

Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden korkeakoulu
Insinööritieteiden kandidaattiohjelma

Jätehuollon seurantaindikaattorien visualisointi käyttöliittymissä

Kandidaatintyö

24.4.2016

Eero Hallikainen

Tekijä Eero Hallikainen		
Työn nimi Jätehuollon seurantaindikaattorien visualisointi käyttöliittymissä		
Koulutusohjelma Insinööritieteiden kandidaattiohjelma		
Pääaine Energia- ja ympäristötekniikka	Pääaineen koodi	3042
Vastuupettaja Petri V. Peltonen		
Työn ohjaajat Ari Serkkola, Terefe Able		
Päivämäärä 24.04.2016	Sivumäärä 20	Kieli Suomi

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin jätehuollon seurantaindikaattorien visualisointia käyttöliittymissä. Aluksi esiteltiin jätehuollon käyttäjäryhmät ja niiden kannalta oleelliset seurantaindikaattorit. Tämän jälkeen kartoitettiin tiedon tuottamisen ja analysoinnin menetelmiä. Näistä merkittävimpänä esiteltiin jäteastioiden yksilöintiin ja punnitukseen perustuvaa menetelmää, joka mahdollistaa jäteastiakohtaisen tiedonkeruun vaivattomasti. Tutkimuksessa keskityttiin jätteen tuottajille oleellisten seurantaindikaattorien, jätejakeen painon ja kustannusten visualisointiin. Visualisointia arvioitiin jätteen tuottajista yksityisten ihmisten sekä isännöintiyritysten työntekijöiden näkökulmasta, ja referenssiaineistona käytettiin kahta jätehuollon seurantapalvelinta sekä veden- ja sähkönkulutuksen seurantapalveluiden materiaalia. Referenssiaineiston perusteella seurantaindikaattorien visualisointiin sopivat hyvin pylväsdiagrammit sekä Sankeyn diagrammit.

Avainsanat jätehuolto, seuranta, indikaattorit, visualisointi, käyttöliittymä

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	1
2. Käyttäjryhmien tiedontarpeet ja indikaattorit.....	2
2.1 Jätteen tuottaja	2
2.2 Jätteen kuljettaja	3
2.3 Kunnalliset jätehuoltooyhtiöt ja tuottajayhteisöt.....	4
3. Tiedon tuottaminen ja analysointi	5
3.1 Älykäs kunnallisjätteen seuranta- ja hallintajärjestelmä	5
3.2 Paino ja kustannukset indikaattorien perusparametreina.....	5
4. Tiedon visualisointi eri käyttöliittymissä	6
4.1 Käyttöliittymät.....	6
4.2 Painoindikaattorien visualisointi	8
4.3 Jätehuollon kustannukset.....	12
4.4 Kierrätysaste ja hyödyntämisaste	14
4.5 Käyttäjryhmäkohtainen visualisointi	15
5. Johtopäätökset	17
6. Lähdeluettelo	19

Johdanto

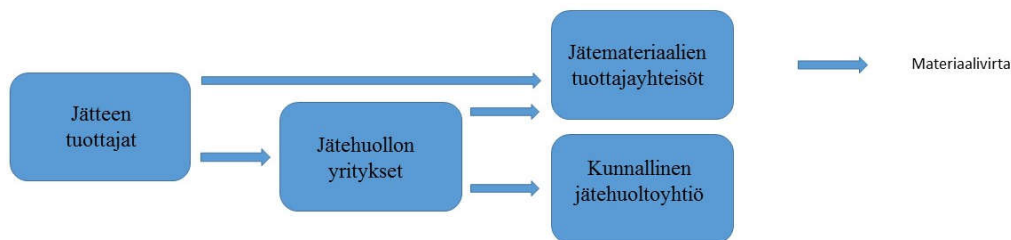
Jätehuoltoala on suuressa murroksessa. Suomessa kunnallisjätteen sijoittaminen kaatopaikalle kiellettiin vuodesta 2016 alkaen, ja jätteiden käsittely on muuttumassa loppusijoituksesta yhä vahvemmin materiaalien kierrättämiseen, uusiokäyttöön ja hyödyntämiseen energiantuotannossa (Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista 2013). EU:n asettama jätedirektiivi (2008/98/EC) vaatii Suomea kierrättämään uusiomateriaaleiksi vähintään puolet yhdyskuntajätteestä (European Environmental Agency 2013). Direktiivin toimeenpano edellyttää jätehuoltojärjestelmien kehittämistä sekä yksittäisen jätteen tuottajan että koko materiaalivirran näkökulmasta.

Tutkimuksessa käsitellään jätehuollon kehittämistä käyttäjäryhmille tarjottavien seurantapalveluiden avulla. Tutkimus keskittyy seurantaindikaattorien visualisointiin. Seurantapalvelut rakentuvat seurantaindikaattoreista, joissa kaksi merkittävintä parametria ovat jakeen paino ja kustannukset. Seurantaindikaattorit laaditaan käyttäjäryhmän intressien mukaisiksi, joten tutkimuksen alussa esitellään käyttäjäryhmien seurantaan liittyvät tietotarpeet. Seurantaindikaattoreista tutkimus keskittyy jätteen tuottajan kannalta oleellisiin seurantaindikaattoreihin, kuten kiinteistön jätejakeiden painoihin sekä niiden keräyksestä, kuljetuksesta ja käsittelystä syntyviin kustannuksiin.

Tutkimuksessani ilmeni, että jätejakeiden seurannasta on vähän tutkimustietoa tarjolla, joten otin referenssiaineistoiksi veden- ja sähkönkulutukseen markkinoilla olevia palveluita. Lisäksi sain materiaalia kahdesta jätejakeiden seurantaan tarkoitetusta palvelusta, jotka ei tosin ole vielä julkisessa käytössä. Vertailemalla seurantapalveluita, arvioin seurantaindikaattorien visualisointikeinoja ottamalla huomioon käytettävyyden sekä mobiililaitteella että tietokoneella.

