko 1, kuva 1). Yhdyskuntajätteen määrä on laskettu asukas- ja työpaikkamääriin (taulukko 2) sekä ominaisjättemääriin perustuen.

Laskentaa varten työpaikat on ryhmitelty lähteessä YTV (1991) esitettyihin kahdeksaan tyyppiin, sillä ominaisjättemäärät ja jätteen koostumus vaihtelevat toimialoittain. Ryhmittelyperusteena on käytetty Tilastokeskuksen toimialaluokitusta (Tilastokeskus 1993). Laskennassa on käytetty 31.12.1995 mukaisia asukas- ja työpaikkamääriä (Tilastokeskus 1997). Rakentamisen työpaikkoja (=2 930 työpaikkaa) ei ole otettu huomioon, sillä rakennusjätteet on rajattu tämän tarkastelun ulkopuolelle.

Taulukko 1. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n (PHJ) toimialueen tarkastelussa käytetyt jättemäärät ja jätteen koostumus jätteentuottajittain esitettynä. Jättemäärät on laskettu asukas- ja työpaikkamäärien (Tilastokeskus 1997) sekä ominaisjättemäärien ja koostumustietojen (YTV 1991, Rahkonen ja Salonen 1997) perusteella.

Jätteen tuottaja/ jätejäte	Jättemäärä (t a ⁻¹)		Osuus(p-%)
	Kaupunkiseutu	Muu seutu	
I Vähintään kolmen huoneiston asuinkiinteistöt			
Keräyspaperi	6 300	400	30
Keräyspahvi	650	50	3
Biojäte	5 900	350	28
Lasi	850	50	4
Metalli	850	50	4
Muovi	1 450	100	7
Tekstiili, kumi, nahka ja vaipat	1 050	50	5
Nestepakkauskartonki	400	50	2
Kartonki	400	50	2
Muu palava jäte	2 300	150	11
Muu palamaton jäte	850	50	4
Yhteensä	21 000	1 350	100
II Alle kolmen huoneiston asuinkiinteistöt			
Keräyspaperi	3 250	2 250	30
Keräyspahvi	300	250	3
Biojäte	3 000	2 100	28
Lasi	450	300	4
Metalli	450	300	4
Muovi	750	550	7
Tekstiili, kumi, nahka ja vaipat	550	400	5
Nestepakkauskartonki	200	150	2
Kartonki	200	150	2
Muu palava jäte	1 200	850	11
Muu palamaton jäte	450	300	4
Yhteensä	10 800	7 600	100
III Toimipaikkakiinteistöt			
Keräyspaperi	7 000	1 400	20
Keräyspahvi	6 700	1 300	19
Biojäte	9 250	1 850	26
Lasi	550	200	2
Metalli	850	250	2
Muovi	2 050	550	6
Tekstiili, kumi, nahka ja vaipat	700	150	2
Nestepakkauskartonki	-(1)	-(1)	-(1)
Kartonki	-(1)	-(1)	-(1)
Puu	2 500	450	7
Muu palava jäte	4 500	1 250	13
Muu palamaton jäte	950	250	3
Yhteensä	35 050	7 650	100

(1) Sisältyy muuhun palavaan jätteeseen.

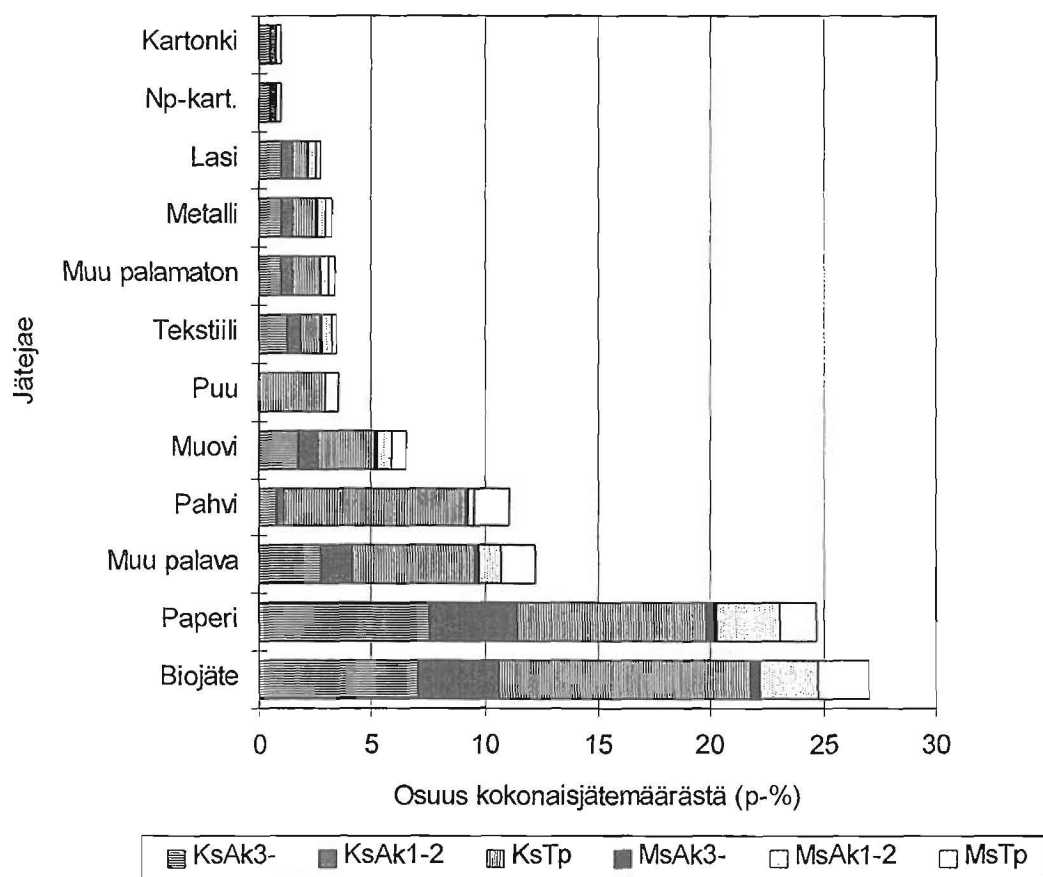
PHJ:n toimialueella syntyvän yhdyskuntajätteen kertymiä ja koostumusta on tutkittu melko vähän. Kotitalousjätteen ominais määrä ja koostumus on arvioitu PHJ:n vuosien 1996 ja 1997 vaihteessa tekemän lajittelukokeilun (Rahkonen ja Salonen 1997) sekä lähteiden YTV (1991) ja Tanskanen (1997a) perusteella (taulukko 3, taulukko 4).

Toimipaikoilla syntyvän yhdyskuntajätteen määrää ja koostumusta ei ole tutkittu PHJ:n toimialueella. Tarkastelun lähtötietoina on käytetty pääkaupunkiseudulla vuonna 1990 tehdyn tutkimuksen tuloksia (YTV 1991), jotka perustuvat kenttätutkimuksiin sekä aiempiin selvityksiin. Teollisuuskiinteistöissä syntyvän jätteen ominaiskertymä ja puujakeen osuus kokonaisjättemäärästä on arvioitu PHJ:n mittaamien jättemäärien perusteella (PHJ Oy 1997). Lähtötietoina käytettyjä ominaiskertymiä ja jätteen koostumusta voidaan pitää lähinnä suuntaa antavina (taulukko 3, taulukko 4).

Taulukko 2. Jätteen määrän laskennassa käytetyt asukas- ja työpaikkamäärät (Tilastokeskus 1997) sekä tilastokeskuksen vuoden 1995 toimialaluokituksen (Tilastokeskus 1993) perustuva toimipaikkojen jako erilaisiin jätteen tuottajiin.

Jätteen tuottaja	Asukas- tai työntekijämäärä		Toimialaluokituksen ryhmät ⁽¹⁾
	A. Kaupunkiseutu	B. Muu seutu	
Asuinkiinteistöt	138 083	38 637	-
- ≥ 3 huoneistoa	91 279	5 724	-
- < 3 huoneistoa	46 804	32 913	-
Työpaikkakiinteistöt	50 281	12 245	
- teollisuuskiinteistöt	15 225	2 714	D
- varasto- ja tukkukauppakiint.	1 950	165	G51
- vähittäistäiskauppa	4 946	743	G50, G52
- hotellit ja ravintolat	1 557	309	H
- julkishallinnon toimistot	2 482	282	L, Q
- julkiset laitokset	13 810	1 775	E, M, N, O
- yksityiset toimistot ja palvelulaitokset	8 612	1 398	I, J, K
- muut	1 699	4 859	A, B, C, P, X

- (1) D Teollisuus
 G51 Agentuuritoiminta ja tukkukauppa pois lukien moottoriajoneuvojen kauppa.
 G50 Moottoriajoneuvojen kauppa, korjaus ja huolto sekä polttoaineen vähittäismyynti
 G52 Vähittäiskauppa pois lukien moottoriajoneuvot; kotitaloustavaroiden korjaus.
 H Majoitus- ja ravitsemustoiminta.
 L Julkinen hallinto ja maanpuolustus; pakollinen sosiaalivakuutus.
 Q Kansainväliset järjestöt ja ulkomaiset edustustot.
 E Sähkö-, kaasu- ja vesihuolto.
 M Koulutus.
 N Terveystieteiden ja sosiaalipalvelut.
 O Muut yhteiskunnalliset ja henkilökohtaiset palvelut.
 I Kuljetus, varastointi ja tietoliikenne.
 J Rahoitustoiminta.
 K Kiinteistö-, vuokraus- ja tutkimuspalvelut; liike-elämän palvelut.
 A Maatalous, riistatalous ja metsätalous.
 B Kalatalous.
 C Mineraalien kaivu.
 P Työnantajakotitaloudet.
 X Toimiala tuntematon.



Kuva 1. Arvio PHJ:n toimialueella syntyvän yhdyskuntajätteen koostumuksesta. Tekstiilijätteen sisältyy myös kumi, nahka ja vaippajäte. Käytetyt lyhenteet on selitetty sivulla 6.

Taulukko 3. PHJ Oy:n toimialueen tarkastelussa käytetyt ominaisjättemäärän arvot.

Jätteen tuottaja	Ominaisjättemäärä (kg hlö ⁻¹ a ⁻¹)	Lähde
Asuinkiinteistöt		
- ≥ 3 huoneistoa	230	Rahkonen ja Salonen 1997
- < 3 huoneistoa	230	Rahkonen ja Salonen 1997
Työpaikkakiinteistöt		
- teollisuuskiinteistöt	750	PHJ Oy 1997
- varasto- ja tukkukauppakiint.	1 000	YTV 1991
- vähittäistäiskauppa	1 250	YTV 1991
- hotellit ja ravintolat	1 250	YTV 1991
- julkishallinnon toimistot	200	YTV 1991
- julkiset laitokset	700	YTV 1991
- yksityiset toimistot ja palvelulaitokset	300	YTV 1991
- muut	300	YTV 1991

Taulukko 4. PHJ Oy:n toimialueen tarkastelussa käytetty arvio kotitalousjätteen ja eri toimialoilla muodostuvan jätteen koostumuksesta (Rahkonen ja Salonen 1997, YTV 1991, Tanskanen 1997a).

Jätejae	Osuus jätteestä (p-%)								
	Kotitaloudet	Teollisuus	Varasto- ja tukku-kauppa	Vähittäis-kauppa	Hotellit ja ravintolat	Julkishallinnon toimistot	Julkiset laitokset	Yksityiset toimistot ja palvelulaitokset	Muut
Keräyspaperi	30	20	8	6	9	39	28	36	16
Keräyspahvi	3	26	23	42	4	4	5	4	11
Biojäte	28	17	31	18	57	14	39	15	21
Lasi	4	1	1	2	3	3	1	4	4
Metalli	4	1	4	3	2	6	2	6	5
Muovi	7	3	15	8	6	8	5	8	11
Tekstiili, kumi, nahka ja vaipat	5	2	2	2	2	2	2	2	2
Nestepakkauskartonki	2	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)
Kartonki	2	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)	-(1)
Puu	-	20	5	2	0	0	0	0	0
Muu palava	11	7	8	15	14	19	15	19	25
Muu palamaton	4	3	3	2	3	5	3	6	5
Yhteensä	100	100	100	100	100	100	100	100	100

(1) Sisältyy palavaan jätteeseen.

2.2 Jätejakeiden haitta-ainepitoisuudet ja lämpöarvot

Pelkonen ym. (1997) ovat koonneet jätejakeiden haitta-ainepitoisuuksia kirjallisuuteen perustuen pääkaupunkiseudun yhdyskuntajätehuollon mallintamista varten. Tässä tarkastelussa on käytetty hyväksi näitä samoja lähtötietoja, sillä tarkempaa tietoa jätejakeiden haitta-ainepitoisuuksista ei ole käytettävissä (taulukko 5).

Taulukko 5. Jätejakeiden haitta-ainepitoisuudet märkäpainoina ilmoitettuina (Pelkonen ym. 1997).

Jätejakee	Haitta-ainepitoisuus (g t ⁻¹)				
	Cl	Pb	Cd	Hg	Zn
Paperi	2 580	25,8	0,43	0,26	129,0
Pahvi ja kartonki	777	25,8	0,34	0,04	137,6
Biojäte	2 550	2,0	0,07	0,03	20,4
Lasi	0	30,0	1,30	1,06	150,0
Metalli	0	3 000,0	15,00	1,00	500,0
Muovi	39 600	36,0	1,62	0,10	135,0
Tekstiili	4 500	0	0,63	0,12	90,0
Np-kartonki	507	25,8	0	0	17,2
Puu	70	14,0	0	0,08	7,0
Muu palava	1 300	130,0	3,25	0,13	650,0
Muu palamaton	0	27,0	1,17	0,95	135,0

Jätejakeiden lämpöarvojen lähteenä on (Pelkonen ym. 1997) ja purkupuun osalta (PHJ Oy 1997):

Jätejakee	Lämpöarvo (MWh/t)
Paperi	4,80
Pahvi ja kartonki	4,70
Biojäte	0,90
Lasi	0,10
Metalli	0,20
Muovi	9,00
Kumi ja nahka	7,45
Np-kart.	6,30
Puu	4,00
Muu palava jäte	4,60
Muu palamaton jäte	0,00

2.3 Lajittelutehokkuuden arvot

Lajittelutehokkuudet on arvioitu erikseen kaikille jätteen tuottajille ja erilliskerättäville jätelajeille. Oletuksena on, että jäteneuvontaa tehostamalla ihmisten kykyä ja halukkuutta lajitella voidaan selvästi lisätä. Eri lajittelustrategioilla saavutettavien hyödyntämistapojen laskennassa on käytetty kolmia eri lajittelutehokkuuden arvoja (taulukko 6):

1. Nykyisellä neuvonta- ja motivointityöllä saavutettavissa olevat lajittelutehokkuuden arvot alueella, jossa erilliskeräys on vakiintunut (=nykytila).
2. Jäteneuvontaa tehostamalla saavutettavissa olevat lajittelutehokkuuden arvot (=tavoitetila).
3. Teoreettiset ja korkeat arvot, joiden saavuttaminen voi käytännössä olla vaikeaa (=teoreettinen tila).

Lajittelutehokkuudet on arvioitu kirjallisuuden, PHJ:n tekemän lajittelukokeilun (Rahkonen ja Salonen 1997) ja nykytilan osalta myös vuonna 1996 erilliskerättyjen jätemäärien perusteella. Lajittelutehokkuudet voivat käytännössä vaihdella paljon, eikä eri tekijöiden vaikutuksia lajittelutehokkuuden arvoihin tunneta tarkasti. Saarikoski (1995) ja Tanskanen (1996) ovat arvioineet lajittelutehokkuuksia aiempien lajittelukokeilujen perusteella (taulukko 7). Saarikosken (1995) tutkimuksen seurantaryhmän jäsenet ovat arvioineet, että kiinteistökohtaisessa keräyksessä voidaan saavuttaa 50 - 80 %:n lajittelutehokkuus. Useimpien seurantaryhmän jäsenten mielestä jopa yli 60 %:n lajittelutehokkuus on saavutettavissa keräyksen vakiinnuttua. Lajittelutehokkuutta on tutkittu kokeellisesti mm. pääkaupunkiseudulla (Salo ja Saarikoski 1992, YTV 1994).

