

VTT RAKENNUS- JA YHDYS- KUNTATEKNIikka

Tutkimusraportti RTE 3663/01

Jätelogistiikan kehittäminen

Jani Granqvist, Inna Berg ja Outi Uusitalo



VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS
ESPOO 2001

Jätelogistiikan kehittäminen

Jani Granqvist, Inna Berg ja Outi Uusitalo

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Liikenne ja logistiikka

Tutkimusraportti RTE 3663/01

Espoo, 2001

Jani Granqvist, Inna Berg ja Outi Uusitalo 2001. Jätelogistiikan kehittäminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Liikenne ja logistiikka, Tutkimusraportti RTE 3663/01. 74 s. + liitt. 2 s.

UDK

Avainsanat jätehuolto, logistiikka, jätelogistiikka, telematiikka, keräys, kuljetus

Tiivistelmä

Jätteiden määrän vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä huolimatta niiden kuljetustarve kasvaa mm. jätteiden syntypaikkalajittelun pirstoessa entisen yhtenäisen jätevirran useaan ohuempaan materiaalivirtaan. Lisäksi lähinnä lainsäädännöllisistä syistä johtuen kaatopaikkojen määrä on vähentynyt huomattavasti viimeisen vuosikymmenen aikana, mikä pidentää kuljetusmatkoja jätteenkäsittelypaikkoihin. Jätehuollon logistisia järjestelmiä onkin jatkossa kehitettävä vastaamaan muuttuneita vaatimuksia.

Jätelogistiikan kehittäminen -projektin tavoitteena oli tutkia edistyksellistä jätehuollon logistista ketjua, joka olisi asteittain sovellettavissa käytäntöön. Tarkastelukohteina olivat erilaiset telematiikkasovellukset ja uudet kuljetusteknologiat (mm. yhdistetyt kuljetukset).

Jätevirran hallinnan ja siihen liittyvän tiedonhallinnan merkitys on kasvussa. Telematiikka (tieto- ja tietoliikennetekniikan hyödyntäminen) eli tässä tapauksessa keräysvälineiden tunnistus ja punnitus, tiedonsiirto sekä tiedon prosessointi, tallennus ja jakaminen ovat jätevirran hallinnan avainasemassa olevia elementtejä.

Aikaisempaan tilanteeseen luodut jätehuollon kuljetusjärjestelmät eivät välttämättä enää täytä kustannustehokkaan ja kestäväen jätehuollon järjestämisen kriteereitä, joten uusia, osin jo muilla toimialoilla koeteltuja kuljetusratkaisuja, tulisi harkita vaihtoehtoina jätehuollon järjestelmiä kehitettäessä. Keräystoimintojen ja runkokuljetusten kehittäminen on mietittävä omina kokonaisuuksinaan unohtamatta kuitenkaan järjestelmien yhteensopivuutta. Taajamat ja haja-asutusalueet poikkeavat asukastiheydeltään ja jättekertymiltään toisistaan, joten ne vaativat osaltaan erilaisten kuljetusratkaisujen käyttöönottoa.

EU:n vaatimukset luovat uusia mahdollisuuksia suomalaisen jätehuolto-osaamisen hyödyntämiselle. EU-säädösten jatkuvasti kiristyessä hyvälle innovaatioille on kysyntää myös kehittyneempien järjestelmien maissa, vaikka vientipotentiaalin määrittämistä vaikeuttaa maittain vaihtelevat tavoitteiden toteutustavat ja alueelliset kehityserot. Suomalaisen pienten jätehuoltoalan yritysten läpimurtoa ja menestystä maailmalla edesauttaisi useamman, toisiaan tukevaa tietotaitoa omaavan yrityksen yhdistäminen markkinointipooliksi.

Jani Granqvist, Inna Berg ja Outi Uusitalo 2001. **Jätelogistiikan kehittäminen.** [The development of the waste logistics.] Technical Research Centre of Finland, Communities and Infrastructure, Liikenne ja logistiikka Tutkimusraportti RTE 3663/01. 74 p. + apps. 2 p.

UDK

Keywords waste management, logistics, telematics, collection, transportation

Abstract

Despite efforts to reduce the amount of waste, the need for waste transportations is increasing, among other things because waste sorted at the place of origin requires splitting the former consistent flow of waste into several narrower material flows. Furthermore, owing mainly to legislative reasons, the number of landfills has decreased considerably during the last decade, thus further increasing the transportation distances to waste treatment sites. The logistics systems of waste management will therefore have to be developed in order to meet the increased requirements.

The goal of the development of the waste logistics project was to study the progressive logistics chain of waste management, which could gradually be applied in practice. Various telematics applications and new transportation technologies (combined transportations among other things) were the subjects of observation.

The meaning of waste-flow management and information management related to it is broadening. Telematics (the utilization of information and telecommunication management), in this case meaning the recognition and weighing of collection equipment, information transfer, as well as processing, recording, and distribution of information are all key elements in waste-flow management.

Traditional waste management systems no longer necessarily fulfil the criteria for providing cost-effective and durable waste management, which means that new transportation systems, already partly tested in other sectors, ought to be considered as alternatives in developing waste management systems. The development of collection activities and trunk transports have to be considered in their own entities, as well as the compatibility of the systems. Densely and sparsely populated areas differ from each other in respect of the accrual of waste, which means that they also require different transport solutions.

EU requirements create new possibilities for the utilization of Finnish know-how in waste management. More stringent EU regulations bring a demand for good innovations, even in countries with more developed systems, even though the determination of export potential is made more difficult because implementation methods and regional differences regarding development greatly vary from one country to another. A collaborative effort of several companies with know-how to support each other in a marketing pool would greatly advance the breakthrough and success of small Finnish waste management companies.

Alkusanat

[STREAMS – Yhdyskuntien jätevirroista liiketoimintaa](#) on Tekesin käynnistämä ja osittain rahoittama teknologiaohjelma, jonka tavoitteena on luoda uutta, kansainvälisesti kilpailukykyistä liiketoimintaa yhdyskuntien jätevirroista. Vuonna 2001 käynnistynyt ohjelma jatkuu vuoden 2004 loppuun ja sen kokonaisvolyymi on noin 160 MFIM, josta Tekesin osuudeksi on suunniteltu noin 82 MFIM.

Teknologiaohjelman päämääränä on uuden liiketoiminnan luominen yhdyskuntien kiinteiden jätteiden vähentämisen, jätteiden hyötykäytön ja loppusijoittamisen alueella. Vuoden 2001 alussa teknologiaohjelman ensimmäisten hankkeiden joukossa käynnistynyt Jätelogistiikan kehittäminen (JÄTKÄ) –projekti kuului Jättemateriaalivirtojen hallinta –teemaan. Projektin tavoitteena oli jätehuollon logistiikan kehittämisen edistäminen erityisesti telematiikan ja uusien kuljetussovellusten avulla.

JÄTKÄ -projekti sisältyi kolmen hankkeen kokonaisuuteen, johon lukeutuivat lisäksi JUKSU -projekti ja TTKK:lla valmistunut tutkimusraportti aiheesta ”Jätteiden keräyksen ja kuljetuksen telematiikka”. JUKSUn tavoitteena on kehittää jätelajikohtaisen keräyksen ja kuljetuksen yhdistetty suunnittelu- ja käyttöjärjestelmä, joka perustuu paikkatietotekniikan ja satelliittipaikannuksen hyödyntämiseen. Projektista vastaa Reijo Martamo VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikasta. TTKK:n raportti on laaja katsaus jätehuollon telematiikkaan ja sen osa-alueisiin painottuen erityisesti keräyksen ja kuljetuksen järjestelmärakenteeseen ja informaatiovirtojen kuvaukseen sekä telematiikan tutkimusaktiviteetin kuten soveltamisenkin kuvaukseen.

JÄTKÄ -projektin johtoryhmään ovat kuuluneet Marjatta Aarniala Tekes, Tapani Flaaming Flaaming Oy (joryn puheenjohtaja), Matti Vattulainen Ekokem Oy, Kim ja Tor-Erik Forsberg Oy Fodio Ab, Juha Talvio YTV ja Simo Isoaho TTKK. Tutkimustyöstä ovat vastanneet Jani Granqvist, Inna Berg ja Outi Uusitalo [VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Liikenne ja logistiikka –tutkimusalueelta](#).

Espoossa 31.10.2001

Jani Granqvist
Projektipäällikkö

Sisällysluettelo

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
ALKUSANAT.....	5
1 PROJEKTIN TAUSTA, TAVOITTEET JA RAJAUKSET	11
1.1 Aineiston keruu	12
1.2 Jätehuollon peruskäsitteistöä.....	13
2 YHDYSKUNTAJÄTE SUOMESSA.....	16
2.1 Yhdyskuntajätteen kertymä.....	16
2.2 Yhdyskuntajätteen jakauma jätelajeittain.....	17
3 JÄTTEEN KERÄYKSEN JA KULJETUKSEN NYKYKETJU.....	19
3.1 Nykyiset teknologiasovellukset.....	19
3.1.1 Keräys- ja kuljetusjärjestelmävaihtoehdot ja ketjun toimijat.....	20
3.1.2 Kuljetusten suunnittelu- ja ohjausvaihtoehdot.....	22
3.2 Nykyjärjestelmän ongelmakohdat ja ketjun tehokkuus.....	23
3.2.1 Jätehuollon logistisen ketjun ongelmakohtia	23
3.2.2 Jätekuljetusten tehokkuuden mittaus	25
4 JÄTTEEN KERÄYKSEN JA KULJETUKSEN EDISTYKSELLINEN KETJU	27
4.1 Yleistä.....	27
4.2 Keräyspiste	28
4.2.1 Keräysvälineet.....	28
4.2.2 Keräysvälineiden tunnisteet ja tunnistus.....	31
4.2.3 Keräysvälineiden punnitus.....	34
4.2.4 Kaukovalvonta	35
4.3 Keräys- ja kuljetustoiminnot	35
4.3.1 Keräys	35
4.3.2 Keräysajoneuvot	36
4.3.3 Kuljetus.....	37

4.4	Siirtokuormaus ja runkokuljetus	38
4.4.1	Yleistä	38
4.4.2	Maantie	41
4.4.3	Rautatie	41
4.5	Paikannus ja tiedonsiirto	44
4.5.1	Paikannusteknologioita	44
4.5.2	Langattomat ratkaisut	46
4.5.3	Ajoneuvolaitteet ja tietokoneet	47
4.5.4	Ajoneuvoväylä	47
4.6	Kuljetusten suunnittelu- ja ohjausjärjestelmät	48
4.6.1	Käyttökohteet	48
4.6.2	Infojärjestelmät	50
4.7	Tiedontarve ja -hallinta	51
4.7.1	Kasvava tiedon tarve	51
4.7.2	Jätehuollon telematiikan järjestelmäarkkitehtuuri	52
4.8	Kehityksen edellytykset	53
5	SUOMEN JÄTEHUOLLON HAASTEITA	55
5.1	Lainsäädännön asettamat vaatimukset	55
5.1.1	Euroopan Unioni	55
5.1.2	Suomi	56
5.2	Jätehuolto-osaamisen vientipotentiaali	57
5.2.1	Markkinanäkymät	57
5.2.2	Euroopan Unioni	58
5.2.3	USA	59
5.2.4	Aasia	60
5.3	Työturvallisuus	62
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	65
7	LÄHDELUETTELO	70

LIITTEET

Liite 1: RT-kortti RT X51-35800: Uppo- ja UH- jätesäiliöt

Liite 2: Riskikuljetusten hallinta

KUVAT:

Kuva 1. Yhdyskuntajätteen kertymä vuosina 1994-1999 ja tavoite vuodelle 2005 (Tanskanen 2001).

Kuva 2. Kotitalousjätteen keskimääräinen kertymä painoprosenteina taajamissa (Tilastokeskus).

Kuva 3. Kotitalousjätteen keskimääräinen kertymä painoprosenteina haja-asutusalueella (Tilastokeskus).

Kuva 4. Jätteen nykyinen kuljetusketju ja toimijat.

Kuva 5. Jätehuollon logistisen ketjun kohteet ja toiminnot.

Kuva 6. Maan alle laskettava jätesäiliö on esteettinen ja tilaa säästävä ratkaisu kaupunkiolosuhteisiin (Ecosir-Invest Oy 2001)

Kuva 7. MOLOK-syväkeräysjärjestelmän maanpäällä näkyvä osa (Molok Oy 2001).

Kuva 8. Uppo-syväsäiliön tyhjentäminen etulastausautolla.

Kuva 9. Tagmaster Confident lukija ja saattomuisteja (Permala et al. 2000)

Kuva 10. Yksiulotteinen viivakoodi (koodi 128).

Kuva 11. Kaksiulotteinen viivakoodi PD417 (PDF=Portale Data File).

Kuva 12. Norban varustama pakkaava jäteauto sivulastajalla (Flaaming 2001).

Kuva 13. Kontin siirto keräysajoneuvosta sekä konttien kuljetusta täysperävaunuyhdistelmällä (Geesink-Norba Group 2001).

Kuva 14. Suomen valta- ja kantatiet, rautatieverkko sekä taajamat (vihreällä). (Martamo 2001).

Kuva 15. Kuljetusyksikön siirtoa rautatievaunusta kuorma-autoon ACTS-järjestelmällä (ACTS Nederland Oy).

Kuva 16. Light Combi –järjestelmän miehittämätön terminaali (Woxenius 1998).

Kuva 17. Keräyksen ja kuljetuksen yhteydessä syntyvä tieto ja tietoja hyödyntävät tahot.

Kuva 18. Jätehuollon kehittämisen viitekehys.

Kuva 19. Yhdyskuntajättemäärien kasvu (tonneina) vuoteen 2025 mennessä (Hoornweg 1999).

1 Projektin tausta, tavoitteet ja rajaukset

VTT Yhdyskuntatekniikka laati vuonna 1999 Tekesille esiselvityksen jätehuollon teknologian kehitystarpeista. Selvityksessä kartoitettiin jätehuoltoalan laitevalmistajien, laiteoimittajien, jätehuoltoyritysten ja alueellisten jäteyhtiöiden näkemyksiä jätehuollon teknologian kehitystarpeista, tavoitteista, osa-alueista ja sisällöstä.

Selvityksen mukaan yleinen mielenkiinto ympäristöasioihin lisääntyy edelleen, mutta jätteiden määrän vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä huolimatta niiden kuljetustarve kasvaa mm. jätteiden hyötykäytön pirstoessa entisen yhtenäisen jätevirran useaan ohuempaan materiaalivirtaan ja kierrätyksen muuttaessa tuotannon ja kulutuksen välisen virran yksisuuntaisesta kaksisuuntaiseksi. Lisäksi logistiikan merkitys kasvaa yleisesti materiaalivirtojen hallinnassa, niin myös jätehuoltoalalla. Jätehuollon logistiikan kehittämiskohteina mainittiin keräys- ja kuljetustoiminnot sekä jätealan suunnittelu- ja järjestelmätuotteiden osalta kuljetusten suunnittelu ja ohjaus. Kailan ja Granqvistin (1999) esiselvityksen tulokset olivat Jätelogistiikan kehittäminen –projektin taustalla.

Jätelogistiikan kehittäminen (JÄTKÄ) -projektin tavoitteena oli luoda ja mallintaa edistykseellinen jätehuollon logistinen ketju, joka olisi asteittain sovellettavissa käytäntöön. Päämääränä oli tunnistaa jätehuollon logistiikan ongelmakohdat ja kehittämistarpeet prosesseihin, välineisiin ja menettelyihin eritellysti kohdennettuina. Projektissa tarkasteltiin ja etsittiin suomalaisen jätehuolto-osaamisen vientipotentiaaleja. Tulosten ja johtopäätösten perusteella kartoitettiin mahdollisuuksia jatkoprojekteihin, joissa testattaisiin osia uudesta konseptista käytännön olosuhteissa.

Jätelogistiikan kehittäminen -projekti oli temaattinen verkosto - tyyppinen hanke, jossa sidosryhmän kanssa selvitettiin uusien logististen teknologioiden mahdollisuudet ja hyödyntämispotentiaali yhdyskuntien jätehuollon logistisessa ketjussa. Tarkastelukohteina olivat erilaiset telematiikkasovellukset (kuten keräysvälineiden tunnistus, punnitus, ajoneuvopaikannus, tiedonsiirto ja tarvittavat tietojärjestelmät) ja uudet kuljetusteknologiat (mm. yhdistetyt kuljetukset). Tietojärjestelmissä painopiste oli kuljetusten suunnittelu- ja ohjausjärjestelmissä eri tasoineen.

Työn alussa kuvattiin nykyinen yhdyskuntien jätehuollon logistinen ketju pilkkomalla se keräyksen ja kuljetuksen sisältämiin osatoimintoihin. Seuraavassa vaiheessa ketju analysoitiin logistiikan kehittämisen kannalta: ketjusta tunnistettiin ne toiminnot, välineet ja laitteet, joita voitaisiin kehittää uuden teknologian suomin keinoin. Edistykseellisen ketjun eri toimintoihin kiinnitettiin kuhunkin toimintoon soveltuvat telemaattiset ja kuljetustekniset sovellukset.

Tekniikoiden asteittainen käyttöönotto mahdollistaa erilaisten konseptien muodostamisen. Tarkoituksena oli löytää telemaattisia sovelluksia, jotka toimisivat itsenäisesti, mutta olisivat kuitenkin yhteensopivia mahdollisesti myöhemmin käyttöönotettavien sovellusten kanssa. Projektiryhmän kanssa arvioitiin uuden teknologian tuottamia hyötyjä ja käyttöönoton realistisuutta.

Projektin tuloksena saatiin jätehuollon logistiikkaketjun kehittämiskohteet, edistykselliset konseptit ja pilot-ehdotukset. Uuden konseptin osien testaamista käytännössä ei tämän projektin puitteissa tehty, vaan tulosten soveltamista käytäntöön voidaan testata mahdollisella jatkoprojektilla.

Projekti rajattiin koskemaan yhdyskuntajätettä, jota kotitaloudet ja toimistokiinteistöt tuottavat ja jonka kuljetuksesta loppusijoituspaikoille vastaa yleensä tuottajavastuuyhteisöltä tai kunnalta urakkasopimuksen kautta työn saanut jätehuoltoyhtiö. Tarkastelusta jäivät pois suuret kauppakeskukset ja teollisuusyritykset, jotka tekevät usein omat sopimuksensa jätehuollon järjestämiseksi. Keskeinen rajausperuste oli jätteen kuljetusreitti: mukaan otettiin ne kuvitteelliset kiinteistöt, jotka yksi jäteauto yhden noutoreitin aikana käy yhdellä urakka-alueella läpi.

Eri jätelajien jaottelussa kriteerinä käytettiin jätteen keräys- ja kuljetusjärjestelmää, joka on erilainen riippuen mm. onko kyseessä taajama vai haja-asutusalue, millaisella kalustolla jätettä kerätään ja millaiset ovat alueelliset jätehuoltomääräykset. Tässä projektissa tarkasteltavat jätelajit ovat sekajäte, biojäte, keräyspaperi ja -pahvi, lasi ja metalli.

Projektissa tarkasteltiin myös EU-lainsäädännön vaikutuksia Suomen jätelainsäädäntöön ja sitä kautta jätehuollossa mukana oleviin toimijoihin. Lainsäädännön muuttuminen asettaa uudenlaisia vaatimuksia jätevirtojen hallinnalle.

1.1 Aineiston keruu

JÄTKÄ-projektin materiaali kerättiin aikaisemmista tutkimuksista ja haastatteluista. Aikaisempia tutkimuksia ja selvityksiä hyödynnettiin lähinnä jätekuljetusten nykyketjun ja kuljetusjärjestelmien kuvauksessa, sekä syntypaikkalajitteluun ja työturvallisuuteen liittyen. Keskeinen tietolähde sekä nykytilan kuvauksessa että innovatiivisen ketjun ja konseptien määrittelyssä olivat haastattelut, joiden kohteena olivat jätteen tuottajavastuuyhteisöt, jätehuoltoyritykset sekä laitevalmistajat. Eri toimijoiden toisinaan ristiriitaisetkin näkemykset tuotiin näin esille.

Haastattelut tehtiin kahdessa osassa: ensimmäisellä kierroksella kartoitettiin nykyisen kuljetusketjun ongelmakohtia ja ketjun tehokkuutta sekä kuljetusten suunnittelu- ja ohjausvaihtoehtoja. Haastattelukohteina olivat jätehuollon urakkasopimusten kilpailuttamisesta vastaavat tuottajavastuuyhteisöt ja itse fyysisen kuljetustyön tekijät, jätehuoltoyritykset.

Innovatiivisen ketjun vaihtoehtoja ja konsepteja luotaessa keskeinen haastattelun kohde-ryhmä olivat jätehuoltoon liittyvien laitteiden ja kaluston valmistajat.

Sekä nykytilan kuvausta että edistyksellisen ketjun vaihtoehtoja ja konsepteja käsiteltiin projektiryhmän kokoontumisissa.

1.2 Jätehuollon peruskäsitteistöä

Jätehuoltokentän eri toimijoilla on käytössä vakiintunutta sanastoa, jonka merkitykset voivat olla ristiriitaisia ja tarkoittaa eri asioita toimijan näkökulmasta riippuen. Selvyyden vuoksi Jätelogistiikan kehittäminen –projektissa sovittiin tietyn käsitteistön käyttämisestä. Käsitteistön perustana olivat Tekniikan sanastokeskuksen vuonna 1998 julkaisema Ympäristösanasasto, projektiryhmän kanssa käydyt keskustelut sekä muu lähdeaineisto. Käytetyt termit on selvennetty alla.

Jäte

Tuotantoprosessissa tai käytössä yli jäänyt tai syntynyt aine tai esine, joka poistetaan tarpeettomana käytöstä.

Jätelain mukaan jätteellä tarkoitetaan ainetta tai esinettä, jonka haltija on poistanut tai aikoo poistaa käytöstä taikka on velvollinen poistamaan käytöstä.

Yhdyskuntajäte

- a) lainsäädännössä jäte, joka lain mukaan on ohjattava kunnan tai kuntayhtymän vastuulla järjestettävään jätehuoltoon tai
- b) tilastoinnissa jäte, joka on syntynyt muualla kuin teollisuudessa, rakentamisessa ja maa- ja metsätaloudessa.

Jäte- tai materiaalifraktio

Jätekomponentista erilleen otettava pienempi osa, ns. hiukkanen.

Jätekomponentti

Yksittäinen aine tai esine, joka hallinnollisiin määräyksiin tai jätteentuottajan ohjeistukseen perustuen tulee sijoittaa jonkin tietyn jätelajin keräysvälineeseen.

Jätelaji

Yhdestä tai useammasta jätekomponentista muodostettava materiaaliseos keräystä ja kuljetusta sekä hyödyntämistä tai loppusijoitusta varten materiaalien olomuodon, koostumuksen, ominaisuuksien ja muiden käsiteltävyyteen liittyvien seikkojen perusteella.

Jäteluokka

Jätelajien ryhmä, joka muodostetaan jätteitä synnyttävän toiminnan tai hallinnollisten määräysten perusteella.

Sekajäte

Jätelaji, joka jää jäljelle syntypaikassa, kun hyötyjäte-, ongelmajäte- ja/tai erityisjätelajit on kerätty erikseen.

Biojäte

Eloperäistä ainetta oleva jätelaji.

Energiajäte

Polttokelpoinen jäte:

- muovijätteet pantillisia juomapulloja ja PVC-muovia lukuun ottamatta,
- likaisuuden tai muun ominaisuutensa takia paperin- ja pahvinkeräykseen kelpaamattomat paperit ja pahvit
- useammasta energiakäyttöön soveltuvasta materiaalista koostuvat pakkaukset ja tuotteet.

Hyötyjäte

Jätelaji, joka koostuu hyödyntämistä varten talteen otetusta jätteestä (kts. myös energiajäte)

Jätteen tuottaja

Luonnollinen henkilö tai oikeushenkilö, jonka toiminnasta syntyy jätettä (Jätelain 3 §) Tässä: kotitalous- ja toimistokiinteistö, joka vie yhdyskuntajätteensä keräyspisteisiin.

Tuottajavastuu

Jätehuollon kustannusvastuu on eräissä tapauksissa ulotettava jätteen tuottajan sijasta tuotteen valmistajaan ja maahantuojaan.

Tuottajavastuuyhteisö

Taho, joka vastaa jätehuollon järjestämisestä.

Jätehuoltoyritys/-yhtiö

Yritys, joka vastaa jätteiden fyysisestä siirrosta keräyspisteistä eteenpäin.

Käsittelyoperaattori

Ketjun osapuoli, joka vastaa lajittelulaitoksissa, kaatopaikoilla, ja jätteenpolttolaitoksissa jätekomponenttien muuttamisesta materiaalifraktioiksi.

Siirtokuormaus

Jätteen siirto keräys- tai kuljetusvälineestä toiseen keräys- tai kuljetusvälineeseen jatkokuljetusta varten.

Jätehuolto

Organisoitu toiminta, jonka tarkoituksena on kerätä, kuljettaa ja varastoida jätteitä sekä järjestää kerätyn jätteen hyödyntäminen, loppukäsittely tai loppusijoitus.

Jättemaksu

Jätehuollon aiheuttamien kustannusten kattamiseksi perittävä ympäristömaksu.

Jätteiden keräys

Jätteiden vienti niille varattuun keräyspisteeseen ja jätteiden nouto keräyspisteestä.

Keräyspiste

Paikka johon jätteen voi viedä tilapäistä ja lyhytaikaista säilytystä varten.

Jätteiden lajittelu

Jätteiden erottelu ohjeiden mukaisesti eri lajeihin ominaisuuksiensa perusteella.

Jätteiden varastointi

Jätteiden sijoittaminen määrääjäksi niille varattuun rajattuun paikkaan ennen hyödyntämistä, loppukäsittelyä tai loppusijoitusta.

Jätteiden käsittely

Jätteiden koostumuksen, rakenteen tai ominaisuuksien muuttaminen siten, että jäte voidaan hyödyntää, tehdä vaarattomaksi tai loppusijoittaa.

Jätteiden poltto

Jätteiden käsittely kuumentamalla ja hapettamalla.

Jätteiden hyödyntäminen

Jätteiden kierrätys (materiaalihyödyntäminen tuotannossa), energiana hyödyntäminen tai muu hyödyntäminen (mm. komposti, maarakennus).

Jätteiden energiakäyttö

Jätteiden tai jätejakeiden käyttäminen energialähteenä.

Jätteiden kierrätys

Jätelajien tai niistä eroteltujen materiaalifraktioiden palauttaminen tuotannon raaka-aineiksi.