1. Käyttäjärühmien tiedontarpeet ja indikaattorit

Suomessa jätteiden lajittelu ja käsittely koostuvat neljän osapuolen toimista. Ensimmäinen osapuoli on jätteen tuottaja, joka lajittelee tuottamansa jätteet kiinteistöllä sijaitseviin jäteastioihin, ja toimittaa sinne sopimattomat jätteet kunnallisen jätehuoltoyrityksen tai tuottajayhteisöjen organisoimiin vastaanottopisteisiin. Toinen osapuoli on jätehuollon yritykset, jotka toteuttavat kiinteistöjen jäteastioiden tyhjennyksen sekä jätteiden kuljetuksen. Kolmas osapuoli on tuottajayhteisöt, joiden vastuulla on järjestää tuottajavastuun piirissä oleville tuotteille keräys- ja vastaanottopisteet, sekä joidenkin tuoteryhmien kohdalla myös kuljetukset. Neljäs osapuoli on kunnallinen jätehuoltoyritys, joka toteuttaa jätehuoltoyritysten tarjouskilpailun, sekä laatii sopimukset jätehuoltoyritysten kanssa. Kunnallisen jätehuoltoyrityksen vastuulla on seurata jätehuollon prosesseja, ja varmistaa, että jätehuolto toimii kansallisten ja seudullisten määräysten mukaisesti. (Serkkola et al. 2016, s. 2-3.)



Kaavio 1: Jätehuollon käyttäjärühmät. Kunta huolehtii joissain tapauksissa tuottajavastuun piirissä olevien materiaalien kuljetuksen asuinkiinteistöjen ja vapaa-ajan kiinteistöjen jättepisteistä vastaanottopisteisiin (Jätelaki 646/2011).

Jätehuollon seurannassa lähdetään käyttäjärühmien tarpeista, jotka voivat olla joko seuranta- tai suunnittelutarpeita tai molempia. Käyttäjärühmille suunnitellut seuranta-indikaattorit koostuvat perusindikaattoreista ja laajennetuista indikaattoreista. Perusindikaattorit pohjautuvat perusparametreihin, joita ovat paino ja kustannukset. Perusindikaattoreista saadaan laajennettuja indikaattoreita kun niihin yhdistetään perusparametrien ulkopuolisia parametreja, tai ne asetetaan spatiaalisesti tai temporaalisesti käyttäjärühmän kannalta oleellisiin kehyksiin. Laajennettuja indikaattoreita ovat esimerkiksi kierrätys-suhde tai jätehuollon ilmastovaikutukset. (Serkkola et al. 2016 s. 12-14.)

1.1 Jätteen tuottaja

Jätteen tuottajia ovat yksittäiset asukkaat, taloyhtiöt sekä yritykset, jotka tuottavat jätettä, ja maksavat jätehuoltoyritykselle jätteidensä kuljetuksesta ja käsittelystä (Serkkola et al. 2016, s. 2-3). Kunnan on jätelain (646/2011) mukaan järjestettävä kiinteistöittäinen jätteenkuljetus joko kilpailuttamalla itse jätteidenkuljetus tai varmistamalla, että kiinteistöjen asukkailla, kunnan alueella tai sen osassa, on mahdollisuus kilpailuttaa jätteenkuljetus itse. Jätteen tuottaja ja kuljetusyritys tekee jätteiden kuljetuksesta sopimuksen, joka voi perustua tyhjennyskertoihin, painoon tai kumpaankin. Sekä painoperusteinen että tyhjennyskertoihin ja painoon perustuva sopimusmalli on yleistynyt jäteautoista löytyvän jätteastiavaan yleistymisen myötä. Painoperusteisessa laskutuksessa on hyötyjen lisäksi myös haittapuolia, kuten suuremmat kustannukset sekä jätteiden päätyminen muualle kuin niille tarkoitettuihin astioihin. (Dahlén, Lagerkvist 2010 s. 23-24; Kunnat.net 2012.)

Tutkimuksen mukaan (Serkkola et al. 2016, s. 12-13) jätteen tuottajalle tärkeimmät indikaattorit ovat perusindikaattorit eli kiinteistökohtaiset jätelajien paino- ja kustannustiedot, joista kustannukset on eritelty kuljetus- ja käsittelykustannuksiin sekä jäteastian vuokrakustannuksiin. Perusindikaattorien lisäksi jätteen tuottajille on mahdollista tarjota laajennetuista indikaattoreista ainakin jaakohtainen kierrätysasteen seuranta. Kustannusten seuranta on oleellista erityisesti painoon perustuvassa laskutuksessa, koska pelkästään tyhjennyskertoihin perustuvassa laskutuksessa asiakkaan vuotuiset kustannukset ovat kiinteät. (Dahlén, Lagerkvist 2010 s. 23-25; Serkkola et al. 2016, s. 12-13.)

Perusindikaattoreilla sekä kierrätysasteen seurantaindikaattorilla taloyhtiöille tai yksittäiselle asukkaalle voidaan tarjota tietoa taloyhtiön jätemääristä, kustannuksista sekä kierrätysasteista esimerkiksi viikon, kuukauden tai vuoden aikakehyksellä. Viikoittainen raportti kertoo yksittäisistä piikeistä tai notkoista normaalissa keruussa esimerkiksi lomien, pyhien ja suosittujen muuttopäivien tapauksissa. Tämän informaation avulla taloyhtiön isännöitsijä pystyy ennustamaan jätepiikkejä ja ehkäisemään niiden vaikutuksia jätehuoltoon. Kuukausittaiset ja vuotuiset raportit kertovat myös kausivaihteluista, mutta suuremmalla skaalalla. (Serkkola et al. 2016, s.16-18.)

Yksittäisen jätteen tuottajan tasolla seurantaohjelmiston pääasiallinen tarkoitus on tuottaa seurantatietoa, joka motivoi jätteen tuottajaa kierrättämään ja vähentämään tuottamansa jätteen määrää (Serkkola et al. 2016, s. 16-18). Olisi johdonmukaista tiedottaa jätteen tuottajia myös jätteen käsittelyn sekä kuljetuksen ilmastovaikutuksista, jotta jätteen tuottaja saa käsityksen myös tuottamansa jätteen vaikutuksista ilmastoon.

1.2 Jätteen kuljettaja

Jätteen kuljettaja on jätehuollon yritys, jolle kunnallinen jätehuolto-yritys, tuottajayhteisö tai yksittäinen jätteen tuottaja on ulkoistanut jätteiden kuljetuksen jäteastioista jätteenkäsittelylaitoksille. (Serkkola et al. 2016, s. 2-3; Kunnat.net 2012.)