Nykytilan mukaiset lajittelutehokkuudet

Kiinteistökohtaisessa keräyksessä paperin ja pahvin lajittelutehokkuudeksi on oletettu 70 %, joka on hieman pienempi kuin YTV:n tekemässä lajittelukokeilussa saama 75 %:n arvo (Salo ja Saarikoski 1992). Arvoa on pienennetty PHJ:n toimialueella vuonna 1996 toteutuneiden saantojen perusteella (PHJ Oy 1997). Biojätteensä kiinteistöllä kompostoitavien jätteen tuottajien lajittelutehokkuudeksi on oletettu 80 % ja erilliskeräykseen osallistuvien lajittelutehokkuudeksi asuinkiinteistöillä 50 % ja toimipaikkakiinteistöillä 30 %. YTV:n alueella tehdyissä kokeellisissa tutkimuksissa biojätteen lajittelutehokkuudeksi on saatu 47 % (YTV 1994) sekä 16 - 40 % (Salo ja Saarikoski 1992).

Lasin lajittelutehokkuuden on oletettu olevan 70 %, metallin 50 % ja palavan jätteen 50 % (Rahkonen ja Salonen 1997). Puun lajittelutehokkuudeksi on arvioitu 70 %, ja kaikkien alueellisesti kerättävien jätelajien lajittelutehokkuudeksi 10 %. Pääkaupunkiseudulla nestepakkauskartongin lajittelutehokkuus aluekeräyksessä on noin 20 % (Salo 1996).

Taulukko 6. PHJ Oy:n toimialueen tarkastelussa käytetyt lajittelutehokkuuden arvot.

Keräyspiste/jätelaji	Lajittelutehokkuus (%)		
	Nykytila	Tavoitetila	Teoreettinen tila
Asuinkiinteistöt ≥ 3 huoneistoa			
- paperi	70	95	95
- pahvi	70	90	95
- biojäte	50	65	95
- biojäte (kotikomp.)	50	65	95
- palava jäte	50	70	95
- lasi	70	70	95
- metalli	50	70	95
- 3 pussin keräys			
* biojäte	50	65	95
* palava jäte	50	70	95
Asuinkiinteistöt < 3 huoneistoa			
- paperi	70	95	95
- biojäte	50	80	95
- biojäte (kotikomp.)	80	80	95
- palava jäte	50	70	95
- poltto kiinteistöllä	80	80	95
- 3 pussin keräys			
* biojäte	50	80	95
* palava jäte	50	70	95
Kotitalousjätteen aluekeräys			
- paperi	10	50	70
- pahvi	10	50	70
- lasi	10	50	70
- metalli	10	50	70
- nestepakkauskartonki	10	50	70
Toimipaikkakiinteistöt			
- paperi	70	95	95
- pahvi	70	90	95
- biojäte	30	65	95
- palava jäte	50	70	95
- lasi	50	70	95
- metalli	50	70	95
- puu	70	90	95

Tavoitetilan mukaiset lajittelutehokkuudet

PHJ:n tekemän lajittelukokeilun perusteella (Rahkonen ja Salonen 1997) paperin kiinteistökohtaisessa keräyksessä voidaan päästä 95 %:n lajittelutehokkuuteen. Pahvin maksimaalisen lajittelutehokkuuden on oletettu olevan 90 %. PHJ:n lajittelukokeilussa saavutettu biojätteen lajittelutehokkuus, 65 %, on muihin kokemuksiin verrattuna melko korkea, ja sitä on käytetty suoraan tavoitetilan arvona kerrostaloissa ja toimipaikkakiinteistöillä. Omakotitaloissa saavutettavissa olevaksi arvoksi on oletettu 80 %.

Lasin, metallin ja palavan jätteen kiinteistökohtaisessa keräyksessä on oletettu päästävän 70 %:n lajittelutehokkuuteen. Perusteena arvolle on PHJ lajittelukokeilu, jossa tämä arvo on saavutettu lasin lajittelussa. Toimipaikkakiinteistöillä syntyvän puun lajittelutehokkuudeksi on arvioitu 90 %. Kaikkien alueellisesti kerättävien jakeiden suurimmaksi saavutettavissa olevaksi lajittelutehokkuuden arvoksi on oletettu 50 %.

Taulukko 7. Eri lähteissä esitettyjä lajittelutehokkuuden arvoja.

Keräyspiste/ jätelaji	Lajittelutehokkuus (%)		
	Tanskanen 1996 ⁽¹⁾	Saarikoski 1995 ⁽²⁾	Rahkonen ja Salonen (1997) ⁽³⁾
1. Asuinkiinteistöt			
- paperi	90	80 - 90	96
- biojäte	60	40 - 50	65
- palava jäte	70	.	51
- metalli	.	.	47
- lasi	.	.	72
- pahvi ja kartonki	.	.	73
2. Aluekeräyspisteet			
- paperi	50	.	.
- pahvi	40	.	.
- lasi	40	25	.
- metalli	40	.	.
- palava jäte	40	.	.
3. Työpaikkakiinteistöt			
- paperi	90	80 - 90	.
- pahvi	90	.	.
- biojäte	60	40 - 50	.
- lasi	60	50 - 80	.
- metalli	60	43 - 50	.
- nestepakkauskartonki	.	43	.
- palava jäte	70	.	.

(1) Lajittelutehokkuuden arvot on arvioitu aiempien lajittelukokeilujen perusteella.

(2) Lajittelutehokkuuden arvot on saatu useista eri lähteistä. Alkuperäisessä lähteessä kiinteistökohtaisen keräyksen talteenottoasteita ei ole esitetty erikseen asuin- ja työpaikkakiinteistöillä.

(3) Arvot perustuvat PHJ:n alueella suoritettuun lajittelukokeiluun.

Teoreettiset lajittelutehokkuuden arvot

Tutkimuksessa on laskettu hyödyntämisasteita myös korkeilla, teoreettisilla lajittelutehokkuuden arvoilla, joiden saavuttaminen voi käytännössä olla vaikeaa. Näissä tarkasteluissa kiinteistökohtaisesti järjestetyn keräyksen lajittelutehokkuudeksi on oletettu 95 % ja alueellisesti järjestetyn keräyksen tehoksi 70 %. Oletut lajittelutehokkuudet lienevät saavutettavissa lähinnä paperin ja pahvin kiinteistökohtaisessa keräyksessä.

3 YKSIKKÖKUSTANNUKSET

Yksikkökustannukset on laskettu PHJ:n alueella tehtyihin selvityksiin ja PHJ:n kokemusperäiseen tietoon perustuen. Kustannuksiin on otettu mukaan sekä muuttuvat että kiinteät kustannukset, jotka on esitetty jätetonnina kohti laskettuina yksikkökustannuksina. Yksikkökustannuksiin ei ole sisällytetty PHJ:n toiminnan yleiskustannuksia, sillä ne eivät suuresti vaihtelee eri skenaarioiden välillä. Lisäksi yleiskustannusten osuus kokonaiskustannuksista on arvioitu hyvin pieneksi (PHJ Oy 1997).

3.1 Jäteastiat keittiössä

Tarkastelussa on otettu huomioon jätteiden lajittelun aiheuttama lisäastioiden tarve asuinkiinteistöjen keittiöissä. Oletuksena on, että sekajätettä, biojätettä ja palavaa jätettä varten hankitaan erilliset astiat. Astioiden yksikkökustannukset vaihtelevat jätekertymien mukaan (taulukko 8).

Taulukko 8. Lähtötietoina käytetyt keittiöastioiden yksikkökustannukset.

Jätteen tuottaja	Jätelaji	Yksikkökustannus (mk t ⁻¹)
Asuinkiinteistöt (≥3 huoneistoa)	sekajäte	33
	biojäte	81
	palava jäte	84
Asuinkiinteistöt (1 - 2 huoneistoa)	sekajäte	22
	biojäte	44
	palava jäte	56

Keittiöastioiden hankintahintana on käytetty 50 mk, pitoaikana 10 vuotta ja korkokantana kuusi prosenttia (PHJ Oy 1997). Vuosikustannukset on muutettu yksikkökustannuksiksi laskemalla vuosittain kunkin jäteastian kautta kulkeva keskimääräinen jätemäärä. Jättemäärät on laskettu seuraavien lähtötietojen perusteella:

- Asuinhuoneistojen keskimääräinen asukasmäärä on vähintään kolmen huoneiston asuinkiinteistöillä 2 henkilöä ja alle kolmen huoneiston asuinkiinteistöillä 3 henkilöä.
- Ominaisjätemäärä on 230 kg hlö⁻¹a⁻¹.
- Sekajätteen osuus kokonaisjätemäärästä on 45 p-%.
- Biojätteen osuus kokonaisjätemäärästä on 28 % ja lajittelutehokkuus vähintään kolmen huoneiston kiinteistöillä on 65 % sekä alle kolmen huoneiston kiinteistöillä 80 %.
- Palavan jätteen osuus kokonaisjätemäärästä on 25 %, ja lajittelutehokkuus 70 %.

3.2 Jätteen tuottajien omat kuljetukset

Jätteen tuottajien omilla autoillaan suorittaman jätteenkuljetuksen yksikkökustannuksiin (taulukko 9) on sisällytetty ainoastaan ajoneuvokustannukset, jotka on laskettu keskimääräisten kuljetusmatkojen (taulukko 10) ja seuraavien olettamusten perusteella:

- 90 % aluekeräyspisteisiin tehtävistä matkoista tehdään omilla autoilla, ja jätteiden kuljetus on syynä 50 %:iin näistä matkoista.
- Keskimääräinen yhdellä kertaa kuljetettava jätemäärä on 10 kg.
- Henkilöauton keskimääräinen kilometrikustannus on 158 p km⁻¹ (Tielaitos 1995). Kustannus koostuu seuraavista osista: polttoaine (18 p km⁻¹), korjaus, huolto ja voitelu (21 p km⁻¹), renkaat (3 p km⁻¹), ylläpito (1 p km⁻¹), hallinto (1 p km⁻¹), pääomakustannukset (71 p km⁻¹) ja liikenteen erityisverot (43 p km⁻¹).

Taulukko 9. PHJ:n alueen mallintamisessa käytetyt jätteentuottajien suorittamien jätteenkuljetusten yksikkökustannukset.

Jätelaji	Vuosi 1996 (mk t ⁻¹)	Muut skenaariot (mk t ⁻¹)
A. Kaupunkiseutu		
- paperi	71	71
- pahvi ja kartonki	213	71
- lasi	71	71
- metalli	213	71
- nestepakkauskartonki	213	71
B. Muu seutu		
- paperi	569	213
- pahvi ja kartonki	853	213
- lasi	427	213
- metalli	853	213
- nestepakkauskartonki	-	213
- biojäte	-	213
- palava jäte	-	213
- sekajäte	-	213

Taulukko 10. Jätteentuottajien ja alueellisten keräyspisteiden väliset etäisyydet nykytilan ja tavoitetilan mukaisilla lajittelutehokkuuksilla (PHJ Oy 1997).

Jätelaji	Nykytila (km)	Tavoitetila (km)
A. Kaupunkiseutu		
- paperi	0,5	0,5
- pahvi ja kartonki	1,5	0,5
- lasi	0,5	0,5
- metalli	1,5	0,5
- nestepakkauskartonki	1,5	0,5
B. Muu seutu		
- paperi	4,0	1,5
- pahvi ja kartonki	6,0	1,5
- lasi	3,0	1,5
- metalli	6,0	1,5
- nestepakkauskartonki	-	1,5
- biojäte	-	1,5
- palava jäte	-	1,5
- sekajäte	-	1,5

3.3 Astia-, keräys- ja kuljetusjärjestelmä

Astia-, keräys- ja kuljetuskustannukset on laskettu erikseen kaikille keräyspistetyypeille ja erilliskerättäville jätelajeille. Jätekertymät vaihtelevat hyödyntämistapojen mukaan, joten yksikkökustannukset on laskettu erikseen kaikille lajittelustrategioille (taulukot 11, 12).

Taulukko 11. Kaupunkiseudulla erilliskerättävät jätelajit, käytetyt astiatyypit sekä astia-, keräys- ja kuljetuskustannukset tarkastelluissa tapauksissa.

Keräyspistetyyppi	Jätelaji	Astiatyyppi	Yksikkökustannus (mk t ⁻¹)							
			I	IIb	IIIb	IVb	Vc	VIb	VIIIb	IX
Asuinkiinteistö (≥3 huoneistoa)	sekajäte	jäteastia (0,60)	637	720	762	762	719	762	753	719
	paperi	jäteastia (0,60)	636	529	529	529	529	529	529	529
	pahvi/kartonki	jäteastia (0,60)	4377	3261	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,24)	1156	1162	1162	1162	1156	1162	1162	1156
	palava jäte	jäteastia (0,60)	-	-	1014	1014	943	1014	1014	943
	lasi	jäteastia (0,24)	-	1967	1967	1967	1967	1967	-	1967
	metalli	jäteastia (0,24)	-	2642	2642	2642	2642	2642	-	2642
	seka/bio/palava	jäteastia (0,60)	-	-	-	-	757	-	-	757
	Asuinkiinteistö (<3 huoneistoa)	sekajäte	jätesäkki (0,15)	1270	1529	1529	1529	-	1237	1237
	paperi	jäteastia (0,12)	-	2355	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,12)	-	5444	5444	5444	-	-	-	-
	palava jäte	jäteastia (0,12)	-	-	3761	3761	-	-	-	-
	seka/bio/palava	jäteastia (0,24)	-	-	-	-	1359	-	-	1359
Aluekeräyspiste	paperi	pikakontti (4,00)	717	-	305	305	305	305	305	305
	pahvi/kartonki	pikakontti (4,00)	2692	1646	-	-	-	1646	1646	-
	lasi	lasiastia (1,30)	1241	752	752	752	752	752	462	752
	metalli	pikakontti (4,0)	586	1122	1122	1122	1122	1122	538	1122
	np-kartonki	pikakontti (4,00)	1460	2325	-	-	-	2800	2800	-
Toimipaikka- kiinteistö	sekajäte	jäteastia (0,60)	599	646	666	666	666	666	666	682
	paperi	pikakontti (0,60)	288	295	276	276	276	276	276	295
	pahvi	pikakontti (0,60)	1045	1066	1029	1029	1029	1029	1029	1066
	biojäte	jäteastia (0,24)	861	920	975	975	975	975	975	920
	lasi	jäteastia (0,24)	716	795	667	667	667	667	667	795
	metalli	jäteastia (0,24)	1247	1294	1210	1210	1210	1210	1210	1294
	palava jäte	pikakontti (0,60)	-	-	658	658	658	658	658	658
	puu	vaihtolava (12,5)	697	921	595	595	595	595	595	921

Huom! Tarkastellut tapaukset (I-IX) on kuvattu yksityiskohtaisesti julkaisussa Tanskanen (1997b).

Taulukko 12. Muulla seudulla erilliskerätyt jätelajit, käytetyt astiatyypit sekä astia-, keräys- ja kuljetuskustannukset tarkastelluissa tapauksissa.