Uusiokäyttö

Jätteiden kierrätys takaisin tuotannon raaka-aineeksi.

Jätteiden loppusijoitus

Jätteiden sijoittaminen pysyvästi niille varattuun rajattuun paikkaan.

Kaatopaikka

Jätteiden loppusijoitukseen tarkoitettu maa-alue, johon jätteet saa sijoittaa siten, ettei niistä aiheudu haittaa ympäristölle tai vaaraa terveydelle.

Kompostointi

Biohajoavan jätteen hapellinen hajottaminen.

Mädätys

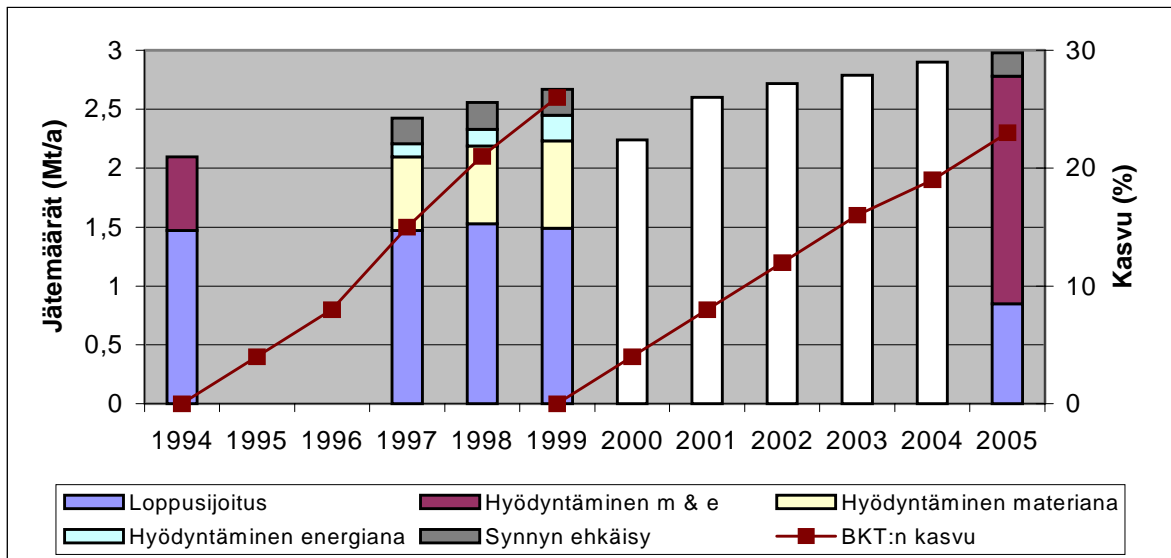
Biohajoavan jätteen hapeton hajottaminen.

Mainittakoon, että alalla yleisesti käytössä olevaa sanaa ”jäte” (energiajäte, jne.) ei tässä raportissa käytetä. Sen sijaan puhutaan yleisesti ottaen eri jätelajeista.

2 Yhdyskuntajäte Suomessa

2.1 Yhdyskuntajätteen kertymä

Jätettä muodostuu Suomessa vuosittain noin 80-90 miljoonaa tonnia. Yhdyskuntajätteen osuus tästä on noin 3 %. (Malinen) Yhdyskuntajätettä kertyi vuosina 1994-1999 kuvan 1 mukaisesti. Kuvassa on eritelty loppusijoitetun jätteen määrä, jätteiden hyödyntäminen energiana ja materiaana sekä vähentämistoimenpiteillä ehkäisty jätteiden määrän synty. Kuvassa on myös esitetty valtakunnallisen jättesuunnitelman mukainen tavoite vuodelle 2005.



Kuva 1. Yhdyskuntajätteen kertymä vuosina 1994-1999 ja tavoite vuodelle 2005. (Tanskanen 2001)

Kaatopaikalle loppusijoitetun yhdyskuntajätteen määrä oli vuosina 1994-1999 noin 1,5 miljoonaa tonnia. Jätteiden määrä ja hyödyntämisaste nousivat tasaisesti 1990-luvun lopussa BKT:n kasvun myötä. Vuonna 1994 syntyneestä yhdyskuntajätteestä hyödynnettiin 30 %, vuonna 1997 33 %, vuonna 1998 35 % ja vuonna 1999 38 %. Jätteiden hyödyntämisaste tulee valtakunnallisen jättesuunnitelman mukaan olla vuoteen 2005 mennessä 70 %.

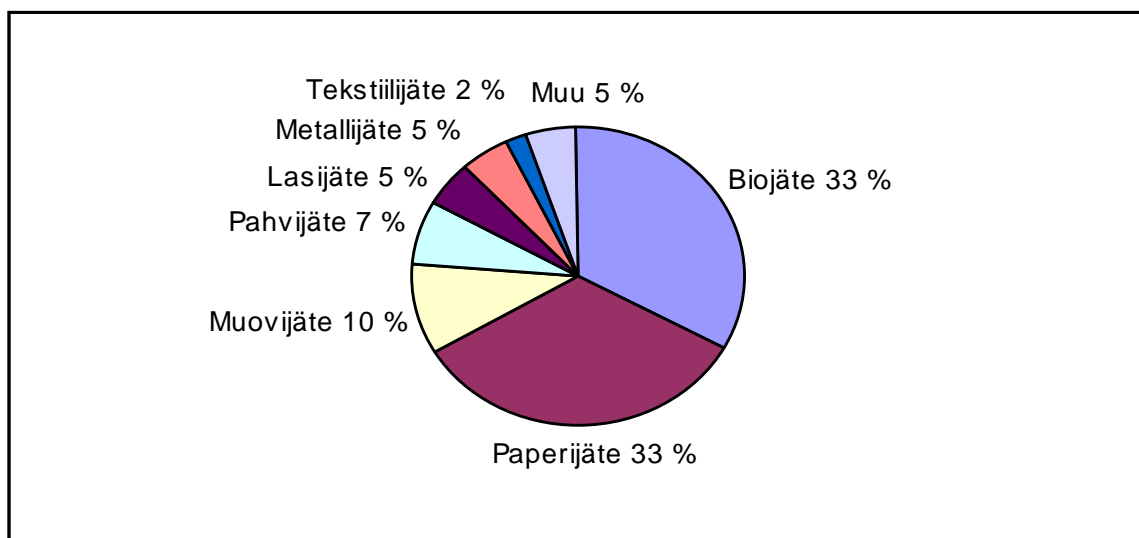
Jätelakiin sisältyvän hierarkian mukaisesti jätteen synty on minimoitava, ja syntynyt jäte on ensisijaisesti hyödynnettävä aineena ja toissijaisesti energiana. Yhdyskuntajätteestä kuitenkin noin 30 % on sellaista polttokelpoista jätettä, jonka hyödyntäminen materiaalina ei ole lähitulevaisuudessa teknisesti eikä taloudellisesti mahdollista kuljetus- ja lajittelu-kustannusten sekä näistä toiminnoista aiheutuvien päästöjen ja energiakulutuksen vuoksi. (Lohila et al. 2000) Jätteiden hyödyntäminen energiana onkin kasvattanut merkitystään vuosi vuodelta. Vuonna 1999 energiana hyödyntämisen osuus oli noin 8 % syntyneestä jätelmäärästä. Hyödyntäminen energiana on keskeinen tekijä hyödyntämistavoitteiden saavuttamisessa ja asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa.

Vaikka jätteiden hyödyntäminen materiaana ja energiana on lisääntynyt, kokonaiskulutuksen kasvu lisää jätelmäärää. Absoluuttinen jätelmäärä tulee ennusteiden mukaan kasvamaan 650 000 t eli 30 % vuodesta 1994 vuoteen 2005. Vuosina 1997-1999 jätteiden määrää saatiin vähentämistoimenpiteiden avulla alennettua vuosittain 9 %. Jotta vuodelle 2005 asetettu tavoite saavutettaisiin, tulisi jätelmäärää vähentää vielä 7 %.

Keskiverto suomalainen tuotti vuonna 1999 vuodessa noin 470 kg yhdyskuntajätettä, josta kotona syntyi noin puolet. Kertymä vaihtelee $\pm 25\%$ esimerkiksi alueittain ja vuodenaikojen mukaan. Maaseudun haja-asutusalueilla ja pienissä taajamissa luvut ovat jonkin verran pienempiä kuin kaupungeissa ja suurissa taajamissa. (Salonen 1998) Muihin Euroopan maihin verrattuna Suomessa tuotettu yhdyskuntajätelmäärä on keskitasoa (Salomaa 2001).

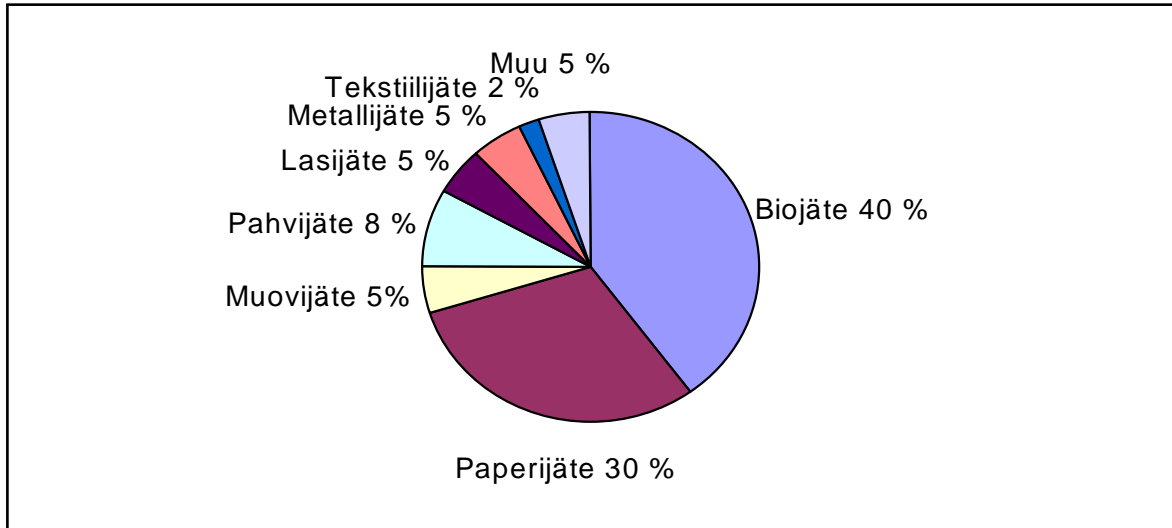
2.2 Yhdyskuntajätteen jakauma jätelajeittain

Kotitalousperäisen yhdyskuntajätteen koostumus vaihtelee alueittain mm. taaja- ja haja-asutuksen sekä kerros- ja omakotitalojen määrästä riippuen. Kuvassa 2 esitetään kotitalousjätteen keskimääräinen koostumus taajamassa.



Kuva 2. Kotitalousjätteen keskimääräinen koostumus painoprosentteina taajamassa. (Tilastokeskus)

Suurimmat yksittäiset kotitalouksissa kertyvät jätelajit ovat bio- ja paperijäte. Näiden kahden jätelajin osuus on taajamissa 2/3 kaikesta kotitalousjätteestä. Biojätteen hyödyntämisaste on 10 % ja keräyskelpoisen paperin 65 %. Pahvijätteen osuus on 7 p-% ja lasi- sekä metallijätteen osuudet 5 p-%. Noin 80 % keräyskelpoisesta pahvista, 20 % metallista ja 80 % lasista kierrätetään. (Anhava 2000) Kuvassa 3 esitetään kotitalousjätteen keskimääräinen koostumus haja-asutusalueella.



Kuva 3. Kotitalousjätteen keskimääräinen koostumus painoprosentteina haja-asutusalueella. (Tilastokeskus)

Haja-asutusalueilla biojätteen osuus kotitalousjätteestä on suurempi kuin taajamissa. Paperi- ja pahvijätettä syntyy lähes saman verran kuin taajama-alueilla, mutta muovijätteen prosentuaalinen osuus on alhaisempi.

3 Jätteen keräyksen ja kuljetuksen nykyketju

3.1 Nykyiset teknologiasovellukset

Jätteiden keräyksessä ja kuljetuksessa on koko Suomessa käytössä n. 800 ajoneuvoa, joista puolet on pakkaavia jäteautoja, 30 % loka-autoja ja 20 % vaihtolava-autoja. Pakkaavat jäteautot ovat yleensä takakuormattavia, astiahissillä ja vinssillä varustettuja jäteautoja, jotka puristavat jätteen yhteen säiliöön. Joitakin edestä tai sivusta kuormattavia jäteautoja on otettu viime vuosina käyttöön, ja on myös olemassa kahdella säiliöllä varustettuja versioita, jolloin toinen säiliöistä on puristava. Pakkaaviin jäteautoihin kuormataan jätettä keräysvälineistä, jotka ovat säkkitelineseen sidottuja säkkeitä, 240-600 litran pyörällisiä astioita ja 4-8 m³:n pikakontteja. Edestä kuormattavina keräysvälineinä käytetään 4-8 m³:n säiliöitä. Markkinoilla on myös pakkaavaan jäteautoon joko edestä tai takaa kuormattava 2,5 – 5 m³:n syväkeräyssäiliö. Pakkaavaan jäteautoon ja keräysvälineisiin voidaan kerätä myös useimpia erillään kerättäviä ja kuljetettavia jätteitä. (Salonen 1998)

Jätelavojen ja säiliöiden kuljetuksessa käytettävät vaihtolava-autot ovat yleensä vaijerilaitteilla varustettuja. Ns. koukkulaite on valtaamassa markkinaosuutta nopeutensa ja turvallisuutensa ansiosta, mutta sen käytön yleistymistä estää pitkään säilyvä, vaijerikiinnityksin varustettu vaihtolavakanta. Jätesäiliöt vaihtolava-autoille voivat olla puristinlaitteilla varustettuja tai ilman. Vaihtolava-autoihin voidaan asentaa erilaisia päälirakenteita, kuten pakkaajasäiliöitä, lokasäiliöitä tai nosturilla varustettuja lavoja. Nosturilla varustettuun vaihtolavaan voidaan kerätä syväkeräyssäkkejä. (Salonen 1998)

Loka-autot ovat paineastialla varustettuja säiliöautoja, jotka soveltuvat nestemäisten jätteiden keräykseen ja kuljetukseen. Kuormaus tapahtuu alipaineen avulla ja kuorman purku kippaamalla. (Salonen 2000)

Monilokeroautojen käyttö jätteenkuljetuksissa on koettu ongelmalliseksi lähinnä työn suunnittelun ja kaluston käytön optimointivaikeuksien takia. Urakka-alueiden löytäminen monilokeroautolle voi olla vaikeaa, koska nykykalustoon kuuluva auto saadaan täyteen pelkästään yhdellä jätelajilla. Haja-asutusalueille ja taajamien reuna-alueille hyötyjätteen keräykseen monilokeroauton soveltuu paremmin. Matkojen pidentyessä ja yhdestä keräyspisteestä saatavan jätemäärän pienentyessä mahdollisuus kerätä samaan autoon useita eri jätelajeja lisää kuljetusten tehokkuutta ja taloudellisuutta.

Jätelogistiikassa teknologian kehitystarpeita on erityisesti kuljetusten suunnitteluun ja ohjaukseen, prosessien hallintaan ja optimointiin, elinkaarimetodiikkaan, astioiden tunnistus- ja punnitusjärjestelmiin, jäteastioiden hallintapalveluihin, logistiikkapalveluihin ja käsitteilylaitteisiin liittyen (Granqvist ja Kaila 1999). Suomessa on jätteen kuljetusketjussa kehitetty teknologiaratkaisuja, joihin ei muualla maailmassa ole olemassa valmiita toteutusmalleja (esim. syntypaikkalajittelu). Lisäksi ulkomailla jo käytössä olevan teknologian soveltuvuutta Suomen oloihin tulisi edelleen parantaa (Anhava et al. 2001). Tunnistus- ja

paikannusteknologiaa pelkästään jätehuoltoon räätälöitynä on käytössä vähän, sen sijaan jätehuoltoalalle on tehty sovelluksia jo muuten käytössä olevasta teknologiasta. Räätälöidystä sovelluksista mainittakoon kuljetusten suunnittelussa ja ohjauksessa käytössä oleva Maestro-ohjelma ja MapInfon soveltaminen jätelogistiikkaan.

Teknologian lisääntyvä käyttö jätelogistiikassa on kustannuskysymys; esimerkiksi punnituksen ja keräysvälineiden käyttöönotto jätekuljetuksissa edellyttää ajoneuvokaluston kohentamista tai uusimista, mikä taas lisää jätehuoltokustannuksia. Teknologian on myös oltava käytännöllistä, eli sen on helpotettava kuljettajan rutiineja ja kevennettävä työn fyysistä rasittavuutta.

Jätelogistiikan nykyteknologiaa käsitellään myös kappaleessa 3.2.1, jossa tarkastellaan kappaleessa 3.1.1 esitettyjä jätteen keräys- ja kuljetusjärjestelmien ongelmakohtia.

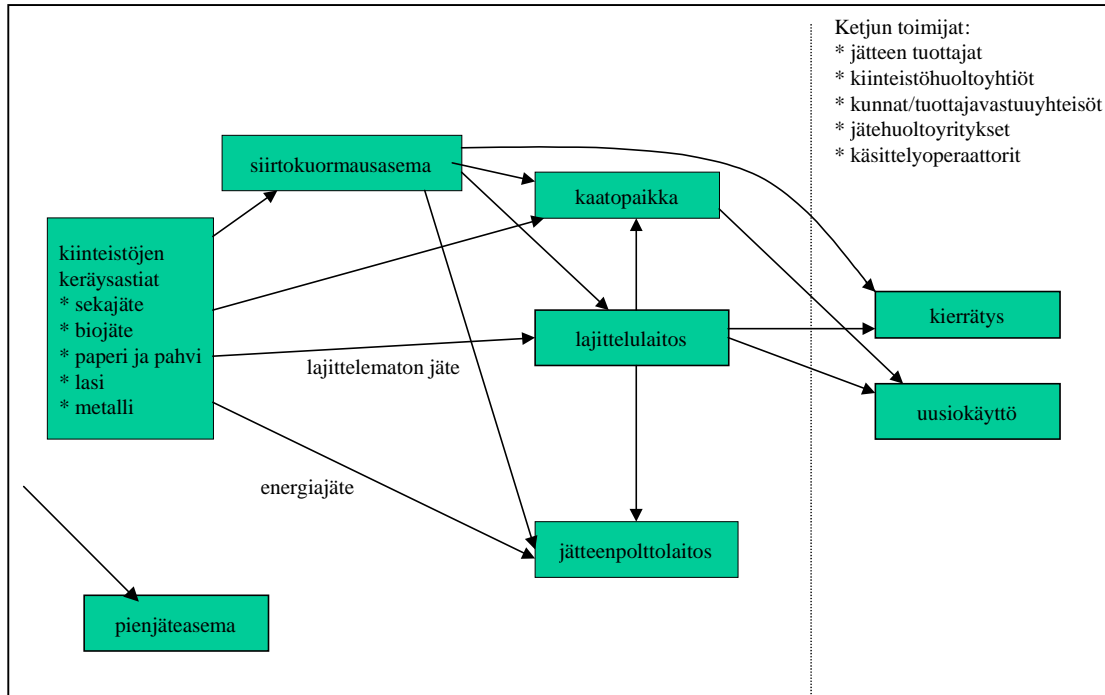
3.1.1 Keräys- ja kuljetusjärjestelmävaihtoehdot ja ketjun toimijat

Jätteiden kuljetusketjun toimijat ovat jätteen tuottajat, kiinteistöhuoltoyritykset, kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt, jätehuoltoyritykset ja käsittelyoperaattorit. Jätteen tuottajat ja kiinteistöhuoltoyritykset ovat vastuussa siitä, että jätteet lajitellaan oikein ja että kullekin jätelajille on oikeantyyppinen keräysväline. Kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt vastaavat lainsäädännön velvoitteiden täyttämistä, kustannustehokkaan ja kestävästi järjestämisen ja asiakkaiden tiedotuksesta, neuvonnasta ja valistuksesta.

Jätteiden fyysisen kuljetuksen suorittavat jätehuoltoyritykset, joiden tehtävänä on optimoida jätelogistiikka siten, että kustannukset, palvelun laatu, ympäristöystävällisyys ja työturvallisuus tulevat huomioiduiksi. Käsittelyoperaattorien vastuulla on jätteen logistiikkaketjun ”linkkien” kuten lajittelulaitosten ja kaatopaikkojen toiminta. Operaattorit vastaavat ketjun automatisoinnin lisääntymisestä niin, ettei toiminnan ja käsiteltävän materiaalin laatutaso laske. Käsittelyoperaattorien prosesseissa jätelajit muuttuvat jätefraktiosta toiseksi, jätteet poltetaan energiaksi tai loppusijoitetaan. Operaattorien toiminnan on täytettävä lainsäädännön normit ja oltava ympäristöystävällistä.

Ketjun toimijoiden rinnalla laitevalmistajat ovat avainasemassa toimintaympäristön muutoksista nousevien uusien teknologiatarpeiden tunnistamisessa ja teknologian sovellettavuudessa jätehuoltoalalle.

Jätelogistiikalle ei voida määrittellä vain yhtä tyypillistä ketjua. Jätteen keräys- ja kuljetusjärjestelmävaihtoehtoja on lukuisia, ja vaihtoehdon valintaan vaikuttavat kerättävä jätelaji, keräysaluetyyppi (taajama vai haja-asutusalue) ja itse keräyspiste (kts. esim. Isoaho ja Nieminen, 1995, Isoaho 2000). Vaihtoehtoja jätteen keräys- ja kuljetusjärjestelmistä on koottu kuvaan 4, josta käy ilmi myös jätehuollon toimijakenttä.



Kuva 4. Jätteen nykyinen kuljetusketju ja toimijat.

Projektissa käsiteltävä jätteen kuljetusketju alkaa kiinteistöjen jätteenkeräysastioista ja päättyy kaatopaikoille, jätteenkäsittely- tai jätteenpolttolaitoksiin. Kotitaloudet ja toimisto-kiinteistöt vievät yhdyskuntajätteensä kiinteistöjen keräyspisteisiin. Keräyspisteitä ylläpitävät kunnat tai jätteen kuljetusyritykset, mutta ne voivat olla myös kiinteistöjen omistuksessa. Jos jätteet on lajiteltu, ne kerätään joko yhteis- tai erilliskeräyksenä. Erilliskeräyksessä kukin jätelaji kerätään omaan astiaansa, yhteiskeräyksessä käytetään vain yhtä keräysvälinettä. Yhteiskeräys tulee kyseeseen lähinnä silloin, kun jätemäärät ovat pieniä ja astioiden täyttöasteet alhaisia. (kts. esim. Isoaho 1997) Vain yhtä keräysvälinettä käytetään myös, jos jäte lajitellaan ns. märkä- ja kuivajätteeseen. Jätelajit erotellaan toisistaan pussin värin perusteella ja lajitellaan keskitetysti lajittelulaitoksissa. Suomessa painopiste on kuitenkin syntypaikkalajittelussa. Syntypaikkalajittelun haasteita ovat keittiöratkaisut, jotka pitäisi edelleen kehittää lajittelua suosivaksi (Tanskanen 2001). Syntypaikkalajittelun lisääntyminen lisää myös autojen käyntikertoja keräyspisteissä, jos yhteen autoon kerätään vain yhtä jätelajia.

Jätteen syntypaikkalajittelun vaatimukset ja mahdollisuudet ja siten eri keräysvälineiden määrä vaihtelee keräyspistealueittain, ja niitä määrittävät mm. tuottajavastuuyhteisöjen ja kuntien jätehuoltomääräykset tai kiinteistöjen oma valinta. Tavallisimmin kiinteistöjen keräyspisteissä on keräysvälineet seka- ja biojätteelle sekä pahville ja paperille. Energiajätteen keräys on EU- ja sitä kautta kansallisen lainsäädännön määräysten takia kasvamassa.

Kuljetusketjun rakenne, jätteen lajitteluaste ja kuljetuskalusto määräävät jätteen etenemisen ketjussa. Jätelajit voidaan viedä kiinteistöjen keräyspisteestä joko suoraan, siirtokuorma-aseman tai lajittelulaitoksen (tai molempien) kautta kaatopaikalle loppusijoitettavaksi tai jätteenpolttolaitokseen hyödynnettäväksi. Jäte voidaan hyödyntää myös kierrätyksessä ja uusiokäytössä, mutta tämän projektin puitteissa näitä vaihtoehtoja ei käsitellä. Tarkasteltavan ketjun ulkopuolella ovat myös pienjäteasemat, joille kotitaloudet itse toimittavat yhdyskuntajätteensä.

Kiinteistöjen keräysastioiden tyhjennystiheyden määrittävät kunnalliset jätehuoltomääräykset, jätehuollon urakka-alueen tyyppi (omakoti- vai kerrostaloalue jne.), jätteen määrä, kalusto ja osin töiden suunnittelu. Käytännössä seka- ja biojätteen keräysrytmi on joitakin päiviä, paperi ja pahvi sekä muu energijäte kerran viikossa tai harvemmin. Taajamien ja haja-asutusalueiden välillä on eroja. Biojätteen keräysperiaate vaihtelee; esimerkiksi pääkaupunkiseudun jätehuoltomääräysten mukaisesti biojäte kerätään kymmenen ja sitä useamman asuinhuoneiston käsittävistä keräyspisteistä, kun taas Tampereella biojäte kerätään jo viiden asuinhuoneiston kiinteistöistä. Omakotialueilta biojätettä ei yleensä kerätä. Biojätteen keräyksessä käytetään pakkaavia jäteautoja sekä samanlaisia vaihtolava-autoja kuin sekajätteen keräyksessä. Erona on, että biojätteen keräyskalusto on usein kevyempää, 2-akselista ja sen kuormatila on paremmin tiivistetty.

3.1.2 Kuljetusten suunnittelu- ja ohjausvaihtoehdot

Kuljetusten suunnittelussa ja ohjauksessa avainasemassa ovat kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt, jotka kilpailuttavat jätehuoltoyrityksiä. Jätehuollon urakka-alueista järjestetään tarjouskilpailuja, ja urakkasopimukset tehdään kilpailuttajasta riippuen muutamaksi, esimerkiksi 3-5 vuodeksi kerrallaan.

