



Sirje Vares & Jarkko Lehtinen

Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset

Lasipakkausten keräys- järjestelmän tehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset

Sirje Vares & Jarkko Lehtinen

ISBN 978-951-38-6951-9 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)
ISSN 1455-0865 (URL: <http://www.vtt.fi/publications/index.jsp>)

Copyright © VTT 2007

JULKAISIJA – UTGIVARE – PUBLISHER

VTT, Vuorimiehentie 3, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 4374

VTT, Bergsmansvägen 3, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 4374

VTT Technical Research Centre of Finland, Vuorimiehentie 3, P.O.Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax + 358 20 722 4374

VTT, Lämpömiehenkuja 2, PL 1000, 02044 VTT
puh. vaihde 020 722 111, faksi 020 722 7055

VTT, Värmemansgränden 2, PB 1000, 02044 VTT
tel. växel 020 722 111, fax 020 722 7055

VTT Technical Research Centre of Finland, Lämpömiehenkuja 2, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Finland
phone internat. +358 20 722 111, fax +358 20 722 7055

Vares, Sirje & Lehtinen, Jarkko. Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset. Espoo 2007. VTT Tiedotteita – Research Notes 2404. 122 s.

Avainsanat refuse collection and disposal, transport, glass ware, environmental impacts, Life Cycle Assessment, economical effects, Helsinki metropolitan area, real estates, public collection network, regional collection points, glass recycling

Tiivistelmä

Tutkimuksessa selvitettiin lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostamismahdollisuuksia ja lasin ympäristövaikutuksia sekä tulosten perusteella laadittiin vertailu koalueen taloudellisista, ekologisista sekä yhteiskunnallisista vaikutuksista kiinteistökohtaisessa lasipakkauskeräyksessä. Selvityksen peruskysymykset olivat, kannattaako kiinteistökohtainen keräys koko pääkaupunkiseudun alueella ja mitkä ovat kiinteistökohtaisen keräyksen vaikutukset asukkaisiin sekä ympäristöön? Keräyksen ekotehokkuutta ei voida päätellä ainoastaan keräysjärjestelmän avulla, vaan selvityksessä otettiin huomioon kaikki prosessiin osallistuvat tahot ja heidän toimintansa. Täten tutkimus käsittelee myös lasipakkausten hyödyntäjien toimintoja, kuten uusien lasipakkausten valmistusta, lasivillan valmistusta, villan ja lasipakkausten valmistuksessa käytettyjen luonnon raaka-aineiden valmistusta sekä käytetyn keräyslasiin puhdistusta ja lisäksi kaikkia kuljetussuoritteita (keräyksestä hyödyntäjille).

Tuloksena esitetään ekologinen sekä taloudellinen vertailu

- lasipakkausten nykyisestä keräysjärjestelmästä ja hyötykäytöstä – nykytilanne
- lasipakkausten keräyksen tehostamisesta – kiinteistökohtainen keräys
- sekä tilanteesta, jossa lasipakkauksia ei kerätä ollenkaan – ei keräystä.

Tulosta voidaan käyttää lasipakkausten keräysjärjestelmän uudistamisessa päätöksenteon tukena.

Alkusanat

Tutkimus juontaa VTT:n aikaisemmin (vuonna 2004) Pääkaupunkiseudun yhteistyövaltuuskunnalle YTV:lle ja Keräyslasiyhdistykselle toteutetusta tutkimuksesta ”Lasipakkausten nykyisten keräysjärjestelmien kustannusvaikutukset ja tehokkuus” [1], jossa todettiin, että pääkaupunkiseudulla lasipakkausten keräys olisi tarkoituksenmukaista järjestää pääasiallisesti kiinteistökohtaisena. Samalla todettiin, että tulokset pitävät paikkansa pienellä, rajoitetulla alueella, mutta eivät välttämättä koko Suomessa. Siinä todettiin myös, että ennen koko keräysjärjestelmän uudistamista olisi hyvä aloittaa uusi keräysjärjestelmä pienimuotoisella kokeilulla.

Tämä tutkimus, ”Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen ja lasin ympäristövaikutukset”, toteutettiin vuonna 2006. Lasipakkausten keräyksen tehostamista varten järjestettiin projektin aikana koealueella (noin 50 000 asukasta) kiinteistökohtainen lasipakkausten keräys. Tutkimusalueeseen kuuluivat Lauttasaari, Meilahti, Munkkiniemi, Munkkivuori, Niemenmäki, Pikku-Huopalahti, Ruskeasuo ja osa Töölöä. Kiinteistökohtaisen keräyksen piiriin kutsuttiin kiinteistöt, joissa oli yli 20 asuntoa ja sopimuksiin liittyi 583 kiinteistöä (asuntoja oli 26 000 ja asukkaita yli 40 000).

Tutkimusta ohjasi ja valvoi johtoryhmä, johon kuuluivat YTV:ltä Marjut Mäntynen, Juha Talvio, Olli Linsiö ja Jouni Kokkola, Keräyslasiyhdistys ry:stä Erik Berghem sekä Markku Piekkari ja Lassila & Tikanoja Oyj:lta (L & T) Juha Tahvanainen. Tutkimuksen toteuttivat Sirje Vares ja Jarkko Lehtinen VTT:ltä ja tutkimukseen osallistuivat myös Seppo Teerimo ja Pertti Koskinen VTT:ltä. Keräystiedot tuottivat ja kokosivat kuljettaja Reijo Sippola L & T:lta sekä Martti Topi ja Suvi Anttonen YTV:ltä. Tutkimuksen aikana haastateltiin myös keräyslasiin hyödyntäjiä Vesa Nuotiota Isover Oy:stä sekä Roger Johanssonia ja Jari Karvosta Karhula Oy:stä joilta saatiin arvokasta lähtötietoa lasivillan sekä lasipakkausten valmistuksesta.

Tutkimuksen aikana johtoryhmän jäsenet, osallistujat sekä erityisesti asukkaat suhtautuivat tutkimukseen myönteisesti ja tekivät työstämme haastavan ja mielenkiintoisen.

Kiitämme kaikkia yhteistyöstä.

Espoossa, 5.6.2007

Sirje Vares ja Jarkko Lehtinen

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	5
1. Tausta.....	9
1.1 Lasipakkaukset ja jätehuolto Suomessa.....	9
1.2 Lasipakkausten keräyslogistinen järjestelmä ja sen vaikutus yhdyskuntarakenteeseen ja elinympäristöön.....	12
1.3 Lasipakkausten ympäristövaikutukset.....	13
1.4 Lasipakkausten hyödyntäminen.....	14
2. Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen.....	16
2.1 Toteutus.....	16
2.2 Tavoite.....	17
2.3 Tutkimuksen menetelmät.....	17
3. Lasin keräys koealueella logistiikan näkökulmasta.....	19
3.1 Keräyksestä.....	19
3.1.1 Aineiston keruu.....	21
3.1.2 Korrelaatioista.....	21
3.1.3 Asukkaiden lukumäärän ja kertyneen lasin välinen korrelaatio.....	22
3.1.4 Asuntojen lukumäärän ja kertyneen lasin välinen korrelaatio.....	23
3.1.5 Kertyneen lasin ja metallin välinen korrelaatio.....	23
3.1.6 Asukkaiden ja kertyneen metallin välinen korrelaatio.....	24
3.1.7 Taloyhtiöiden luokittelu.....	25
3.1.8 Valikoiva keräys.....	26
3.1.9 Lasijätteen kertyminen.....	28
3.1.10 Optimaalinen keräys.....	31
3.2 Keräyskustannusten minimointi.....	33
3.3 Eri mallien välinen vertailu.....	35
3.3.1 Vuotuiset ajokilometrit.....	35
3.3.2 Keräyskustannukset.....	37
3.3.3 Keräyskustannusten jakautuminen käyttäjille.....	38
3.3.4 Keräysauton kapasiteetti.....	39
3.3.5 Keräykseen kuluva aika.....	40
3.3.6 Yhteenveto malleista.....	42
3.3.7 Mallien rajoitukset.....	43
3.3.8 Lasin ja metallin yhteiskeräys.....	43
3.4 Lasin kertyminen koko tutkimusalueella.....	47

3.5	Lasin keräysmäärät vuoden ajalta	48
3.6	Väritön lasi	49
3.7	Värillinen lasi	52
3.8	Kriittiset keräyskohteet.....	54
3.9	Lasin epäpuhtaus	55
3.10	Arvio mallien soveltuvuudesta käytännön työssä	57
3.11	Taloyhtiön optimaalinen koko.....	57
4.	Kyselytutkimus	61
4.1	Tutkimuksen tavoite ja menetelmä.....	61
4.2	Kyselyyn vastaajien profiili.....	63
4.3	Koalueen mielipidekyselyn vastaukset.....	64
4.3.1	Vastaajat.....	64
4.3.2	Melu ja hajuhaitat.....	66
4.3.3	Kiinteistökohtaisen keräysjärjestelmän tarpeellisuus	67
4.3.4	Kerätyn lasin puhtaus ja värillisen lasin erottelu	68
4.3.5	Tiedotus.....	69
4.3.6	Lapsiperheet	71
4.4	Vastaajien kommentit keräyksestä	75
4.5	Kyselytutkimuksen yhteenveto	77
5.	Ympäristövaikutukset	79
5.1	Keräyksen ympäristövaikutukset.....	79
5.1.1	Keräysmallit	79
5.1.2	Kuljetuskalusto.....	80
5.1.3	Kuljetuskaluston päästöt	81
5.1.4	Lasipakkausten yleisökeräyksen ja kiinteistökohtaisen keräyksen ympäristövaikutukset	84
5.1.5	Lasipakkausten keräys, ympäristövaikutusten yhteenveto	87
5.2	Lasivillateollisuuden ympäristövaikutukset	89
5.2.1	Tausta	89
5.2.2	Lasivillan valmistusprosessi ja raaka-aineet	90
5.2.3	Ympäristövaikutusten laskennan lähtötiedot	93
5.2.4	Tulokset.....	95
5.2.5	Lasivillan valmistuksen yhteenveto	97
5.3	Lasipakkausten valmistuksen ympäristövaikutukset.....	98
5.3.1	Tausta	98
5.3.2	Lasipakkausten valmistusprosessi ja energiankulutus	100
5.3.3	Lasipakkausten valmistuksessa käytettävät raaka-aineet.....	101
5.3.4	Lasipakkausten ympäristövaikutusten tulokset.....	103
5.3.5	Yhteenveto	105
5.4	Betonituotteiden ympäristövaikutukset.....	106

5.4.1	Tausta	106
5.5	Keräysskenaariot	107
5.5.1	Keräysskenaario 1	107
5.5.2	Keräysskenaario 2	108
5.5.3	Keräysskenaario 3	110
5.5.4	Lasikeräysskenaarioitten tulos	111
6.	Päätelmät ja suositukset	117
6.1	Ekologisuuden arvio	117
6.2	Vaikutus asukkaisiin.....	118
6.3	Taloudellinen arvio.....	119
	Lähdeluettelo	122

1. Tausta

1.1 Lasipakkaukset ja jätehuolto Suomessa

Pakkausjätteen kierrätyksen ja hyötykäytön kehittämisellä on olennainen vaikutus yhteiskunnan materiaalitehokkuuteen ja jätteiden synnyn kokonaismäärään. Jätehuollossa on tärkeää huolehtia pakkausjätteen kokonaismäärän vähentämisestä ja samalla lisätä pakkausten kierrätystä ja uudelleenkäyttöä sekä hyötykäyttöä muussa teollisuudessa.

Kestävä kehitys tarkoittaa maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Kestävä kehitys tarkoittaa myös sitä, että ympäristö, ihminen ja talous otetaan tasavertaisesti huomioon päätöksenteossa ja toiminnassa. Kuvassa 1 hahmotellaan jätehuollon kestävän kehityksen mukaisuuteen vaikuttavat parametrit.



Kuva 1. Jätehuolto ja kestävä kehitys.

Lasipakkausten kierrätysjärjestelmä on hoidettu Suomessa keräämällä lasipakkauksia uudelleentäyttöön sekä käyttämällä niitä uudestaan muussa teollisuudessa uusien lasipakkausten ja lasikuidun valmistuksessa (). Suomessa lasipakkausten kierrätys uudelleentäyttöön on hoidettu tehokkaasti pantillisen järjestelmän avulla. Suomessa Pakkausalan Ympäristörekisteri PYR Oy kerää tietoja markkinoille toimittamista pakkauksista ja laatii vuosittain pakkausmateriaalien käytöstä ja hyödyntämisestä viralliset tilastot (http://www.pyr.fi/hyoty_6_5.htm#2). Taulukossa 1 esitetään pakkausmateriaalien määrät sekä uudelleenikäyttö vuoden 2004 PYR:n tekemien tilastojen mukaan. Lasipakkausten osalta uudelleenikäyttö tässä tarkoittaa uudelleenikäyttöä pakkauksina (kerran markkinoille tulleet lasipakkaukset täytetään uudestaan ja saatetaan uudestaan markki-

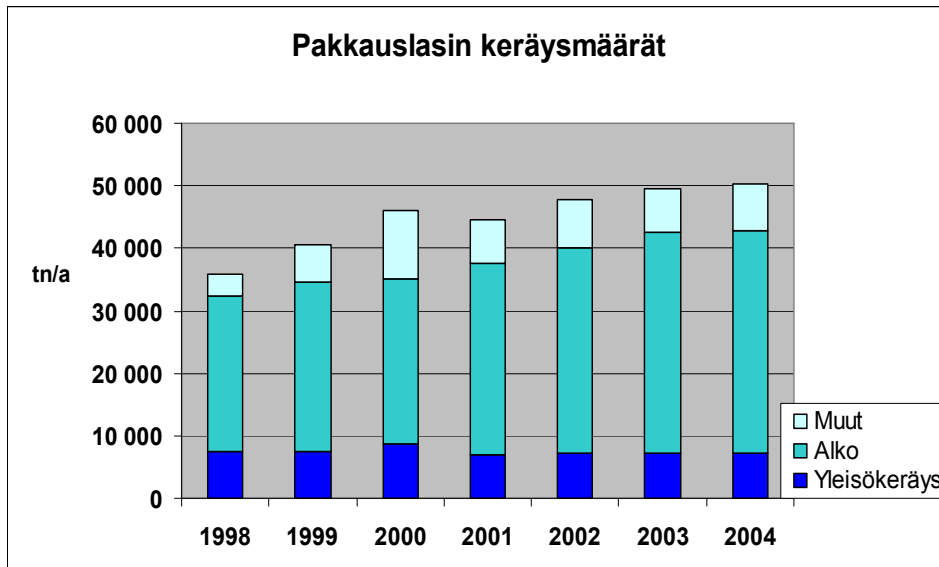
noille). Tämän mukaan Suomessa kaikista käytetyistä lasipakkauksista käytetään uudelleen täyttöön 78 %.

Taulukko 1. Pakkauksien käyttö Suomessa sekä uudelleen käytettävät pakkaukset (Valtakunnalliset tilastot vuonna 2004 käytetyistä pakkausmääristä (http://www.pyr.fi/hyoty_6_5.htm#2).

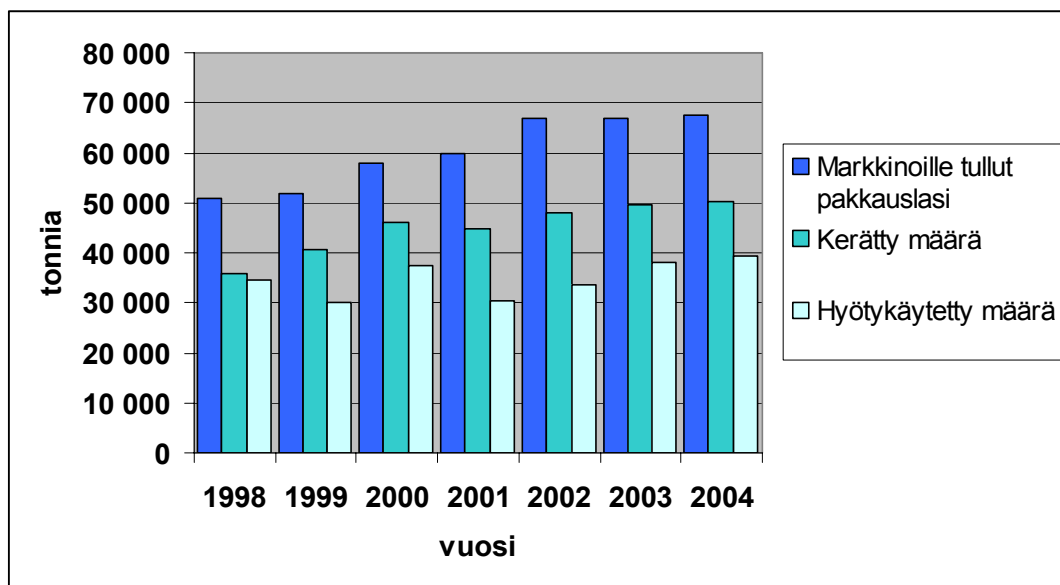
Materiaali	Käyttö tonnia	Uudelleenkäyttö täyttämällä tonnia	Pakkauksia muuhun hyötykäyttöön kuin täyttöön tonnia	Uudelleenkäyttö- aste %
Lasi	308 800	241 400	67 400	78 %
Muovi	337 100	247 200	89 900	73 %
Paperi ja aaltopahvi	253 200	8 400	244 700	3 %
Metalli	425 600	383 300	42 300	90 %
Puu	927 900	723 600	204 300	78 %
Yhteensä	2 252 600	1 603 900	648 600	71 %

Uudelleen täyttö koskee kuitenkin vain osaa lasipakkauksista. Lasipakkausten kulutus kaiken kaikkiaan on ollut tähän saakka nousussa, ja näin ollen myös muussa teollisuudessa hyötykäytettävien lasipakkausten määrän pitäisi kasvaa. Taulukon 1 mukaan vuonna 2004 muuhun hyötykäyttöön tuli lasipakkauksia markkinoille yli 67 000 tonnia.

Lasipakkausten keräys Suomessa on järjestetty tehokkaasti ALKOn keräyspisteiden kautta, lisäksi Suomessa on käytössä yleisökeräysjärjestelmä, jossa kerätään sekä väri- lisiä että kirkkaita lasipakkauksia. Vuosittain lasipakkauksien keräysmäärät ovat olleet kasvussa (kuva 2). Vuonna 2004 lasipakkausten keräyksen kokonaismäärä muuhun kuin uudelleen täyttöön tarkoitetun hyödyntämiseen oli noin 50 000 tn, ja tästä tosiasiallisesti hyötykäytettävä määrä oli noin 40 000 tn. Kerätystä määrästä jäi eri syistä hyödyntämättä noin 10 000 tn lasia (kuva 3).



Kuva 2. Lasipakkausten keräysmäärät Suomessa (1998–2004).



Kuva 3. Lasipakkausten keräys ja hyötykäyttö (1998–2003).

Pääkaupunkiseudulla tehtiin YTV:n toimesta vuosina 2003–2004 kotitalouksien sekajätteen määrä- ja laatututkimus [2], jonka mukaan kotitalouksista päätyi kaatopaikalle lasijätettä noin 6,2 kg/asukas. Tämän mukaan vuosittain kaatopaikalle päätyy noin 30 000 tn lasijätettä suoraan kotitalouksista. Jotta suoraan kaatopaikalle siirtyvää jätemäärää voitaisiin vähentää, tarvitaan lasipakkausten keräysjärjestelmän muuttamista tehokkaammaksi ja uusien hyötykäyttökohteiden kehittämistä. Jos hyötykäyttöä ei olisi muussa teollisuudessa lainkaan, kaatopaikoille päätyisi vuosittain jopa 70 000–80 000 tonnia käytöstä poistettua pakkauslasia.

Virallisten tilastojen mukaan lasin keräysaste Suomessa on tällä hetkellä korkeampi kuin EU:n määrittämä hyötykäyttötavoite. Kuitenkin EU:n määrittämässä direktiivissä, jotka on toteutettava viimeistään 31. päivänä joulukuuta 2008, lasipakkausjätteen hyötykäyttötavoite kasvaa ja tulee olemaan 60 painoprosenttia.

1.2 Lasipakkausten keräyslogistinen järjestelmä ja sen vaikutus yhdyskuntarakenteeseen ja elinympäristöön

Logistiikan rooli yhteiskunnassamme on nähty kokonaisvaltaisesti vasta viime vuosikymmenien aikana. Koska logistiikka ulottuu lähes kaikkeen toimintaan, käsitteen merkitys on usein jäänyt hämäräksi tai sen osa-alueet on arvioitu usein osina irrotettuna kokonaisuudesta. Logistinen ongelma on ollut helpompi jakaa hallittaviin osiin, ja näitä osia on tarkasteltu erikseen. Tässä kierrätys, ja tarkemmin lasin kierrätys, ei tee poikkeusta. Lasijätteen kerääminen ja kierrätys on kysymyksenä kohtalaisen ymmärrettävää, mutta tarkasteltaessa kysymystä laajemmin tilanne muuttuu. Ovatko keräysastioiden muoto ja koko logistisia kysymyksiä? Entä keräysmäärät, keräysauton tilavuus tai kuljetusreittien suunnittelu? Kerätyt volyymit pitäisi välivarastoida ja käsitellä jossakin. Kuinka paljon lasia kerätään, entä kuinka paljon sitä hyödynnetään? Missä tämän tulee tapahtua? Millainen on taloudellisesti paras ratkaisu? Onko taloudellinen ratkaisu yhteiskunnan näkökulmasta paras? Entä jos keräys aiheuttaakin enemmän haittaa (ympäristölle) kuin neitseellisistä raaka-aineista valmistettu lasi? Entäpä jos lasin hyötykäyttö kasvaa radikaalisti uusien innovaatioiden ansiosta? Toisaalta hyötykäytön määrä voi myös romahtaa.

Lasin kierrätysjärjestelmän kehittäminen on vaativa tehtävä ja logistiikan rooli on työssä keskeisellä sijalla. Logistisen järjestelmän tulee olla sellainen, että erisuuntaiset tavoitteet tulevat optimaalisesti katetuiksi, haitat minimoiduiksi ja hyödyt maksimoiduiksi. Investointien aikajänne on hyvin pitkä, ja mahdolliset muutokset tapahtuvat pitkällä viiveellä, koska muutostkustannukset ovat korkeat. Logistiikan suunnittelu sisältää paljon riskitekijöitä, joiden laukeaminen on sekä yhteiskunnallisesti että elinkeinoelämän kannalta raskasta.

VTT:n aikaisemmissa teoreettisissa tutkimuksissa on lasin keräystä tarkasteltu kolmen eri mallin avulla: kauppamallin, kiinteistökohtaisen mallin sekä yleisökeräysmallin. Kauppamallissa kuluttajat tuovat kerättävän lasin kauppojen yhteydessä toimiviin keräyspisteisiin, kuluttajamallissa keräyspisteet ovat asukkaiden nykyisten jättepisteiden yhteydessä. Yleisökeräysmallissa lähtökohtana oli vallitseva käytäntö, jossa keräyspisteet sijaitsivat erikseen valituilla paikoilla. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään sellainen ratkaisu, jossa eri mallien hyvät puolet saavutetaan siten, että heikkoudet minimoituisivat. Lisäksi ratkaisun tulisi olla sellainen, että se hyväksytään yleisesti.

Tutkimuksen perusteella suositeltavin vaihtoehto on muokattu kiinteistökohtainen malli, jossa keräyksen piirissä ovat ainoastaan kerrostalot ja järjestelmää täydennetään sopivien kauppakeskusten yhteyteen sijoitettavilla yleisökeräyspisteillä. Keräysteholtaan parhaaksi arvioidussa kiinteistömallissa on vaarana keräyskustannusten kohoaminen ylisuuriksi, mikä puolestaan vaikeuttaa hyötykäyttöä. Kaupamallin puutteena puolestaan ovat tilakysymysten lisäksi mm. kaupan taloudelliset ja imagolliset kysymykset. Yleisökeräysmallin epäkohtana pidetään suhteellisen heikkoa keräystehokkuutta, lajitte- luongelmaa sekä eräitä sivuvaikutuksia, kuten roskaantumista. Lasin kierrätys- ja keräysjärjestelmän tulee olla kehitetty kestäville periaatteille. Elinympäristömme kannalta yhdyskuntarakenteen ulkoiset puitteet sekä keräyksen ympäristövaikutukset ovat tärkeitä tekijöitä.

Lasin välivarastointi ja lajittelu ovat nykyisin välttämättömiä toimenpiteitä, mutta ne eivät välttämättä tuota lisäarvoa ja ne lisäävät kustannuksia. Edellytys on, että taloudelliset keräyserät sekä lasijätteen laatutekijät voidaan varmistaa muilla keinoin. Tämän johdosta keräyksen logistisen järjestelmän tulisi olla sellainen, että eri välivaiheita pyritään minimoimaan.

1.3 Lasipakkausten ympäristövaikutukset

Lasi on yksi nykyaikaisen yhteiskunnan tärkeistä materiaaleista. Tärkeitä ja perinteisiä käyttökohteita ovat olleet pakkaukset, erityisesti elintarvikepakkaukset, sekä ikkunat ja muut lasitukset. Yleisin lasityyppi on ”natronkalkki”-lasi, jota valmistetaan sulattamalla kvartsihiekkää (SiO_2), soodaa (Na_2CO_3) ja kalkkikiveä (CaCO_3) sekä eräitä lisäaineita.

Lasin valmistuksen ympäristövaikutukset ovat suuria erityisesti CO_2 -, NO_x - ja SO_2 -päästöjen osalta, mikä johtuu energiaintensiivisestä prosessista ja valmistusprosessin käyttämästä korkeasta lämpötilasta. Valmistusprosessista syntyy lisäksi pölypäästöjä ja raaka-aineiden epäpuhtauksien johdosta kloridi-, fluoridi- sekä metallipäästöjä. Paras tapa vähentää lasivalmistuksen ympäristövaikutuksia on käyttää tehokkaampia uuneja, jolloin saavutetaan parannusta päästöprofiileissa mutta samalla aiheutetaan lisää kustannuseuraamuksia.

Lasipakkausten paremmalla hyödyntämisellä voidaan vaikuttaa ympäristöön. Kuitenkin Suomessa nykyisten hyödyntäjien lisähyödyntämispotentiaali on vähäinen ja tarvitaan uusia lasi-raaka-aineen hyödyntäjiä.

Toisaalta, jos lasipakkausten uusia hyödyntäjiä löytyy, tarvitaan myös lasin keräysjärjestelmän uusimista, jotta lasipakkauksia saataisiin enemmän talteen. Lasin korkea keräystehokkuus ei ole itsetarkoitus, vaan hyötykäytön määrä sekä kuluttajien tavat ja tot-

tumukset vaikuttavat siihen suuresti. Lisäksi keräyskustannukset asukasta kohden kasvavat jyrkästi harvaan asutuilla alueilla sekä pienissä taloyhtiöissä. Mm. näiden seikkojen johdosta keräyksen logistisen mallin suunnittelu ja testaaminen tulee tehdä sopuinnussa muiden keräystavoitteiden kanssa. Logistiikkakustannusten lisäksi on otettava huomioon ympäristökysymykset ja erityisesti kuljetuskaluston lisääntyvän käytön päästökysymykset.

1.4 Lasipakkausten hyödyntäminen

Lasia voidaan kierrättää uusiksi tuotteiksi periaatteessa loputtomasti ilman, että sen kemialliset tai fysikaaliset ominaisuudet merkittävästi muuttuvat. Ihannetapauksena voidaan kuitenkin pitää tilannetta, jossa kierrätyslasista valmistetaan samaa tuotetta kuin mistä se on peräisin, koska lasityyppien kemialliset koostumuserot rajoittavat kierrättämistä eri lasityyppien välillä. Myös väri vaihtelu haittaa kierrätetyn lasin hyödynnettävyyttä, vaikka eriväristen lasien kemialliset koostumuserot ovatkin vähäisiä.

Kansainvälisesti ottaen merkittävin kierrätyslasin hyödyntäjä on perinteisesti ollut pakkauslasiteollisuus. Sen osuus kierrätyslasin hyötykäytöstä on monissa maissa jopa 80 %. Kierrätyslasin käyttöä voitaisiin alalla kuitenkin edelleen selvästi lisätä edellyttäen, että lasi täyttää teollisuuden laatuvaatimukset.

Pakkauslasin valmistusmäärät ovat läntisessä maailmassa vakiintuneet viime vuosien aikana, eikä kasvun tulevinakaan vuosina odoteta olevan merkittävää, mikä osaltaan rajoittaa kierrätyslasin hyödyntämismäärien voimakasta lisäämistä. Toinen rajoittava tekijä monissa maissa, myös Suomessa, on se, että vihreän lasin osuus kierrätyslasivirrasta on selvästi suurempi kuin sen osuus kyseisen maan tuotannosta. Siitä seuraa, että toisaalta laatuvaatimukset myös väriltään täyttävää kierrätyslasia ei ole riittävästi saatavilla ja toisaalta osaa kierrätyslasista ei voida lainkaan hyödyntää pakkauslasituotannossa.

Lasivillan valmistus on toinen teollisuudenala, jossa kierrätyslasia on käytetty merkittäviä määriä. Suomessa lasivillateollisuus on suurin kierrätyslasin hyödyntäjä. Muun kuitulasin valmistuksessa laatuvaatimukset ovat niin tiukkoja, että ulkopuolisen kierrätyslasin käyttäminen ei ole mahdollista.

Kierrätyslasin osuus lasivillan valmistuksessa voi olla enimmillään 80–85 %. Lasivillan valmistukseen kelpaavat sekä kirkas että vihreä lasi. Ruskeaa lasia ei mielellään käytetä, koska sen sisältämä rauta voi aiheuttaa tuotannossa vaahtoamisongelmia. Kierrätyslasiosuuden nostaminen korkeammaksi kuin noin 85 % taas aiheuttaa laatuongelmia kuidutuksessa, koska lasimassan viskositeetti tulee liian alhaiseksi.

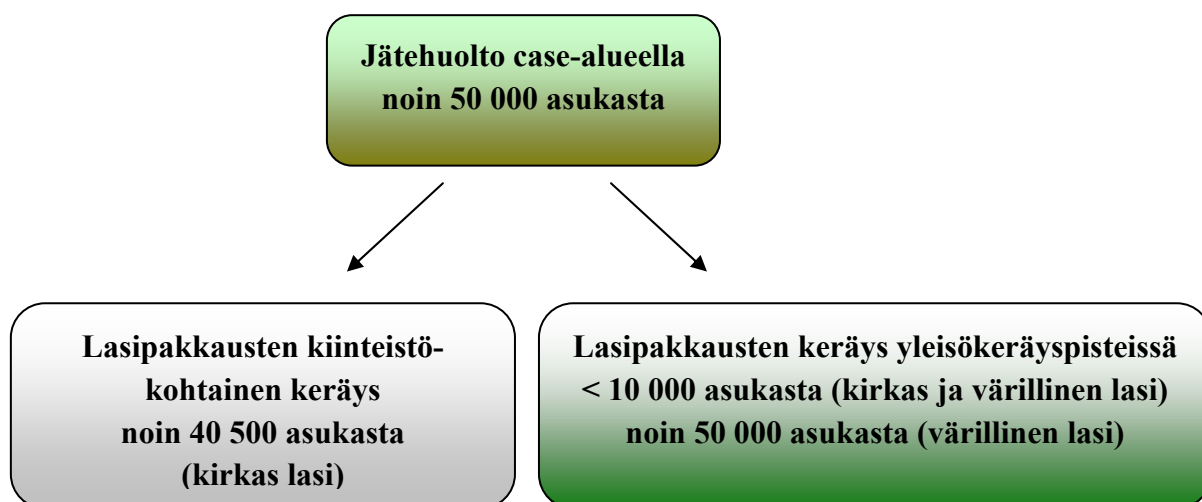
Suomessa kerättyjen lasipakkausten hyötykäyttö on tällä hetkellä rajallista. VTT:n tutkimuksen mukaan [1] 20 000 tn lasipakkauksia voitaisiin hyödyntää lisää esim. uusien lasipullojen valmistuksessa, jos keräysmääriä kasvatetaan ja pakkauslasin laatuvaatimukset täyttyisivät. Lasipakkausten keräysmääriä voidaan kasvattaa esim. kiinteistökohtaisen keräyksen ansiosta. Oletuksena on että puhtausvaatimukset täytetään keräämällä kirkasta lasia kiinteistökohtaisesti ja lisäksi ennen hyödyntämistä lasi vielä puhdistetaan. Lasin perinteisen hyötykäytön rinnalle tarvitaan myös uusia lasipakkausten hyödyntämiskohteita, jotta saataisiin tehokkaasti hyödyntää kaikenlaista lasitavaraa, jopa sellaista, mikä ei kelpaa nykyisille hyödyntäjille laatuvaatimuksien takia.

Yhtenä mahdollisena vaihtoehtona kierrätyslasin käytössä voisi olla hieno lasifilleri betoniteollisuuden tarpeisiin tai vaahtolasi tai lasimurske väylä- ja tunnelirakenteissa tai terrazzo-lattiat rakennusteollisuutta varten. Kuitenkaan tässä tutkimuksessa ei tarkemmin selvitetä lasiraaka-aineen vaihtoehtoisia käyttökohteita.

2. Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen

2.1 Toteutus

Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostamista selvitettiin kiinteistökohtaisena keräyksenä nojaten aikaisempaan VTT:n tutkimukseen. Lähtökohtana oli, että lasipakkausten keräystä uudistetaan valitulla koealueella kiinteistökohtaiseksi. Jotta tutkittavan alueen asukasmäärät olisivat korkeampia kuin aikaisemmassa tutkimuksessa, tutkimusaluetta laajennettiin ja koealueeseen kuuluivat tässä tutkimuksessa Lauttasaari, Meilahti, Munkkiniemi, Munkkivuori, Niemenmäki, Pikku-Huopalahti, Ruskeasuo ja osa Töölöä. YTV hoiti tutkimusalueelle kaikki kiinteistökohtaisen keräyksen järjestelyt. Koealueen kiinteistökohtaisen keräyksen piiriin kutsuttiin kiinteistöt, joissa oli yli 20 asuntoa ja sopimukseen liittyi 583 kiinteistöä (asuntoja oli noin 26 300 ja asukkaita noin 40 500). Kiinteistökohtainen keräys järjestettiin vain kirkkaalle lasille. Tämä kokeilu edusti muokattua kiinteistökohtaista keräysjärjestelmää, jossa muiden kiinteistöjen osalta (muiden kuin yli 20 asunnon kiinteistöt) sekä värillisten lasien osalta lasipakkausten keräystä varten oli edelleen käytössä aikaisempi yleisökeräysjärjestelmä. Yleisökeräyspisteiden määrää alueella jouduttiin kokeen edetessä supistamaan, aluksi keräyspisteitä oli 18 kpl ja lopulta 7 kpl. Keräyspisteiden määrää vähennettiin, koska yleisökeräyspisteitä käyttävä asukasmäärä pieneni kiinteistökohtaisen keräysjärjestelmän ansiosta. Lasipakkausten kiinteistökohtaista keräystä sekä yleisökeräystä aluekeräyspisteiden kautta hoiti koealueella Lassila & Tikanoja Oyj.



Kuva 4. Koealueen asukasmäärät sekä lasinkeräys.

2.2 Tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kiinteistökohtaisen lasipakkausten keräyksen tehokkuutta sekä sen vaikutuksia ympäristöön ottaen huomioon myös kerätyn lasipakkausten mahdollinen hyötykäyttö. Tarkastelun kohteena oli kolme vaihtoehtoista keräysskenaariota:

- nykytila; lasipakkaukset kerätään yleisökeräysverkoston kautta, hyötykäyttäjänä ovat lasivillateollisuus ja lasipakkausten valmistajat
- tehostettu keräysmalli; lasipakkaukset kerätään kiinteistökohtaisesti, hyötykäyttäjänä ovat nykyiset hyötykäyttäjät sekä joku muu hyödyntäjätaho
- lasipakkausten yleisökeräyksen lopettaminen, jolloin nyt yleisökeräykseen päätyvät pakkaukset menisivät suoraan kaatopaikalle.

2.3 Tutkimuksen menetelmät

Tutkimuksen menetelminä käytettiin kiinteistökohtaisen sekä yleisökeräyksen seuranta, kyselytutkimusta, ympäristövaikutusten laskentaa, skenaarioitten mallintamista ja kustannuslaskentaa. Tutkimuksen menetelmät voidaan jaotella tutkimuksen tavoitteiden suhteen koskemaan asukkaita, astioita, keräystä, ympäristöä ja taloudellisuutta.

Asukkaat

Kiinteistökohtaisen lasipakkauskeräysjärjestelmän vaikutukset asukkaisiin tutkittiin kyselytutkimuksen avulla. Tutkimuksessa selvitettiin neuvonnan vaikutusta keräyksen saantoon ja kerätyn lasin puhtauteen, asukkaiden mielenkiintoa jatkaa lasipakkausten keräystä sekä asukkaiden haju- ja meluhaitoista tekemiä havaintoja. Asukkaille annettiin myös mahdollisuus esittää keräyksestä omia mielipiteitä ja kokemuksia.

Astiat

Puhtauden, täyttöasteiden ja lasien rikkoutumisen arvioimiseksi tehtiin astioitten valokuvaukset pistokokein avulla. Erikseen järjestettiin pistokoe kerätyn lasin puhtaustutkimusta varten. Päivän kiinteistökohtainen keräyssaanto tyhjennettiin välivarastossa eri lavalle. Tutkittavat näytteet otettiin lavan eri kohdista, epäpuhtauksia tutkittiin silmämääräisesti. Asiankuulumaton tavara poistettiin näytteistä ja mitattiin punnitsemalla.

Haastateltiin kuljettajaa. Tarkoituksena on saada täydentäviä tietoja keräyslasin puhtaudesta, täyttöasteista ym.

Kuljetussuoritteet

Kuljetussuoritteet kerättiin kokeen aikana ajopöytäkirjoihin. Tuloksina kerättiin tietoa ajomatkan pituudesta, polttoaineen kulutuksesta sekä joka keräyskohteen täyttöasteesta. Täyttöasteet kuljettaja ilmoitti silmämääräisen arvion perusteella. Joka kuorman tyhjen-nyksen yhteydessä mitattiin myös kuorman koko punnitsemalla.

Ympäristövaikutukset

Lasipakkausten keräys, kuljetuksen, puhdistuksen sekä hyötykäytön (uusien lasipakkausten valmistuksen, lasivillan valmistuksen ja käytön betoniteollisuudessa) ympäristövaikutukset selvitettiin standardoidun elinkaariarvioinnin menetelmällä (Life Cycle Assessment, LCA). Ympäristövaikutusten arvioinnin lähtötietoina lasipakkausten hyödyntäjien osalta käytettiin pääasiallisesti aikaisempia tutkimustuloksia, kirjallisuustietoja sekä valmistajan ilmoittamia tietoja. Vaihtoehtoisena lasimurskeen hyödyntämiskoh-teenä käsiteltiin sovellusta betoniteollisuudessa. Tämän sovelluksen ympäristövaikutuk-sista ei ollut saatavana kirjallisuustietoja, joten ympäristövaikutusten tulos laskettiin vain hyvin karkeana arviona.

Kiinteistökohtaisen sekä yleisökeräyksen ympäristövaikutukset selvitettiin tutkimuksessa koealueen keräyskuljetustuloksien pohjalta. Lasinkeräyksen ympäristövaikutusten lasken-nassa käytettiin VTT:ssä toteutettua Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energian-kulutuksen laskentajärjestelmää LIPASTOa¹ Siinä litra-kohtainen päästökerroin määräy-tyy ajoneuvoyhdistelmätyypin, katuajo-osuuden, Euroluokan ja yhdisteen mukaan. Las-kennassa käytettiin autoluokkaa KA 32 t ja autojen päästötaso oli Euro 3 (1999–2004). Polttoaineen kulutustiedot saatiin case-alueen keräyskuljetuksien suoritteista.

Ympäristövaikutusten vertailutulokset on esitetty lasipakkausten keräys- ja hyötykäyt-töskenaarioiden avulla. Keskeisinä ympäristövaikutuksien indikaattoreina käytetään luonnonmateriaaliresurssien kulutusta, energian kulutusta sekä kasvihuonepäästöjä ja kiinteitä jätteitä kaatopaikalle.

Taloudelliset vaikutukset

Arvioitiin edellä selostettujen skenaarioiden aiheuttamat kustannusvaikutukset. Hyö-dynnettiin edellisten sekä tämän tutkimuksen tuloksia.

¹ www.vtt.fi/lipasto

3. Lasin keräys koalueella logistiikan näkökulmasta

3.1 Keräyksestä

Tutkimuksessa oli yhteensä 634 keräyspistettä. Joissakin asunto-osakeyhtiöistä oli useampia keräyspisteitä kuin yksi, ja aineistossa oli muutamia kohteita, joista ei todellisuudessa kerätty lainkaan. Näin ollen aivan täsmällistä asuntojen ja asukkaiden lukumäärää ei voida sanoa, mutta ero on hyvin pieni. Laskelmissa käytettiin asukaslukua 40 371, mikä saatiin YTV:n tuottamista asuntokohtaisista tiedoista. Laskelmissa, missä arvioitiin koko tutkimusalueen asukkaita, tämä asukasluku pyöristettiin 50 000 asukkaaksi ja tätä vastaavaksi kokeiluun osallistuvien asukkaiden määräksi pyöristettiin 40 000 asukkaaksi.

Keräys toteutettiin siten, että alkuvuonna 2006 tammikuusta kesäkuun loppuun kerättiin jokaisesta kohteesta samalla kerralla sekä metalli että lasi kerran kuukaudessa. Näin jokaiselle kohteelle saatiin laskettua profiili, syntyneen lasin ja metallin määrä. Tämän jälkeen keräys muutettiin valikoivaksi siten, että usein täyttyvät kohteet tyhjennettiin useammin ja hitaasti täyttyvät harvemmin. Tämä keräys pyrittiin toteuttamaan siten, miten toiminnan ajateltiin toimivan käytännössä, kun järjestelmä on toiminut useita vuosia. Tavoitteena oli ensinnäkin tasainen kuukausikohtainen keräys sekä harvemmin täyttyvien astioiden vuositasolla tapahtuva tasainen keräys. Tämä tavoite ei toteutunut aivan suunnitellulla tavalla.

Koska edellisessä tutkimuksessamme laskettiin keräyksen kustannusvaikutuksia simuloimalla, tämän tutkimuksen tärkein tavoite oli tarkastella koko keräystä systeeminä, missä arvioitiin,

- miten paljon koko tarkasteltava populaatio tuottaa lasia ja metallia
- mikä on kannattavan keräyksen asunto-osakeyhtiön minimikoko
- millainen on riippuvuus asunto-osakeyhtiöiden koon ja kerätyn määrän välillä
- miten lasin ja metallin välinen suhde vaihtelee
- millainen on ihanteellinen keräysastioiden koko
- mikä on kustannusvaikutuksiltaan sekä polttoaineen kulutuksen kannalta edullisin tapa toteuttaa keräys
- millaisia rajoitteita keräysauto aiheuttaa keräykselle
- mitkä ovat kuljettajan näkemykset keräyksestä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin kahden erityyppisen tuotteen keräystä. Vaikka näiden välillä on paljon yhtäläisyyksiä, erot vaikuttavat logistiseen tarkasteluun. Metallinromun hyöty-

käyttö on helpompaa kuin lasin. Tämä johtuu mm. siitä, että lähes kaikki metalli voidaan hyödyntää ja erotella melko helposti toisistaan. Lisäksi kaikki hyödynnetty metalli menee kaupaksi, jos vain hinta on sopiva. Lasi on keräyksen näkökulmasta huomattavasti vaativampi. Eri lasityyppien erottelu on yleisesti lähes välttämätöntä, mutta erottelu on vaikea ja kallis toimenpide. Lisäksi tällä hetkellä ei vielä ole selvää, voidaanko ylipäänsä kaikki kerätty lasi hyötykäyttää, koska markkinat ovat ainakin osittain täynnä. Näiden seikkojen johdosta kummankin tuotteen jatko hyödyntäminen tapahtuu eri pisteissä, jolloin myös keräyksen toteuttaminen samalla keräysautolla saattaa olla hankalaa. Kun vielä huomioidaan, että lasi ja metalli pakkautuvat autossa eri lailla, auton keräyskapasiteetin maksimaalinen hyödyntäminen saattaa kärsiä, jos kumpaakin kerätään samaan autoon. Tutkimuksen aikana tämä kysymys jäi hieman epäselväksi, joskaan sitä ei nähty suurena ongelmana.