Keräyspistetyyppi	Jätelaji	Astiatyyppi	Yksikkökustannus (mk t ⁻¹)							
			I	Iib	IIIb	IVb	Vc	VIb	VIIb	IX
Asuinkiinteistö (≥3 huoneistoa)	sekajäte	jäteastia (0,60)	967	1194	1404	1404	1144	1023	1404	1144
	paperi	jäteastia (0,60)	1246	1154	1154	1154	1154	1154	1154	1154
	pahvi/kartonki	jäteastia (0,60)	6548	6379	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,24)	-	1514	1514	1514	1341	-	1514	1341
	palava jäte	jäteastia (0,60)	-	-	2055	2055	1498	-	2055	1498
	seka/bio/palava	jäteastia (0,60)	-	-	-	-	961	-	-	961
Asuinkiinteistö (<3 huoneistoa)	sekajäte	jätesäkki (0,15)	1146	2201	2265	2085	-	1465	1465	-
	paperi	jäteastia (0,12)	-	2807	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,12)	-	5158	5158	5158	-	-	-	-
	palava jäte	jäteastia (0,12)	-	-	4571	4571	-	-	-	-
	seka/bio/palava	jäteastia (0,24)	-	-	-	-	1796	-	-	1796
Aluekeräyspiste	paperi	pikakontti (4,00)	2102	-	722	722	722	722	722	722
	pahvi/kartonki	pikakontti (4,00)	3233	4336	-	-	-	3890	4336	-
	lasi	lasiastia (1,30)	4184	1374	1374	1374	1374	1374	1374	1374
	metalli	pikakontti (4,00)	2832	2308	2308	2308	2308	2308	2308	2308
	np-kartonki	pikakontti (4,00)	-	9230	-	-	-	9230	9230	-
	biojäte	pikakontti (4,00)	-	-	-	1433	-	-	-	-
	palava jäte	pikakontti (4,00)	-	-	-	1287	-	-	-	-
	sekajäte	pikakontti (4,00)	-	-	-	679	-	-	-	-
Toimipaikka- kiinteistö	sekajäte	jäteastia (0,60)	1042	1208	1208	1208	1208	1208	1208	1233
	paperi	pikakontti (0,60)	392	413	330	330	330	330	330	413
	pahvi	pikakontti (0,60)	1393	1440	1377	1377	1377	1377	1377	1440
	biojäte	jäteastia (0,24)	-	857	878	878	878	878	878	858
	lasi	jäteastia (0,24)	852	868	744	744	744	744	744	868
	metalli	jäteastia (0,24)	1373	1421	1324	1324	1324	1324	1324	1421
	palava jäte	pikakontti (0,60)	-	-	811	811	811	811	811	811
	puu	vaihtolava (12,5)	1246	1536	969	969	969	969	969	1536

Huom! Tarkastellut tapaukset (I-IX) on kuvattu yksityiskohtaisesti julkaisussa Tanskanen (1997b).

Astiakustannusten laskentaperusteet

Astiakustannukset on laskettu määrittämällä yhden astian vuosikustannus sekä astiamäärä ja jätekertymä keskimääräisellä keräyspisteellä (kaava 1):

$$K_{ap,i} = (k_{a,i} + k_{p,i} * A_i) * n_i * m_i^{-1} \quad (1)$$

jossa K_{ap} = astiakustannus tonnia kohti (mk t⁻¹)
 k_a = jäteastian vuosikustannus (mk a⁻¹)
 k_p = keräyspisteen rakenteiden vuosikustannus (mk m⁻²a⁻¹)
 A = jäteastian tilantarve (m²)
 n = astiamäärä (kpl)
 m = jätekertymä (t a⁻¹)
 i = jätelaji.

Jäteastioiden vuosikustannus koostuu astioiden hankintahinnasta ja huoltokustannuksista (taulukko 13). Huoltokustannukseen on sisällytetty keräysvälineen huollosta, varastoinnista, siirroista ja varaosista aiheutuvat kustannukset. Astiakustannuksiin on laskettu lisäksi pesu- ja säkkikustannukset. Sekajäteastiat pestään kerran ja biojäteastiat kaksi kertaa vuodessa, ja pesukustannus on 45 mk kerta. Alle kolmen huoneiston asuinkiinteistöjen on oletettu pesevän astiansa itse, eikä näitä kustannuksia ole sisällytetty tarkasteluun. Sekajätessäkkien (150 l) hankintahintana on käytetty 0,82 mk kpl⁻¹ ja biojätessäkkien (240 l) hankintahintana 3,6 mk kpl⁻¹. Laskentakorko on ollut kuusi prosenttia ja astioiden pitoaikana viisi vuotta (PHJ Oy 1997).

Taulukko 13. Keräysastioiden hankintahinnat (PHJ Oy 1997) ja huoltokustannukset (Tanskanen 1997a) sekä niiden perusteella lasketut vuosikustannukset. Vaihtolavan huoltokustannus on arvioitu.

Astiatyyppi	Hankintahinta (mk)	Huoltokustannus (mk a ⁻¹)	Vuosikustannus (mk a ⁻¹)	Huom!
Teline 150 l	200	15	62	
Jäteastia 120 l	190	240	285	
Jäteastia 240 l	200	240	287	
Jäteastia 600 l	800	240	430	pyörällinen
Pikakontti 4 m ³	5 000	1 320	2 507	
Pikakontti 6 m ³	5 000	1 320	2 507	
Pikakontti 8 m ³	6 320	1 485	2 985	
Lasiastia 0,85 m ³	1 100	190	451	
Lasiastia 1,3 m ³	3 950	190	1 128	
Vaihtolava 12,5 m ³	12 500	500	3 468	

Keräyspisteen rakenteiden kustannukset on sisällytetty vähintään kolmen huoneiston asuinkiinteistöjen sekä toimipaikkakiinteistöjen ja aluekeräyspisteiden astiakustannuksiin. Alle kolmen huoneiston kiinteistöjen osalta keräyspisteen rakenteiden kustannuksia ei ole sisällytetty tarkasteluun, sillä näillä kiinteistöillä ei useinkaan tarvita erillistä jätekatosta astioiden vähäisen määrän vuoksi.

Keräyspistekustannus on yhtä neliötä kohti lasketun vuosikustannuksen ja keräyspisteen astioiden tilantarpeen tulo. Vuotuisen neliökustannuksen laskentaan on käytetty PHJ:n kokemuseräisiä tietoja (PHJ Oy 1997). Laskentakorkona on käytetty kuutta prosenttia, keräyspisteen käyttöaikana 15 vuotta ja vuotuisena kunnossapitokustannuksena kaksi prosenttia investointikustannuksista (taulukko 14). Eri astiatyyppien tilantarve vaihtelee astioiden koon mukaan (taulukko 15).

Taulukko 14. PHJ:n (PHJ Oy 1997) ja YTV:n kokemusten (Tanskanen 1997a) perusteella arvioidut keräyspisteen rakenteiden yksikkökustannukset.

Tekijä	Keräyspisteen yksikkökustannus (mk m ⁻² a ⁻¹)		
	Asuin kiinteistöt (≥ 3 huoneistoa)	Toimipaikkakiinteistöt	Aluekeräyspisteet
Asfaltointi	21	19	16
Aitaus	31	28	25
Valaistus	10	9	8
Muut kustannukset	2	2	2
Huoltokustannus	1	1	1
Yhteensä	65	59	52

Taulukko 15. Keräyspistekustannusten laskennassa käytetyt tilantarpeet eri astiatyypeille.

Astiatyyppi	Tilantarve (m ²)	Lähde
Teline 150 l	1,2	Tanskanen 1996
Jäteastia 120 l	1,2	Tanskanen 1996
Jäteastia 240 l	1,2	Tanskanen 1996
Jäteastia 600 l	2,5	Tanskanen 1996
Pikakontti 4 m ³	11,0	Tanskanen 1996
Pikakontti 6 m ³	13,0	Tanskanen 1996
Pikakontti 8 m ³	18,0	Tanskanen 1996
Pikakontti 10 m ³	23,0	arvio, Säkkiväline Oy 1995
Lasiastia 1,3 m ³	3,5	arvio, Säkkiväline Oy 1995
Vaihtolava	23,0	arvio

Vuosittaiset jätekertymät on laskettu erikseen kaikille jätteen tuottajaryhmille. Sekajätteen kertymä on laskettu kaavan 2 ja hyötyjätelajien kertymät kaavan 3 avulla:

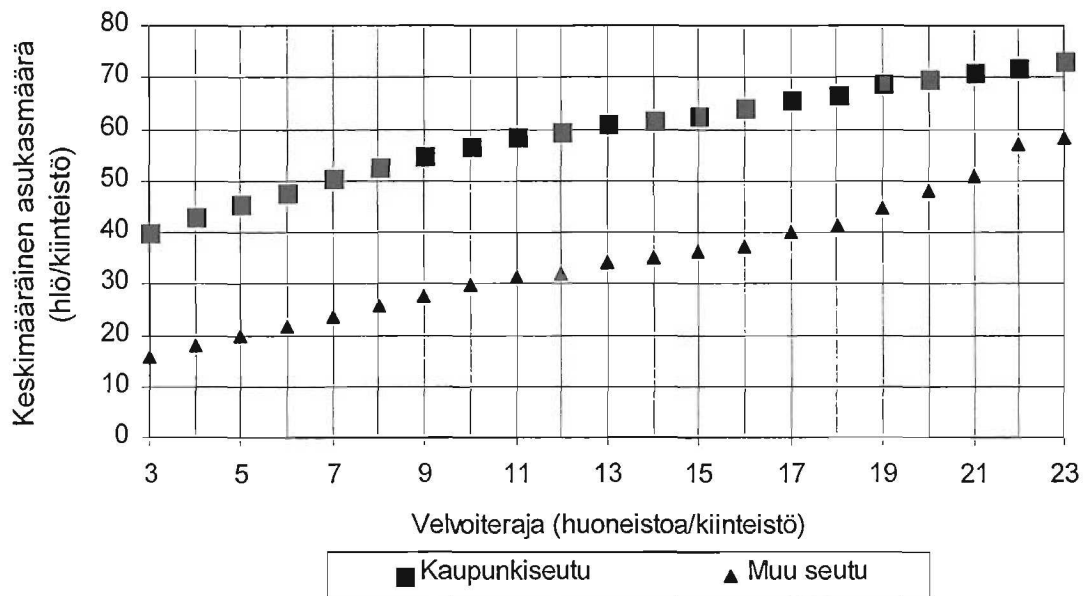
$$m_s = Q * (100 - T) / 100 \quad (2)$$

$$m_{h,i} = Q_i * t_i / 100 \quad (3)$$

joissa

- m_s = sekajätteen kertymä keräyspisteessä (t a⁻¹)
- m_h = hyötyjätelajin kertymä keräyspisteessä (t a⁻¹)
- Q = syntyvän jätteen määrä (t a⁻¹)
- T = hyötyjätteen kokonaiskeräysaste keräyspisteessä (%)
- t_i = lajittelutehokkuus (%; ks. taulukko 6)
- i = jätelajia kuvaava alaindeksi.

Yli kolmen huoneiston asuinkiinteistöillä vuotuinen jätekertymä (Q) on laskettu keskimääräisen kiinteistön asukasmäärän ja ominaisjättemäärän perusteella. Keskimääräisen kiinteistön asukasmäärä riippuu erilliskeräyksen kattavuudesta (kuva 2). Alle kolmen huoneiston asuinkiinteistöjen keskimääräinen asukasmäärä on PHJ:n kaupunkiseudulla 2,9 ja muulla seudulla 2,4 asukasta (Tilastokeskus 1997). Toimipaikkakiinteistöillä erilliskerättävien jätelajien keskimääräinen kertymä vaihtelee jätelajeittain (kuvat 3 - 7). Hyötyjätteen kokonaiskeräysaste määräytyy kulloinkin tarkasteltavan lajittelustrategian perusteella.



Kuva 2. Vähintään kolmen huoneiston asuinkiinteistöjen keskimääräisen asukasmäärän ja velvoiterajan välinen riippuvuus PHJ:n toimialueella. Asukasmäärätiedot perustuvat 31.12.1995 mukaiseen tilanteeseen (Tilastokeskus 1997).

Eri jätelajien astiamäärät vaihtelevat jätekertymästä, astiatyypistä, tyhjennystiheydestä, jätteen tilavuuspainosta ja täyttöasteesta riippuen. Tyhjennyskertojen määrä on mitoitettu siten, että astiatilavuus käytetään mahdollisimman tehokkaasti hyväksi (kaava 4):

$$n_i = m_i * (L_i * V_i * \rho_i * \beta_i)^{-1} + a \quad (4)$$

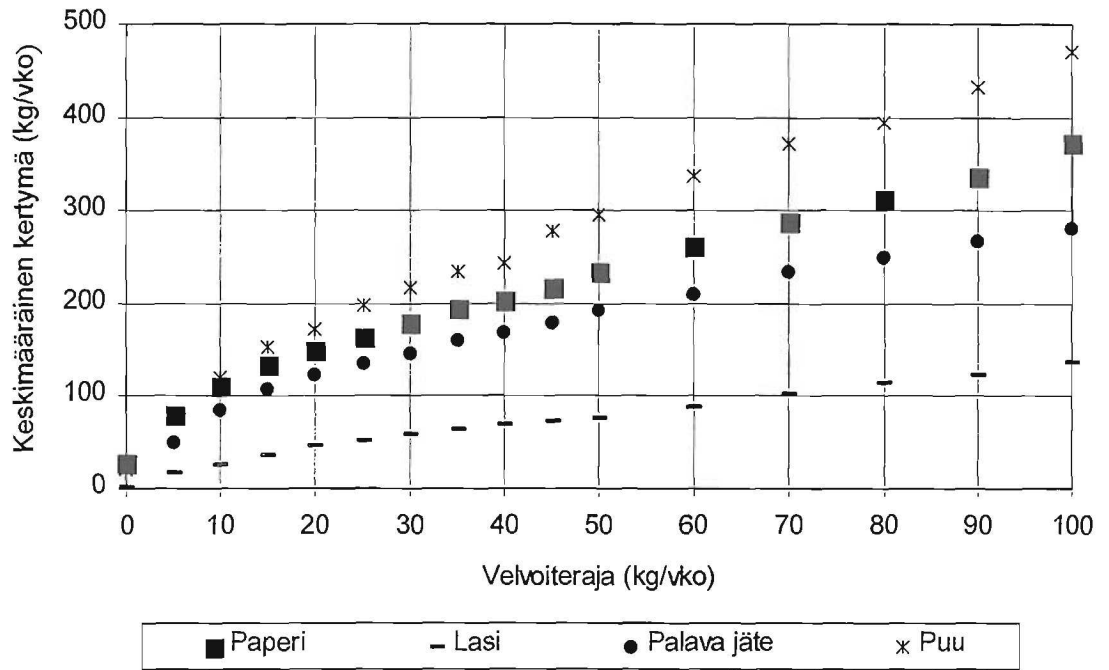
- jossa
- n = astiamäärä (kpl)
 - m = jätekertymä ($t \ a^{-1}$)
 - L = tyhjennyskertojen määrä ($krt \ a^{-1}$)
 - V = astiatilavuus (m^3)
 - ρ = jätelajin tilavuuspaino ($t \ m^{-3}$)
 - β = jäteastian täyttöaste (%)
 - a = pyöristysvakio, joka kuvaa keskimääräistä turhien astioiden määrää kiinteistöillä (0,32)
 - i = jätelajia kuvaava alaindeksi.

Tarvittavan astiamäärän laskenta perustuu PHJ:n toimialueella yleisimmin käytettyihin astiatyyppeihin. Uusien jätelajien osalta astiatyypit on arvioitu. Erilliskerättävien jätelajien tilavuuspainot ja täyttöasteet perustuvat aiempiin selvityksiin (taulukko 16). Jäteastioiden tyhjennystiheydet on valittu kaavan 4 perusteella siten, ettei astiamäärä keskimääräisellä kiinteistöllä kasva liian suureksi. Oletuksena on, että alle kolmen huoneiston kiinteistöillä ja aluekeräyspisteissä kullekin jätelajille on käytössä yksi astia. Muissa kiinteistöissä astiamäärä vaihtelee yhdestä ylöspäin. Biojäteastiat tyhjenetään talvella vähintään 26 ja kesällä vähintään 52 kertaa vuodessa. Sekajäteastioiden tyhjennystiheys on vähintään 26 kertaa vuodessa. Muiden jätelajien tyhjennystiheydet on valittu seuraavista vaihtoehdoista: 13 krt a⁻¹, 17 krt a⁻¹, 26 krt a⁻¹, 35 krt a⁻¹, 52 krt a⁻¹, 78 krt a⁻¹ ja 104 krt a⁻¹.