Urakka-alueet ovat taajamissa enintään muutaman neliökilometrin suuruisia, haja-asutusalueella laajempia, esimerkiksi yhden kunnan käsittäviä. Alueiden rajausperusteet ovat maantieteellisiä tai ajoteknisiä, jolloin esim. moottoritie, kehätie tai joki erottaa alueet toisistaan. Urakka-aluejako voi perustua myös keräysvälinetyyppiin. Alueet pyritään mitoittamaan siten, että keräysvälineiden tilavuudet ja jätemäärä täyttäisivät 1-2 auton viikoittaisen työajan ja käyttöasteen. Urakka-alueiden rinnalla voi operationaalisenä käsitteenä olla muitakin. Esimerkiksi pääkaupunkiseudulla käytössä on termi ”autopiiri” tarkoittamaan sitä asiakasjoukkoa, joka tarvitaan antamaan yhdelle autolle viikoksi optimaalisen työmäärän. Autopiirit voivat olla useammallakin urakka-alueella. Tässä projektissa käytetään kuitenkin käsitettä urakka-alue.

Kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt suunnittelevat ja ohjaavat jätekuljetuksia päivä-, viikko- ja kuukausitasolla. Tietystä keräyspisteestä voidaan noutaa tietyn lajista jätettä esimerkiksi kuukauden kaikkina viikkoina, parillisina tai parittomina viikkoina tai vain kerran kuussa. Viikko- ja päivätasolla kunnat ja tuottajavastuuyhteisöillä on käytössä ajolistat, jotka ajetaan päivittäin ja jotka urakoitsijoiden työnjohto noutaa. Listoissa on kerättävät jätelajit ja osoitteet ajojärjestyksessä, usein ohjelman (esim. MapInfo, Maestro) tekemän reitityksen mukaan. Käytännössä kuljettaja usein päättää ajoreitistä itse ja vastaa ainoastaan listan keräyspisteiden läpikäymisestä.

Asiakkaiden ilmoitukset tyhjennystarpeesta, sesonkiluonteiset muutokset, jätehuollon kesäsovimukset jne. vaikuttavat kuljetusten suunnitteluun ja ohjaukseen ja siten ajolistoisiin. Poikkeamat listoissa ilmoitetaan kuljettajille erikseen. Ylimääräisiä noutoja pyydetään tavallisesti puhelimitse, jolloin myös lähinnä oleva jäteauto voi hoitaa tyhjennyksen. Jos juhlapyhien takia normaalia maanantaista perjantaihin rytmiä ei voida noudattaa (ns. epä-säännölliset viikot), muiden reittien kuljettajat sisällyttävät ajoreittiinsä ne keräyspisteet, jotka muuten jäisivät ajamatta.

3.2 Nykyjärjestelmän ongelmakohdat ja ketjun tehokkuus

3.2.1 Jätehuollon logistisen ketjun ongelmakohtia

Jätteen kuljetusjärjestelmän ongelmakohtia ja ketjun tehokkuutta tarkastellaan sekä jätehuoltoyritysten että kuntien ja tuottajavastuuyhteisöjen näkökulmasta. Ratkaisuvaihtoehtoisissa on esillä myös muita jätehuoltokentän toimijoita.

Nykyisiä jätelogistiikan ongelmia ja esille tulleita ratkaisuvaihtoehtoja käsitellään alla yhdessä ja erikseen. Yhtenä tarkastelunäkökulmana on teknologian tarjoamat mahdollisuudet ongelmien ratkaisussa. Keskeisiä ongelmakohtia ovat:

- tiedonsaanti ja kulku jätehuollon logistiikkaketjussa
- toimivan jätehuollon tarpeet suhteessa infrastruktuurin ja kaupunkisuunnittelun antamiin edellytyksiin
- lainsäädännön, määräysten ja jätehuollon toimivuuden väliset ristiriidat
- työturvallisuus
- kuljettajien vaihtuvuus ja motivointi (työn imago)

Tiedonhallinnan merkitys on kasvussa erilaisten tilastojen, raporttien ja rekisterien myötä. Tiedon saannin ja kulun puutteellisuus koettiin ongelmaksi myös eri toimijoiden taholla. Jätehuollosta maksavat asiakkaat kaipaisivat lisää tietoa tuottamistaan jätemääristä ja -lajeista, kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt arvioivat kerättyjä jätemääriä keräysvälineen tyhjennysten ja kuljettajien antamien arvioiden perusteella, ja jätehuoltoyritykset toimivat mutu-tuntumalla astioiden painoja arvioidessaan.

Tiedonkeruun parantamiseksi on jäteastioissa kokeiltu erilaisia punnitustekniikoita. Punnitukselle olisi kysyntää, mutta sen vaatima kaluston muokkaus tai uusiminen lisäisi jätehuollon kustannuksia ja keskustelu investointien jakamisesta tältä osin on kesken. Pientaloalueilla punnituksesta saatava hyöty koettiin marginaaliseksi, eri asia ovat suuret kiinteistöt sekä suuret teollisuuslaitokset ja kauppaketjut, jotka tarvitsevat tietoa paitsi kustannustensa seurantaan myös mahdollisia ympäristö- ja laatuja järjestelmiään varten.

Keräysvälineiden automaattisen tunnistuksen kokeilut ovat epäonnistuneet käytännön (käsilukijalaitteet, jonka näppäinten painaminen on kuljettajalle hanskat kädessä mahdotonta) tai teknisten ongelmien (tunnistaminen ei toiminut) takia. Jäteastioiden tunnistuksiin on myös kohdistettu ilkeävaltaa. Jotta tiedonhallinta jätelogistiikassa voisi teknologian avulla parantua, tulisi teknologian olla kuljettajalle helppokäyttöistä ja työvaiheita vähentävää. Esimerkiksi lukijalaitteiden ja tiedonsiirtolaitteiden tulisi olla kiinteästi autossa, jolloin tieto kulkisi suoraan tietojärjestelmiin, rekisteriin ja tilastoihin. Tunnistuksen systemaattinen käyttöönotto vaatisi tarpeeksi suuria jätemääriä.

Tutkimusta varten haastatellut eivät nähneet ajoneuvoaikannustekniikalle tarvetta vaan nykyisen ajolistajärjestelmän katsottiin riittävän taajama-alueilla. Haja-asutusalueilla, jossa kuljetusmatkat ovat pitkiä, paikannustekniikasta voisi olla hyötyä. Paikannukseen ja paikakatietotekniikkaan perustuen on mahdollista tarjota kuljettajan infojärjestelmiä päivittäisen työn tueksi esimerkiksi tuntemattomalla alueella toimittaessa.

Taajamissa ongelmana on jätehuollolle varattujen tilojen ahtaus jäteastioiden lisääntyessä syntypaikkalajittelun myötä. Kaavoituksessa jätehuollon tarpeita ei kyetä ottamaan tarpeeksi huomioon. Tilanpuute lisää myös työn suunnitteluongelmia, kun astioiden tyhjennys pitäisi tehdä nykyistä useammin. Laittevalmistajien tarjoamat kalusto- ja keräysväline-ratkaisut (esimerkiksi kaukovalvonta) saattaisivat osaltaan korjata tilannetta.

Jätehuoltoa pidetään usein ainoastaan pakollisena kustannuksena, eivätkä kiinteistöt halua panostaa sen toimivuuteen ja sille varattuihin tiloihin enempää kuin on välttämätöntä. Jätteitä joudutaan kuljettamaan pitkiä matkoja, keräysvälineet on sijoitettu vaikeakulkuisten reittien taakse ja talvisin pihat ovat huonosti aurattuja tai hiekoitettuja, jolloin työturvallisuus kärsii. Vaihtolavojen siirtokuormausasemat kaupungeissa koetaan meluisiksi ja ne houkuttelevat rottia. Haja-asutusalueilla ongelmana voi olla tiestön huono kunto; tiet eivät kestä jäteauton painoa.

Projektia varten haastatellut kokivat järjestyssääntöjen ja jätehuoltomääräysten mukaisten aikataulujen ja jätehuollon toimivuuden välillä olevan ristiriitaa. Suomessa jätteet on kerättävä pääsääntöisesti klo 6-22, eli myös ruuhka-aikaan jäteautot ovat liikkeellä. Keski-Euroopassa yleinen käytäntö on kerätä jätteet öisin, ja vastaavan käytännön ottaminen Suomen jätehuoltoon nopeuttaisi ja helpottaisi työtä ja vähentäisi osaltaan kuljettajien vaihtuvuutta.

Jätehuollon työturvallisuusongelmia käsitellään laajemmin kappaleessa 5.3. Tässä yhteydessä nämä ongelmakohdat otetaan esille, mikäli niillä on yhtymäkohtia muihin ongelma-kohtiin.

JÄTKÄ-projektin haastatteluissa ja keskusteluissa tuli useaan otteeseen esille henkilöstön saatavuuteen, motivointiin ja sitouttamiseen liittyvät vaikeudet. Jäteauton kuljettajan työn imago fyysisesti raskaana ja tapaturmille otollisena ei houkuttele alalle. Vaihtuvuus on toisaalta liian suuri, jolloin urakka-alueilla ei saada hyödynnettyä kokemuksen ja rutiinien tuomaa tehokkuusetua. Toisaalta taas vaihtuvuutta voidaan pitää riittämättömänä; samat henkilöt siirtyvät työnantajalta toiselle yrityslukumäärältään suppean jätehuoltoalan sisällä. Henkilöstöongelma koskee lähinnä kilpailtuja alueita. Kuljettajakoulutuksella pyritään varmistamaan perustiedot alalle tuleville ja sillä jo työskenteleville.

Yksi ratkaisu alan imagon parantamisessa voisivat olla teknologiaratkaisut, jotka vähentäisivät työn fyysistä kuormittavuutta ja lisääisivät alan houkuttelevuutta. Laitevalmistajien vuoropuhelu kuljetusketjun keskeisten toimijoiden kanssa on siinä mielessä oleellinen. Henkilöstöongelmiin liittyen oli kalustosta esillä mm. etunostoauto, jonka käyttö on nykyisin vielä vähäistä. Etunostojärjestelmällä toimiva jäteauto keventäisi kuljettajan työtä ja mahdollistaisi kuljettajien työkierron. Myös keräysaikojen vapauttaminen siten, että kaupunkikeskustoissa voitaisiin ajaa öisin ja välttää ruuhka-ajat, voisi haastateltavien mukaan helpottaa kuljettajien työtä.

3.2.2 Jätekuljetusten tehokkuuden mittaus

Ketjun tehokkuutta ja toimivuutta kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt ja urakoitsijat tarkastelevat eri näkökulmista. Jätehuoltoyrityksille tehokkuus merkitsee ennen kaikkea taloudellista tehokkuutta, kun taas urakoiden kilpailuttajat puhuvat myös laadun ja ympäristöystävällisyyden mittaamisesta. Myös työturvallisuus on yksi elementti jätehuollon toimivuuden mittarina. Kokonaisvaltainen jätehuollon toiminnan optimointi edellyttää näiden kaikkien mittareiden huomioon ottamista (kts. Isoaho 2000).

Kunnat ja tuottajavastuuyhteisöt mittaavat toiminnan tehokkuutta urakkatarjouskilpailuilla. Hinta on usein merkittävin tekijä kilpailussa, mutta urakkasopimuksen solmimisen jälkeen urakoitsijan toiminnan laatu, tehokkuus ja työturvallisuus nousevat keskeiseen asemaan. Laadun mittaamiseen on käytössä bonusjärjestelmiä, joka perustuu jätehuollosta saatuun asiakaspalautteeseen. Asiakkaiden tekemiä valituksia saa olla tietty maksimimäärä, jonka ylittämisestä urakoitsijan saama palkkio pienenee. Jos taas valitusten määrä jää alle tietyn rajan, urakoitsija saa lisäbonusta. Haastatteluissa bonusjärjestelmien toimivuutta ei pidetty riittävänä, ja toimivuuden edellytyksenä pidettiin kilpailun kovenemista. Tosin tässäkin on havaittavissa alueellisia eroja.

Yksi urakoitsijan toiminnan tehokkuuden mittari on, kuinka monta jätetonnin yksi auto kykenee keräämään kilometriä kohti tai kuinka monta tyhjennystä tunnissa kukin kuljettaja tekee. Tyhjennysten lukumäärän perusteella voidaan arvioida jätteen tonnimäärä. Jätehuoltoyrityksissä tehokkuuden mittaus voi olla sidoksissa kuljettajan palkkaan.

Ympäristökuormitusta mitataan kiloina jätepestettä kohti tai kuormitus määritellään ajettujen kilometrien perusteella. Pyrkimyksenä on minimoida ajatut kilometrit ja siten vähentää päästöjä. Ympäristökuormituksen mittaus edellyttää tarkkaa tietoa ajokilometreistä, mutta sitä ei aina ole saatavilla. Myös laskutus voi perustua ajokilometreihin. Isompien jäteastioiden tai -säiliöiden käyttö vähentää tyhjennyskertojen määrää ja siten ajosuoritetta. Ajo-neuvokalusto määritellään urakkasopimuksissa.

4 Jätteen keräyksen ja kuljetuksen edistyksellinen ketju

4.1 Yleistä

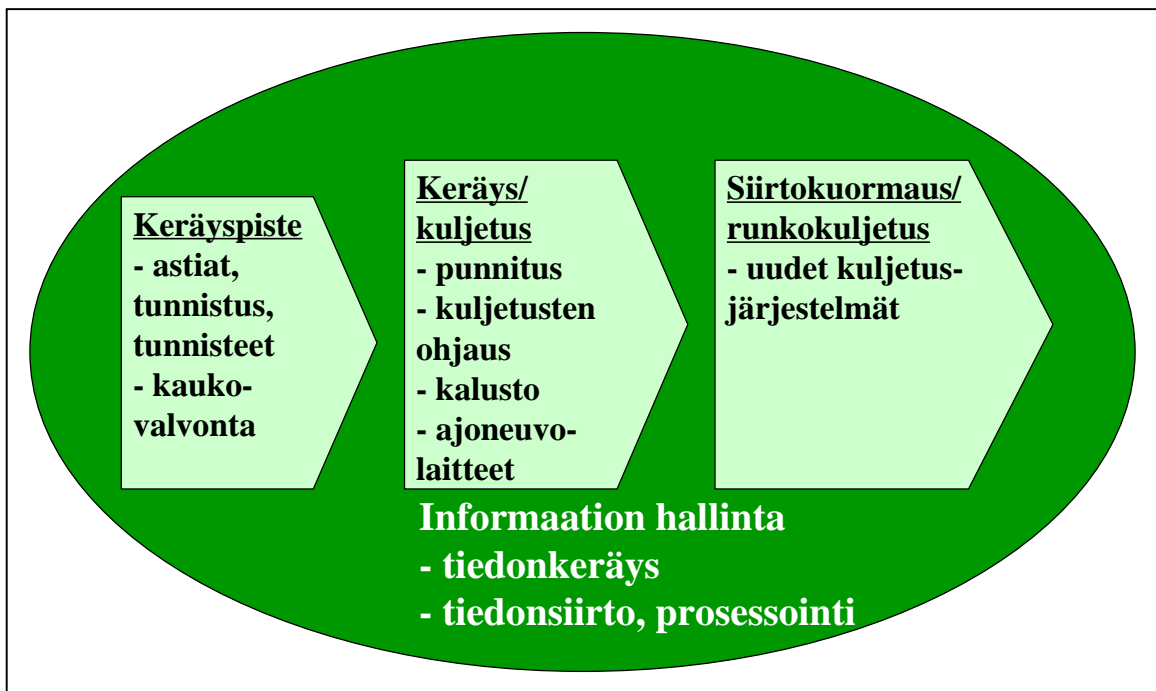
Tavaraliikenteessä kuljetusten aikataulutus kiristyy pyrittäessä täsmätoimituksiin ja SCM:n (Supply Chain Management) mukaisesti logistisia toimintoja virtaviivaistetaan läpi koko toimitusketjun kaikkien osapuolten osalta. Asiakkaat vaativat tilaamansa tavarat nopeasti ja lisäksi he haluavat tietoa mahdollisista poikkeamatilanteista, jotka viivästyttävät toimitusten perille tuloa. Tämä vaatii mm. kuljetusten reaaliaikaista seurantaa, erilaisten yksiköiden (kontti, puoliperävaunu, kolli) tunnistamista ja tehokasta tiedonvaihtoa eri toimijoiden välillä eli tavaraliikenteen telematiikkaa.

Jätekuljetuksissa aikataulut eivät ole niin merkitsevässä asemassa järjestelmän toimivuuden kannalta, mutta yleisesti tavaraliikenteessä käyttöönotetuista telematiikkajärjestelmistä voisi olla hyötyä myös jätehuollon kehittämisessä kuljetustoimintojen tehostamisessa ja jätevirtojen hallinnan osalta. Keräys- ja kuljetusjärjestelmien osalta tarkastelu ja kehittäminen pitäisi laajentaa koskemaan koko jätehuollon logistista ketjua ja miettiä kehittämiskohteiden vaikutusta kokonaisuuteen eikä pelkästään yksittäisen toimijan kannalta. Toimeenpanon kannalta haasteeksi muodostuu riittävän vahvan osapuolen löytyminen, koska jätehuoltoalan toimijamäärä on suuri ja selkeää vastuutahoa koko ketjun kannalta ei helposti löydy.

Tässä kappaleessa keskitytään kuvaamaan jätehuollon keräys- ja kuljetusjärjestelmien kehittämistä telematiikan ja uusien kuljetuskonseptien keinoin. Jätelogistiikan telematiikan osa-alueita ovat esimerkiksi astioiden tunnistus, punnitus, ajoneuvopaikannus, tiedonsiirto ja tarvittavat tietojärjestelmät. Lisäksi älykäs logistiikka vaatii tuekseen telematiikan infrastruktuurin ja siihen liittyviä palveluja. Uusia kuljetusteknologioita edustavat mm. yhdistetyt kuljetukset, joka tarkoittaa saman kuljetusyksikön (kontti, puoliperävaunu, vaihtokuormatila) kuljettamista vähintään kahdella eri kuljetusmuodolla ilman, että kuljetusyksikön lastia käsitellään kuljetusketjun aikana.

Tekniikoiden asteittainen käyttöönotto mahdollistaa erilaisten konseptien muodostamisen. Tarkoituksena on löytää telemaattisia sovelluksia, jotka toimivat itsenäisesti, mutta ovat kuitenkin yhteensopivia mahdollisesti myöhemmin käyttöönotettavien sovellusten kanssa. Erityisesti telematiikan osalta kehitys on nopeaa ja uusia sovelluksia tulee markkinoille nopeasti. Tässä yhteydessä ei varsinaisesti oteta kantaa laitevalmistajiin ja heidän tuotteisiinsa, vaan käydään läpi erilaisia teknologioita ja niiden ominaisuuksia. Teknologioiden osalta tarkemmat kuvaukset löytyvät Peltoniemen ja Isoahon raportista ”Jätteiden keräyksen ja kuljetuksen telematiikka”.

Seuraavassa kuvassa jätehuollon logistinen ketju on pilkottu fyysisiin pisteisiin ja toimintoihin sekä tässä kappaleessa tarkemmin käsiteltäviin aihealueisiin.



Kuva 5. Jätehuollon logistisen ketjun kohteet ja toiminnot.

4.2 Keräyspiste

4.2.1 Keräysvälineet

Tässä työssä tarkasteltava jätehuollon logistinen ketju on rajattu alkavaksi keräyspisteestä. Kuten jo nykyketjun kuvauksessa todettiin, keräyspisteen keräysvälineinä voidaan käyttää säkkejä, astioita, säiliöitä, puristinsäiliöitä ja syväkeräysjärjestelmiä, jotka kaikki soveltuvat sekä asuin-, toimisto- että liikekiinteistöihin. Myös putkikeräysjärjestelmiä, varustettuna joko imulla keräysvaiheessa tai imulla kuljetusvälineeseen, on käytössä. (Salonen 1998)

Yleisimmin Suomessa käytetään 240, 600 ja 660 litran astioita. Käytettävän keräysvälineen valintaan vaikuttavat mahdolliset standardit, kuntien jätehuoltomääräykset sekä käytettävät keräys- ja kuljetusmenetelmät (Salonen 1998). Seuraavassa muutamia keräysvälineisiin liittyviä kehityssuuntia, jotka osaltaan mahdollistavat niiden kytkemisen uusiin telematiikka- ja kuljetusjärjestelmiin sekä antavat uusia ratkaisumahdollisuuksia esimerkiksi tilanpuutteesta kärsivien keskustakiinteistöjen ongelmiin.

Sir-Lift on kotimainen maan alle laskettava jätekonttijärjestelmä. 9-16 kuutiometrin jätepuristimella varustettu kontti sijaitsee maan alla ja nostetaan hydraulisesti ylös vain tyhjennyksiä varten. Järjestelmä on tilaa säästävää ja hajuhaitaton. Maanpäällä näkyvissä on vain pieni magneettisesti lukittu täyttöastia, joka avautuu tunnistamalla käyttäjänsä langattomasti. Puristin toimii automaattisesti täyttösuppiloissa olevan valokennokäynnistimen avulla. Laitteisto on mahdollista varustaa kaukovalvontajärjestelmällä, jolloin tyhjennystarpeesta lähtee automaattinen kutsu jätehuolto-operaattorille. (Ecosir-Invest Oy 2001)



Kuva 6. Maan alle laskettava jätessäiliö on esteettinen ja tilaa säästävää ratkaisu kaupunkiolosuhteisiin. (Ecosir-Invest Oy 2001)

Suomalaisen MOLOK-syväkeräysjärjestelmän ideana on sijoittaa 2/3 säiliöstä maanpinnan alapuolelle. Ratkaisu säästää tilaa ja lisää keräyskapasiteettia, koska painovoima puristaa jätteen omalla painollaan kasaan. Teholtaan MOLOK on noin kaksinkertainen vastaavaan pinta-astian tilavuuteen verrattuna. Hajuttomuutensa ansiosta MOLOK:in tyhjennysväliä voidaan määrittellä jätemäärään perustuen. Tällä on suuri merkitys mm. turisti- ja mökki-alueiden jätehuollon kehittämisessä. Astian tyhjennys tapahtuu nostamalla nostosäkki ja sen sisältämä kertakäyttösäkki joko avolavakalustoon tai vaihtoehtoisesti pakkaavaan syväkeräysautoon, jolloin ei tarvita kertakäyttösäkkiä. (Molok Oy 2001)



Kuva 7. MOLOK-syväkeräysjärjestelmän maanpäällä näkyvä osa. (Molok Oy 2001)

MOLOK-syväkeräyssäiliöihin on kehitetty täyttöasteen ilmaisinta ja vaihtoehtoina ovat olleet ultraäänianturit, liikeanturit, mikroaaltoihin perustuvat ilmaisimet sekä mikrokytkimet. Kehitystyö on ollut haasteellista, mutta ilmaisinjärjestelmää on jo pilotoitu ja tuotantokäyttöön soveltuva ratkaisu tulee pian markkinoille. (Salli 2001)

Uppo- ja UH-syvä- että pintasäiliöt soveltuvat erilaisten jätelajien keräysvälineiksi. Säiliöt tyhjenetään etulastausautolla ja syvässäiliöt voidaan tyhjentää myös nosturiautolla. Kuten muissakin syväkeräysjärjestelmissä, etuna on jätteiden tiivistyminen, joka mahdollistaa pidemmät tyhjennysvälit. Säiliöissä ei käytetä minkäänlaisia säkkejä vaan tarvittaessa pesu riittää huoltotoimenpiteeksi. (Arbelius 2001) Kuvassa 8 on etulastausautolla tapahtuva Uppo-syväsäiliön tyhjennys. Lisää kuvia Uppo- ja UH-säiliöistä liitteenä 1 olevassa RT-kortissa.



Kuva 8. Uppo-syväsäiliön tyhjentäminen etulastausautolla.

Tällä hetkellä käytössä olevien keräysastioiden ja -säiliöiden asema Suomen jätehuollon keräysvälineinä säilyy muutaman seuraavan vuoden aikana vakaana. Lähinnä näköpiirissä voi olla osittainen siirtyminen suurempiin, noin 1000-1100 litran, astiakokoihin. Lisäksi tilanahtaus esimerkiksi keskustan tiiviisti rakennetuissa kiinteistöissä pakottaa miettimään uusia ratkaisuja, jolloin maanpinnan alle sijoitettavat keräysvälineet tulevat kyseeseen yhtenä vaihtoehtona. Syntypaikkalajittelun lisääntyminen entisestään sekä keräys- ja kuljetuskaluston kehittyminen tuovat aikanaan muutospaineita myös käytettäville keräysvälineille.

4.2.2 Keräysvälineiden tunnisteet ja tunnistus

Tarpeita keräysvälineiden tunnistamiselle luovat mm. painoperusteinen laskutus sekä jätevirran ja astiakannan hallinta. Suomessa jätteiden punnitus ja tähän liittyvä laskutus on vielä harvinaista kiinteistökohtaisesti, mutta jätteen vastaanottopisteissä jätteitä kuljettavia autoja punnitaan. Keräysvälineiden punnitsemisen lisääntyminen vaatii tuekseen tunnistamisen, joka kytkee tietojärjestelmissä punnitustuloksen tietylle jätteentuottajalle. Itse tunniste sisältää useaa erilaista tietoa, esimerkiksi tunnisteiden koodi, kiinteistön osoite ja jätteentuottajan tiedot sekä keräysvälineen tyyppi ja taara. Usean keräysvälineen kiinteistöillä ei välttämättä ole tarve tunnistaa kaikkia astioita, vaan itse keräyspisteen tunnistaminen ja sen tunnisteiden liittäminen kaikkien astioiden punnitustulokseen riittää. Jätevirran hallinnasta enemmän kappaleessa 4.7 Tiedontarve ja -hallinta.

Keräysvälinekannan hallinnassa ei ole välttämättä tarpeellista yksilöidä kaikkein pienimpiä keräysvälineitä, mutta suurempien ja vähälukuisempien keräysvälineiden (esimerkiksi puristinsäiliöiden) tunnistaminen mahdollistaa niiden huoltotarpeen yms. seurannan tietojärjestelmissä.

Keräysvälineiden tunnistamiseen on tarjolla erilaisia tekniikoita ja niitä on myös Suomessa kokeiltu, usein huonoin tuloksin. Epäonnistumiset ovat johtuneet monessa tapauksessa kehitysvaiheessa olevien laitteiden käytöstä ja erityisesti tapauskohtaisen sovelluskehityksen puutteesta. Laitteet ovat kuitenkin kehittyneet ja oikein valituilla ja asennetuilla laitteilla on mahdollisuus päästä lähes 100 %:n tunnistusvarmuuteen. Seuraavassa RFID- ja konenäköjärjestelmien esittelyä.