Tutkimuksen alussa noudatettiin kahden keräyspäivän viikkorytmiä. Alue jaettiin kahdeksaan osaan, ja tavoitteena oli tyhjentää jokainen kohde kerran kuukaudessa. Tämä toteutui siten, että kohteiden lukumäärä (634) jaettiin kahdeksalla, mikä johti noin 80 kohteeseen työpäivän aikana. Auto tyhjennettiin viikon jälkimmäisen työpäivän jälkeen. Koska auto oli tyhjä, kun ensimmäinen päivä alkoi, menetelmän avulla saatiin kahden päivän tuotoksen tarkka paino rekisteröidyksi. Pian havaittiin, että auto ei täytynyt kahden työpäivän tuotoksella.

Tutkimuksen edetessä auto tyhjennettiin vasta, kun se alkoi olla täynnä. Tällöin yleensä ensin tyhjennettiin metalli, joka toimitettiin Valimotielle. Tämän jälkeen – ei välttämättä samana päivänä, vaan seuraavan ajovuoron alussa – tyhjennettiin lasi Ämmäsuolle. Järjestely oli perusteltua tässä tutkimuksessa, mutta kustannuksien kannalta tarkasteltuna menetelmä ei liene optimaalinen. Koska on ilmeistä, että kumpaakaan tuotetta ei tarvitse toimittaa kiireisenä, niiden välivarastointi kannattanee yhdistää samaan pisteeseen. Yhdistäminen etuna kuljettaja voi tyhjentää lastin ilman ylimääräistä kierrosta, paluumatkansa varrella sijaitsevaan pisteeseen, esimerkiksi suurelle lavalle, mistä toimitus jatkokäsittelypisteisiin tapahtuu vasta, kun erän koko on jatkokuljetukselle optimaalinen.

Tutkimuksen aikana keräykseen käytetty aika vaihteli melko paljon tyhjennyspisteittäin. Tähän vaikuttivat seuraavat tekijät:

- kahden peräkkäisen pisteen välinen etäisyys
- liikenteen määrä
- keräyspisteen sijainti pihalla
- peruuttamisen ja auton käsittelyn vaativuus
- etäisyys ja kulkuyhteys auton pysähtymispaikan ja pisteen välillä
- kuljettajan kokemus ja ammattitaito
- reitin suunnittelu.

Tutkimuksessa ei mitattu systemaattisesti keräysaikaa, mutta sitä arvioitiin havaintojen, kokemusperäisen tiedon sekä keskimääräisten keräystietojen avulla.

3.1.1 Aineiston keruu

Aineisto kerättiin keräyskierroksen yhteydessä. Tutkimukseen oli nimetty avainkuljettaja, joka tunnettiin erinomaisena kuljettajana ja vastuullisena henkilönä. Kuljettaja suunnitteli reitit saamiensa peruslinjausten mukaisesti ja toteutti keräyksen. VTT:n tutkija osallistui kaksi kertaa keräykseen, tutkimuksen alussa sekä puolessa välissä. Kuljettajalla oli käytössään erillinen ajolista, jonka tietojen perusteella hän toteutti ajot. Listaan merkattiin kokonaiskuljetusajat, kulutustiedot, matkan pituus jaoteltuna osiin ja mahdolliset erikoisolosuhteet. Jokaisen astian sisältö arvioitiin silmämääräisesti 5 %:n tarkkuudella. Tämä aiheutti jossakin määrin epätarkkuutta, ja mittatikun käyttöä suunniteltiin, mutta siitä luovuttiin. Kun kuljettaja kävi tyhjentämässä lastin, hän sai painotositteen vaaka-asemalta. Tämä liitettiin ajolistaan. Ajolistan ja punnitustiedon perusteella YTV kirjasi tiedot kuukausittain Excel-taulukkoon, joka toimitettiin tutkijoille.

Kun astiassa olevan tavaran määrä tiedettiin kuljettajan arvion perusteella, se muutettiin kuutioiksi suhteuttamalla määrä astian tilavuuteen. Tämä tilavuus oli ainoa, mikä keräyksen aikana voitiin käytännössä mitata. Kun tavarat kipattiin keräysautoon, ne murskattiin mahdollisimman pieneen tilaan puristamalla. Lopulta, kun jätteet toimitettiin keräyspisteisiin, auto kippasi ne suurempaan keräysastiaan, missä oli jo muutakin lasijätettä. Kuljettaja yritti silmämääräisesti ennen kippaamista arvioida lastin kuutiomäärän, mutta työ osoittautui lähes mahdottomaksi. Kuitenkin yhden kuorman lasti kaadettiin tyhjiin astiaan ja VTT:n tutkija osallistui kasan tilavuuden laskemiseen. Tämän avulla saatiin melko luotettavasti arvioitua ehjän ja murskautuneen lasin välinen tilavuus. Tästä saatiin edelleen laskettua lastin paino-tilavuussuhde.

3.1.2 Korrelaatioista

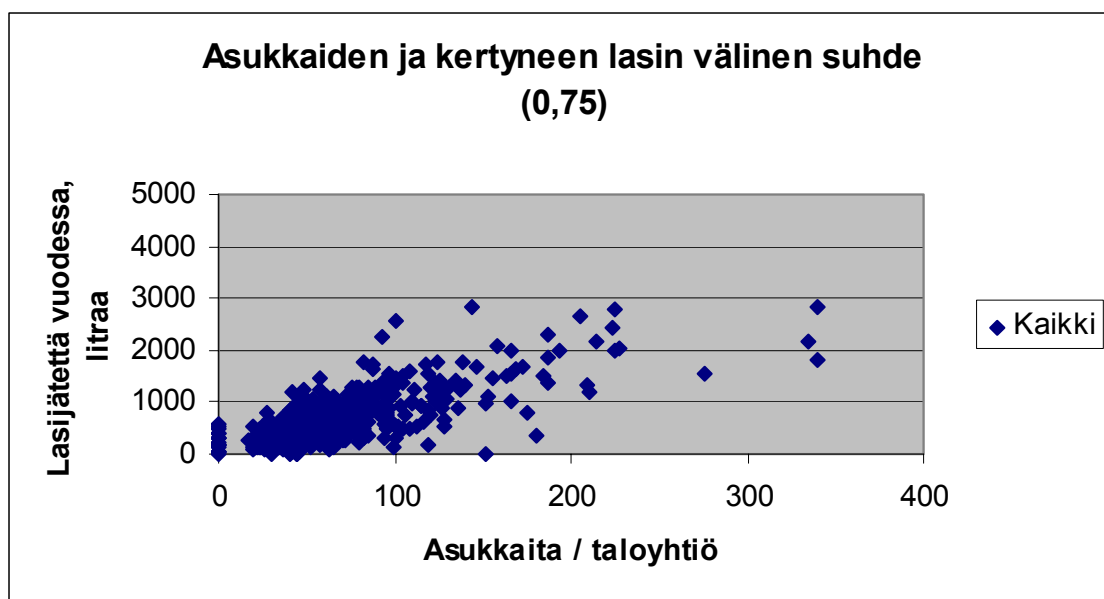
Taloyhtiöissä asuu eri alueilla ja eri taloissa erilaisia perheitä. Tästä voidaan olettaa, että perheiden rakenne vaikuttaa suuresti kerääntyvän jätteen määrään. Esimerkiksi lapsiperheet kuluttavat paljon lasten ruokapurkkeja, kun taas vanhukset saattavat kuluttaa hyvin vähän kierrätyskelpoista lasijätettä. Tutkimuksen aikana verrattiin tiedettyä asunto-osakeyhtiökohtaista asukaslukumäärää kertyneeseen jätteeseen ja arvioitiin, onko tämä riippuvuus riittävän suuri antamaan luotettavan kuvan kerääntyvistä määristä.

Työssä arvioitiin riippuvuutta asukkaiden, asuntojen ja kertyneen lasin ja metallin välillä. Katsottiin, että jos nämä riippuvuudet ovat korkeat, voidaan olettaa, että ne ovat kor-

keat myös muualla (pääkaupunkiseudulla). Tämä puolestaan tarkoittaisi, että jos keräys toteutetaan tulevaisuudessa koko pääkaupunkiseudulla, perussuunnittelu voidaan toteuttaa melko helposti saatavissa olevan – hieman karkeamman – tiedon avulla.

3.1.3 Asukkaiden lukumäärän ja kertyneen lasin välinen korrelaatio

Kuva 5 kertoo, kuinka monta litraa erikokoiset taloyhtiöt tuottavat lasia vuodessa. Kuvan varsin symmetrinen muoto paljastaa sen, että asukkaiden lukumäärän ja tuotoksen määrä on melko tasainen. Karkeasti kuvasta nähdään esimerkiksi, että jos taloyhtiössä on noin sata asukasta, tuotos on noin tuhat litraa² lasia.



Kuva 5. Missä asukkaita, siellä lasia.

Vaikka asukkaiden ja kerääntyneen lasin välinen korrelaatio on korkea (lukuarvo 0,75), kuvasta voidaan nähdä, että yksittäistapauksissa voi olla huomattaviakin eroja. Esimerkiksi suurin kertynyt määrä sadan asukkaan ryhmässä on noin 2 600 litraa ja vastaavasti pienin muutamia kymmeniä litroja. On myös huomattava, että keräysalueella on joitakin taloyhtiöitä, joissa ei ole asukkaita. Tällainen voi olla esimerkiksi sairaala tai ravintola. Muutamassa kohteessa voi olla paljon asukkaita, mutta lasia ja metallia ei ole kertynyt.

² Litran käsitteen kanssa tulee olla hyvin varovainen, koska lasilitran fyysinen tilavuus muuttuu keräysprosessin aikana. Kun asukas esimerkiksi jättää pullon astiaan, se on yleensä aina ehjä. Autossa lasi rikotaan sirpaleiksi ja kaatopaikalla suhde on erilainen. Tässä luku kuvaa sitä määrää, kuinka paljon tilavuus on ehjänä.

Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi sellainen, että taloyhtiö on osallistunut alussa mukaan kokeiluun mutta on sitten luopunut tarjotusta tilaisuudesta ennen kuin keräys on alkanut. Näistä seikoista johtuen on ennen käytännön toteutukseen ryhtymistä syytä punnita erityiskohteet tarkemmin.

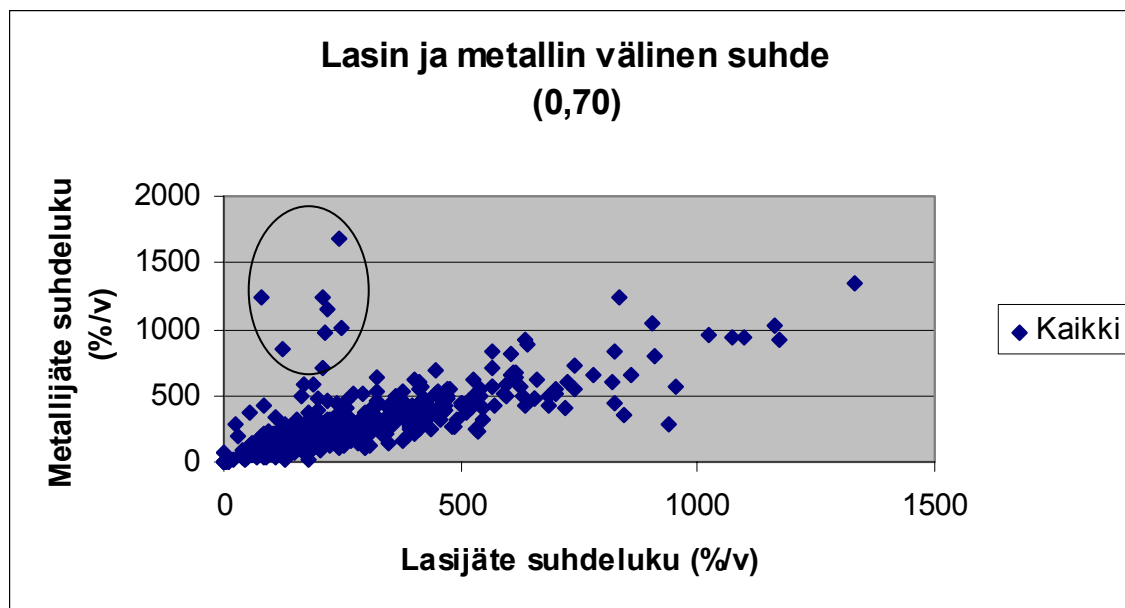
3.1.4 Asuntojen lukumäärän ja kertyneen lasin välinen korrelaatio

Aineiston perusteella arvioitiin myös, kuinka paljon lasia kertyy asuntojen lukumäärän suhteessa. Kuten olettaa saattaa, asukkaiden lukumäärä on tarkempi mittari kuin asuntojen lukumäärä. Kun korrelaatio asukkaiden lukumäärän ja kertyneen lasin välillä on 0,75, se on ”vain” 0,69 asuntojen lukumäärän suhteessa. Ero johtuu siitä, että erilaisissa taloyhtiöissä asukasrakenne vaihtelee. Yhden epävarmuustekijän (asukkaiden lukumäärän) lisäksi syntyy toinen (asuntojen lukumäärä). Koska ero ei ole merkittävä ja nämä tiedot ovat helpohkosti saatavilla, suosittelemme asiakasrakenteen luokittelun pohjaksi tietojen yhdistämistä siten, että taloyhtiön koon lisäksi asukkaiden lukumäärä otetaan huomioon.

3.1.5 Kertyneen lasin ja metallin välinen korrelaatio

On mielenkiintoista havaita, että rusementamatonta lasia ja metallia kertyi koko aineistosta melkein yhtä paljon. Myös näiden välinen korrelaatio on melko korkea (0,70; kuva 6). Oheinen kuva on laskettu täyttöastetta kuvaavan suhdeluvun avulla (kuinka monta prosenttia yksi astia täytyisi koko vuoden aikana). Kuvio on melko lineaarisen muotoinen, minkä perusteella riippuvuus on nähtävissä. Kuvassa on muutamia yksittäisiä poikkeustapauksia erotettu ympyrällä, mutta niiden määrä on hyvin vähäinen.

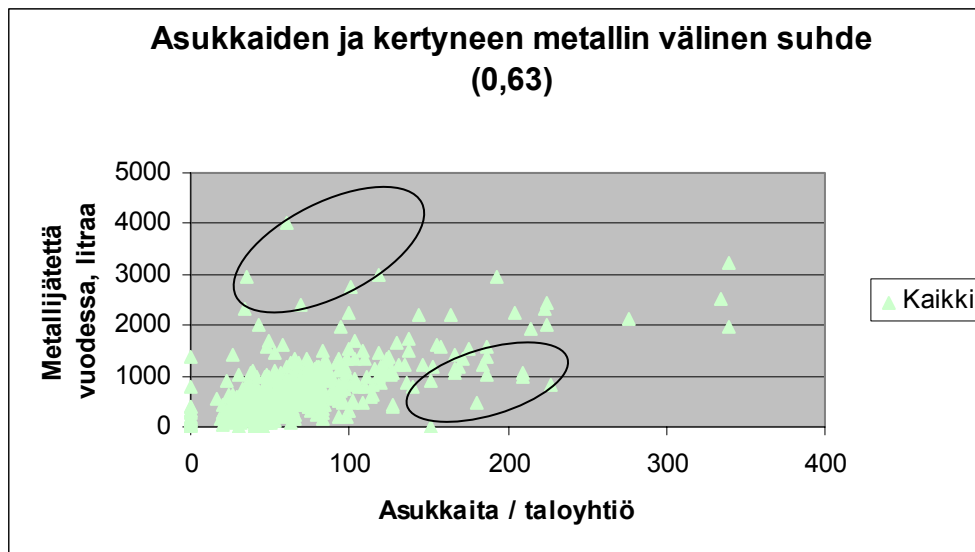
Metallia ja lasia kertyy tulosten perusteella lähes yhtä paljon, minkä lisäksi kertyminen on melko yhtenäistä taloyhtiöiden välillä. Tämän johdosta voidaan keräyssuunnitelman yhdistämistä pitää perusteltuna siinä tapauksessa, että keräys ylipäänsä kannattaa toteuttaa yhdessä. Koska kuljettaja voi käsitellä kahta astiaa yhtäaikaisesti, voidaan olettaa, että keräykseen kuluva aika ei paljoa muutu yhteiskeräyksessä. Toinen edellytys on, että tuotteiden jatkokäsittely ei tule esteeksi yhteiskeräykselle.



Kuva 6. Lasin ja metallin välinen riippuvuus.

3.1.6 Asukkaiden ja kertyneen metallin välinen korrelaatio

Oheinen kuva 7 havainnollistaa asuntoyhtiön asukkaiden lukumäärän ja kertyneen metallin välistä riippuvuutta. Vaikka riippuvuus (korrelaatio 0,63) on pienempi kuin lasin ja asukkaiden (0,75) välinen, se on edelleen suurehko. Tämä kertoo siitä, että taloyhtiöissä yksittäisten ihmisten väliset kulutuserot tasaantuvat niin paljon, että myös metallin kierrätyksen näkökulmasta voidaan logistiikan suunnittelun lähtökohta perustaa melko luotettavasti asukkaiden lukumäärään. Kuitenkin poikkeustapauksien tarkastelu on suositeltavaa, koska niitä ilmenee. Esimerkiksi suurin yksittäinen tapaus on taloyhtiö, jossa hieman yli 50 asukasta tuottaa noin 4 000 litraa metallijätettä, kun sitä vastaava keskimääräinen arvo olisi hieman alle 1 000 litraa. Vastaavasti aineistossa on myös taloyhtiöitä, joiden tuotos on hyvin vähäistä. Esimerkiksi noin 180 asukkaan yhtiö tuottaa ”vain” noin 500 litraa metallijätettä, vaikka luku vastaavanlaisissa yhtiöissä voi olla noin 1 500–2 000 litraa vuodessa. Kuten kuvasta näkyy, näitä erikoistapauksia on vain muutama koko aineiston 634:sta keräyspisteestä ja niiden noin 40 371 asukkaasta.



Kuva 7. Missä asukkaita, siellä metallia.

3.1.7 Taloyhtiöiden luokittelu

Tutkimuksen ensimmäisen vuosipuoliskon aineiston avulla taloyhtiöt luokiteltiin sen perusteella, kuinka täynnä niiden lasin- ja metallinkeräysastiat keskimäärin olivat tarkastelukauden aikana. Tänä aikana kukin piste tyhjennettiin yhteensä neljä kertaa. Kun lasi ja metalli lasketaan yhteen, keräysmäärä oli siis kahdeksan kertaa. Tarkastelussa ensimmäiseen luokkaan otettiin myös sellaiset taloyhtiöt, joiden astia oli enemmän kuin puolillaan vähintään kolmessa tyhjennyksessä. Luokittelun tavoitteena oli arvioida talokohtaisesti, kuinka montaa kertaa vuodessa kyseisen taloyhtiön vähintään toinen astia tulee tyhjentää. Jatkosuunnitelmissa on huomioitava, että keräys toteutetaan käytännössä neljän viikon jaksoissa. Tällaisia jaksvoja on vuodessa noin 13 kpl.

Taulukko 2. Taloyhtiöiden luokittelu keräyskohteiden lukumäärä.

Luokka	Tyhjennys- tarve / v	Kohteita yht.	Kohteita / kk
1	12	48	48
2	6	70	35
3	4	60	20
4	3	49	13
5	2,5	73	15
6	2	188	32
7	1	146	13
Yhteensä		634	176

Taulukosta 2 näkee, että kaikista taloyhtiöistä vain 48 kpl oli sellaisia, jotka edellyttävät tyhjennyksen kerran kuukaudessa (neljän viikon välein). Näistäkin vain pieni osa oli sellaisia, missä astiat olivat todellisuudessa aivan täynnä. Kriteerit ensimmäisessä luokassa olivat: jos astioiden täyttöaste oli keskimäärin suurempi kuin 50 % tai se oli ollut yli 50 % useammin kuin kolmena tyhjennyskertana (kahdeksasta), se kuului ensimmäiseen luokkaan. Kyseisten kriteerien valinta johtui siitä, että jos astian täyttöaste on yleensä enemmän kuin 50 %, sen tyhjentäminen kahden kuukauden välein olisi todennäköisimmin liian harvaa ja astia täytyisi ääriään myöten tai asukkaat olisivat jättäneet osan lasista keräyskatokseen ja mahdollisesti reklamoineet kuljetusliikettä huonosta palvelusta.

Taulukosta nähdään, että valtaosa taloyhtiöistä on sellaisia, että kokeilussa käytössä ollut 240 litran astia täyttyy vain muutaman kerran vuodessa. Koska astia on tyhjentäjän kannalta katsoen ihanteellisen kokoinen, taloudellinen tyhjennysväli vastaa kyseistä luokittelua – astian pienentäminen olisi siis hyödytöntä. Muutaman kerran vuodessa toteutettava tyhjentäminen saattaa johtaa haju- ym. haittoihin. Varsinkin kesäaikana likaiset astiat voivat aiheuttaa paljon haittoja, minkä johdosta tyhjennysväli on pidettävä näistä syistä riittävän tiuhana ³.

3.1.8 Valikoiva keräys

Tutkimuksen loppuosa, heinäkuun alusta vuoden loppuun, pyrittiin toteuttamaan edellä esitetyn taulukon 2 mukaisesti siten valikoiden, että kaikki luokan 1 astiat tyhjenetään joka kuukausi ja muut luokituksen mukaisesti esitetyn taulukon 2 mukaan. Koska tutkimuksessa oli tarkoitus tarkastella mahdollisesti käytännössä toimivaa toimintamallia, havaittiin että kauan toimivassa järjestelmässä on mahdotonta, että keräys alkaisi ”tyhjältä pöydältä” eli kaikki astiat olisivat tyhjiä yhtä aikaa kauden alussa. Olisi todennäköistä, että eri asiakkaat tekisivät sopimukset tasaisesti pitkin vuotta, mikä johtaisi sellaiseen tilanteeseen, että aina pieni osa myös pienten taloyhtiöiden astioista olisi tyhjennysvalmis. Tämä johti suunnitelmaan, jonka mukaan keräys toteutettaisiin siten, että jokaisesta luokasta tyhjenetään etukäteen suunniteltu osa joka tyhjennyskerralla, vaikka ne kokeilun aikana eivät olisikaan vielä täytyneet. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että joka kuukausi luokasta 1 kerätään kaikki 48 kohdetta, luokasta 2 kerätään puolet (eli 35 kohdetta), luokasta 3 kolmasosa (20 kohdetta), luokasta 4 25 % (13 kohdetta), luokasta 5 20 % (15 kohdetta), luokasta 6 17 % (32 kohdetta) ja luokasta 7 9 % (13 kohdetta). Yhteensä joka kuukausi tulisi noin 176 kohdetta, jolloin joka kuukausi noin 460 (sekä lasi- että metallin-keräysastiat huomioiden 920 astiaa) kohdetta jätetään tyhjentämättä.

³ Kun keräysjärjestelmä muutettiin loppuvuonna, seurattiin myös, kuinka asiakkaat reagoivat mahdollisiin haittoihin. Tästä tarkemmin luvussa 4.

Tämä toimintatapa johtaa pitkällä tähtäimellä siihen, että kerättävät virrat ovat joka kuukausi tasaiset, tutkimusalueella noin 176 kohdetta kuukaudessa. Tämä tasainen virta ei tosin näkyne tutkimuksen aikana selkeästi, koska tutkimuksen kesto on liian lyhyt. Menetelmän varjopuolena kokeilussa on, että alkukuukausina myös kohtalaisen pieniä eriä tulee kerätyksi. Lisäksi menetelmä johtaa melko monimutkaiseen suunnittelujärjestelmään, jossa yksikään kuukausi ei vastaa edellisiä. Olisi myös todennäköistä, että keräyksen aikana syntyy tilanteita, joissa kuljettajan tulee tyhjentää kahden vierekkäisen taloyhtiön astioista vain toinen ja mahdollisesti seuraavan kuukauden kuluttua vain se, joka edellisellä kerralla jätettiin tyhjentämättä. Tämän lisäksi on oletettavaa, että kuljettajan päiväkohdainen ajomatka kasvaa⁴ koska nyt optimointi tulee tehdä koko suurella alueella aikaisemman pienempien, kaupunginosista muodostuvien alueiden sijaan. Kuitenkin etuna muutokselle arvioitiin tarvittavien tyhjennyskohteiden määräksi koko alueella vain noin 176 pistettä kuukaudessa 634:n sijasta.

Työ toteutettiin siten, että kuukausikohtaisen suunnitelman teki kuljettaja. Valitettavasti väärinymmärryksen johdosta keräys toteutettiin kesäkuukausina astioiden arvioidussa täyttymisjärjestyksessä. Kun virhe havaittiin, ei jäljellä oleva tutkimusaika enää riittänyt luotettavien havaintojen tekemiseen. Loppuvuosi toteutettiin kuitenkin suunnitelman mukaisesti. Koska aineisto on kuitenkin hyvin dokumentoitu, laskentamallien hyödyntäminen saatiin toteutetuksi.

Seuraavassa taulukossa 3 tarkastellaan asuntojen ja asukkaiden lukumääriä kussakin eri luokassa. Esimerkiksi suurimmassa (luokka 1) on keskimäärin 82 asuntoa, joissa asuu noin 138 henkilöä. Maksimi- ja minimiarvot kuvaavat kunkin luokan sekä asuntojen että asukkaiden ääriarvoja. Luokassa 1 on pienin asuntomäärä ollut 46 asuntoa ja pienin asukasmäärä 95 asukasta. Vastaavasti luokan suurin asuntomäärä on ollut 148 asuntoa ja 138 asukasta⁵.

⁴ Teoreettisesti ajoreitin pituus kasvaa alueen kasvun neliöjuurena: Jos alueen koko kasvaa nelinkertaiseksi, kuljetusetäisyys kasvaa tämän neliöjuurena, eli kaksinkertaiseksi (vrt. malli 2). Kun alue kasvaa kahdeksankertaiseksi, etäisyys kasvaa vain noin 2,8-kertaiseksi (vrt. malli 3).

⁵ Kyseiset maksimi- ja minimiarvot perustuvat laskelmaan missä käytettiin kolmen luvun liukuvaa keskiarvoa. Tämän johdosta esitetyt luvut ovat maksimissa kolmen korkeimman ja minimissä kolmen alhaimman luvun keskiarvoja. Lukuja hieman vääristää myös tulkintakysymys asunto-osakeyhtiöstä: eräissä tapauksissa asunto-osakeyhtiöillä voi olla useita tyhjennyspisteitä. Tällaisessa tapauksessa asunto-osakeyhtiön asukasmäärä jaettiin tyhjennyspisteiden lukumäärällä, koska katsottiin, että logistisessa tarkastelussa on tärkeämpää seurata tyhjennyspisteiden vaikutuksia kuin asunto-osakeyhtiöiden täsmällisiä asukasmääriä.

Taulukko 3. Asunto-osakeyhtiöiden luokittelun tarkastelu asuntojen ja asukkaiden lukumäärän perusteella.

	Luokka 1	Luokka 2	Luokka 3	Luokka 4	Luokka 5	Luokka 6	Luokka 7
LKM	48	70	60	49	73	188	146
Asuntoja keskim.	82	56	43	39	38	35	30
MAX	148	88	72	56	56	65	63
MIN	46	30	28	24	24	20	16
Asukkaita keskim	138	93	71	64	57	50	39
MAX	215	163	100	91	88	88	86
MIN	95	55	43	36	30	26	10
Taulukossa käytetty liukuvaa keskiarvoa, mikä vaikuttaa MAX ja MIN arvoihin							

Taulukosta näkee, että keskimääräisesti luokkajaottelu vastaa melko hyvin sekä asuntojen keskimääräistä lukumäärää sekä asukkaiden lukumääriä. Luokkaan 1 kuuluvat asunnot ovat kuitenkin selvästi suurempia kuin muut. Luokkien 4–7 osalta asuntojen lukumäärät muuttuvat hyvin vähän, mutta asukkaiden lukumääräerot ovat selvempiä. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jos tyhjennykset voidaan toteuttaa valikoivasti, luokittelu voidaan tehdä hyvin yksityiskohtaiseksi, ja silloin todennäköisimmin riittää, kun sen toteuttaa asunto-osakeyhtiöiden asukkaiden lukumäärän perusteella. Jos esimerkiksi hajuhaitoista johtuen keräys tulee toteuttaa tiheämmin, voisi riittää, että luokittelu tehdään asunto-osakeyhtiön asuntojen lukumäärän perusteella.

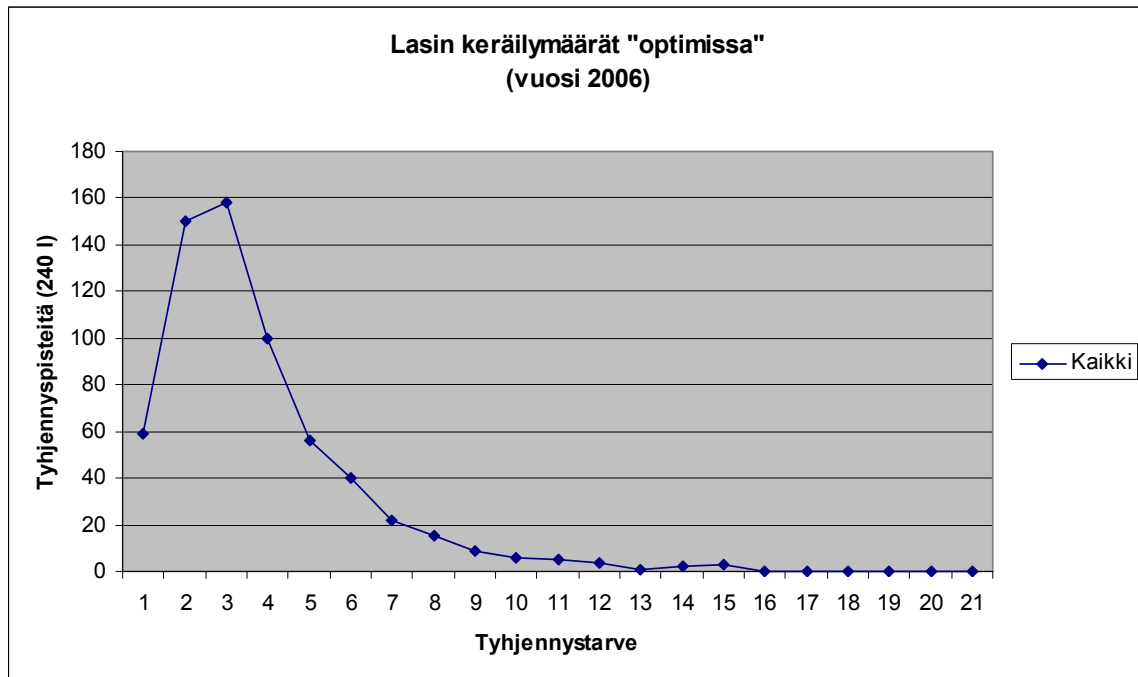
3.1.9 Lasijätteen kertyminen

Tutkitulla alueella asui yli 20 asunnon kerrostaloissa yhteensä 40 371 asukasta. Kuljetajan mittaustietojen mukaan alueelta saatiin vuodessa keräytyksi yhteensä noin 400 000 (393 309) litraa murskaamatonta lasia. Tämä on noin 7 564 litraa viikossa. Aineiston yhteenlaskettu paino on 116 tonnia. Kun huomioidaan muutamat epätarkkuudet aineistossa, päädyttiin laskennalliseen 131 tonniin vuodessa. Tätä arvoa käytetään tutkimuksen analyysien perustana. Henkeä kohden laskettuna alueelta saatiin keräytyksi hieman alle 10 litraa lasia (9,7) alakvartiilin ollessa 6,5 litraa ja yläkvartiilin 12,4 litraa. Asukaskohtaisesti laskettuna tuotos taloyhtiöittäin vaihteli melko tasaisesti 5 ja 15 litran välillä, eli vaihtelu keskiarvosta on noin 50 % kumpaankin suuntaan. Tämä ero on melko suuri, joten kahden samankokoisen taloyhtiön tuotos voi olla huomattavan erilainen. Kuitenkin ero oli suurin pienissä taloyhtiöissä, missä yksittäisten asukkaiden toimenpiteiden vaikutus korostuu helpommin kuin suurissa taloyhtiöissä.

Tyhjennyksiä toteutettiin vuoden aikana 5 583 kappaletta, joista ensimmäisen vuosipuoliskon aikana 3 576 ja loppuvuonna 2 007 tyhjennystä. Kun huomioidaan, että viimeisen puoliskon tyhjennyksiin on laskettu mukaan myös kaikkien astioiden lopputyhjennys, nähdään että tyhjennysten määrä laski huomattavasti. Ilman lopputyhjennystä (noin 634 tyhjennystä), mutta kuitenkin yksi ”normaali” keräyskerta (noin 176 tyhjennystä/jakso) laskien voidaan arvioida, että loppuvuonna tyhjennyksiä olisi ollut noin 1 500, jos toimintaa olisi jatkettu. Kun vielä huomioidaan, että vuoden alussa keräys alkoi noin kuukauden viiveellä, alkuvuodelta ”puuttuu” noin kuukauden keräys normaaliolosuhteisiin verrattuna. Tämä huomioiden voidaan arvioida, että alkuvuotta vastaava keräysmäärä olisi ollut noin 6 200 tyhjennystä. Tarvittavien tyhjennysten määrä saatiin vähenemään noin neljäsosaksi alkuvuoden tyhjennyksistä.

Kuvassa 8 havainnollistetaan eri taloyhtiöiden lasijäämän tyhjennystarvetta laskettuna lasin koko vuoden kertymän perusteella. Saadut luvut ovat laskennallisia eikä niissä ole huomioitu vaihteluiden aiheuttamia vaikutuksia. Kuitenkin laskelmien lähtökohtana on ollut maksimiarvona 80 %:n astioiden täyttöaste. Kuva kertoo, että esimerkiksi sellaisia taloyhtiöitä, joissa astia täyttyy vain kerran vuodessa, on 60 kappaletta⁶ Vastaavasti taloyhtiöitä, joissa keräystarve on enemmän kuin kerran kuukaudessa, on vain kourallinen. Yhdessä yhtiössä tarve on 21 kertaa vuodessa. Kuvasta näkee edelleen, että valtaosalle taloyhtiöistä riittää 1–3 tyhjennystä vuodessa.

⁶ Lukuja ei pidä sekoittaa edellä esitettyyn taloyhtiöiden luokitteluun, jossa kriteerit olivat huomattavasti tiukemmat. Esimerkiksi oheisessa laskelmassa on varovaisuuskertoimena ollut 80 %:n täyttöaste, kun luokassa 1 se oli 50 %. Lisäksi luokittelu toteutettiin lasin ja metallin perusteella, kun kuvassa 8 tarkastellaan pelkästään lasia.



Kuva 8. Lasin optimaalinen kerääminen edellyttää taloyhtiöiden luokittelua.

On mielenkiintoinen sattuma, että kaikkien luokkien yhteenlaskettu kuukausikohtainen keräysmäärämäärä on noin 176 kohdetta (ks. taulukko 2). Kuljettajan kertoman mukaan päivässä saadaan melko helposti kerätyksi noin 80–90 astiaa. Tämä siis tarkoittaa sitä, että juuri tämän populaation kokoisen keräyksen voi optimitilanteessa toteuttaa keräämällä valikoivasti joka toinen viikko noin 88 astiaa. Koska keräyskilometrit kasvavat karkeasti alueen pinta-alan kasvun neliöjuurena, optimaalinen keräys tutkimusalueella kannattanee toteuttaa siten, että alue jaetaan kahteen yhtä suureen osaan ja kumpikin osista kerätään valikoivasti yhden kerran kuukaudessa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että riittää, kun kuukaudessa kerätään koko populaation 634 taloyhtiön astioista vain 176 kappaletta kahdessa erässä. Luokan 1 astiat tulee tyhjentää joka kuukausi, luokan kaksi asunnoista puolet toisena ja puolet toisena kuukautena. Luokasta 7 kerätään joka kuukausi yksi kahdestoistaosa, seuraavan kuukauden aikana tästä luokasta tyhjennettävät valitaan niiden joukosta, joita vielä ei ole tyhjennetty. Ne harvat taloyhtiöt, joissa keräysmäärä edellyttää useampia kuin yhden tyhjennyksen kuukaudessa, kannattaa tarkastella yksittäistapauksina, ja niiden kytkeminen mukaan keräykseen tulee toteuttaa kahden viikon välein.

Johtopäätöksenä havainnosta on se, että koska koalueen noin 40 000 asukkaan keräys voidaan toteuttaa kahdella keräyksellä kuukaudessa, noin 20 000 asukkaan keräys voidaan toteuttaa yhdellä keräyksellä. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että koko pääkaupunkiseudun keräyksen suunnittelu todennäköisimmin kannattaa toteuttaa siten, että koko alue jaetaan noin 20 000 asukaan muodostamiin loogisiin osiin, ja kunkin osan keräys voidaan toteuttaa yhtenä keräyksenä kuukaudessa. On huomattava, että asukas-

luvulla tarkoitetaan valikoitujen (yli 20 asunnon) asunto-osakeyhtiöiden asukaslukua. Muissa asuntotyypeissä asuvat ihmiset eivät kuulu tarkoitettuun asukaslukuun.

3.1.10 Optimaalinen keräys

Tutkimuksen tässä osassa analysoidaan, miten keräys kannattaa toteuttaa yleisemmällä tasolla, mahdollisesti koko pääkaupunkiseudulla. Analyysi toteutetaan tarkastelemalla kolmea eri mallia, jotka kehitettiin tutkimuksen aikana. Näistä Malli 1 vastasi keräyksen alussa toteutettua toimintatapaa ja Mallit 2 ja 3 kuvaavat työn aikana syntyneitä vaihtoehtoisia toimintatapoja.

Varsin varhaisessa vaiheessa ilmeni, että valtaosa astioista täyttyy hitaasti, minkä johdosta keräyksen tehokkuus oli alhainen. Vaihtoehtoina harkittiin joko asunto-osakeyhtiöiden rajaamista käsittämään riittävän suuret yhtiöt tai keräysjärjestelmän kehittämistä tehokkaammaksi vähentämällä hitaasti täyttyvien astioiden keräystä. Tutkijoiden ehdotuksesta päätettiin kokeilla ns. valikoivaa keräystä, jossa asunto-osakeyhtiöt luokitellaan 1–7 eri luokkaan sen mukaan, kuinka paljon niiden oletetaan tuottavan lasia. Valikoivan keräyksen lisäksi keräys synkronoitiin järjestelmäksi, jossa kuviteltiin, että keräys olisi ollut jo vuosikautia käytössä. Tällaisessa tapauksessa voidaan ajatella, että pienten taloyhtiöiden astiat täyttyvät hitaasti ja tasaisesti koko vuoden aikana. Käytännössä tämä tarkoittaisi sitä, että jonkinlainen vakiomäärä astioista täyttyy jokaisena vuoden päivänä. Näistä osa täyttyy kerran vuodessa, osa useammin kuin kerran kuukaudessa ja loput näiden väliltä.

Mallien välistä vertailua hankaloitti kokeilusta aiheutunut pieni vinouma: loppusijoituspisteeksi valittiin kokeilussa Ämmässuon kaatopaikka, mikä se ei kuitenkaan käytännössä voi olla. Jatkojalostus tapahtuu jossakin muualla kuin siellä. Mallissa 1 oli laskelmien lähtökohtana kuitenkin tämä kohde. Jos loppusijoituspaikka tiedettäisiin, kuljetusliike luontaisesti ratkaisisi nyt syntyvät tyhjät ajokilometrit sijoittamalla välivaraston paremmin reitin varrelle, todennäköisimmin omalle varikolleen. Malleissa 2 ja 3 esitämme tällaisten välivarastojen hyödyntämistä. Tästä seuraisi käytännössä, että kuormia ei koskaan vietäisikään Ämmässuolle vaan suoraan välivarastolta jatkohteeseen. Kuitenkin – vertailukelpoisuuden vuoksi – myös malleissa 2 ja 3 ”loppusijoituspisteeksi” valittiin sama Ämmässuo. Tämän johdosta siirtymämatkojen kustannus- ja kilometriarvot eivät ole täysin vertailukelpoisia keskenään. Tästä pienestä vääristymästä huolimatta kunkin mallin kustannusten välinen ero on niin suuri, että se ei muuta niiden välistä järjestystä.

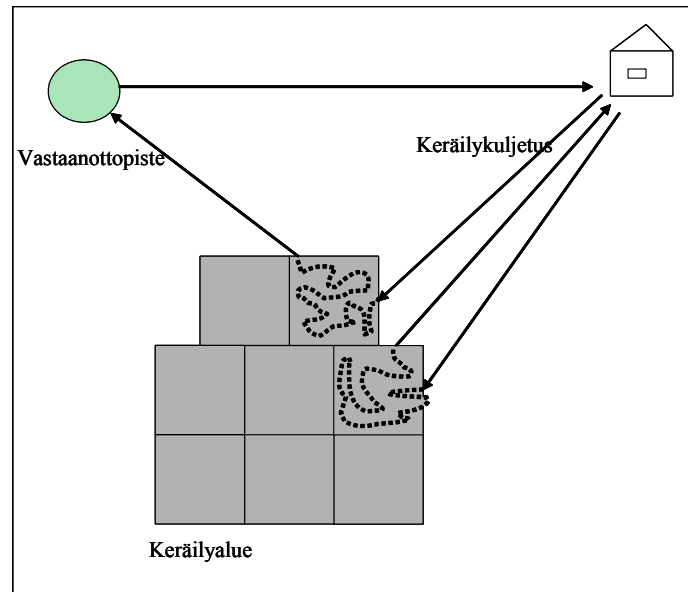
Seuraavaksi tarkastellaan tutkimuksessa kehitettyjä kolmea keräysmallia ja arvioidaan niiden eri vaikutuksia. Malli 1 vastaa kokeilun alussa käyttöön otettua menetelmää ja malli 2 valikoivaa keräysmallia. Viimeinen malli 3 on edellisen kehittyneempi versio.