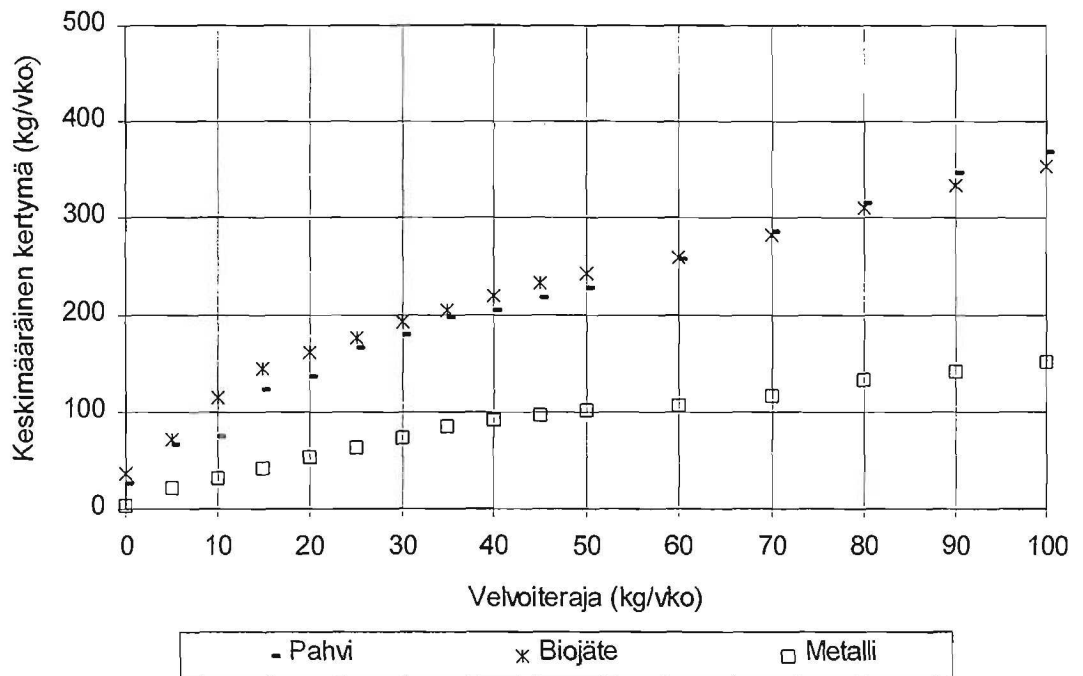
Astiamäärää ja tyhjennystiheyttä ei voida käytännössä mitoittaa tarkalleen jätekertymää vastaavaksi. Näin kiinteistöillä on turhaa astiakapasiteettia, joka on tässä tarkastelussa otettu huomioon lisäämällä keskimääräisen kiinteistön laskennalliseen astiamäärään pyöristysvakio. Pyöristysvakio on laskettu olettamalla, että ylimääräisen astiakapasiteetin suuruus vaihtelee tarkastelualueen kiinteistöillä tasaisesti. Niillä 20 %:lla kiinteistöistä, joilla ylimääräisen astian tilavuudesta tarvitaan enintään 20 %, oletetaan jätteentuottajien tiivistävän jätteensä aiempaa tehokkaammin, jolloin turhaa astiakapasiteettia ei tarvita. Lopuilla 80 %:lla kiinteistöistä keskimääräinen lisäastian tarve on 0,4 astiaa. Kaikkien jätteentuottajien osalle laskettu keskimääräinen pyöristysvakio on 0,32 astiaa.

Taulukko 16. Tarkastelussa käytetyt astiatyypit, tilavuuspainot ja täyttöasteet. Täyttöasteet perustuvat Tanskanen (1997a) tekemiin arvioihin.

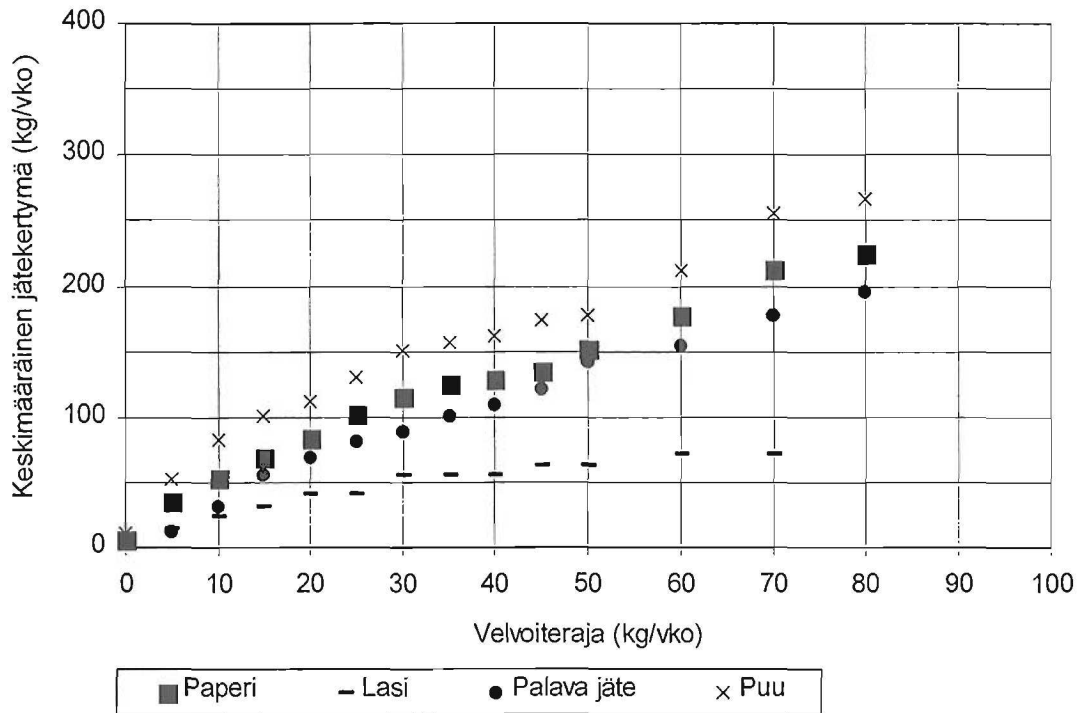
Keräyspistetyyppi	Jätelaji	Astiatyyppi	Astiatilavuus (m ³)	Tilavuuspaino (t m ⁻³)	Tilavuuspainon lähde	Täyttöaste (%)
Asuinkiinteistö (≥3 huoneistoa)	sekajäte	jäteastia	0,60	0,095	Nieminen ja Isoaho 1995	70
	paperi	jäteastia	0,60	0,200	Nieminen ja Isoaho 1995	60
	pahvi	jäteastia	0,60	0,038	Tanskanen 1996	60
	biojäte	jäteastia	0,24	0,200	Tanskanen 1996	60
	palava jäte	jäteastia	0,60	0,085	Nieminen ja Isoaho 1995	60
	lasi	jäteastia	0,24	0,360	Tanskanen 1996	60
	metalli	jäteastia	0,24	0,190	Tanskanen 1996	60
	seka/bio/palava	jäteastia	0,60	0,130	arvio	70
Asuinkiinteistö (<3 huoneistoa)	sekajäte	jätesäkki	0,15	0,120	Nieminen ja Isoaho 1995	90
	paperi	jäteastia	0,12	0,200	arvio, Nieminen ja Isoaho 1995	90
	biojäte	jäteastia	0,12	0,200	Tanskanen 1996	90
	palava jäte	jäteastia	0,12	0,085	arvio, Nieminen ja Isoaho 1995	90
	seka/bio/palava	jäteastia	0,24	0,130	arvio	90
Aluekeräyspiste	paperi	pikakontti	4,00	0,200	Nieminen ja Isoaho 1995	50
	pahvi	pikakontti	4,00	0,038	Tanskanen 1996	50
	lasi	lasiastia	1,30	0,360	Tanskanen 1996	50
	metalli	pikakontti	4,00	0,190	Tanskanen 1996	50
	np-kartonki	pikakontti	4,00	0,100	Tanskanen 1996	50
	biojäte	pikakontti	4,00	0,200	arvio, Tanskanen 1996	50
	palava jäte	pikakontti	4,00	0,085	Nieminen ja Isoaho 1995	50
	sekajäte	pikakontti	4,00	0,085	Nieminen ja Isoaho 1995	50
Toimipaikkakiinteistö	sekajäte	jäteastia	0,60	0,095	Nieminen ja Isoaho 1995	80
	paperi	pikakontti	0,60	0,200	Nieminen ja Isoaho 1995	80
	pahvi	pikakontti	0,60	0,038	Tanskanen 1996	80
	biojäte	jäteastia	0,24	0,200	Tanskanen 1996	80
	lasi	jäteastia	0,24	0,360	Tanskanen 1996	80
	metalli	jäteastia	0,24	0,190	Tanskanen 1996	80
	palava jäte	pikakontti	0,60	0,085	Nieminen ja Isoaho 1995	80
	puu	vaihtolava	12,5	0,120	RIL 1983	80



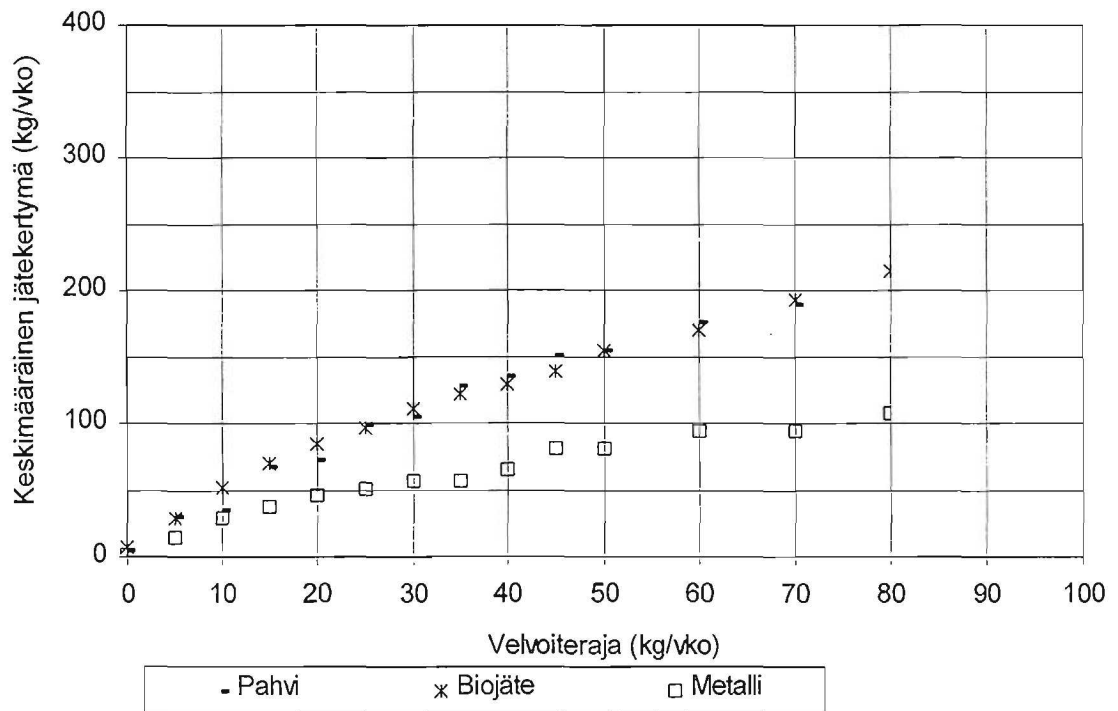
Kuva 3. Paperin, lasin, palavan jätteen sekä puun keskimääräisten kertymien ja velvoiterajan välinen riippuvuus PHJ:n kaupunkiseudun toimipaikkakiinteistöillä. Kiinteistöjen työpaikkamäärät kuvaavat tilannetta 31.12. 1995 (Tilastokeskus 1997).



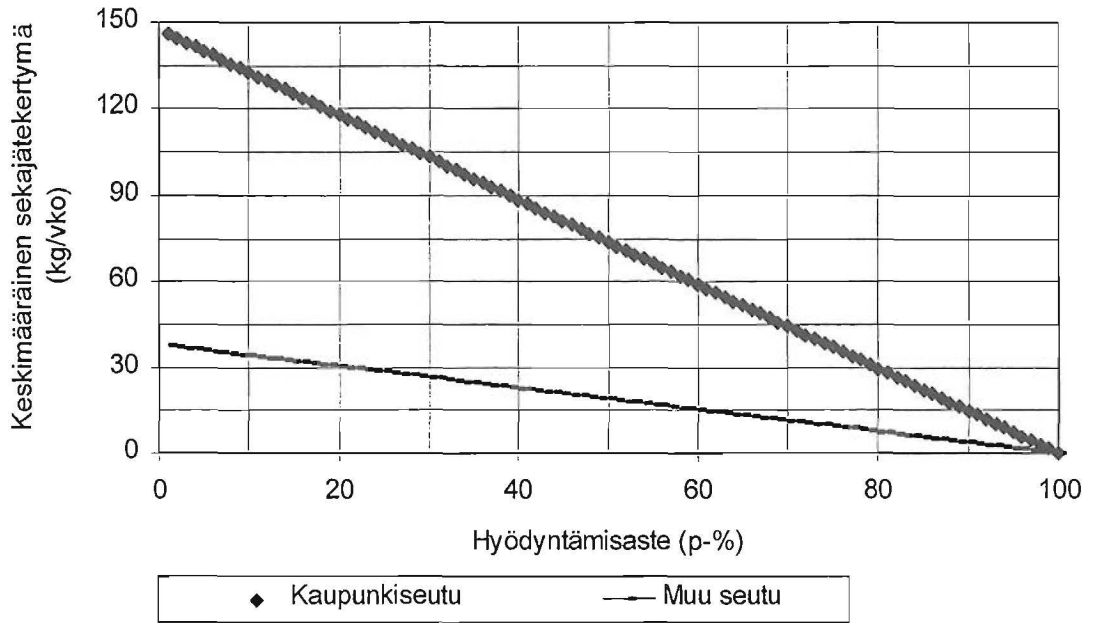
Kuva 4. Pahvin, biojätteen sekä metallin keskimääräisten kertymien ja velvoiterajan välinen riippuvuus PHJ:n kaupunkiseudun toimipaikkakiinteistöillä. Kiinteistöjen työpaikkamäärät kuvaavat tilannetta 31.12. 1995 (Tilastokeskus 1997).



Kuva 5. Paperin, lasin, palavan jätteen ja puun keskimääräisten kertymien ja velvoiterajan välinen riippuvuus PHJ:n muun seudun toimipaikkakiinteistöillä. Kiinteistöjen työpaikkamäärät kuvaavat tilannetta 31.12. 1995 (Tilastokeskus 1997).



Kuva 6. Pahvin, biojätteen ja metallin keskimääräisten kertymien ja velvoiterajan välinen riippuvuus PHJ:n muun seudun toimipaikkakiinteistöillä. Kiinteistöjen työpaikkamäärät kuvaavat tilannetta 31.12. 1995 (Tilastokeskus 1997).



Kuva 7. Sekajätteen keskimääräisen kertymän ja hyödyntämisasteen välinen riippuvuus PHJ:n kaupunkiseudun ja muun seudun toimipaikkakiinteistöillä. Kiinteistöjen työpaikkamäärät kuvaavat tilannetta 31.12.1995 (Tilastokeskus 1997).