RFID

Sähköinen ja automaattisen tunnistuksen mahdollistavat RFID (Radio Frequency Identification) järjestelmät koostuvat seuraavista komponenteista: lukulaitteesta (interrogator, reader), antennista, saattomuisteista (transponder tai tag) ja tietokoneesta tai muusta tiedonkäsittelyjärjestelmästä (Permala et al. 2000). Saattomuisti kiinnitetään tai sulautetaan tunnistettavaan esineeseen, esimerkiksi muovisiin jäteastioihin jo valmistuksen yhteydessä. Tällöin tunnisteet eivät ole alttiita mekaaniselle rasitukselle ja ilkevallalle.

Saattomuistin tärkein komponentti on puolijohdesiru, joka säätää tiedonvälitystä lukulaitteeseen. Sirussa on muistialue, jonne tunnusnumero tai muut tiedot tallennetaan. Muistin sisältö lähetetään lukulaitteeseen sirua aktivoitaessa. Saattomuistissa siruun on liitetty antenni ja virityskondensaattori. Saattomuisteja on tarjolla eri kokoisina ja muotoisina. (Permala et al. 2000) Eräs mielenkiintoinen saattomuistisovellus syntyy käyttämällä sirua sekä indusoivalla musteella ja mustesuihkutulostimella esimerkiksi paperiseen jättesäkkiin tehtävää antennia. Tällöin jättesäkki on tarvittaessa yksilöitävissä koko logistisen ketjun ajan vaikka keräyksen ja kuljetuksen aikana säkit kootaan yhteen keräys- ja kuormatilaan.



Kuva 9. Tagmaster Confident lukija ja saattomuisteja. (Permala et al. 2000)

RFID-lukulaitteissa on elektronisia komponentteja, jotka lähettävät viestin ja vastaanottavat saattomuistien palauttamia viestejä; mikroprosessori, joka tarkistaa ja tulkitsee vastaanotetun viestin; sekä muisti, joka tallentaa tiedon seuraavaa lähetystä varten. Varmistuskoodaus varmistaa erittäin korkean käyttövarmuuden luku- ja kirjoitusprosessien aikana. Tiedot siirretään lukulaitteesta tietokoneeseen tai ohjaimen. Lukulaitteen antenni voi olla integroitu lukulaitteen elektroniikan kanssa yhteen tai ne voivat olla erillään. (Permala et al. 2000)

Konenäköjärjestelmät

Konenäköjärjestelmiä käytetään useissa eri laitteissa ja sovelluksissa. Usein kysymyksessä on materiaalin laadunvalvontaan liittyvä sovellus, jossa aiemmin ihmisilmin visuaalisesti suoritettu laadunvalvonta on siirretty konenäköjärjestelmän suoritettavaksi. Laadunvalvonta on usein pakkotahtista työtä, jolloin ihminen väsyä toistuvan suorituksen aikana ja inhimillisten virheiden määrä kasvaa. Konenäköjärjestelmä on väsymätön ja suorittaa annettua tehtävää riippumatta siitä, kuinka kauan ja kuinka usein toiminto täytyy suorittaa. (Korpinen 1998)

Konenäköjärjestelmissä käytettäviä tunnisteita ovat erilaiset viivakoodit sekä tekstit ja erikoismerkit. Tunnistaminen tapahtuu käyttämällä optisia menetelmiä (OCR, Optical Character Recognition / ICR, Intelligent Character recognition / OMR, Optical Mark Recognition). Tekstintunnistuksessa käytetyt fonttityypit voidaan jakaa kolmeen eri pääryhmään (Korpinen 1998):

- Yleisfontit, yleisesti sovittuja fonttityyppejä, joiden mallit löytyvät esim. painotaloilta jne.

- OCR-fontit. Erityisesti sovitut fonttityypit, jotka ovat tarkoitettu erityisesti automaattiseen tekstintunnistukseen. Ominaisuuksiin kuuluu mm. se, että jokainen merkki on yksilöllisesti esitettävissä, jolloin eri merkkien sekoittuminen toisiin on vähäisempää.
- Käsinkirjoitetut merkit. Automaattisen tekstintunnistuksen kannalta kaikkein haastavin ryhmä, koska merkin muoto ja koko on riippuvainen kirjoittajan omasta tyylistä.

Perinteisiä yksiulotteisia viivakoodeja on useita eri tyyppisiä, joista tällä hetkellä yleisimpiä ovat (Korpinen 1998):

- Koodi 39 (teollisuus)
- EAN-13, EAN-8 (päivittäistavarakauppa)
- Interleaved 2/5 (teollisuus)
- Koodi 128 (voimakkaasti yleistymässä oleva koodi - esimerkki alla)



Kuva 10. Yksiulotteinen viivakoodi (koodi 128).

Näiden koodien avulla esitetään vain jokin yksittäinen ascii-merkkisarja (numeroita ja/tai kirjaimia) ja koodin sisäisen rakenteen avulla (itsetarkentuva) tai ylimääräisten tarkistusmerkkien (lasketaan muiden merkkien perusteella) avulla voidaan varmentaa luennan oikeellisuus. Jos luenta johtaa virhetilanteeseen, koodin sisältö joudutaan antamaan siihen liittyvän selkokielisen tekstin avulla. (Korpinen 1998)

Suuret tietomäärät ja virheenkorjaustarve ovat synnyttäneet kaksiulotteiset viivakoodit, joita ovat mm. seuraaviin kahteen alaryhmiin luokiteltuina (Korpinen 1998):

- pinotut koodit (esimerkki alla)
- matriisikoodit



Kuva 11. Kaksiulotteinen viivakoodi PDF417 (PDF=Portable Data File)

Pinotut koodit muodostuvat tavallaan päällekkäin pinotuista yksiulotteisista viivakoodeista. Matriisikoodeissa ei ole tällaista säännöllistä rakennetta. Pinottujen koodien luentaan soveltuvat laser ja CCD-lukijat, kun taas matriisikoodit edellyttävät kalliimpia ratkaisuja esimerkiksi kameratekniikkaa. Matriisikoodien luku on kuitenkin voimakkaasti kehitymässä. (Korpinen 1998)

2-ulotteisten koodien etuna on tallennettavan tiedon suuri määrä (nykyisin liki 3000 merkkiin asti) sekä virheenkorjausmahdollisuus. Osa koodista voi olla tuhoutunut ja sen sisältö voidaan silti lukea. Koodeissa on määriteltävissä erilaisia virheenkorjaustasoja. Näillä voidaan säädellä tuhoutuneiden koodin osien osuudeksi esimerkiksi 5 - 30 % sen pinta-alasta. (Korpinen 1998)

Kehityssuunta johtaa selvästi 2-ulotteisten koodien yleistymiseen. 2-ulotteiset koodit kilpailevat osin sähköisten tunnisteiden kanssa etunaan halpuus ja helppo liitettävyyys nykyisiin viivakoodin luku-/kirjoitusjärjestelmiin. Viivakoodien soveltuvuus jätehuollon tarpeisiin ei välttämättä ole niin hyvä kuin RFID:n, koska lukemistapahtuma vaatii näköyhteyden ja koodit itsessään likaantuvat ja vaurioituvat käytössä.

4.2.3 Keräysvälineiden punnitus

Jätteen punnitseminen keräysvälineen tyhjentämisen yhteydessä mahdollistaa painoperusteisen laskutuksen ja lisäksi punnitustietojen tallennus ja prosessointi on lähtökohtana jätevirran hallinnalle. Punnitustiedoista saadaan aineistoa erilaisten tilastojen, raporttien ja rekisterien tekemiseen, joita jätehuollon eri osapuolet voivat hyödyntää. Suomessa punnitseva keräys ja painoperusteinen laskutus on vielä vähäistä, koska yleisesti jätehuoltomaksujen perusteena ovat kuljetusosuus, käsittelyosuus ja mahdollinen keräysvälineen vuokra. Tällöin lähinnä tyhjennysfrekvenssi vaikuttaa laskun suuruuteen riippumatta keräysvälineen täyttöasteesta.

ISWAN (International Solid Waste Association) vuonna 1999 julkaistu raportti ”Solid Waste On-board Weighing Systems” sisältää selvityksen punnitusjärjestelmien käytöstä kahdeksassa eri Euroopan maassa. Tarkasteltavana olleet maat olivat Hollanti, Iso-Britannia, Itävalta, Ranska, Ruotsi, Saksa, Suomi ja Tanska. Kaikissa maissa oli tehty ja on edelleen meneillään kehitys- ja kokeilutyötä erilaisten punnitusjärjestelmien osalta. Järjestelmiä on otettu myös käyttöön, mutta ne ovat kuitenkin käytössä tietyillä rajatuilla alueilla tai tietyille jätelajeille eli mistään massasovelluksista ei vielä voida puhua. Syitä punnitusjärjestelmien käyttämiseen ovat laskutusjärjestelmien muuttaminen vastaamaan paremmin jätteen tuottamista sekä jätevirran hallintaan liittyvät asiat. Raportissa todetaan, että teknisen kehityksen lisäksi punnitusjärjestelmien käyttöönotossa täytyy huomioida tarkasti moninaiset poliittiset, lainsäädännölliset ja sosiaaliset näkökulmat, jotka osaltaan vaikuttavat käytettävään laskutusjärjestelmään. Useissa maissa on kuitenkin vallalla jätteen tuottaja maksaa -periaate, joka osaltaan lisää mielenkiintoa luotettavien ja tarkkojen jätteen punnitusjärjestelmien kehittämiseksi.

Lisää tietoa erilaisista punnitustekniikoista sekä keräyspisteissä että vastaanottopisteessä tapahtuvan punnituksen osalta Peltoniemen ja Isoahon raportissa ”Jätteiden keräyksen ja kuljetuksen telematiikka”.

4.2.4 Kaukovalvonta

Jätehuollon yhteydessä kaukovalvonnalla tarkoitetaan keräysvälineiden varustamista täyttöastetta tarkkailevilla antureilla, joista tuleva tieto siirretään joko verkossa tai langattomasti keräyksen suorittavalle jätehuoltoyritykselle. Mittausantureita on olemassa nestesäiliöille (pinnankorkeustieto) sekä jätepuristimille, joissa mitattava ja täyttöastetta ilmaiseva suure on hydraulikkajärjestelmän paine. Kiinteän jätteen keräysvälineille mittausantureita ei vielä ole, mutta esimerkiksi syväkeräysjärjestelmien yhteydessä antureita kehitetään.

Oy Labko Solutions Ab:lla on LabkoNet-niminen järjestelmä, jonka toiminta käsittää järjestelmät mittaus- ja hälytystietojen siirtoon. Mittaustiedot ovat luettavissa millä tahansa internetiin liitetyllä PC:llä. Hälytystiedot ohjataan haluttuihin paikkoihin automaattisesti esimerkiksi tekstiviestinä tai sähköpostina. Kiinteän jätteen jätepuristimien sisällön määrän valvontaan on kaksi tapaa:

- puristimesta saadaan ns. "ylärajatieto" eli hälytys halutusta täyttöasteesta
- puristimesta saadaan sisällön määrä kullakin mittaushetkellä

Järjestelmän tarjoamia ja kustannuksia säästäviä etuja ovat täyttöasteen valvontatyön poistuminen ja mahdollisuus täsmätyhjennykseen. Lisäksi järjestelmästä saa haluttaessa raportit kaikista tapahtumista. (Oy Labko Ab 2001)

4.3 Keräys- ja kuljetustoiminnot

4.3.1 Keräys

Jätteen keräyksellä tarkoitetaan kiinteistöllä tai aluekeräyspisteessä tapahtuvaa jätteiden kokoamista ja välivarastointia. Jätteenkeräykseen kuuluu jätteiden vieni niille varattuun keräyspisteeseen ja jätteiden nouto keräyspisteestä. Erikseen kerättäville jätelajeille tulee olla keräysvälineitä sen mukaan kuin syntypaikkalajittelusta on päätetty. Kunnan järjestämän jätteenkuljetuksen alueella jäteastioiden on sovelluttava kunnassa käytössä olevaan kuljetusjärjestelmään. (Salonen 1998)

Keräys on merkittävä tekijä jätehuollon logistisen ketjun toiminnassa ja sujuvuudessa. Keräysvälineiden ja kuljetuskaluston yhteensopivuus takaa toimivan kokonaisuuden eikä aiheuta ylimääräistä työtä ja ajankulua kuljettajille. Jätevirran hallinnan kannalta jätteen noutamisen yhteydessä tapahtuva punnitus ja keräysvälineen/-pisteen tunnistus mahdollistavat yksilöidymmän tiedon keräämisen jätekertymästä.

4.3.2 Keräysajoneuvot

Kappaleessa 3.1 todettiin, että pakkaavat jäteautot ovat Suomessa yleisin jäteautotyyppi. Ne ovat pääosin takaa kuormattavia, astiahissillä ja vinssillä varustettuja jätteen yhteen säiliöön puristavia ajoneuvoja. Viime vuosina on otettu käyttöön myös edestä tai sivusta kuormattavia jäteautoja (kts. kuva 12). (Salonen 1998) Monilokeroautoilla voidaan kerätä samanaikaisesti kahta tai useampaa jätelajia. Takaa kuormattava pakkaaja jaetaan tavallisesti kahteen osaan pituussuunnassa. Pakkaajaa lyhentämällä saadaan ohjaamon taakse mahtumaan kolmas lokero esimerkiksi biojätteen tai paperin keräilyä varten. (Ronkainen 1997)



Kuva 12. Norban varustama pakkaava jäteauto sivulastaajalla. (Flaaming 2001)

Jätelavojen ja säiliöiden kuljetuksessa Suomessa käytettävät vaihtolava-autot ovat yleisimmin vaijerilaittein varustettuja. Ns. koukkulaite on kuitenkin valtaamassa markkinaosuutta nopeutensa ja turvallisuutensa vuoksi. Koukkulavalaitteen käytön yleistymistä estää pitkään säilyvä vaijerikiinnityksin varustettu vaihtolavakanta. Jätesäiliöt voivat olla joko puristinlaittein varustettuja tai ilman. (Salonen 1998)

Keräysajoneuvojen osalta suurimmat muutokset jatkossa liittyvät runkokuljetusjärjestelmien kehittämiseen ja sitä kautta mietittäessä ratkaisuja keräys- ja varsinaisen kuljetuskaluston yhteensopivuuteen. Kyseeseen voivat tulla esimerkiksi irroitettavien ja yhdistettyihin kuljetuksiin soveltuvien kuormatilojen (lähinnä kontit) käyttäminen. Perinteisten keräysajoneuvojen määrä pysyy pitkään korkeana, koska uusien kuljetusjärjestelmien käyttöönotto on hidasta ja ne eivät aluksi kata laajoja alueita. Myös syntypaikkalajittelusta seuraava usean keräysvälineen käyttäminen on haaste keräyksen kustannustehokkaalle suorittamiselle, joka pienten jätekertymien haja-asutusalueilla lisää monilokeroautojen käyttöä.

4.3.3 Kuljetus

Jätteiden kuljetuksella tarkoitetaan jätteiden siirtoa keräysvälineestä vastaanottopaikalle. Kuljetuksen osuus jätehuoltokustannuksista on asumisessa syntyvästä jätteestä jopa 60 – 90 %. Yksittäinen taloyhtiö esimerkiksi säästää huomattavasti valitsemalla koneellisesti kuormattavan kontin vaihtolavan sijasta. Kuljetusvälineinä käytettävissä on yhdellä tai useammalla kuormatilalla varustettuja pakkaavia jäteautoja sekä vaihtolava-autoja säiliöiden ja avolavojen sekä puristinsäiliöiden kuljetukseen. Näitä on myös mahdollista kuljettaa useampia kerralla ajoneuvoyhdistelmillä. Lisäksi oma tyyppinsä on imuauto, joka imee jätteet säiliöstä omaan kuormatilaansa alipaineella. Kyseeseen voi tulla myös putkikuljetusjärjestelmä tai pidemmällä matkoilla juna. (Salonen 1998)

CWS (Container Waste System)

Varsinaisten kuljetusmatkojen pidentyessä kustannustehokkuutta voidaan parantaa eriyttämällä keräykseen ja kuljetukseen käytettävä kalusto. Esimerkiksi Partek Cargotecin CWS-järjestelmässä käytetään jätensäiliönä 10 jalan pienkonttia ja keräyksessä kalustona on puristinlaitteistolla varustettu auto ja kuljetuksessa esimerkiksi ajoneuvoyhdistelmä. CWS-tekniikalla varustetussa jäteautossa astioiden tyhjennys tapahtuu ajoneuvon sivusta heti ohjaamon takana olevan astiahissin ja puristinlaitteiston avulla. Kuljettaja voi ohjaamosta poistumatta poimia jätensäkkejä sekä tyhjentää keräysvälineet. Tällä pyritään kuljettajan työn vähentämiseen ja keräyksen nopeuttamiseen.

Keräysajoneuvon jätensäiliönä toimiva kontti vaihdetaan täytyttyään tyhjään ja täysi kontti jätetään odottamaan kuljetusta eteenpäin toimenpiteen muutoin keräyskierrosta keskeyttämättä. Kaksi konttia voidaan yhdistää yksinkertaisella salpasysteemillä 20 jalan kontiksi, jolloin ajoneuvoyhdistelmässä voidaan kuljettaa kuusikin konttia kerrallaan. Täydet kontit voidaan noutaa erikseen myös tavallisella vaihtolava-autolla. CWS-tekniikka mahdollistaa bio- ja kuivajätteen keräyksen yhteis- tai erilliskeräyksenä.

CWS-kontit soveltuvat myös rautateitse tapahtuvaan kuljetukseen. Yksittäiset kontit voidaan kuormata suoraan normaaliin avovaunuun ja yhdistettyjä kontteja voidaan kuljettaa erilaisilla kuljetusjärjestelmillä, kts. 4.4.3 Rautatie. Kuormaamisessa ei tällöin tarvita erillistä kalustoa, joten lastauspaikkoina voidaan käyttää kaikkia kyseeseen tulevia ratapihoja.

Puristinlaitteistoon ja 10 jalan konttiin perustuvan CWS-tekniikan lisäksi on suunnitteilla ilman puristinta toimiva CWS-jäteauto. Ajoneuvon kuormatilana käytetään 20 jalan konttia. Keräysvälineiden tyhjennys suoritetaan ajoneuvon keulan edestä hydraulisella puomilla, joka nostaa keräysvälineen ohjaamon yli kumoten sisällön konttiin. Ilman puristinlaitteistoa kerättäviä jätelajeja ovat esimerkiksi lasimurska ja keräyspaperi, joiden tilavuuspaino ei puristuksessa juuri pienene.

GCTS (Geesink Container Transport System)

Hollantilainen Geesink-Norba Group on kehittänyt jätteiden keräykseen ja kuljetukseen järjestelmän, jonka ytimenä on 20 jalan ISO-standardoitu kontti. Kontin tilavuus on 28 kuutiometriä ja se soveltuu esimerkiksi koukku- tai vaijerilaitteistolla sekä pakkaajalla varustetuille keräysajoneuvoille (kuva 13). Varsinaisessa kuljettamisessa on mahdollista käyttää kaikkia kontin kuljettamiseen soveltuvia kuljetustapoja, esimerkiksi ajoneuvoyhdistelmää, junaa tai jopa laivaa. (Geesink-Norba Group 2001)



Kuva 13. Kontin siirto keräysajoneuvosta sekä konttien kuljetusta täysperävaunuyhdistelmällä. (Geesink-Norba Group 2001)

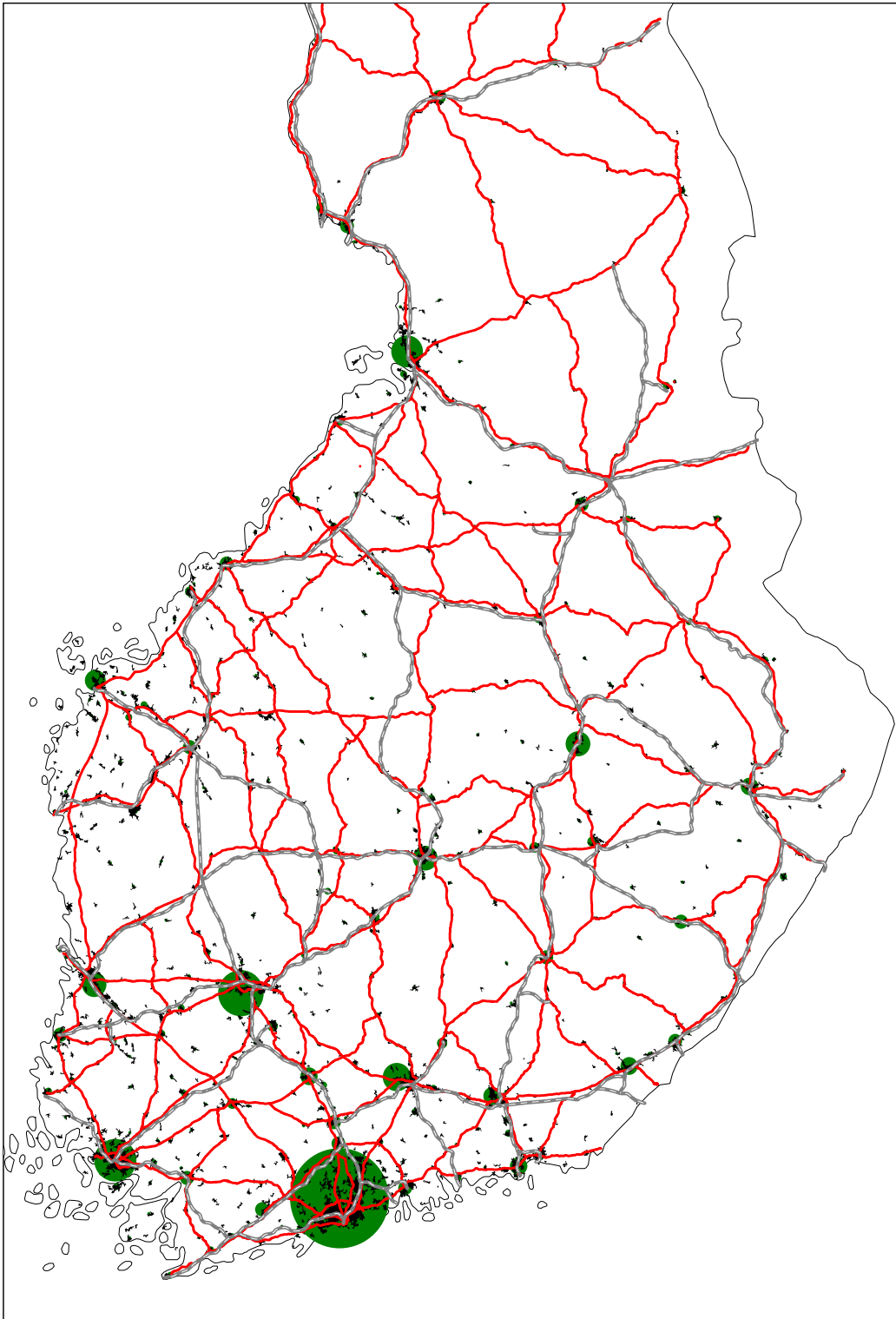
Keräysajoneuvot voivat olla takaa, sivusta tai edestä lastaavia ja järjestelmässä on mahdollista käyttää myös muun kokoisia kontteja. Järjestelmän käytöstä saatujen kokemusten mukaan ISO-kontin käyttö tarjoaa kuitenkin laajimmat mahdollisuudet eri kuljetusmuotojen hyödyntämiseen ja nykyisiin kuljetusjärjestelmiin liittämiseen. Puristinlaitteilla kontin hyötykuorma saadaan korkeaksi ja kontin helppo käsiteltävyys vähentää järjestelmän varsinaisia käyttökustannuksia. (Geesink-Norba Group 2001)

4.4 Siirtokuormaus ja runkokuljetus

4.4.1 Yleistä

Jätteenkäsittelypaikkojen edelleen vähentyessä kuljetusmatkat tulevat pidentymään Suomessa. Aikaisempaan tilanteeseen luodut jätehuollon kuljetusjärjestelmät eivät välttämättä enää täytä kustannustehokkaan ja kestäväen jätehuollon järjestämisen kriteereitä, joten uusia, osin jo muilla toimialoilla koeteltuja kuljetusratkaisuja, tulisi harkita vaihtoehtoina jätehuoltoa kehitettäessä.

Keräys- ja kuljetustoiminnoista suurin muutospainne tulee kohdistumaan jätteen pitkämattaisiin runkokuljetuksiin. Kuljetusmatkan kasvaessa maantiekuljetus saa varteenotettavan vaihtoehdon rautatiestä, kun keräys- ja kuljetuskaluston yhteentoimivuus saadaan varmistettua. Kuvassa 14 on esitetty Suomen valta- ja kantatiet sekä rautatieverkko yhdessä taajama-alueiden kanssa, joissa vihreän ympyrän pinta-ala on suhteessa taajaman asukaslukuun. Suomen väestöstä asuu yli 80 prosenttia taajama-alueilla.



Kuva 14. Suomen valta- ja kantatiet, rautatieverkko sekä taajamat (vihreällä). (Martamo 2001)

Vastaanottopisteen (jätteenkäsittelylaitos, polttolaitos,...) sijainti vaikuttaa osaltaan kuljetusjärjestelmän rakentamiseen ja päinvastoin. Käsittelylaitos aiheuttaa raskasta liikennettä tulevan jätteen osalta sekä mahdollisen uusiomateriaalin tai polttojäämien muodossa. Sijainnin tulisi olla lähellä päätie- ja/tai rautatieverkkoa sekä varsinaisten asuma-alueiden ulkopuolella.

Seuraavassa muutama esimerkki sekä rautatie- että maantiekuljetuksiin perustuvista jätehuoltoon soveltuvista runkokuljetuskonsepteista.

4.4.2 Maantie

Vammalalainen Kuljetusliike H. Haapanen Ky on tehnyt monivuotisen sopimuksen yhdyskuntajätteen kuljettamisesta välillä Vammala (Äetsä, Kiikoinen) - Forssa. Kuljetusmatka on pituudeltaan noin 100 km ja kalustona käytetään vetoautoa ja tarkoitukseen modifioitua puoliperävaunua. Järjestelmässä siirtokuormausasemalla on purkauspaikat keräyksen alueella normaaliin tapaan hoitaville keräysautoille, jotka tyhjentävät lastinsa kippaamalla suoraan puoliperävaunuun. Puoliperävaunun tilavuus on 100 kuutiometriä ja käytännössä hyötykuorma noin 30 tonnia. Tyhjennys Forssassa Loimi-Hämeen Jätehuolto Oy:n jätekeskuksessa tapahtuu puoliperävaunun liikkuvan lattian avulla.