Yrityksen edun mukaista on toteuttaa jätteen keräys mahdollisimman tehokkaasti. Yleisimmät jätteenkeräyksen tehokkuuden ongelmat liittyvät informaation ja seurannan puutteeseen. Seurantajärjestelmän, kuten esimerkiksi RFID-tunnistukseen ja jäteastian punnitukseen perustuvan järjestelmän, avulla kuljetusyritys pystyy seuraamaan reaaliaikaisesti jäteautojen toimintaa sekä suunnittelemaan jatkuvasti uusia optimoidumpia reitityksiä. Tämän järjestelmän parametreja ovat jätelajien paino- ja paikkatiedot, joiden avulla järjestelmä ennustaa jäteastioiden yksilöllistä täyttymistä. Tarkempi kuvaus järjestelmän toiminnasta on esitetty tämän tutkimuksen kappaleessa 3.1. Jäteauton keräystietojen puutteen lisäksi ongelmaksi koituu usein, ettei jäteyhtiöillä ole mahdollisuutta reagoida nopeasti yllättäviin autoteknisiin ongelmiin tai asiakkaiden valituksiin tyhjentämättömistä jätteistä. (Hannan, Arebey et al. 2010 s. 5314-5315, Hannan, Arebey et al. 2011 s. 1-2.)

Tyhjennyskertoihin perustuvassa laskutuksessa jätekuljetusyritykselle on kannattavinta tyhjentää jäteastiat mahdollisimman tyhjinä, joten tässä laskutusmallissa keräysvälien optimointi ei ole kuljetusyrityksen edun mukaista. Suomessa tyhjennyskertoihin perustuva laskutusmalli on edelleen yleisin, mutta jäteastiavaakojen yleistyessä on odotettavissa, että siirrytään kohti painoperusteista laskutusmallia. Siinä jätekuljetusyritykselle on kannattavinta tyhjentää jäteastiat mahdollisimman täysin, koska jätteen tuottajan maksama korvaus jäteastian tyhjentämisestä riippuu astian painosta (Dahlén, Lagerkvist 2010 s. 22-

25). Olennaisia indikaattoreita jätteenkuljetusyritykselle ovat jätteiden tuottajien eli asiakkaiden maksamat tyhjennysmaksut, yrityksen toiminnan kustannukset sekä jäteastioiden tyhjennyspainot. Kuntien jätehuoltomääräykset sisältävät paikallisia velvoitteita esimerkiksi jätteiden kuljetukseen ja kuljetuksen päästöihin (Perälä 2012 s. 15). Tästä syystä jätteenkeräyksestä aiheutuvat päästöt ovat kuljetusyritykselle tärkeä indikaattori.

Jätteenkuljetusyritys tarvitsee edellä mainittua tietoa toiminnanohjaukseen ja –seurantaan, sekä myös tulevaisuudessa tehtävien muutosten suunnitteluun. (Serkkola et al. 2016 s. 6-8.)

1.3 Kunnalliset jätehuoltoyhtiöt ja tuottajayhteisöt

Kunnilla on velvollisuus järjestää asumisessa syntyneen jätteen kerääminen ja käsittely kansallisten ja alueellisten jätemääräysten mukaisesti. Monissa kunnissa lain määrittelemä jätehuoltovastuu on siirretty kunnalliselle jätehuoltoyhtiölle tai useamman kunnan jätehuollosta vastaavalle kuntayhtymälle, jota tutkimuksessani käsittelen kunnallisena jätehuoltoyhtiönä. Useimmiten kunnallinen jätehuoltoyhtiö ulkoistaa vähintään osan jätehuollon operatiivisista tehtävistä jätehuollon yrityksille. (Ymparisto.fi 2013.)

Tuottajayhteisöt koostuvat tuottajavastuun piiriin kuuluvien tuoteryhmien tuotteiden valmistajista ja maahantuojista. Tuottajayhteisöt järjestävät tuoteryhmällensä jätehuollon Jätelain (646/2011) säätämällä tavalla. Käytännössä tämä tarkoittaa tuotteen jakelijan vastaanottovelvollisuutta tai erillistä jätelistä esimerkiksi tuottajayhteisön suurimman osakkaan toimitilan yhteydessä. Kunta voi järjestää tuottajavastuun piirissä olevien kiinteistökohtaisten jätteiden kuljetuksen tuottajayhteisön vastaanottopisteeseen. Tässä ja tuottajayhteisöjen omissa logistiikkaketjuissa jäteastiakohtaisesta seurannasta voisi olla merkittävää hyötyä tuottajayhteisölle. (Ymparisto.fi 2016; Finlex 2011.)

Kunnallisille jätehuoltoyhtiöille jäteastiakohtainen seuranta tuo apua päätöksentekoon useilla eri tasoilla yksittäisestä jäteastiasta koko toiminta-alueeseen. Esimerkiksi aluekeräyspisteiden sijoittaminen, ja niiden koon määrittäminen on kunnallisen jätehuoltoyhtiön vastuulla, ja siinä alueellisista jätemäärätiedoista on hyötyä (Ympäristö.fi 2013). Jäte- ja materiaalivirtatietojen ohella elinkaariarviointi on myös tärkeä apuväline kunnalliselle jätehuoltoyhtiölle. Suomessa HSY on käyttänyt hyväksi elinkaariarviointia esimerkiksi biojätteen käsittelyvaihtoehtojen kartoittamiseen (Perälä 2012, s. 21-22). Keskityn tutkimuksessani kuitenkin vain paino- ja kustannusindikaattoreihin sekä kierrätys-suhteen indikaattoreihin.

Kunnalliset jätehuoltoyhtiöt ovat toiminnastaan vastuussa alueellisille jätehuoltoviranomaisille. Esimerkiksi jätehuollosta syntyvien päästöjen seuranta ja raportointi on kunnallisen jätehuoltoyhtiön vastuulla (Serkkola et al. 2016 s. 2-3). EU:n jätedirektiivi (2008/98/EC) vaatii Suomea kierrättämään uusiomateriaaleiksi vähintään puolet yhdyskuntajätteestä vuoteen 2016 mennessä (European Environmental Agency 2013). HSY:n ilmastoraportin mukaan (HSY 2015) EU:n tavoite on nostaa kierrätysaste 70 prosenttiyksikköön vuoteen 2030 mennessä. Kunnallisten jätehuoltoyhtiöiden on seurattava kunnallisjätteen kierrätysastetta alueellisesti ja valtakunnallisesti, sekä tehtävä tarvittavia jätehuollollisia toimenpiteitä kierrätysasteen nostamiseksi, jotta nämä tavoitteet toteutuvat.