Keräys- ja kuljetuskustannusten laskentaperusteet

Keräyksen ja kuljetuksen yksikkökustannus on laskettu jakamalla vuotuinen tyhjennyskustannus vuotuisella jätekertymällä (kaava 5):

$$K_{kk,i} = k_{kk,i} * L_i * n_i * m_i^{-1} \quad (5)$$

jossa

- K_{kk} = keräys- ja kuljetustyön yksikkökustannus (mk t⁻¹)
- k_{kk} = yhden astian tyhjennyskustannus (mk kpl⁻¹)
- L = tyhjennystiheys (krt a⁻¹)
- n = astiamäärä (kpl)
- m = keräyspisteen jätekertymä (t a⁻¹)
- i = jätelajia kuvaava alaindeksi.

Nykyisin erilliskerättäville jätejakeille on käytetty pääosin nykyisiä tyhjennyskustannuksia. Muiden jätejakeiden tyhjennyskustannukset on arvioitu PHJ:n kokemusten perusteella (taulukko 17). Astioiden tyhjennyskustannus riippuu yhdellä kertaa noudettavien astioiden lukumäärästä.

Taulukko 17. Tarkastelussa käytetyt keräys- ja kuljetuskustannukset yhtä astiaa kohti laskettuna PHJ:n toimialueella (PHJ Oy 1997).

Jätelaji	Astiatyyppi	Astiatilavuus (m ³)	Tyhjennyskustannus (mk astia ⁻¹)		
			1 astia	2 astiaa	> 2 astiaa
A. Kaupunkiseutu					
Sekajäte	jäteastia	0,15	12,5	-	-
Sekajäte	jäteastia	0,60	12,2	12,2	10,35
Paperi	jäteastia	0,12	12,5	-	-
Paperi	jäteastia	0,60	12,2	-	-
Paperi	pikakontti	4,0	50	-	-
Pahvi	jäteastia	0,6	12,2	-	-
Pahvi	pikakontti	4,0	50	-	-
Biojäte	jäteastia	0,12	11,9	-	-
Biojäte	jäteastia	0,24	11,9	-	-
Lasi	jäteastia	0,24	27	-	-
Lasi	lasiastia	1,3	70	-	-
Metalli	jäteastia	0,24	27	-	-
Metalli	pikakontti	4,0	50	-	-
Palava jäte	jäteastia	0,12	12,5	-	-
Palava jäte	jäteastia	0,60	12,2	-	-
Np-kartonki	pikakontti	4,0	50	-	-
Puu	vaihtolava	12,5	200	-	-
3-pussia ⁽¹⁾	jäteastia	0,24	12,5	-	-
3-pussia ⁽¹⁾	jäteastia	0,60	12,2	12,2	10,35
B. Muu seutu					
Sekajäte	jäteastia	0,15	15	-	-
Sekajäte	jäteastia	0,60	19	15	13
Sekajäte	pikakontti	4,0	50	-	-
Paperi	jäteastia	0,12	15	-	-
Paperi	jäteastia	0,60	19	15	13
Paperi	pikakontti	4,0	50	-	-
Pahvi	jäteastia	0,6	19	15	13
Pahvi	pikakontti	4,0	50	-	-
Biojäte	jäteastia	0,12	11,9	-	-
Biojäte	jäteastia	0,24	11,9	-	-
Biojäte	pikakontti	4,0	50	-	-
Lasi	jäteastia	0,24	30	-	-
Lasi	lasiastia	1,3	70	-	-
Metalli	jäteastia	0,24	30	-	-
Metalli	pikakontti	4,0	50	-	-
Palava jäte	jäteastia	0,12	15	-	-
Palava jäte	jäteastia	0,60	19	15	13
Palava jäte	pikakontti	4,0	50	-	-
Np-kartonki	pikakontti	4,0	50	-	-
Puu	vaihtolava	12,5	250	-	-
3-pussia ⁽¹⁾	jäteastia	0,24	15	-	-
3-pussia ⁽¹⁾	jäteastia	0,60	19	15	13

¹⁾ Sekajäte, biojäte ja palava jäte lajitellaan erivärisiin pusseihin, jotka kuljetetaan samassa astiassa ja lajitellaan keskitetysti.

3.4 Siirtokuormaus ja jatkokuljetus

PHJ:n toimialueen mallintamistutkimuksen tarkasteluissa välivarastoidaan ja jatkokuljetaan seuraavia jätelajeja (taulukko 18):

- lasia Kujalan kaatopaikalta Forssaan myytäväksi
- tuhkaa ja kuonaa Kymijärven polttolaitokselta Kujalan kaatopaikalle
- biojätettä Kujalan optiselta lajittelulaitoksella Kujalan kompostointilaitokselle
- palavaa jätettä Kujalan optiselta lajittelulaitokselta Kymijärven polttolaitokselle
- palavaa jätettä Kujalan kesävarastosta Kymijärven polttolaitokselle.

Taulukko 18. Jatkokuljetettavat jätelajit, kuljetuskustannukset ja kuljetusmatkat (PHJ Oy 1997).

Jätelaji	Siirtokuormaus (mk t ⁻¹)	Kuljetuskustannus (mk t ⁻¹)	Kuljetusmatka (km)
Lasi	0	45	126
Tuhka ja kuona	0	17	15
Biojäte (keskitetty lajittelu)	0	10	< 1 ⁽¹⁾
Palava jäte (keskitetty lajittelu)	0	50	15
Palava jäte (kesävarasto) ⁽²⁾	35	50	15

⁽¹⁾ Keskitetty lajittelulaitos ja kompostointilaitos sijaitsevat samalla jätteiden käsittelyalueella.

⁽²⁾ Palavaa jätettä varastoidaan kolmen kesäkuukauden aikana.

Tuhkasta, kuonasta, keskitetysti lajiteltavasta biojätteestä ja palavasta jätteestä ei aiheudu erillisiä siirtokuormauskustannuksia, koska varastointi sisältyy polton ja keskitetyn lajittelun kustannuksiin. Lasin siirtokuormauskustannus sisältyy jatkokuljetuskustannukseen. Lasin ja Kujalan kaatopaikalle kesäajaksi (3 kk) varastoitavan palavan jätteen siirtokuormaus tapahtuu pyöräkuormaajalla 20 t rekkaan. Jatkokuljetuskustannukset vaihtelevat mm. jätteen tilavuuspainon, kuljetuskaluston ja kuljetusmatkan mukaan. Tuhkaa syntyy kuusi prosenttia erilliskerätyn palavan jätteen määrästä (PHJ Oy 1997).

3.5 Kotikompostointi

Lähtötietoina käytetyt kotikompostoinnin yksikkökustannukset vaihtelevat jätteentuottajien keskimääräisen kiinteistön asukasmäärän ja biojätteen lajittelutehokkuuden mukaan (taulukko 19).

Taulukko 19. Lähtötietoina käytetyt kotikompostoinnin yksikkökustannukset (nykytila = nykyiset lajittelutehokkuuden arvot, tavoitetila = saavutettavissa olevat lajittelutehokkuuden arvot; ks. taulukko 6).

Jätteentuottaja	Yksikkökustannus (mk t ⁻¹)	
	Nykytila	Tavoitetila
Kaupunkiseutu		
- asuinkiinteistöt ≥ 3 huoneistoa	840	720
- asuinkiinteistöt 1 - 2 huoneistoa	2 680	2 680
Muu seutu		
- asuinkiinteistöt ≥ 3 huoneistoa	1 610	1 300
- asuinkiinteistöt 1 - 2 huoneistoa	2 680	2 680

Kotikompostoinnin yksikkökustannus on laskettu jakamalla kompostoinnista aiheutuvat vuosikustannukset keskimääräisen asuinkiinteistön vuodessa kompostoimalla biojättemäärällä (taulukko 20). Kompostorin säilytyspaikan (esim. jätekatos) kustannuksia ei ole sisällytetty tarkasteluun. Kompostin hoidosta aiheutuvalla työllä ei ole laskettu kustannuksia, ja kompostimullan arvoksi on oletettu 0 mk t⁻¹. Puutarhajätteet eivät sisälly tarkasteluun.

Taulukko 20. Kotikompostoinnin yksikkökustannusten laskentaperusteet.

Tekijä	Jätteentuottaja				Lähde
	KsAk3-	KsAk1-2	MsAk3-	MsAk1-2	
1. Biojättemäärä					
- asukasmäärä (hlö)	40	31	6	3	Tilastokeskus 1997
- ominaisjättem. (t a ⁻¹)	0,23	0,23	0,23	0,23	Rahkonen ja Salonen 1997
- biojätteen osuus (p-%)	28	28	28	28	Rahkonen ja Salonen 1997
- lajittelutehokkuus					
* nykytila (%)	50	80	50	80	arvio
* tavoitetila (%)	65	80	65	80	arvio
2. Kompostori					
- hankintahinta (mk)	2 300	1 800	2 300	1 800	Savolainen 1996
- pitoaika (a)	7	7	7	7	Savolainen 1996
- laskentakorko (%)	8	8	8	8	Savolainen 1996
- lukumäärä (kpl)	1	1	1	1	Savolainen 1996
- koko (m ³)	0,6	0,3	0,6	0,3	Savolainen 1996
3. Tarvikkeet					
- valuma astia (mk)	550	- ⁽¹⁾	550	- ⁽¹⁾	Savolainen 1996
- seosaineastia (mk)	400	-	400	-	Savolainen 1996
- seosainekauha (mk)	15	-	15	-	Savolainen 1996
- lämpömittari (mk)	100	100	100	100	Savolainen 1996
- sekoituskeppi (mk)	100	-	100	-	Savolainen 1996
- pressu jälkik. (mk)	50	50	50	50	Savolainen 1996
- yhteensä (mk)	1215	150	1215	150	
4. Seosaine					
- nykytila (mk a ⁻¹)	411	40	134	40	Savolainen 1996
- tavoitetila (mk a ⁻¹)	535	40	174	40	Savolainen 1996

⁽¹⁾ Oletuksena on, että omakotitaloissa kompostin suotovedet voidaan imeyttää maahan omalla pihalla.

3.6 Keskitetty kompostointi

Keskitetyn aumakompostoinnin yksikkökustannuksena on mallitarkasteluissa käytetty 170 mk t⁻¹. Yksikkökustannus on arvioitu asiantuntijahaastattelujen perusteella.

Mantsisen (1994) arvion mukaan biojätteen aumakompostoinnin kokonaiskustannuksiksi voidaan arvioida 170 mk t⁻¹ ja jätevesilietteen kustannuksiksi 120 mk t⁻¹. Kustannus vaihtelee hieman kompostointialueen pohjan rakenteista riippuen. Valmiin kompostin markkinat ovat heikot.

Tillin (1994) mukaan erilliskerätyn biojätteen aumakompostoinnin kustannus pääkaupunkiseudulla on noin 240 mk t⁻¹. Tähän kuuluvat sekä pääoma- että käyttökustannukset. Jätevedet johdetaan yhdyskuntajätevesien puhdistamolle. Kompostituotteesta ei saada juurikaan tuloja ellei sitä jalosteta mullaksi. Jalostamattoman kompostituotteen arvoksi voidaan olettaa 0 mk t⁻¹ Ämmässuon kaatopaikalta noudettuna. Mullaksi jalostus tuottaa lisäkustannuksia, mutta silloin tuotteesta saatava myyntihinta vastaa mullan hintaa.

Lundströmin (1994) mukaan nykyaikaisesti järjestetyn lietteen aumakompostoinnin kokonaiskustannukset vaihtelevat välillä 120 - 150 mk t⁻¹. Tähän sisältyvät kaikki investointi- ja käyttökustannukset kuten pääomamenot, henkilöstömenot, tarvikkeet, konetyöt, toimitilat, hallinto ja maa-alueiden vuokrat. Pääomamenoja syntyy mm. kompostointikentän sekä vesien keräys- ja viemärintijärjestelmän rakentamisesta. Esitettyyn kustannukseen eivät sisälly kompostoitavan materiaalin tai valmiin tuotteen kuljetukset. Valmiista tuotteesta saatava hinta on alle 10 mk t⁻¹. Esitetyt arvot perustuvat yhdyskuntajätevesilietteen kompostointiin, mutta Lundströmin (1994) mukaan niiden voidaan olettaa soveltuvan myös erilliskerätylle biojätteelle.

3.7 Jätteen optinen lajittelu

Kolmen erivärisen jätepussin (biojäte, palava jäte ja sekajäte) keskitetyn lajittelulaitoksen kokonaiskustannuksiksi on arvioitu 150 mk t⁻¹. Arviossa ovat mukana muuttuvat ja kiinteät kustannukset (PHJ Oy 1997).

3.8 Jätepolttoaineen tuotto

Jätepolttoaineen valmistuksen yksikkökustannukseksi on arvioitu 150 mk erilliskerättyä jätetonna kohti. Jäte poltetaan talvella, jolloin energiasta saatava hinta on korkeimmillaan. Kustannusarvio perustuu PHJ:n ja palavan jätteen hyödyntäjän tekemään laskelmaan (PHJ Oy 1997).

3.9 Jätteen loppusijoitus

Jätteen loppusijoituksen yksikkökustannus on arvioitu Kujalan kaatopaikalta saatujen kokemusten perusteella (PHJ Oy 1997). Kustannus on laskettu kahdella eri jättemäärällä, jotka ovat olleet 20 000 t a⁻¹ ja 80 000 t a⁻¹. Yksikkökustannuksen on oletettu vaihtelevan lineaarisesti jättemäärän funktiona näiden kahden pisteen välillä (kaava 6):

$$k_{kp} = -0,00125 * m + v + 200 \text{ mk} \quad (6)$$

jossa k_{kp} = jätteen loppusijoituskustannus (mk t⁻¹)
 m = loppusijoitettava jättemäärä (t)
 v = jätevero (= 90 mk t⁻¹).

Jätteen loppusijoituskustannusta laskettaessa on otettu huomioon seuraavat tekijät:

- jätteen vastaanotto
- jätetäytön tiivistäminen
- hoitomassat
- muut kone- ja miestyöt
- pintarakenteet
- pohjarakenteet
- suotovesien puhdistus
- muut rakenteet.

3.10 Tuotot

Materiaali- ja energiamarkkinoille toimitettavasta jätteestä saatavat tuotot on esitetty markkinoille menevää jätetonnia kohti laskettuina yksikkötuottoina (taulukko 21). Jätteen luovutuspaikka vaikuttaa siitä saatavaan hintaan, sillä kuljetuskustannukset vaihtelevat luovutuspaikan mukaan. Lähtötiedot perustuvat nykyisin PHJ:n toimialueella toteutuneisiin markkinahintoihin.

Taulukko 21. Hyödynnettävästä jätteestä saatavat tulot ja niitä vastaavat jätteen luovutuspaikat (PHJ Oy 1997).

Jätelaji	Tulot (mk t ⁻¹)	Jätteiden luovutuspaikka
Paperi	161	Paperinkeräys Oy (Kuitunen)
Pahvi	110	Paperinkeräys Oy (Kuitunen)
Pahvi ja kartonki	110	Paperinkeräys Oy (Kuitunen)
Biojäte nykytilassa	0	Kujalan kaatopaikka
Biojäte tulevaisuudessa	0	Kujalan kaatopaikka
Lasi	- 200	Forssan lajittelulaitos
Metalli	20	Forssan lajittelulaitos
Nestepakkauskartonki	150	Paperinkeräys Oy (Kuitunen)
Jätepolttoaine	150	Lahden lämpövoimalaitos (Kymijärvi)

4 YKSIKÖPÄÄSTÖT

Päästötarkastelu on jakautunut seuraaviin kahteen osaan:

1. Haitallisten aineiden virrat jätehuoltojärjestelmässä.
2. Toiminnallisten osien päästöjen suuruus.

Haitallisten aineiden virrat

Mallitarkastelussa on selvitetty, minne jätejakeiden sisältämät haitta-aineet kulkeutuvat erilaisilla lajittelustrategioilla. Kaikki jätejakeiden sisältämät haitta-aineet päätyvät materiaali- ja energiamarkkinoille tai kaatopaikalle. Ainevirtojen laskenta perustuu jätejakeiden sisältämiin ainepitoisuuksiin sekä eri lajittelustrategioiden mukaisiin jätevirtoihin. Tarkasteluun on sisällytetty seuraavat haitta-aineet:

- kloori
- lyijy
- kadmium
- elohopea
- sinkki.