Kyseisessä tapauksessa sekajätekuormia tulee laskelmien mukaan keskimäärin 4/viikko. Paperi, lasi ja metallit kerätään erikseen ja niille on siirtokuormausasemalla varattu omat siilonsa.

Järjestelmän etuja ovat (Haapanen 2001)

- vähäiset kustannukset siirtokuormausasemaan (katos, ajoramppi tyhjennystä varten, siilot), nopeasti rakennettavissa
- puoliperävaunu toimii samalla varastotilana
- vetoauton käyttöaste saadaan korkeaksi, koska se voidaan irrottaa suurimmaksi osaksi ajasta muuhun ajoon
- säästöt kuljetuskustannuksissa jopa 40 % perinteiseen kuljetusjärjestelmään verrattuna

4.4.3 Rautatie

ACTS (Abroll Container Transport System)

Euroopassa ACTS- nimellä tunnettu kuljetusjärjestelmä on tehty auto-juna-auto- kuljetuksille, josta tulee myös järjestelmän suomalainen nimitys AJA. Järjestelmä soveltuu konteille ja vaihtokuormatiloille ja perusideana on yksiköiden siirto auton ja junan välillä ilman erillistä kalustoa (kuva 15). Auton siirtolaitteiden (vaijeri tai hydraulinen koukku) ja rautatievaunun vaakatasossa kiertyvän kääntöpöydän avulla yksiköt ovat helposti liikutel-

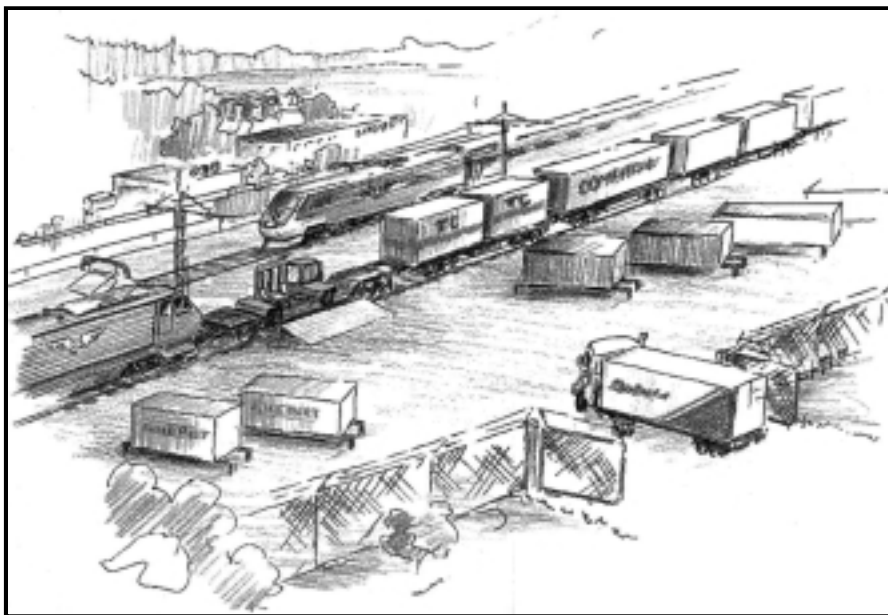
tavissa kulkumuodosta toiseen. Keski-Euroopassa järjestelmää käytetään myös jäte-
kuljetuksissa ja laitevalmistajia on mm. sveitsiläinen Tuchschnid Engineering AG.



*Kuva 15. Kuljetusyksikön siirtoa rautatievaunusta kuorma-autoon ACTS-järjestelmällä.
(ACTS Nederland bv)*

Light Combi

Light Combi- järjestelmä on yhden miehen operoima, kuljetusyksiköille (kontti, puoliperä-
vaunu, vaihtokuormatila) tarkoitettu kuljetusratkaisu. Silmukkareittiä ajava juna pysähtyy
miehittämättömissä terminaaleissa (kuva 16), joissa junankuljettaja lastaa yksiköitä junan
mukana kulkevalla haarukkatrukilla. Järjestelmä on käytössä päivittäistavarakaupan kulje-
tuksissa Ruotsissa.



Kuva 16. Light Combi –järjestelmän miehittämätön terminaali. (Woxenius 1998)

Toimiakseen tehokkaasti Light Combi-järjestelmä vaatii sujuvan yhteistyön ja informaation vaihdon maantiekuljetukset hoitavien kuorma-autoilijoiden kanssa. Järjestelmän etuja ovat nopeat (15-30 min) pysähdykset yksinkertaisissa ja miehittämättömissä terminaaleissa sekä alhaiset työvoimakulut. (Woxenius 1998)

Jätekuljetuksiin sovellettaessa kontit voivat olla lastattavina miehittämättömissä siirto-kuormauspisteissä, missä jäteautot tyhjentävät kuormansa suoraan kontteihin. Esimerkiksi lasin osalta konttien täyttymisen arvioiminen on hankalaa sekajätteeseen verrattuna pienemmän ja epäsäännöllisemmän kertymän takia. Täyttymistä voidaan seurata web-kameran avulla ja välttää turhaa vajaiden konttien kuljetusta. Web-kameraan perustuvaa järjestelmää käytetään mm. sahateollisuudessa sahajauhosiilojen täyttymisen seuraamisessa.

Kokemuksia Yhdysvalloista

Yhdysvalloissa jätteen kuljettaminen rautateitse lisääntyi 1980-luvun lopulla useiden kaupallisten toimijoiden toimesta. Pienimuotoisesti rautatiekuljetuksia oli kokeiltu ja osin käytetty jo vuosisadan alusta, mutta vasta kaatopaikkojen väheneminen voimakkaasti erityisesti koillis- ja länsirannikoilla tarkoitti jätteen kuljetusmatkojen pidentymistä oleellisesti. Rautatie todettiin tällöin kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi maantiekuljetuksille kuljetusmatkojen kasvaessa 240 kilometriin (150 mailia). Useissa tapauksissa rautatiekuljetuksia hyödynnetään huomattavasti lyhyemmilläkin matkoilla. (Peterson 1996)

Päästöjen pieneneminen ja vähentynyt energiankulutus verrattuna maantiekuljetuksiin sekä maantieliikenteen määrän pieneneminen lisäsivät osaltaan kiinnostusta jätteiden rautatiekuljetuksiin. Kuljetuksissa käytetään intermodaali eli yhdistettyihin kuljetuksiin soveltuvia kuljetusyksiköitä sekä perinteisiä tavaravaunuja. Valtaosa käytettävistä järjestelmistä perustuu intermodaaliyksiköiden ja usean kuljetusmuodon käyttöön. (Peterson 1996)

Huolimatta rautateiden kiinnostavuudesta 1990-luvun puolivälissä rautateitse kuljetettiin Yhdysvalloissa vain 1 % jätteistä. Tämä merkitsee huomattavaa mahdollisuutta kasvattaa rautateiden kuljetusosuutta, jota puoltaa mm. (Peterson 1996):

- meneillään olevien rautatiekuljetusprojektien määrä
- lisääntyvä mahdollisuus palvella jätteenkäsittelylaitoksia rautateitse
- jätekuljetuksista saatavan liikevaihdon kasvu rautateille (1994 140 milj. USD)
- jätekuljetuksiin soveltuvan kaluston lisääntyminen (1994 16 000 TEU¹)

¹ TEU = **twenty-feet equivalent unit**. TEU on kontin laskennallinen mittayksikkö, jossa 1 TEU on yksi 20 jalan kontti (40 jalan kontti on 2 TEU jne.).

Siirtokuormausasemien, kaatopaikkojen ja jätteenkäsittelylaitosten määrä, joihin on raideyhteys, lisääntyy edelleen. Kaikissa tapauksissa rautatiekuljetuksia ei vielä käytetä, mutta tämä kuljetusmuotovaihtoehto ja sen käyttäminen jatkossa on haluttu varmistaa jo sijoitusvaiheessa. Lisäksi niissä tapauksissa, joissa raideyhteyden saaminen ei ole mahdollista, linkki rautatiekuljetuksiin on ratkaistu konttien käsittelyyn soveltuvalla siirto- ja kuormauskalustolla. Konttien käytön suosio kasvaa, koska se mahdollistaa jätteen kuljettamisen keräyksestä aina vastaanottopisteeseen saakka useammallakin kuljetusmuodolla ilman tarvetta jätteen käsittelyyn kuljetuksen ja siirtokuormauksien aikana. (Peterson 1996)

4.5 Paikannus ja tiedonsiirto

4.5.1 Paikannusteknologioita

Jätehuollon järjestelmien yhteydessä paikannusta voidaan käyttää mm. ajoneuvoaikannukseen ja sitä kautta hyödyntää kuljetuksen seuranta- ja ohjausjärjestelmissä. Paikannusmenetelmissä käytetään erilaista teknologiaa, josta katsaus seuraavassa.

Satelliittiperusteiset paikannusmenetelmät

Nykyään on olemassa kaksi maailmanlaajuista satelliittinavigointijärjestelmää: amerikkalainen GPS (Global Positioning System) ja venäläinen GLONASS (Global Navigation Satellite System). GPS tarjoaa maailmanlaajuisesti korkealuokkaisen ja käytännössä ilmaisen paikannuspalvelun, jonka paikannustarkkuutta Yhdysvallat voi tarvittaessa säädellä esimerkiksi kriisitilanteissa. Venäläinen GLONASS-järjestelmä on kärsinyt Venäjän taloudellisista vaikeuksista, mikä on paikoin johtanut palvelun heikkenemiseen. Uutena järjestelmänä on suunniteltu vuonna 2008 käyttöön otettavaksi Euroopan unionin GALILEO-paikannusjärjestelmä, joka olisi EU:n omassa hallinnassa ja vastaisi sen tarkkuutta, luotavuutta ja turvallisuutta koskevia vaatimuksia. (Kummala et al. 2001)

GPS-järjestelmän tarkkuus parani huomattavasti 1.5.2000 jälkeen, kun järjestelmän ylläpitäjä, Yhdysvaltojen puolustushallinto, lakkautti paikannuksen tarkkuuden tarkoituksellisen heikentämisen. Tällä hetkellä GPS-paikannuksen tarkkuus on noin 10 metriä. Lisäksi paikannuksen tarkkuutta voidaan parantaa erilaisilla menetelmillä, joita ovat mm. suhteellinen satelliittipaikannus (Differential Global Positioning System, DGPS) ja esimerkiksi matkapuhelinverkolla avustettu paikannus (Assisted Global Positioning System, AGPS). Suhteellisella satelliittipaikannuksella voidaan saavuttaa muutaman metrin tarkkuus. Raportoitujen tulosten mukaan avustetun satelliittipaikannuksen avulla pystytään määrittelemään sijainti parinkymmenen metrin tarkkuudella ahtaissa kaupunkitiloissa ja jopa tavanomaisissa, kevytrakenteisissa toimisto- ja asuinrakennuksissa. (Syrjärinne 2001)

Paikantaminen matkapuhelinverkon avulla

Matkapuhelinverkossa päätelaite on aina jonkin solun ja tukiaseman piirissä, mistä saadaan karkea tieto matkaviestimen sijainnista. Kehittyneemmät verkkopaikannuksen menetelmät perustuvat matkapuhelinverkon signaalien kulkuajan ja suunnan mittaukseen tukiasemalla tai kulkuajan mittaukseen matkaviestimessä. Matkapuhelinverkot tarjoavat infrastruktuurin ja keinon paikannukseen, vaikka niitä ei alunperin siihen tarkoitukseen ole suunniteltukaan (Syrjärinne 2001).

Yksinkertaisin menetelmä paikantaa matkapuhelin matkapuhelinverkon avulla on solupaikannus. Määrittämällä palveleva solu voidaan kyseisen tukiaseman koordinaatteja käyttää karkeana arviona päätelaitteen sijainnista. Koska tämä tieto on helposti saatavilla verkosta, nykyisiin järjestelmiin tarvittavat muutokset ovat pieniä. Toinen menetelmän etu on, ettei sijaintitiedon tuottamiseksi tarvita erillisiä laskelmia ja algoritmeja. Menetelmän rajoitteena on tarkkuus. Puhelin voidaan paikantaa vain solun tarkkuudella. Etenkin kaupunkialueiden ulkopuolella solut ovat suuria. Lisäksi palveleva tukiasema ei välttämättä sijaitse lähimpänä päätelaitetta. Tarkkuus on kaupunkialueen keskustoissa parhaimmillaan muutama sata metriä, mutta maaseudulla se voi pahimmillaan olla vain 30 kilometriä. Menetelmän tarkkuutta voidaan parantaa muilla myöhemmin esiteltävillä ratkaisulla ja se voi toimia taustatukena muille tarkemmille paikannusmenetelmille. Etuna on myös se, että operaattorit ovat jo soveltaneet menetelmää käytännön ratkaisuisissa. (MLW 2001)

Uuden sukupolven matkapuhelinverkkojen myötä itse paikannustekniikat eivät merkittävästi muutu. GSM-verkossa käytössä tai ainakin periaatteessa sovellettavissa olevat paikannusmenetelmät ovat esillä myös 3G:n yhteydessä. Laajempi kaistanleveys parantaa kuitenkin tarkkuutta etäisyyden mittauksessa, joten etu GSM:ään on olemassa. Monitieetenemisen takia etäisyyden mittauksen tarkkuus ei kuitenkaan ole suoraan verrannollinen saavutettavaan koordinaattitarkkuuteen. (Kummala et al. 2001)

Yhdistetyt paikannusmenetelmät

Kaikilla paikannusmenetelmillä on joitakin rajoituksia, kuten suorituskyky tietyissä radioaaltojen etenemisolosuhteissa. Yksi vaihtoehto saattaa olla eri menetelmien ja tekniikoiden sopiva yhdistely optimaalisen paikannustuloksen saavuttamiseksi. Esimerkiksi yhdistämällä solupaikannus, signaalinvoimakkuus sekä saapumisaika ja -suuntahavainnot sekä satelliittipaikannustekniikka päästään huomattavasti parempaan lopputulokseen kuin yksittäisillä menetelmillä. Lisäksi näin voidaan hallita eri menetelmin tuotettua informaatiota (vanhat, uudet, GPS:llä varustetut matkaviestimet jne.). (Kummala et al. 2001)

4.5.2 Langattomat ratkaisut

Puhuttaessa jätelogistiikan tiedonsiirrosta voidaan esimerkiksi keräysvälineen automaattisen tunnistuksen osalta havaita useita erillisiä tiedonsiirron aluetta: toisaalta tiedonsiirto itse saattomuistin, lukulaitteen ja lukijan taustajärjestelmän välillä ja toisaalta tiedonsiirto taustajärjestelmän ja eri sidosryhmien operatiivisten tietojärjestelmien välillä. Tässä tapauksessa tiedonsiirron ympäristöjä ovat

- ajoneuvoympäristö
- ajoneuvo ⇒ toimisto

Ajoneuvoympäristössä tieto siirtyy keräysvälineen tunnisteesta ajoneuvossa olevaan lukulaitteeseen langattomasti. RFID- tai viivakoodilukulaite on kytkettynä tiedon tallentavaan ajoneuvolaitteeseen (esimerkiksi kannettava tietokone) joko kaapelilla tai tiedonsiirtoon voidaan käyttää langattomia lähitiedonsiirron tekniikoita (WLAN², Bluetooth³). Ajoneuvosta tieto voidaan lähettää toimistojärjestelmiin joko matkapuhelinverkkojen kautta tai ajoneuvon ollessa fyysisesti toimistolla lähitiedonsiirron keinoin.

Langattomien viestimien ja niihin liittyvien oheispalvelujen käyttö on laajentunut nopeasti viime vuosina. Uusien teknologioiden myötä kehityksen voidaan olettaa vain kiihtyvän. Perinteisen GSM-tekniikan laajennus GPRS-tekniikkaan (General Packet Radio Service) tarjoaa käyttäjille paremman tiedonsiirtonopeuden ja sen myötä parempia palveluja. Tämä mahdollistaa joustavan ja kustannustehokkaan tiedonsiirron erilaisten prosessien vaatimille viesteille ja komennoille. GSM-järjestelmän käyttämä SMS on liian hidaskäyttöön soveltuksille ja sallii ainoastaan rajoitetun määrän tietoa siirrettäväksi. (Kummala et al. 2001)

Markkinoille tulevat kolmannen sukupolven matkapuhelintekniikat (Universal Mobile Telecommunications System, UMTS) sekä mahdolliset neljännen sukupolven (4G) verkot ja päätelaitteet ovat tulevaisuuden alustoja mobiilien Internet- ja multimediapalveluiden tuottamiseksi. (Kummala et al. 2001)

² **wireless local area network; WLAN.** Langatonta tiedonsiirtoa hyödyntävä lähiverkko. Langatonta tiedonsiirtoa voidaan toteuttaa esimerkiksi radio- tai infrapuna-aaltojen avulla.

³ **Bluetooth-teknologia** on avoin määritelmä langattomalle ääni- ja dataviestinnälle. Tämä teknologia mahdollistaa laitteita toisiinsa yhdistävien kaapeleiden korvaamisen yhdellä maailmanlaajuisella lyhyen kantaman radiolinkillä. Matkaviestimet, kannettavat tietokoneet, tulostimet, PDA:t, PC:t, telefaksit, näppäimistö, peliohjaimet ja käytännössä mitkä tahansa muut digitaaliset laitteet voivat olla osa Bluetooth-järjestelmää.

4.5.3 Ajoneuvolaitteet ja tietokoneet

Ajoneuvossa käyttöliittymäksi ja tiedonkeruulaitteeksi soveltuvat erilaiset kannettavat tietokoneet ja PDA (Personal Digital Assistant) –tyyppiset laitteet. Tietokoneiden näytöt ovat PDA-laitteiden vastaavia suuremmat ja ne soveltuvatkin paremmin esimerkiksi karttapohjaisten sovellusten käyttämiseen. Peruskannettavien sijasta jäteautoympäristössä parhaiten toimivat kovaan käyttöön suunnitellut laitteet.

Suomessa yhden auton kuljetusyrityksistä yli 70 prosentilla ja kahden auton yrityksistä yli 80 prosentilla on tietokone toimistossa. Myös Internet-yhteyksien määrä ja sähköpostin käyttö on lisääntynyt huomattavasti. Internet-yhteys oli tänä vuonna jo yli puolella yhden auton yrityksistä. Luvut ilmenevät liikenne- ja viestintäministeriön, Suomen Kuorma-autoliiton (SKAL) ja IT-yritysten tekemästä tutkimuksesta.

Tutkimuksessa selvitettiin tieto- ja viestintäteknikan hyödyntämistä kuorma- ja pakettiautokuljetuksissa. Kehitystrendien löytämiseksi käytettiin apuna vuonna 1997 tehtyä vastaavaa tutkimusta. Päätelaitteiden ja tietokoneiden määrä kuljetusyritysten ajoneuvoissa on kasvanut vain hieman vuodesta 1997, ja edelleen vuonna 2001 vain noin kymmenellä prosentilla yrityksistä oli ajoneuvoissaan näitä laitteita.

Suurin muutos tiedon välittämisessä ajoneuvon ja toimiston välillä on ollut tekstiviestien käytön lisääntyminen. Vuonna 2001 340 auton yrityksistä jo yli 30 prosenttia ja yhden auton yrityksistäkin jo noin viidennes käytti tekstiviestejä tiedonsiirtoon.

Internet-pohjaisten sovellusten tarjoaminen lisääntynee merkittävästi ja jo nyt markkinoilla on kuljetusyrittäjille sopivia sovelluspalveluja. Suuremmat kuljetusyritykset hankkinevat lähivuosina käyttöönsä kuljetusyritysten tarpeisiin tehtyjä ns. toiminnanohjausjärjestelmiä.

Tutkimusta tehtiin asiantuntijahaastatteluilla ja postikyselyllä. Postikysely lähetettiin SKAL:n koko jäsenkunnalle eli noin 8400 kuljetusyritykselle.

4.5.4 Ajoneuvoväylä

Erilaisten ajoneuvoihin asennettavien laitteiden kytkentä ja yhteensopivuus helpottuu ajoneuvoissa yleistyvien CAN-väylien (Computer Area Network) ansiosta. Ajoneuvon CAN-väylä mahdollistaa tietojen keräämisen ja käsittelyn ajoneuvoväylästä nykyisin markkinoilla olevilla kuljetuskaluston hallintajärjestelmillä. Liittymä on erittäin joustava ympäristö uusia kehitysaskelia ja tulevia sovelluksia varten.

Ajoneuvoväylästä saatavat tiedot sisältävät polttoaineenkulutuksen, ajonopeudet, moottoriin liittyvät sekä ulkoilman lämpötilat ja paineet - kaikki hetkellisinä lukemina. Näitä tietoja voidaan luonnollisesti käyttää myös kulutetun polttoainemäärän, hetkellisen ja keskimääräisen polttoaineenkulutuksen, hetkellisen ja keskinopeuden sekä ajetun matkan laskentaan. Kuljetuskaluston hallintajärjestelmä voi myös "erikoistua" esim. navigointiin, logistiikkaan, kulunvalvontaan ja paikantamiseen, mutta se voi käyttää myös ajoneuvon tietoja ilman erillisten anturien ja mittarien asennustarvetta. Toimistojärjestelmät pystyvät tekemään tilastollisia vertailuja koko kaluston ja yksittäisten ajoneuvojen tietojen välillä.

Liittymästä saadut tiedot voidaan käsitellä eri valmistajien järjestelmillä. Tämä mahdollistaa käyttäjille kalustoa varten jo aiemmin hankittujen järjestelmien hyödyntämisen vain pienillä muutoksilla. Osa näistä järjestelmistä yhdistää jo ajoneuvon toiminnot GSM-tiedonsiirtoon sekä GPS-navigointiin ja -paikannukseen. Ajoneuvon CAN-väylän tietomäärä tulee jatkuvasti kasvamaan elektronisten järjestelmien lisääntymisen tahdissa. Yleistyvän langattoman tiedonsiirron ja Internet-teknologian tarjoamat mahdollisuudet ovat tässä yhteydessä uskomattoman laajat.

VTT Automaatiossa Tampereella kokeillaan tulevaa standardia kahteen ns. pilot-bussiin asennettavien tietojärjestelmien avulla. Busseihin asennetaan standardinmukaiset linjakilvet, rahastuslaite ja ajoneuvotietokone. Bussin polttoaineenkulutuksesta talletetaan tietoja kuten myös moottorin tietojärjestelmästä. Tämä merkitsee sitä, että linja-autojen elektroniset järjestelmät alkavat toden teolla kehittyä, kun niiden tietoliikenteen määrittävä avoin standardi valmistuu.

Ajoneuvojärjestelmien standardisointi eri toimialoille sisältänee jatkossa myös jätehuollon ajoneuvokannan, joten se helpottaa osaltaan telematiikkasovelluksiin tarvittavien laitteiden kehitystä ja asennusta ajoneuvoihin. Standardin virallistamisen jälkeen tarjolla on monipuolisia ratkaisuja vähemmillä laitteilla ja todennäköisesti pienemmillä kustannuksilla. Ajoneuvojärjestelmien valmistajien markkina-alue yhtenäistyy ja laajenee kerralla huomasti.

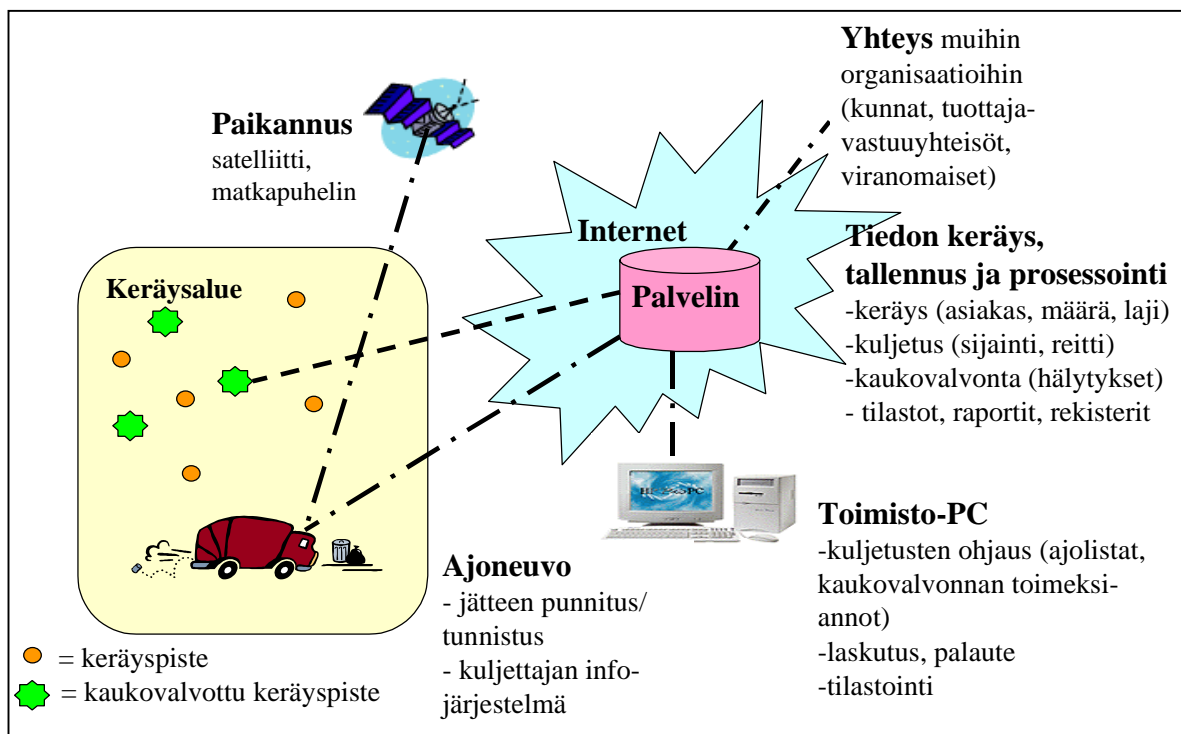
4.6 Kuljetusten suunnittelu- ja ohjausjärjestelmät

4.6.1 Käyttökohteet

Kuljetusten suunnittelu- ja ohjausjärjestelmillä optimoidaan kuljetusreitit sekä hallitaan kuljetuskalustoa ja kuljettajakapasiteettia. Tarkoituksena on vähentää kuljetuskustannuksia ja parantaa asiakaspalvelua. Suunnittelu- ja ohjaustyön perustietoina käytetään mm. ajoneuvojen tunnistus- ja paikannustietoja. Tämä tarkoittaa voimakasta integroimista olemassaoleviin järjestelmiin, kuten ajo-ohjausjärjestelmään tai asiakastietojärjestelmään.