Malli 1

Tutkimuksen alkuosassa oli tavoitteena saada selkeä kuva siitä, kuinka paljon lasia kerätty eri asunnoista. Tämän johdosta keräys toteutettiin siten, että jokainen kohde tyhjenettiin kerran kuukaudessa. Alue oli jaettu kahdeksaan pienempään alueeseen, joissa kussakin oli noin 80 keräyspistettä. Ensimmäisenä päivänä (yleensä torstai) kerättiin yksi alue ja seuraavana päivänä toinen, minkä jälkeen näiden kahden päivän kuorma toimitettiin Ämmäsuon kaatopaikalle⁷. Neljässä viikossa oli koko alue kerätty ja kierros alkoi alusta. Kierrokset ja käytännöt vaihtelivat hieman keräyksen aikana, mutta karkeasti keräyssysteemi on kuvan 9 mukainen.

Kuljettajan päivä alkoi siirtymämatkalla keräysalueen lähtöpisteeseen. Kun kaikki päivän kohteet oli kerätty, kuljettaja palasi (siirtymämatkalla) varikolle. Seuraavana aamuna sama toistui, mutta illalla lasti vietiin Ämmäsuolle, missä se punnittiin ja kaadettiin suurelle keräyslavalle. Täältä kuljettaja palasi varikolle. Tutkimuksessa ajokierroksen kilometrit arvioitiin seuraavasti: siirtymämatka keräyksen lähtöpisteeseen sekä paluu varikolle yhteensä 35 km, keräys 23 km päivässä, siirtymämatkaksi alueelta Ämmäsuolle paluumatkaksi varikolle yhteensä 35 km. Yhteensä vuodessa tarvitaan noin 102 (51 viikkoa x 2) kuljetuspäivää, joista puolet sisältää kaatopaikka-ajon. On mielenkiintoista havaita, että keräyskierroksen aikana kuljettaja ajoi keskimäärin vain 23 km päivässä. Alhaisesta määrästä voi päätellä, että kuljettajan ajankäytöstä vain murto-osa menee ajamiseen.

⁷ Metallin keräys, joka toteutettiin samassa yhteydessä ja tyhjennettiin Valimotielle, on jätetty tarkastelun ulkopuolelle, koska mallissa haluttiin tarkastella vain lasia. Laskelmat on yhdistetty erikseen jäljempänä.



Kuva 9. Keräyksen toteutus tutkimuksen alussa.

3.2 Keräyskustannusten minimointi

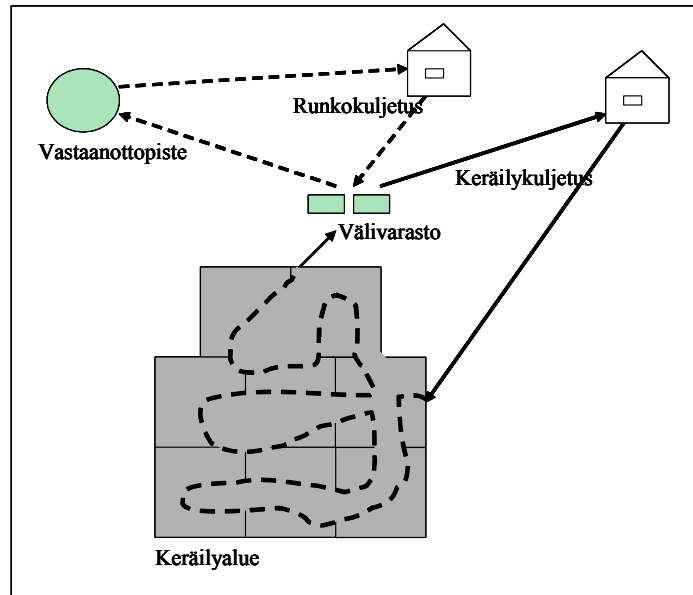
Keräyksen seuraavassa vaiheessa oli tarkoitus siirtyä valikoivaan keräykseen, mutta väärinkäsitysten johdosta työ päästiin aloittamaan vasta lokakuussa, mikä oli liian lyhyt aika havaintojen tekemiseksi. Tämän johdosta seuraavat kaksi mallia ovat ehdotuksia keräyksen toteuttamisesta. Ehdotuksemme perustuu seuraaviin oletuksiin:

- Astioiden tyhjentäminen kannattaa tehdä vain, jos ne ovat riittävän täysiä.
- Ajo loppupisteeseen kannattaa tehdä mahdollisimman täysinä kuormina.
- Siirtymämatkojen minimoiminen vähentää kustannuksia ja ajokilometrejä.

Malli 2

Laskelmiemme mukaisesti, jos tyhjennys toteutetaan vain lähes täysillä yksiköillä ja keräys toteutetaan alusta lähtien valikoivasti, kuukaudessa tarvitsee tyhjentää noin 176 astiaa, mikä edellyttää kahta keräyspäivää. Malli 2:ssa oletetaan, että sen sijaan, että lasi viedään suoraan kaatopaikalle (kuva 10), ja se tyhjennetään reitin varrella olevalle kahdelle tyhjennyslavalle, joihin mahtuu noin kuuden tyhjennyskerran lasit. Kuljetus kaatopaikalle (jatkokäsittelyyn) toteutetaan erillisellä vetoautolla, joka pystyy kuljettamaan kaksi lavaa kerralla. Tutkimuksessa ajokierroksen matka arvioitiin seuraavasti: siirty-

mät matka keräyksen lähtöpisteeseen ja paluumatka varikolle yhteensä 35 km, keräys 65 km päivässä ja siirtymä välivarastolle 3 km. Erillisenä toimenpiteenä toteutettava ajomatkaksi Ämmäsuolle ja takaisin arvioitiin olevan 35 km⁸. Yhteensä keräyspäiviä tarvitaan 30 vuodessa ja kaatopaikka-ajoja viisi ajokertaa vuodessa.



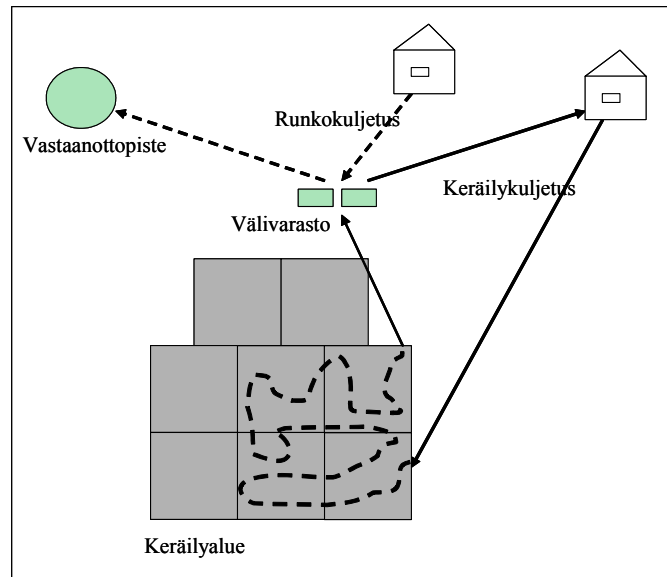
Kuva 10. Valikoiva keräys vähentää kierrosten lukumääriä.

Malli 3

Malli 3 perustuu ajatukseen jakaa kerättävä alue kahteen yhtä suureen osaan, joista toinen kerätään ensiksi ja toinen kahden viikon kuluttua. Koko alueelta kerättävä määrä edellyttää noin 30 keräystä vuoden aikana, mikä vastaa noin 12 vuorokauden keräysrytmiä. Kun huomioidaan, että arvio on laskettu varovaisesti (80 %:n täyttöaste), saataisi olla mahdollista toteuttaa keräys 14 vrk:n välein eli kahden viikon jaksoissa, mikä mahdollistaisi säännöllisen keräysrytmin. Lisäksi kahden viikon keräysrytmi helpottaa alueen jakamista kahteen yhtä suureen keräysalueeseen.

Vaikuttaa siltä, että malli 3 on tehokkaampi kuin malli 2, koska keräyksen ajokilometrit vähenevät keräysalueen pienentyessä.

⁸ Tyhjennysmatkaksi Ämmäsuolle arvioitiin sama kuin mallissa 1. Tämä johtuu vallitsevasta käytännöstä, jossa todellisuudessa kuljettaja lähes kaikissa tapauksissa palaa aina varikolle, missä on jo valmiiksi välivarasto. Tästä seuraa, että ylimääräinen kuljettaja ei käytännössä joudu ajamaan pitempää matkaa kuin, jos keräyksen toteuttanut kuljettaja ajaisi kuorman suoraan Ämmäsuolle.



Kuva 11. Valikoiva keräys toteutettuna osalle aluetta.

Tämän kolmannen mallin ajokilometrit arvioitiin seuraavasti: siirtymämatka keräyksen lähtöpisteeseen ja paluu varikolle yhteensä 35 km, keräys 46 km päivässä, siirtymä välivarastolle 3 km. Erillisenä toimenpiteenä arvioitiin siirtymämatkaksi Ämmässuolle ja takaisin 35 km. Yhteensä keräyspäiviä tarvitaan 30 ja kaatopaikka-ajoja viisi ajokertaa vuodessa.

3.3 Eri mallien välinen vertailu

Mallien välinen vertailu toteutettiin hyödyntämällä edellisen tutkimuksemme aineistoa, missä yhden auton päiväkustannukset vaihtelivat 400 ja 500 euron välillä. Nämä kustannukset ovat täyskattava sisältäen kalustokulujen lisäksi kuljettajan palkkion, yrityksen yleiskustannusosuuden sekä tuloksen.

3.3.1 Vuotuiset ajokilometrit

Aineiston perusteella voidaan arvioida keskimääräiset ajokilometrit, vaikka näiden kirjaaminen ehdottoman luotettavasti olisi edellyttänyt tarkempaa seuranta, kuin mitä tutkimuksessa nähtiin tarpeelliseksi. Päivittäisiä vaihteluja esiintyi esimerkiksi siksi, että auto kävi tyhjentämässä myös metalliromua eri paikassa. Kuitenkin tutkimuksesta saatiin melko luotettavasti mitatuksi keräyksen aiheuttamat kilometrit. Näiden keräyskilometrien mittaaminen on tärkeää, koska lähes kaikki muu ajo on riippuvaista ulkoisista tekijöistä. Esimerkiksi, jos kuljettaja lähtee kierrokselleen kotoaan, siirtymämatka riippuu kodin ja keräysalueen välimatkasta. Samoin tyhjennyspaikaksi valittiin Ämmässuon kaatopaikka. Yhtä hyvin se olisi voinut olla myös muualla. Mallien välisen vertailun

kannalta vertailua helpottaa se, että näitä etäisyyksiä voidaan pitää kaikissa malleissa vakioina. Tämä ei käytännössä välttämättä ole aivan täsmällisesti näin, koska mallin 1 kahdeksan eri aluetta sijaitsevat eri etäisyyksien päässä sekä alkupisteestä että kaatopaikalta. Vastaavasti voidaan ajatella, että varsinkin mallin 2 aloitus- ja lopetuspaikat voivat olla samat.

Taulukkoon 4 on koottu kolmen eri mallin kilometrit yhteen ja siinä arvioidaan, kuinka paljon kukin malli aiheuttaa ajokilometrejä vuodessa.

Taulukko 4. Syntyvät ajokilometrit eri malleissa.

Ajokilometrit vuodessa	Malli 1	YHT	Malli 2	YHT	Malli 3	YHT
Keräysreitin pituus, km	23		65		46	
Keräyskilometrit vuodessa	102	2 346	30	1 946	30	1 380
Siirtymäajot vuodessa	35	3 570	35	1 050	35	1 050
Ajot väliavarastoon vuodessa	0		3	90	3	90
Matka loppupisteeseen, km	35		35		35	
Tyhjennysajot vuodessa	51	1 785	5	175	5	175
Ajokilometrit vuodessa		7 701		3 261		2 695

Taulukosta näkee, että mallin 1 yhteenlasketut kilometrit ovat noin 7 700 km vuodessa. Luku syntyy kolmesta osasta: keräys, siirtymäajot sekä auton tyhjennys. Tyhjennyskerrotoja on vuodessa yhteensä 102 eli kaksi viikossa⁹. Siirtymäajoksi edestakaisin on arvioitu 35 km. Matka loppupisteeseen sisältää myös paluun varikolle tai kotiin.

Malli 2:ssa vuosikilometrit ovat yhteensä noin 3 260 kilometriä. Mallin lähtökohta-ajatus on ollut minimoida keräyskohteita ja keskittyä vain niihin pisteisiin, jotka todennäköisesti ovat riittävän täydet. Mallissa ajokilometriä vähentäminen perustuu suurelta osin siirtymäajojen sekä kaatopaikka-ajojen kilometrien selvään vähentämiseen. Siirtymäajot vähenevät, koska todellisia keräyspäiviä tarvitaan vain noin 30 vuodessa. Kaatopaikkakäyntien määrä on ensimmäisessä mallissa 51. Koska lasitavara ei edellyttäne kiiretoimituksia, käyntien määrää voidaan selvästi vähentää käyttämällä siirtymäajoreitin varrella väliavarastointipistettä. Esimerkiksi kaksi suurta lavaa voitaisiin viedä niiden täytyttyä omalla kuljetuksella loppupisteeseen. Laskelmiemme mukaisesti näitä kuljetuksia tarvittaisiin vain noin 5–6 kappaletta vuodessa. Tällainen järjestelmä edellyttää ylimääräisen siirtymäajon, mutta sen osuus kokonaiskilometreissä on melko vähäinen.

⁹ Kokeilussa tyhjennyspäiviä oli yhteensä 96, mikä johtui siitä, että joidenkin viikkojen osalta keräystä ei toteutettu, erityisesti kokeilun alkuvaiheessa. Käytännössä rytmi edellyttää suurempaa määrää.

Malli 3 on paranneltu muunnos edellisestä mallista. Sen ero malliin 2 on siinä, että koko keräysalue jaetaan kahteen osaan, mikä mahdollistaa hieman tiiviimmän keräyksen seurauksena lyhyemmät etäisyydet keräyspisteiden välillä. Kokonaisuutena vuosittaiset ajokilometrit tässä mallissa ovat noin 2 695 kilometriä, mikä on noin yksi kolmasosa ensimmäisen mallin kilometreistä.

3.3.2 Keräyskustannukset

Keräyksen kustannukset¹⁰ eivät välttämättä ole suorassa suhteessa ajokilometreihin, vaan tärkeimmät tekijät muodostuvat aikasidonnaisista tekijöistä. Alan kuljetusliikkeiden käyttämät veloitukset vaihtelevat, ja taulukossa 5 käytetty vertailu perustuukin arvioon ajosuorituksen tuntiveloituksesta, noin 63 euroon tunnissa. Edellisessä tutkimuksesamme käytettiin päiväkustannuksena 400–500 euroa riippuen hieman auton käyttötarkoituksesta, mikä vastaa melko hyvin käytettyä tuntiveloitusta.

Taulukon 5 mallin 1 kustannukset on jaettu kolmeen osaan: siirtymäajot, keräys sekä tyhjennys. Laskelmassa mallin 1 kaksi kolmesta viikoittaisesta siirtymäajosta on sisällytetty riville ”siirtymäajot”. Kolmas siirtymäajo on yhdistetty tyhjennysajoihin, koska kuljettaja yleensä päättää jälkimmäisen työpäivän tyhjentämällä auton ja palaa sitten varikolle. Malleissa 2 ja 3 siirtymäajoja on vain kaksi kummassakin, koska kuljetus tyhjennyspaikalle on toteutettu erillisenä toimenpiteenä. Mallien välinen kustannusten ero on erittäin suuri. Mallissa 1 kustannukset on arvioitu vuositasolla yli 52 000 euroksi ja edullisimmassa mallissa noin 16 250 euroksi. Yksittäin itse keräys muodostaa valtaosan kustannuksista ja on mallissa 1 lähes 45 000 euroa.

¹⁰ Laskelmat sisältävät vain välittömät keräyksestä aiheutuvat kustannukset (esim. astiavuokra, jätemaksut ja siirtokustannukset eivät sisälly laskelmiin).

Taulukko 5. Mallien mukaiset keräyskustannukset.

Kustannukset vuodessa	Malli 1	€	€	Malli 2	€	€	Malli 3	€	€
Suorite	vakiot		YHT	vakiot		YHT	vakiot		YHT
Siirtymäajot (min / vko)	45	47	4 781	45		1 406	45		1 406
Keräyskustannukset työpäivä ¹¹ (h / vrk)	7	438	44 625	8	500	15 000	7,8	469	14 063
Ajot välivarastoon	0			15	16	469	15	16	469
Tyhjennysajot ¹² (min / ajo)	60	63	3 188	60		313	60		313
Ajon tuntiveloitus (€ / h)	63								
Kustannusarvio € / vuosi			52 594			17 188			16 250

3.3.3 Keräyskustannusten jakautuminen käyttäjille

Keräyskustannukset ovat malleista riippuen vuodessa 52 000–16 000 euroa. Vaikka tutkimuksessa ei oteta kantaa siihen, miten kustannukset tulisi vyöryttää asunto-osakeyhtiöille ja edelleen asukkaille, aineisto tarjoaa oivan mahdollisuuden arvioida, miten paljon kustannukset eri käyttäjille voisivat olla (taulukko 6).

Kun eri mallien logistiikkakustannukset jyvitetään asukkaille, nähdään että asunto-osakeyhtiötä kohden kustannukset ovat suurimmillaan noin 83 euroa (malli 1) ja pienimmillään 26 euroa (malli 3). Laskelma tekee siinä suhteessa vääryyttä, että luku on sama kaikille asunto-osakeyhtiöille riippumatta tyhjennysvälistä. Silti keräyskustannukset vaikuttavat silmämääräisesti arvioituna varsin edullisilta, asukasta kohden kustannukset olisivat vain 0,4–1,3 euroa vuodessa¹³. Asuntoa kohden kustannukset olisivat 0,6–2 euroa vuodessa. Laskelman perusteella voi päätellä, että keräyksestä aiheutuneet kustannukset ovat tuskin kynnyskysymys laajemman hyödyntämisen aloittamiselle.

¹¹ 7 h x 63 € = 438 €; 438 € x 102 tp = 44 625 €

¹² 1 h x 63 € = 63 €; 63 € x 51 tp = 3 188 €

¹³ Laskelmat sisältävät vain välittömät keräyksestä aiheutuvat kustannukset (esim. astiavuokra, jätemaksut ja siirtokustannukset eivät sisälly laskelmiin).

Taulukko 6. Mallien keräyskustannukset yksikköä kohden.

Kustannukset vuodessa	lkm	Malli 1		Malli 2		Malli 3	
Asunto-osakeyhtiötä kohden	634		82,96		27,60		26,12
Asukasta kohden	40 371		1,30		0,43		0,41
Tonnia kohden	131		401		133		126
Litraa kohden	393 309		0,13		0,04		0,04
Kiloa kohden	131 235		0,40		0,13		0,13
Tyhjennystä kohden		5 583	9,42	2 357	7,42	2 357	7,03
Asuntoa kohden	26 238		2,00		0,67		0,63

Taulukkoon on sisällytetty myös muita yksikkökustannuksia keräystonneista, litroista sekä tyhjennyksestä. Näistä tyhjennyskustannukset ovat eri malleilla 7–9,4 euroa. Ero saattaa ensi silmäyksellä vaikuttaa melko pieneltä, kun huomioidaan mallien väliset erot yleisemmin. Tämä johtuu siitä, että mallien väliset erot eivät muodostu keräystyön tehokkuuseroista vaan ”turhan työn” tekemisestä. Itse asiassa varsinainen keräys on mallissa 1 tehokkaampaa kuin malleissa 2 ja 3, koska kuljettaja joutuu ajamaan vähemmän kilometrejä. Tämän vastapainona kuljettaja joutuu keräämään 5 583 kappaletta sellaisia astioita, joista valtaosa on lähes tyhjiä, kun malleissa 2 ja 3 kerätään vain lähes täydet astiat. Näiden määrän on arvioitu olevan 2 357 kappaletta vuodessa.

3.3.4 Keräysauton kapasiteetti

On syytä olettaa, että keräysauton edellyttämä kapasiteetti muuttuu, kun päiväkohtainen keräysmäärä kasvaa. Taulukossa 7 arvioidaan tätä kapasiteettia vertaamalla kuljettajan arvioimia rusementattoman lasin kuutioita sekä mitattuja painoja.

Taulukko 7. Keräysauton kapasiteetin tarve.

Kuljetusvolyymit / kuorma		Malli 1		Malli 2		Malli 3	
	vakio	lkm	yht.	lkm	yht.	lkm	yht.
Rusementattomia kuutioita / kuorma	393 309	102	3,86	30	13,11	30	13,11
Tonneja / kuorma	131	102	1,29	30	4,37	30	4,37

Taulukon perusteella nähdään, että keräysautoon tulisi mahtua noin 13 kuutiota rusentamatonta lasia, mikä vastaa painona noin 4,4 tonnia. Tämä mahdollistaa sen, että autoa ei tarvitse tyhjentää kesken työpäivän. Periaatteessa välityhjennyspiste voisi sijaita keräysalueella, jolloin tämä ongelma poistuisi. On kuitenkin epätodennäköistä, että tiheästi asutulla pääkaupunkiseudulla olisi vapaana paikkoja, joissa rikkinäisten astioiden kilinä ei häiritsisi asukkaita

Taulukon rusentamattomien kuutioiden arvo perustuu silmämääräiseen mittaamiseen. Kuljettaja arvioi keräyksen aikana, miten täynnä 240 litran astia kullakin keräyskerralla oli. Hän käytti prosentiarviota 5 %:n tarkkuudella (eräissä tapauksissa myös 1 % oli käytössä; tällä haluttiin välttää lukuarvoa 0, mikä voi aiheuttaa ongelmia taulukkojen analyyseissä). Saadut lukuarvot laskettiin yhteen ja muutettiin litroiksi, joita tutkimuksessa sovelletaan. Menetelmä voi olla hieman epätarkka, varsinkin lähes tyhjien astioiden arvioimisessa, mutta virheen vaikutus on tuskin merkittävä. Kun astia kaadettiin autoon, se murskasi lasin, minkä seurauksena myös tilavuus muuttui. Näiden kahden tilavuuden välinen suhde jäi hieman epäselväksi. Kun kuljetusliike suunnittelee kalustoa, tämä seikka tulee ottaa huomioon.

Mitattujen painojen osalta jouduttiin myös tekemään tarkentavia laskelmia, koska aivan kaikkia painoja ei ollut sisällytetty mukaan aineistoon. Suhteuttamalla keräyskohtaisia kuutioita ja mitattuja painoja päästiin koko aineiston tonnimääriin. Mitattuja painoja oli yhteensä 116 tonnia, mikä korjattiin laskennallisesti 131 tonniksi.

3.3.5 Keräykseen kuluva aika

Jotta mallit saatiin keskenään vertailukelpoisiksi, oli arvioitava se aika, mikä kuljettajalta menee työtehtävän suorittamiseen. Tähän tutkimuksen aineisto ei anna riittävästi tietoa, mutta tutkija oli kahdella tyhjennyskierröksellä itse osan matkasta mukana ja teki havaintoja. Lisäksi tutkimuksen tilaajilla oli oma aineistonsa käytössä. Taulukossa 8 arvioidaan ja verrataan eri mallien toteuttamiseen tarvittavaa aikaa. Tarkastelu on toteutettu arvioimalla, kuinka paljon aikaa menee keskimäärin yhden keräyksen toteuttamiseen. Suurin osa yksittäisistä arvoista on kaikissa malleissa sama. Vertailun kannalta keskeisimmät ovat ne, joissa on eroja. Ajankäytön laskennan lähtökohta on ollut tieto siitä, että käytännössä kuljettaja keräsi noin 80 kohdetta työpäivän aikana.

Taulukko 8. Pisteiden tyhjennykseen kuluva aika eri malleissa.

Keräyskierroksen ajankäyttö	Malli 1	Malli 2	Malli 3
Ajomatka, km	23	65	46
Tyhjennystarve päivässä, kpl	80	80	80
Pisteiden välinen etäisyys keskim., km	0,288	0,811	0,575
Arvioitu ajonopeus pisteiden välillä, km/h	10	20	15
Ajoon tarvittava aika, s	104	146	138
Työtunnit, laskennallinen tarve	7	8	7,8
Aloitus	0	0	0
Seuraavan kohteen suunnittelu, s	15	15	15
Ajosuoritus, s	104	146	138
Auton käsittely, s	120	120	120
Kävely pisteeseen, s	10	10	10
Astian kuljetus, s	15	15	15
Sisällön tarkistus ja tyhjennys, s	15	15	15
Astian palautus, s	15	15	15
Kävely autolle, s	10	10	10
Tietojen kirjaus, s	10	10	10
Ajankäyttö sekunteina	314	356	348
Ajankäyttö, min	5,2	5,9	5,8
Laskennallinen tyhjennysmäärä päivässä	80,4	80,9	80,7

Taulukon ylimmällä rivillä on arvioitu päiväkierron matkan pituus kilometreinä. Pisin matka on keskimäisessä mallissa, jonka alue on myös suurin. Taulukossa edelleen arvioidaan kahden eri pisteen välinen etäisyys keskimäärin. Se on mallista riippuen 288–811 metriä. Ajoon tarvittava aika on arvioitu malleissa eri suuriksi, koska lyhyellä matkalla varsinainen katuajo on vähäisempää. Kuljettajan ajasta suurin osa kuluu päätielle liittymiseen, jonottamiseen ja muihin yksittäisiin tekijöihin. Matkan kasvaessa hidastavien tekijöiden osuus vähenee ja suurempi osa ajasta menee suoraviivaiseen ajamiseen. Kun kuljettaja aloittaa suorituksen, menee pieni hetki siihen, kun hän harkitsee ajoreittiä ja palauttaa mieleen kohteen erityisvaatimukset, ja sitten hän lähtee liikkeelle. Matka-aika seuraavaan kohteeseen on mallista riippuen noin 100–150 sekuntia.

Hankalin työvaihe on auton käsittely jätepiesteen luona. Kuljettaja usein peruuttaa auton hyvin kapeata väylää pitkin ja kääntää sen ahtaassa tilassa sopivaan asentoon. Tämän jälkeen muut suoritukset ovat varsin suoraviivaisia ja ne menevät melko nopeasti¹⁴.

Taulukon kolmella viimeisellä rivillä on laskettu pisteen kokonaistyhjennysaika ja viimeisellä rivillä on laskettu, montako astiaa päivän aikana keritään tyhjentämään. Taulukon puolella välissä on esitetty tuloksena saatu tuntimäärä, joka vaihtelee hieman eri mallien välillä. Mallit 2 ja 3 edellyttävät hieman alle tunnin enemmän työtä. Tämä tosin kompensoituu osin, jos tavarat puretaan reitin varrella olevaan välipurkupisteeseen.

3.3.6 Yhteenveto malleista

Keräyksen toteuttamistavalla on suuri merkitys keräyksen sekä ympäristö- että kustannusvaikutuksiin. Tutkimuksen tulokset vaikuttavat olevan tässä suhteessa yhdensuuntaiset: kun keräyksen kustannukset minimoidaan, myös ajetut kilometrit (eli päästöjen määrät) minimoituvat.

Tutkimuksessa verrattiin kolmea eri mallia. Näistä ensimmäinen oli malli, missä keräys toteutettiin siten, että kaikki kohteet tyhjennettiin kerran kuukaudessa tietyn viikkorytmin puitteissa. Havainnot osoittivat pian, että valtaosa astioista ei täyttynyt lähes ollenkaan. Tämän johdosta tutkijat ehdottivat siirtymistä valikoivaan keräykseen, missä astioille arvioitiin täyttymisjärjestys jota kehitettiin vielä siten, että jokaisesta luokasta kerättiin täyttymisasteesta huolimatta laskennallinen osa. Tällä järjestelyllä varmistetaan, että astiat täyttyvät pitkällä tähtäimellä tasaisesti. Olisi ollut myös mahdollista, että hitaasti täyttyvät astiat tyhjennetään samanaikaisesti kerran vuodessa ”urakalla”, mutta tämän seurauksena olisi itse aiheutettu kova ruuhka kerran vuodessa, minkä jälkeen kapasiteetti saattaisi olla vajaakäytössä. Koko pääkaupunkiseudun keräyksen näkökulmasta tällainen järjestely vaikuttaa vielä luonnottomammalta.

Ehdotettujen mallien 2 ja 3 käytännön toteuttaminen tulee suunnitella huolellisesti. Jokainen kuukausi on erilainen ja näin suunnittelijalta ja kuljettajalta edellytetään hyvää alueen tuntemusta.

Tutkimusalueen tarkasteltujen asunto-osakeyhtiöiden asukasluku oli hieman yli 40000 asukasta (koko alueella on noin 50 000 asukasta). Tämä valinta koealueeksi osoittautui erinomaiseksi. Kun malli 2 otettiin tarkasteluun, havaittiin, että alueen keräys voidaan hyvällä suunnittelulla toteuttaa kahdella ajokierroksella kuukaudessa (kahden viikon välein). Tämä lähes maksimoi sekä auton hyötykapasiteetin, astioiden täyttymisen sekä päivittäisen keräysmaksimin.

¹⁴ Yksittäistapauksena mainittakoon taloyhtiö, johon ei ollut oikein kunnollista ajoyhteyttä. Kuljettaja puikkelehti syreenipensaitten ja ruusujen välissä hieman mutaisella nurmikolla kahden ison astian kanssa.

Malli 3 tuo esille, että jakamalla kohdealue kahdeksi, päästään vielä hieman parempaan tehokkuuteen, koska pienempi alue voidaan kerätä valikoivasti yhdellä keräyksellä kuukaudessa. Tästä seuraa, että keräyksen ajokilometrit saadaan hieman vähemmiksi kuin kaksi kertaa suuremman alueen kahden tyhjennyksen järjestelmällä. Kuitenkin mallin riskinä ovat suuret taloyhtiöt: jos joidenkin yhtiöiden keräystiheystarve on pienempi kuin kuukausi, järjestelmällä on vaara sortua ajoittain.

Kun tarkastellaan koko pääkaupunkiseutua ja ajatellaan, että noin puoli miljoonaa asukasta asuu alueella samantapaisissa asunnoissa kuin koealueella on, voidaan karkeasti arvioida tarvittavan kaluston määrä jakamalla suunnitellun keräysalueen väestön määrä 20 000 asukkaalla. Tällaisia alueita olisi noin 25 kappaletta. Kun yksi auto hoitaa yhden alueen päivässä, se kerkiää tyhjentämään noin 20 aluetta kuukaudessa. Tästä seuraisi, että koko pääkaupunkiseudulla tarvittaisiin teoriassa hieman alle kaksi keräysautoa hoitamaan koko keräys.

3.3.7 Mallien rajoitukset

Mallien suunnittelussa sivuutettiin yksi tärkeä kysymys: onko mahdollista toteuttaa keräys siten, että lasiastiat tyhjenetään vain kerran vuodessa? Toteutuksen riskinä ovat mm. hajuhaitat sekä muut mahdolliset asumisviihtyvyyttä rajoittavat tekijät. Keskusteluissa esitettiin ajatus siitä, että todennäköisesti keräys pitäisi toteuttaa vähintään neljä kertaa vuodessa. Kuitenkin kysymys jäi jossakin määrin avoimeksi eikä lopullista ja oikeata vastausta löytynyt. Kun kokeilun aikana keräystiheyttä harvennettiin, vain muutama asukas valitti hajuhaitoista. Lisäksi alueen asukkaille toteutettiin kyselytutkimus, jonka perusteella voi nähdä, että erityisiä hajuhaittoja ei tutkimuksen aikana ole ilmaantunut (ks. luku 4). Tutkimusryhmässä ne lopulta tulkittiin yksittäistapauksiksi, mutta kuitenkin tämä seikka on hyvin tärkeä ja se tulee huomioida jatkosuunnitelmissa.

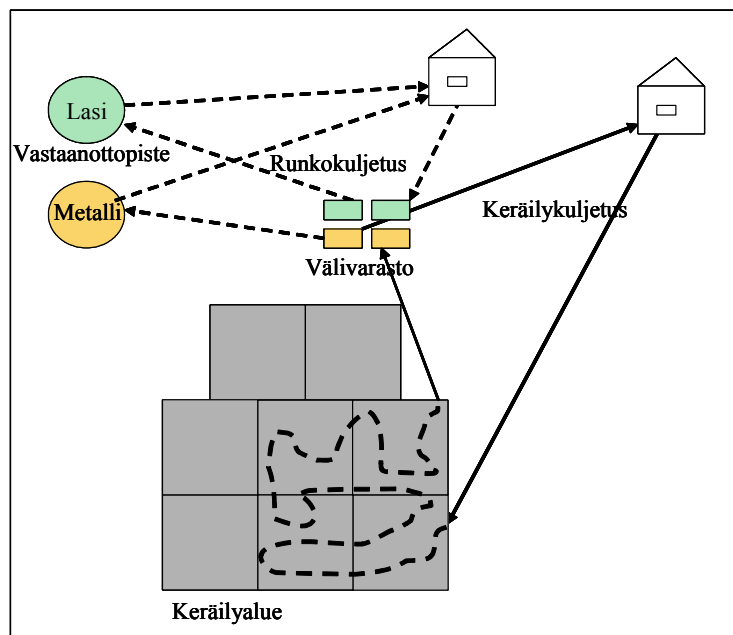
Tutkijaryhmälle heräsi ajatus siitä, että voisi olla mahdollista, että asunto-osakeyhtiö itse määritteli, mihin keräysluokkaan se kuuluu. Tutkimuksen aineiston perusteella voidaan tehdä määrittely melko luotettavasti asukasluvun (asuntojen lukumäärän) perusteella, mutta lopullisen luokittelun voisi tehdä asunto-osakeyhtiö itse. Tällainen järjestely edellyttää todennäköisesti tyhjennyskohtaista hinnoittelua, minkä tarkastelu ei kuulu tämän tutkimuksen piiriin.

3.3.8 Lasin ja metallin yhteiskeräys

On ilmeistä, että lasi ja metalli kannattaa kerätä yhdessä. Tutkimuksemme tulosten valossa näyttää siltä, että keräysaika ei lisäännä yhteiskeräyksessä. Samoin, koska lasi ja

metalli tuottavat suunnilleen yhtä paljon puristamatonta jätettä, ja koska ne tyypillisesti kertyvät talokohtaisesti yhtä suurina erinä, keräysrytmi voidaan suunnitella yhdessä. Keräystä saattavat rajoittaa auton kapasiteetti, jätteen loppukuljetus sekä mahdollisesti täydet 240 litran astiat. Ne edellyttävät riuskaa kuljettajaa, joka jaksaa siirtää astiat autolle ja sijoittaa ne nosturin kiinnittimiin. Seuraavaksi tarkastellaan valikoivan keräysmallin (malli 3) avulla yhteiskeräyksen kustannusvaikutuksia. Lopuksi tarkastellaan eri rajoituksia tarkemmin.

Kuvassa 12 esitetään lasin ja metallin yhteiskeräyksen ratkaisuehdotus valikoivaa mallia (malli 3) hyödyntäen. Kuljettaja jakaa tutkimusalueen karkeasti puoliksi sekä kerää alueelta keräyssuunnitelman mukaiset kohteet, joita tutkimusaineiston perusteella on noin 80–90 pistettä. Asunto-osakeyhtiöt luokitellaan asukkaiden lukumäärän mukaan seitsemään eri luokkaan. Jokaisesta luokasta valitaan ne kohteet, jotka kulloinkin kerätään, ja keräysreitti suunnitellaan näiden mukaan.



Kuva 12. Lasin ja metallin valikoiva yhteiskeräys hyödyntäen välivarastoa.

Seuraavalla kerralla¹⁵ kerätään se osa alueesta, joka ensimmäisellä kerralla jätettiin hoitamatta. Kaikki luokkaan 1 kuuluvat yhtiöt tyhjennetään joka kerta.

¹⁵ Laskennallisesti keräysväli on noin 12 vrk, jolloin kahden viikon rytmi voisi olla suositeltava, mutta esimerkiksi myös peräkkäiset keräyspäivät ovat mahdollisia. Tällöin ongelmaksi saattavat tulla asiakkaat, joilla neljän viikon sykli on liian pitkä. Kahden viikon väli tarkoittaisi sitä, että kriittiset kohteet voidaan tarvittaessa tyhjentää molemmilla kerroilla. Koska näitä ei ole kovin suurta määrää, järjestely voisi olla melko kivuton.

Mallissa oletetaan, että kumpikin, lasi ja metalli, voidaan tyhjentää autosta välivarastoon, mistä ne toimitetaan edelleen loppupisteisiin. Mallissa on oletettu, että ne voidaan sijoittaa kumpikin kahdelle erilliselle lavalle, jotka voidaan yhdessä kuljettaa loppupisteeseen. Tällä mahdollistettaisiin maksimaalinen kuljetuskapasiteetin hyöty. Koska on todennäköistä, että välivarastosta eteenpäin lasin ja metallin tiet erkanevat, myös niiden välivarastointi – samassa pisteessä kylläkin – toteutetaan ominaan.

Taulukko 9. Ajokilometrit yhdistelymallissa.

Ajokilometrit vuodessa	Yhdistelymalli	
		YHT
Keräysreitin pituus, km	46	
Tyhjennyskertoja vuodessa	30	1 380
Siirtymäajo edestakaisin, km	35	1 050
Matka välivarastoon, km	3	90
Matka loppupisteeseen, km	130	
Käyntien määrä	5	650
Ajokilometrit vuodessa		3 170

Taulukossa 9 arvioidaan yhdistelymallissa syntyvät ajokilometrit vuodessa. Kun ajokilometrejä verrataan malliin 3, oheinen arvio poikkeaa lähinnä välivaraston ja loppupisteiden kuljettamisesta aiheutuneisiin kilometreihin, jotka oheisessa mallissa ovat kaksinkertaiset, yhteensä 650 km. Yhtä tyhjennyskertaa kohden matka on arvioitu 130 kilometriksi, joka on kaksinkertainen verrattuna lasin keräykseen. Koska metallin loppusijainti on muualla kuin lasin, on loogista ajatella, että näiden kuljetusmatka on kaksinkertainen. Luvuissa on huomioitu myös kahden eri kuljettajan kaksi siirtymäajoa, jotka loppukuljetuksen tavoin ovat arvioita, jotka tulee huomioida, kun tarkempia suunnitelmia tehdään.

Kun ajatellaan, että kokonaiskuljetusmatka on syntynyt kahden eri tuotteen keräyksestä, luvun jakaminen puoliksi molemmille lienee perusteltua. Tällöin lasin osuudeksi tulisi noin 1 600 kilometriä vuodessa.

Yhdistelyn kustannusvaikutukset ovat samansuuntaiset kuin ajokilometrien. Mallissa on ”varmuuden vuoksi” oletettu, että ajokierros kestää puoli tuntia enemmän kuin pelkkää lasia kerätessä. Tämä arvio lienee hieman varovaisuutta, koska ajokierroksen aikana tutkija ei havainnoinut erityistä syytä, joka tekisi sille täyttä oikeutta. Kuitenkin, kun tutkija itse kokeili astioiden liikuttelua, työ osoittautui aikamoista voimaa vaativaksi. Tämän johdosta oletetaan, että kuljettaja pitää hieman enemmän lepotaukoja työn

aikana. Toinen ero malliin 3 verrattuna on se, että tyhjennyksen välivarastoon on oletettu kestävän 15 minuuttia enemmän kuin pelkän lasin tyhjennyksen. Tämä johtuu siitä, että auto joutunee siirtymään alueella, kun tyhjennys tapahtuu eriaikaisesti. Matkan kaatopaikalle on arvioitu kestävän kuljetusta kohden 120 + 120 minuuttia eli lasin ja metallin yhdessä 240 minuuttia. Kun tyhjennyskertoja tarvitaan viisi vuodessa ja tuntihinta on hieman yli 60 euroa, päästään 1 250 euron kustannuksiin.

Taulukko 10. Kustannukset yhdistelymallissa (lasin ja metallin yhteiskeräyksessä).

Kustannukset vuodessa	Yhdistely		
	vakiot	yks. kust.	YHT
Työtunnit			
-siirtymäaajo, min	45		1 406
-keräys, h	8,5	531	15 938
-tyhjennys välivarastoon, min	30	31	938
-matka kaatopaikalle, min	240		1 250
Auto+mies, kust / vrk			
Auto+mies, kust / h			
Kustannusarvio € / vuosi			19 531

Lasin ja metallin yhteiskeräys logistiikan osalta tulee alueella maksamaan yhteensä hieman alle 20 000 euroa vuodessa. Kun luku jaetaan puoliksi lasille ja metallille ja verrataan mallin 3 vastaavia kustannuksia, 16 563 euroa, nähdään, että ero – säästö – on noin 40 %.

Mallin rajoitukset

Esitetyn mallin tarkoitus on ollut tarkastella tutkimuksen aikana havaittuja toimintamalleja ja verrata niitä keskenään. Käytetyt kustannusarviot ovat suuntaa antavia eikä niitä voi pitää ehdottomina totuuksina. Malleissa on tehty yksinkertaistuksia, jotka käytännön työssä saattavat osoittautua vaikeammiksi. Tuomme näistä esille kolme.

Mallissa on oletettu, että kuljettajan työaika on joustava eli hän voi tehdä 7–9 tunnin työpäiviä normaalilla tuntiveloituksella. Näin ei välttämättä ole käytännössä. Kuitenkin mallin kannalta yksinkertaistus on helpottanut laskentatyötä.

Keräyspisteiden määräksi on laskettu noin 176 kohdetta kuukaudessa eli 88 kohdetta kummallakin kerralla. Kuitenkaan yksikään keräysalue ei ole symmetrinen, ja voi hyvin olla, että oli pa aluejako miten tahansa tehty, erot voivat olla suuria. Teoreettisessa tarkastelussa on kuitenkin tehtävä yleistyksiä, koska muuten vertailu voi tulla liian vai-

keaksi. Lisäksi, vertailu on tehty koko pääkaupunkiseutua silmällä pitäen. Alueen tarkempi jakaminen ja pohtiminen eivät olisi kuitenkaan muuttaneet sitä tosiasiaa, että sama ongelma olisi joka tapauksessa edessä suuremman alueen sisällä.

Mallin tarkoituksena on arvioida optimaalista keräystä, ja siksi ajo Ämmässuon kaato paikalle työn päätepisteenä on mallissa hieman kyseenalainen. Ensinnäkin se sijaitsee hieman etäällä keräysreitistä. Toiseksi, se ei käytännössä voi olla pääteaste, ja kolmanneksi, kuljetusliike ei käytännön työtään tehdessä todennäköisimmin pitäisi välivarastoa siellä vaan loogisen reitin varrella – omalla varikollaan. Tämä vastaa esittämiämme malleja 2 ja 3 sillä erolla, että kaatopaikkakuljetusten sijasta kuljetukset olisivat suoraan hyötykäyttäjille. Tästä aiheutuva ero mallin ja todellisuuden välillä on kuitenkin varsin pieni, koska suurin osa kustannuksista muodostuu keräyksestä.

Kuljettajan ja auton tuntiveloitus perustuu edellisen tutkimuksemme aineistoon. Kun tunnit on arvioitu työpäivittäin, suurempaa virhettä tuskin tapahtuu. Kuitenkin mallissa on myös lyhyen työpäivän osuus välivaraston ja loppupisteiden välillä. Saattaa olla mahdollista, että kuljetusliike vastaa kuljettajalle joka tapauksessa koko työpäivän palkasta tällaisessa tapauksessa. Vaikka tämä voi vaikuttaa kustannuksiin jonkin verran (ei kuitenkaan mallien väliseen paremmuuteen), tyydyttiin tuntiperusteiseen kustannusarvioon, koska voi kuvitella, että kuljettajalla on muutakin työtä kuin yksi ajo päivässä.