Toiminnallisten osien päästöjen suuruus

PHJ:n toimialueen mallintamistutkimukseen sisällytettyjen toiminnallisten osien kaikki päästöt on esitetty neljän päästökertoimen avulla (taulukko 22). Yksittäiset päästökomponentit on muutettu päästökertoimiksi Pelkosen ym. (1997) esittämien muuntokertoimien perusteella. Tarkasteluun sisällytetyt päästökertoimet ovat:

1. rehevöittävät päästöt (g O₂ jätetonna kohti)
2. kasvihuonekaasupäästöt (g CO₂ jätetonna kohti)
3. happamoittavat päästöt (g SO₂ jätetonna kohti)
4. valokemiallinen otsonin muodostamispotentialiaali (g C₂H₄ jätetonna kohti)

Taulukko 22. Tutkimukseen sisällytetyt päästökomponentit.

Toiminnallinen osa	Päästökomponentti			
	Rehevöityminen (g O ₂ t ⁻¹)	Kasvihuoneilmiö (g CO ₂ t ⁻¹)	Happamoituminen (g SO ₂ t ⁻¹)	Otsoni (g C ₂ H ₄ t ⁻¹)
Oma kuljetus	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	VOC
Keräys ja kuljetus	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	VOC
Siirtokuormaus	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	VOC
Kotikompostointi	NH ₃ (kaasu)	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	NH ₃	VOC
Keskitetty kompostointi	COD, NH ₄ -N	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	NH ₃ , NO _x ⁽¹⁾ , SO ₂ ⁽¹⁾	VOC
Jätepolttoaineen valmistus	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	VOC
Jätteen poltto	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	-
Loppusijoitus				
- jätetäyttö	COD, NH ₄ -N	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O	-	VOC
- koneet	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	VOC
- energiantuotto	NO _x	CO ₂	NO _x , SO ₂	VOC

(1 Toiminnassa tarvittavan sähköntuoton aiheuttamat päästöt.

Kotikompostoinnin päästöt sisältävät biojätteen hajoamisesta aiheutuvat päästöt. Keskitetyn kompostoinnin päästöihin on laskettu jätteen hajoamisen lisäksi myös toiminnassa tarvittavan energian tuottamisesta aiheutuvat päästöt. Loppusijoituksen päästöihin on

sisällytetty varsinaisen jätteen hajoamisen lisäksi myös kaatopaikkakoneiden päästöt ja kaatopaikkakaasun hyödyntämisen aiheuttama päästöjen vähenemä.

4.1 Jätteen tuottajien suorittama jätteenkuljetus

Jätteentuottajien omista kuljetuksista aiheutuvat päästöt on laskettu arvioitujen kuljetusmatkojen (taulukko 10) ja seuraavien oletusten perusteella (PHJ Oy 1997):

- 90 % aluekeräyspisteisiin tehtävistä matkoista tehdään omilla autoilla, mutta vain puolet näistä matkoista tehdään jonkin muun syyn kuin jätteiden kuljetuksen vuoksi.
- Keskimääräinen yhdellä kertaa kuljetettava jätemäärä on 10 kg.
- Henkilöautossa on katalysaattori, ja sen päästökertoimet ovat: CO₂ 0,2 kg km⁻¹, NO_x 0,54 kg km⁻¹, SO₂ 0,017 kg km⁻¹ ja HC 0,84 kg km⁻¹ (Mäkelä ym. 1996).

4.2 Keräys, kuljetus ja jatkokuljetus

Keräys- ja kuljetustyön päästöt vaihtelevat mm. jätteentuottajittain, jätelajeittain sekä lajittelustrategian mukaan (taulukot 23 ja 24). Tässä tarkastelussa keräys- ja kuljetustyöhön on otettu mukaan jätteen keräystyö keräysalueella ja jätteen kuljetus keräysalueelta ensimmäiselle purkupaikalle.

Jätteen keräyksessä ja kuljetuksessa käytettävien ajoneuvojen yksikköpäästöt on laskettu polttoaineen kulutuksen ja päästökerrointen avulla (kaava 7). Yksikköpäästöllä tarkoitetaan yhden jätetonnin keräys- ja kuljetustyöstä aiheutuvan päästön suuruutta.

$$P_{ij} = k_i * t_j \quad (7)$$

jossa	P	=	yksikköpäästö (g t ⁻¹)
	k	=	polttoaineen kulutus yhtä jätetonnia kohti (l t ⁻¹)
	t	=	päästökerroin (g l ⁻¹)
	i	=	erilliskerättävä jätelaji
	j	=	päästökomponentti.

Taulukko 23. Kaupunkiseudulla erilliskerättävien jätelajien keräys- ja kuljetustyön polttoaineen kulutus tarkastelluissa tapauksissa.

Keräyspistetyyppi	Jätelaji	Astiatyyppi	Polttoaineen kulutus (l t ⁻¹)							
			I	IIb	IIIb	IVb	Vc	VIb	VIIb	IX
Asuinkiinteistö (≥3 huoneistoa)	sekajäte	jäteastia (0,60)	9,5	11,5	14,2	14,2	11,4	14,2	13,4	11,4
	paperi	jäteastia (0,60)	10,5	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
	pahvi/kartonki	jäteastia (0,60)	45,2	45,6	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,24)	18,2	19,8	19,8	19,8	14,7	19,8	19,8	14,7
	palava jäte	jäteastia (0,60)	-	-	23,6	23,6	12,6	23,6	23,6	12,6
	lasi	jäteastia (0,24)	-	18,8	18,8	18,8	18,8	18,8	-	18,8
	metalli	jäteastia (0,24)	-	22,6	22,6	22,6	22,6	22,6	-	22,6
	seka/bio/palava	jäteastia (0,60)	-	-	-	-	19,7	-	-	19,7
Asuinkiinteistö (<3 huoneistoa)	sekajäte	jätesäkki (0,15)	29,4	32,6	32,6	32,6	-	27,6	27,6	-
	paperi	jäteastia (0,12)	-	28,4	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,12)	-	93,1	93,1	93,1	-	-	-	-
	palava jäte	jäteastia (0,12)	-	-	25,8	25,8	-	-	-	-
	seka/bio/palava	jäteastia (0,24)	-	-	-	-	27,3	-	-	27,3
Aluekeräyspiste	paperi	pikakontti (4,00)	5,7	-	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2
	pahvi/kartonki	pikakontti (4,00)	29,6	24,2	-	-	-	24,2	24,2	-
	lasi	lasiastia (1,30)	12,0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	7,5	8,7
	metalli	pikakontti (4,0)	7,2	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	5,8	6,9
	np-kartonki	pikakontti (4,00)	10,0	13,2	-	-	-	15,7	15,7	-
Toimipaikka- kiinteistö	sekajäte	jäteastia (0,60)	10,3	14,2	15,3	15,3	15,3	15,3	15,3	16,9
	paperi	pikakontti (0,60)	6,7	7,5	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	7,5
	pahvi	pikakontti (0,60)	18,6	20,7	17,2	17,2	17,2	17,2	17,2	20,7
	biojäte	jäteastia (0,24)	13,4	9,5	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	9,5
	lasi	jäteastia (0,24)	15,8	10,1	11,6	11,6	11,6	11,6	11,6	10,1
	metalli	jäteastia (0,24)	12,2	14,1	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	14,1
	palava jäte	pikakontti (0,60)	-	-	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
	puu	vaihtolava (12,5)	6,3	6,9	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,9

Huom! Tarkastellut tapaukset (I-IX) on kuvattu yksityiskohtaisesti julkaisussa Tanskanen (1997b).

Taulukko 24. Muulla seudulla erilliskerättävien jätelajien keräys- ja kuljetustyön polttoaineen kulutus tarkastelluissa tapauksissa.

Keräyspistetyyppi	Jätelaji	Astiatyyppi	Polttoaineen kulutus (l t ⁻¹)							
			I	IIb	IIIb	IVb	Vc	VIb	VIIb	IX
Asuinkiinteistö (≥3 huoneistoa)	sekajäte	jäteastia (0,60)	15,6	21,6	22,0	22,0	16,1	18,1	22,0	16,1
	paperi	jäteastia (0,60)	15,9	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6	13,6
	pahvi/kartonki	jäteastia (0,60)	80,6	66,1	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,24)	-	37,4	37,4	37,4	26,9	-	37,4	26,9
	palava jäte	jäteastia (0,60)	-	-	25,8	25,8	25,2	-	25,8	25,2
	seka/bio/palava	jäteastia (0,60)	-	-	-	-	25,3	-	-	25,3
Asuinkiinteistö (<3 huoneistoa)	sekajäte	jätesäkki (0,15)	39,2	72,7	74,7	67,0	-	49,4	49,4	-
	paperi	jäteastia (0,12)	-	52,5	-	-	-	-	-	-
	biojäte	jäteastia (0,12)	-	170,8	170,8	170,8	-	-	-	-
	palava jäte	jäteastia (0,12)	-	-	83,7	83,7	-	-	-	-
	seka/bio/palava	jäteastia (0,24)	-	-	-	-	53,5	-	-	56,5
Aluekeräyspiste	paperi	pikakontti (4,00)	19,8	-	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
	pahvi/kartonki	pikakontti (4,00)	56,7	30,8	-	-	-	33,8	30,8	-
	lasi	lasiastia (1,30)	54,0	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
	metalli	pikakontti (4,0)	29,9	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
	np-kartonki	pikakontti (4,00)	-	59,6	-	-	-	59,6	59,6	-
	biojäte	pikakontti (4,00)	-	-	-	11,7	-	-	-	-
	palava jäte	pikakontti (4,00)	-	-	-	16,4	-	-	-	-
	sekajäte	pikakontti (4,00)	-	-	-	13,9	-	-	-	-
Toimipaikka- kiinteistö	sekajäte	jäteastia (0,60)	16,8	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	19,3	20,9
	paperi	pikakontti (0,60)	10,4	11,4	10,7	10,7	10,7	10,7	10,7	11,3
	pahvi	pikakontti (0,60)	20,9	25,2	19,6	19,6	19,6	19,6	19,6	25,2
	biojäte	jäteastia (0,24)	-	19,9	15,7	15,7	15,7	15,7	15,7	19,5
	lasi	jäteastia (0,24)	21,4	23,2	23,1	23,1	23,1	23,1	23,1	23,2
	metalli	jäteastia (0,24)	26,3	31,2	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	31,2
	palava jäte	pikakontti (0,60)	-	-	25,7	25,7	25,7	25,7	25,7	25,3
	puu	vaihtolava (12,5)	15,8	16,5	15,1	15,1	15,1	15,1	15,1	16,5

Huom! Tarkastellut tapaukset (I-IX) on kuvattu yksityiskohtaisesti julkaisussa Tanskanen (1997b).

Jätteiden keräystyön polttoaineen kulutus ($k_{ke,i}$) on laskettu yhden jätetonnin keräykseen käytetyn ajan ja keräyskaluston aikayksikköä kohti kuluttaman polttoainemäärän perusteella (kaava 8). Oletuksena on, että keräystyö tehdään takaa pakkaavilla jätteautoilla.

$$k_{ke,i} = t_{ke,i} * Q_{ke} \quad (8)$$

jossa

$$Q_{ke} = \text{aikaperusteinen polttoaineen kulutus (l h}^{-1}\text{)}$$

$$t_{ke,i} = \text{keräystyöaika (h t}^{-1}\text{)}$$

Keräystyöaika on laskettu yhtä noutokertaa kohti kuluvaan keräysajan ja yhdellä kertaa noudettavan jätemäärän osamääränä (kaava 9). Yhden jätetonnin keräykseen kuluva aika vaihtelee jätelajin ja hyödyntämistapojen mukaan, joten se määrittää erikseen kaikille jätelajeille kaikilla eri lajittelustrategioilla. Tässä tarkastelussa keräystapahtuma on jaettu kolmeen osaan, jotka ovat:

1. Tyhjennysaika, jolloin jätteastioiden sisältö pakataan keräysautoon (kuva 8). Jättesäiliöiden ja vaihtolavan tyhjennysajaksi on oletettu 0,1 h astiaa kohti.
2. Siirtymäaika, jolloin keräysauto ajaa kahden keräyspisteen välillä (kuva 9).
3. Hukka-aika, joka kuuluu lakisäätöihin ja erilaisiin häiriöihin.

$$t_{ke,i} = (t_{ta,i} + t_{sa,i} + t_{ha,i}) * L_i * M_i^{-1} \quad (9)$$

$$t_{ta,i} = \text{tyhjennysaika (h keräyspiste}^{-1}\text{)}$$

$$t_{sa,i} = \text{siirtymäaika (h keräyspiste}^{-1}\text{)}$$

$$t_{ha,i} = \text{hukka-aika (h keräyspiste}^{-1}\text{)}$$

$$L_i = \text{tyhjennyskertojen määrä (krt a}^{-1}\text{)}$$

$$M_i = \text{keräyspisteen jätekertymä (t a}^{-1}\text{)}$$

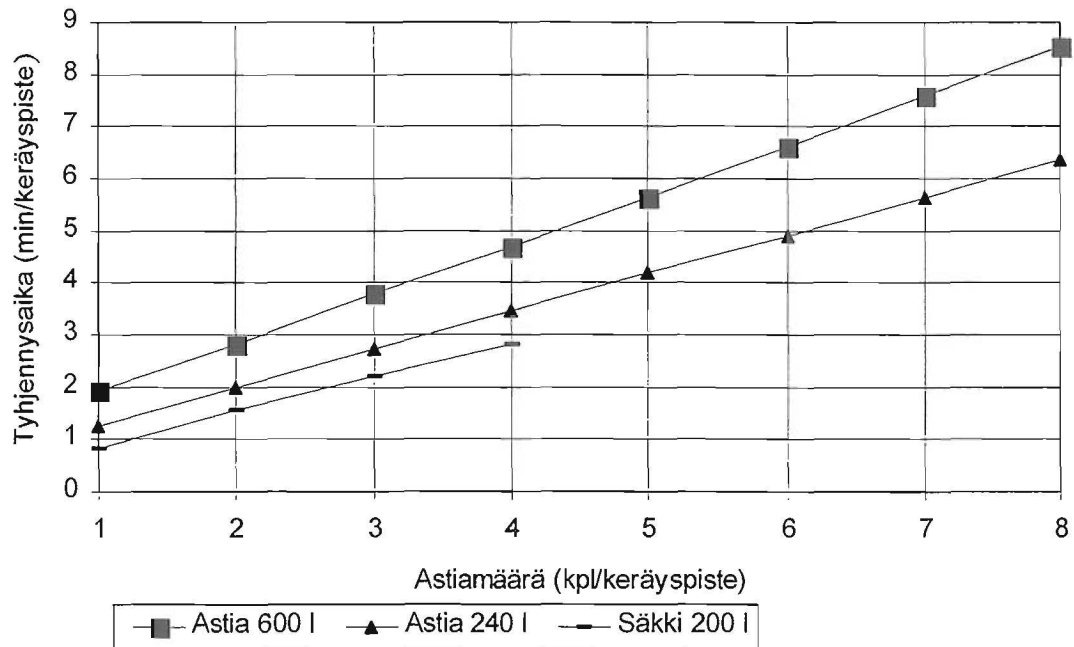
$$i = \text{jätelajia kuvaava alaindeksi.}$$

Tyhjennysajat on määritetty tarkastelualueen keskimääräisen keräyspisteen astiatyyppin ja astiamäärän perusteella. Siirtymäajan pituus riippuu keräyspisteiden välisestä etäisyydestä, jonka on oletettu suurenevan erilliskeräyksen kattavuuden alentuessa Tanskanen (1996) esittämällä tavalla (kuva 10) Aluekeräyspisteiden väliset etäisyydet vaihtelevat keräyspisteiden lukumäärän mukaan. Tässä tarkastelussa on oletettu, että keräyspisteiden määrää lisätään lajittelutehokkuuden lisäämiseksi (taulukko 25).