Jätehuollossa suunnittelu- ja ohjausjärjestelmiä voidaan hyödyntää päivittäisten ajolistojen laatimiseen ja ylläpitämiseen sekä kuljettajan informaatiotyökaluina. Ajolistojen saaminen sähköisessä muodossa vähentää paperimuotoisen tiedon käsittelyä ja mahdollistaa muutosten ja lisäysten tekemisen ajoneuvon tietojärjestelmään toimistolta käsin. Näin viesti tallentuu tietojärjestelmään kuljettajan läsnäolosta riippumatta ja on kuljettajan nähtävillä ajoneuvopäätteeltä. Sähköisestä ajolistasta on helppo tarkistaa myös tekemättömät työt, ja kuten JUKSU-projektissa (kts. kpl 4.6.2) kehitettävässä työkalussa, ne on mahdollista saada visuaalisesti näkyviin. Lisäksi kuljettaja saa tarvittaessa tietoa astioiden sijainnista ja ajo-ohjeita ongelmallisiin kohteisiin. Keräyksen ja kuljetuksen yhteydessä syntyvän tiedon tallettaminen ja prosessointi tapahtuu palvelimelle, joka palvelee kyseisen jätehuolto-operaattorin lisäksi myös muita mahdollisia tiedontarvitsijoita erilaisin käyttöoikeuksin (kts. kuva 17).

Varsinaiseen aktiiviseen reitinohjaamiseen ei välttämättä ole tarvetta, koska usein kuljettajat vastaavat tietystä alueesta ja tietävät tällöin parhaat ajoreitit. Lisäksi useissa haastatteluissa tuli ilmi, että reitinopastus vie kuljettajilta vapauden vaikuttaa omaan työhönsä, joten tuskin reitinopastuksen antamia ohjeita noudatettaisiinkaan. Reitinoptimoinnin tuloksena saatuja ja käytännössä ajettuja reittejä vertaamalla voidaan kuitenkin poistaa suurimmat ”hukka-ajot” päivittäisistä rutiineista.



Kuva 17. Keräyksen ja kuljetuksen yhteydessä syntyvä tieto sekä tietoja hyödyntävät tahot.

Jätehuoltoyritykselle toiminnanoptimointi on taloudellinen intressi ja kustannustehokkaan toiminnan takaamiseksi kaikki toiminnot tulisi tehdä mahdollisimman vähällä resurssien käytöllä laatutasoa kuitenkaan unohtamatta. Kytkemällä ajoneuvot, kriittiset keräyspisteet (esimerkiksi liikenteellisesti ruuhkaiset ja korkean palvelutason kohteet) ja ajonohjausjärjestelmä yhteen kuljetusten seurannan ja kaukovalvonnan keinoin päästään aktiiviseen järjestelmään, joka minimoi ajokilometrit ja lisää keräys- ja kuljetuskaluston käyttö- ja täyttöastetta. Tässä järjestelmässä normaali ajolista on päivässä suoritettavan keräystyön perusta, jota ohjausjärjestelmä päivittää kaukovalvonnasta tulevilla tyhjennyspyynnöillä valitsemalla ajoneuvokannasta kohdetta lähimmän tai kuormittamattomimman auton.

4.6.2 Infojärjestelmät

JUKSU

Jätteenkeräyksen ja -kuljetuksen suunnittelu- ja käyttöjärjestelmä (JUKSU) tutkimuksen tavoitteena on tuottaa jätelajikohtaisen keräyksen ja kuljetuksen yhdistetty suunnittelu- ja käyttöjärjestelmä, joka erityisesti ottaa huomioon kustannustekijöiden lisäksi informaatiotuotannon ja turvallisuustekijät. Järjestelmä perustuu asiantuntijajärjestelmäsovellukseen. Kehityshankkeen näkökulmasta keskeisiä ovat keräysvälineet, kuormauslaitteet, kuormauksen punnitustekniikat, paikkatietotekniikka ja satelliittipaikannus. Näillä tekniikoilla vahvistetaan jätehuollon strategisten tavoitteiden toteutumista. Tutkimuksen toteuttaa VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. (Martamo 2001)

Tutkimuksen keskeisenä sisältönä on toteuttaa toimiva ajo-opastuslaitteisto, joka sijoitetaan jäteautoon, sekä laitteiston testaaminen teknisesti ja toiminnallisesti käytännön tehtävissä. Tietojärjestelmä ohjaa karttapohjaisesti kuljettajaa keräyspaikkoihin soveltaen tarvittaessa nopeimman reitin hakumenettelyä. Se kirjaa noudetun jätteen määrän ja noudon ajankohdan paikkakohtaisesti. Järjestelmään kirjautuu myös auton tyhjennyksen tiedot. Tietojärjestelmässä käytetään hyväksi paikkatietotekniikkaa ja satelliittipaikannusta. (Martamo 2001)

Paikkatietotekniikkaan ja satelliittipaikannukseen perustuvia ajo-opastusjärjestelmiä on kehitetty ja on edelleen kehitteillä maailmanlaajuisesti lukuisia variaatioita. Näiden järjestelmien antamat opasteet perustuvat yleensä katuosoitteeseen tai vastaavaan paikkatietoon.. Opastettavia kohteita on yleensä vain kymmeniä ajoneuvoa ja päivää kohden. (Martamo 2001)

Kehitettävä menetelmä kykenee opastamaan vaikeasti löydettäviin paikkoihin kiinteistön pihalla tai rakennuksen sisäpuolella ja näyttämään ajoreitin sinne. Opastusjärjestelmän tehtävän kannalta onnistuneen taustakartan laatuun tutkimuksessa on kiinnitetty huomiota. Opastettavia kohteita on satoja ajoneuvoa ja päivää kohden. Kaikkiaan tällaisia opastettavia kohteita on kymmeniä tuhansia, joten myös niiden kartoittamisen tehokkuuden on oltava hyvä. Ajo-opastuksen ohella järjestelmä kerää paikkatietomuotoista informaatiota, jossa yhdistyvät paikka, aika, automaattinen mittausulos, käyttäjän tekemä havainto. Tämä in-

formaatio on välittömästi hyödynnettävissä muissa järjestelmissä, esimerkiksi seurannassa, laskutuksessa, valvonnassa ja tutkimuksessa. Tutkimus tarjoaa logististen ajo-opastusjärjestelmien kehittämiseen myös muille toimialoille kuin jätehuoltoon käytäntöpohjaista tietoa. Tutkimuksessa on kiinnitetty huomiota satelliittipaikannuksen toimivuuteen jätteiden keräilyssä vallitsevissa olosuhteissa, mm. korkeiden talojen ja ahtaiden katujen varjostamilla pihhoilla. (Martamo 2001)

Digiroad

Kuljettajan informaatiojärjestelmillä on mahdollista välittää myös tie- ja liikennetietoa (routavauriot, liikenneonnettomuudet yms.). Tällaisten palvelujen pohjalla on tie- ja katuverkon perustiedot yhdistävä tietokanta, esimerkiksi Digiroad, joka kattaa myös haja-asutusalueen.

Tiehallinto kokoaa tärkeimmät tiedot Suomen tie- ja katuverkosta syksyllä 2003 valmistuvaan Digiroad -tietojärjestelmään. Järjestelmä on välttämätön uusissa liikenteeseen liittyvissä palveluissa. Digiroadista löytyvät esimerkiksi tien nimi, nopeusrajoitukset, tietyyppi, tien leveys sekä paino-, korkeus-, ja leveysrajoitukset. Järjestelmään kootaan myös tiedot terminaaleista ja joukkoliikenteen pysäkeistä. Teiden ja katujen kolmiulotteinen geometria kuvataan 1-3 metrin tarkkuudella. Nykyisin digitaalinen tieto Suomen tie- ja katuverkosta on useiden eri organisaatioiden ylläpitämässä tietokannoissa. (Tiehallinto 2001)

Koko maan kattava Digiroad -tietojärjestelmä on tulevaisuudessa välttämätön liikenteeseen liittyvissä paikkasidonnaisissa ja mobiilipaikannusta hyödyntävissä liikenteen palveluissa. Tällaisia palveluita ovat esimerkiksi reitinsuunnittelu, ajoneuvojen navigointisovellukset, teollisuuden kuljetusten suunnittelu sekä pelastustoimen tehtävät. Digiroad tulee olemaan julkinen perusrekisteri, jonka ei ole tarkoitus tuottaa voittoa. (Tiehallinto 2001)

4.7 Tiedontarve ja -hallinta

4.7.1 Kasvava tiedon tarve

Eri osapuolet haluavat jätevirroista itseään koskevaa ja omaan toimintaansa liittyvää tietoa. Jätteentuottaja (tilastot, laatujärjestelmät), operaattori (laskutus, toiminnanohjaus/-optimointi), jätehuollon järjestäjä (kilpailuttaminen), viranomaiset (lupa-asiat, tilastointi) eli tarpeet ovat moninaiset. Kaiken tarvittavan tiedon tuottaminen lähtee kuitenkin yhdestä asiasta eli jätevirran täydellisestä hallinnasta. Ihannetilanteessa syntyvät jätemäärät pystytään tarkasti tilastoimaan määrän, laadun ja tuottajan mukaan. Tästä kokonaistiedosta olisi sitten mahdollista jalostaa jokaiselle tarvitsijalle oma informaationsa.

Edellä kuvattuun tilanteeseen on kuitenkin hankala ellei mahdoton päästä, koska osa jätteen tuottajista on aina ulkona järjestelmällisestä jätahuollosta eli kokonaismäärien arviointi perustuu osittain keskimääräisiin jätekertymiin. Mahdollisuuksia ja keinoja jätevirran hallintaan on, mutta se vaatii informaatiohallinnan laajentamista koskemaan jätevirtoja kokonaisuudessaan. Suurimpia ongelmia on, miten jätemäärät saadaan yksilöityä tuottajien perusteella, koska keräyspisteestä alkaen jätteitä yhdistellään ja niiden tunnistettavuus vaikeutuu. Esimerkiksi suurten kauppakeskusten yritykset haluaisivat tilastotietoa tuotetuista jätemääristä, mutta yhteisten keräysastioiden käyttö tekee jätevirtojen tunnistamisen mahdollottomaksi.

Erilaisten tekniikoiden käyttö jätteiden tunnistamiseen ja tätä hyödyntäen niiden punnitseminen joko keräysajoneuvon tai vastaanottopisteen toimesta identifioi jätevirrat. Lähdettäessä kehittämään tällaisia järjestelmiä ongelmaksi nousevat yhteensopivuuskysymykset eli miten ja missä muodossa tietoa tuotetaan ja siirretään. Nykyteknologialla tunnistaminen ja punnitseminen ovat ratkaistavissa, mutta kehitystyön tekeminen koko maan kattaviksi yhteensopiviksi järjestelmiksi vaatii kansallisen tason ohjausta.

4.7.2 Jätahuollon telematiikan järjestelmäarkkitehtuuri

Eräs työkalu jätahuollon toimijoiden tietotarpeen ja tarvittavien tietotekniikkasovellusten ja -välineiden kartoittamiseksi ja kehitystyön kehykseksi olisi jätahuollon telematiikan järjestelmäarkkitehtuurin laatiminen. Yleisesti järjestelmäarkkitehtuurin tarkoituksena on kuvata toimijoiden roolit, toimijoiden tietojärjestelmät ja sekä toimijoiden ja tietojärjestelmien väliset suhteet. Tarkoituksena ei ole ottaa kantaa käytettävän tietotekniikan ja ohjelmistojen valmistajiin vaan pyrkiä kuvaamaan toimijoiden välisiä rajapintoja. Liikenteen telematiikasta Suomessa on olemassa järjestelmäarkkitehtuuri, mutta tavaraliikenteen osalta (johon jätekuljetukset osaltaan kuuluvat) vastaavaa työtä ei ole tehty. Seuraavassa lyhyesti TelemArkin eli liikenteen telematiikan järjestelmäarkkitehtuurin esittely.

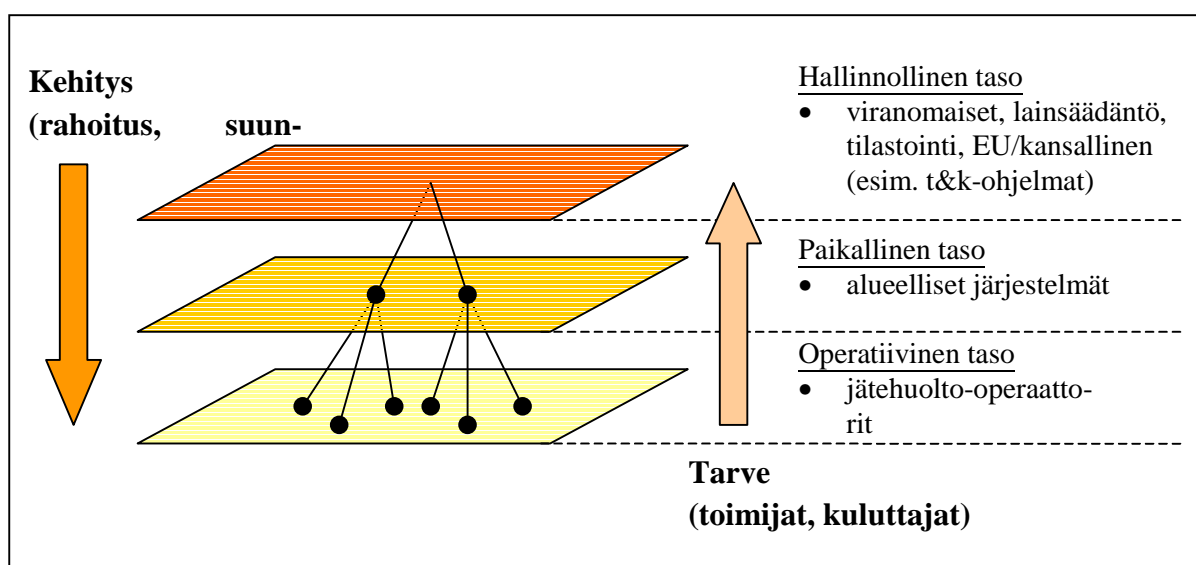
Liikenne- ja viestintäministeriön TETRA-ohjelmassa (Liikenteen telematiikan rakenteiden tutkimus- ja kehittämisohjelma 1998-2000) laadittu liikenteen telematiikan kansallinen järjestelmäarkkitehtuuri (TelemArk) on kuvaus liikennetelematiikan toimijoista, toimijoiden tietojärjestelmistä sekä toimijoiden ja järjestelmien välisistä suhteista. Liikenteen telematiikan kansallisen järjestelmäarkkitehtuurin tavoitteena on kuvata liikenteen telematiikan tulevaisuuden palvelut. Lisäksi arkkitehtuurissa kuvataan palveluita tuottavat, välittävät ja käyttävät toimijat sekä niiden väliset suhteet.

Palvelut on kuvattu kahdella tasolla, käsitteellisellä ja loogisella, jolloin arkkitehtuuri on avoin eikä rajaa eri teknologioita tai palvelukonsepteja. Käsitteellinen arkkitehtuuri koostuu 11 toimintoprosessista, joissa tunnistetaan toimijat, pääjärjestelmät tai –toiminnot sekä päätietovirrat järjestelmien ja/tai toimijoiden välillä. Looginen arkkitehtuuri taas kuvaa tarkemmin rakenteen, joka täyttää käsitteellisen tason määrittelemät ja mallintamat tarpeet kuvaten toiminnalliset ja tiedolliset osat sekä niiden väliset yhteydet.

Kehittämissuunnitelma toimii arkkitehtuurin käyttöönottosuunnitelmana. Siinä kerrotaan, miten organisaatiot voivat käyttää järjestelmä-arkkitehtuuria. Kehittämissuunnitelma osoittaa, mitä puutteita tai kehitystarpeita liikennetelematiikan toimintaprosesseissa tällä hetkellä on ja mitkä ovat tärkeimmät jatkotoimenpiteet. Lisäksi suunnitelma sisältää ehdotuksen, kuinka arkkitehtuuri saataisiin alan organisaatioiden käyttöön ja miten sitä tulisi jatkossa ylläpitää. Liitteessä 2 on esitetty esimerkki riskikuljetusten hallinnan järjestelmä-arkkitehtuurista.

4.8 Kehityksen edellytykset

Jätehuoltoalan järjestelmien kehityksen ja kehityksen suuntaamisen tulisi lainsäädännön seuraamisen lisäksi kohdata kentältä tuleva tarve eli alan toimijoilta ja kuluttajilta tulevat toiveet ja odotukset. Tämä edellyttää toimivaa vuorovaikutusta alkaen paikallisen tason toimijoista alueellisiin organisaatioihin ja tätä kautta kansallisen sekä kv-tason elimiin asti. Esimerkiksi uusien kuljetus- ja telematiikkajärjestelmien kehittäminen ja käyttöönotto tarvitsee selvää ja johdonmukaista ohjausta yhteensopivien järjestelmien toteuttamiseksi. Jätehuoltoalan yritykset ovat valtaosin pk-yrityksiä, jotka investoivat uusiin laitteisiin ja kuluustoon vain saadessaan niistä taloudellista hyötyä. Suuremmassa mittakaavassa tehtävää riskialtista t&k-työtä ei pk-yritysten toimesta juurikaan rahoiteta.



Kuva 18. Jätehuollon kehittämisen viitekehys.

Kehitystyön perustana on jätehuollon logistisen ketjun hahmottaminen ja sen osatekijöiden parantaminen kokonaisuutta palvelevalla tavalla. Malli koostuu seuraavista elementeistä:

- keräysvälineet ja niiden tunnistus, punnitus ja kaukovalvonta
- keräys- ja kuljetustoiminnot
- siirtokuormaus ja runkokuljetus
- paikannus ja tiedonsiirto
- kuljetusten suunnittelu ja ohjaus

5 Suomen jätehuollon haasteita

5.1 Lainsäädännön asettamat vaatimukset

5.1.1 Euroopan Unioni

EU:n jätepolitiikka ja valmistellut jätehuollon direktiivit sekä asetukset ovat viime vuosina vaikuttaneet yhä enenevässä määrin Suomen jätepolitiikkaan. Viime vuosina sääntelyä on lisätty voimakkaasti ja sama kehitys tulee jatkumaan lähivuosina. EU:n jätehuoltostrategia perustuu neljään periaatteeseen:

- Ennalta ehkäisyn periaate – jätteen tuotanto on minimoitava ja sitä on vältettävä aina, kun se on mahdollista.
- Tuottajanvastuu ja saastuttaja maksaa -periaate – jätteiden tuottajien ja ympäristön pilaajien on vastattava toimintansa kaikista kustannuksista.
- Varovaisuusperiaate – mahdolliset ongelmat on ennakoitava.
- Läheisyysperiaate – jätteestä on huolehdittava mahdollisimman lähellä paikkaa, jossa se on tuotettu. (Euroopan Komissio 2000)

EU:n yhdyskuntajätettä koskevasta lainsäädännöstä lähitulevaisuudessa vaikuttavat mm. kaatopaikkadirektiivi, jätteenpolttodirektiivi sekä hyöty- ja kierrätystavoitteiden kiristyminen. Kaatopaikkadirektiivin mukaan kaatopaikoille sijoitettavan yhdyskuntajätteen määrää on vähennettävä vuonna 1995 tuotetun biohajoavan yhdyskuntajätteen kokonaismäärästä 75 %:iin vuoteen 2006 mennessä, 50 %:iin vuoteen 2009 ja 35 %:iin vuoteen 2016 mennessä.

Jätteiden polttodirektiivi koskee jätteiden ja ongelmajätteiden polttoa sekä rinnakkaispolttoa. Viimeisimmässä ehdotuksessa kiristetään sekä uusien että olemassa olevien laitosten päästöstandardeja ja ehdotusta sovelletaan koskemaan rinnakkaispolttolaitoksia. Jätteen polttodirektiivin uusimman ehdotuksen mukaan suhteellisen pienikin jättepolttoaineen määrä aiheuttaa lisävelvoitteita kattilan omistajalle. Tästä syystä on mahdollista, että kiinnostus ottaa vastaan lajiteltua palavaa yhdyskuntajätettä vähenee olennaisesti. Direktiivi on saatettava voimaan 28.12.2002 mennessä. (Anhava et al. 2001, Pfister 2001)

Pakkausten hyötykäyttöasteen tulisi olla 50-65% ja kierrätysasteen 25-45%. Vähintään 15 % kustakin pakkausmateriaalista on kierrätettävä. (Euroopan Unioni 2001) EU-komissiossa suunnitellaan pakkausedirektiivin tiukentamista edelleen. Alustavan ehdotuksen mukaan 60 % pakkausjätteestä tulisi kierrättää. Uusissa tavoitteissa ei enää huomioitaisi jätteen käyttöä energiana vaan pakkausjätteet tulisi nimenomaan kierrättää. Ongelmana Suomen kannalta on pitkät kuljetusetäisyydet, joiden vuoksi jätteet olisi useimmiten järkevämpi käyttää paikallisesti energiana kuin kuljettaa pieninä erinä pitkien matkojen päähän

kierrätettäväksi. Tämä on myös vastoin EU:n jätehuoltostrategian läheisyysperiaatetta. Pakkausdirektiivissä ei myöskään oteta huomioon pakkausten uudelleenkäyttöä. Suomessa esimerkiksi lasi- ja muovipullot käytetään uudelleen useaan kertaan ennen kuin ne hyödynnetään materiaalina. Pakkausdirektiivin tarkistamisen yhteydessä kiristetään myös yksittäisten materiaalien kierrätystavoitteita. Lasista tulisi kierrättää 70 %, muovista 20 % ja metallipakkauksista 50 %. Tiukennettu direktiivi on parhaillaan käsittelyssä, ja sen tavoitteiden oletetaan tulevan täytettäväksi vuoteen 2006-2008 mennessä. (Helsingin Sanomat 20.8.2001)

5.1.2 Suomi

EU edellyttää strategiassaan jäsenvaltioita laatimaan myös omat kansalliset jätestrategiansa. Jätteen synnyn ehkäisy on tärkeä tavoite sekä EU:n että Suomen lainsäädännössä ja jätelajien hyödyntämiselle onkin asetettu vaativia tavoitteita viime vuosina. Jätteen synnyn ehkäisemistä ohjaa Suomessa pääasiassa kansallinen lainsäädäntö, joka pohjautuu enenevässä määrin Euroopan Unionin direktiivien ja päätösten vaatimuksiin.

Oleellisin jätevirtoihin vaikuttava käytännön ohjaustavoite on valtakunnallinen jätesuunnitelma vuodelle 2005, jossa on etsitty ratkaisuja jätemäärien kasvuun, monien jätelajien vähäiseen hyödyntämiseen, jätehuollon aiheuttamiin ympäristö- ja terveyshaittoihin, ohjauskeinojen vaillinaiseen käyttöön sekä puutteelliseen jätealan seurantaan. Jätesuunnitelmassa on tavoitteena, että jätettä syntyisi vuonna 2005 ainakin 15 % vähemmän kuin kasvunusteiden perusteella voisi odottaa. Tämän lisäksi yhdyskuntajätteistä hyödynnettäisiin vähintään 70 % vuoteen 2005 mennessä. Yksittäisistä jätelajeista valtakunnallisen jätesuunnitelman mukaan vuoteen 2005 mennessä tulisi biojätteestä hyödyntää 75 %, paperista ja pahvista 80 %, muovijätteestä 70 %, lasijätteestä 60 %, metallijätteestä 90 % ja pakkausjätteestä 70 %. Valtioneuvoston hyväksymä valtakunnallinen jätesuunnitelma tarkistetaan vuoden 2001 aikana. (Anhava et al. 2001, Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus 1998)

Ohjauskeinoina tavoitteiden saavuttamiseksi esitetään biohajoavan ja palavan jätteen kaatopaikkakieltoa vuoteen 2010 mennessä Ruotsin mallin mukaisesti, jätepolttoaineiden ja jätteestä saatavan biokaasun rinnastamista verotuksessa biopolttoaineisiin, tuottajavastuun lisäämistä koskemaan normaaliin yhteiskuntajätteeseen sopimattomia tuotteita (esim. ajoneuvoja, SE-laitteita, huonekaluja, akkuja ja paristoja) sekä hyödyntämistä ja loppusijoitusta koskevien lupaehtojen yhtenäistämistä. Lisäksi jäteveroa korottamalla voitaisiin ehkäistä jätteen syntyä ja haitallisuutta sekä lisätä niiden hyötykäyttöä. (Tanskanen 2001)

Valtakunnallisen jätesuunnitelman lisäksi on useita konkreettisia vaatimuksia esim. kaatopaikoille sijoitettavan jätteen ja eri jätelajien hyödyntämistason suhteen. Valtioneuvoston päätöksen kaatopaikoista mukaan vuoden 2005 jälkeen kaatopaikoille ei saa sijoittaa yhdyskuntajätettä, josta suurinta osaa biohajoavasta jätteestä ei ole erilliskerätty hyödyntämistä varten. Kaatopaikkapäätöksessä rajoitetaan siten esikäsittämättömän tai kompos-

toimattoman jätteen vientiä kaatopaikoille. Esikäsittelyllä tarkoitetaan lajittelua, sekä fyysikaalisia, biologisia, kemiallisia tai termisiä menettelyjä, joiden avulla jätteen määrää tai haitallisuutta voidaan pienentää ja siten helpottaa käsittelyä tai hyödyntämistä. Ehdotusta kaatopaikkadirektiivin edellyttämäksi biohajoavaa jätettä koskevaksi kansalliseksi strategiaksi ryhdytään valmistelemaan loppuvuodesta 2001. (Pfister 2001, Lohila et al. 2000)

5.2 Jätehuolto-osaamisen vientipotentiaali

5.2.1 Markkinanäkymät

Ympäristöteknologia on yksi nopeimmin kasvavia aloja maailmankaupassa. Ympäristöteknologian markkinoiden on ennustettu kasvavan vuoden 1996 tasosta 70 % vuoteen 2005 mennessä. Jätehuollon osuus markkinoista on noin 30-40 % riippuen tarkastellusta markkina-alueesta. Jätehuollon markkinoiden ennustetaan kasvavan 6 - 7 prosentin vuosivauhdilla. (Anhava et al. 2001, Ympäristöministeriö 1998)

Granqvistin ja Kailan (1999) suorittaman kyselyn mukaan, jätealan suomalaiset ammattilaiset pitävät kansainvälistymiskehitystä todennäköisenä. Alan arvion mukaan yhteneväiset laite-, väline- ja laitosmarkkinat toteutuvat ainakin EU:n alueella, mutta kehitys vie aikansa. Toiminnan laajentaminen kansainvälisille markkinoille edellyttää kuitenkin vankan jalansijan hankkimista ensin kansallisilta markkinoilta.