3.4 Lasin kertyminen koko tutkimusalueella

Kiinteistökohtaisen keräyksen lisäksi alueella kerättiin lasia myös yleisökeräyksenä. Kiinteistökohtainen keräys kattoi alueen noin 50 000 asukkaasta noin 80 %, 40 000. Muiden asukkaiden lasi kerättiin edelleen yleisökeräysjärjestelmässä, jota muutettiin kokeiluvuoden aikana, kun osa yleisökeräyspisteistä otettiin pois käytöstä. Tämä johtui mm. siitä, että kahden rinnakkaisen yhtäaikainen ylläpito nähtiin epätaloudellisena ainakin kahdesta syystä. Ensinnäkin molemmat järjestelmät edellyttävät erityyppistä logistista järjestelmää, minkä seurauksena logististen kustannusten arvioitiin kasvavan. Toiseksi, näiden kahden järjestelmän arvioitiin syövän toisiaan ja johtavan kahteen heikkoon keräysjärjestelmään. Kolmanneksi, kiinteistökohtaisen järjestelmän arvioitiin olevan niin houkutteleva asukkaille, että yleisökeräyksen tuotos vähenee koealueella joka tapauksessa. Tarkoituksena oli saada riittävästi tietoa parhaiden tulevaisuuden mahdollisuuksien kartoittamiseksi.

Koealueelle jätettiin 18 yleisökeräyspisteestä viisi, ja ne olivat jo ennestään tuottoisimpia sekä sijaitsivat keskeisillä paikoilla eri kauppakeskusten läheisyydessä. On myös huomioitava, että kiinteistökohtaisessa keräyksessä kerättiin vain kirkas lasi, eli kaikkien alueen asukkaiden oletettiin vievän värillisen lasin yleisökeräyspisteisiin.

Kummankin keräystyyppin tilastoinnin hoiti YTV kahdessa eri tietokannassa. Seuraavat analyysit perustuvat näiden tietojen yhdistämiseen.

3.5 Lasin keräysmäärät vuoden ajalta

Taulukossa 11 esitetään kaiken tutkimuksessa mukana olleen lasin kertymä tutkimusalueella. Aineisto on kerätty vuosilta 2005 ja 2006. Tulokset on ryhmitelty kahteen osaan, alkuvuoteen sekä loppuvuoteen. Tämä jaottelu on tehty siksi, että se mahdollistaa melko luotettavan mittaamisen siirtymäkausille. Ensinnäkin, on tyypillistä, että vuoden vaihteen molemmilla puolilla keräyksessä on taukoja, minkä johdosta kuukausikohtainen tarkastelu ei välttämättä anna luotettavaa kuvaa kehitystrendistä. Toiseksi, yleinen keräysrytmi tapahtuu neljän viikon rytmissä, minkä johdosta vuodessa on 13 jaksoa normaalin 12 sijasta. Tämän johdosta ääritapauksissa johonkin kuukauteen saattaa sisältyä vain kolme viikon jaksoa ja johonkin toiseen puolestaan viisi. Kolmas ja tärkein syy oli se, että suuri osa yleisökeräyksen astioista poistettiin vuoden 2006 kesäkuun jälkeen ja samanaikaisesti kiinteistökohtaisen keräyksen systeemi muutettiin. Siksi katsoimme, että tarkkajakoisempi luokittelu olisi johtanut lukuisiin tulkinnallisiin ongelmiin ja heikentänyt tulosten tulkintaa.

Taulukko 11. Lasin kertyminen yhteensä ja asukasta kohden 2005–2006.

Lasin kertyminen eri vuosina	2005			2006		
	1–6	7–12	Yhteensä	1–6	7–12	Yhteensä
Yleisökeräys						
-koko testikauden mukana olleet	23 086	19 769	42 855	13 389	19 351	32 740
-poistettiin 6–7/ 2006	25 283	21 179	46 462	14 990	0	14 990
Yleisökeräys yhteensä	48 369	40 948	89 317	28 379	19 351	47 730
Kiinteistökohtainen keräys	0	0	0	55 980	75 255	131 235
Yhteensä	48 369	40 948	89 317	84 359	94 606	178 965
Asukasta kohden, kg	0,967	0,819	1,786	1,687	1,892	3,579

Taulukosta näkee, että vuonna 2005 lasin tuotos oli yhteensä noin 90 000 kg. Asukasta¹⁶ (50 000) kohden tämä on 1,786 kg. Vuonna 2006 määrä on lähes kaksinkertaistunut hieman alle 180 000 kiloon. Vuonna 2005 kaikki lasi on kertynyt yleisökeräyspisteiden kautta ja määrä on vaikuttanut melko tasaiselta. Vuonna 2006 yleisökeräyksen määrä on laskenut selvästi noin puoleen edellisen vuoden määrästä. Lisäksi käytöstä on poistunut 13 yleisökeräyspistettä, joiden tuotos on myös poistunut tai siirtynyt muihin keräyskoh-teisiin. Samanaikaisesti on kiinteistökohtainen keräys alkanut, ja tämän seurauksena lasin yhteenlaskettu tuotos on kasvanut lähes kaksinkertaiseksi. Asukasta kohden vuo-den 2006 aikana on kertynyt lasia noin 3,5 kg.

3.6 Väritön lasi

Kiinteistökohtainen keräys kohdistui pelkästään värittömälle lasille. Kun kokeilun pii-rissä asui noin 40 000 asukasta ja koko alueella yhteensä 50 000, tuntuisi loogiselta, että ainoastaan kokeilun ulkopuolella olevat noin 10 000 asukasta jatkaisivat yleisökeräystä. Näin ollen olisi luonnollista, että yleisökeräyksen yhteenlaskettu tuotos olisi noin 20 % vuoden 2005 tuotoksesta. Kun taulukkoa 12 tarkastelee, huomaa, että yleisökeräyksen tuotos on laskenut selvästi, mutta jälkimmäisenäkin vuosipuoliskona määrä on vielä noin 35 % edellisen vuoden vastaavasta määrästä. Kun jälkimmäisen vuosipuoliskon aikana luovuttiin osasta pisteistä, kasvoi jäljelle jääneiden yleisökeräyspisteiden tuotos hieman, noin 2 000 kg. Samanaikaisesti kiinteistökohtaisen keräyksen määrä kasvoi noin 20 000 kg. Tämä kasvu johtuu osittain yleisökeräyspisteiden määrän vähenemises-tä, mutta muiden tekijöiden osuus on epävarmaa. Näistä tärkein on kokeilun aloitta-misajankohta: se alkoi tammikuun alussa, ja ensimmäinen keräys toteutettiin tammi-kuun 19. päivä ja ensimmäisen keräyskierroksen viimeinen keräys neljä viikkoa myö-hemmin. Tämä vääristää tulosta käytännössä noin viidellä viikolla. Vaikka keräyskuu-kausien lukumäärä on oikein, tämä keräyksen siirtymä tarkoittaa, että ensimmäiselle jaksolle ajoittuu todellisuudessa vain noin viiden kuukauden kertymä ja loppuvuodelle seitsemän kuukauden kertymä. Jos tämä huomioidaan taulukossa, nähdään, että kum-mankin puolivuoden tuotos on karkeasti sama. Muunnosta ei tehty sen vuoksi, että ke-säkuun jälkeen koko keräyssystematiikka muutettiin valikoivaksi keräykseksi. Tämä menetelmä tehostaa keräystä, mutta varjopuolena on kuukausikohtaisen vertailukelpoi-sen tiedon häviäminen.

¹⁶ Tämän luvun laskelmat perustuvat pyöristettyihin asukaslukuihin siten, että koko alueen asukasmäärä-ksi arvioitiin 50 000 asukasta sekä 40 000 kokeiluun osallistuvaa asukasta, koska aivan tarkkoja lukuja erityisesti koko alueen asukasmäärästä ei katsottu tarpeelliseksi hankkia.

Taulukko 12. Värittömän lasin kertyminen vuosina 2005–2006.

Lasin kertyminen eri vuosina	2005			2006		
	1–6	7–12	Yhteensä	1–6	7–12	Yhteensä
Yleisökeräys						
-koko testikauden mukana olleet	18 573	17 341	35 914	11 068	13 089	24 157
-poistettiin 6–7/ 2006	21 629	18 288	39 917	12 579	0	12 579
Yleisökeräys yhteensä	40 202	35 629	75 831	23 647	13 089	36 736
Kiinteistökohtainen keräys						
	0	0	0	55 980	75 255	131 235
Yhteensä	40 202	35 629	75 831	79 627	88 344	167 971

Taulukon tulkinnassa tulee huomioida myös se, että taloyhtiöt olivat melko huonosti informoineet asukkaita keräyksen aloittamisesta. Tämä on toinen tekijä, joka on melko varmasti vaikuttanut alkuvuoden kertymään. Tästä sekä muista tiedottamiseen ja käytännön järjestelyihin liittyvistä kysymyksistä on lisää luvussa 4. Näistä tekijöistä johtuen suosittelemme, että puolivuotiskausien kertymiä tarkastellaan viitteellisinä, kun taas koko vuoden keräysmäärä vastaa todellisuutta.

Värittömän lasin asukaskohtainen kertyminen eri keräysjärjestelmillä on mielenkiintoinen kysymys, koska se antaa kuvan siitä, miten paljon kokeilun piirissä olevat asukkaat ovat luopuneet yleisökeräyksestä. Jo etukäteen oletettiin, että siirtyminen ei voi olla täydellistä, koska kiinteistökohtainen keräys kohdistui pelkästään värittömään lasiin. Tämän seurauksena voidaan olettaa, että osa asukkaista laittaa värillistä lasia myös kiinteistökohtaiseen keräysastiaan. Toisaalta on hyvin todennäköistä, että asukas joka vie yleisökeräyspisteeseen värillistä lasia, vie sinne samalla myös kirkasta lasia. Taulukossa 13 esitetään lasin asukaskohtainen kertymä eri keräyspisteissä. Laskelma on tehty siten, että vuonna 2005 koko populaation – 50 000 asukasta – oletettiin toimittavan lasin olemassa oleviin yleisökeräyspisteisiin. Vuonna 2006 oletettiin, että kokeilun piirissä olevat 40 000 asukasta toimittavat värittömän lasin ainoastaan taloyhtiön pisteeseen. Tästä seuraa, että vastaavasti samana vuonna oletettiin, että ainoastaan loput 10 000 asukasta toimittavat lasin jäljellä oleviin yleisökeräyspisteisiin. Menetelmän tarkoituksena oli arvioida, onko siirtymä tapahtunut täydellisesti vai osittain.

Taulukko 13. Värittömän lasin kertyminen 2005–2006.

Lasin kertyminen eri vuosina	2005			2006		
Väritön lasi, asukasta kohden, kg	1–6	7–12	Yhteensä	1–6	7–12	Yhteensä
Yleisökeräys						
-koko testikauden mukana olleet	0,371	0,347	0,718	1,107	1,309	2,416
-poistettiin 6–7/ 2006	0,433	0,366	0,798	1,258	0,000	1,258
Yleisökeräys yhteensä	0,804	0,713	1,517	2,365	1,309	3,674
Kiinteistökohtainen keräys						
	0,000	0,000	0,000	1,400	1,881	3,281
Yhteensä						
	0,804	0,713	1,517	1,593	1,767	3,359

Taulukosta näkee, että kirkkaan lasin asukaskohtainen keräysmäärä on kasvanut enemmän kuin 100 %, 1,5 kilosta 3,4 kiloon. Tämä määrä lasia ei ole syntynyt itsestään, vaan se kaikki on pois muusta jätteestä: ihmisten tavat ovat muuttuneet, kun heille on tarjottu helppo mahdollisuus toimittaa lasi sille varattuun säiliöön kotioven lähetyvillä.

Yleisökeräyksen osalta asukaskohtainen määrä on kasvanut vielä enemmän, 3,674 kiloon asukasta kohden. Tämä ”liian” korkea luku paljastaa, että siirtymä ei ole vielä tapahtunut täydellisesti¹⁷. Koska kokeilun ulkopuolisille asukkaille ei ole kerrottu kokeilusta ja kun kokemukset yleisökeräyksestä ovat melko yhtenäiset muilla alueilla, yleisökeräyksen korkea luku ei ole selitettävissä muuten, kuin että osa kokeilualueen asukkaista edelleen toimittaa lasin yleisökeräykseen. Tämän määrän voi arvioida karkeasti taulukon perusteella, ja se lienee hieman yli puolet vuoden 2006 kirkkaan lasin kokonaiskertymästä eli noin 60 % ja 20 000–22 000 kiloa. Voi myös olla mahdollista, että alueen ulkopuoliset asukkaat tuovat paljon lasia olemassa oleviin yleisökeräyspisteisiin – ovat tuoneet ennenkin ja myös tutkimuksen aikana. Tällainen selitys voi olla hyvin mahdollinen, mutta aineiston perusteella määrää ei voi arvioida.

¹⁷ On huomattava, että vuoden 2006 yleisökeräysmäärät jyvitettiin 10 000 asukkaalle, kun vielä edellisenä vuonna jyvitys oli 50 000 asukkaalle.

3.7 Värillinen lasi

Värillistä lasia kertyy huomattavasti vähemmän kuin kirkasta. Tämän johdosta sitä ei otettu kokeiluun mukaan kiinteistökohtaiseen keräykseen. Taloyhtiöille olisi ollut hankalaa sijoittaa vielä yksi astia usein kovin alimitoitettuihin jättepisteisiin. Lisäksi tutkimuksen johtoryhmässä todettiin, että keräyksen kustannukset kasvavat liian suuriksi. Pieni tuotomäärä ja kolmas astia värillisen lasin ja metallin lisäksi olisivat muuttaneet koko keräyksen toisenlaiseksi. Haittapuolena nähtiin jo edellä esille tuotu seikka, että tämän seurauksena osa asukkaista jatkaa yleisökeräystä¹⁸.

Ainoa olennainen muutos tarkastelujakson aikana värillisen lasin keräämisessä oli yleisökeräyspisteiden radikaali vähentäminen. Haluttiin nähdä, siirtyvätkö asukkaat käyttämään jäljelle jääneitä pisteitä vai ratkaisevatko he ongelman jotenkin muuten.

Taulukon 14 perusteella nähdään, että vuonna 2006 on värillistä lasia kertynyt noin 15 % vähemmän kuin edellisenä vuonna. Tämä ero ei selity sillä, että kausien vaihteissa olisi tapahtunut liukumia (kuten kiinteistökohtaisessa keräyksessä). Se ei myöskään selity astioiden vähenemisellä, koska olennaisin muutos on tapahtunut alkuvuodesta, jolloin poistamista ei vielä tapahtunut. Loppuvuonna, kun suuri osa keräyspisteistä poistettiin, määrä lisääntyi selvästi jäljelle jääneissä yleisökeräyspisteissä.

Taulukko 14. Värillisen lasin kertyminen vuosina 2005–2006.

Lasin kertyminen eri vuosina	2005			2006		
	1–6	7–12	Yhteensä	1–6	7–12	Yhteensä
Yleisökeräys						
-koko testikauden mukana olleet	4 513	2 428	6 941	2 321	6 262	8 583
-poistettiin 6–7/ 2006	3 654	2 891	6 545	2 411	0	2 411
Yleisökeräys yhteensä	8 167	5 319	13 486	4 732	6 262	10 994
Kiinteistökohtainen keräys						
	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	8 167	5 319	13 486	4 732	6 262	10 994

¹⁸ Yleisökeräys ei missään tapauksessa ole epäsuositeltava keräysmuoto, päinvastoin. Ongelma liittyy koko logistiseen järjestelmään, sillä kahden yhtäaikaisen järjestelmän ylläpito on todennäköisesti kalliimpaa kuin yhden. Lisäksi yleisökeräyksen ongelma on siinä, että asukkaat hyödyntävät sitä liian vähän.

Värillisen ja kirkkaan lasin yhtenäinen keräysjärjestelmä vaikuttaa houkuttelevalta ajatukselta. Tätä seikkaa puoltavat monet syyt. Ensinnäkin asukkaiden kannalta on loogista käsitellä lasi samalla lailla riippumatta sen väristä. Samaten sen kuljettaminen keräyspisteeseen yhtäaikaaisesti tuntuu johdonmukaiselta. Jos pisteessä on kuitenkin vain toinen keräysastia, on houkutus sujauttaa värillinen lasi värittömän joukkoon tai sitten muiden jätteiden jatkoksi.

Taulukko 14 kertoo, että koko alueelta kertynyt määrä on noin 11000 kiloa, vajaa kymmenesosa värittömän lasin määrästä. Kun värittömänkin lasin asunto-osakeyhtiökohtaiset määrät olivat valtaosassa tapauksia hyvin vähäiset, ne olisivat murto-osa värillisen lasin määrästä. Kun huomioidaan, että kiinteistökohtaisen kokeilun seurauksena kertymä noin kaksinkertaistui, voidaan olettaa, että myös värillisen lasin osalta näin voisi tapahtua. Tämän kysymyksen taustalla on myös kyse erityisesti kirkkaan lasin puhtaudesta: voitaisiinko menetelmällä varmistaa, että kirkkaan lasin joukkoon ei tulisi värillistä ja muita epätoivottuja laatuja?

Taulukosta 15 nähdään, miten värillinen lasi on kertynyt asukaskohtaisesti puolen vuoden jaksoissa. Vuonna 2005 kertymä on ollut noin 270 grammaa asukasta kohden ja vuonna 2006 yhteensä 220 grammaa. Koska kiinteistökohtaista keräystä ollut, kehityksen suunta ei voi selittyä sillä. Kuten edellisen taulukon kohdalla todettiin, keräyksen systematiikassa ei havaittu olennaisia muutoksia tarkastelujakson aikana. Tämä voi johdattaa kolmentyyppisiin tulkintamahdollisuuksiin.

Taulukko 15. Värillisen lasin asukaskohtainen kertyminen 2005–2006.

Lasin kertyminen eri vuosina	2005			2006		
	1–6	7–12	Yhteensä	1–6	7–12	Yhteensä
Värillinen lasi, asukasta kohden, kg						
Yleisökeräys						
-koko testikauden mukana olleet	0,090	0,049	0,139	0,046	0,125	0,172
-poistettiin 6–7/ 2006	0,073	0,058	0,131	0,048	0,000	0,048
Yleisökeräys yhteensä	0,163	0,106	0,270	0,095	0,125	0,220
Kiinteistökohtainen keräys	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Yhteensä	0,163	0,106	0,270	0,095	0,125	0,220

Ensinnäkin on mahdollista, että asukkaat ovat joko varastoineet kertyvän värillisen lasin kaappeihinsa kotona ja odottavat, että sitä kertyy tarpeeksi. Tämä on varsin mahdollista, koska 220 grammaa lasia vastaa vain yhtä keskikokoista purkkia. Kun väriltön lasi on

saatu helposti toimitetuksi keräyspisteeseen, muutaman ylimääräisen lasipurkin säilyttäminen ei liene suurempi ongelma.

Toiseksi, kun valtaosa lasista on toimitettu ympäristöystävällisesti keräyspisteeseen, voi syntyä tilanne, jossa asukasta kohden keskimäärin vain kerran – kaksi vuodessa syntyy harkintatilanne, mitä tehdä värilliselle lasille; viedäkö se kauas yleisökeräyspisteeseen, sujauttaa värittömän lasin joukkoon vai laittaako muun kotitalousjätteen mukana roskiin.

Kolmantena syynä voi olla se, että värillisen lasin tuotanto on vähentynyt. Kun huomioidaan, että valtaosa värillisestä lasista kuuluu normaalin kierrätysjärjestelmän piiriin (olut- ja viinipullot), mitä jää jäljelle? Onko mahdollista, että olisi tapahtumassa siirtymä kohti kirkkaan lasin hyödyntämistä myös lasin valmistuksessa ja lasia hyödyntävässä teollisuudessa? Voisi kuvitella, että asukkaan näkökulmasta on usein samantekevää, minkä värinen on se lasipakkaus, missä ostettava tuote on.

Tutkimuksen aineisto ei vastaa edellä esitettyihin kysymyksiin, mutta lukujen perusteella kuitenkin vaikuttaa siltä, että värillisen lasin kertymä on hieman vähentynyt edellisen vuoden määrästä. Tämän johdosta värillisen lasin keräyssysteemin mahdollinen muuttaminen kannattaa tehdä harkiten. Koko pääkaupunkiseudun keräysaineiston vertaaminen koealueen kehitykseen kannattaa toteuttaa.

3.8 Kriittiset keräyskohteet

Tutkimus osoittaa, että asunto-osakeyhtiökohtaisten asukkaiden lukumäärän ja kertyneen lasin määrän välillä on selkeä yhteys. Tämä tekijä voisi olla yksinkertainen tapa arvioida, mihin luokkaan kukin yhtiö kuuluu. Aineisto mahdollisti myös tarkastella, miten ennustaminen on toteutunut käytännössä. Kun koko aineistosta poimittiin sellaiset taloyhtiöt, joiden astiat ovat useammin kuin viisi kertaa vuoden aikana täyttyneet ääriään myöten (kuljettajan arvio täyttöasteesta 100 % tai yli), löytyi tällaisia yhteensä 12 kappaletta¹⁹. Vaikka luku vaikuttaa pieneltä tarkasteltaessa koko populaatiota, on huomattava, että näissä yhtiöissä ylitys oli tapahtunut enemmän kuin viisi kertaa kussakin. Näissä 12 asunto-osakeyhtiössä ylitys oli tapahtunut yhteensä yli 62 kertaa.

¹⁹ Vaikka kyse on ”vain lasinkeräysastioiden täyttymisestä”, emme luottamussyistä mainitse kohteita.

Tutkimuksen tarkoitus ei ole arvostella toteutettua suunnittelua tai keräyksen toteuttamista, vaan tavoite on ollut ymmärtää keräyksen logiikkaa. Tutkimuksen aikana, nimittäin jälkimmäisen vuosipuoliskon aikana, jolloin kokeiltiin valikoivaa keräystä, kuului myös ajoittain eri yhteyksistä, että kuljettaja joutui keräämään joitakin yllättävästi täyttyneitä kohteita, kun asukkaat reklamoivat.

On ilmeistä, että valikoiva keräys edellyttää toiminnan jatkuvaa seurantaa ja kykyä hallita keräyksen systematiikka muuttuvissa olosuhteissa. Yksittäisten ”tulipalojen sammutus” osoittaa keräisyhtiöltä joustavuutta ja korkeata asiakaspalvelukykyä, mutta toisaalta useat ylitykset osoittavat myös, miten haastava tehtävä valikoiva keräys voi olla. Kun huomioidaan ne säästöt, mitkä valikoiva keräys tuo mukanaan, voidaan kuitenkin olettaa, että suunnitteluun käytettävä aika maksaa itsensä takaisin hetkessä.

Kun kokeilu alkoi, kukaan ei tiennyt, miten keräys tulee onnistumaan. Ei myöskään tiedetty, miten lasia kertyy eri yhtiöistä. Tämän johdosta on ymmärrettävää, että kriittisiä tapauksia oli useita ja että ne toistuivat kuukaudesta toiseen. Kuljetusliikkeellä ei välttämättä ole aikaa tarkastella keräystilastoja ja tehdä sen perusteella muutoksia, varsinkin kun ne tulevat muutaman viikon viiveellä. Työt suunnitellaan nopeasti ja toiminta on hektistä. Kuitenkin tällainen suunnittelu on välttämätöntä, mutta minkä organisaation tehtävä se on, on eri asia.

3.9 Lasin epäpuhtaus

Eräs keskeisistä kysymyksistä kokeilussa oli se, miten ”puhdasta” kertyvä lasi on. Tämä ei tarkoita fyysistä puhtautta vaan sitä, kuinka paljon kirkkaan lasin lisäksi astiaan joutuu epätoivottavaa jätettä. Tämä kysymys on tärkeä siksi, että tällaisen jätteen poistaminen on hyvin kallis prosessi. Kun lasi kipataan keräysautoon, se hajoaa ja lisäksi vielä murskataan pieniksi sirpaleiksi. Pienimmät sirpaleet ovat tuskin silmällä erotettavia ja esimerkiksi yhdessä tonnissa lasia on lukematon määrä erikokoisia sirpaleita. Vaikka osa ylimääräisestä jätteestä voidaan poistaa melko yksinkertaisilla keinoilla (esimerkiksi polttamalla), vääränvärinen lasi, väärä lasi (esimerkiksi auton ikkuna, kahvikeittimen kannu) ja erityisesti väärä tuote – joista pahimpana pidetään posliinia – aiheuttaa sen, että kirkkaan lasin hyötykäyttämisen mahdollisuudet pienenevät.

Tutkimuksessa haluttiin selvittää, voiko kiinteistökohtainen keräys johtaa niin hyvään keräystulokseen, että lähes kaikki epätoivottu jäte saataisiin eliminoitua lasikuormista. Ovathan näille tarkoitettujen jätteiden yleensä samassa jättepisteessä asukkaan käsien ulottuvilla.

Mittaaminen toteutettiin tutkimuksen loppuvaiheessa, tilanteessa, jossa katsottiin, että asukkaat jo ovat tottuneet keräykseen ja myös tietävät, että kyse on värittömästä lasista.

Asukasinfojen lisäksi astioihin oli selkeästi merkitty ne lasityypit, jotka eivät kuulu astiaan. Kun kuljettaja oli syyskuu lopussa tehnyt normaalin keräyskierroksen, hän kippasi kuorman sille erikseen varattuun kuormalavaan. Tästä määrästä tutkija ja YTV:n edustaja ottivat kaksi noin 50 kilon otosta, jotka seulottiin käsin ja joiden lasi eroteltiin sen mukaisesti, mitä otoksesta löytyi. Nämä punnittiin, ja oheinen taulukko 16 kuvaa tutkimuksen tuloksia.

Taulukko 16. Lasin epäpuhtauden mittaaminen.

Otos	Paino	Kirkas	Värillinen	Tasolasi	Peili	Posliini	Metalli	Muovi	Paperi
1	48,1	45,935	1,54	0,025	0,03	0,17	0,1	0,15	0,15
2	48,3	45,835	1,925	0,025	0,015	0,15	0,1	0,1	0,15
Keskiarvo	48,2	45,885	1,733	0,025	0,023	0,160	0,100	0,125	0,150
%	100	95,20	3,59	0,05	0,05	0,33	0,21	0,26	0,31

Taulukosta näkee, että kirkkaan lasin osuus on noin 95 %. Muista tuotteista on eniten värillistä lasia, noin 3,6 %. Posliinin osuus on melko vähäinen, mutta kuitenkin sitä löytyi kummastakin otoksesta.

Työn mittaaminen:

- Työ toteutettiin kaksi kertaa. Tämä katsottiin riittäväksi, koska lasikasa oli varsin yhtenäisen näköistä. Erityisesti värillisen lasin osuutta voidaan pitää melko oikeana. Koska lasi oli pieninä siruina, osa värillisestä lasista jäi kummallakin kerralla poimimatta. Pienimmät lasinsirut oli vaikeata erottaa ja lajitella. Arvioimme niiden määräksi noin 10 %, mikä on lisätty värillisen lasin määrään.
- Mahdollinen virhelähde saattaa olla se, että mitattu kasa oli märkä ja vesi lisäsi kasan painoa. Kun lajittelu oli tehty, osa vedestä on saattanut poistua. Näin värillisen lasin suhteellinen määrä saattaa olla hieman liian alhainen. Tasolasin ja muiden vähäisten jätteiden osuus oli hyvin pieni, ja määrää ei saatu digitaalipuntarilla mitatuksi muutaman gramman tarkkuudella.
- Esimerkiksi posliinia löydettiin kasasta kummallakin kerralla neljä pientä palasta. Muovia ei punnittu eikä paperijätettä (lähinnä etikettejä, joista osa oli pulloissa kiinni); samaten muu jäte (esimerkiksi pullonkorkit) arvioitiin. Tämä johtui siitä, että osa metallijätteestä oli kiinni lasijätteessä.

Mittaamistutkimuksen tulos on melko selkeä: sekä värillistä lasia, tasolasia että posliinia on jonkin verran joutunut mukaan. Näistä suurin osuus on värillistä lasia, jonka osuus on noin 3,6 %. Posliinin ja tasolasin osuus on korkeintaan muutama promille.

3.10 Arvio mallien soveltuvuudesta käytännön työssä

Vaikka esitetyt mallit ovat yksinkertaistuksia ja hieman teoreettisia, pidämme niiden sovellettavuutta käytännön työhön mahdollisina. Seuraavaksi tarkastelemme malleja 2 ja 3 tässä valossa.

Jos keräyksen hinnoittelu ja toteutus tapahtuvat vapailla markkinoilla asiakkaan ehdoilla ja mitkään säännöt tai määräykset eivät velvoita keräystä toteutettavaksi tietyn kiinteän aikataulun (esimerkiksi neljän viikon) mukaisesti, on erittäin todennäköistä, että kuljetusliikkeet pyrkivät tyhjentämään astiat valikoivasti. Tutkimus osoitti selvästi, että vain suurimmat taloyhtiöt tuottavat niin paljon tavaraa, että niissä kuukausikohtainen keräys on perusteltua. Voisi ajatella, että asuntojen suuresta määrästä johtuen palvelun tarjonta lisääntyy pääkaupunkiseudulla, ja seurauksena on tilkkutäkkimäinen eri kuljetusliikkeiden hallitsema sekava järjestelmä. Kun huomioidaan, että laskelmiemme mukaisesti mallit 2 ja 3 edellyttävät koko pääkaupunkiseudulle vain 2–3 keräysautoa, uskomme, että (hinta)kilpailun tuloksena vain yksi tai kaksi kuljetusliikettä lopulta jää jäljelle. Tämän jälkeen keräys asteittain muotoutuu esitetyn mukaiseksi. Pidämme myös todennäköisenä, että harvemmin täyttyvät astiat – valtaosa kohteista – täyttyvät koko keräysalueella tasaisesti. Tämä mahdollistaa keräyksen optimoimisen ja kohtuullisen tasaiset kuukausikohtaiset keräysmäärät. Todennäköisesti keräystoiminta keskittyy muutamalle yritykselle, jotka keskittyvät keräysreittien optimoimiseen ja hankkivat sellaisen kaluston, joka parhaiten soveltuu lasi- ja metallijätteen keräämiseen.

Mallien 2 ja 3 vaihtoehtona emme pidä mallia 1. Sen sijasta voisi olla mahdollista, että jokin kuljetusliike kerää lasi- ja metallijätteen muun keräyksen yhteydessä. Tätä kuitenkin rajoittavat kapasiteettiongelmat, kuten kammioiden eriaikainen täytyminen, tyhjennyspisteiden hajanainen sijainti ja näiden seurauksena useat tyhjennysajot.

3.11 Taloyhtiön optimaalinen koko

Tutkimuksen avulla luotiin kolme eri toiminnallista mallia keräyksen tarkastelemiseksi. Lopulta päädyttiin keräyksen kuvaamiseen järjestelmänä, jossa optimaalinen keräys saavutettiin valikoivan keräyksen avulla sisällyttämällä kaikki kohteet mukaan tarkasteluun. Tämä ”optimaalisuus” on kuitenkin suhteellista, sillä raja voi hyvin olla muikin kuin tutkimuksessa käytetty minimiraja 20 asuntoa.

On ilmeistä, että mille tahansa populaatiolle voidaan laskea minimikustannus, ja koska lasin – ja osin metallinkin – osalta kysymys pitkälti onkin kustannusten arvioimisesta, päädytään helposti johtopäätökseen, että mitä vähemmän kohteita, sitä pienemmät kustannukset. Mielestämme kuitenkin jätteen, ja erityisesti kierrätysjätteen, osalta kysymys

on laajempi ja yhteiskunnallinen. Tämän vuoksi tulisi tarkastelun lähtökohdaksi ensin kysyä, kuinka paljon lasia (ja metallia) halutaan kerätä. Koealueella kerättiin yhteensä noin 3,6 kg lasia henkeä kohden vuodessa, kun sekä yleisökeräys että kiinteistökohtainen keräys huomioidaan (taulukko 11). Ihanteellinen keräysmäärä lienee sellainen, joka voidaan hyödyntää ja jonka keräyskustannukset säilyvät kohtuullisina. Kuten tutkimuksessa esitetään, yhden keräysauton tehokas hyödyntäminen edellyttää melko suuren populaation. Laskelmiemme mukaisesti esitetty malli on tehokas, kun yhden työpäivän alueen asukasmäärä on noin 20 000–25 000. Näitä alueita siis tarvittaisiin noin 20 yhtä autoa kohden. Vastaavasti koko pääkaupunkiseudulta voitaisiin kerätä noin 3 600 tn lasia.

Minimikeräystavoite

Eräs tapa arvioida optimaalisen asunto-osakeyhtiön kokoa on asettaa minimikeräystavoite. Tämä voisi olla kolme tyhjennystä vuodessa. Tällöin kaikki sellaiset asunto-osakeyhtiöt, joiden rusentamattoman lasin vuotuinen tuotto on alle 720 litraa (=240 l x 3), poistettaisiin. Käytännössä tämä tarkoittaisi luokkien 5, 6 ja 7 (ks. taulukko 2, s. 26) poistamista asukaskohtaisesta keräyksestä. Kerättävien asunto-osakeyhtiöiden määrä laskisi hyvin olennaisesti 634:stä 227:ään, mutta kerättävien kohteiden määrä laskisi huomattavasti vähemmän, valikoivalla keräyksellä niitä olisi 116 kuukaudessa, kun alun perin vastaava luku oli 176 kohdetta. Koska kuljettajan mukainen päiväkohtainen tyhjennysmäärä on noin 80 pistettä, tarvittaisiin tutkimusalueella noin 1,5 tyhjennysajoa kuukaudessa hoitamaan tyhjennykset kahden sijasta. Toimenpide mahdollistaisi suuremman alueen hoitamisen (hieman alle 70 000 asukkaan populaatio), mutta vastaavasti päiväkohtaiset ajokilometrit kasvaisivat jonkin verran.

Kuka maksaa keräyksen?

Sopivan kokoista asunto-osakeyhtiötä harkittaessa tulee kustannusten ja yhteiskunnallisen hyödyn lisäksi arvioida keräyksen tuottoja. Esitämme taulukossa 6, että välittömät vuotuiset keräyskustannukset ovat mallin 3 mukaisesti 0,63 euroa asuntoa kohden, kun kaikki astiat tyhjennetään valikoivasti ja että yhden tyhjennyksen välittömät keräyskustannukset ovat noin 7 euroa. Tämä summa olisi pienimpien taloyhtiöiden vuotuisen keräyskustannuksen suuruus²⁰ Jos voidaan olettaa, että taloyhtiöt ovat valmiita maksamaan

²⁰ Koska saatu luku perustuu keskiarvoihin, jotka on laskettu koko keräysalueelta, lukuihin tulee suhtautua suuntaa antavina. Voidaan esimerkiksi olettaa, että täyden astian tyhjentäminen vie enemmän aikaa kuin lähes tyhjän. Tästä voisi seurata, että astiakohtainen keräys on halvempaa pienissä taloyhtiöissä, mutta vastaavasti henkeä kohden laskettuna kustannukset ovat kuitenkin suuremmat kuin suuremmissa taloyhtiöissä. Lisäksi keräyskustannukset ovat vain pieni murto-osa koko lasin kierrätyksen kustannuksista. Ei siis voida olettaa, että mainituilla summilla voitaisiin hoitaa koko järjestelmän kustannukset.

keräyksestä tyhjennyskohtaisesti, tarvittava summa vaikuttaa melko kohtuulliselta. Tämä tarkoittaisi sitä, että 20 asunnon minimiraja on varsin perusteltu. Itse asiassa alarajaa ei tässä tapauksessa olisi. Koska kerättävät määrät olisivat asunto-osakeyhtiökohtaisesti hyvin pienet – noin 10 litraa/asukas, tyhjennys tarvitsisi muista syistä todennäköisesti tehdä useammin kuin kerran vuodessa. Kuten olemme esittäneet, tällaisessa tapauksessa taloyhtiö voisi itse määrittää keräystiheydensä ja maksaa sen mukaisesti.

Jos velotusperuste olisi asuntokohtainen, esittämämme keskimääräiset keräyksen kustannukset (0,63 euroa/asunto) eivät kattaisi aivan pienten asuntoyhtiöiden keräyksestä aiheutuvia kustannuksia. Näin ollen tyhjennyskohtainen hinnoittelu vaikuttaa sekä oikeudenmukaiselta että taloudellisesti oikealta menetelmältä.

Jos keräyksen kustannukset tulevat yhteiskunnalle maksettavaksi, on ratkaistava keräyksen tavoite. Laskelmamme osoittavat, että valikoivalla keräyksellä saadaan kustannukset melko alhaisiksi. Kuitenkin on huomattava, että valikoivan keräyksen lähtökohta on ollut se, että keräys toteutetaan vasta, kun keräysastia on riittävän täysi. Pienille taloyhtiöille riittäisi yksi keräys vuodessa, ja jopa harvemmin. Koska voidaan olettaa, että käytännössä keräys täytyy toteuttaa useammin, esimerkiksi kolme kertaa vuodessa, luonnollinen raja voisi olla tämä. Kun luokassa 5 on keskimäärin 38 asuntoa (ja 57 asukasta), voisi tämä olla siis minimiraja. Käytännössä rajan voisi asettaa 40 asunnoksi ja / tai 60 asukkaaksi.

Kun verrataan keräyskustannuksia mallin 3 mukaisella keräysmenetelmällä ja yksinkertaistetaan olettamuksia siten, että oletetaan kuljettajalle löytyvän muuta työtä ylimenevälle työpäivälle, ja oletetaan edelleen, että pienille taloyhtiöille keräys toteutetaan vain astioiden täytyessä, välittömien keräyskustannuksien ero on seuraava²¹:

Mallin 3 arvioidut välittömät keräyskustannukset ovat 16 250 euroa vuodessa. Koska kohteiden määrä vähenee 25 %, voidaan olettaa, että muiden tekijöiden pysyessä ennallaan myös keräyskierroksen kustannukset vähenevät saman verran. Tällöin vuotuiset keräyskustannukset alueella olisivat noin 12 700 euroa²². Lasin vuotuisen kertymän arvioiminen aineiston perusteella on tässä vaihtoehdossa hieman epätarkkaa, mutta jos

²¹ Laskelma on suuntaa antava, siinä esimerkiksi oletetaan, että astioiden välinen etäisyys pysyy vakiona.

²² Pelkän keräyksen kustannukset ilman muita ajoja ovat 14 063 euroa. Tästä 25 % on 3 515 euroa. Kun kokonaiskustannuksista 16 250 vähennetään 3 515, saadaan 12 734 euroa.

oletetaan, että luokkien 5, 6 ja 7 asukkaat toimittavat jatkossa lasijätteen yleisökeräyspisteisiin, voidaan olettaa, että alueen kokonaiskertymä on vain hieman alhaisempi kuin kattavammassa toimintamallissa.

Jos puolestaan pienet asunto-osakeyhtiöt jouduttaisiin tyhjentämään yhden sijasta 3 kertaa vuodessa yhteiskunnan varoin, keräyskohteiden määrä kasvaisi noin 25 % Mallin 3 keräysmääristä (176 kohdetta vs. 217). Tästä aiheutuvat lisäkustannukset olisivat myös suuruusluokkana noin 25 % keräyskustannuksista. Tällöin vuotuiset kustannukset kohoisivat hieman alle 20 000 euroon (19 765 euroksi). Lasin tuotos vastaisi tässä tapauksessa nykyisiä laskelmia, noin 131 tn:a vuodessa.

Kun tarkastellaan eri vaihtoehtojen välisiä eroja, nähdään, että poistamalla luokat 5, 6 ja 7 keräyksen välittömät kustannukset ovat vuodessa noin 12 700 euroa. Vastaavasti sisällyttämällä luokat keräykseen ja lisäämällä keräyksen minimimäärä kolmeksi vuodessa, kokonaiskustannukset ovat noin 20 000 euroa. Tämä ero on lähes 50 %. Koska käsityksemme on, että lasin tuotos ei muutoksesta kovin merkittävästi laskisi, luokkien 5, 6 ja 7 poistaminen kiinteistökohtaisesta keräyksestä on kustannusten kannalta tarkasteltuna perusteltua.

4. Kyselytutkimus

4.1 Tutkimuksen tavoite ja menetelmä

Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää asukkaiden käyttökokemuksia kiinteistökohtaisesta värittömän lasin ja pienmetallin yhteiskeräyksen kokeilusta. Tutkimuksen kohteena oli koealue, johon kuuluivat Lauttasaari, Meilahti, Munkkiniemi, Munkkivuori, Niemenmäki, Pikku-Huopalahti, Ruskeasuo ja osa Töölöä.

Erityiskysymyksiä, joihin kyselyllä haettiin vastauksia, olivat:

- Mitkä olivat keräysjärjestelmän haitat?
 - Tyhjennettiinkö astioita riittävän usein?
 - Aiheuttiko lasi- ja metallikeräys merkittäviä meluhaittoja?
 - Aiheuttiko lasi- ja metallikeräys merkittäviä hajuhaittoja?
 - Aiheuttiko kokeilu muita haittoja?
- Pidettiinkö kiinteistökohtaista keräysjärjestelmää tarpeellisena?
 - Onko lasin ja metallin kiinteistökohtaisen keräys tarpeellinen?
 - Halutaanko he jatkaa kiinteistökohtaista keräystä tämän kokeilukauden jälkeen?
 - Ovatko keräysastiat olleet asiallisia?
 - Oliko riittävä, että taloyhtiössä kerättiin vain väritöntä lasia?
- Kuinka huolellisia olivat keräilijät
 - Huuhtoivatko lasi- ja metallipakkaukset?
 - Laittoivatko astiaan vain kirkasta lasia?
 - Veivätkö värilliset lasipakkaukset aluekeräyspisteeseen?
- Miten tiedotus keräyksen järjestämisestä ja ohjeistuksesta oli toiminut?
 - Olivatko nämä ohjeet selkeät?
 - Oliko asukas saanut tiedon postin kautta,
 - Lukenut tiedotuksen rappukäytävän ilmoitustaululta,
 - Lukenut tiedotuksen jätepuolelta seinältä,
 - Kuullut keräyksen järjestämisestä yhtiökokouksessa / naapurit kertoivat,
 - Lukenut ilmoituksen tiedotusvälineistä (paikallislehti),
 - Ei tiedä asiasta mitään.

Lisäksi vastaajille annettiin mahdollisuus lisätä omia kommentteja lasi- ja pienmetallikeräyksestä.