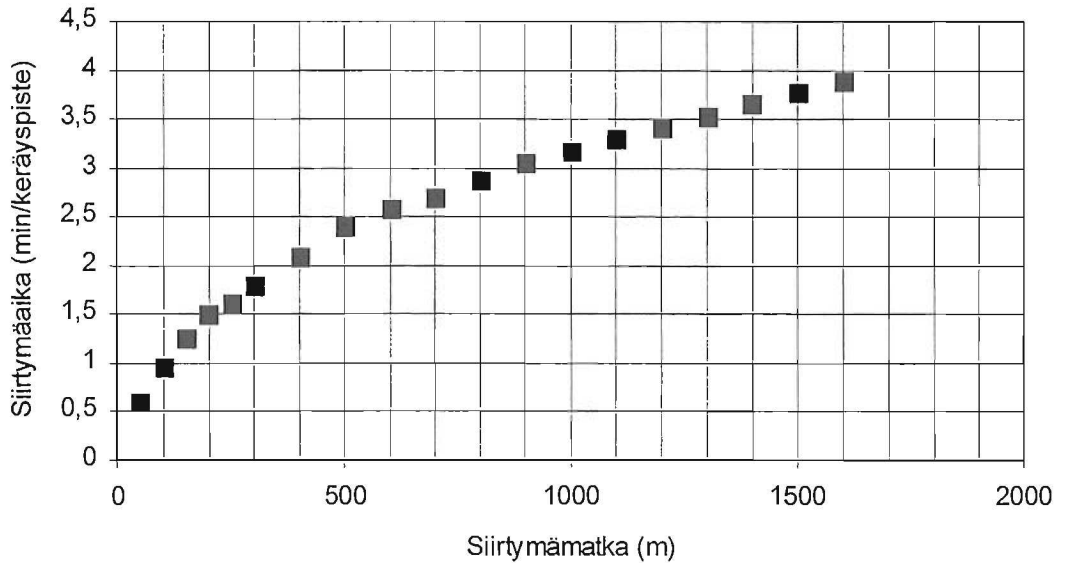
Hukka-ajan on arvioitu olevan 20 % tyhjennys- ja siirtymäajasta (Tanskanen 1996). Lähteessä RIL (1983) hukka-ajan suuruudeksi on esitetty 13 %, mutta tällöin kokonaistaikaa on sisällytetty tyhjennys- ja siirtymäajan lisäksi kuljetuksiin ja kuorman purkamiseen käytettävä aika.

Taulukko 25. Arvio PHJ:n toimialueen aluekeräyspisteiden välisistä etäisyyksistä vuonna 1996 ja muissa skenaarioissa (PHJ Oy 1997).

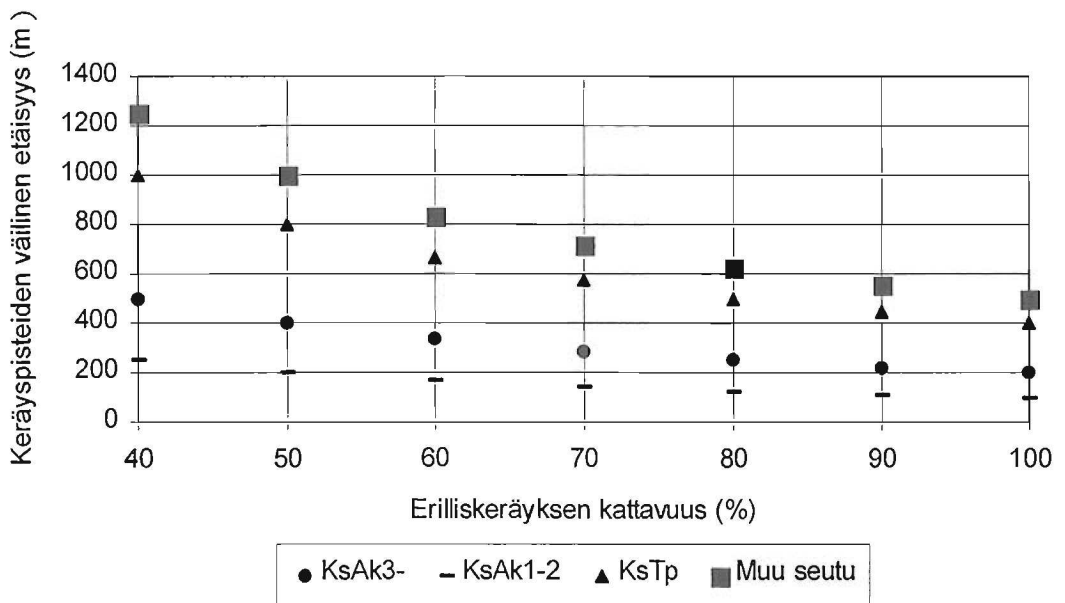
Erilliskerättävä jätelaji	Keräyspisteiden välinen etäisyys (m)	
	Vuosi 1996	Muut skenaariot
A. Kaupunkiseutu		
- paperi	500	500
- pahvi	1 500	500
- lasi	500	500
- metalli	1 500	500
- nestepakkauskartonki	1 500	500
B. Muu seutu		
- paperi	4 000	1 500
- pahvi	6 000	1 500
- lasi	3 000	1 500
- metalli	6 000	1 500
- nestepakkauskartonki	-	1 500
- biojäte	-	1 500
- palava jäte	-	1 500
- sekajäte	-	1 500



Kuva 8. Käytetyt keräysastioiden tyhjennysajat pakkaavalle jäteautolle (RIL 1983). Keräysastioiden siirtoetäisyys on 10 m ja autossa on yhden hengen miehistö.



Kuva 9. Tarkastelussa käytetyt siirtymäajat (RIL 1983).



Kuva 10. Arvio keräyspisteiden välisten etäisyyksien ja erilliskeräyksen kattavuuden välisestä riippuvuudesta. Keräyspisteiden välisten etäisyyksien perusarvot on arvioinut PHJ Oy (1997).

Jätteiden kuljetuksilla tarkoitetaan keräysalueen ja jätteiden ensimmäisen vastaanotto-pisteen välisiä siirtymiä. Kuljetustyön polttoaineen kulutus ($k_{ku,i}$) on laskettu matkape-rusteisesti. Lisäksi kuljetustyön päästöihin kuuluvat kuorman purkuaikana syntyvät päästöt, jotka lasketaan aikaperusteisesti (kaava 10). Jatkokuljetuksen päästöt on lasket-tu myös kaavan 10 mukaisesti, mutta purkuaikaa ei ole otettu huomioon.

$$k_{ku,i} = (Q_{ku} * s_i + Q_{ke} * t_{pa}) * m^{-1} \quad (10)$$

jossa	$k_{ku,i}$	=	kuljetustyön polttoaineen kulutus ($l \ t^{-1}$)
	Q_{ku}	=	matkaperusteinen polttoaineen kulutus ($l \ h^{-1}$)
	Q_{ke}	=	aikaperusteinen polttoaineen kulutus ($l \ h^{-1}$)
	s	=	edestakainen kuljetusmatka (km)
	t_{pa}	=	kuorman purkuaika (h)
	m	=	kuorman paino (t)
	i	=	jätelajia kuvaava alaindeksi.

PHJ:n alueen kuljetusmatkat vaihtelevat jätelajeittain (taulukko 26). Laskennassa suurimpana sallittuna kuorman painona on käytetty pakkaaville jäteautoille 6,5 tonnia ja jatkokuljetuskalustolle 20 tonnia. Pahvin ja kartongin erilliskeräyksessä on suurimaksi saavutettavaksi kuorman painoksi on oletettu 4,5 t. Muilla jakeilla on oletettu päästävän maksimipainoon. Polttoaineen kulutusarvioita on koonnut mm. Tanskanen (1996). Arviot vaihtelevat hieman lähteestä riippuen, ja tässä tarkastelussa on käytetty seuraavia arvioita:

Kuljetustapahtuma	Polttoaineen kulutus
Pakkaava jäteauto keräystyössä	9 $l \ t^{-1}$
Pakkaava jäteauto kuljetustyössä	0,35 $l \ km^{-1}$
Vaihtolava-auto	0,35 $l \ km^{-1}$
Jatkokuljetus	0,45 $l \ km^{-1}$.

Päästökertoimet ilmoittavat päästön suuruuden kulutettua polttoainelitraa kohti. Mm. Pelkonen ym. (1997) ovat selvittäneet päästökerrointen suuruutta kirjallisuuteen perustuen. Tässä tarkastelussa on citydieselillä käytävälle keräys- ja kuletuskalustolle käytetty seuraavia päästökerrointen arvoja :

Päästökomentti	Päästökerroin ($g \ l^{-1}$)
Hiilidioksidi (CO_2)	2 650
Typen oksidit (NO_x)	0,08
Rikkidioksidi (SO_2)	0,26
Hiilivedyt (HC)	0,008

Hiilivetypäästöjen päästökertoimen on oletettu keräys- ja kuljetustyössä vastaavan kaatopaikkakoneiden hiilivetypäästöjä.

Taulukko 26. Jätteen kuljetusmatkat PHJ:n toimialueella (PHJ Oy 1997)

Jätelaji	Jätteen syntypaikka	1. purkupaikka	Matka (km)	2. purkupaikka	Matka (km)
A. Kaupunkiseutu					
Sekajäte	jätteentuottaja	loppusijoitus (Kujala)	15	-	-
Paperi	jätteentuottaja	markkinat (Kuitunen)	15	-	-
Pahvi	jätteentuottaja	markkinat (Kuitunen)	15	-	-
Biojäte	jätteentuottaja	kompostointi (Kujala)	15	markkinat (Kujala)	0
Palava jäte	jätteentuottaja	jalostus ja poltto (Kymijärvi)	15	-	-
Palava jäte kesällä	jätteentuottaja	kesävarasto (Kujala)	15	jalostus ja poltto (Kymijärvi)	15
Tuhka ja kuona	polttolaitos (Kymijärvi)	loppusijoitus (Kujala)	15	-	-
Lasi	jätteentuottaja	siirtokuormaus (Kujala)	15	markkinat (Forssa)	126
Metalli	jätteentuottaja	markkinat (Kujala)	15	-	-
3 pussia	jätteentuottaja	lajittelu (Kujala)	15	jalostus ja poltto (Kymijärvi)	15
Puu	jätteentuottaja	kesävarasto (Kujala)	15	haketus ja poltto (Kymijärvi)	15
B. Muu seutu					
Sekajäte	jätteentuottaja	loppusijoitus (Kujala)	50	-	-
Paperi	jätteentuottaja	markkinat (Kuitunen)	50	-	-
Pahvi	jätteentuottaja	markkinat (Kuitunen)	50	-	-
Biojäte	jätteentuottaja	kompostointi (Kujala)	50	markkinat (Kujala)	0
Palava jäte	jätteentuottaja	jalostus ja poltto (Kymijärvi)	50	-	-
Palava jäte kesällä	jätteentuottaja	kesävarasto (Kujala)	50	jalostus ja poltto (Kymijärvi)	15
Tuhka ja kuona	polttolaitos (Kymijärvi)	loppusijoitus (Kujala)	15	-	-
Lasi	jätteentuottaja	siirtokuormaus (Kujala)	50	markkinat (Forssa)	126
Metalli	jätteentuottaja	markkinat (Kujala)	50	-	-
3 pussia	jätteentuottaja	lajittelu (Kujala)	50	jalostus ja poltto (Kymijärvi)	15
Puu	jätteentuottaja	kesävarasto (Kujala)	50	haketus ja poltto (Kymijärvi)	15

4.3 Siirtokuormaus

Lasin, tuhkan ja kuonan sekä kesävarastoidun palavan jätteen siirtokuormauksesta aiheutuu päästöjä, kun jäte lastataan pyöräkuormaajalla 20 t:n täysperävaunurekkaan. Kuormausaika lasille on $0,0125 \text{ h t}^{-1}$, tuhkalle ja kuonalle $0,008 \text{ h t}^{-1}$ ja palavalle jätteelle $0,025 \text{ h t}^{-1}$. Kuormaukseen käytetään pyöräkuormaajaa, joka kuluttaa polttoainetta 20 l h^{-1} (PHJ Oy 1997). Oletuksena on, että pyöräkuormaajan päästökertoimet vastaavat pakkaavilla jäteautoilla käytettyjä kertoimia.

4.4 Kompostointi, jätepolttoaineen valmistus ja optinen lajittelu

Kompostoinnin päästökertoimina on käytetty Pelkosen ym. (1997) laskemia arvoja, jotka perustuvat kirjallisuuteen ja Espoon Suomenojan puhdistamolla saavutettavaan suotovesien puhdistustehoon. Keskitetyn kompostoinnin päästöt sisältävät biojätteen hajoamisen lisäksi myös kompostoinnissa tarvittavan energian tuotannosta aiheutuvat päästöt (taulukko 27).

Jätepolttoaineen valmistuksen ja optisen lajittelun päästöt on laskettu työssä tarvittavan energiamäärän ja Suomen sähköntuoton keskimääräisten päästökerrointen perusteella. Erilliskerätyn palavan jätteen jalostuksessa on arvioitu kuluvan energiaa 15 kWh ja optisessa lajittelussa 5 kWh jätetonnin kohti (PHJ Oy 1997). Suomen sähköntuoton keskimääräiset päästöt perustuvat vuoden 1993 tilanteeseen, ja ne ovat seuraavat (Jouttijärvi 1997):

Päästökomponentti	Päästökerroin (g kWh^{-1})
Hiilidioksidi (CO_2)	243
Typen oksidit (NO_x)	0,668
Rikkidioksidi (SO_2)	0,627
Haihtuvat org. yhdisteet (VOC)	0,028

Taulukko 27. Kompostoinnin, jätepolttoaineen valmistuksen ja optisen lajittelun päästökertoimet.

Kompostointitapa	Yksikköpäästö			
	Rehevöityminen ($\text{kg O}_2 \text{ t}^{-1}$)	Kasvihuoneilmiö ($\text{kg CO}_2 \text{ t}^{-1}$)	Happamoituminen ($\text{kg SO}_2 \text{ t}^{-1}$)	Otsoni ($\text{kg C}_2\text{H}_4 \text{ t}^{-1}$)
Pienkomposti	25,6	83,9	3,01	0,10
Keskitetty aumakomposti	2,2	15,8	0,05	0,10
Jätepolttoaineen valmistus	0,06012	3,64500	0,01642	0,00014
Optinen lajittelu	0,02004	1,21500	0,00547	0,00005

4.5 Jätteen poltto

PHJ:n toimialueella muodostuvaa erilliskerättyä palavaa jätettä on suunniteltu poltettavaksi Lahden Kymijärven voimalaitoksella, joka käyttää pääpolttoaineenaan kivihiiltä ja maakaasua. Palavan jätteen polton päästöistä on vähennetty Kymijärven laitoksen päästömäärä, joka jäisi syntymättä pääpolttoaineen käytön vähentyessä. Palavan yhdyskuntajätteen osuus laitoksen tuottamasta energiamäärästä olisi noin 2,5 %. Jätteenpoltolle on käytetty seuraavia päästökertoimia:

Päästöryhmä	Päästökerroin
Rehevöityminen (kg O ₂ t ⁻¹): REF	-12,9
Kasvihuoneilmiö (kg CO ₂ t): muovi	-1970
Kasvihuoneilmiö (kg CO ₂ t): muut jakeet	-730
Happamoituminen (kg SO ₂ t): REF	-3,3.