2. Tiedon tuottaminen ja analysointi

2.1 Älykäs kunnallijätteen seuranta- ja hallintajärjestelmä

Jätehuollon seurantajärjestelmän painoon perustuva data kerätään astioiden tyhjennyksen yhteydessä. Jäteastiakohtaiseen seurantaan on olemassa kuitenkin erilaisia menetelmiä. Suomalainen jätehuollon yritys Enevo on kehittänyt laitteen jäteastian täyttyvyyden jatkuvaan seurantaan (Enevo 2016). Järjestelmä on käytössä muun muassa HSY:n kartonginkeräysastioissa, mutta se on liian kallis järjestelmä kiinteistökohtaisiin jäteastioihin asennettavaksi. Toinen menetelmä on jäteastioiden yksilöimiseen ja tyhjennyksen yhteydessä tapahtuvaan punnitukseen perustuva menetelmä. Yksilöinti toteutetaan jäteastioihin kiinnitettävän RFID (Radio Frequency Identification)-tunnisteen avulla, jonka jäteautoon kiinnitetty RFID-lukija tunnistaa astiaa tyhjentäessään. Tyhjennyksessä jäteauto punnitsee yksilöidyn jäteastian, ja punnitustiedot menevät jäteauton GPS-lähettimellä varustetulle tietokoneelle tai ajo-ohjausjärjestelmään, joka vastaanottaa datan. Tämän jälkeen jäteauton tietokone lähettää tiedot järjestelmän pääpalvelimelle. Palvelimella punnitusdata yhdistetään muuhun viitedataan käyttäjäryhmien intressien mukaisesti. (Hannan, Arebey et al. 2010, s. 5313-5315; Hannan, Arebey et al. 2011, s. 1-3; HSY 2014.)

Yksilöityjen jäteastioiden punnitsemiseen perustuva järjestelmä mahdollistaa painoon perustuvan datankeruun helposti ja kustannustehokkaasti, sekä ilman kuljetusyrityksen työntekijöille koituvaa lisävaivaa. Järjestelmä toimii GPS-lähettimen ansiosta myös jäteautojen reaaliaikaisena seurantajärjestelmänä. Erityisesti kehittyvissä nopeasti kasvavissa maissa jätehuollon tehokkuudessa piilee vakavia ongelmia, ja useissa tapauksissa tehotomuutta esiintyy erityisesti jätteiden keruussa. Järjestelmän avulla tyhjennyksistä vastaava jätehuollon yritys saa reaaliaikaista tietoa tyhjennysautojen liikkeistä ja tyhjenneistä ja tyhjentämättömistä jäteastioista. (Hannan, Arebey et al. 2010, s. 5313-5315, Hannan, Arebey et al. 2011, s. 1-3.)

2.2 Paino ja kustannukset indikaattorien perusparametreina

Jätehuollon seurantaindikaattorien perusparametreja ovat paino ja kustannukset. Näillä parametreilla pystytään laatimaan käyttäjäryhmille perusindikaattorit alueellisista materiaalivirroista sekä kustannuksista. Laajennetut indikaattorit saadaan yhdistelemällä perusparametreja muuhun viitedataan, kuten asukasmääriin, kiinteistötyyppeihin, alueisiin, välimatkoihin tai paikkatietoihin. (Serkkola et al. 2016, s. 12-15.)

Tutkimus osoitti (Serkkola et al. 2016, s.12-15) käyttäjäryhmien kannalta tärkeimmiksi seurantaindikaattoreiksi jakeiden painon tonneina kiinteistöä kohden, jakeiden painoprosentit kiinteistöä kohden sekä jätteiden kustannukset kiinteistöä kohden. Seurantaindikaattorit ovat oleellisia erityisesti yksittäisille jätteen tuottajille sekä isännöintiyrityksille. Suunnittelun kannalta oleellista tietoa tarvitsevat jätehuoltoyritykset sekä isännöintiyritykset, ja heille tärkeimmiksi indikaattoreiksi tutkimus osoitti optimoidun jaekohtaisen säiliön tilavuuden, optimaalisen tyhjennysvälin suhteessa astian tilavuuteen sekä optimaalisen jaekohtaisen tyhjennysvälin. Yhdistämällä indikaattorit ja asettamalla ne ajallisesti ja spatiaalisesti erilaisiin kehyksiin, saatiin lista isännöintiyrityksen ja jätehuoltoyrityksen kannalta oleellisia indikaattoreita.

3. Tiedon visualisointi eri käyttöliittymissä

Yleinen tavoite jätehuollon seurannassa on parantaa seurantamahdollisuutta niin, että jätteen syntyvyyttä voisi seurata samaan tapaan kuin sähkön- tai vedenkulutusta. Rajaam tutkimukseni jätteen tuottajiin ja niille oleellisten seurantaindikaattorien visualisointiin. Jätteen tuottajista olennaiset ihmisryhmät ovat yksittäiset asukkaat ja isännöintiyritykset. Asukkaille voisi tarjota seurantapalvelua, josta he pystyvät seuraamaan kiinteistössään tuotettua jätettä ja sen käsittelykustannuksia. Seurantapalvelun myötä taloyhtiö voi asettaa seurantapalvelussa kierrätystavoitteita, jotka kannustavat asukkaita kierrättämään. Asukkaiden kannustimina ovat sekä taloudelliset säästöt jätehuollon kustannuksissa sekä ympäristövaikutukset. Isännöintiyritysten seurantapalvelussa mobiiliohjelmiston merkitys korostuu, koska työ on liikkuva ja yrityksen vastuulla on usean kiinteistön jätehuolto. Yrityksen työntekijä voi tarkistaa yksittäisen kiinteistön jätehuollon tyhjennystilanteen esimerkiksi asiakasvalituksen yhteydessä. (Serkkola et al. 2016.)

Indikaattorit tulee visualisoida mahdollisimman havainnollisella tavalla, esimerkiksi diagrammeilla tai kuvaajilla. Serkkolan tutkimus osoitti (Serkkola et al. 2016), että tärkeimmät seurantaindikaattorit voidaan jakaa kolmeen ryhmään; painoindikaattorit, kustannusindikaattorit sekä kierrätysuhdeindikaattorit. Olen saanut tutkimustani varten käsiini aineistoa Serkkolan tutkimusryhmän laatimasta jätehuollon seurantapalvelimesta (Säilä, Serkkola 2013/2015) sekä Tietomitta-yrityksen laatimasta seurantaohjelmistosta. Kumpikin aineisto sisältää kuvaajia, joissa on visualisoitu kolmea pääindikaattoria. Keskityn työssäni näiden indikaattorien visualisoinnin arvioimiseen käyttäen referenssiaineistona Fortumin ja tanskalaisen Kamstrupin energian- ja vedenkulutuksen seurantaan tarkoitettuja palveluita.