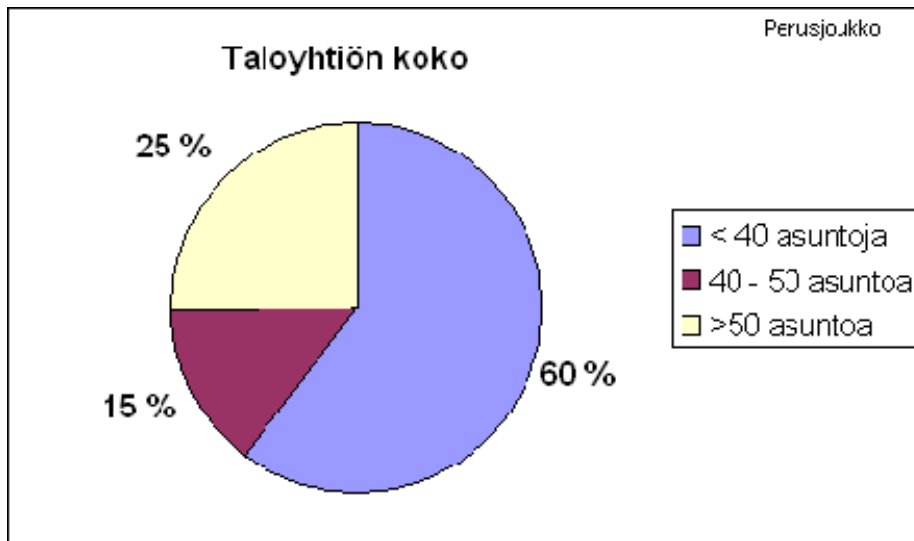
Jotta koealueen populaatio tulisi käsitelty tasapuolisesti (edustettavasti), tutkimuksen otos jaettiin koko koealueelle seuraavan menetelmän mukaan:

- Koealueelta valittiin osoitteet sellaisilta kaduilta, jossa oli enemmän kuin kolme yli 20 asunnon yhtiötä.
- Alueelta kerättiin osoitelistat, listasta pyrittiin valitsemaan aina keskimäinen osoite ja sille yhtiölle jaettiin kyselykaavakkeet jokaiseen talouteen.

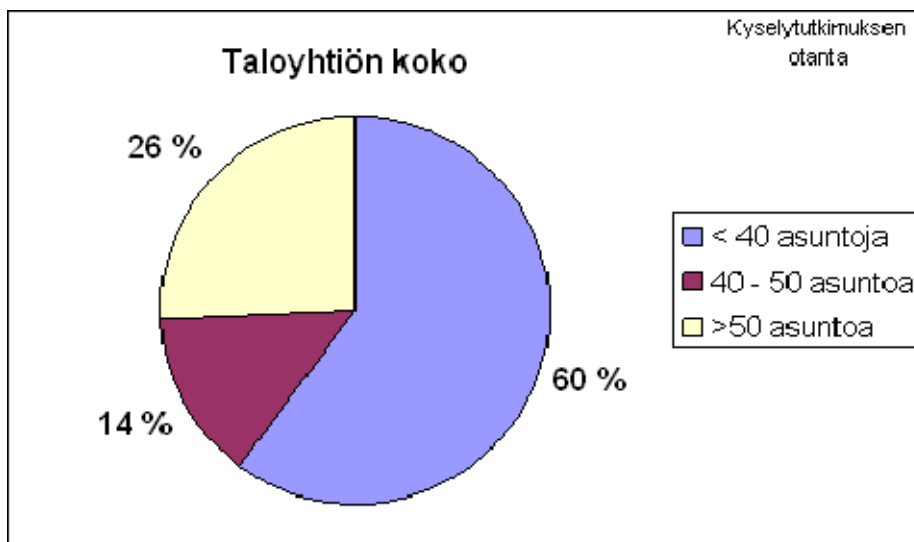
Yhteensä kiinteistökohtaiseen lasi- ja pienmetallikeräykseen osallistui 26 275 taloutta ja siinä asukkaita oli 40 448 kpl (perusjoukko). Mielenpidekyselykaavakkeita jaettiin 3 005 osoitteeseen, mikä on yli 10 % alueen kaikista talouksista (kyselytutkimuksen otanta). Keräysjärjestelmä muutettiin kesä–heinäkuussa valikoivaksi keräykseksi. Tämä saattaa aiheuttaa vastauksissa pieniä epätarkkuuksia, mikä johtuu tyhjennyksien rytmin muutoksista. Taulukossa 17 sekä kuvissa 13 ja 14 esitetään kiinteistökohtaisen lasi- ja pienmetallikeräysalueen sekä kyselytutkimukseen osallistuvan alueen vertailut kiinteistöjen ja asuntojen lukumäärän sekä kiinteistököön suhteen.

Taulukko 17. Kiinteistökohtaiseen keräykseen osallistuva koealue ja otos kyselyyn osallistuvista alueista.

Kiinteistökohtaisen keräys, postinumero-alueet	Kaikki >20 asunnon kiinteistöt kpl	Otos kiinteistöistä, joihin jaettiin kyselyt kpl	Otoksen osuus kaikista kiinteistöistä %	Otos asunnoista joihin jaettiin kyselyt kpl
200	147	18	12 %	810
210	46	5	11 %	257
250	74	11	15 %	369
260	1			
270	77	7	9 %	317
280	37	5	14 %	221
290	1			
300	60	6	10 %	185
330	91	10	11 %	475
340	5			
350	43	8	19 %	371
Yhteensä	582	70		3 005



Kuva 13. Kiinteistökohtaiseen lasi- ja pienmetallikeräykseen osallistuvien taloyhtiöitten perusjoukon kokojakauma.



Kuva 14. Kiinteistökohtaiseen lasi- ja pienmetallikeräykseen osallistuvien taloyhtiöitten kokojakauman otanta kyselytutkimukseen.

4.2 Kyselyyn vastaajien profiili

Kyselyyn vastanneiden profiilin selvittämiseksi kysyttiin vastaajilta seuraavia tietoja:

- perheen koko (1, 2, lapsiperhe)
- vastaajan ikä (<40, >40, eläkeläinen),
- vastaajan sukupuoli,
- taloyhtiön asuntojen lukumäärä (<40, 40–50 ja >50) sekä
- asuinpakkakunta (postinumero).

Hypoteesina oli, että näillä tekijöillä saattaa olla vaikutusta vastauksiin. Esim. perheen koko ja vastaajan ikä saattavat vaikuttaa jätejakeitten syntyyn (lapsiperheet, joissa käytetään lasipurkeissa olevaa vauvaruokaa, tai sitten eläkeläiset, jotka eivät käytä yhtä paljon lasipakkausruokaa tai -juomaa).

Taloyhtiön koko ja sitä kautta jätekatoksien koko ja paikka puolestaan saattavat vaikuttaa suhtautumiseen jätejakeitten keräämiseen. Kuitenkin taloyhtiön koon osalta tulokset ovat vain suuntaa antavia; vastauksissa täytyy ottaa huomioon kaksi epävarmuustekijää, joita ei tässä tutkimuksessa selvitetty: ensiksi, vastauksien perusteella ei voida päätellä, kuinka hyvin vastaajat hahmottivat taloyhtiön kokoa, ja toiseksi, vastauksien perusteella ei voi päätellä, onko taloyhtiön koolla ja väestöprofiililla keskinäistä riippuvuussuhdetta. Jotta edellä mainitut parametrit voitaisiin selvittää, tarvitaan asukasrakenteesta lisätutkimusta.

Kiinteistökohtaisen lasi- ja pienmetallikerjäyksen onnistumiseen vaikuttavat ratkaisevasti asukkaiden suhtautuminen keräykseen sekä keräysperiaatteiden ymmärtämiseen. Tätä varten yhtenä kyselytutkimuksen kohteena oli arvioida tiedotuksen toteuttaminen sekä ohjeistuksen selkeys.

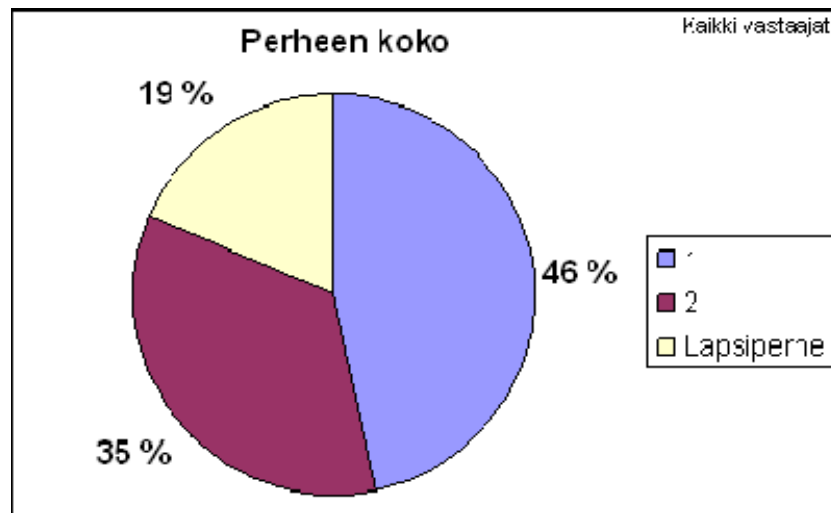
Alueen kiinteistökohtaisen lasi- ja pienmetallikeräyksen järjestämisen tiedottamisesta ja neuvontamateriaalien laatimisesta vastasi YTV. Neuvontamateriaalin osalta koealue jaettiin kahtia, josta toiselle alueelle jaettiin tehostettua neuvontaa suoraan talouksiin (neuvonta postiluukun kautta) ja toiselle alueelle informaatio keräyksen järjestämisestä lähetettiin isännöitsijälle. Tarkoituksena oli, että isännöitsijä laittaa tiedotteen taloyhtiöiden ilmoitustauluille. Tehostettua neuvontaa jaettiin kolmella postinumeroalueella, jotka olivat 00200 (Lauttasaari), 00210 (Lauttasaari) sekä 00350 (Munkkivuori-Niemenmäki). Asunpaikkakuntainformaatiota kysyttiin asukkaiden tiedottamistavan selvitystä varten.

4.3 Koealueen mielipidekyselyn vastaukset

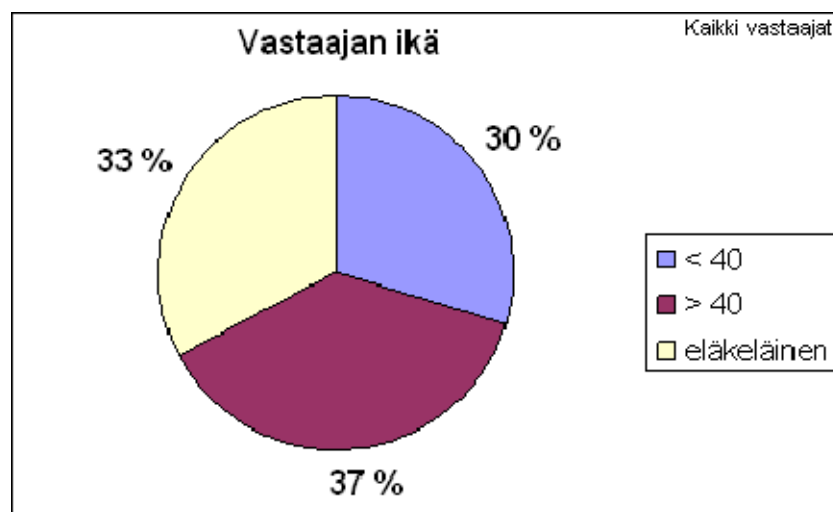
4.3.1 Vastaajat

Mielipidekyselyjä jaettiin koealueelle 3 005 kpl, ja vastauksia tuli 459 kpl (15 % otannasta). Osa otokseen valituista jäi tavoittamatta, ja suurin osa otokseen valituista ei vastannut kyselyyn. Vastauskadon seurauksena otoksen perusteella tehdyt perusjoukkoa koskevat päätelmät saattavat olla harhaanjohtavia, jos vastaamatta jääneet ovat tutkittavissa asioissa eri mieltä kuin vastanneet, mutta näin ei ole oletettavissa tässä tutkimuksessa. Otoskato oli pyritty ottamaan huomioon otantamäärää suunniteltaessa, joten toteutuneeseen otokseen ja vastausmääriin voidaan olla tyytyväisiä.

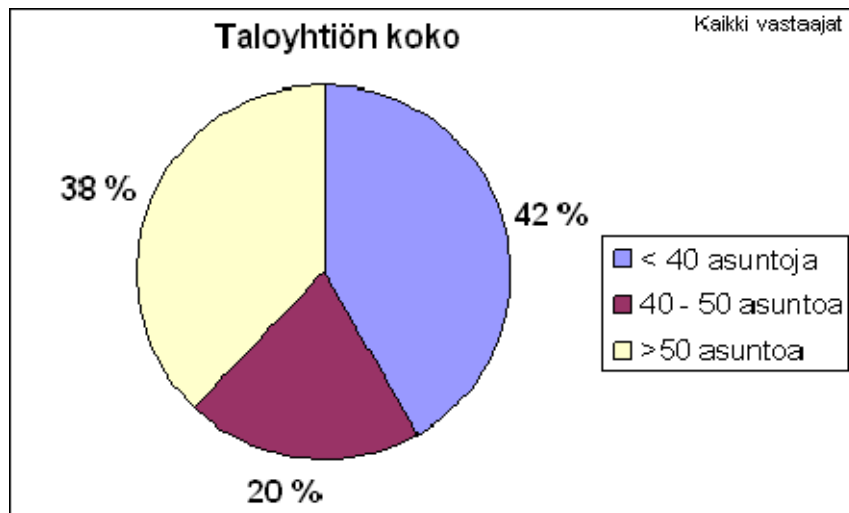
Kuvissa 15, 16 ja 17 esitetään kyselyyn vastanneiden profiili (perheen koko, ikärakenne sekä taloyhtiön kokojakauma).



Kuva 15. Kyselyyn vastaajien perheen koko.



Kuva 16. Kyselyyn vastaajien ikä.



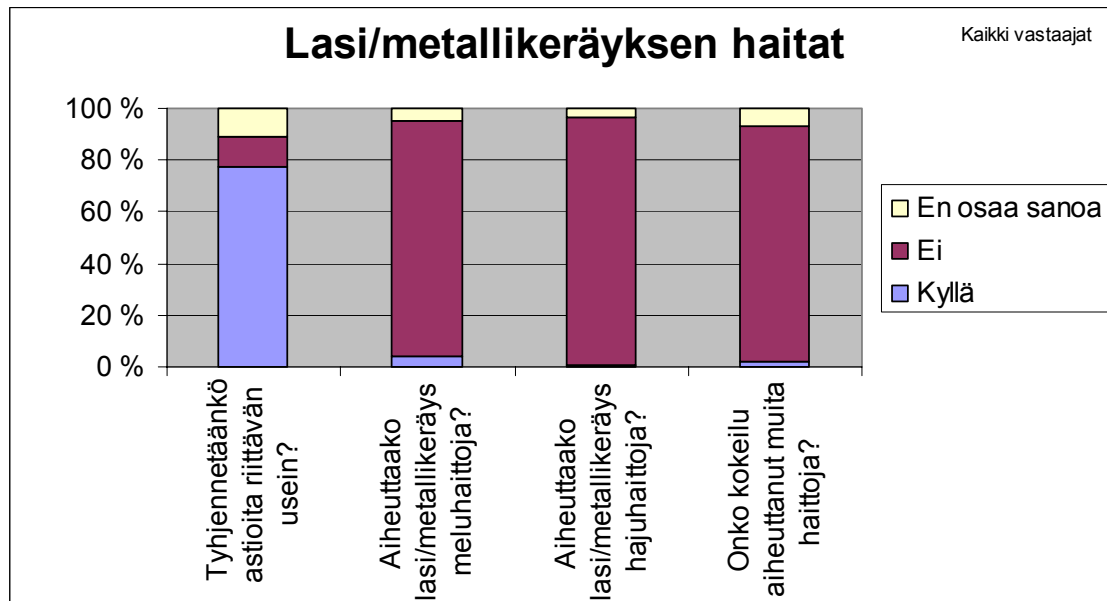
Kuva 17. Kyselyyn vastanneiden taloyhtiön kokojakauma.

Yhteenveto:

- Ikäluokkien mukaan vastaajat jakaantuivat kaikkiin kolmeen ikäluokkaan tasaisesti (kutakin noin 1/3 osaa), joten tuloksia ei ole tarvetta tarkistaa. Ikäryhmäjäottelun mukaan kaikki ikäryhmät ovat vastauksissa tasapuolisesti edustettuna (kuva 16).
- Lapsiperheiden osuus vastaajista oli vain 19 %. Tämä on yli puolet vähemmän vastauksia kuin esim. yhden henkilön talouksien vastauksia. Lapsiperheiden vastaukset mielipidekyselyyn on syytä tarkistaa erikseen.
- Taloyhtiön koon mukaan koko alueen rakennuskannassa oli noin 60 % alle 40 asunnon yhtiöitä: Vastauksia tuli kuitenkin alle 40 asunnon yhtiöistä vain 40 %. Tässä täytyy ottaa huomioon kuitenkin edellä mainitut epävarmuustekijät vastaajien käsityksestä taloyhtiön koosta sekä taloyhtiön koon ja asukasprofiilin riippuvuudesta.

4.3.2 Melu ja hajuhaitat

Yhtenä kysymyksenä oli selvittää kiinteistökohtaisen keräyksen aiheuttamia mahdollisia melu-, haju- ja muita haittoja asukkaille. Tulos esitetään kuvassa 18.



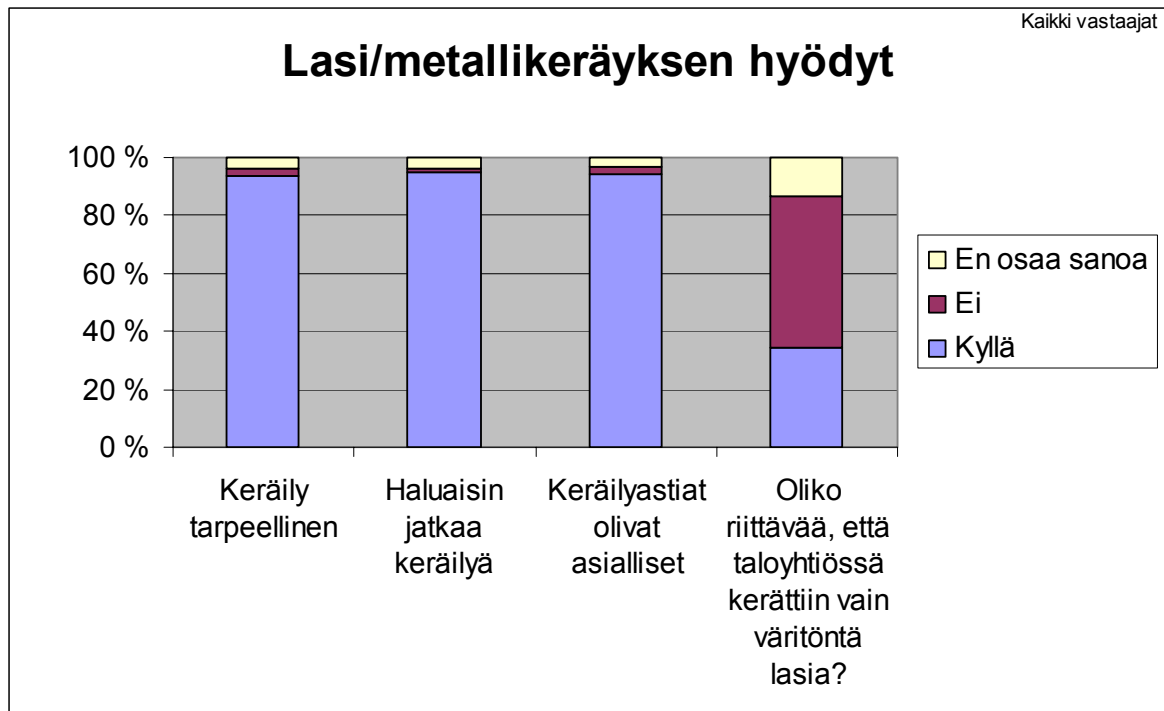
Kuva 18. Kiinteistökohtaisen lasi- ja pienmetallikeräyksen haitat.

Yhteenveto:

- Suurin osa vastaajista (78 %) oli sitä mieltä, että kiinteistökohtaisessa lasi- ja pienmetallikeräyksessä astioiden tyhjennys kerran kuukaudessa oli riittävä.
- Vastaajista 11 % oli sitä mieltä että astioita ei tyhjennetty riittävän usein. Heistä 45 % asui isoissa taloyhtiöissä (>50 asunnon yhtiöt). Näin olleen tulisi perusteellisesti tutkia syyt astioiden täyttymiseen. On mahdollista, että tyhjennys kerran kuukaudessa isoissa yhtiöissä ei riitä, kun astioita on 1 kpl/yhtiö ja astian koko on vain 240 l; toisaalta myös tyhjennyksien rytmin muutos saattoi vaikuttaa vastauksiin.
- Suurin osa vastaajista (>90 %) ei todennut kiinteistökohtaisessa lasi- ja pienmetallikeräyksessä melu- eikä hajuhaittoja. Meluhaittoista valitti 4 % ja hajuhaittoista vain 0,6 % vastaajista.
- 2 % vastaajista ilmoitti, että kiinteistökohtainen keräys aiheuttaa muita haittoja kuin melua ja hajua.

4.3.3 Kiinteistökohtaisen keräysjärjestelmän tarpeellisuus

Lasi- ja pienmetallikeräyksen jatkamiseen vaikuttaa olennaisesti alueen asukkaiden mielipide keräyksen tarpeellisuudesta. Kuvassa 19 esitetään kyselyn tulos.



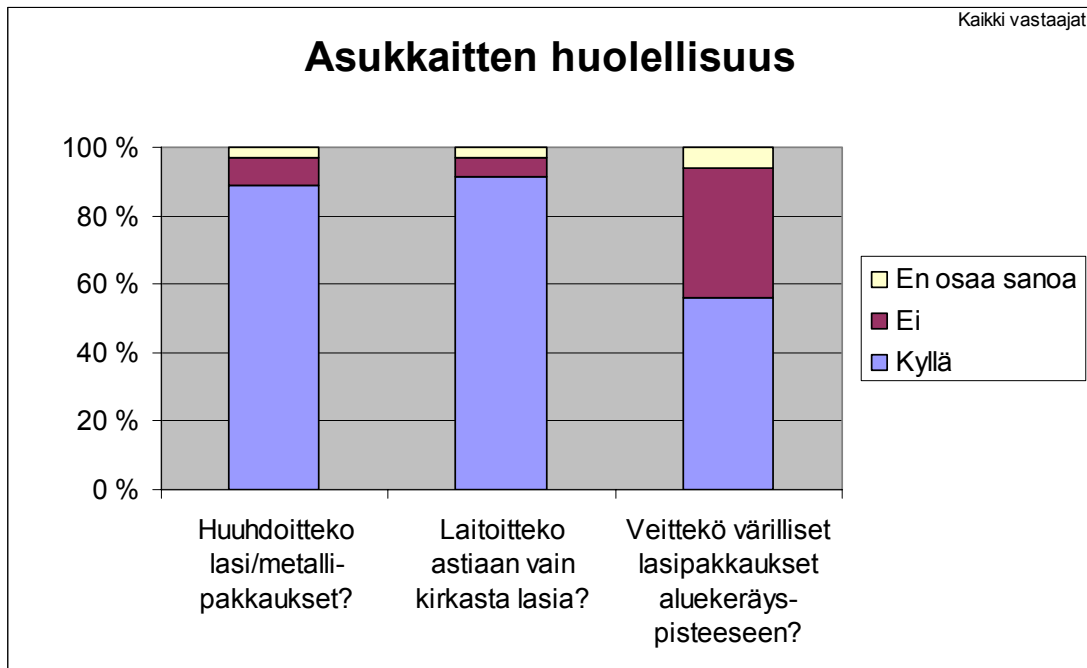
Kuva 19. Kiinteistökohtaisen lasi- ja pienmetallikeräysjärjestelmän tarpeellisuus.

Yhteenveto:

- Suurin osa vastaajista totesi, että kiinteistökohtainen lasi- ja pienmetallikeräys on tarpeellinen ja he halusivat jatkaa keräystä. 2 % vastaajista ei todennut keräystä tarpeelliseksi, ja 1 % vastaajista ei halunnut sitä jatkettavan.
- 3 % vastaajista ilmoitti, että keräysastiat eivät olleet asiallisia.
- 52 % vastaajista koki, että ei riitä, kun taloyhtiöissä kerättiin vain väritöntä lasia. Toivomus oli, että myös värillisen lasin keräys järjestettäisiin kiinteistökohtaisesti.

4.3.4 Kerätyn lasin puhtaus ja värillisen lasin erottelu

Kerätyn lasin puhtautta ja kirkkaan ja värillisen lasin lajittelua selvitettiin kyselytutkimuksen lisäksi myös kenttätutkimuksena valokuvaamalla sekä kenttätutkimuksella väli-varastoinnissa. Kuvassa 20 esitetään kyselytutkimuksen tulos.



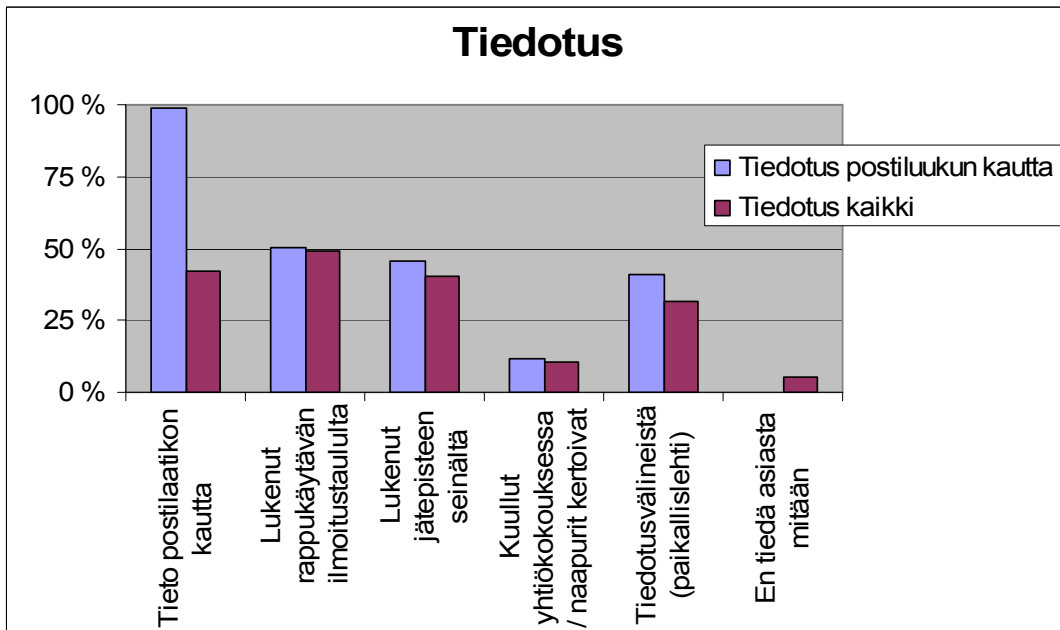
Kuva 20. Asukkaiden huolellisuus kiinteistökohtaisessa lasikeräyksessä.

Yhteenveto:

- 89 % vastaajista huuhtoi lasi- ja metallipakkaukset ennen keräystä ja 8 % vastaajista ei huuhdellut.
- 92 % vastaajista laittoi lasikeräysastiaan vain kirkasta lasia ja 5 % laittoi myös muuta lasia.
- 56 % vastaajista vei värilliset lasipakkaukset aluekeräyspisteeseen ja 38 % vastaajista ei käyttänyt aluekeräyspistettä.

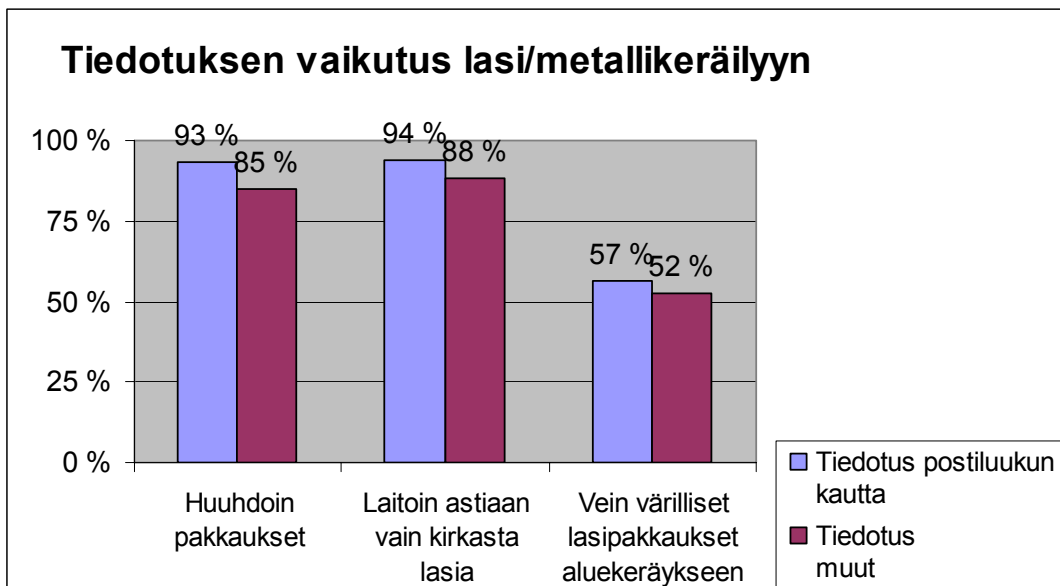
4.3.5 Tiedotus

Kuvassa 21 esitetään tulokset kyselytutkimuksesta, joka koski kiinteistökohtaisesta lasi- ja pienmetallikeräyksestä tiedottamista.

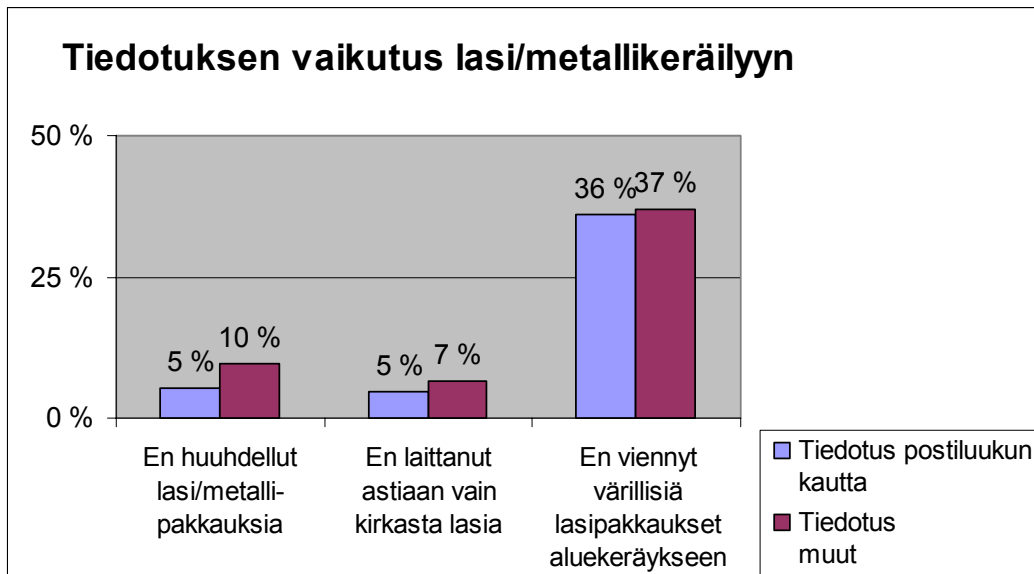


Kuva 21. Tiedotuksen vaikutus asukkaisiin.

Tiedotuksen vaikutus asukkaiden huolellisuuteen kerätä vain väritöntä lasia, huolehtia värillisen lasin kierrätyksestä sekä laittaa keräykseen puhdasta lasia esitetään kuvissa 22 ja 23.



Kuva 22. Tehostetun tiedotuksen vaikutus asukkaisiin.



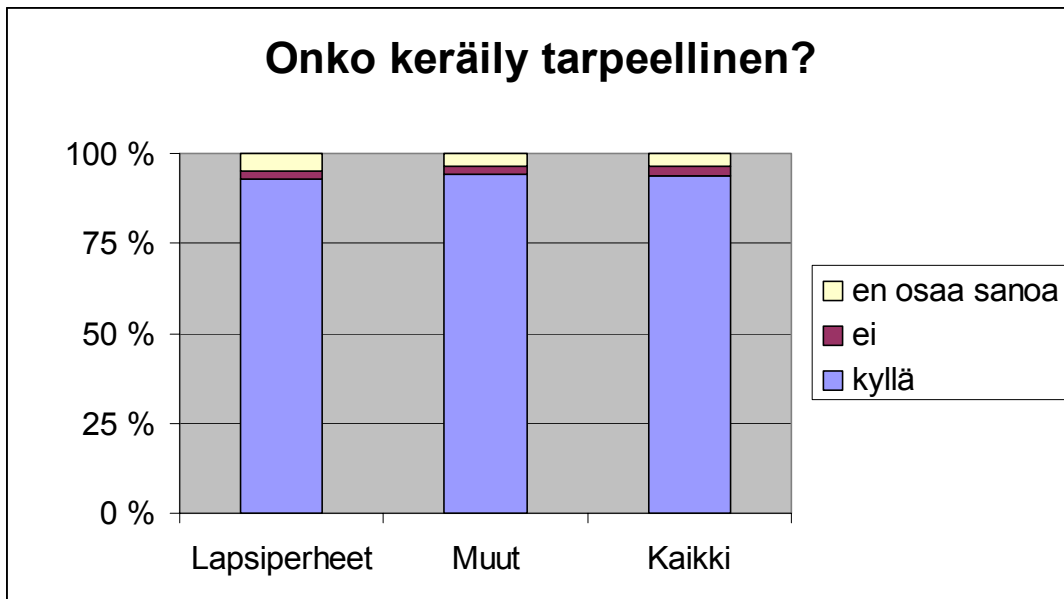
Kuva 23. Tehostetun tiedotuksen vaikutus asukkaisiin.

Yhteenveto:

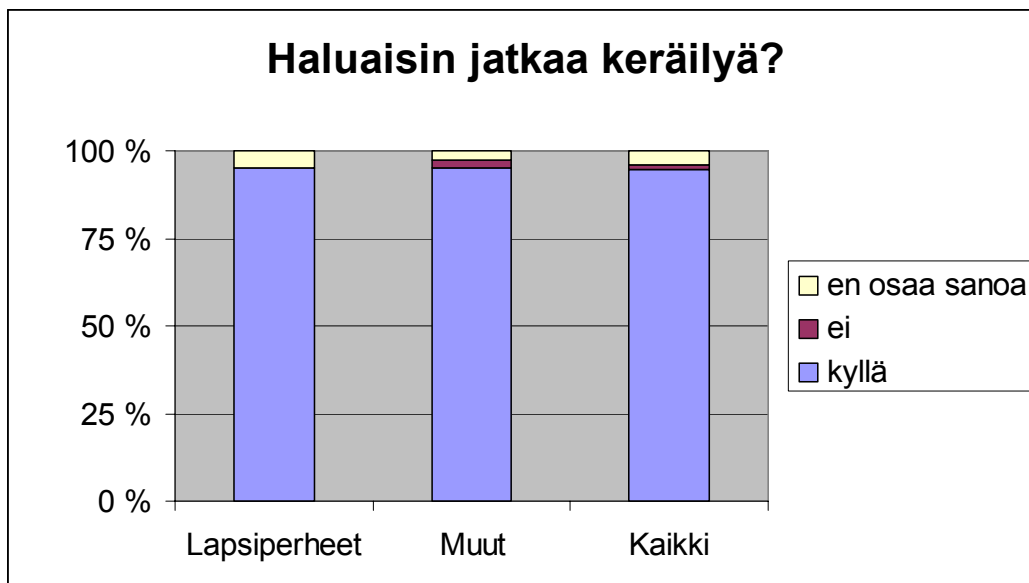
- Tulosten mukaan melkein kaikki (99 %), jotka saivat ilmoituksen postilaatikon kautta, myös muistivat sen (kuva 21).
- Tulosten mukaan tiedotus postilaatikon kautta vaikutti suotuisasti lasi- ja pienmetallikeräykseen.
- Tehostettua tiedotusta saaneet vastaajat ilmoittivat muutamaa prosenttiyksikköä enemmän, että he huuhtoivat pakkauksia, laittoivat astiaan vain kirkasta lasia ja veivät värilliset lasipakkaukset aluekeräykseen. Samoin oli tehostettua tiedotusta saaneitten joukossa vähemmän niitä, jotka eivät huuhdelleet lasi- ja metallipakkauksia, eivät laittaneet astiaan vain kirkasta lasia eivätkä vieneet värillisiä lasipakkauksia aluekeräyspisteeseen.

4.3.6 Lapsiperheet

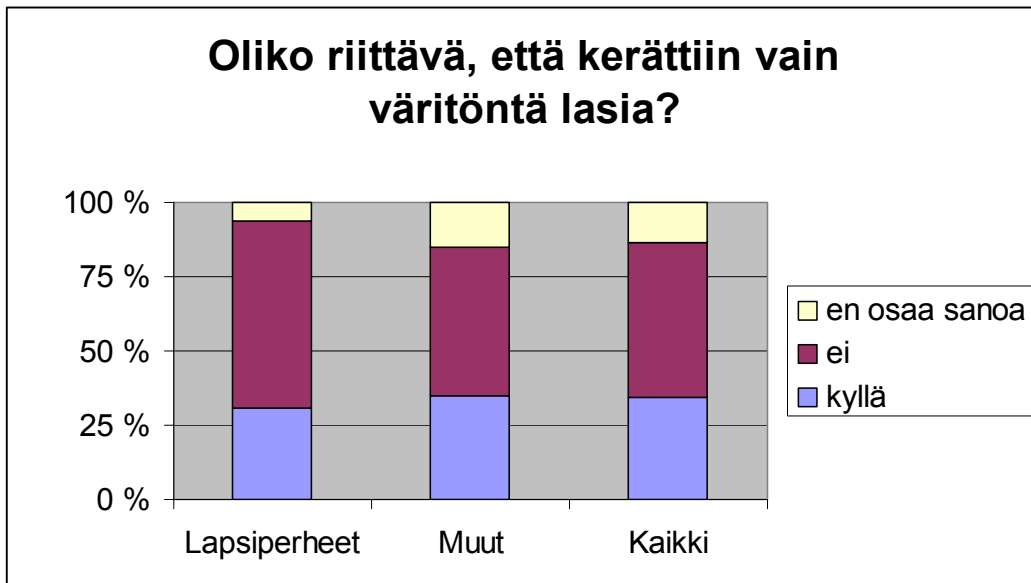
Tutkimuksen tuloksia tarkistettiin lisäksi lapsiperheitten osalta, joita vastanneitten joukossa oli 19 % (kuva 15). Tulokset esitetään kuvissa 24–29.



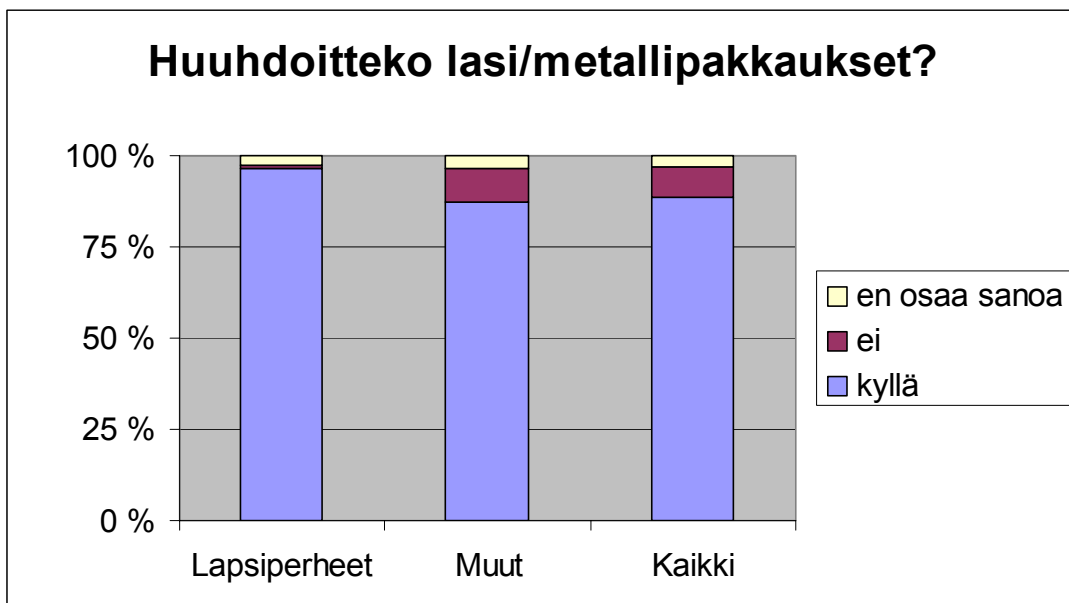
Kuva 24. Mieliidekyselyn tulos – Onko keräys tarpeellinen?



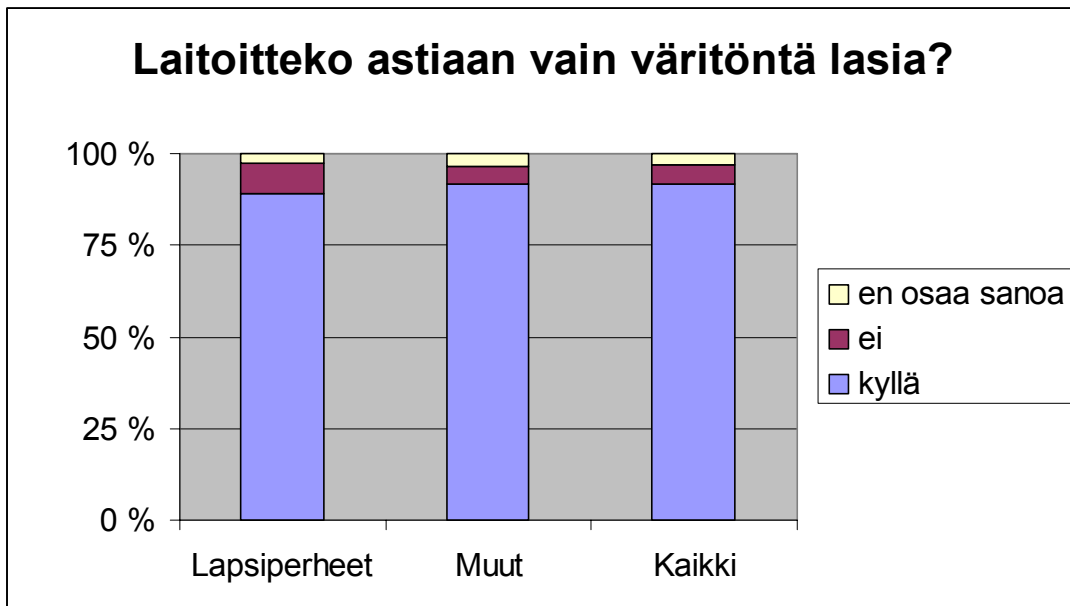
Kuva 25. Mieliidekyselyn tulos – Haluaisin jatkaa keräystä?