Suomalaisen ympäristöliiketoiminnan kansainvälistymistä edesauttaa suomalaisen ympäristöteknologian hyvä brandi ja toimialan jatkuva kasvu. Hyviä toimintamalleja suomalaisille pienille jätehuoltoalan yrityksille ovat verkottuminen, poikkitieteellisyys ja erikoistuminen. (Kangas 2001) Yhdistämällä useita pieniä jätehuoltoalan yrityksiä, joilla on toisiaan tukevaa tieto-taitoa, on menestyksen mahdollisuus kansainvälisillä markkinoilla suurempi. Tällöin myös toiminnan vaatimat investoinnit ja liiketoiminnan riskit jakautuvat useammalle taholle.

Ympäristöliiketoiminnalle ominaisia rajoitteita ovat pienet yrityskoot sekä yritysten ja tutkimustoiminnan hajanaisuus. Teknologian osalta on myös vielä paljon kehittämisen varaa, jotta pärjättäisiin kansainvälisillä markkinoilla. Vastoinkäymisiä voi aiheutua lisäksi kansainvälisen kokemuksen ja kielitaidon puutteesta sekä kulttuurieroista. Muita kansainvälistymisen riskejä ovat voimakkaasti kasvavat kustannukset, yhteistyökumppanien kriittisyys ja puutteellinen strategia, liiketoimintasuunnitelma, resursointi ja rahoitus. (Kangas 2001)

Suunniteltaessa vientiä ulkomaille on tärkeää ensin kartoittaa mm. kohdemaan yhteiskunnallinen tilanne ja infrastruktuuri sekä jätehuollon kehitystilanne teknisesti ja lainsäädännöllisesti. Vasta sen jälkeen voidaan määritellä vientiin soveltuvan jätehuolto-osaamisen tekninen taso; onko kyse esim. keräysvälineratkaisuista vai kehittyneistä telematiikkasovellutuksista. Lainsäädännöllisten seikkojen lisäksi myös kohdemaan kulttuuritavat ja kan-

sallisten ominaisuuksien erikoispiirteet tulisi huomioida keräilymenetelmiä ja teknologioita kehitettäessä sekä teknologian siirtoa suunniteltaessa (Itävaara 2001).

Karkeasti tarkasteltuna läntisen Euroopan ja Pohjois-Amerikan jätehuollon toiminnot ovat tasolla, joka luo potentiaalisia mahdollisuuksia teknologioiden kehittämiseksi ja parantamiseksi sekä uusien ratkaisujen etsimiseksi. Useimmissa Itä-Euroopan, Aasian, Afrikan ja Etelä-Amerikan maissa peruspalvelut ovat teknisesti alemmalla kehitystasolla (Anhava et al. 2001). Jätehuollon vientipotentiaalin määrittämistä vaikeuttaa se, että yleistä on vaikea tehdä. Kehitysvauhti ja –trendit eivät ole yhteneväiset tarkasteltaessa samassa maanosassa sijaitsevia maita. Jopa yksittäisten valtioiden sisällä alueelliset kehityserot voivat olla niin merkittäviä, ettei ole perusteltua suositella tietynlaisen jätehuolto-osaamisen vientiä edes maatasolla. Vientimarkkinoista kiinnostuneen kannattaa kuitenkin tarkkailla jätealan kehitystä kansainvälisessä mittakaavassa, sillä jätteiden ja jätelajien määrän kasvun myötä uusia ratkaisuja kaivataan myös kansainvälisillä markkinoilla.

5.2.2 Euroopan Unioni

EU:n jätedirektiivit ohjaavat pitkälti jäsenmaiden jätehuoltoa. EU:ssa on myös valmisteilla jätehuollon telematiikan standardeja (Peltoniemi & Isoaho 2001). Yhtenevät tavoitteet koko unionin alueella tekevät jätealan markkinoiden kehityksestä helpommin seurattavaman ja paremmin ennakoitavamman. Keinot direktiivien asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi ovat kuitenkin moninaiset, joten unionin sisällä on hyvinkin maakohtaisia linjauksia jätehuollon toteutuksen suhteen. Kirjavien käytäntöjen vuoksi vientipotentiaalin tarkastelu rajataan koskemaan unionin yhteisten tavoitteiden mukanaan tuomia haasteita ja mahdollisuuksia. Tarkoituksena on lähinnä osoittaa muutoksen alaisena olevia osa-alueita, joissa suomalaisilla olisi potentiaalia kehittyä ja tarjota tulevaisuudessa kansainvälisesti kiinnostavia sovellutuksia.

Jätedirektiivien kiristyminen vaikuttaa sekä jätteiden keräys- että kuljetustoimintoihin (kts. kpl 5.1.1). Teknologiasovellusten avulla, eli ”tiedon tuomisella jätehuoltoon”, voidaan kansainvälisesti kiinnostavia mahdollisuuksia jätteiden keräyksen ja kuljetuksen kehittämiseen. Jätevirtojen hallinnasta löytyy huomattava potentiaali, sillä useat EU:n jätteiden lajittelua ja käsittelyä koskevat direktiivit vaativat lähitulevaisuudessa menetelmiä ja laitteita, joiden avulla jätteen laatu ja määrä on mahdollista tunnistaa jo keräysvaiheessa. Tunnistus- ja punnitustiedot sekä niiden prosessointi ja tallennus luovat perustan jätevirtojen hallinnalle. Joitain sovellutuksia on jo käytössä unionin alueella, mutta kyse on lähinnä alueellisesta kokeilusta ja käytöstä. Myöskään monista eri komponenteista koostuvia laaja-alaisia sovellutuksia ei tiettävästi ole käytössä (Peltoniemi & Isoaho 2001). Alueelliset ja valtakunnalliset kehityserot ovat suuria, joten huolimatta tiettyjen alueiden aktiivisuudesta monissa EU:n maissa jätehuollon ratkaisut eivät ole yhtä pitkälle kehittyneitä.

Kaatopaikkojen määrän vähetessä EU:n alueella kuljetusetäisyydet kasvavat entisestään. Myös jätemäärät ovat vähentämiseen tähtäävistä toimenpiteistä huolimatta kasvaneet niin suuriksi, että jätekuljetusten osuus kaikista kuljetuksista on merkittävä. Esimerkiksi Ranskassa jätteiden osuus on 15 % kuljetusten kokonaispainosta. Jätteiden hyödyntämis- ja kierrätystavoitteiden kiristyminen näkyy myös kuljetustarpeen kasvuna, sillä hyötykäyttö on pirstonut entisen yhtenäisen jätevirran useaan ohuempaan materiaalivirtaan ja kierrätys on muuttanut tuotannon ja kulutuksen välisen virran yksisuuntaisesta kaksisuuntaiseksi. Jätteiden määrän, kuljetustarpeen ja kuljetusetäisyyksien kasvaessa toiminnan suunnitteluun, toteutukseen, valvontaan ja seurantaan liittyvät tehtävät korostuvat sekä tarve saada tietoa prosessista lisääntyy. Tarve minimoida ajokilometrit ja maksimoida kuljetusten täyttö- ja käyttöaste korostuu entisestään.

Suomalainen telematiikkaosaaminen (sovellukset, laitevalmistus) on hyvällä tasolla, joten kotimaassa toimiviksi havaitut ratkaisut ovat vietävissä jätehuollon kansainvälisille markkinoille. Osa Euroopan markkinoista (esim. Saksa) on kuitenkin suurista markkinoistaan huolimatta hyvin kilpailtu ja tekninen osaaminen ylittää paikka paikoin Suomen tason yläpuolelle. Suomalaisella jätehuolto-osaamisella on vientipotentiaalia etenkin niissä Etelä-Euroopan maissa, joissa jätemäärät ovat riittävän suuria (Anhava et al. 2001). EU-säädösten jatkuvasti kiristyessä hyvillä innovaatioille on kysyntää myös kehittyneempien järjestelmien maissa.

5.2.3 USA

Kolmasosa maailmassa syntyneistä kiinteistä jätteistä tuotetaan Yhdysvalloissa, jossa asuu noin 5 % maailman väestöstä (Belzer 2000). Yhdyskuntajätteen määrän arveltiin olevan vuonna 2000 noin 211,7 miljoonaa tonnia. Suurimmat jätelajit ovat paperi ja kartonki.

Yhdysvalloissa on valtakunnallisessa lainsäädännössä asetettu maksimiraja-arvot päästöille ja ympäristön tilaan liittyville toimenpiteille, mutta säädösten väljyydestä johtuen osavaltiot ja kunnat voivat itse päättää jätehuollon ohjauksen suunnasta. Lainsäädännön ohjausta voimakkaampi on kuitenkin kansainvälisten markkinoiden vaikutus jätehuoltoon. USA:ssa on voimakkaita teollisuuden etujärjestöjä, jotka taistelevat ympäristösäädöksiä vastaan. Muutokset USA:n jätehuoltosektorilla tulevat todennäköisesti tapahtumaan markkinavetoisina. (Itävaara 2001)

Vaihtelevista käytännöistä on seurauksena hyvin moninaiset jätteenkäsittelytavat. Yleistä kuitenkin on, että jätteiden keräysvaiheessa käytetään paljon ihmistyötä. Jätesäiliöiden käyttö ei ole yleistynyt, minkä vuoksi jäteauton kuljettajat keräävät jätessäkit ja -pussit käsin tien varresta autoon. Jätteiden keräysvälineet ovat vielä kotitalouskohtaisia, eikä suuria taloyhtiökohtaisia jätelaatikoita ole käytössä. (Itävaara 2001)

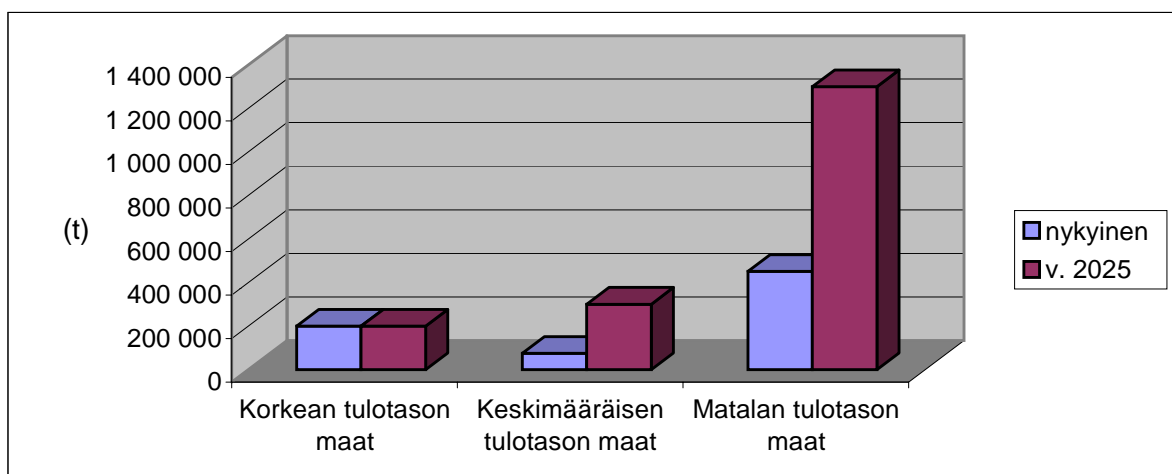
Yhdysvalloissa on muutamia suuria keskenään ankarasti kilpailevia jätealan yrityksiä, jotka keräävät valtaosan jätteistä. Jotkut yritykset käyttävät jo jonkin verran punnituslaitteita ja punnitsevan keräyksen arvellaan lisääntyvän tulevaisuudessa. Vaakalaitteita pidetään potentiaalisina varsinkin kilpailuilla ja markkinapohjaisilla alueilla sekä alueilla, joissa jätemaksut ovat korkeita. (Fickes 2001)

Monet amerikkalaiset asuvat omakotitalovaltaisilla asuma-alueilla, jolloin etäisyydet muodostuvat jätteenkerääjille pitkiksi. Paikkatietotekniikkaa soveltamalla voidaan toiminnan kannattavuutta parantaa mm. tehokkaamman reitin- ja keräysjärjestelyjen suunnittelun kautta. Reitin suunnittelua voidaan myös kehittää punnitusjärjestelmästä saatavien tietojen avulla siten, että raskaimmat kuormat haetaan viimeisenä (Fickes 2001). Tällöin polttoaineen kulutus ja keräysajoneuvoon kohdistuva rasitus vähenevät. Jätteiden punnituksen avulla voidaan myös muodostaa maksimikuormia ja näin vähentää kuljetuskertoja, sillä kuljettajien ei tarvitse muodostaa vajaita kuormia ylipainomaksujen pelossa (Tilton 2001).

Suomalaisten yritysten pääsy USA:n markkinoille voi tapahtua usealla tavalla. Yhdysvalloissa on useita teknologian siirtoon liittyviä organisaatioita (kts. esim. Itävaara 2001). Suunniteltaessa teknologian siirtoa Yhdysvaltoihin tulee ottaa huomioon maahan jo vakiintuneet toimintatavat, joissa muutokset tapahtuvat pitkällä ajanjaksolla sekä kansallisten yritysten luoma kilpailuasetelma.

5.2.4 Aasia

Aasiassa kulutetaan vuosittain kaupunkialueilla 25 miljardia dollaria yhdyskuntajätehuoltoon. Määrän ennustetaan kaksinkertaistuvan vuoteen 2025 mennessä. Kuvassa 19 on esitetty yhdyskuntajätteen määrien kasvu vuoteen 2025 mennessä. Matalan tuloluokan maihin kuuluvat mm. Intia, Kiina ja Bangladesh, keskimääräisen tulotason maihin Indonesia, Filippiinit, Thaimaa ja Malesia, ja korkeimpaan luokkaan kuuluvat Hongkong, Japani ja Singapore.



Kuva 19. Yhdyskuntajättemäärien kasvu (tonneina) vuoteen 2025 mennessä (Hoornweg 1999).

Yhdyskuntajätettä tuotetaan päivittäin Aasiassa yhteensä noin 760 000 tonnia jätettä ja määrän ennustetaan kasvavan vuoteen 2025 mennessä noin 1,8 miljoonaan tonniin.

Korkean tulotason maiden jätemäärien oletetaan pysyvän ennallaan. Yhdyskuntajätteen jakauma jätelajeittain on lähes samanlainen kuin Suomessa (kts. kpl 2.2), ja jakauman ennustetaan pysyvän muuttumattomana. Ennusteiden mukaan matalan tulotason maiden jätemäärät kolminkertaistuvat. Jättemäärän valtavaa kasvua selittää osittain, että kategoriaan lukeutuvat maailman väkirikkaimmat maat Kiina ja Intia, joiden väestöjen ennustetaan kasvavan noin 1,4 miljardiin vuoteen 2025 mennessä (Valtietokanta 2001). Pyrkimys länsimaiseen hyvinvointiin näkyy myös kulutustottumuksissa. Matalan tulotason maiden jätelajien jakauma tulee ennusteiden mukaan myös muuttumaan merkittävästi. Orgaanisen jätteen osuus kasvaa 41 %:sta 60 %:iin ja paperin osuus 5 %:sta 15 %:iin. Biojäte ja paperi ovat kasvavan määränsä vuoksi jätelajeja, joihin pitäisi kiinnittää erityishuomiota Aasian markkinoilla.

Kasvavien jätemäärien lisäksi ongelmana on jätehuollon kehittymättömyys. Monissa Aasiassa maissa ympäristön puhtaanapitoon ja jätehuoltoon liittyvät puutteet muodostavatkin yhden uhkaavimmista ongelmista. Useissa maissa jätteet kasataan suhteellisen kontrolloimattomalle kaatopaikalle tai kaadetaan vesistöihin ja kaduille. Esimerkiksi Hongkongissa jätteiden räjähdysmäisen kasvun myötä ennuste kaatopaikkakapasiteetin riittävydestä on laskenut 30 vuodesta 15 vuoteen. Kaatopaikalle sijoitetun jättemäärän lisäksi satamaan kaadetaan päivittäin huomattava määrä minimaalisesti seulottua jätettä. (Asiaweek 2000)

Yleisesti ottaen teknologinen taso Aasiassa on liian alhainen länsimaiselle teknologialle. Tyypillisiä haasteita jätehuollossa ovat mm. ettei kaatopaikkakäsittelyn taso täytä kansallisesti asetettuja vaatimuksia ja että jätteistä aiheutuu kontrolloimattomia ympäristövaikutuksia. (Anhava et al. 2001) Jätehuolto edellyttää nykyistä parempaa strategista suunnittelua ja entistä enemmän investointeja. Painopistealueisiin kuuluvat yhdyskuntajätehuollon parantaminen jätteiden lajittelua tehostamalla ja nykyistä paremmalla kaatopaikkojen hoidolla, kierrätysalotteiden tekeminen paikallisella tasolla ja kustannuksiltaan edullisten toimien toteuttaminen maaperän saastumisen estämiseksi.

Alueelliset erot ovat kuitenkin Aasiassa huomattavia. Esimerkiksi Japanissa käydään parhaillaan keskustelua laista, joka määräisi valmistajia tuottamaan kierrätettäviä tuotteita sekä järjestämään niille kierrätysjärjestelmät. Ympäristöongelmat Aasian suurimmissa kaupungeissa ja niitä ympäröivillä alueilla ovat kasvaneet niin sietämättömiksi, että toimenpiteisiin jätehuollon kehittämiseksi on ryhdytty. Esimerkiksi Kiinassa käsitellään tällä hetkellä ainoastaan 5 % kotiperäisestä jätteestä, mutta Shanghaissa ja Tianjinissa aloitettu investoimaan jätteiden käsittelyyn. Usean Aasian maan hallitukset toimivat myös yhteistyössä kansainvälisten instituuttien kanssa tavoitteenaan torjua jätteistä aiheutuneita ympäristöongelmia. (Asiaweek 2000, Jindal et al. 1997)

5.3 Työturvallisuus

JÄTKÄ-projektin haastatteluissa ja keskusteluissa tuli useaan otteeseen esille jätehuollon työturvallisuuteen liittyviä ongelmia. Projektin aikana ei kuitenkaan tullut esille merkittäviä turvallisuuteen liittyviä ongelmia, joita ei oltaisi käsitelty jo aiemmin julkaistuissa tutkimuksissa. Työturvallisuusongelmien haastatteluissa saaman suuren painoarvon vuoksi ongelma-kohtia nostetaan esille myös tässä yhteydessä.

Jotkut haastatelluista olivat keskustelleet jätehuollon työturvallisuuteen liittyvistä ongelmista AKT:n ja työsuojelupiirin kanssa, mutta he eivät nähneet toimia turvallisuuden parantamiseksi toistaiseksi riittävinä. Keskustelufoorumit, joissa on mahdollisuus keskittyä myös tähän jätehuollon osa-alueeseen, koettiin positiivisena. Esimerkiksi YTV Jätehuolto järjesti vuonna 2000 jätteenkuljetuksen työturvallisuuspäivän, johon osallistui edustaja lähes jokaisesta pääkaupunkiseudun jätteen- ja paperinkeräysyrityksestä. Tilaisuus on tarkoitus järjestää jatkossa vuosittain. Vuoden 2001 marraskuussa järjestettävässä tilaisuudessa tullaan keskittymään kiinteistöillä tapahtuvaan jätteenkeräykseen. Kuljetusyritysten edustajien lisäksi paikalle kutsutaan isännöitsijäosapuoli. Päivän aikana esillä ovat myös laitevalmistajien keinot parantaa turvallisuutta.

Jätteiden keräyksen ja kuljetuksen turvallisuuteen vaikuttavat tekijät voidaan jakaa Isoahon (1999) mukaan keräysvälineestä, keräysajoneuvosta, keräyspisteestä, jätelajista, kerääjästä ja ulkopuolisista aiheutuviin työturvallisuusongelmiin. Tehdyissä haastatteluissa ilmeni ongelmia jokaiselta osa-alueelta, mutta etenkin keräysvälineisiin ja keräyspisteeseen liittyvät ongelmat korostuivat.

Keräysväline

Tilastoituihin onnettomuuksiin ei ole rekisteröity tapauksia, jossa keräysväline olisi ollut ensisijaisena onnettomuuden aiheuttajana (Isoaho 1999). Keräysvälineet ovat kuitenkin työtapaturmariski työntekijöille. Etenkin keväisin ja syksyisin, jolloin jäteastioihin ja -säkkeihin laitetaan paljon hiekoitushiekkaa ja puutarhajätteitä, ylipainoisista keräysvälineistä voi aiheutua ongelmia. Vakavissa onnettomuuksissa erityisesti pikakontit ovat useasti osallisena. Pikakonttia pidetään ongelmallisena, mutta niistä luopuminen edellyttäisi kaluston vaihtamista. Vaarojen ehkäisyssä on tärkeässä asemassa kerääjän ja keräysvälineen omistajan suorittama kunnonvalvonta sekä huolto (Isoaho 1999). Esimerkiksi rikkinäiset ja väärin täytetyt jätessäkit voivat olla jo turvallisuusriski, josta tulisi tiedottaa säkkien omistajille.

Keräysajoneuvo

Keräysajoneuvon kuormaustekniikka ja sen käyttötapa vaikuttavat tyhjennystilanteen turvallisuuteen. Turvalaitevarustus ja sen kunto sekä valittu kuormausta paikka ovat myös merkittäviä turvallisuustekijöitä. Keräysajoneuvon hytin sijainti ja rakenne ovat merkityksellisiä, mikäli kuljettaja joutuu pysähdysten aikana poistumaan ajoneuvosta. Ajoneuvosta poistuminen ja siihen nouseminen on tilastoitu toiseksi merkittävimmäksi tapaturmia aiheuttavaksi työvaiheeksi. Vaaratekijöitä voidaan vähentää tyhjentämällä vain testattuja, asianmukaisessa kunnossa olevia ja ohjeiden mukaisesti käytettyjä keräysvälineitä, jotka ovat yhteensopivia kuormaustekniikkaan ja keräyspisteoloihin. (Isoaho 1999)

Keräyspiste

Turvallisuuden parantamiseksi tulisi luoda asianmukaisia keräyspisteitä. Taajamissa ongelmana on jätehuollolle varattujen tilojen ahtaus jätteen ja jäteastioiden määrän lisääntyessä. Myös jäteautojen koot ovat kasvaneet. Vallitsevan käsityksen mukaan keräysastioiden tulee olla mahdollisimman näkymättömissä, josta johtuen keräysvälineet sijoitetaan jätteenkerääjille epäedullisiin paikkoihin. Tilanpuute lisää myös työn suunnitteluongelmia, kun astioiden tyhjennys pitäisi tehdä nykyistä useammin. Keräyspisteen merkitys turvallisuuden kannalta korostuu sateisissa ja talvisissa olosuhteissa.

Haastatteluissa kävi ilmi, ettei nykyistä lainsäädäntöä pidetty riittävänä keräyspisteiden sijoittelun kannalta. Ottamalla jätehuollon tarpeet paremmin huomioon kaavoituksessa voidaan luoda asianmukaisia keräyspisteitä ja parantaa jätehuollon työturvallisuutta. Yhtenä ratkaisuna esitettiin, että taloyhtiöiden kanssa tehtäisiin sopimus ennen jätehuollon järjestämistä siitä, että jäteaitaukset olisivat oikeassa paikassa jätteen keräyksen turvallisuuden ja sujuvuuden varmistamiseksi. Keräyspisteoloja voitaisiin myös parantaa sijoittamalla keräyspisteitä yleisille alueille, josta ne olisi helpommin kerättävissä.

Jätelaji

Jätelajin ominaisuudet voivat muodostaa vaaran kerääjälle ja jätteenkäsittelijöille, jos jätelajin ominaisuuksia ei ole asianmukaisesti otettu huomioon suunniteltaessa keräystä. Jätteitä kerätessä työntekijät altistuvat jätteistä peräisin oleville biologisille ja kemiallisille epäpuhtauksille. (Ettala et al. 1991) Syntypaikkalajiteltua jätettä kerätessä altistuminen riippuu merkittävästi jätelajista. Puutarhajätettä, lajittelematonta kotitalousjätettä ja biojätettä keräävät henkilöt altistuvat suuremmille bioaerosolipitoisuuksille kuin poltettavan ja kierätettävän (lasi, metalli, paperi) jätteen kerääjät. Jätteenkerääjien bioaerosoleille ja kemikaaleille altistumisen suuruuteen vaikuttavat jätteen tyyppi ja laadun lisäksi jätteen rakenne (kuormaustalon korkeus), autoon asennettavat pölyntorjuntalaitteet, keräysväline ja jättesäiliö (säkki vs. astia), jätteen säilytysaika ja keräystiheys sekä vuodenaika. (Lohila et al. 2000)

Kerääjä

Jätteen kerääjä voi vaikuttaa turvallisuuteen hankkimalla tietoa vaaroista, noudattamalla annettuja työhöjeita ja käyttämällä työssä edellytettäviä suojavarusteita. Keräystä voidaan ohjata turvallisempaan suuntaan tehostamalla keräystyöntekijöiden työhönopastusta. Liiallisessa kiireessä toimiminen voi myös aiheuttaa vaaratilanteita. (Isoaho 1999)

Ulkopuoliset

Peruutuskameran käytöstä huolimatta lapset ovat turvallisuusriski jätteen keräyksessä. Ulkopuolisesta ajoneuvoliikenteestä voi muodostua vaaratekijä etenkin kaupunkien keskuksissa ruuhka-aikaan. Rasittavaa ruuhkassa ajaa isolla autolla pidettiin yhtenä syynä kuljettajien suureen vaihtuvuuteen kilpailuilla alueilla. Taloyhtiöiden omien autojen pysäköinti voi muodostua myös ongelmalliseksi.

6 Johtopäätökset ja suositukset

Keräys- ja kuljetusjärjestelmät

Jätteen vastaanottoaikkujen määrän edelleen vähentyessä kuljetusmatkat tulevat pidentymään Suomessa. Aikaisempaan tilanteeseen luodut jätehuollon kuljetusjärjestelmät eivät välttämättä enää täytä kustannustehokkaan ja kestäväen jätehuollon järjestämisen kriteereitä, joten uusia, osin jo muilla toimialoilla koeteltuja kuljetusväline- ja muotoratkaisuja tulisi harkita vaihtoehtoina jätehuollon järjestelmiä kehitettäessä.