Jätehuollon seurantaohjelmiston visualisoinnin suunnittelussa tulee ottaa huomioon ohjelmistoa käyttävän laitteen ominaisuudet sekä ohjelmistoa käyttävä käyttäjäryhmä. Mobiililaitteiden aikakaudella on oleellista miettiä, miten tärkein tietosisältö esitetään tietokoneen ja matkapuhelimen näytöllä. Selkeyden vuoksi jaan tutkimuksessani laitteet tietokoneisiin ja mobiililaitteisiin. Mobiililaitteet sisältävät matkapuhelinten lisäksi tabletit ja muut kosketusnäytöllä ohjattavat laitteet.

3.1 Käyttöliittymät

Älypuhelinten ja tablettien myötä ovat yleistyneet mobiililaitteille suunnatut mobiilisovellukset, jotka useissa tapauksissa hyödyntävät mobiililaitteen ominaisuuksia, kuten kosketusnäyttöä tai paikannusta. Mobiilisovelluksen hyötyjä selainpohjaiseen palveluun verrattuna ovat helppo ja nopea pääsy palveluun sekä offline-käytön mahdollisuus (Salz, Moranz 2013). Yleisimpien älypuhelinten ja tablettien käyttöliittymä perustuu 5-10-tuumaiseen kosketusnäyttöön, jota ohjataan sormilla tai kosketusnäyttöön soveltuvalla kynällä (iOSRes 2016.)

Mobiililaitteen ja perinteisen tietokoneen käyttöliittymät eroavat ratkaisevasti toisistaan, joten jätehuollon seurantajärjestelmän tulee olla suunniteltu erikseen mobiililaitteille ja tietokoneelle. Mobiilisovelluksessa yhtä aikaa esitettävä tietomäärä on käytettävyyden kannalta järkevää rajata tietokoneen sovellusta pienemmäksi, koska mobiililaitteen näkymä on lähtökohtaisesti tietokoneen näkymää pienempi. Tällöin yksittäisen indikaatto-

rin tarkistaminen ohjelmistosta käy käyttäjältä helposti. Tietokoneen järjestelmässä käyttäjä pystyy suuremman näkymän ansiosta toteuttamaan tarkempaa tarkastelua jätehuollon indikaattorien välillä, kuten esimerkiksi kuvan 1 tyyppisen yhteenvedoikkunan avulla. Tarkempaa tarkastelua voi tehdä myös tallentamalla tietokonesovelluksen tietoa tiedonkäsittelyohjelmien käyttämässä tiedostoformaattissa, kuten Tietomitan palvelussa (kuva 2). Tällöin sovellukseen ei ole tarpeen liittää tiedonkäsittelyominaisuuksia, jotka vievät laitteen suorituskykyä.



Kuva 1: Tietomitan seurantajärjestelmän yhteenvedonäkymä. Todellisuudessa kaikki kolme kuvaajaa ovat ohjelmistossa rinnakkain. (Tietomitta)

Tietomitan tekstiraportointi on suunniteltu hierarkiseksi siten, että yleisemmistä raportointitiedoista pääsee asialuokkia avaamalla yksityiskohtaisempaan tietoon. Alla on kuva yksityiskohtaisesta tuottajakohtaisesta tiedosta (Kuva 2).

Nimi	Määrä	Kuljetus (alv24%)	Käsittely (alv24%)	Muu (alv24%)	Tyhjennysväli	Tyhjennysväli II	Tyhj.päiv	Seur.tyhj.	Kimppa	EWK	Käsittely- menetelmä
Vie csv-tiedostoon											
MATIKAINEN-KALLSTRÖM MARJO, SAARENLAHDENTIE 2, 40950 MUURAME											
POLTETTAVA JÄTE ASTIA 240L TYHJ	1.0	20,68								200301	
TIETOTURVAMUOVI 240L TYHJENNY	6.0		1653,33							200139	
TIETOTURVAPAPERI 140L TYHJENNY	1.0	70,67			01-53: Joka 8. viikk					200101	
TIETOTURVAPAPERI 140L TYHJENNY	1.0	70,67			01-53: Joka 8. viikk					200101	
TIETOTURVAPAPERI 240L TYHJENNY	15.0		573,15							200101	
TOIMISTOPAPERI ASTIA 240L TYHJ.	6.0									200101	
MIETO JUHA, OKSALANMÄENTIE 96, 40950 MUURAME											
TIETOTURVA ASTIA 140L VUOKRA KK	1.0			4,95							
TIETOTURVAPAPERI 140L TYHJENNY	1.0	70,67								200101	
MUSTAJARVI MARKUS, NOTKOTIE 1, 40950 MUURAME											
ENERGIAJAE ASTIA 240L POISHAKU	5.0		85,73							200301	
KERÄYSPAPERI ASTIA 240L POISHAKU	5.0									200101	
POLTETTAVA JÄTE ASTIA 660L POISH	1.0	48,26								200301	
SEKAJÄTE LAVAN TYHJ.	1.0	94,73	171,46							200301	
TIETOTURVA ASTIA 240L VUOKRA KK	15.0			4,83							
TIETOTURVAPAPERI 240L TYHJENNY	2.0	82,73								200101	
TIETOTURVAPAPERI 240L TYHJENNY	3.0	82,73								200101	
TIETOTURVAPAPERI 240L TYHJENNY	15.0		416,39							200101	
TIETOTURVAPAPERI 240L TYHJENNY	20.0		416,39							200101	
MÄKELÄ OUTI, HOLLIHAANTIE 12, 40950 MUURAME											
TIETOTURVA ASTIA 240L VUOKRA KK	1.0			5,21							
TIETOTURVAPAPERI 240L TYHJENNY	1.0	89,35								200101	
NAUCLER ELISABETH, RITARINTIE 12, 40930 KINKOMAA											
ENERGIAJAE IRTOJÄTE M3	1.0	64,16								200301	

Kuva 2: Yksityiskohtaista tietoa jätehuoltosopimuksista. Taulukko on mahdollista tallentaa CSV-muodossa, mikä mahdollistaa tietojen käsittelyn CSV-yhteensopivilla ohjelmistoilla. Taulukon luvut ovat keksittyjä. (Tietomitta)

Jätehuollon seurantapalvelussa käyttäjien helppo ja nopea pääsy palveluun on merkittävä etu, koska palvelu on suunnattu yksityisten jätteen tuottajien lisäksi myös isännöintiyrityksen työntekijöille. Jätteen tuottajille on aiheellista tarjota erillinen mobiilisovellus, jonka avulla yksityiset jätteen tuottajat voivat seurata oman kiinteistönsä jätehuoltoa sekä jätteiden jakautumista, kuitenkin ilman tiedonkäsittelyominaisuuksia tai useampia kuvia sisältävää yhteenvetoikkunaa.