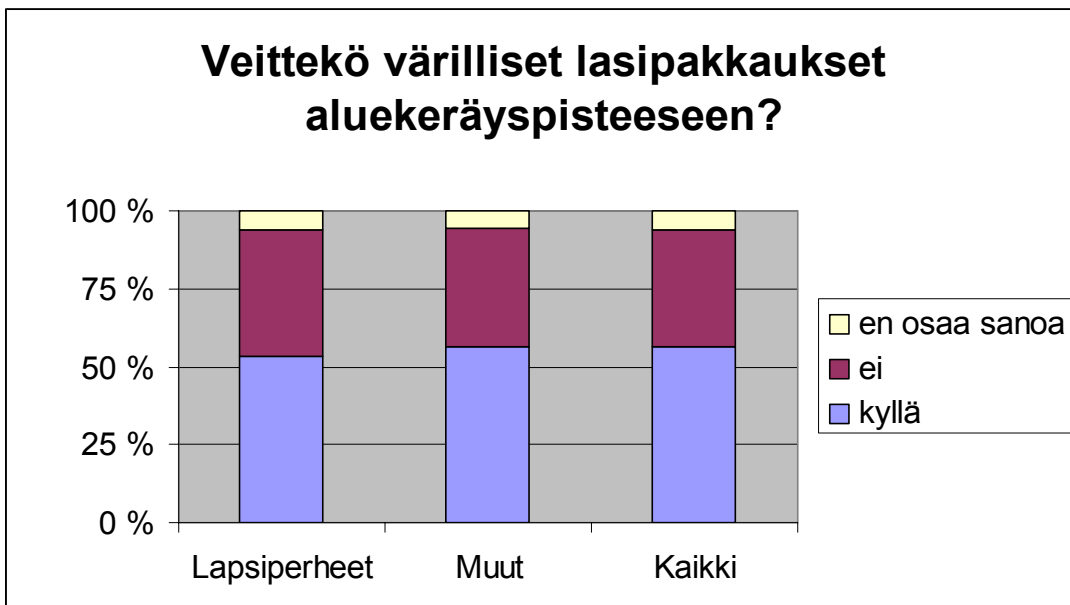
Kuva 26. Mieli­pide­kyselyn tulos – Oliko riittävä että kerättiin vain väritöntä lasia?



Kuva 27. Mieli­pide­kyselyn tulos – Huuhoitteko lasi- ja metallipakkaukset?



Kuva 28. Mieliidekyselyn tulos – Laitoitteko astiaan vain väritöntä lasia?



Kuva 29. Mieliidekyselyn tulos – Veittekö värilliset lasipakkaukset aluekeräyspisteeseen?

Yhteenveto:

- Lapsiperheiden vastaukset ovat hyvin yhteneviä muiden perheiden vastauksien kanssa. Pieniä eroja oli vastauksissa, jotka koskivat värillisen lasin keräämistä sekä pakkausten huuhtelua.

- Yli 60 % lapsiperheistä totesi riittämättömäksi, että taloyhtiössä kerättiin vain väritöntä lasia. Muista vastaajista tämä koki riittämättömäksi yli 50 %.
- Lapsiperheet olivat myös vähän huolellisempia astioitten huuhtelussa; yhteensä 96 % ilmoitti, että he huuhtelevat lasi- ja pienmetallipakkaukset ennen keräystä, muista perheistä huuhtelevansa ilmoitti 87 % vastaajista.

4.4 Vastaajien kommentit keräyksestä

Vastaajien kommentit voidaan lajitella seuraaviin osiin:

- ohjeistuksen liittyvät kommentit
- kommentit, jotka liittyvät värillisen lasin keräysproblematiikkaan
- ehdotuksiin ja toivomuksiin
- huomautuksiin
- jätteiden lajitteluun ja
- kiitoksiin keräyksen järjestämisestä.

Ohjeistus:

- Toivottiin vielä selkeämpiä ja yksityiskohtaisempia ohjeita siitä, mitä saa laittaa astiaan ja mitä ei.
- Todettiin puutteita isännöitsijän tiedottamisessa. ”Jouduin itse Internetistä etsimään ohjeistusta keräyksestä, tulostamaan ja laminoimaan ilmoituksen sekä laittamaan roskakatokseen. Isännöitsijän homma”.
- Todettiin, että tiedottaminen ei ollut mennyt perille kaikille. Keräysastioita ei käydä tyhjentämässä riittävän usein.
- Pyydettiin erikseen tiedotustilaisuutta palvelukeskuksen ja senioritalon asukkaille ja henkilökunnalle.
- Pyydettiin ohjeita myös ruotsiksi.
- Tiukkaa ohjeistusta lisää (laiskoille). Keppi tai porkkana -käytäntö.
- Neuvoja, miten järjestetään kotona usean jätteen lajittelu (viisi astiaa?).
- Toivottiin selkeitä värillisiä tarroja! Lisää infoa, usealla tavalla, selkeästi.

Värillisen lasin probleema:

- ”Oma astia myös värilliselle lasille”.
- Kerätkää värillistä vaikka maanrakennuskäyttöön.
- ”Turhauttavaa, kun joutuu värilliset viemään kauemmas”.
- Joillekin värillisen lasin keräys olisi tärkeämpi kuin väritön. Väritöntä lasia tulee vähän, voitaisiin käyttää edelleen yleisökeräysastioita.
- ”En tiedä mihin värillinen lasi pitäisi viedä”. Toisaalta yksi vastaus – ”värillisen lasin keräyspiste oli lähellä, joten oli helppo viedä”.
- Toivottiin värillisen lasin keräysastioita lähemmäksi.

- ”Missä Talin alueen keräyspisteet?”

Ehdotukset ja toivomukset:

- Toivomus, että olisi ainoastaan yksi lasiastia, johon voisi laittaa kaikki lasit.
- ”Paristokeräys kiinteistökohtaiseksi, muovipakkauksille ja -pulloille oma keräys, biojäteastioita lisää, energiajätteelle oma astia, ongelmajätteille astia”.
- ”Elektroniikkajätteelle parempi keräysjärjestelmä.”
- ”Lumppuvaatteille oma keräysastia.”
- ”Muiden keräyslaatikoiden keskittäminen Särkinimentien varteen oudoksuttaa. Paikka syrjäinen autottomien ihmisten liikkumista ajatellen”.
- ”Miksi keräyspisteiden paikkoja vaihdettiin, uusi paikka liian syrjässä”.
- Kartongille keräysastia jokaiseen taloyhtiöön, käyttöaste suuri.
- Toivottiin enemmän tietoa siitä, mitä kerätyille jätelajeille tehdään.
- ”Maito- ja mehutölkit erilleen sekajätteestä”.
- ”Miksi Lauttasaarella on yksi lasiastioiden ja pattereiden keräyspiste, mutta Vattunimessä on kaksi?”
- ”Korttelikohtainen keräyspiste riittää.”
- ”Toivomme, että lasi- ja metalliastiat jäävät omaan lajittelupisteeseen.”

Huomautukset:

- Muita kuin lasinkeräysastioita ei tyhjennetty riittävästi.
- Keräysastiat liian isot taloyhtiölle, jossa ainoastaan 20 asuntoa ja liian pienet suurille taloyhtiöille.
- ”Viisi parkkipaikkaa meni noin vain.”
- Toivotaan enemmän jätteen erittelyä.
- ”Kotona ei ole tilaa jätteen erittelylle.”
- ”Lähellä ei ole värilliselle lasille keräysastioita. Mitä tehdään?”
- ”Mitä lähempänä astiat, sitä paremmin kierrätetään”.
- ”Astioihin laitetaan myös kaikkea ”kiellettyä”! Esimerkiksi muovipusseja, joilla tuotu lasiastioita, muovioita.”
- ”Maalipurkkeja on ilmaantunut astioihin.”
- ”Ulkomaalaiset tai maahanmuuttajat eivät ymmärrä suomea, pitäisikö ohjeistaa myös englanniksi?”
- ”Keräysastiat eivät oikein mahdu, liian monta astiaa.”
- ”Koko roska-alue ala-arvoinen, epäsiisti.”
- Vastaaja todennut, että sekajätteen määrä vähentynyt.
- ”Ostoskeskuksessa on jo kaikki tarpeellinen keräys, kiinteistöllä jo nytkin astioita liikaa. Yleisökeräyspiste lähellä, ei tarvita kiinteistökohtaista keräystä.”
- ”Voisiko naapuritalon tyhjennykset hoitaa samalla kertaa? Kaksi kuukautta ei ole tyhjennetty, astiat ovat täynnä.”

- ”Jos ei huuhtelee, tölkit ja lasipurkit haisevat kuvottavalle. Pitäisi painottaa huuhtelun tarpeellisuutta.” Toisaalta ”lasi- ja metallijätteen pesemiseen kuuluu paljon kuumaa vettä.”
- ”Onko keräys kannattava, kuluuko turhaan dieseliä.”
- ”Kun kiinteistössä on lasi- ja metallikeräykselle astiat, tämä madaltaa kynnystä lajitella.”

Jätteen lajittelu:

- ”Jotkut eivät osaa lajitella, vaan heittävät kaikki sekaisin!”
- ”Keräys kyllästyttää, liian paljon lajiteltavaa.”
- ”Menevätkö lajitellut roskat todellakin kierrätykseen?”
- ”Epäily, että nuoret heittävät kaikki sekajätteeseen.”
- ”Jotkut laittavat kannelliset lasipurkit lasiastiaan, pitäisi ohjeistaa, minne kannet kuuluvat.”
- Pelko, että lasit ja biojätteet päätyvät kuitenkin samaan paikkaan kuin sekajäte!
- ”Lajittelu vähentää tavallisten roskien määrää.”
- ”Jos astia tyhjä, lasin putoamisen yhteydessä iso kolahdus, ei ole miellyttävä”.
- ”Nyt kun on astia, pieni kynnyksen metallikeräykselle.”

Kiitokset:

- ”Ympäristöystävällinen käyttökokemus”.
- ”Jatkakaa keräystä, toivottavasti ”Kierrätyskokeilu as oy” jatkuu”.
- ”Hyvää palvelua, kiitos”.

4.5 Kyselytutkimuksen yhteenveto

Kaikki vastaajat olivat hyvin kiinnostuneita erilaisten hyödynnettävien jätelajien keräyksestä, ja suurin osa totesi, että kiinteistökohtainen lasi- ja pienmetallikeräys on tarpeellinen. Yli puolet vastaajista totesi, että kirkkaan lasin lisäksi taloyhtiöissä pitäisi kerätä myös värillistä lasia.

Yli 90 % vastaajista ei todennut kiinteistökohtaisen lasi- ja pienmetallikeräyksen aiheuttavaan mitään haittoja. Meluhaittoista valitti vain 4 % vastaajista. Melkein kaikki vastaajista ilmoittivat, että he ovat huuhtoneet lasi- ja metallipakkauksen käytön jälkeen, joten tämä vaikutti siihen, että pakkauksien keräyksessä ei todettu mitään erityisiä hajuhaittoja.

Pientä haittaa aiheutti se, että kiinteistökohtaisesti kerättiin vain kirkasta lasia. Vastaajista 5 % ei vaivautunut erottelemaan värillisiä lasipakkauksia, ja he laittoivat ne samaan keräysastiaan kirkkaan lasin kanssa. Toisaalta se, että värillisen lasin määrä on koko kirkkaan keräyslasin suhteen alhainen, ei aiheuta nykyisille hyödyntäjille jatkokäyttö-

ongelmia. Mutta, jos värillisen lasin määrät ovat kirkkaan lasin keräyksessä suuria, ennen lasisirun hyödyntämistä tarvitaan lasin lisäpuhdistuksia, mikä lisää sirun hintaa sekä myös ympäristövaikutuksia. Kuitenkin yli puolet vastaajista ilmoitti, että he veivät värillisen lasin asianmukaiseen keräykseen. Vastauksien perusteella voidaan olettaa, että osa pakkauslasia päätyi kuitenkin sekajätteiden joukkoon lajitteluun haluttomuuden takia.

Vastaajien kommentit liittyivät ohjeistukseen, värillisen lasikeräyksen problematiikkaan ja lajitteluun, ehdotuksiin, toivomuksiin ja huomautuksiin. Lajitteluun ohjeistukseen toivottiin lisää informaatiota. Kyselyn perusteella osa vastaajista oli kuitenkin vähän skeptisiä jätelajien hyödyntämisestä, ja he toivoivat informaatiota myös todellisesta hyötykäytöstä. Toivomuksena oli erilaisten hyötykäytettävien jätelajien keräyksen muuttaminen kiinteistökohtaiseksi, toisaalta osa vastaajista ei ollut keräyksestä kiinnostunut (”keräys kyllästyttää, jo nytkin liian paljon lajiteltavaa”).

Loppupäätelmänä voidaan todeta, että vastaajien mielestä kiinteistökohtainen lasipakkausten- ja pienmetallikeräys oli heille positiivinen kokemus ja keräyksen haluttiin jatkuvaan myös tämän kokeen jälkeen.

5. Ympäristövaikutukset

Ympäristövaikutuksien tarkastelu koskee lasikeräysjärjestelmän selvitystä (kiinteistö- ja yleisökohtainen lasikeräys) ja lasipakkausten hyödyntämistä lasivillateollisuudessa sekä pakkauslasia valmistavassa teollisuudessa. Lopputuloksena tarkastellaan kolmea keräysskenaariota:

- lasipakkausten nykyinen keräysjärjestelmä sekä hyödyntäminen
- lasipakkausten tehostettu keräysjärjestelmä (kiinteistökohtainen keräysjärjestelmä täydennetty yleisökeräysjärjestelmällä) sekä tehostettu hyödyntäminen lasivillateollisuudessa, lasipakkausten valmistuksessa. Mahdollinen hyödyntäminen betonteollisuudessa on käsitelty teoreettisena tarkasteluna, sekä
- kolmas vaihtoehtoinen skenaario, jossa lasipakkauksien nykyinen keräys lopetetaan kokonaan.

5.1 Keräyksen ympäristövaikutukset

Lasinkeräyksen ympäristövaikutukset riippuvat suuresti siitä, mitä keräysmallia käytetään sekä mikä on vastaava logistinen järjestelmä. Motiva Oy:n mukaan logistiikka on määritetty seuraavasti: ”Logistiikka tarkoittaa materiaalivirran hallintaa raaka-ainelähteeltä lopulliselle kuluttajalle siten, että tarjotaan riittävän hyvä palvelutaso kohtuullisin kustannuksin”. Tätä määrittelyä voidaan laajentaa myös kohtuullisten ympäristövaikutusten osalta.

5.1.1 Keräysmallit

VTT:n aikaisemmissa teoreettisissa tutkimuksissa lasin keräystä tarkasteltiin kolmen mallin avulla: kauppamallin, kiinteistökohtaisen mallin sekä yleisökeräysmallin. Kauppamallissa kuluttajat toivat kerättävän lasin kauppojen yhteydessä toimiviin keräyspisteisiin, kuluttajamallissa keräyspisteet ovat asukkaiden nykyisten jätepisteiden yhteydessä. Yleisökeräysmallissa lähtökohtana oli vallitseva käytäntö, jossa keräyspisteet sijaitsivat erikseen valituilla paikoilla. Tutkimuksessa pyrittiin löytämään sellainen ratkaisu, jossa eri mallien hyvät puolet saavutetaan siten, että heikkoudet minimoituisivat. Lisäksi ratkaisun tulisi olla sellainen, että se hyväksyttäisiin yleisesti.


Tutkimuksen perusteella suositeltavin vaihtoehto oli muokattu kiinteistökohtainen malli, jossa keräyksen piirissä olisivat ainoastaan kerrostalot ja järjestelmää täydennetään sopivien kauppakeskusten yhteyteen sijoitettavilla yleisökeräyspisteillä.

Keräysteholtaan parhaaksi arvioidussa kiinteistömallissa oli vaarana keräyskustannusten kohoaminen ylisuuriksi, mikä puolestaan vaikeuttaa hyötykäyttöä. Kauppamallin puutteena puolestaan olivat tilakysymysten lisäksi mm. kaupan taloudelliset ja imagolliset kysymykset. Yleisökeräysmallin epäkohtana pidettiin suhteellisen heikkoa keräystehokkuutta, lajitteluongelmaa sekä eräitä sivuvaikutuksia, kuten roskaantumista. Tässä lasipakkausten keräyksen ympäristökuormia tarkastellaan kuljetussuorituksina nykyisen yleisökeräysjärjestelmän avulla sekä tehostetun keräysjärjestelmän avulla, jossa kiinteistökohtaista lasinkeräysjärjestelmää täydentää jo käytössä oleva yleisökeräysjärjestelmä. Lisäksi käsitellään myös parannettua kiinteistökohtaista keräysmallia jossa keräyssuoritteet hoidetaan valikoiden keräysmäärien perusteella. (Katso kohta 3.1.8 Valikoiva keräys, s. 26.)

5.1.2 Kuljetuskalusto

Tutkimuksen koalueen lasipakkausten keräyskuljetusta hoiti Lassila & Tikanoja Oyj. Kiinteistökohtaisessa lasipakkausten keräyksessä käytettiin kaksikammioautoa ja yleisökeräysjärjestelmässä nosturityhjennysautoa. Autovalintaan vaikuttivat lasikeräysastioiden koko sekä kiinteistökohtaisessa keräysjärjestelmässä päätös siitä, että lasipakkaukset sekä pienmetalli halutaan kerätä yhteiskeräyksenä. Taulukoissa 18 ja 19 esitetään L & T:n ilmoittamia kuljetuskaluston massa- ja kantavuustietoja.

Taulukko 18. Lasipakkausten- ja pienmetallikeräyksen kuljetuskalusto kiinteistökohtaisessa keräysjärjestelmässä.

Kiinteistökohtainen keräys		
Auton oma massa (kg)	n. 11 000	
Auton kokonaismassa (kg)	26 000	
Auton kantavuus (kg)	n. 15 000	
Auton päästöluokka	Euro 3	
Polttoaineen kulutus (kiinteistökohtaisesta keräysjärjestelmästä): <ul style="list-style-type: none"> ▪ min. (l/100 km) ▪ keskiarvo (l/100 km) ▪ max (l/100 km) 	54 75 100	Pakkaava lasi- ja metallijätekeräysauto, käytettiin kiinteistökohtaisessa keräysjärjestelmässä. Autossa on kaksi kammiota, tässä tutkimuksessa käytettiin isompaa kammiota lasikeräykselle, sen koko oli noin 12 m ³ , ja pienempää kammiota metallijätteen keräykseen ja sen koko oli noin 7 m ³ . Lasipuolelle mahtui noin 2,7–4,3 tonnia ja metallikeräyspuolelle mahtui noin 2–3,7 tonnia (L & T arvio).

Taulukko 19. Lasipakkausten keräyksen kuljetuskalusto yleisökeräysjärjestelmässä.

Yleisökeräysjärjestelmä		
Auton oma massa (kg)	16 750	
Auton kokonaismassa (kg)	26 000	
Auton kantavuus (kg)	9250	
Auton päästöluokka	Euro 3	
Polttoaineen kulutus (L & T):		Lasipakkausten keräysauto, käytettiin yleisökeräysjärjestelmässä.
▪ min. (l/100 km)	41	
▪ keskiarvo (l/100 km)	54	
▪ max (l/100 km)	98	

5.1.3 Kuljetuskaluston päästöt

Kuljetuskaluston ajopäästöjen tiedot laskettiin LIPASTO:n päästötietokannan mukaan. Ajosuorituksen lisäksi laskennassa otettiin huomioon myös polttoaineiden hankinnasta johtuva ympäristöprofiili (tiedot perustuvat Fortum Oil & Gas Ekotasetiedotteen 1.3.2002).

LIPASTO-tietokannassa kuljetuskaluston ajopäästöt on ilmoitettu katuajolle sekä maantiejolle kulutettua polttoainelitraa kohden. Auton ajopäästökerroin lasketaan seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{Lopullinen päästökerroin [g/l]} = \text{maantiejon osuus [\%]} \times \text{maantiepäästökerroin [g/l]} + \text{katuajon osuus [\%]} \times \text{katupäästökerroin [g/l]}$$

Lasipakkausten keräysjärjestelmän ympäristövaikutusten laskennassa käytettiin vain katuajopäästöjä (100 %). Näin päätettiin tehdä siksi, että tulos edustaisi keräystä pääkaupungin alueella, jossa maantiejon osuus on minimaalista.

Autoluokat on kuljetusalan ympäristörekisterin (EMISTRAN) mukaan luokiteltu kolmeen kokoluokkaan (taulukko 20).

Taulukko 20. Autojen kokoluokat EMISTRAn mukaan.

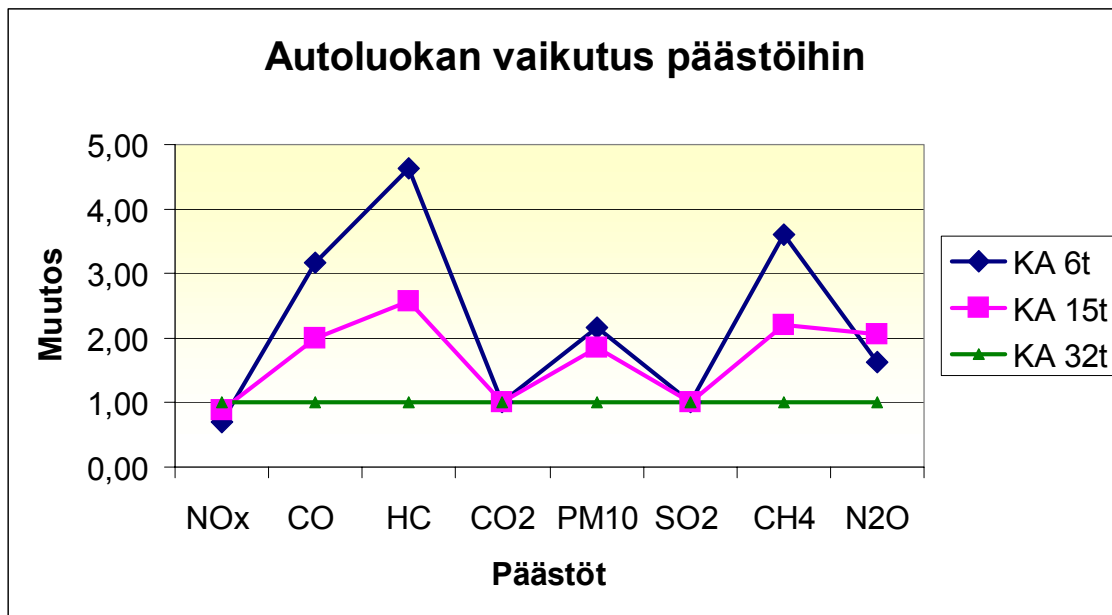
Autoluokka	Kokonaismassa
KA 6 t	3,5–10,0 t
KA 15 t	10,1–18,0 t
KA 32 t	18,1–40 t

Kiinteistökohtaisessa keräyksessä ja yleisökeräyksessä käytettyjen autojen kokonaismassa oli 26 000 t (taulukot 18 ja 19), joten laskennassa edustavaksi keräysautoluokaksi valittiin EMISTRA-luokan mukaan KA 32 t.

Kuvassa 30 esitetään autolukkien KA 6 t ja KA 15 t vaikutus KA 32 t -auton litrapäästöihin. Taulukossa 21 esitetään kuljetuskaluston päästöt kulutettua polttoainelitraa kohden autoluokan KA 32 t mukaan. Siinä on yhdistetty LIPASTO-tietokannan ajosuorituspäästöt sekä polttoaineen hankinnasta johtuvat päästöt (Fortum Oil & Gas Ekotase-tiedote 1.3.2002).

Taulukko 21. Kuljetuskaluston päästöt (sisältävät myös polttoaineen hankinnasta johtuvat päästöt).

	Polttoaineen hankinta	Ajo	Ajo+ hankinta, KA 32t
Uusiutumaton energia (tehollinen polttoarvo) (MJ/l)			36
Uusiutumattomat raaka-aineet (g/l)	305	1 000	1 305
CO (g/l)	0,080	2,2	2,3
HC (g/l)	0,16	1,5	1,6
NO _x (g/l)	0,63	16,8	17
PM ₁₀ (g/l)	0,02	0,41	0,43
CH ₄ (g/l)	ei tiedossa	0,048	0,048
N ₂ O (g/l)	ei tiedossa	0,068	0,068
SO ₂ (g/l)	0,27	0,025	0,30
CO ₂ (g/l)	140	2 660	2 800



Kuva 30. Kuljetuskalustona käytettävien KA 6 t ja KA 15 t -autojen litrapäästöt verrattuna KA 32 t -auton päästöihin.

Jätteenkeräysauton ajosykli poikkeaa keräyksen aikana huomattavasti normaalista ajosta riippuen siitä, paljonko ajoreitillä on tasaista ajoa, kiihdytyksiä, joutokäyntejä tai massan puristusta. Myös ajosykli on yleisökeräysjärjestelmässä erilainen kuin kiinteistökohtaisessa keräyksessä. Siihen vaikuttavat tyhjennyskertojen määrän lisäksi myös siirtoajot varikolta ja varikkoon sekä ajomatkat välivarastoon.

Kiinteistökohtaisessa keräysjärjestelmässä auton keskimääräiset polttoainenkulutukset päivässä otettiin talteen joka ajon yhteydessä. LIPASTO-tietokannan mukaan jätteenkeräyksen polttoainenkulutus tyypillisellä keräysajoreitillä voi olla jopa 186 l/100 km. Kiinteistökohtaisen keräyskuljetuksen päästöt on laskettu ajolistoisiin merkityn polttoaineen kulutuksen perusteella (päivän minimikulutuksen, maksimikulutuksen ja keskiarvon mukaan). Voidaan todeta, että polttoainenkulutuksen minimitaso edustaa sellaista keräystä, jossa kerättävää on vähän, jätteen puristusta mahdollisesti ei tarvittu ja maantieajoa oli enemmän.

Yleisökeräysjärjestelmän polttoaineen minimikulutukset, keskimääräiset kulutukset sekä maksimikulutukset ovat L & T:n ilmoittamia.

Taulukossa 22 esitetään kuljetussuoritteiden ympäristöprofiilit 100 km:n ajosuoritetta kohden riippuen kulutetusta polttoainemäärästä (sisältää myös polttoaineen hankinnan).

Taulukko 22. Lasipakkausten keräysjärjestelmän ympäristöprofiilit KA 32 t -autolle 100 km:n ajosuoritteen mukaan, riippuen polttoaineen kulutuksesta.

Päästö/energia	CO	HC	NO _x	PM ₁₀	CH ₄	N ₂ O	SO ₂	CO ₂	energia
Yksikkö	g/100 km	g/100 km	g/100 km	g/100 km	g/100 km	g/100 km	g/100 km	kg/100 km	MJ/100 km
Yleisökeräysjärjestelmä									
min. kulutus, 41 l/100 km	95	67	714	18	2	3	12	115	1 472
Keskikulutus 54 l/100 km	125	88	940	23	3	4	16	151	1 939
max. kulutus, 98 l/100km	227	160	1 707	42	5	7	29	274	3 518
Kiinteistökohtainen keräysjärjestelmä									
min. kulutus, 53,7 l/100 km	124	88	935	23	2,6	3,6	16	150	1 928
Keskikulutus, 75,5 l/100km	175	123	1 314	32	3,6	5,1	22	211	2 709
max. kulutus, 100 l/100km	232	164	1 742	43	4,8	6,8	30	280	3 590

5.1.4 Lasipakkausten yleisökeräyksen ja kiinteistökohtaisen keräyksen ympäristövaikutukset

Yleisökeräysjärjestelmässä lasikeräyspisteitä tyhjennettiin kerran neljässä viikossa, kuitenkin yksittäisiä paikkoja jouduttiin täyttöasteiden takia tyhjentämään useammin. Koealueella tutkimuksen alussa oli 18 keräyspistettä, heinäkuun alusta keräyspisteitä supistettiin viiteen. Keräysalueen matkan pituus oli noin 20 km ja lisäksi siihen lisätään matka välivarastoon ("Ämmäsuolle"). Tässä laskennassa on oletettu, että välivarasto sijaitsee jossakin keräysalueen läheisyydessä. Keräyssuorituksen lisäksi siirtymäajot varikolta ja varikolle ovat yhteensä 35 km ja lisäksi ajot välivarastoon 3 km, joten koko yleisökeräysjärjestelmän matkan pituutena ympäristövaikutusten laskennassa on käytetty 20 + 35 + 3 km.

Kiinteistökohtaisessa lasikeräysjärjestelmässä astioitten tyhjennys oli alkuvuodesta suunniteltu toteutettavaksi kerran neljässä viikossa. Koko koealueen keräysastioitten tyhjennykseen meni joka kuukausi kahdeksan päivää, auton tyhjennykset välivarastoon tehtiin joka toinen keräyskerta. Päivän keräysreitien pituus kiinteistökohtaisessa keräyksessä oli 23 km (mediaani). Tyhjennysajot välivarastoon sekä varikkoajot olivat laskennoissa samat kuin yleisökeräysjärjestelmässä (yhteensä 38 km). Todellisuudessa kiin-

teistökohtainen lasinkeräys alueella hoidettiin yhteiskeräyksenä pienmetallin keräyksen kanssa, ja siksi metallin ja lasin tyhjennykset välivarastoon olivat eri paikoissa. Jos lasi- ja metallikeräykset hoidetaan jatkossakin kiinteistökohtaisesti yhteiskeräyksenä, lasin ja metallin välivarastojen täytyisi sijaita samassa paikassa.

Tehostetussa kiinteistökohtaisessa lasinkeräyksessä (valikoitu keräys) ideana oli, että keräysalue jaetaan luokkiin täyttymisasteiden mukaan. Keräys toteutetaan siten että luokassa 1 ovat kaikki eniten täyttyvät astiat ja ne tyhjenetään joka keräyskerralla, luokassa 2 tyhjenetään vain puolet kaikista keräysastioista jne. Tällaisen keräysjärjestelmän ideana on löytää optimaalinen astioiden täyttymysaste sekä keräyskertojen määrä. Laskelmien mukaan, jos koealue jaettaisiin kahdeksaksi pienemmäksi keräysalueeksi (keräysluokat), keräysreitien pituus päivässä olisi noin 23 x 2,8 km (tosin alueen muoto ei ole symmetrinen, mikä lisää epätarkkuutta), johon lisätään myös varikkoajot sekä tyhjennykset välivarastoon (38 km). Tämän järjestelmän mukaan tyhjennyskertoja tarvittiin vuodessa vain 30 kpl, joten joka kuukaudessa tyhjennysajoja olisi laskennallisesti noin 2,5 kertaa.

Taulukossa 23 esitetään koealueen kiinteistökohtaisen lasin ja metallin keräyksen saannot vuodessa. Tuloksen mukaan kiinteistökohtaisessa keräyksessä rusentamatonta lasia ja metallia kerättiin vuodessa melkein yhtä paljon (noin 50 % kumpaakin), joten lasin ja metallin yhteiskeräyksen ympäristövaikutusten laskennassa ympäristöpäästöistä puolet on kohdennettu metallille ja puolet lasille.

Taulukko 23. Koealueen kiinteistökohtaisen lasin ja pienmetallin keräyksen saanto vuodessa.

	Määrä rusentamattomana (l/a)	Osuus (%)
Kiinteistökohtainen lasi	393 309	49 %
Pienmetalli	405 221	51 %
Yhteensä	798 530	100 %

Taulukossa 24 esitetään yleisökeräysjärjestelmän ympäristövaikutukset kerättyä lasitonnia kohden.

Taulukko 24. Keräysjärjestelmien ympäristöprofiilit kerättyä lasitonna kohden.

Yleisökeräysjärjestelmä			
Polttoaineen kulutus	minimikulutus	keskikulutus	maksimikulutus
Energia			
uusiutuva (MJ/ lasitonni)	-	-	-
uusiutumaton (MJ/lasitonni)	213	281	510
Päästöt ilmaan			
CO ₂ (kg/lasitonni)	17	22	40
CO (g/lasitonni)	14	18	33
NO _x (g/lasitonni)	104	136	247
SO ₂ (g/lasitonni)	1,8	2,3	4,2
NMVOOC (g/lasitonni)	9	12	23
CH ₄ (g/lasitonni)	0,3	0,4	0,7
N ₂ O (g/lasitonni)	0,4	0,5	1,0
PM ₁₀ (g/lasitonni)	2,5	3,3	6,1
Uusiutumattomat raaka-aineet (kg/lasitonni)	5,0	6,5	11,9

Taulukossa 25 esitetään kiinteistökohtaisen lasikeräysjärjestelmän (perusmalli ja valikoiva keräys) ympäristövaikutukset kerättyä lasitonna kohden. Kiinteistökohtaisissa keräysmalleissa on käytetty lasin ja metallin yhteiskeräyksen suhteen edellä mainittua allokointia (50 % ja 50 %).

Taulukko 25. Keräysjärjestelmien ympäristöprofiilit kerättyä lasitonna kohden. Kiinteistökohtaisessa lasin ja metallin yhteiskeräyksessä lasille on kohdennettu 50 % ympäristökuormista.

	Kiinteistökoht. keräys Malli 1	Kiinteistökoht. keräys, Malli 1	Kiinteistökoht. keräys + kohdennus Malli 1	Kiinteistökoht. valikoiva keräys + kohdennus, Malli 2
	Tulos kerättyä yhteistonna kohti (lasi + metalli)	Tulos kerättyä lasitonna kohti	Tulos kohden- nettuna, kerät- tyä lasitonna kohti	Tulos kohdennet- tuna, kerättyä lasitonna kohti
Energia				
uusiutuva (MJ/tonni)			-	-
uusiutumaton (MJ/tonni)	1 170	1 600	800	420
Päästöt ilmaan				
CO ₂ (kg/tonni)	91	130	63	32
CO (g/tonni)	75	100	52	27
No _x (g/tonni)	570	780	380	200
SO ₂ (g/tonni)	10	13	6,5	3,5
NM VOC (g/tonni)	51	71	35	18
CH ₄ (g/tonni)	1,6	2,1	1,1	0,6
N ₂ O (g/tonni)	2,2	3,0	1,5	0,8
PM ₁₀ (g/tonni)	14	19	9,0	5,0
Uusiutumattomat raaka-aineet (kg/lasitonna)	28	38	19	9,8

5.1.5 Lasipakkausten keräys, ympäristövaikutusten yhteenveto

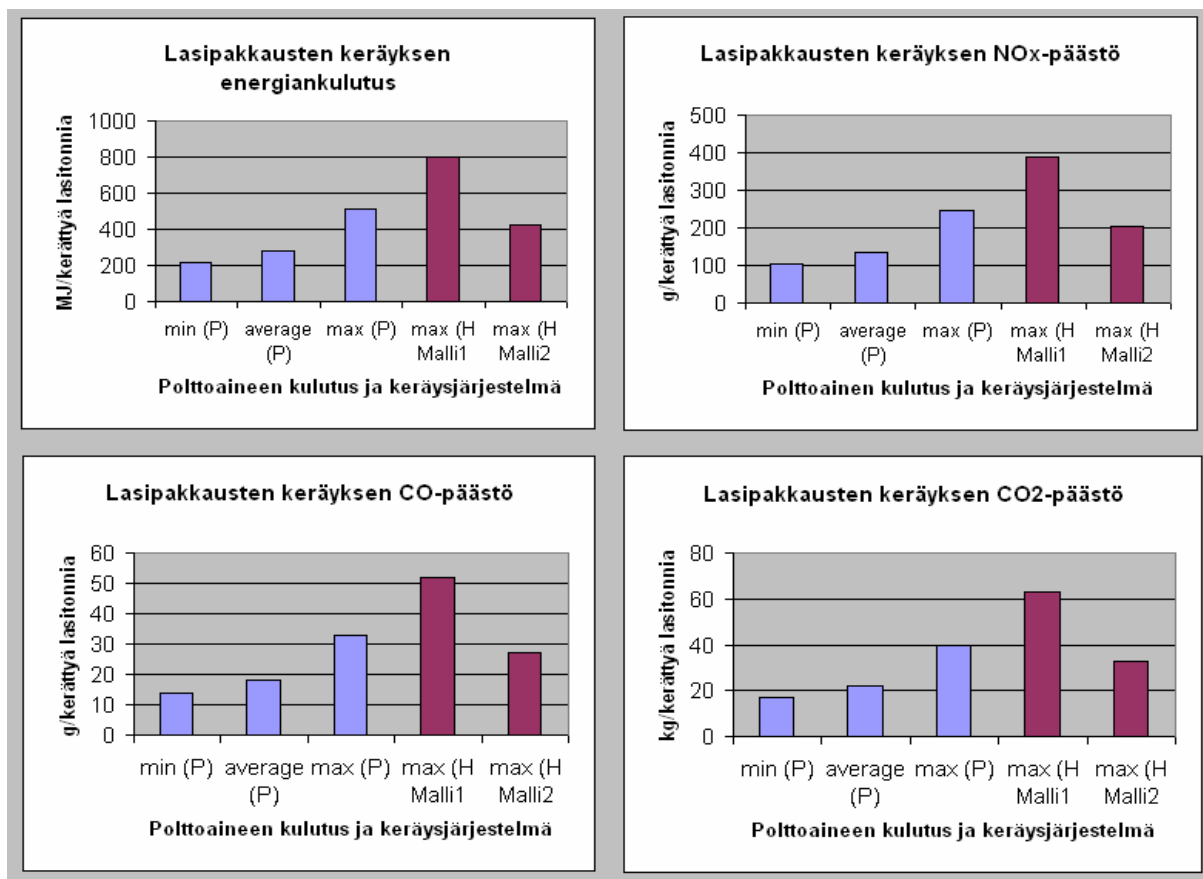
Kaikki ajosuoritukset vaikuttavat ympäristöön kuormittamalla luontoa polttoaineiden hankinnan sekä niiden käytön kautta. Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehokkuus vaikuttaa syntyvien ympäristökuormien suuruuteen. Nykyisin pääkaupunkiseudulla käytössä oleva yleisokeräysjärjestelmä on yksi tehokas keino kerätä lasipakkauksia, mutta useiden syiden takia keräysmäärät ovat jääneet hyvin alhaisiksi.

Kotitalouksien sekajätteen tutkimuksen mukaan sekajätteestä löytyi yli 6 kg pakkauslasijätettä per asukas [2]. VTT:n tutkimuksessa [1] on todettu, että YTV on kerännyt aikaisemmin yleisökeräysjärjestelmän avulla vuositasolla talteen noin 1,4 kg/as. Tämän mukaan pakkauslasia on sekajätteestä neljä kertaa enemmän kuin nyt on kerätty YTV:n alueelta. Jotta kaikki sekajätteessä oleva pakkauslasi saataisiin talteen, ehdotettiin tähän tutkimukseen kiinteistökohtaista lasikeräystä.

Kiinteistökohtainen keräyksen saanto yleisökeräyksen nähden tuottikin tulosta, ja sekajätteestä saatiin lisäksi vuositasolla talteen noin 3,2 kg/asukasta kohden (131 000 kg/ 40 500 asukasta = 3,2 kg/as). Toisaalta, vaikka lasia saatiin enemmän talteen, myös kuljetussuoritteet kasvoivat ja sitä mukaan myös ympäristökuormat (taulukko 23 ja taulukko 24). Käytössä ollut kiinteistökohtainen keräysmalli ei ollut täysin optimaalinen ja tehokas järjestelmä. Tutkimuksen aikana ehdotettiin myös parannettua kiinteistökohtaista keräystä, jossa lasia kerättiin valikoivasti. Tämän parannetun (valikoivan) kiinteistökohtaisen mallin mukaan keräyksestä johtuvat ympäristökuormat ovat vähemmän ympäristöä kuormittavia kuin edellinen kiinteistökohtainen keräysmalli.

Kiinteistökohtaisen keräyksen parannetussa mallissa ehdotettiin koealueen jakoa keräysastioitten täyttöasteiden mukaan luokkiin ja tyhjennysten hoitamista esitetyllä tavalla (parannettu malli). Kiinteistökohtaisessa lasinkeräysjärjestelmässä jouduttiin keräys- ja tyhjennysajoja tekemään 488 km kuukaudessa; sen sijaan parannetussa mallissa ajokilometrien määrä väheni ja oli arvion mukaan vain 256 km; lisäksi tyhjennyksiä ei tarvinnut tehdä yhtä usein. Tämä vaikutti parannetun mallin ympäristökuormiin, ja tulos oli parempi kuin alustavassa kiinteistökohtaisessa keräysmallissa (ks. taulukko 24).

Yhdistämällä lasipakkausten kiinteistökohtaiseen keräykseen myös metallin keräys ympäristövaikutukset jakautuvat molemmalle keräystuotteelle ja näin ollen pienenevät noin puoleen. Suunnittelemalla kiinteistökohtaisessa keräyksessä keräysreitti optimaalisella tavalla voidaan keräyksestä johtuvia ympäristökuormia edelleen pienentää ja samalla lisätä keräyksen saantoa oleellisesti (kuva 31). Tulevaisuudessa optimaalinen keräysjärjestelmä ympäristövaikutusten näkökulmasta voisi olla modifioitu kiinteistökohtainen keräysjärjestelmä, jossa suurille taloyhtiöille tarjotaan kiinteistökohtaista keräystä ja pienemmille taloyhtiöille olisi edelleen käytössä aluekeräysjärjestelmä.



Kuva 31. Lasipakkausten keräysjärjestelmän päästöt yleisökeräysjärjestelmässä (P) ja kiinteistökohtaisessa keräysjärjestelmässä (H). Kiinteistökohtaisen keräysjärjestelmän päästöt ovat yhteiskeräyksessä allokoitu kerättyjen tilaavuuksien mukaan lasille ja metallille (noin 50 % ja 50 %). Malli 1 = kiinteistökohtainen keräys kerran kuukaudessa, Malli 2 = kiinteistökohtainen valikoiva keräysmalli.

5.2 Lasivillateollisuuden ympäristövaikutukset

5.2.1 Tausta

Saint-Gobain Isover Oy on tähän asti ollut yksi Suomen suurin keräyslasin käyttäjä. Sillä on Suomessa tuotantolaitokset Hyvinkäällä ja Forssassa. Suomen tehtaissa valmistetaan vuositasolla noin 60 000 tn lasivillatuotteita. Hyvinkään maksimi tuotantokapasiteetti nykyisellä laitteistolla on noin 46 kt/a ja Forssan tehtaan sulatuskapasiteetti on noin 18 kt/a. [3] Tehtaitten tuotantokapasiteetti on ollut jo nyt viime vuodet melkein täydessä käytössä.

Isoverin tuotantolaitoksilla ilmapäästöjä on mitattu jo 1980-luvun alusta lähtien. Päästöt mitataan kaksi kertaa vuodessa. Mitattavia aineita ovat muun muassa ammoniakki-,

fenoli-, orgaaniset hiilivety- ja typen oksidipäästöt. Saatuja mittatuloksia verrataan vastaaviin tuloksiin laitoksilla, jotka käyttävät parasta mahdollista tekniikkaa (BAT). Hyvinkään tehtaalla osa laitteistosta on BAT-määritelmän mukaisia ja päästöt BAT:n käytöllä saavutettavalla tasolla. Forssan tehtaan vanhemmat laitteet ja tuotteiden suurempi keskimääräinen sideaineprosentti vaikeuttavat pääsyä BAT-tekniikan mukaisiin päästöihin kaikilta osin. Vuoden 2007 investoinnissa suuri osa vanhoista päästöihin vaikuttavista laitteista uusitaan nykyteknologian mukaisiksi. [4]

Taulukossa 26 esitetään lasivillan valmistuksen ympäristövaikutusten osuudet valmistusprosessin eri vaiheista. Tulos perustuu VTT tekemään selvitykseen ja siinä kierrätyslasin käyttöosuus on ollut pieni nykypäivään verrattuna, jolloin luonnon-raaka-aineiden osuus tuloksessa korostuu. Toisaalta jo siinä tuloksessa on selvästi nähtävä, että villan valmistusprosessi on koko prosessin eniten ympäristöä kuormittava vaihe.