Vaihtoehtoiset kuljetusratkaisut voivat perustua jo muilla toimialoilla toimiviksi havaittuihin ratkaisuihin ilman tarvetta riskialttiisiin kokeiluihin. Keräystoimintojen ja runkokuljetusten kehittäminen on mietittävä omina kokonaisuuksinaan unohtamatta kuitenkaan järjestelmien yhteensopivuutta. Taajamat ja haja-asutusalueet poikkeavat asukastiheydeltään ja jätekertymiltään toisistaan, joten ne vaativat osaltaan erilaisten kuljetusratkaisujen käyttöönottoa.

Keräyskaluston osalta suurimmat muutokset jatkossa liittyvät runkokuljetusjärjestelmien kehittämiseen ja sitä kautta mietittäessä ratkaisuja keräys- ja varsinaisen kuljetuskaluston yhteensopivuuteen. Kyseeseen voivat tulla esimerkiksi irroitettavien ja yhdistettyihin kuljetuksiin soveltuvien kuormatilojen (lähinnä kontit) käyttäminen. Myös syntypaikkalajittelusta seuraava usean keräysvälineen käyttäminen on haaste keräyksen kustannustehokkaalle suorittamiselle, joka pienten jätekertymien haja-asutusalueilla lisännee monilokeroautojen käyttöä.

Yhdysvalloissa jätteen kuljettaminen rautateitse lisääntyi 1980-luvun lopulla, kun kaatoaikkujen väheneminen voimakkaasti erityisesti koillis- ja länsirannikoilla merkitsi jätteen kuljetusmatkojen pidentymistä oleellisesti. Rautatie todettiin tällöin kilpailukykyiseksi vaihtoehdoksi maantiekuljetuksille kuljetusmatkojen kasvaessa 240 kilometriin (150 mailia), mutta useissa tapauksissa rautatiekuljetuksia hyödynnetään huomattavasti lyhyemmilläkin matkoilla.

Pitkien etäisyyksien Suomessa kiinnostavuutta jätteiden rautatiekuljetuksiin lisää mahdollisuus päästöjen pienentämiseen ja energiankulutuksen vähentämiseen verrattuna maantiekuljetuksiin sekä maantieliikenteen määrän pieneneminen. Sekä maantie- että rautatiekuljetusten parhaat ominaisuudet ovat tarjolla intermodaali eli yhdistettyjen kuljetusten käytämisellä.

Kuluvan vuosikymmenen aikana tapahtuva EU:n raideliikenteen vapautus tuo uusia toimijoita myös Suomeen, jolloin kiinnostus esimerkiksi jätekuljetuksiin kasvaa. Tämä tuo mukanaan käyttökelpoisia rautatiekuljetussovelluksia ja lisää hintakilpailua kuljetuskustannuksissa.

Luonnonvarojen ehtyessä raaka-aineiden hinnannousu tehostaa jätehuoltojärjestelmiä materiaalihyötykäytön lisääntyessä, mutta tähän mennee vielä aikaa. Tällä hetkellä riittävän suuret ja keskitetyt ostajat puuttuvat lähes kokonaan voidakseen omalta osaltaan panostaa keräys- ja kuljetusjärjestelmien kehittämiseen.

Jatkossa uudet keräys- ja kuljetusjärjestelmät vaativat kustannustehokkuus- ja ympäristövaikutusarviointeja sekä käytännön kokeiluja toimivien ratkaisujen käyttöönottamiseksi.

Telematiikka

Telematiikan eli tietotekniikan ja tietoliikenteen hyödyntämisen osa-alueita jätelogistiikassa ovat esimerkiksi keräysvälineiden tunnistus, punnitus, ajoneuvopaikannus, tiedonsiirto ja tarvittavat tietojärjestelmät. Telematiikan osalta kehitys on nopeaa ja uusia sovelluksia tulee markkinoille nopeasti. Tapauskohtaisella asennus- ja kehitystyöllä sovellusten käytövarmuutta parannetaan, joka aikaisemmissa kokeiluissa on usein ollut ongelmana. Myös laajemmin tavaraliikennesektorilla käyttöönotetut ja toimiviksi todetut telematiikkasovellukset ovat hyödynnettävissä jätehuoltoon.

Tekniikoiden asteittainen käyttöönotto kehittää keräys- ja kuljetustoimintoja sekä alan toimijoiden toimintatapoja ja tuo lisäarvoa sekä alan yrityksille että heidän asiakkailleen askel askeleelta. Asiakkaiden ja lainsäädännön kohoavien vaatimusten täyttämässä telematiikka toimii yhtenä toimintaa tehostavana työkaluna.

Jätevirran hallinnan ja siihen liittyvän tiedonhallinnan merkitys on kasvussa. Eri osapuolet haluavat jätevirroista itseään koskevaa ja omaan toimintaansa liittyvää tietoa: jätteen tuottaja (tilastot, laatu- ja järjestelmät), operaattori (laskutus, toiminnanohjaus/-optimointi), jätehuollon järjestäjä (kilpailuttaminen), viranomaiset (lupa-asiat, tilastointi) eli tarpeet ovat moninaiset. Ihannetilanteessa syntyvät jätemäärät pystytään tarkasti tilastoimaan määrän, laadun ja tuottajan mukaan. Tästä kokonaistiedosta on mahdollista jalostaa jokaiselle tarvitsijalle oma informaationsa. Telematiikka eli tässä tapauksessa keräysvälineiden tunnistus ja punnitus, tiedonsiirto sekä tiedon prosessointi, tallennus ja jakaminen ovat jätevirran hallinnan avainasemassa olevia elementtejä.

Jätehuoltoyritykselle toiminnanoptimointi on taloudellinen intressi ja kustannustehokkaan toiminnan takaamiseksi kaikki toiminnat tulisi tehdä mahdollisimman vähällä resurssien käytöllä laatutasoa kuitenkaan unohtamatta. Kytkemällä ajoneuvot, kriittiset keräyspisteet (esimerkiksi liikenteellisesti ruuhkaiset ja korkean palvelutason kohteet) ja ajonohjausjärjestelmä yhteen kuljetusten seurannan ja kaukovalvonnan keinoin päästään aktiiviseen järjestelmään, joka minimoi ajokilometrit ja lisää kuljetusten käyttö- ja täyttöastetta. Tässä järjestelmässä normaali ajolista on päivässä suoritettavan keräystyön perusta, jota ohjausjärjestelmä päivittää kaukovalvonnasta tulevilla tyhjennuspyynnöillä valitsemalla ajoneuvokannasta kohdetta lähimmän tai kuormittamattomimman auton.

Jätehuollon telematiikan järjestelmäarkkitehtuuri helpottaa (alaa vähemmän tuntevankin) hahmottamaan eri osapuolet ja toimijat, heidän informaatiotarpeensa sekä käytettävien järjestelmien rajapinnat. Järjestelmäarkkitehtuuri helpottaa koko toimialan kattavan tietojärjestelmän laatimista ja helpottaa yksittäisten toimijoiden laitteisiin ja tietojärjestelmiin tekemiä valintoja ja investointeja varmistuen samalla niiden yhteentoimivuuden. Suomalainen telematiikkaosaaminen (sovellukset, laitevalmistus) on hyvällä tasolla, joten kotimaassa toimiviksi havaitut ratkaisut ovat vietävissä jätehuollon kansainvälisille markkinoille.

Lainsäädäntö

Kaupungeissa jätehuollon järjestämistä parantaisi keräysaikalainsäädännön muuttaminen sallimaan keräyksen liikenteellisesti ahtaimmissa keskustuissa öisin. Suurien jätteen tuottajien (esim. kauppakeskukset) keräysastioiden varustaminen kaukovalvontalaitteistolla vähentäisi osaltaan jäteautojen ajoa keskustassa, kun aikataulun mukaiset ”tarkastuskäynnit” jäisivät pois.

Jätehuoltokentässä on vielä useita toistaiseksi ratkaisemattomia turvallisuuteen liittyviä ongelmia, joihin toivotaan muutosta. Yksi keino parantaa työturvallisuutta on muutokset lainsäädännössä. Lainsäädännön lisäksi myös muut jätehuoltoketjun toimijat voivat vaikuttaa turvallisuuden parantamiseen (kts. muut toimijat).

Laitevalmistajat

Laitevalmistajat ovat avainasemassa ketjun toimijoiden rinnalla toimintaympäristön muutoksista nousevien uusien teknologiatarpeiden tunnistamisessa ja teknologian soveltuvuudessa jätehuoltoalalle. Laitevalmistajien tarjoamat kalusto- ja keräysvälineratkaisut voivat osaltaan parantaa myös jätehuollon työturvallisuutta. Etenkin kilpailuilla alueilla esiintyy henkilöstön saatavuuteen, motivointiin ja sitouttamiseen liittyviä vaikeuksia. Jäteauton kuljettajan työn imago fyysisesti raskaana ja tapaturmille alttiina ei houkuttele alalle. Yksi ratkaisu alan imagon parantamisessa voisivat olla teknologiaratkaisut, jotka vähentäisivät työn fyysistä kuormittavuutta ja lisääisivät alan houkuttavuutta.

EU:n vaatimukset luovat uusia mahdollisuuksia suomalaisen jätehuolto-osaamisen hyödyntämiselle. Yhtenevät tavoitteet tekevät jätealan markkinoiden kehityksestä myös helpommin seurattavamman ja ennakoitavamman. Vientipotentiaalın määrittämistä vaikeuttaa maittain vaihtelevat tavoitteiden toteutustavat ja alueelliset kehityserot. EU-säädösten jatkuvasti kiristyessä hyvillä innovaatioille on kuitenkin kysyntää myös kehittyneempien järjestelmien maissa. Suomalaisten pienten jätehuoltoalan yritysten läpimurtoa ja menestystä maailmalla edesauttaisi useamman, toisiaan tukevaa tietotaitoa omaavan yrityksen verkottunut toimintatapa.

Vientimarkkinoista kiinnostuneen laitevalmistajan kannattaa tarkkailla jätealan kehitystä kansainvälisessä mittakaavassa, sillä jätteiden määrän kasvun myötä muutoksen tarve on suuri myös kansainvälisillä markkinoilla. Aasiassa ennustetaan matalan tulotason maiden

jätämäärien kolminkertaistuvan vuoteen 2025 mennessä, ja ympäristön puhtaanapitoon ja jätehuoltoon liittyvät puutteet muodostavatkin yhden uhkaavimmista ongelmista. Halukkuutta tilanteen kehittämiseen kuitenkin löytyy ja useissa maissa on jo kokemusta kansainvälisestä yhteistyöstä. Valtavat jätevolyymit tuotetaan myös Yhdysvalloissa. Maailmassa syntyneistä kiinteistä jätteistä kolmasosa tuotetaan Yhdysvalloissa, jossa asuu vain muutama prosentti maailman väestöstä. Suunniteltaessa teknologian siirtoa Yhdysvaltoihin tulee ottaa huomioon maahan jo vakiintuneet toimintatavat, joissa muutokset tapahtuvat pitkällä ajanjaksolla sekä kansallisten yritysten luoma kilpailuasetelma.

Eräs keino jätehuollon laajamittaiseen laite-, väline- ja järjestelmäkehittämiseen on osallistuminen EU-hankkeisiin. Suomi on otollinen case-kohde uusien keräys- ja kuljetusjärjestelmien käytännön kokeiluille mm. Keski-Euroopasta poikkeavan väestötiheytensä ja pitkien etäisyyksinesä takia. EU:n komission juuri julkaisema ”White Paper - European Transport Policy for 2010: Time to Decide” ehdottaa uuden, laajamittakaavaisen Marco Polo-ohjelman aloittamista. Se tukee mm. yhdistettyjä kuljetuksia koskevaa kehitystyötä ja jätehuolto tulee olemaan yhtenä toimialana mukana.

Muut toimijat

Ratkottaessa aluesuunnittelun ja kaavoituksen puitteissa uusien jätteen vastaanottoa paikkojen sijoitusta tulisi liikenneverkkojen painoarvoa nostaa. Sijoituspaikan sisältämät optiot maantie- ja rautatiekuljetuksille mahdollistavat monipuolisten kuljetusjärjestelmien hyödyntämisen tulevaisuudessa.

Lainsäädännön muutosten lisäksi myös muut jätehuoltoketjun toimijat voivat vaikuttaa osaltaan turvallisuuden parantamiseen. Taajamissa ongelmana on jätehuollolle varattujen tilojen ahtauteen jätteen ja jäteastioiden määrän lisääntyessä. Vallitsevan käsityksen mukaan keräysastioiden tulee olla mahdollisimman näkymättömissä, josta johtuen keräysvälineet sijoitetaan jätteenkerääjille epäedullisiin paikkoihin. Tilanpuute lisää myös työn suunnitteluongelmia, kun astioiden tyhjennys pitäisi tehdä nykyistä useammin. Ottamalla jätehuollon tarpeet paremmin huomioon kaavoituksessa voidaan luoda asianmukaisia keräyspisteitä ja parantaa jätehuollon työturvallisuutta. Keräyspisteoloja voitaisiin myös parantaa sijoittamalla keräyspisteitä yleisille alueille, josta ne olisi helpommin kerättävissä. Keräyspisteolojen kehittäminen voi tapahtua myös esimerkiksi suoraan yhteistyössä taloyhtiöiden kanssa.

Erilaisten tekniikoiden käyttö jätteiden tunnistamiseen sekä niiden punnitseminen joko keräysajoneuvon tai vastaanottoa paikan toimesta identifioi jätevirrat. Lähdetessä kehittämään tällaisia järjestelmiä ongelmaksi nousevat yhteensopivuuskysymykset eli miten ja missä muodossa tietoa tuotetaan ja siirretään. Nykyteknologialla tunnistaminen ja punnitseminen ovat ratkaistavissa, mutta kehitystyön tekeminen koko maan kattaviksi yhteensopiviksi järjestelmiksi vaatii kansallisen tason ohjausta. Sama koskee keräys- ja kuljetusjärjestelmien laajamittaisempaa kehitystä.

Kehitystyön perustana on jätehuollon logistisen ketjun hahmottaminen ja sen osatekijöiden parantaminen kokonaisuutta palvelevalla tavalla. Malli koostuu seuraavista elementeistä:

- keräysvälineet ja niiden tunnistus, punnitus ja kaukovalvonta
- keräys- ja kuljetustoiminnot
- siirtokuormaus ja runkokuljetus
- paikannus ja tiedonsiirto
- kuljetusten suunnittelu ja ohjaus

7 Lähdeluettelo

Kirjat:

Anhava, J., Ekholm, E., Ikäheimo, E., Koskela, K., Kurvi, M. & Walavaara, M. Jätehuollon materiaalikierrätyksen teknologiat ja niiden kehittämistarpeet. Tekesin teknologiakat-saus 102/2001. Helsinki.

Anhava, J. 2000. Katsaus yhdyskuntien jätevirtojen hyödyntämiseen. STREAMS Yhdys-kuntien jätevirroista liiketoimintaa – infotilaisuus 19.9.2000.

Ettala, M, Rahkonen, P. & Kiesilä, A. 1991. Jätehuollon työsuojelu. Suomen Kaupunkiliit-ton julkaisu nro 649. Helsinki.

Euroopan komissio. 2001. White Paper - European Transport Policy for 2010: Time to Decide. Bryssel.

Granvist, J. & Kaila, J. 1999. Esiselvitys jätehuollon teknologian kehitystarpeista. Espoo: VTT Yhdyskuntatekniikka. Tutkimusraportti 492.

Isoaho, S. 1999. Yhdyskuntajätteiden keräyksen työ- ja käyttöturvallisuus. Tampereen tek-nillinen korkeakoulu, Vesi- ja ympäristötekniikan laitos. Tampere.

Isoaho, S. 1997. Jätehuolto. Oppikirjan käsikirjoitusluonnos. Tampereen teknillinen kor-keakoulu, Vesi- ja ympäristötekniikan laitos. Tampere.

Isoaho, S. & Nieminen, H. 1995. Kotitalousjätteen keräys ja kuljetus. Helsinki: Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja –sarja A 209.

Itävaara, M. 2001. Jätevirtojen hallinta USA:ssa. Espoo: VTT Biotekniikka. VTT julkai-suja 851.

Kangas, K. 2001. Jätealan kansainvälistymiskehitys. STREAMS - Yhdyskuntien jätevir-roista liiketoimintaa. Teknologiaohjelman käynnistysseminaari 24.4.2001. Helsinki.

Korpinen, J. 1998. Paperirullien tunnistustekniikan selvitys. VTT Automaatio, Koneauto-maatio. Tampere.

Kummala, J., Kulmala R., Hautala R., Oinas J. & Holm, C. 2001. Matkapuhelinpaikannuk-sen hyödyntäminen liikennetietojen keruussa. Helsinki: Tiehallinto, Liikenteen palvelut. Tiehallinnon selvityksiä 61/2001.

Liesivuori, J., Kiviranta, H., Kotimaa, M., Laitinen, S., Manninen, A. & Nevala-Puranen, N. 1995. Työolot jätteenkäsittelylaitoksella. Kuopion aluetyöterveyslaitos. Kuopio.

Liikenne- ja viestintäministeriö. Informaatiotekniikka kuorma- ja pakettiautokuljetuksissa. Helsinki: LVM:n julkaisuja 35/2001.

Lohila, A., Hyvönen, S. & Liesivuori, J. 2000. Jätehuoltoketjun terveys- ja ympäristövaarat: nykytila ja kehitystarpeet. Kuopio.

Mäkinen P., Ruoti K., Lähesmaa J., Lehtonen M., Oinas J., Ristola T. & Appel K. (2000). Liikennetelematiikan kansallinen järjestelmäarkkitehtuuri. Arkkitehtuurikuvaus. Liikenneministeriön mietintöjä ja muistioita B 5/2000.

Permala, A., Granqvist, J., Scholliers, J., Kutila, M., Auvinen, S. & Aspelin, E. 2000. TRACKIDEF – Kuljetusyksikön automaattinen tunnistus. VTT Yhdyskuntatekniikka, VTT Automaatio ja Oy EDI-Management Finland Ltd. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 549/2000.

Peltoniemi, M. & Isoaho, S. 2001. Jätteiden keräyksen ja kuljetuksen telematiikka. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Bio- ja ympäristötekniikan laitos. Tampere.

Pfister, K. 2001. Jätelainsäädännön kehitys 1994-2001 ja valmisteilla olevat uudistukset. STREAMS - Yhdyskuntien jätevirroista liiketoimintaa. Teknologiaohjelman käynnistysseminaari 24.4.2001. Helsinki.

Ronkainen, E. 1997. Punnitustekniikan tarjoamat mahdollisuudet astiakohtaisiin jätelainoihin perustuvien jätemaksujen käyttöönotolle. Oulun yliopiston ympäristötekniikan tutkimuskeskus.

Salonen, H. 1998. Jätehuollon perusteet. Ympäristöyritysten liitto, Suomen jätehuoltoliitto ry.

Stock, J. 1998. Development and implementation of reverse logistics programs. Council of Logistics Management. USA.

Syrjärinne J. 2001. Studies of modern techniques for personal positioning. Thesis for the degree of Doctor of Technology. Tampere University of Technology. Tampere.

Tanskanen, J-H. 2001. Valtakunnallinen jättesuunnitelma vuoteen 2005 tarkistettuna – haasteet teknologiaohjelmalle. STREAMS - Yhdyskuntien jätevirroista liiketoimintaa. Teknologiaohjelman käynnistysseminaari 24.4.2001. Helsinki.

Woxenius, J. 1998. Development of Small-Scale Intermodal Freight Transportation in a Systems Context. Dissertation. Chalmers University of Technology, Gothenburg.

Ympäristösanasto. Ympäristöalan keskeiset käsitteet ja termit. 1998. Tekniikan sanastokeskus ry. Helsinki.

Lehdet, esitteet:

ACTS Nederland bv. Esite ACTS-järjestelmästä.

Ecosir-Invest Oy. 2001. Älykäs jätteiden käsittelijä: SIR-LIFT Systems. Esite, CD-rom.

Finn-ID. 2000. Viivakoodiuutiset.

Flaaming Oy. 2001. Puhtaan ympäristön puolesta. Esite ja hinnasto.

Jindal R., Harada H. & Shikura S. 1997. Solid waste management in some Asian countries. Environmental Systems Reviews, issue 42-43, s. 1-126.

Kaihovaara, R. 2001. EU suunnittelee tiukentavansa pakkausjätteen kierrätysääntöjä. Helsingin Sanomat, 20.8.2001.

Peterson, C. 1996. Railtransport of municipal waste within the United States. Waste management & Research (1996) 14, s. 319-325.

Salomaa, E. 2001. Enemmän jätteitä, enemmän hyödyntämistä. Tietoaika 2/2001, s. 15-19.

Tiehallinto. 2001. Kansallinen tie- ja katuverkkojen tietojärjestelmä suunnitteilla. Tiedote, 16.2.2001.

Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. 1998. Vähemmän jätteeksi enemmän hyödyksi. Esite valtakunnallisesta jättesuunnitelmasta vuoteen 2005. 19 s.

Verkkodokumentit:

Anon. 2000. Regional ratings [verkkolehti]. Asia Week. March 2000, vol. 26, nro 9. [viitattu 20.9.2001.] Saatavissa:

<http://www.asiaweek.com/asiaweek/magazine/2000/0310/sr.2ranking.html#indo>.

Belzer, N. 2000. BIOLOGY 154: ECOLOGY and ENVIRONMENTAL ISSUES (Resources and Solid Wastes) [verkkodokumentti]. Philadelphia: La Salle University. [viitattu 24.10.01]. Saatavissa:

<http://alpha.lasalle.edu/~belzer/%20Bio-154/154Resources&%20Waste/sld001.htm>.

Connet uutiset. Työkalut kuljetuskaluston hallintaan - avoin ja joustava liittymä tulevaisuuteen [verkkodokumentti].

Saatavissa: <http://www.connet.fi/su/uutiset/0003/%200306tyku.html>.

Euroopan Komissio, Ympäristöasioiden pääosasto. 2000. EU ja jätehuolto [verkkodokumentti]. [viitattu 20.8.2001]. Saatavissa:

http://europa.eu.int/comm/environment/eufocus/waste_management_fi.pdf.

Euroopan Unioni. 2001. Management of waste - packaging and packaging waste [verkkodokumentti]. [viitattu 20.8.2001]. Saatavissa:

<http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/s15000.htm>.

Fickes, M. 2001. Weight the World. Waste Age [verkkolehti]. Feb 1, 2002. [viitattu 19.10.2001]. Saatavissa:

<http://industryclick.com/magazinearticle.asp?magazineid=121&releaseid=4749&magazinearticleid=56618&siteid=27>.

Geesink-Norba Group. 2001. Containet transport system [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.geesink.nl>.

Hoornweg, D.& Thomas, L. 1999. What a Waste: Solid Waste Management in Asia [verkkodokumentti]. The World Bank, Urban & Local Government Working Paper Series No. 1, May 1999. [viitattu 24.9.2001]
Saatavissa: <http://www.worldbank.org/html/fpd/urban/publicat/waste.pdf>.

Oy Labko Ab. LabkoNet-järjestelmän esittely [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.labko.fi>.

Malinen, H. Jätteiden määrät ja syntypaikat [verkkodokumentti]. Internetix Campus. [viitattu 20.4.2001]. Saatavissa: <http://www.internetix.ofw.fi/opinnot/opintojaksot/6tekniikkatalous/jatehuolto/maat.htm>.

MLW. 2001. Mobile Location Workshop [verkkodokumentti]. June, Espoo. Esitelmäai-neisto saatavissa: <http://location.vtt.fi/mlw2001>.

Molok Oy. 2001. [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.molok.com>.

Nyqvist, T. 2001. Ympäristöpolitiikan tavoitteet – nykytila [verkkodokumentti]. Ympäris-töhallinto. [viitattu 10.4.2001].
Saatavissa: <http://www.vyh.fi/poltavo/ohjelma/lsu/jhnykyt.htm>.

Tilastokeskus. Kotitalouksien jätehuolto. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.4.2001]. Saata-vissa: <http://www.tilastokeskus.fi/tk/yr/ye16.html>.

Tilton, J.L. 2001. When it comes to solid waste, Transfer stations are the future. [verkkolehti]. May/June 2001, volume 1, number 3. [viitattu 24.10.2001]. Saatavissa: http://www.forester.net/mw_0105_toc.html.

Valtiotietokanta [verkkodokumentti]. [viitattu 24.9.2001].
Saatavissa: <http://www.freenet.hut.fi:8080/report/valtietokanta/>.

VTT Automaatio. Bussilaitteiden elektroninen yhteensopivuus paranee. [verkkodokumentti]. [viitattu 10.8.2001].
Saatavissa: <http://www.vtt.fi/aut/kau/projects/busplan/>.

Ympäristöministeriö. 1998. Ympäristöteknologia ja luonto ovat Itä-Suomen mahdollisuuksia. [verkkodokumentti]. [viitattu 20.9.2001]. Saatavissa: <http://www.vyh.fi/ajankoht/tiedote/ym/tied98/ym14098.htm>.

Haastattelut ja henkilökohtaiset tiedonannot:

Arbelius, Asko. 2001.

Haantaus, Raimo. 2001. Tuotantopäällikkö, Säkkiväline Oy.

Haapanen, Heikki. 2001. Kuljetusliike Heikki Haapanen Ky.

Lahtinen, Kalevi. 2001. Kuljetuspäällikkö, YTV.

Martamo, Reijo. 2001. Henkilökohtainen tiedonanto. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Pekkola, Jukka. 2001. Palvelupäällikkö, SOL Ympäristöpalvelut.

Rantala, Pentti. 2001. Toimitusjohtaja, Pirkanmaan jätehuolto Oy.

Salli, Veikko. 2001. Henkilökohtainen tiedonanto. Molok Oy.

Talvio, Juha. 2001. Käyttöpäällikkö, YTV.

Tilli, Timo. 2001. Henkilökohtainen tiedonanto. Laatupäällikkö, YTV Jätehuolto.

Varsala, Timo. 3.5.2001. Projekti-insinööri, Pirkanmaan jätehuolto Oy.

Liite 1: RT-kortti RT X51-35800: Uppo- ja UH-jätesäiliöt

RT®

Maaliskuu 2000
Voimassa huhtikuuhun 2003
Korvaa RT X51-35099

jätehuoltovälineet
jäteastiat, jätesäiliöt

RT X51-35800

RT 275-35800

1 (4)

**UPPO- JA UH-JÄTESÄILIÖT
MONIKKO- JA LOKERIKKO-JÄTEASTIASUOJAT**
Urpo Hannonen Oy

 **HANNONEN-YHTIÖT**
Urpo Hannonen Oy



Uppo-syvä- ja pintasäiliö



UH-syvä- ja pintasäiliö



Uppo-syvä- ja pintasäiliö teräsverkolla
varustettuna



Liite 2: Riskikuljetusten hallinta