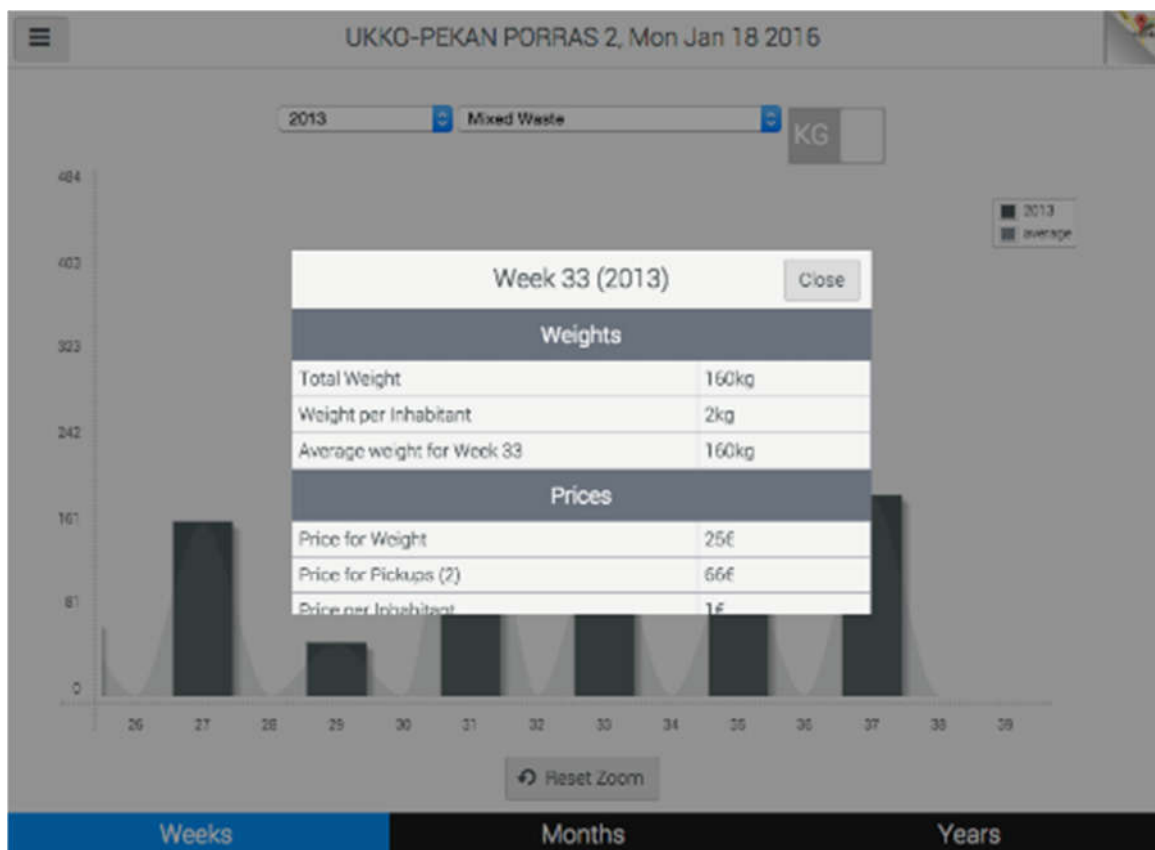
3.2 Painoindikaattorien visualisointi

Jätehuollon seurannassa paino on tärkeä perusparametri, jota analysoimalla käyttäjäryhmät saavat oleellista tietoa niin seurannan kuin suunnittelun kannalta (Serkkola et al. 2016). Paino on numeraalinen arvo, joka voidaan asettaa erilaisiin spatiaalisiin ja tempo-raalisiin kehyksiin käyttäjäryhmän intressien mukaisesti. Serkkolan tutkimusryhmän kierrätyspalvelimella (Säilä, Serkkola 2013) on käytetty jakeiden painon kuvaamiseen pylväsdiagrammia, joka kuvaa yhden jakeen painoa sekä himmeällä käyrällä jakeen keskimääräisestä historiapainoa, vasemmalla kuukauden aikavälillä ja oikealla vuoden aikavälillä.



Kuvat 3 ja 4: Jakeiden painojen seurantaohjelmisto, joissa aikayksikkönä kuukausi ja vuosi. (Säilä, Serkkola 2013)

Klikkaamalla kuvaajan pylvästä, avautuu näkymään useampia paino- ja kustannusperusteisia indikaattoreita sisältävä ikkuna. Kuvan 5 tietokunasta käy esimerkiksi ilmi viikon 33 jakeen kokonaispaino, jakeen paino asukasta kohden sekä keskimääräinen paino viikolle 33.



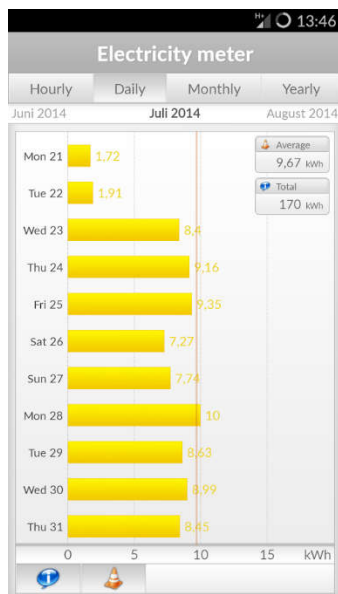
Kuva 5: Paino- ja kustannusindikaattorit. Hinnat eivät näy kunnolla ohjelmistovirheen takia. (Säilä, Serkkola 2013)

Tietomitta on toteuttanut jakeiden painonseurannan niin, että kaikki jakeet näkyvät samassa näkymässä eri väreillä. Kuvan 6 diagrammi on vaakatasossa ja sen oikealla puolella näkyvät jakeiden värikoodit. Vaaka-akselilla näkyy paino, ja pystysuuntainen akseli kuvaa aikaa.