Taulukko 26. Lasivillan ja sen raaka-aineiden tuotannon ja kuljetuksien prosenttiosuudet emissioista ja energian kulutuksesta. VTT:n raportti (RTE30948/95). [4]

	CO2	SO2	NOX	NH3	VOC	Hiukkaset	Sähkö	Fossiiliset energialähteet
raaka-aineet	6,90%	10,60%	7,20%	12%	7,20%	80,40%	0,40%	8,90%
raaka-aineiden kuljetus	2,50%	4,60%	3,40%	0%	0,40%	0,20%	0%	4,90%
lasivillan valmistus	85%	78%	74%	87%	84%	19%	99%	78%
pakkausmateriaali	3%	5%	5%	0%	8%	0,60%	1%	3%
lasivillan kuljetus	2%	0,50%	8%	0%	0,50%	0%	0%	3%

Tuotannosta syntyvän kiinteän jätteen kierrätykseen kiinnitetään tehtaissa erityistä huomiota. Leikkausjäte sekä tuoteselosteen alittavat tuotteet jauhetaan puhallusvillaksi. Jätteiden lajittelua on kehitetty vuosittain siten, että mahdollisimman suuri osa jätteestä kiertää takaisin teollisuuden raaka-aineeksi.

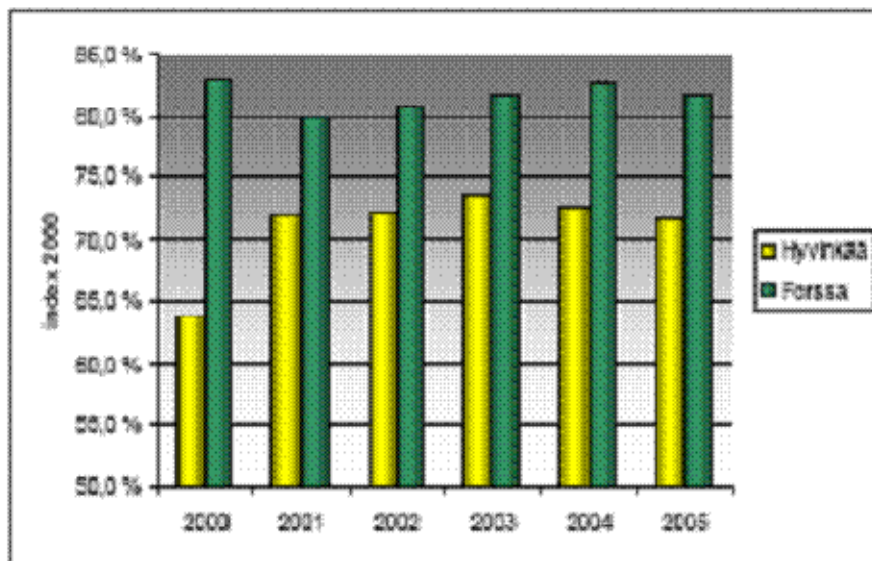
5.2.2 Lasivillan valmistusprosessi ja raaka-aineet

Lasivillan valmistaminen alkaa raaka-aineiden, kuten pääraaka-aineen eli lasin, hankinnasta. Lasivillan valmistuksen muut raaka-aineet ovat kvartsihiekkä, sooda (Na₂CO₃),

dolomiitti, maasälpä, kalkkikivi sekä boorimineraali. Nykyisin lasivillan valmistusprosessissa tuotannon saanto on 75–95 %.

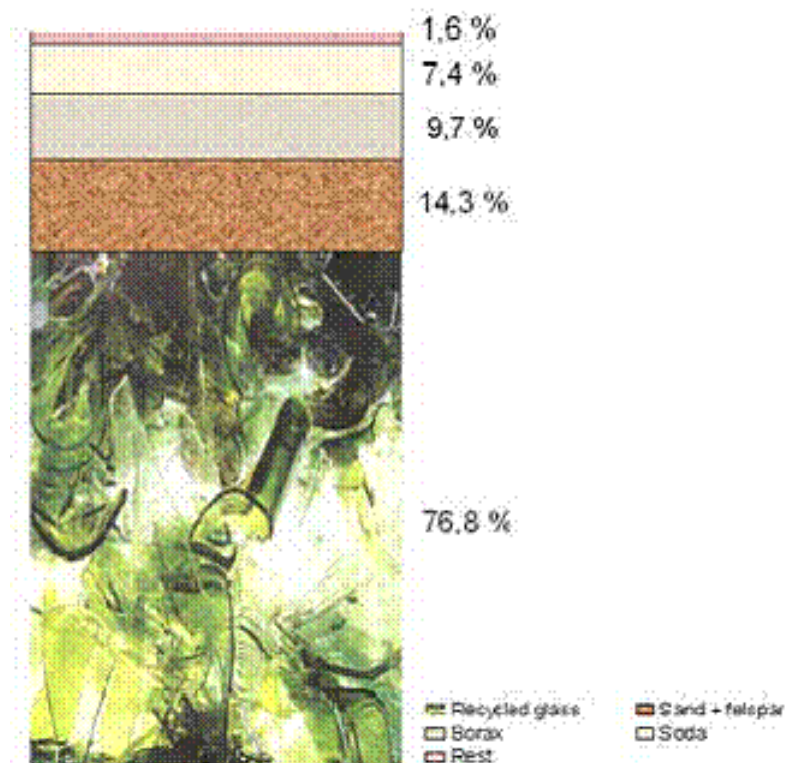
Hankinnan jälkeen lasimurska sulatetaan sähkötoimisissa sulatusuuneissa (noin 1 400 °C) yhdessä muiden raaka-aineiden kanssa. Sulatuksen jälkeen lasimassa kuidutetaan villaksi. Kuidutuksessa käytetään maakaasua tai nestekaasua; myös kuidutus vaatii korkean lämpötilan (1 000 °C). Kuidutettuun lasiin lisätään sideaine, ja kuidutettu sideaineellinen villamatto siirtyy kypsytysuuniin (250 °C), jossa tuote kypsytetään lopulliseen muotoonsa. Tavallisesti sideaine kypsytetään maakaasulla tai nestekaasulla lämmitettävässä kypsytysuunissa. Lopuksi lasivilla leikataan, pakataan ja varastoidaan kuljetusta varten.

Saint-Gobain Isover Oy:n Forssan tehtaassa käytettiin lasivillan valmistuksessa kierrätyslasia vuonna 2005 vähän yli 80 % (kuva 32), ja tämä määrä on jo nyt niin korkea, että sen osuutta ei voida enää merkittävästi lisätä ilman, että tuotteen laatu heikkenee. Sen sijaan Saint-Gobain Isover Oy:n Hyvinkään tehtaalla kierrätyslasin käyttö oli pienempi, vuonna 2005 tämä oli vähän yli 70 %, joten siinä olisi kierrätyslasille pientä lisäkäyttöpotentiaalia. Kuvassa 33 esitetään lasivillan valmistuksen raaka-ainekäyttö, kun kierrätyslasin osuus on 76,8 %.



DIAGRAMMI 1. ISOVER-tuotteen kierrätyslasin osuus 2000-2005.

Kuva 32. Kierrätyslasin osuus ISOVER-tuotteen valmistuksessa [4].



Kuva 33. Saint-Gobain Isover Oy:n mukaan keskimääräinen lasivillakoostumus 2003–2005.

Kierrätyslasin käyttö lasivillan valmistuksessa vähentää dolomiitin ja soodan tarvetta. Neitseellisten raaka-aineiden korvaaminen kierrätyslasilla vähentää myös päästöjä ilmakehään, erityisesti CO₂-päästöjä. Tämä aiheutuu siitä, että sulatusenergiaa tarvitaan vähemmän, ja toisaalta siitä, että kierrätyslasista itsestään ei vapaudu kemiallisesti sitoutunutta hiilidioksidia, kuten neitseellisiin raaka-ainekoostumukseen kuuluvasta soodasta, kalsiitista ja dolomiitista.

Yhden kilon dolomiitin hajoamisesta syntyy kalsium- ja magnesiumoksidia sekä lisäksi 47,7 g hiilidioksidia:



Yhden kilon soodan hajoamisesta syntyy natriumoksidia sekä 41,5 g hiilidioksidia:



Valmistettaessa lasia neitseellisistä raaka-aineista energiantarve sulatuksessa voi olla jopa 40 % enemmän kuin sulatettaessa valmista lasia. Teollisuudessa, riippuen käytetystä prosessista ja sen tehokkuudesta, säästöt energiankulutuksessa jäävät kuitenkin pienemmäksi.

Kierrätyslasin käytöstä johtuen myös neitseellisten raaka-aineiden louhinta- ja kuljetus-tarpeet pienenevät. Ympäristöprofiiliin vaikuttaa myös se, että soodan tuotanto vaatii runsaasti energiaa, jota säästetään, kun se korvataan kierrätyslasilla (Enviros 2004).

Laskennassa neitseellisten raaka-aineiden valmistus ja hankinta perustuu pääosin kirjallisuustutkimuksiin.

5.2.3 Ympäristövaikutusten laskennan lähtötiedot

Saint-Gobain Isover Oy:n tuotanto on Suomessa kahdessa tehtaassa yhteensä noin 50–60 000 tn/a. Vuonna 2004 tuotanto oli esimerkiksi 55 000 t/a [1], vuonna 2006 villan valmistus oli noussut ja oli jo yli 60 000 tn/a (V. Nuotio, Isover). Lasivillan tuotantoa varten Suomen Uusioaines Oy on toimittanut Isoverin Suomen tehtaille puhdistettua pakkauslasia noin 15–20 000 t/a. Raaka-aineena lasivillan valmistuksessa käytetään myös teollisuuslähteistä saatavaa tasolasisirua, jota on käytetystä lasisirun kokonaisu-määrästä noin 50 %. Taulukossa 27 esitetään lasivillan tuotantoluvut sekä raaka-aineiden käyttöluvut Suomessa.

Taulukko 27. Saint-Gobain Isover Oy Suomessa.

	2004	2006	
Lasivillan valmistus yhteensä	55 000	62 502	tn/a
Hyvinkään tuotanto	72 %	71 %	
ja Forssan tuotanto	28 %	29 %	
Hyvinkään tuotanto	39 600	44 260	tn/a
Forssan tuotanto	15 400	18 242	tn/a
Luonnon raaka-aineiden käyttö Forssan tehdas	20 %	25 %	
Luonnon raaka-aineiden käyttö Hyvinkään tehdas	30 %	34 %	
Luonnon raaka-aineiden kokonaisu-käyttö	14 960	20 882	tn/a
Kierrätyslasin käyttö yhteensä	40 040	45 349	tn/a
josta pakkauslasin käyttö	15 040	22 619	tn/a
ja tasolasin käyttö	25 000	22 739	tn/a

Ympäristövaikutusten laskenta suoritettiin ottaen huomioon kaksi tapausta: joko kierrätyslasia ei käytetä ollenkaan tai sitten kierrätyslasin käyttö on vuoden 2006 luokkaa (keskimäärin 72 %) (taulukko 28). Pääraaka-aineiden määrät ovat Suomen Isover Oy:n

nykyisiä materiaalien käyttömääriä; tapaus, jossa keräyslasia ei käytetä ollenkaan, on arvio. Kierrätyslasin käytössä ei tehty eroa tasolasin ja pakkauslasin käytölle, laskennassa on oletettu kaikki keräyslasi pakkauslasiksi.

Taulukko 28. Lasivillan raaka-ainekoostumus, jos valmistuksessa käytetään vain neutseellisiä raaka-aineita tai valmistuksessa käytetään myös kierrätyslasia.

Lasivillan koostumus	Valmistuksessa ei käytetä kierrätyslasia	Valmistuksessa käytetään kierrätyslasia
Kierrätyslasin osuus	0 %	72 %
Hartsin osuus	noin 4 %	noin 4 %
Muut raaka-aineet yhteensä:	96 %	noin 28 %
hiekkä	noin 44 %	8 %
dolomiitti	noin 9 %	< 1 %
sooda	noin 17 %	8 %
maasälpä	noin 6 %	< 3 %
booraksi	noin 19 %	9 %

Lasivillan valmistuksen ympäristöprofiilien laskennassa on käytetty energiankulutuksen ja -laadun osalta Hyvinkään ja Forssan tehtaissa vuoden 2006 toteutuneita arvoja. Tapauksessa, jossa valmistuksessa ei käytetä keräyslasia ollenkaan, energiankulutus kasvaa. Energiankulutuksen kasvu on laskettu seuraavien periaatteiden mukaan:

- keräyslasin osuus 50–80 %, jokainen 10 % lasisirun vähennys lisää energiankulutusta 2,5 % ja
- keräyslasin osuus 0–50 %, jokainen 10 % lasisirun vähennys lisää energiankulutusta 5 %.

Lasivillan valmistuksessa käytetyn keräyslasin puhdistuksen ympäristöprofiili perustuu Suomen Uusioaines Oy:n ilmoittamiin energiankulutuslukuihin. Lasivillan muiden raaka-aineiden ympäristöprofiilit perustuvat seuraaviin tietoihin:

- Hiekkaa, polttoöljyn kulutus hiekan kaivussa perustuu VTT:n arvioon.
- Dolomiitin ja maasälvän hankinta perustuu VTT:n arvioon. Ympäristöprofiiliin on lisätty dolomiitin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) hajoamisesta johtuvat CO_2 -päästöt moolipainojen laskennan mukaan.

- Soodan valmistuksen lähtötieto perustuu kirjallisuusviitteeseen [5]. Prosessin kaikki päästöt on allokoitu soodalle, ympäristöprofiiliin on lisätty soodan haajoimisesta johtuvat CO₂-päästöt moolipainojen laskennan mukaan.
- Hartsina käytetyn formaliinin valmistustiedot perustuvat Neste Resinsin ilmoitukseen (1997) ja fenolin valmistus on arvioitu Borealis A/S:n kanssa käydyn keskustelun perusteella (1995).
- Booraksin valmistus on arvioitu kirjallisuusviitteen [6] perusteella.

5.2.4 Tulokset

Lasivillan valmistus esitetään kahtena vaihtoehtona. Lasivillan raaka-aineena käytetään kierrätyslasia 72 % tai lasivillan valmistuksessa ei käytetä kierrätyslasia. Tulokset esitetään erikseen raaka-aineiden valmistuksen ja kuljetusten osalta (taulukko 29), valmistusprosessin osalta (taulukko 30) sekä yhteenlaskettuina tuloksina (taulukko 31).

Taulukko 29. Lasivillan raaka-aineiden valmistuksen ja kuljetuksen ympäristöprofiili.

	Yksikkö	0 % kierrätyslasia	72 % kierrätyslasia	Päästöjen pienenneminen
Energia				
Uusiutuva	MJ/kg	0,01	0,05	
uusiutumaton	MJ/kg	4,4	2,4	
Energia yht.		4,4	2,4	45 %
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/kg	1,14	0,36	68 %
Päästöt ilmaan				
CO ₂	kg/kg	0,33	0,15	53 %
CO	g/kg	0,34	0,23	34 %
NO _x	g/kg	2,4	1,1	53 %
SO ₂	g/kg	2,08	0,85	59 %
NM VOC	g/kg	0,45	0,37	16 %
CH ₄	g/kg	0,38	0,32	14 %
N ₂ O	g/kg	0,0058	0,0029	50 %
PM ₁₀	g/kg	0,32	0,15	52 %
raskasmetallit	g/kg	0,0069	0,0024	66 %

Taulukko 30. Lasivillan valmistusprosessin ympäristöprofiili.

	Yksikkö	0 % kierrätys- lasia	72 % kierrätys- lasia	Päästöjen pieneminen
Energia				
Uusiutuva	MJ/kg	2,82	2,45	
uusiutumaton	MJ/kg	18,1	15,5	
Energia yht.		20,9	18,0	14 %
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/kg	0,271	0,233	14 %
Päästöt ilmaan				
CO ₂	kg/kg	0,706	0,606	14 %
CO	g/kg	1,00	0,87	13 %
NO _x	g/kg	2,16	1,84	15 %
SO ₂	g/kg	0,71	0,62	12 %
NMVOG	g/kg	0,69	0,68	1 %
CH ₄	g/kg	3,37	2,87	15 %
N ₂ O		0,0452	0,0408	10 %
PM ₁₀	g/kg	1,20	1,04	14 %
raskasmetallit	g/kg	0,00018	0,00016	12 %

Taulukko 31. Lasivillan valmistuksen ympäristöprofiili yhteensä, sisältää myös raaka-aineiden valmistuksen, hankinnan ja kuljetuksen.

	Yksikkö	0 % kierrätys- lasia	72 % kierrätys- lasia	Päästöjen pieneneminen
Energia				
Uusiutuva	MJ/kg	2,84	2,51	
uusiutumaton	MJ/kg	22,5	17,9	
Yht.		25,3	20,4	19 %
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/kg	1,41	0,60	58 %
Päästöt ilmaan				
CO ₂	kg/kg	1,0	0,76	27 %
CO	g/kg	1,3	1,1	18 %
NO _x	g/kg	4,6	3,0	35 %
SO ₂	g/kg	2,8	1,5	47 %
NMVOOC	g/kg	1,2	1,1	7 %
CH ₄	g/kg	3,8	3,2	15 %
N ₂ O	g/kg	0,051	0,044	14 %
PM ₁₀	g/kg	1,5	1,2	22 %
raskasmetallit	g/kg	0,0072	0,0025	65 %

5.2.5 Lasivillan valmistuksen yhteenveto

Lasivillan raaka-aineiden ympäristöprofiilissa neitseellisten raaka-aineiden korvaaminen keräyslasilla pienentää ympäristöprofiilia 14–68 % (raaka-aineiden käyttö vähenee jopa 68 %).

Merkittävin osa lasivillan elinkaaren aikaisista päästöistä, jätevirroista sekä energiaressurssien kulutuksesta aiheutuu kuitenkin valmistusprosessista. Esimerkiksi villan valmistusprosessissa raaka-aineiden valmistuksessa kulutetaan kokonaisenergiasta vain 12 %, sen sijaan valmistusprosessissa kulutetaan energiasta 88 % (kierrätyslasin käyttömäärän ollessaan noin 72 %).

Silloin kun valmistusprosessissa käytetään kierrätyslasia (tässä laskennassa 72 %), lasivillan ympäristöpäästöt vähenevät noin 7–65 % ja energiankulutus noin 20 %.

Lasivillan valmistuksessa käytetty kierrätyslasi vähentää kokonaisprosessin luonnonraaka-aineiden käyttötarvetta yli 50 % (sisältää myös polttoaineiden raaka-aineet).

5.3 Lasipakkausten valmistuksen ympäristövaikutukset

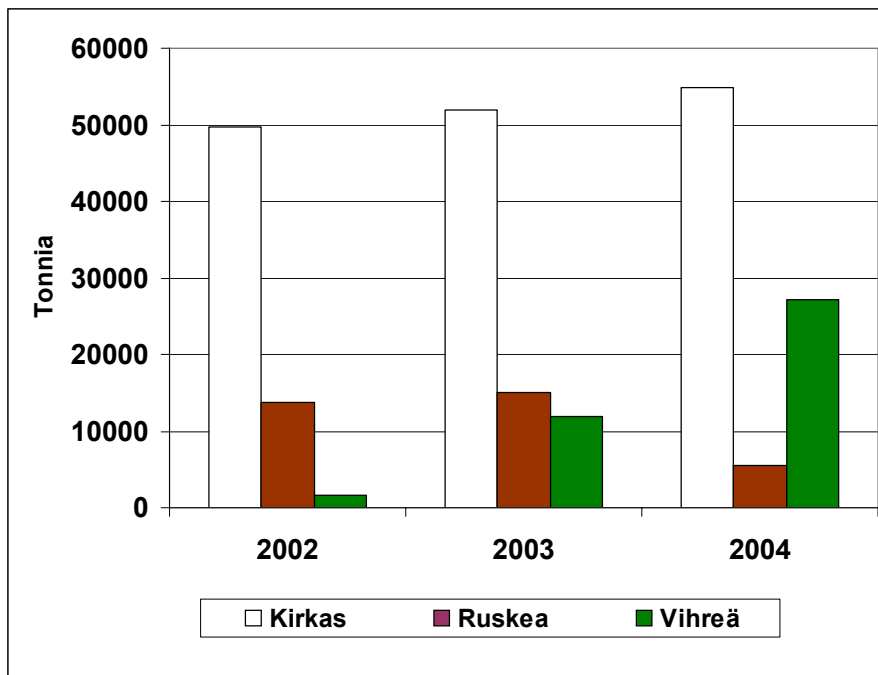
5.3.1 Tausta

Pakkauslasin valmistus on Euroopan unionin lasiteollisuuden suurin tuotantoaara, joka vastaa noin 60 %:a lasin kokonaistuotannosta. Vuonna 1997 pakkauslasia valmistettiin Euroopan unionin alueella yli 17 miljoona tonnia. Nykyisin, kun Euroopan unioni on kasvanut uusilla jäsenvaltioilla, lasipakkausten valmistusmäärät ovat vieläkin suurempia.

Suomessa ainoa pakkauslasin valmistaja on Karhulan Lasi Oy, joka nykyisin kuuluu Owens Illinois Groupiin. Owens-Illinois on lasipakkausten suurin valmistaja Pohjois-Amerikassa, Etelä-Amerikassa, Australiassa ja Uudessa-Seelannissa sekä myös Euroopassa.

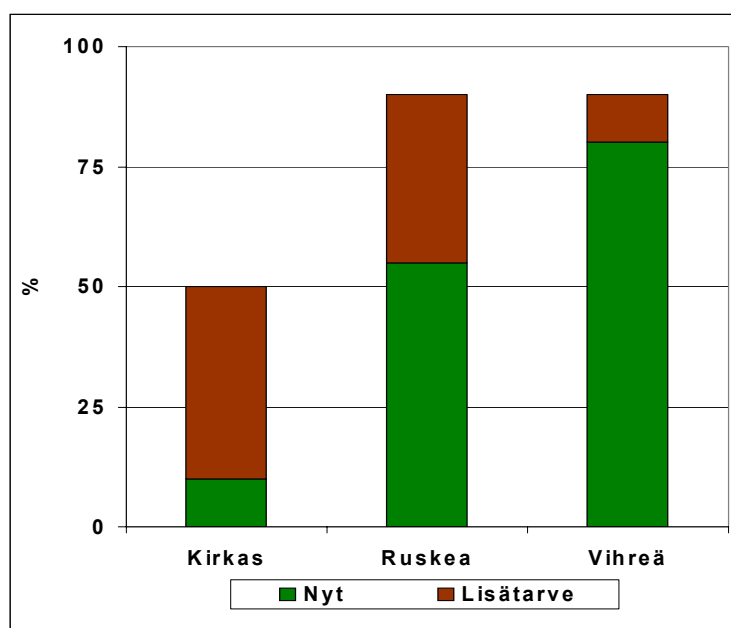
Lasiteollisuuden suurimmat ympäristöongelmat ovat päästöt ilmakehään ja energiankulutus. Lasin valmistus tapahtuu korkeissa lämpötiloissa ja kuluttaa paljon energiaa, mistä aiheutuu palamistuotteiden sekä korkeassa lämpötilassa syntyneiden typen oksidien päästöjä ilmakehään, toisin sanoen prosessista syntyy rikkidioksidi-, hiilidioksidi- ja typpioksidipäästöjä. Unionin synnyttämät päästöt sisältävät myös pölyä ja pieniä pitoisuuksia metalleja. On arvioitu, että vuonna 1997 koko Euroopan unionin lasiteollisuudesta vapautui 22 miljoona tonnia CO₂-päästöjä, 103 500 tonnia NO_x-päästöjä, 91 500 tonnia SO_x-päästöjä ja 9 000 tonnia pölyä. Luvut vastaavat noin 0,7 %:a näiden aineiden kokonaispäästöistä Unionissa (BAT-raportti, 2001). [7].

Suomessa Karhulan Lasi Oy:n lasipakkauksien tuotanto vuodessa on noin 80 000–100 000 tonnia. Lasipakkausten valmistuksen kehitys kirkkaan, ruskean ja vihreän lasin osalta Karhulan Lasi Oy:ssä esitetään kuvassa 34.



Kuva 34. Pakkauslasin valmistus Suomessa (M. Maahi).

Uusien lasipakkausten valmistuksessa jo käytetyt tyhjät lasipakkaukset ovat parasta raaka-ainetta. Lasia voidaan kierrättää rajattomasti. Lasisirun käyttö säästää energiaa ja kalliita tuontiraaka-aineita, mutta Karhulan Lasi Oy:n ongelmana on ollut puhtaan sirun saanti. Kuvassa 35 esitetään lasisirun nykyinen käyttö sekä lasisirun tarve kirkkaan, ruskean ja vihreän lasin valmistuksessa.



Kuva 35. Lasisirun osuus pakkauslasissa (M. Maahi).

Kirkas lasisiru on parasta raaka-ainetta uusien lasipakkauksien valmistuksessa. Kuvan 35 mukaan kirkkaan lasisirun lisätarve vuodessa voisi olla jopa 75 % nykyiseen käyttöön verrattuna.

5.3.2 Lasipakkausten valmistusprosessi ja energiankulutus

Lasiteollisuuden prosessit voidaan yleisestikin jakaa viiteen perusvaiheeseen: materiaalien käsittelyyn, sulatukseen, muovaukseen, jatkokäsittelyyn ja tarvittaessa myös pakkaukseen.

Tärkeimmät lasinvalmistuksen raaka-aineet ovat hiekka, sooda ja kalkki, jotka sulatetaan lasiksi 1 500 asteen kuumuudessa. Sulatus eli raaka-aineiden yhdistäminen korkeassa lämpötilassa sulaksi lasiksi on lasinvalmistuksen tärkein vaihe. Sulatusprosessi voidaan lisäksi jakaa eri vaiheisiin: kuumennukseen, esisulatukseen, selkiämiseen ja homogenisointiin sekä muovauskuntoon saattamiseen. Esimerkiksi Karhulan Lasi Oy:ssä lasipakkausten valmistuksen energiatarpeen osuudet valmiiseen tuotteen asti ovat seuraavat: sulatus 85 %, paineilma 6 %, jäähdytys 3 % ja muut prosessit 6 %.

Lasin valmistus on erittäin energiantensiivistä, ja energianlähteen valinta, kuumennusmenetelmä ja lämmön talteenottomenetelmä ovat uunin kannalta keskeisiä seikkoja. Niitä koskevat valinnat vaikuttavatkin sulatusprosessin ympäristöystävällisyyteen ja energiatehokkuuteen. Lasisulatuksen tuotannossa käytetään jatkuvatoimisia ja eräsulatusuuneja. Lasisulatusuunit voivat olla maakaasu- tai öljylämmitteisiä, monissa laitoksissa käytetään myös happi-polttoaineseoksella lämmitettäviä uuneja. Sulatusta voidaan jäähdyttää kaatamalla se suoraan vesikylpyyn tai johtamalla se veisujäähdytteisten telojen läpi, jolloin saadaan hiutalemainen tuote. Lasin valmistuksessa energialähteinä käytetään pääasiassa maakaasua, polttoöljyä ja sähköä (BAT-raportti). Karhulan Lasi Oy:ssä valmistusenergiana käytetään maakaasua ja sähköä ja tämän mukaan ovat toteutettu myös tämän tutkimuksen laskennat.

BAT-raportin mukaan lasipakkausten valmistuksessa teoreettinen energiantarve lasin sulatuksessa yhteensä on 2,7 GJ/tn. Siinä lämpöenergiatarve lasiraaka-aineiden kemiallista reaktiota varten on 0,49 GJ/tn, energiantarve lämpötilan nostamista varten 20 °C – >1 500 °C, on 1,89 GJ/tn ja lämmöntarve, joka johtuu hyötysuhteesta, on 0,30 GJ/tn. Todellinen energiantarve on 3,5 – >40 GJ/lasitonni. Tämä riippuu suuresti siitä, millaiset ovat sulatusuunin tekniikka ja valmistusmenetelmä. Kuitenkin Euroopan unionissa suurin osa lasipakkauksista valmistetaan suurissa sulatusuuneissa ja sulatusenergian tarve on alle 8 GJ/tonni.

Laskennassa lasipakkausten valmistuksen energiankulutus on nykytilanteen mukaan noin 5 MJ/kg tuotetta. Siitä noin 15 % on sähkökäyttöä ja 85 % on maakaasua. Nämä luvut (tässä sekä BAT-raportissa) on ilmoitettu käytettyä energialaatuja kohden, elinkaaritarkastelun mukaan niihin täytyy lisätä vielä energian hankintaan kulutettu energia, käytön hyötysuhde sekä jakelu ja siirtohäviöt.

Suuria eroja sulatusenergian kulutuksessa aiheuttaa lasin väri. Esimerkiksi kirkkaan lasin sulatus vie noin 20 % vähemmän energiaa kuin tummansävyinen lasi. Myös keräyslasin käyttö pienentää energiantarvetta selvästi sirun 50 %:n käyttöosuuteen saakka, minkä jälkeen hyöty pienenee jyrkästi. Lasipakkausten valmistus kokonaan luonnon raaka-aineista nostaa selvästi energiankulutusta. Energiankulutuksen kasvu lasipakkausien valmistuksessa on laskettu samojen periaatteiden mukaan kuin lasivillan valmistuksessa:

- keräyslasin käyttöosuus 50–80 %, jokainen 10 %:n lasisirun vähennys lisää energiankulutusta 2,5 % ja
- keräyslasin käyttöosuus 0–50 %, jokainen 10 %:n lasisirun vähennys lisää energiankulutusta 5 %.

Lasipakkauksien valmistus luonnon raaka-aineista lisää lasimassan sulatukseen tarvittavaa aikaa, joten vuotuinen tuotantomäärä voi vähentyä nykyisestä jopa 40 %.

5.3.3 Lasipakkausten valmistuksessa käytettävät raaka-aineet

Lasipakkausten valmistuksen pääraaka-aineet ovat keräyslasi, kvartsihiekkä, sooda, maasälpä, kalkkikivi sekä pieniä määriä muita osa-aineita. Laskennassa käytettiin Karhulan Lasi Oy:n ilmoittamia raaka-ainemääriä nykytuotannon mukaan. Keräyslasin käyttömäärä pakkauslasin valmistuksessa vuositasolla on varsin laaja, 5–90 %. Kuitenkin käytännössä vuotuinen sirumäärä jää alle 45 %:n. Tämä johtuu huonosta sirun saatavuudesta sekä käytettävissä olevan sirun laadusta ja asiakkaitten laatuvaatimuksista. Raaka-aineiden osuudet vuositasolla riippuvatkin siitä kuinka paljon saadaan vuositasolla sirua käyttöön ja mikä on käytettävän sirun väri. Tavoitteena on säilyttää samat muokkaus-, kemiallinen kestävyys-, fysikaalinen kestävyys- sekä muut ominaisuudet käytetystä siruosuudesta riippumatta. Jos lasisirua ei käytetä ollenkaan, neitseellisten raaka-aineiden keskinäiset osuudet ovat arvioita. Lasipakkauksien vuosituotanto putoaa selvästi, jos tuotantoprosessissa ei käytetä lasisirua, koska valmistuksessa joudutaan käyttämään korkeampia lämpötiloja ja sen seurauksena valmistukseen kuluva aika kasvaa.

BAT-raportin mukaan 1 tonni käytettyä lasisirua voi korvata jopa 1,2 tonnia neitseellisiä raaka-aineita. Tämä hyötysuhde riippuu mangan koostumuksesta, esim. 1 000 kg manganista voidaan valmistaa lasituotteita 850–890 kg. Sulatusuunissa tapahtuvan kemiallisen

reaktion vuoksi mängin koostumuksessa olevat eräät raaka-aineet muuttavat olomuotoa ja poistuvat kaasuina tai hiukkasina savukaasujen mukaan. Esimerkiksi soodaa, jota käytetään sulatuksen helpottamiseksi, jää lasiin vain 58,5 %. Yhden kilon soodan hajoamisesta syntyy natriumoksidia sekä 41,5 g hiilidioksidia:



Toisaalta, yhdestä sirutonnista saadaan lasia 1 000 kg, siinä vastaavia kemiallisia reaktioita ei tapahdu ja kaikki raaka-aine jää lasituotteeseen. Nämä hyötysuhteet on otettu huomioon laskennassa. Lisäksi on otettu huomioon lasipakkausten valmistusenaikainen hukka, 5 %.

Taulukossa 32 esitetään lasipakkausten valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden osuudet nykytilanteen mukaan (38 % keräyslasia) ja sellaisessa tilanteessa, jossa keräyslasia ei käytetä (0 % keräyslasia).

Taulukko 32. Laskennassa käytetyt lasipakkausten valmistuksen raaka-aineet.

	Raaka-aineiden osuudet	Raaka-aineiden osuudet	Raaka-aineiden teoreettinen osuus, jos lasisirua olisi riittävästi tarjolla
Kierrätyslasi	38 %	0 %	60 %
Mängi:			
Kvartsihiekkä	37 %	74 %	24 %
Sooda	11 %	13 %	10 %
Maasälpä	3 %	1,5 %	2 %
Kalkkikivi	10 %	10 %	6 %
Na ₂ SO ₄	0,40 %	0,23 %	0,26
Lisäksi pieniä määriä muita osa-aineita			
Yhteensä	1,12	1,67	1,06

Raaka-aineiden ympäristövaikutukset perustuvat seuraaviin lähteisiin ja oletuksiin:

- Keräyslasin puhdistuksen energiankulutus perustuu Suomen Uusioaines Oy:n ilmoitukseen.
- Kvartsihiekan kaivu perustuu VTT:n arvioon kaivinkoneen polttoaineen kuluksista.

- Soodan valmistuksen lähtötieto perustuu kirjallisuusviitteeseen [5]. Prosessin kaikki päästöt on allokoitu soodalle, ympäristöprofiiliin on lisätty soodan hajoamisesta johtuvat CO₂-päästöt moolipainojen laskennan mukaan.
- Maasälvän hankinta perustuu VTT:n arvioon.
- Kalkkikiven ympäristöprofiili perustuu kalkkikiven nostossa käytetyn energian kulutusarvioon sekä kuljetukseen Tanskasta Suomeen. – Ympäristöprofiiliin on lisätty kalkkikiven hajoamisesta johtuvat CO₂-päästöt moolipainojen laskennan mukaan.

5.3.4 Lasipakkausten ympäristövaikutusten tulokset

Lasipakkausten valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden ympäristöprofiili esitetään taulukossa 33, valmistusprosessin ympäristöprofiili taulukossa 34 ja kokonaisprofiili (raaka-aineet + valmistusprosessi) taulukossa 35.

Taulukko 33. Lasipakkausten valmistuksessa käytettyjen raaka-aineiden ympäristöprofiilit.

Keräyslasin määrä		0 %	38 %	60 %
Energia				
uusiuutuva	MJ/kg lasia	0,0026	0,027	0,0016
uusiuutumaton	MJ/kg lasia	1,5	1,1	0,5
Päästöt ilmaan				
CO ₂	kg/kg lasia	0,20	0,13	0,07
CO	g/kg lasia	0,10	0,12	0,030
NO _x	g/kg lasia	0,55	0,46	0,18
SO ₂	g/kg lasia	0,68	0,40	0,24
NMVOC	g/kg lasia	0,058	0,064	0,020
CH ₄	g/kg lasia	0,023	0,030	0,0075
N ₂ O	g/kg lasia	0,0032	0,0021	0,0011
hiukkaset	g/kg lasia	0,11	0,084	0,036
raskasmetallit	g/kg lasia	0,0066	0,0038	0,0023
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/kg lasia	1,7	0,71	0,43

Taulukko 34. Lasipakkausten valmistusprosessin valmistuksen ympäristöprofiili.

Keräyslasin määrä		0 %	38 %	60 %
	Yksikkö			
Energia				
uusiutuva	MJ/kg lasia	0,48	0,40	0,37
uusiutumaton	MJ/kg lasia	7,3	6,1	5,8
Päästöt ilmaan				
CO ₂	kg/kg lasia	0,34	0,28	0,27
CO	g/kg lasia	0,25	0,21	0,20
NO _x	g/kg lasia	1,2	1,0	0,98
SO ₂	g/kg lasia	0,11	0,093	0,090
NMVOOC	g/kg lasia	0,024	0,020	0,020
CH ₄	g/kg lasia	2,0	1,7	1,6
N ₂ O	g/kg lasia	0,0097	0,0081	0,0077
hiukkaset	g/kg lasia	0,19	0,16	0,15
raskasmetallit	g/kg lasia	0,000028	0,000024	0,000022
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/kg lasia	0,13	0,10	0,10

Taulukko 35. Lasipakkausten valmistuksen ympäristöprofiili yhteensä
(raaka-aineet + valmistus).

Keräyslasin määrä		0 %	38 %	60 %	Päästöjen pieneminen 0 % - 38 %
	Yksikkö				
Energia					
uusiutuva	MJ/kg lasia	0,48	0,42	0,40	
uusiutumaton	MJ/kg lasia	8,8	7,2	6,8	
Yhteensä	MJ/kg lasia	9,3	7,6	7,2	18 %
Päästöt ilmaan					
CO ₂	kg/kg lasia	0,54	0,41	0,40	23 %
CO	g/kg lasia	0,35	0,33	0,32	6 %
NO _x	g/kg lasia	1,8	1,5	1,4	17 %
SO ₂	g/kg lasia	0,79	0,50	0,49	37 %
NMVOOC	g/kg lasia	0,08	0,08	0,08	0 %
CH ₄	g/kg lasia	2,1	1,7	1,6	16 %
N ₂ O	g/kg lasia	0,013	0,013	0,010	21 %
hiukkaset	g/kg lasia	0,29	0,24	0,23	18 %
raskasmetallit	g/kg lasia	0,0066	0,0038	0,0038	42 %
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/kg lasia	1,8	0,81	0,80	55 %

5.3.5 Yhteenveto

Lasiteollisuuden ympäristövaikutuksien pienentämiseen Suomessa voidaan vaikuttaa käyttämällä raaka-aineena keräyslasia. Tällä hetkellä Karhulan Lasi Oy:llä on ongelmana oikeanvärisen ja puhtaan lasisirun saanti, joten keräyslasin määrä uusien pakkauksien valmistuksessa jää nykyään jopa alle 40 %:n.

Lasin valmistusprosessi on erittäin energiaintensiivistä, ja energianlähteen valinta, kuumennusmenetelmä ja lämmön talteenottomenetelmä ovat uunin kannalta sekä ympäristöprofiilin kannalta keskeisiä seikkoja. Suomessa lasinvalmistusprosessi on energiankulutuksen osalta erittäin tehokas.

Käytettyjen raaka-aineiden valmistuksen ja kuljetuksien energiankulutus on vain 15 % lasin valmistusprosessiin nähden.

Silloin kun valmistusprosessissa käytetään keräyslasia, lasinvalmistuksen ympäristökuormitus energiankulutus pienenee jopa 18–22 % ja CO₂ jopa 26 % (keräyslasin määrä 60 %).

Lasipakkausten valmistuksessa käytetty kierrätyslasi vähentää kokonaisprosessin luonnonraaka-aineiden käyttötarvetta 50–70 % (sisältää myös polttoaineiden raaka-aineet).

Lasipakkauksien valmistuksessa voitaisiin käyttää selvästi enemmän keräyslasia, jos sitä olisi saatavana. Keräyslasin käytöllä voitaisiin säästää lisää luonnon raaka-aineita sekä pienentää ympäristövaikutuksia.

Lasipakkauksien valmistus kokonaan neitseellisistä raaka-aineista vaikuttaa valmistusprosessiin tehokkuuteen, uusien pakkauksien valmistuksen aikaa pitenee selvästi ja koko vuosituotanto pienenee. Myös energiantarve valmistusprosessissa lisääntyy, mikä puolestaan kuormittaa enemmän ympäristöä ja vaikuttaa tuotannon kannattavuuteen.

5.4 Betonituotteiden ympäristövaikutukset

5.4.1 Tausta

Kierrätyslasin käyttö hienojakoisena, sementtiä korvaavana seosaineena betonissa tarjoaa mielenkiintoisen hyödyntämismahdollisuuden. Jo lyhyellä tähtämellä, -ts. seuraavien viiden vuoden aikana, on nähtävissä betonirunkoaineen laadun heikkeneminen. Voimakkaimmin tämä ilmenee Etelä-Suomessa, jossa käyttökelpoiset soravarat ovat ehtymässä, ja erityisesti ilmiö korostuu hienojakoisimmissa eli fillerifraktioissa. Tämä johtaa paitsi runkoainemateriaalien hinnan nousuun myös sementin tarpeen kasvuun betonimassassa. Toisaalta myös sementin hinta on nousussa mm. hiilidioksidipäästörajoitusten ja -kaupan vuoksi. Tilanne on pakottanut betoniteollisuuden etsimään ratkaisuvaihtoehtoja edellä esitettyihin haasteisiin. Ratkaisuna nähdään toisaalta erilaisten seosementtien lisääntyvä käyttö ja toisaalta runkoaineen hienon pään parempi hallitseminen. Lasijauhe saattaisi tarjota yhden ratkaisun näihin haasteisiin. Lisäksi lasijauheen käyttö betonissa tarjoaa mahdollisuuden käyttää sellaisia keräyslasierä, jotka eivät kelpaa perinteisille lasin hyödyntäjätahoille. Muille kuin perinteisille käyttökohteille onkin tyypillistä, että kierrätyslasin värierottelua ei tarvita eikä yhtä useampia laatikoita.

Betonin päämateriaalit ovat sementti, runkoaine sekä mahdollisesti lisäaine ja vesi. Jos esimerkiksi vain 0,5 % sementin määrästä korvataan lasimurskeella, energiankulutuksen säästö on noin 2 % ja CO₂-päästöt pienentyvät samalla noin 1,5–2 %. Tämän laskennan oletuksena oli, että lasimurske ei tarvitse jauhatusta. Jos lasimursketta käytetään betonissa enemmän, myös ympäristövaikutusten hyöty on suurempi.

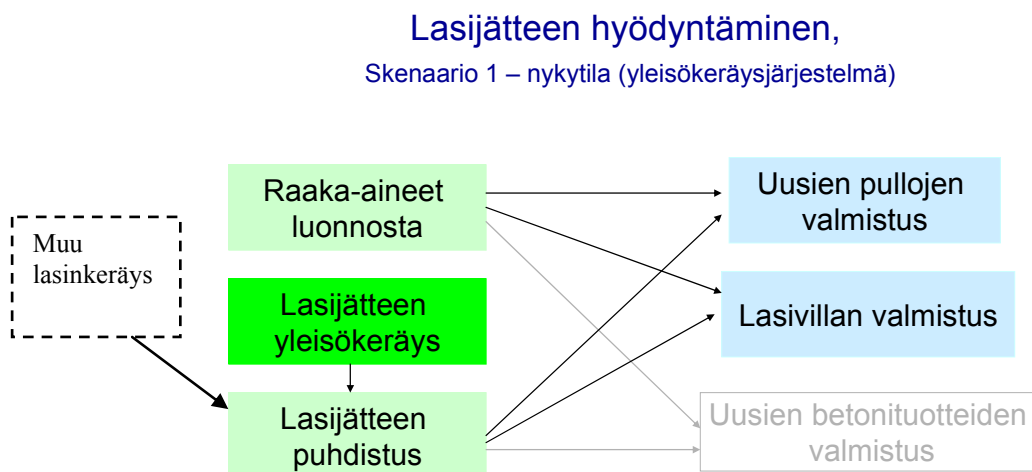
Kuitenkin lasimurskeen käyttö betonissa vaatii lisäselvitystä. Erityistä huomiota lasijauheen käytössä sementtipohjaisissa tuotteissa on kiinnitettävä seuraaviin seikkoihin: lasijauheen hydraulisuus (sementti-ekvivalentti), vaikutus huokostukseen, kutistumaan ja lujuuteen sekä lasijauhetta sisältävän betonin kestävyysominaisuudet, erityisesti säänkestävyys sekä potentiaalinen taipumus alkali-silikareaktioon.