Jätteen poltossa syntyvistä yksittäisille jättejakeille ominaisista päästöistä on saatavilla hyvin vähän tietoa, sillä jättejakeet poltetaan yhdessä muiden jätteiden ja mahdollisesti myös muiden polttoaineiden kanssa. Tässä tarkastelussa käytetyt NO_x- ja SO₂-kertoimet on laskettu Lahden lämpövoima Oy:n koepoltoistaan saamien päästötietojen perusteella (PHJ Oy 1997). Muovin CO₂-päästön lähteenä on Sundberg (1993). Paperille, pahville, kartongille ja nestepakkauskartongille on käytetty samaa kerrointa, joka on laskettu paperiin sisältyvän hiilen määrän perustella. Hiilipitoisuuden lähteenä on ollut Tcho-banoglous ym. (1993).

4.6 Jätteen loppusijoitus

Loppusijoituksen päästökertoimet on laskettu Pelkosen ym. (1997) esittämien päästötietojen perusteella. Päästökertoimet on laskettu ottaen huomioon jätteen koko hajoamisajan aikana (taulukko 28) ja ensimmäisten 15 vuoden aikana tapahtuvat päästöt (taulukko 29). Pelkonen ym. (1997) ovat selvittäneet loppusijoituksen päästöjä Espoon Ämmässuon kaatopaikalta saatujen mittaustulosten sekä kirjallisuustietojen perusteella. Jätteen loppusijoituksen päästöihin on sisällytetty jätteen hajoamisen ja kaatopaikkakoneiden energiankulutuksen aiheuttamat päästöt sekä kaatopaikkakaasun hyödyntämisen ansiosta tapahtuva muun energiantuoton päästöjen vähenemä. Jätteen hajoamisaika on rajoittamaton.

Pelkosen ym. (1997) esittämiä päästökertoimia on käytetty tässä tarkastelussa seuraavin Kujalan kaatopaikkaa koskevin korjauksin:

- Kaasunkeräysjärjestelmällä saadaan talteen 70 % syntyvästä kokonaiskaasumäärästä.
- Suotovedet käsitellään haihdutustekniikalla, jolla saavutetaan 90 %:n puhdistusteho COD_{Cr}:lle ja 99 %:n puhdistusteho NH₄-N:lle.
- Suotovesiä käsitellään 30 vuoden ajan jätteen sijoittamisesta, ja tänä aikana suotovesiä ei karkaa käsittelyn ohi ympäristöön.

Taulukko 28. Jätteen loppusijoituksen päästökertoimet, kun otetaan huomioon jätteen hajoamiseen kuluva kokonaisaika (Pelkonen ym. 1997).

Jätejäte	Yksikköpäästö			
	Rehevöityminen (kg O ₂ t ⁻¹)	Kasvihuoneilmiö (kg CO ₂ t ⁻¹)	Happamoituminen (kg SO ₂ t ⁻¹)	Otsoni (kg C ₂ H ₄ t ⁻¹)
Paperi	28,3	728,7	-0,7	0,3
Pahvi	33,9	878,0	-0,8	0,3
Biojäte	163,7	408,6	-0,4	0,1
Lasi	0	0	0	0
Metalli	0	0	0	0
Muovi	0	125,9	-0,1	0
Tekstiili	112,7	792,7	-0,7	0,3
Np-kartonki	29,7	1006,1	-0,9	0,3
Kartonki	33,9	878,0	-0,8	0,3
Puu	17,0	681,0	-0,5	0,2
Muu palava	21,4	654,0	-0,6	0,2
Muu palamaton	0	3,3	0	0

Taulukko 29. Jätteen loppusijoituksen päästökertoimet, kun jätteen hajoamisajaksi on rajattu 15 vuotta (Pelkonen ym. 1997).

Jätejäte	Yksikköpäästö			
	Rehevöityminen (kg O ₂ t ⁻¹)	Kasvihuoneilmiö (kg CO ₂ t ⁻¹)	Happamoituminen (kg SO ₂ t ⁻¹)	Otsoni (kg C ₂ H ₄ t ⁻¹)
Paperi	1,6	246,4	-0,2	0,1
Pahvi	1,9	296,8	-0,3	0,1
Biojäte	1,3	164,7	-0,1	0,1
Lasi	0	0	0	0
Metalli	0	0	0	0
Muovi	0	3,3	0	0
Tekstiili	1,7	214,5	-0,2	0,1
Np-kartonki	2,2	338,1	-0,3	0,1
Kartonki	1,9	296,8	-0,3	0,1
Puu	1,2	167,1	-0,1	0,1
Muu palava	1,5	221,7	-0,2	0,1
Muu palamaton	0	3,3	0,2	0

5 YHTEENVETO

Tähän raporttiin on koottu Tanskasen (1997b) esittämässä Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n toimialueen yhdyskuntajätehuollon mallintamistutkimuksessa käytetyt lähtötiedot (taulukko 30) ja niiden laskentaperusteet. Astia- ja keräysjärjestelmän yksikkökustannukset ja keräystyön yksikköpäästöt on laskettu tapauskohtaisesti lajitteluun osallistuvien kiinteistöjen keskimääräisten jätekertymien perusteella. Käsittelymenetelmien yksikkö-

kustannukset perustuvat lähinnä PHJ:n kokemukseen ja asiantuntijahaastatteluihin. Jätejakeiden haitta-ainepitoisuudet sekä jätehuollon toiminnallisten osien päästöt perustuvat aiempiin tutkimuksiin.

Lähtötietojen kokoaminen on osoittanut, että yhdyskuntajätehuollon kokonaisvaltaisessa mallintamisessa tarvitaan paljon yksityiskohtaista tietoa jätehuollosta. Lisäksi on havaittu, että nykyisin käytettävissä olevissa tiedoissa on monia puutteita. Yhtenä syynä tähän on syntypaikkalajittelun yleistymisen. Syntypaikkalajittelu on lisännyt suunnittelussa tarvittavien lähtötietojen määrää ja monimutkaistanut toiminnallisten osien yksikkökustannusten ja -päästöjen laskentaa. Syntypaikkalajittelu vaikuttaa mm. astia- ja keräysjärjestelmien mitoituserusteena käytettäviin jätekertymiin sekä käsiteltäväksi tulevien jätevirtojen suuruuteen ja koostumukseen. Tämä aiheuttaa epävarmuutta aiempien tutkimustulosten soveltuvuudessa lähtötietona käytettäväksi. Lisäksi uusien tekniikoiden, esimerkiksi erilliskerätyn palavan jätteen polton, yksikkökustannuksista ja -päästöistä on käytettävissä niukasti tietoa.

Taulukko 30. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n toimialueen mallintamisen lähtötietoina käytetyt yksikkökustannukset ja -päästöt.

Toiminnallinen osa	Kustannukset	Päästökomponeentit
1. Jäteastiat keittiössä	kyllä	-
2. Jäteastiat kiinteistöllä		
- astiat	kyllä	-
- keräyspisteen rakenteet	kyllä	-
3. Aluekeräysastiat		
- astiat	kyllä	-
- keräyspisteen rakenteet	kyllä	-
4. Oma jätteenkuljetus		
- aikakustannus	ei	-
- ajoneuvo	kyllä	CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
5. Keräys	kyllä	CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
6. Kuljetus	kyllä	CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
7. Jatkokuljetus	kyllä	CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
8. Siirtokuormaus	kyllä	
- kuormauskaluston päästöt		CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
9. Jätteenpolto kiinteistöllä	ei	-
10. Kotikompostointi	kyllä	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , VOC
11. Keskitetty kompostointi	kyllä	COD, NH ₄ -N, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, NH ₃ , NO _x , SO ₂ , VOC
12. Optinen lajittelu	kyllä	
- energiankulutus		CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
13. Jätepoltoaineen valmistus	kyllä	
- energiankulutus		CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
14. Jätepoltoaineen poltto	ei	CO ₂ , NO _x , SO ₂
15. Loppusijoitus	kyllä	
- jätetäyttö		COD, NH ₄ -N, CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, VOC
- kaatopaikkakoneet		CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
- energiantuotto kaasulla		CO ₂ , NO _x , SO ₂ , VOC
16. Hyödyntämisen tulot		
- paperi	kyllä	-
- pahvi	kyllä	-
- biojäte	kyllä	-
- lasi	kyllä	-
- metalli	kyllä	-
- jätepoltoaine	kyllä	-
- nestepakkauskartonki	kyllä	-
- kartonkipakkaukset	kyllä	-

KIRJALLISUUS

- Jouttijärvi, T. (toim.) 1997. Suomen metsäteollisuuden luonnonvarojen käyttö ja päästöt. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. Käsikirjoitus.
- Lundström, Y. 1994. Helsingin vesilaitos. Helsinki. Suullinen tiedonanto 27.9. 1994.
- Mantsinen, R. 1994. Humuspehtoori Oy. Kangasala. Suullinen tiedonanto 28.9.1994.
- Mäkelä, K, Kanner, H. & Laurikko, J. 1996. Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöt. Liisa 95 -laskentajärjestelmä. VTT. 45 s. VTT Tiedotteita 177. ISBN 951-38-4967-8. ISSN 1235-0605.
- Nieminen, H. & Isoaho, S. 1995. Kotitalousjätteen keräys ja kuljetus. Helsinki. Vesi- ja ympäristöhallitus. 155 s. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja - sarja A. Nro 209. ISBN 951-53-0081-9. ISSN 0786-9592.
- PHJ Oy. 1997. Useita kirjallisia ja suullisia tiedonantoja. 31.1. - 30.4.1.1997. (Salonen, L.)
- Pelkonen, M., Rauta, E. & Tanskanen, J-H. 1997. Yhdyskuntajätehuollon päästöt YTV:n toimialueella. Käsikirjoitus. Julkaistaan Teknillisen korkeakoulun Vesi- huoltotekniikan laboratorion julkaisusarjassa.
- Rahkonen, P. & Salonen, L. 1997. Liipolan ja Jalkarannan jätteiden keräyskokeilu. 4.11.1996 - 30.4.1997. Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy. Väliraportti 28.2.1997.
- RIL. 1983. Jätehuolto. Yhdyskuntajätteen keräily ja kuljetus. Helsinki. 139 s. Suomen Rakennusinsinöörien Liiton julkaisu 152-1983. ISBN 951-758-034-7.
- Saarikoski, H. 1995. Ympäristövaikutusten arviointiselostus Pirkanmaan jätehuolto Oy:n alueen jätehuoltoratkaisuista. Helsinki. Luonnos 14.8.1995. Suomen ympäristökeskus.
- Salo, M. 1996. Paperinkeräys Oy. Kirjallinen tiedonanto 19.6. 1996.
- Salo, M. & Saarikoski, K. 1992. Biojätteen keräyskokeilun seuranta Matinkylän alueella. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. 19 s. Julkaisematon.
- Savolainen, P. 1996. Kompostikonsultti - kiinteistökohtaisen kompostoinnin suunnitteluohjelma. Helsinki. Suomen ympäristökeskus. Tietokoneohjelma.
- Sundberg, J. 1993. Metodutveckling för ett miljöanpassat avfallshanteringsystem i Göteborgsregionen. Malmö. Stiftelsen Reforsk. 80 s. FoU nr 91. ISSN 0284-9968.
- Säkkiväline Oy. 1995. Tuotekuvasto. Helsinki.

- Tanskanen, J-H. 1996. Syntypaikkalajitteluun perustuvan yhdyskuntajätehuollon tarkastelu: jätevirrat, kustannukset ja päästöt. Helsinki. Suomen ympäristökeskus. 96 s. Suomen ympäristö nro 38. ISBN 952-11-0052-4. ISSN 1238-7312.
- Tanskanen, J-H. 1997a. YTV:n alueen jätehuollon mallintaminen. Helsinki. 64 s. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C 1997:2.
- Tanskanen, J-H. 1997b. Valtakunnallisten yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavutettavuus Päijät-Hämeessä. Helsinki. Suomen ympäristökeskus. 62 s. Suomen ympäristö nro 151. ISBN 952-11-0174-1. ISSN 1238-7312.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S. 1993. Integrated solid waste management- Engineering principles and management issues. Singapore. McGraw-Hill International editions. 978 s.
- Tielaitos. 1995. Tieliikenteen ajokustannukset 1995. Helsinki. 42 s. Tielaitos. ISBN 951-726-095-4.
- Tilastokeskus. 1993. Toimialaluokitus 1995. Helsinki. 214 s. Käsikirjoja 4. ISBN 951-47-6582-1. ISSN 0355-2063.
- Tilastokeskus. 1997. Asukas- ja työpaikkamäärät Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n toimialueella. Kirjallinen tiedonanto 5.2.1997. (Uljas, S.)
- Tilli, T. 1994. Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunta. Helsinki. Suullinen tiedonanto 28.9.1994.
- Ympäristöministeriö. 1996. Ehdotus valtakunnalliseksi jätesuunnitelmaksi vuoteen 2005. Helsinki. 283 s. Luonnos 23.10.1996.
- YTV. 1991. Pääkaupunkiseudun yhdyskuntajätteen koostumus 1990. Helsinki. 61 s. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja C1991:3. ISSN 0357-5454.
- YTV. 1994. Biojätteen erilliskeräily Pohjois-Helsingin alueella. Seurantareportti 1994. 15 s. Julkaisematon.

Julkaisija
Suomen ympäristökeskus

KUVAILELEHTI
Julkaisun päivämäärä
Syyskuu 1997

Tekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)
Juha-Heikki Tanskanen

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)
Yhdyskuntajätehuollon lähtötiedot Päijät-Hämeessä

Julkaisun laji
Toimeksiantaja
Suomen ympäristökeskus, ympäristöministeriö
Toimielimen asettamispvm

Julkaisun osat

Tiivistelmä

Raportissa esitetään Lahden ja sen 11 lähikunnan alueella tehdyssä yhdyskuntajätehuollon mallintamistutkimuksessa käytetyt lähtötiedot ja niiden laskentaperusteet. Astia- ja keräysjärjestelmän yksikkökustannukset ja keräystyön yksikköpäästöt on laskettu tapauskohtaisesti lajitteluun osallistuvien kiinteistöjen keskimääräisten jätekertymien perusteella. Käsittelymenetelmien yksikkökustannukset perustuvat lähinnä Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy:n kokemukseen ja asiantuntijahaastatteluihin. Jätejakeiden haitta-ainepitoisuudet ja jätehuollon toiminnallisten osien päästöt perustuvat aiempiin tutkimuksiin.

Asiasanat (avainsanat)

yhdyskuntajätteet, syntypaikkalajittelu, jätteiden käsittely, kustannukset, päästöt, mallit

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero
Suomen ympäristökeskuksen moniste nro 96

ISBN
952-11-0182-2

ISSN
1455-0792

Kokonaissivumäärä
49

Kieli
Suomi

Hinta

Luottamuksellisuus
Julkinen

Jakaja
Suomen ympäristökeskus
Asiakaspalvelu
puh. (09) 403 000

Kustantaja
Suomen ympäristökeskus
PL 140
00251 HELSINKI

Published by
Finnish Environment Institute

Date of publication
September 1997

Author(s)
Juha-Heikki Tanskanen

Title of publication
Municipal solid waste management data in the Päijät-Häme Region

Type of publication *Commissioned by*

Parts of publication

Abstract

Input data of the modelling study concerning solid waste management in 12 municipalities of the Päijät-Häme Region are presented. Unit costs and unit emissions of the container and collection system were calculated on the basis of average waste amounts in the properties of the study area. Unit costs of waste treatment plants were based on the data obtained from the local waste management company and other experts. Contents of harmful substances in waste components and unit emissions from different operations were collected from previous studies.

Keywords

municipal solid waste, source separation, waste treatment, costs, emissions, models

Other information

<i>Series (key title and no.)</i>	<i>ISBN</i>	<i>ISSN</i>
Mimeograph series of the Finnish Environment Institute 96	952-11-0182-2	1455-0792

<i>Pages</i>	<i>Language</i>	<i>Price</i>	<i>Confidentiality</i>
49			

<i>Distributed by</i>	<i>Publisher</i>

ISBN 952-11-0182-2
ISSN 1455-0792