Kuva 6: Jakeiden massat Tietomitan seurantaohjelmistossa. (Tietomitta)

Serkkolan seurantaohjelmistossa on mahdollista seurata yhden jakeen määrän kehitystä, kun taas Tietomitan ohjelmistossa on mahdollista saada kaikkien jakeiden määrät samaan diagrammiin. Yhdistetty jakeiden määrien seuranta mahdollistaa jakeiden kokonaismäärän seurannan sekä jakeiden määrien suhteuttamisen toisiinsa, mutta yksittäisen jakeen kohdalla kuvaaja on epätarkka. Y-akselista etäällä olevien jakeiden todellisia määriä on vaikea arvioida esimerkiksi tietoturvajätteen kohdalla.

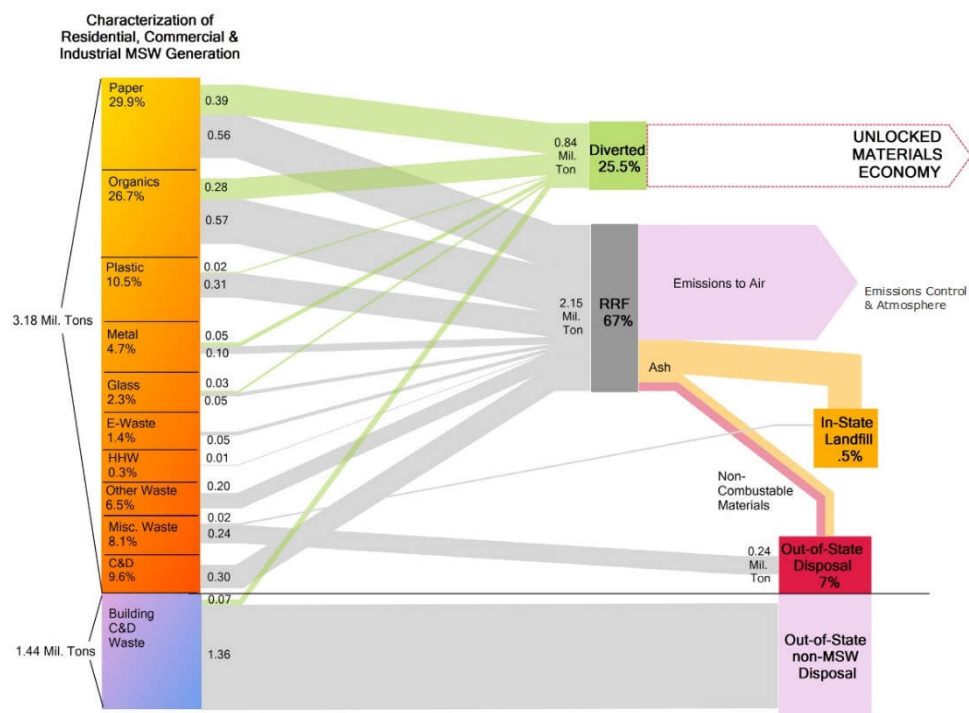


Kuvat 7 ja 8: Kamstrupin ohjelma sähkönkulutuksen seurantaan eri mobiilikäyttöjärjestelmissä. (Google Play)

Kuvissa 7 ja 8 on Kamstrupin sähköseurannan ohjelmisto kahdessa eri mobiilikäyttöjärjestelmässä. Visualisointi on selkeä ja informatiivinen. Oikealla sijaitsevassa kuvakaappauksessa diagrammi kuvaa kuukausittaista sähkönkulutusta kolmelta vuodelta, ja siinä esitystapa on selkeä suuresta tietomäärästä huolimatta. Samaa esitystapaa olisi mahdollista käyttää myös jakeiden painoja tai kustannuksia verratessa, kun halutaan verrata esimerkiksi kolmen jakeen määriä tietyssä ajankohtana tai vastaavasti yhden jakeen määriä kolmena eri ajankohtana.

Massavirtojen seurantaan sopii pylväsdiagrammin lisäksi myös esimerkiksi Sankeyn diagrammi. Pylväsdiagrammien kuvatessa yksittäisiä indikaattoreita tietyillä ajanhetkillä, Sankeyn diagrammi kuvaa indikaattoreiden välisiä kytköksiä koko kierrätysprosessissa. Sen avulla pystyy esittämään havainnollisesti kierrätysprosessien massavirtoja, esimerkiksi kuinka suuri osa jätteistä päättyy palamiskaasun mukana ilmakehään, kuinka suuri osa käytetään tuhkana rakentamisessa tai kuinka paljon jätteidenpoltto tuottaa kasvihuonekaasuja. Sillä pystytään myös kuvaamaan kierrätysprosessin tuottamia raakamateriaalivirtoja sekä jätteiden ympäristölle haitallisten aineiden massavirtoja. (Schmidt 2008 s. 173-177.)

Jätehuollon seurantaohjelmistossa Sankeyn diagrammilla voidaan kuvata pylväsdiagrammien tapaan jakeiden määriä sekä hyödynnettävyyttä. Kuvan 9 diagrammi kuvaa jakeiden määriä, hyödynnettävyyttä sekä jätteenkäsittelyn prosesseja. Diagrammista saa Tietomitan pylväsdiagrammin tapaan käsityksen jakeiden määrien suhteesta toisiinsa, mutta näkymä on yksinkertaisempi hahmottaa.

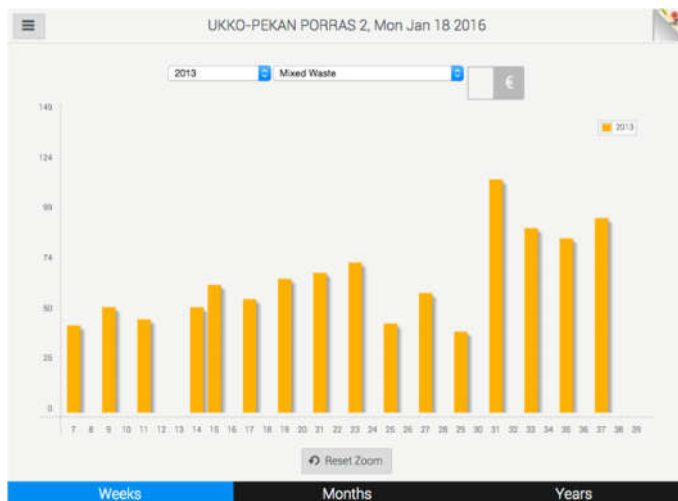


Kuva 9: Materiaalien massavirrat Sankeyn diagrammissa. (Sankey Diagrams)

3.3 Jätehuollon kustannukset

Tutkimuksen mukaan (Serkkola et al. 2016) kustannukset ovat toinen tärkeä perusparametri jätehuollon seurantaindikaattoreissa. Tyhjennyskertoihin ja jäteastian painoon perustuvassa laskutusmallissa jätehuollon kustannukset perustuvat jätelaitosten hinnoitteluun, jolla jätelaitos velottaa taloyhtiötä. hyödynnettävien ja hyödyntämättömien jakeiden massoista. Yksittäisen jätteen tuottajan näkökulmasta on kiinnostavaa ja hyödyllistä tietää, kuinka paljon kustakin jakeesta syntyy kustannuksia. Taloyhtiön kierrätystavoitteita voi olla helpompi perustella asukkaille taloudellisilla säästöillä kuin esimerkiksi ympäristövaikutuksilla. Visualisoinnista tulee käydä ilmi selkeästi lajittelun taloudellinen kannattavuus.