5.5 Keräysskenaariot

Lasipakkausten ympäristövaikutusten tulos riippuu siitä, kuinka paljon lasipakkauksia voidaan kerätä talteen, minkälaista keräysjärjestelmää käytetään sekä kuinka tehokas on lasipakkauksien hyötykäyttö. Keräyksen ekologinen vertailu esitetään kolmen keräysskenaarion avulla: skenaario 1 – lasipakkausten nykyinen keräysjärjestelmä ja hyötykäyttö, skenaario 2 – lasipakkausten keräyksen tehostaminen, kiinteistökohtainen keräysjärjestelmä, sekä skenaario 3 – lasipakkauksia ei kerätä ollenkaan, ei keräystä.

5.5.1 Keräysskenaario 1

Lasipakkausten skenaariossa 1 lasipakkauksia kerätään vain yleisökeräysjärjestelmän avulla. Hyötykäyttäjänä ovat perinteinen lasipakkausten valmistus sekä lasivillaa valmistava teollisuus. Kuvassa 36 esitetään lasipakkausten keräysskenaario 1.



Kuva 36. Skenaario 1 – Lasikeräyksen yleisökeräysjärjestelmä ja jätelasiraaka-aineen hyödyntäminen.

Skenaarion 1:n laskennassa käytettiin lasivillateollisuuden ja pakkauslasiteollisuuden luonnon raaka-aineiden tarpeen lähtökohtana vuoden 2006 toimintaa, jolloin luonnon raaka-aineita käytettiin yhteensä 88 726 tn. Keräyslasiin tarve teollisuudessa oli samana vuonna 87 248 tn. Suurin osa pakkauslasista oli kerätty Alkon keräysjärjestelmän kaut-

ta. VTT:n aikaisemman selvityksen mukaan puhdistukseen tulleesta lasista oli kerätty 64 % Alkon keräysjärjestelmän kautta, 19 % yleisökeräysjärjestelmän kautta ja loput 17 % oli tasolasin keräystä. Silloisen tutkimuksen mukaan lasinpuhdistuksen hukka oli noin 1 %. Taulukossa 36 esitetään lasiteollisuuden raaka-aineiden ja tuotannon määrät nykytilanteen mukaan (Skenaario 1).

Taulukko 36. Skenaarion 1:n massat.

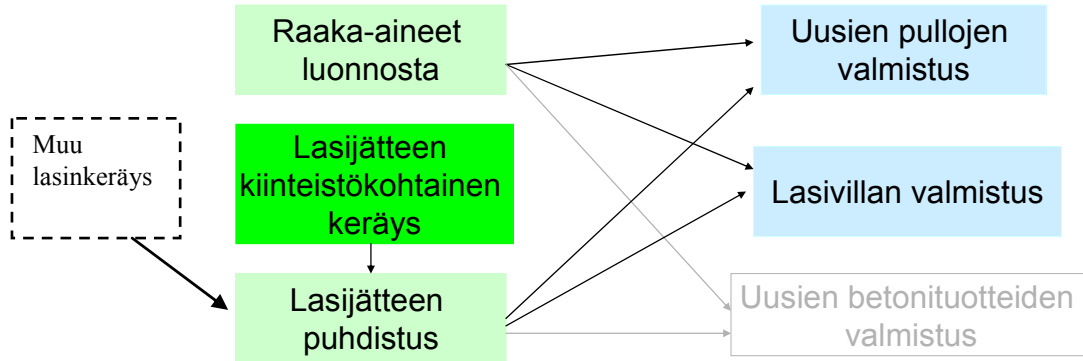
	Lasivillan valmistus t/a	Uusien lasipakkausten valmistus t/a	Yhteensä t/a
Raaka-aineet luonnosta	20 882	67 844	88 726
Keräyslasi	22 619	41 890	64 509
Tasolasi	22 739		22 739
Tuotanto	62 502	98 000	160 502

5.5.2 Keräysskenaario 2

Lasipakkausten skenaariossa 2 (kuva 37) on oletettu, että lasipakkauksia kerätään tehokkaammin. Hyötykäyttäjinä ovat perinteinen lasipakkauksia valmistava sekä lasivillaa valmistava teollisuus. Riippuen lasipakkausten keräysmääristä lasin hyötykäyttäjänä voisi olla myös joku uusi hyödyntäjätaho, esimerkiksi betoniteollisuus; kuitenkin tätä vaihtoehtoa ei otettu skenaarion laskennassa huomioon. Skenaariossa 2 oletetaan, että pakkauslasiteollisuuden ja lasivillateollisuuden tuotantokapasiteetti ei nouse, ainoastaan osa luonnon raaka-aineista korvataan keräyslasilla.

Lasijätteen hyödyntäminen

Skenaario 2 –
tehostettu keräysjärjestelmä (kiinteistökohtainen)



Kuva 37. Skenaario 2 – Kiinteistökohtainen lasikeräysjärjestelmä ja jätelasiraaka-aineen hyödyntäminen.

Taulukossa 37 esitetään lasiteollisuuden raaka-aineiden ja tuotannon määrät tehostetun keräysjärjestelmän mukaan (Skenaario 2). Skenaariossa 2 oletuksena oli, että kerättävän lasimäärään täytyisi kasvaa 21 950 tonnia. Tämä tarkoittaa sitä, että lasia pitäisi kerätä nykyistä paljon tehokkaammin mutta toisaalta lasia tarvitaan vain 30 % enemmän kuin nykyään.

Aikaisemman tarkastelun mukaan yleisökeräysjärjestelmän vuotuinen keräysmäärä on ollut alhainen, < 10 000 tonnia (kuva 2). Toisaalta, kiinteistökohtaisen keräyksen ansiosta koalueelta kerättiin lasipakkauksia jopa yli kaksi kertaa enemmän kuin edellisellä vuonna, jolloin käytössä oli vain yleisökeräysjärjestelmä. Jos oletetaan, että Suomessa on 54 000 kerrostaloa ja niissä asukkaita noin 2,2 miljoonaa ja jokaiseen niistä järjestetään yleisökeräyspisteiden lisäksi myös lasipakkausten kiinteistökohtainen keräysjärjestelmä, silloin lasipakkausten keräyksen saanto, niistä kiinteistöistä ja tämän tutkimuksen valossa, olisi 7 500 tonnia. Vaikka tässä tutkimuksessa ehdotettu yhdistetty kiinteistö- ja yleisökeräysjärjestelmä ei pystynytkään tuottamaan tässä skenaariossa tarvittavaa lasikeräysmäärää, lasipakkausten keräyskapasiteetti ei vielä tule vastaan, vuosittain jää pakkauslasia keräämättä ainakin 30 000 tonnia.

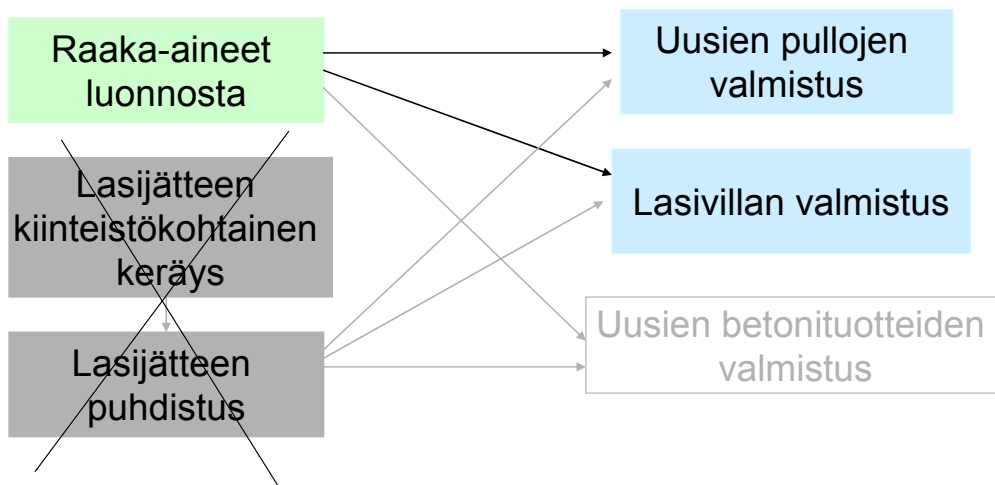
Taulukko 37. Skenaarion 2:n massat.

	Lasivillan valmistus t/a	Uusien lasipakkausten valmistus t/a	Yhteensä t/a
Raaka-aineet luonnosta	14 916	45 384	60 300
Keräyslasi	27 659	58 800	86 459
Tasolasi	22 739		22 739
Tuotanto	62 502	98 000	160 502

5.5.3 Keräysskenaario 3

Lasipakkausten skenaariossa 3 lasipakkauksia ei kerätä ollenkaan. Kuitenkin perinteiset hyödyntäjät, kuten lasivillateollisuus ja lasipakkauksien valmistajat toimivat ja käyttävät keräyslasin sijasta neitseellisiä raaka-aineita. Käyttämällä lasiteollisuudessa vain neitseellisiä raaka-aineita lasiteollisuuden tuotantomäärä putoaa, mikä johtuu lasin valmistuksessa käytetyistä luonnon-raaka-aineiden korkeammasta sulamislämpötilasta, ja samalla raaka-aineiden hävikki kasvaa sulatuksessa kidevesiosuuden ja hiilidioksidipäästön kasvaessa. Mikäli lasivillan tuotannossa siirryttäisiin neitseellisiin raaka-aineisiin 100-prosenttisesti, arvio on että tuotanto laskee 20–25 %. Toisaalta tuotannon laskua voidaan vähän pienentää parantamalla sulatusmuuntajan tehoa. Lasipakkausten valmistuksessa on oletettu, että käyttämällä vain neitseellisiä raaka-aineita tuotanto laskee jopa yli 35 %. Käytännössä suomalainen lasiteollisuus on aina toiminut tilanteessa, jossa keräyslasia on ollut käytettävissä, joten neitseellisten raaka-aineiden 100-prosenttisen käytön todellinen vaikutus toimintaan on vain hyvä arvio. Lasiteollisuuden tuotannon lasku tässä laskennassa on otettu huomioon vain lasipakkausten valmistuksen yhteydessä. Kuvassa 38 esitetään lasipakkausten keräysskenaario 3 ja taulukossa 38 vastaavat lasiteollisuuden raaka-aineiden ja tuotannon massat.

Lasijätteen hyödyntäminen, Skenaario 3 – ei keräysjärjestelmä



Kuva 38. Skenaario 3 – Lasikeräyksen lopettaminen ja luonnanraaka-aineiden käyttö.

Taulukko 38. Skenaarion 3:n massat.

	Lasivillan valmistus t/a	Uusien lasipakkausten valmistus t/a	Yhteensä t/a
Raaka-aineet luonnosta	43 513	100 200	143 713
Keräyslasi	0	0	0
Tasolasi	22 739		22 739
Tuotanto	62 502	60 000	122 502

5.5.4 Lasikeräysskenaarioitten tulos

Lasipakkausten keräysskenaarioitten ympäristövaikutusten vuositulos esitetään taulukossa 39, ja taulukoissa 40–42 esitetään skenaarioin eri vaiheiden suhteelliset osuudet koko prosessin (lasipakkausten keräys ja hyötykäyttö) ympäristökuormista. Taulukossa 43 esitetään tulos suhteutettuna lasipakkausten hyödyntäjien, lasivillavalmistuksen ja lasipakkausten valmistuksen, volyyymiin vuodessa.

Jos lasiteollisuus ei hyödynnä keräyslasiä, teollisuuden vuosituotannon määrä putoaa. Tämä johtuu siitä, että lasinvalmistusprosessissa joudutaan käyttämään luonnon raaka-aineita, joiden sulamiseen tarvitaan korkeampia lämpötiloja kuin keräyslasiä käytettäessä. Lasin luonnonraaka-aineiden sulamiseksi tarvittava lämpötila voi olla jopa yli 1 600

°C [7], mutta silloin kun lasin valmistuksessa käytetään valmista lasia, sulamislämpötilat ovat vain noin 800 °C. Kunkin valmistuserän prosessin lämpötila, lämpötilan nosto- ja pitoaika sekä päivätuotanto riippuvat uunin tehokkuudesta, luonnonraaka-aineiden koostumuksesta sekä luonnon-raaka-aineiden ja kierrätyslasin käyttösuhteesta. Tässä tutkimuksessa, yhdessä tuotevalmistajan kanssa, päädyttiin kuitenkin 24 % pienempään tuotantomäärään, jos keräyslasia ei käytetä ollenkaan (Skenaario 3, taulukko 39).

Taulukko 39. Skenaarioitten 1–3 tulos vuodessa. Skenaario 2P on muuten sama kuin skenaario 2, paitsi kiinteistökohtaista keräystä on tehostettu entisestään.

		Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 2P	Skenaario 3
		NYKYTILA	Kiinteistö+ yleisökeräys	Kiinteistö+ yleisökeräys, parannettu malli	Ei keräystä
Lasipakkausten ja -villan tuotantomäärä	tn/a	160 502	160 502	160 502	122 502
Keräyslasi*	tn/a	64 509	86 459	86 459	0
Luonnon raaka-aineet	tn/a	88 726	60 300	60 300	166 452
Tasolasi	tn/a	22 739	22 739	22 739	22 739
KOKONAISTULOS VUODESSA					
Energia					
uusiuutuva	TJ/a	198	197	194	206
uusiuutumaton	TJ/a	1 849	1 838	1 793	1 933
Päästöt ilmaan					
CO ₂	tn/a	89 924	89 371	86 861	97 102
CO	kg/a	101 607	98 776	96 828	105 026
NO _x	kg/a	350 807	342 697	330 985	393 468
SO ₂	kg/a	141 167	120 493	119 885	221 530
NMVOC	kg/a	74 708	74 363	73 695	76 019
CH ₄	kg/a	369 425	367 420	358 231	358 172
N ₂ O	kg/a	2 804	2 803	2 779	3 186
hiukkaset	kg/a	98 426	94 884	93 890	112 884
raskasmetallit	kg/a	533	533	532	845
Uusiutumattomat raaka-aineet	tn/a	117 336	99 465	98 610	196 674

* Sisältää yleisökeräyksen kautta kerättävän lasin, Alkon järjestelmän kautta kerättävän lasin sekä muun lasikeräyksen.

Taulukko 40. Ympäristökuormien osuudet skenaariossa 1.

Skenaario 1	Lasi- pakkaus- ten yleisö- keräys	Lasipak- kausten kuljetus puhdis- tukseen	Sirun kuljetus lasin valmis- tukseen	Pakkaus- lasin val- mistus*	Sirun kul- jetus villan valmis- tukseen	Villan valmistus	Yhteensä
Energia							
uusiutuva				21 %		79 %	100 %
uusiutumaton	0,3 %	0,6 %	0,5 %	38 %	0,1 %	61 %	100 %
Päästöt ilmaan							
CO ₂	0,4 %	0,9 %	0,6 %	45 %	0,1 %	53 %	100 %
CO	0,3 %	0,3 %	0,2 %	32 %	0,03 %	67 %	100 %
NO _x	0,7 %	2,5 %	1,8 %	42 %	0,3 %	53 %	100 %
SO ₂	0,03 %	0,1 %	0,1 %	35 %	0,01 %	65 %	100 %
NM _{VO} C	0,3 %	0,3 %	0,2 %	11 %	0,03 %	88 %	100 %
CH ₄	0,002 %	0,006 %	0,004 %	46 %	0,001 %	54 %	100 %
N ₂ O	0,3 %	1,3 %	0,9 %	0 %	0,1 %	97 %	100 %
hiukkaset	0,1 %	0,1 %	0,1 %	24 %	0,01 %	76 %	100 %
raskasmetallit		0,0002 %	0,0002 %	70 %	0,00002 %	30 %	100 %
Uusiutumattomat raaka-aineet	0,1 %	0,2 %	0,2 %	68 %	0,02 %	32 %	100 %

* Pakkauslasin valmistus sisältää myös keräyslasin puhdistuksen ympäristövaikutukset.

Taulukko 41. Ympäristökuormien osuudet skenaariossa 2.

Skenaario 2	Lasipak- kausten kiinteistö- kohtainen keräys	Kuljetus puhdistuk- seen	Sirun kuljetus pullojen valmis- tukseen	Pakkaus- lasin val- mistus *	Sirun kul- jetus villan valmis- tukseen	Villan valmistus	Yhteensä
Energia							
uusiutuva				21 %		79 %	100 %
uusiutumaton	1,6 %	0,8 %	0,7 %	38 %	0,1 %	59 %	100 %
Päästöt ilmaan							
CO ₂	2,6 %	1,1 %	0,9 %	45 %	0,1 %	50 %	100 %
CO	2,0 %	0,4 %	0,3 %	33 %	0,04 %	64 %	100 %
NO _x	4,2 %	3,2 %	2,6 %	43 %	0,3 %	47 %	100 %
SO ₂	0,20 %	0,2 %	0,1 %	41 %	0,02 %	59 %	100 %
NMVOC	1,8 %	0,3 %	0,3 %	11 %	0,03 %	86 %	100 %
CH ₄	0,011 %	0,007 %	0,006 %	46 %	0,001 %	54 %	100 %
N ₂ O	2,0 %	1,6 %	1,3 %	0 %	0,2 %	95 %	100 %
PM ₁₀	0,4 %	0,2 %	0,1 %	25 %	0,02 %	74 %	100 %
raskametallit		0,0003 %	0,0002 %	70 %	0,00003 %	30 %	100 %
Uusiutumatto- mat raaka-aineet	0,7 %	0,3 %	0,3 %	80 %	0,03 %	19 %	100 %

* Pakkauslasin valmistus sisältää myös keräyslasin puhdistuksen ympäristövaikutukset.

Taulukko 42. Ympäristökuormien osuudet skenaariossa 2, parannettu malli.

Skenaario 2 Parannettu malli	Lasipak- kausten kiinteistö- kohtainen keräys	Lasipak- kausten kuljetus puhdistuk- seen	Sirun kul- jetus pullo- jen valmis- tukseen	Pakkaus- lasin val- mistus *	Sirun kuljetus villan valmis- tukseen	Villan valmistus	Yhteensä
Energia							
uusiutuva				20 %		80 %	100 %
uusiutumaton	1,0 %	0,8 %	0,7 %	37 %	0,1 %	60 %	100 %
Päästöt ilmaan							
CO ₂	1,6 %	1,1 %	0,9 %	45 %	0,1 %	51 %	100 %
CO	1,2 %	0,4 %	0,3 %	32 %	0,04 %	66 %	100 %
NO _x	2,5 %	3,3 %	2,7 %	43 %	0,3 %	49 %	100 %
SO ₂	0,12 %	0,2 %	0,1 %	40 %	0,02 %	59 %	100 %
NM _{VOC}	1,0 %	0,3 %	0,3 %	11 %	0,03 %	87 %	100 %
CH ₄	0,006 %	0,007 %	0,006 %	45 %	0,001 %	55 %	100 %
N ₂ O	1,2 %	1,6 %	1,3 %	0,03 %	0,2 %	96 %	100 %
hiukkaset	0,2 %	0,2 %	0,1 %	24 %	0,02 %	75 %	100 %
raskasmetallit		0,0003 %	0,0002 %	70 %	0,00003 %	30 %	100 %
Uusiutumattomat raaka-aineet	0,4 %	0,3 %	0,3 %	80 %	0,03 %	19 %	100 %

* Pakkauslasin valmistus sisältää myös keräyslasin puhdistuksen ympäristövaikutukset.

Taulukko 43. Skenaarioiden tulos tuotetonna kohti (lasipakkaukset + lasivilla).

		Skenaario 1	Skenaario 2	Skenaario 2P	Skenaario 3
		NYKYTILA	Kiinteistö+ yleisökeräys	Kiinteistö+ yleisökeräys, parannettu malli	Ei keräystä
Määrää	tn/a	160 502	160 502	160 502	122 502
Keräyslasi	tn/a	64 509	86 459	86 459	0
Luonnon raaka-aineet	tn/a	88 726	60 300	60 300	166 452
KAATOPAIKKA	tn/a	872	1 092	1 092	87 551
TULOS PER TUOTANTOMÄÄRÄ (lasipakkaukset + lasivilla)					
Energia					
uusiutuva	GJ/tn	1,2	1,2	1,2	1,7
uusiutumaton	GJ/tn	11,5	11,5	11,2	15,8
Päästöt ilmaan		0	0	0	0
CO ₂	kg/tn	560	557	541	793
CO	g/tn	633	615	603	857
NO _x	g/tn	2 186	2 135	2 062	3 212
SO ₂	g/tn	880	751	747	1 808
NM ₂ OC	g/tn	465	463	459	621
CH ₄	g/tn	2 302	2 289	2 232	2 924
N ₂ O	g/tn	17	17	17	26
hiukkaset	g/tn	613	591	585	921
raskasmetallit	g/tn	3	3	3	7
Uusiutumattomat raaka-aineet	kg/tn	731	620	614	1 605

6. Päätelmät ja suositukset

6.1 Ekologisuuden arvio

Lasin keräys ja kierrätys yleensäkin koetaan mielekkääksi useasta syystä. Kierrätettävien raaka-aineiden käyttö vähentää neitseellisten raaka-aineiden tarvetta ja kiinteiden jätteiden kertymistä. Toisaalta, jotta lasipakkauksia voidaan kierrättää, niiden keräys, puhdistus sekä käsittely vaativat energiaa ja aiheuttavat päästöjä sekä kustannuksia. Kierrätysmateriaalin käyttäjän kannalta jäteraaka-aine ei saa maksaa enemmän kuin vastaavat neitseelliset raaka-aineet ja toisaalta keräys, käsittely ja kuljetussuoritteet eivät saa aiheuttaa enempää ympäristöpäästöjä kuin syntyy neitseellisiä raaka-aineita käytettäessä.

Lasipakkausten nykyinen yleisökeräysjärjestelmä on hyvä tapaa kerätä lasipakkauksia, toisaalta vuosisaannot ovat jääneet pieniksi. Kiinteistökohtaisen keräyksen ansiosta lasipakkauksien saantoa voidaan kasvattaa jopa yli kolme kertaa, mutta kiinteistökohtainen keräys aiheuttaa enemmän ympäristökuormia, jos tyhjennyksiä hoidetaan kerran kuukaudessa ja tässä tutkimuksessa käytössä olleella tavalla. Toisaalta, kuljetuksista johtuvaa ympäristökuormaa voidaan vähentää suunnittelemalla logistinen järjestelmä paremmin (esim. valikoivan keräyksen kaltainen järjestelmä).

Lasiteollisuuden suurimmat ympäristöongelmat ovat päästöt ilmakehään ja energiankulutus. Lasin valmistus tapahtuu korkeissa lämpötiloissa ja kuluttaa paljon energiaa, siitä aiheutuu palamistuotteiden sekä korkeassa lämpötilassa syntyneiden typpioksidien, rikkioksidien ja hiilidioksidien päästöjä ilmakehään. Uunin päästöt sisältävät lisäksi myös pölyä ja pieniä pitoisuuksia metalleja.

Merkittävä osa lasiteollisuuden päästöistä aiheutuukin valmistusprosessista itsestään (85–88 %). Neitseellisten raaka-aineiden korvaaminen keräyslasilla vähentää erityisesti CO₂-päästöjä. Tämä aiheutuu siitä, että sulatusenergia tarvitaan vähemmän ja toisaalta siitä, että kierrätyslasista itsestään ei vapaudu kemiallisesti sitoutunutta hiilidioksidia kuten neitseellisiin raaka-ainekoostumuksiin kuuluvasta soodasta, kalsiitista ja dolomiitista. Ympäristöprofiiliin vaikuttaa myös se, että esim. soodan tuotanto vaatii runsaasti energiaa, joka säästetään, kun se korvataan kierrätyslasilla. Käyttämällä keräyslasia villan ja lasipakkauksien valmistuksessa voidaan vähentää myös neitseellisten raaka-aineiden käyttötarvetta, ainakin 50 % (riippuen keräyslasin käyttöasteesta).

Kokonaistarkasteluissa (keräys ja hyötykäyttö) lasipakkausten keräysjärjestelmän ja kuljetuksien ympäristövaikutukset ovat pienet, < 10 %, mikä johtuu energiaintensiivisistä lasiteollisuudesta. Lasiteollisuuden ympäristövaikutuksia voidaan pienentää lisäämällä keräyslasin käyttömääriä. Villateollisuudessa keräyslasin käyttökapasiteetti on

melkein saavutettu, lasipakkauksia valmistava teollisuus sen sijaan voisi hyödyntää kirkasta lasisirua huomattavasti enemmän; ehtona on puhtaan sirun saanti.

Kierrätykseen liittyy myös kokonaistaloudellisia tekijöitä, joita ei otettu tässä tarkastelussa huomioon. Esim. kierrätysasteen nosto säästää luonnonraaka-aineita, vähentää kaatopaikkakustannuksia, energiantarvetta teollisuudessa sekä ympäristökuormia. Toisaalta, jos lasipakkausmateriaalin käyttö kierrätysmateriaalina lopetetaan kokonaan, lasia hyödyntävän teollisuuden vuosituotantomäärä putoaa selvästi, teollisuus joutuu lisäämään valmistuksen investointeja huomattavasti ja taloudellinen kannattavuus kärsii.

6.2 Vaikutus asukkaisiin

Keräysalueen asukkaat suhtautuivat myönteisesti kiinteistökohtaiseen lasinkeräykseen. Asukkaat eivät kokeneet keräystä mitenkään häiritseväksi. Kyselyyn mukaan melkein kaikki vastaajat ilmoittivat, että he pitivät huolta lasi- ja metallipakkausten puhtaudesta huuhtelemalla ne ennen keräykseen laittamista. Tämä puolestaan vaikutti siihen, että pakkauksien keräyksessä ei todettu erityisiä hajuhaittoja.

Pientä haittaa asukkaille aiheutti se, että kiinteistökohtaisesti kerättiin vain kirkasta lasia, ja alueen asukkaat toivoivatkin, että myös värillisen lasin keräys järjestettäisiin kiinteistökohtaiseksi.

Alueen asukkaat kokivat informaation jakamisen puutteelliseksi, mikä saattoi vaikuttaa keräyspuhtauteen (kirkas/värillinen) ja määrään. Toisaalta kirkkaan keräyslasiin epäpuhtaudet värilliseen verrattuna olivat pienet. Epäpuhtauksia aiheutti myös asukkaiden piittaamattomuus: kaikki asukkaat eivät vaivautuneet erottelemaan lasipakkauksia kirkkaihin ja värillisiin ja laittoivat kaikenväriset lasipakkaukset samaan keräysastiaan.

Toistaiseksi kaikki lasisiru puhdistetaan ennen käyttöä, joten pienet määrät värillistä lasia kirkkaan joukossa eivät aiheuta nykyisille hyödyntäjille jatkokäyttöongelmia. Mutta, jos värillisen lasin määrät ovat kirkkaan lasin keräyksessä suuria, ennen lasisirun hyödyntämistä tarvitaan lasisirun lisäpuhdistuksia, mikä toisaalta lisää sirun hintaa sekä myös ympäristövaikutuksia.

Kun vain vähän yli puolet vastaajista ilmoitti, että he veivät värillisen lasin asianmukaiseen keräykseen, voidaan olettaa, että osaa pakkauslasia päätyy edelleen sekajätteiden joukkoon lajitteluun haluttomuuden takia.

Loppupäätelmänä voidaan todeta, että vastaajien mielestä kiinteistökohtainen lasipakkausten ja pienmetallin keräys oli heille positiivinen kokemus ja keräyksen haluttiin jatkuvaan myös tämän kokeen jälkeen.

6.3 Taloudellinen arvio

Tutkimuksessa tarkasteltiin lasin kiinteistökohtaiseen keräykseen liittyviä taloudellisia tekijöitä kolmen toimintamallin avulla. Tämä salli työn rajaamisen riittävän suppeaksi, mikä puolestaan mahdollisti keskittymisen keräysjärjestelmän yksityiskohtien tarkasteluun. Kuitenkin lasin keräysjärjestelmä on huomattavasti laajempi kysymys kuin pelkästään kiinteistökohtainen fyysinen keräys; siihen liittyy useita tekijöitä sekä ennen keräystä että keräyksen jälkeen. Esimerkkinä tällaisesta on kysymys, olisiko lasi pitkällä tähtäimellä korvattavissa muilla materiaaleilla. Jos näin tiedettäisiin tapahtuvan, koko keräyssysteemi olisi mahdollisesti turha. Esimerkkinä keräyksen jälkeisistä tekijöistä ovat erilaiset hyötykäyttöön liittyvät kysymykset. Näitä kysymyksiä tarkastellaan tässä tutkimuksessa, mutta niitä ei sisällytetty keräyksen kustannusmalleihin. Malleissa ei arvioitu myöskään yleisökeräyksen taloudellisia vaikutuksia. Yleisökeräys on huomioitu tutkimuksessa, mutta keräysmallien taloudellisista arvioista ne puuttuvat.

Tutkimuksen aineiston perusteella on melko helppoa arvioida, miten keräys tulisi toteuttaa. Esitämme seuraavaksi yhteenvetona tärkeimmät johtopäätökset.

Keräyksen kustannukset

- Kun keräys toteutetaan valikoivasti, kustannukset asukasta kohti sekä kustannukset kerättävää tonnia kohti vaikuttavat kohtuullisilta. Ne ovat edullisimmassa vaihtoehdossa 0,4 euroa/asukas sekä 126 euroa/tonni. Kun lasi ja metalli kerätään yhdessä, kustannukset laskevat noin 40–50 % edellisistä.
- Oikein toteutettuna keräyksen ajokilometrit ovat kohtuulliset. Ajokilometrien (ja ajamiseen käytettävän ajan) minimoiminen on tehokkaan keräyksen edellytys. Tässä on kaksi keskeistä tekijää. Ensinnäkin lähtökohtaisesti vain tietyn täyttöasteen (esimerkiksi 80 %) ylittävät astiat tyhjennetään. Tämä edellyttää asukaskäyttämisen tuntemista, ja tutkimuksen perusteella asunto-osakeyhtiön koko ja asukkaiden lukumäärä ovatkin melko hyvät indikaattorit kertyvästä määrästä. Toiseksi erilaisten siirtymämatkojen minimoiminen on tärkeää. Keskeinen kysymys on, mihin ja milloin keräysauto tulee tyhjentää. Tutkimuksessa on esitetty ratkaisuksi ns. välivarastoa, jonka tulee sijaita loogisesti kuljettajan ajoreitin varrella, esimerkiksi varikolla.
- Jatkokuljetus jatkokäsittelyyn kannattaa hoitaa keräyksestä erillisenä toimenpiteenä toimintaan tarkoituksenmukaisella kalustolla, jonka täyttöaste maksimoidaan.

- Keräys on vain osa kokonaiskustannuksista. Esittämämme keräyskustannukset asukasta kohti (n. 0,4 euroa/asukas) ovat vain osa koko lasinkeräyksen kustannuksista. Lasin jatkokäsittely kuljetuksineen muodostaa hyvin suuren kustannuserän, joka todennäköisesti tulee myös jyvittää keräyksen kustannuksiin.
- Keräys kannattaa toteuttaa vain, jos kaikki kerättävä hyötykäytetään. Tutkimuksen aikana on syntynyt käsitys, että asianmukaisesti kerätylle ja käsitellylle lasille on riittävästi kysyntää, mutta kuitenkin tämä tulee varmistaa riittävällä aika-jänteellä.

Lasin puhtaus

- Lasin puhtaus oli mittauksissa noin 95–96 %. Asukaskyselyn perusteella voidaan olettaa, että puhtausaste paranee vielä tästä asukkaiden tehokkaamman informoinnin ja tottumuksien seurauksena.
- Värillisen lasin keräyksen toteuttaminen kannattaa harkita. Sitä kertyy vähän, koska suurin osa värillisestä lasista on jo nykyään pantillista ja keräys hoituu sitä kautta. Toisaalta, jos keräys toteutetaan vain yleisökeräyksen avulla, on vaarana, että kirkkaan lasin puhtausaste kärsii.

Keräyksen tehostuminen

- Asukaskohtaisen keräyksen seurauksena volyyymi kasvoi hieman yli kaksinkertaiseksi. Tutkimusalueella kertyi lasia n. 1,8 kg/asukas vuonna 2005, ja tutkimuksen aikana vuonna 2006 kertymä oli 3,6 kg/asukas.

Taloyhtiön optimaalinen koko

- Tutkimuksen alussa pohdittiin, mikä olisi sopiva taloyhtiön koko ja kokeilussa päädyttiin taloyhtiöihin, joissa on 20 tai enemmän asuntoa. Tutkimuksen aikana harkittiin, kannattaisiko minimiraja nostaa suuremmaksi.
- Pienempien taloyhtiöiden saanto oli alhainen, mutta tästä huolimatta näiden sisällyttäminen keräysjärjestelmään on perusteltua. Keräys kannattaa toteuttaa sillä lailla, että asunto-osakeyhtiöt luokitellaan keräyssaannon mukaan tutkimuksessa esitettyihin luokkiin. Taloyhtiöt voivat myös itse määritellä keräysluokan kuljetusliikkeen kanssa ja siten vaikuttaa lasiastioiden keräystiheyteen.
- Taloyhtiön optimaaliseen kokoon vaikuttavat olennaisesti se, kuka maksaa keräyksestä aiheutuneet kustannukset, sekä se kuinka paljon lasia halutaan kerätä. Jos taloyhtiöt maksavat kustannukset itse, raja voisi olla alhainen, esimerkiksi kokeilussa asetettu 20 asuntoa. Jos puolestaan yhteiskunta maksaa keräyskustannukset ja jos talokohtainen keräyksen minimimäärä on kolme keräystä vuo-

nessa, nostamalla raja 40 asunnoksi ja/tai 60 asukkaaksi saadaan keräyksen välittömät kustannukset laskemaan hieman alle 50 %. Kun kustannukset kuitenkin ovat noin 7 euroa tyhjennystä kohti, talokohtaisia kustannuksia ei voida pitää kohtuuttomina. Tätä vahvistaa se, että kokeilun jälkeen noin 80 % tavoitetuista taloyhtiöistä jatkoi keräystä maksullisena.

Lasin ja metallin yhteiskeräys

- Metallin ja lasin kannattaa kerätä yhdessä. Teho on paras mahdollinen silloin kun molempien välivarastot sijaitsevat samassa paikassa. Yhteiskeräyksen kustannusvaikutus on noin 40–50 % säästöä erilliskeräykseen verrattuna.

Keräys pääkaupunkiseudulla

- Keräysjärjestelmän laajentaminen koko pääkaupunkiseudulle on mahdollista.
- Yhden keräysalueen optimaalinen koko on noin 20 000 kerrostaloasukasta. Tässä riittää valikoiva tyhjennys noin yhden kerran kuukaudessa (neljän viikon välein) (tutkimusalueella oli noin 40 000 asukasta, mikä edellyttää kahta tyhjennystä).
- Pääkaupunkiseutu kannattaa jakaa noin 20 000 kerrostaloasukkaan muodostamiin alueisiin, jotka tyhjenetään yhden päivän aikana valikoivasti kerran kuukaudessa (tai neljän viikon välein).
- Jos arvioidaan, että tällaisia alueita olisi pääkaupunkiseudulla noin 20–25 kpl, silloin tarvittaisiin teoriassa kaksi autoa hoitamaan koko pääkaupunkiseudun lasi- ja metallikeräys.

Valtakunnallinen keräys

- Kiinteistökohtaista valikoivaa keräysjärjestelmää voidaan soveltaa myös pienemmissä kaupungeissa, joissa asukasluku ja asuntotyyppien rakenne vastaa edellä mainittuja.
- Käytännössä syntyy ongelma keräysauton hyödyntämisestä muuna aikana, noin 20–22 työpäivänä kuukaudessa, jolloin autolle tulee löytää muuta käyttöä.

Lähdeluettelo

1. Vares, S., Lehtinen, J., Granqvist, J., Teerimo, S. & Koskinen, P. Lasipakkausten nykyisten keräysjärjestelmien kustannusvaikutukset ja tehokkuus. 2005. VTT. Sisäinen raportti RTE40–IR–4/2005.
2. Pääkaupunkiseudun kotitalouksien sekajätteen määrä ja laatu. YTV. Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 2004:13.
3. Ohlström, M. & Savolainen, I. Teknologia kasvihuonepäästöjen vähentämiseen. Taustatyö kansallisen ilmastostrategian päivitystä varten. KTM Energiaosasto, Julkaisu 1/2005. 182 s.
4. Saint-Gobain Isover Oy. Toimintaraportti 2005.
5. Ceuterick D. et al. Life Cycle Analysis and its potentials for sustainable development.
6. Cirsium. 1991. Energie- und Schadstoffbilanz von isofloc Schlussbericht und Zusammenfassung. Publ. Ökologische Bautechnik GmbH, Germany.
7. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry. December 2001.

Tekijä(t) Vares, Sirje & Lehtinen, Jarkko		
Nimeke Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset		
Tiivistelmä <p>Tutkimuksessa selvitettiin lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostamismahdollisuuksia ja lasin ympäristövaikutuksia sekä tulosten perusteella laadittiin vertailu koealueen taloudellisista, ekologisista sekä yhteiskunnallisista vaikutuksista kiinteistökohtaisessa lasipakkauskeräyksessä. Selvityksen peruskysymykset olivat, kannattaako kiinteistökohtainen keräys koko pääkaupunkiseudun alueella ja mitkä ovat kiinteistökohtaisen keräyksen vaikutukset asukkaisiin sekä ympäristöön? Keräyksen ekotehokkuutta ei voida päätellä ainoastaan keräysjärjestelmän avulla, vaan selvityksessä otettiin huomioon kaikki prosessiin osallistuvat tahot ja heidän toimintansa. Täten tutkimus käsittelee myös lasipakkausten hyödyntäjien toimintoja, kuten uusien lasipakkausten valmistusta, lasivillan valmistusta, villan ja lasipakkausten valmistuksessa käytettyjen luonnon raaka-aineiden valmistusta sekä käytetyn keräyslasiin puhdistusta ja lisäksi kaikkia kuljetussuoritteita (keräyksestä hyödyntäjille).</p> <p>Tuloksena esitetään ekologinen sekä taloudellinen vertailu</p> <ul style="list-style-type: none"> • lasipakkausten nykyisestä keräysjärjestelmästä ja hyötykäytöstä – nykytilanne • lasipakkausten keräyksen tehostamisesta – kiinteistökohtainen keräys • sekä tilanteesta, jossa lasipakkauksia ei kerätä ollenkaan – ei keräystä. <p>Tulosta voidaan käyttää lasipakkausten keräysjärjestelmän uudistamisessa päätöksenteon tukena.</p>		
ISBN 978-951-38-6951-9 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Research Notes 1455-0865 (URL: http://www.vtt.fi/publications/index.jsp)		Projektinumero 1166
Julkaisuaika Elokuu 2007	Kieli Suomi	Sivuja 122 s.
Projektin nimi LASI2		Toimeksiantaja(t)
Avainsanat refuse collection and disposal, transport, glass ware, environmental impacts, Life Cycle Assessment, economical effects, Helsinki metropolitan area, real estates, public collection network, regional collection points, glass recycling		Julkaisija VTT PL 1000, 02044 VTT Puh. 020 722 4404 Faksi 020 722 4374

VTT Tiedotteita – Research Notes

- 2385 Löfman, Jari, Keto, Vesa & Mészáros, Ferenc. FEFTRATM. Verification. 2007. 103 p. + app. 4 p.
- 2386 Loikkanen, Torsti, Hyytinen, Kirsi & Koivusalo, Salla. Yhteiskuntavastuu ja kilpailukyky suomalaisyrityksissä. Nykytila ja kehitysnäkymät. 2007. 118 s.
- 2387 Henttonen, Katja. Stylebase for Eclipse. An open source tool to support the modeling of quality-driven software architecture. 2007. 61 p. + app. 15 p.
- 2388 Lanne, Marinka & Kupi, Eija. Miten hahmottaa security-alaa? Teoreettinen malli Suomen security-liiketoiminta-alueista. 2007. 52 s. + liitt. 1 s.
- 2389 Leikas, Jaana & Lehtonen, Lauri. Ikääntyvien idealiike. Käyttäjälähtöisellä innovoinnilla elämänmakuisia mobiilipalveluja. 2007. 34 s.
- 2390 Tuominen, Anu, Ahlqvist, Toni, Rämä, Pirkko, Rosenberg, Marja & Räsänen, Jukka. Liikennejärjestelmän teknologiapalvelujen vaikutusarvioinnit tulevaisuudessa. 2007. 64 s. + liitt. 5 s.
- 2391 Mikkola, Markku & Pirttimäki, Antti. Tuotekehitys Kiinassa. Uhka, mahdollisuus vai yhdentekevä? 2007. 31 s.
- 2392 Kettunen, Jari, Rakshit, Krishanu & Uoti, Mikko. Electronic India. Market trends and industry practices in IT services, telecoms and online media. 2007. 98 p. + app. 2 p.
- 2394 Herrala, Maila. The value of transport information. 2007. 87 p. + app. 5 p.
- 2395 Aarnisalo, Kaarina, Heiskanen, Seppo, Jaakkola, Kaarle, Landor, Eva & Raaska, Laura. Traceability of foods and foodborne hazards. 2007. 46 p. + app. 2 p.
- 2396 Nylund, Nils-Olof, Erkkilä, Kimmo, Clark, Nigel & Rideout, Greg. Evaluation of duty cycles for heavy-duty urban vehicles. Final report of IEA AMF Annex XXIX. 2007. 81 p. + app. 10 p.
- 2397 Helynen, Satu, Flyktman, Martti, Asikainen, Antti & Laitila, Juha. Metsätalouteen ja metsäteollisuuteen perustuvan energialiiketoiminnan mahdollisuudet. 2007. 66 s.
- 2398 Jansson, Kim, Mikkola, Markku & Ryynänen, Tapani. Verkostoyhteistyöllä Kiinaan? SeaChi-projektin loppuraportti. 2007. 46 s. + liitt. 6 s.
- 2400 Ailisto, Heikki, Matinmikko, Tapio, Häikiö, Juha, Ylisaukko-oja, Arto, Strömmer, Esko, Hillukkala, Mika, Wallin, Arto, Siira, Erkki, Pöyry, Aki, Törmänen, Vili, Huomo, Tua, Tuikka, Tuomo, Leskinen, Sonja & Salonen, Jarno. Physical browsing with NFC technology. 2007. 70 p.
- 2401 Häkkinen, Tarja, Vares, Sirje, Huovila, Pekka, Vesikari, Erkki, Porkka, Janne, Nilsson, Lars-Olof, Togerö, Åse, Jonsson, Carl, Suber, Katarina, Andersson, Ronny, Larsson, Robert & Nuorkivi, Isto. ICT for whole life optimisation of residential buildings. 2007. 207 p.
- 2403 Toivonen, Santtu. Web on the Move. Landscapes of Mobile Social Media. 2007. 56 p. + app. 3 p.
- 2404 Vares, Sirje & Lehtinen, Jarkko. Lasipakkausten keräysjärjestelmän tehostaminen ja lasin hyötykäytön ympäristövaikutukset. 2007. 122 s.

Julkaisu on saatavana

VTT
PL 1000
02044 VTT
Puh. 020 722 4404
Faksi 020 722 4374

Publikationen distribueras av

VTT
PB 1000
02044 VTT
Tel. 020 722 4404
Fax 020 722 4374

This publication is available from

VTT
P.O. Box 1000
FI-02044 VTT, Finland
Phone internat. + 358 20 722 4404
Fax + 358 20 722 4374