Kuvan 10 pylväsdiagrammi on Serkkolan tutkimusryhmän palvelimesta (Säilä, Serkkola 2013), jossa kustannukset esitetään massan tavoin pylväsdiagrammina omavalintaisella aikavälillä, joka valitaan alavalikosta. Klikatessa yhtä pylvästä, ohjelma avaa kuvan tapauksessa kuvan 5 tietokkunan, josta näkee hinnan erikseen jätteelle ja noudolle, sekä asukaskohtaisen hinnan.

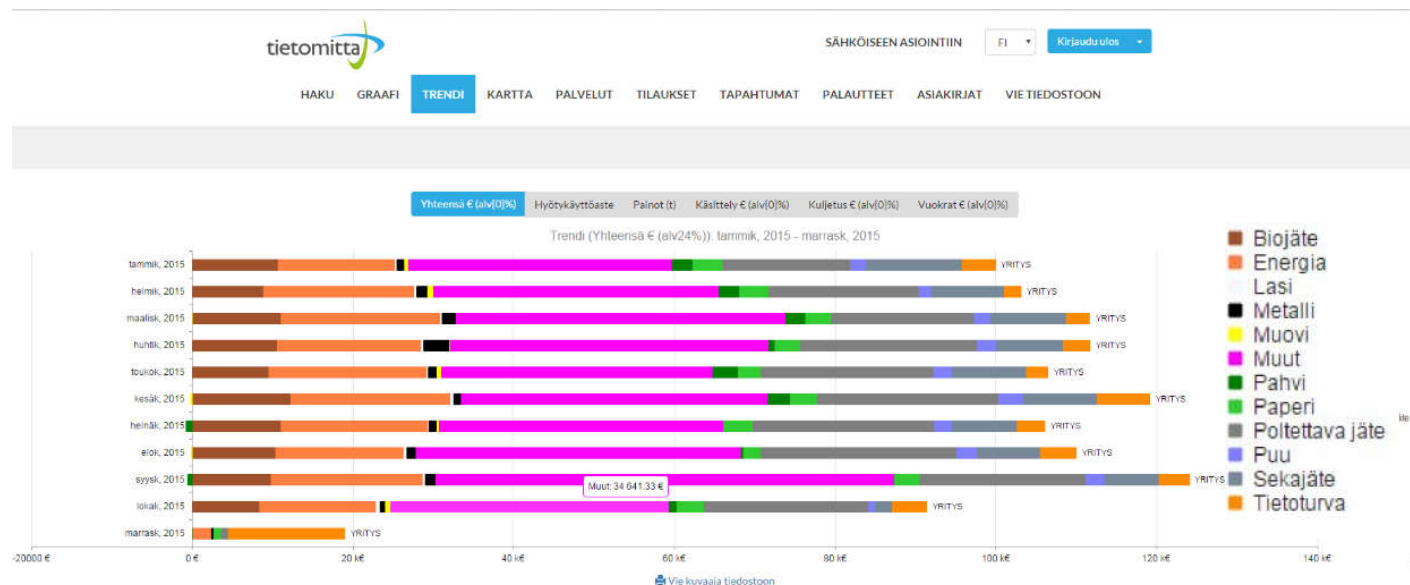


Kuva 10: Kustannusindikaattorin visualisointi palvelimessa. (Säilä, Serkkola 2013)

Seurantapalvelimen hintaseurannan näkymä ei vaadi suurta näyttöä, jotta olennaiset käyttäjä pystyy erottamaan olennaiset yksityiskohdat, joten sen visualisointitapa sopii myös mobiililaitteelle. Toisaalta kustannusten vertailu eri jakeiden välillä rajoittuu samaan tapaan kuin jakeiden massojen seurannassa; kaikkien jakeiden kustannuksia ei saa samaan aikaan näkyviin.



Kuva 11: Käsittelykustannusten seuranta Tietomitan palvelussa. (Tietomitta)

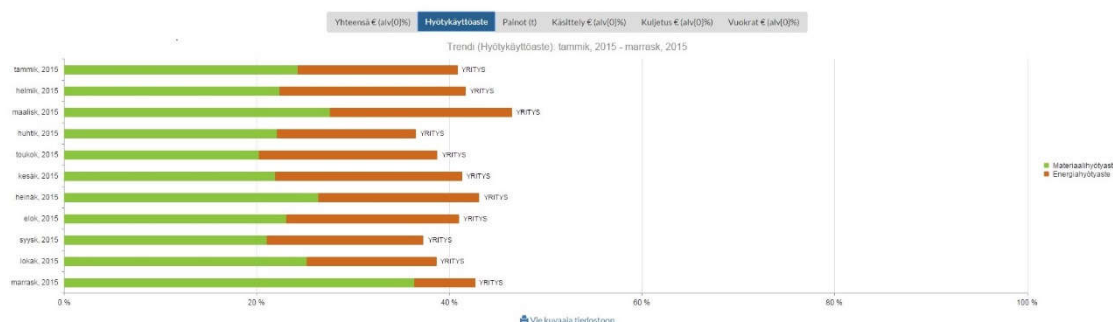


Kuva 12: Yhdistettyjen kustannusten seuranta Tietomitan palvelussa. (Tietomitta)

Myös jätehuollon kustannusten esittäminen Sankeyn diagrammissa on havainnollinen tapa kuvata eri jakeista syntyviä kustannuksia ja lajittelusta saavutettavaa taloudellista hyötyä. Jätteen tuottajan kustannukset koostuvat jätteen kuljetuksesta, -käsittelystä ja astiavuokrasta. Sankeyn diagrammilla pystyy kuvaamaan selkeästi, kuinka suuri osa kustannuksista kuluu mihinkin osuuteen.

3.4 Kierrätysaste ja hyödyntämisaste

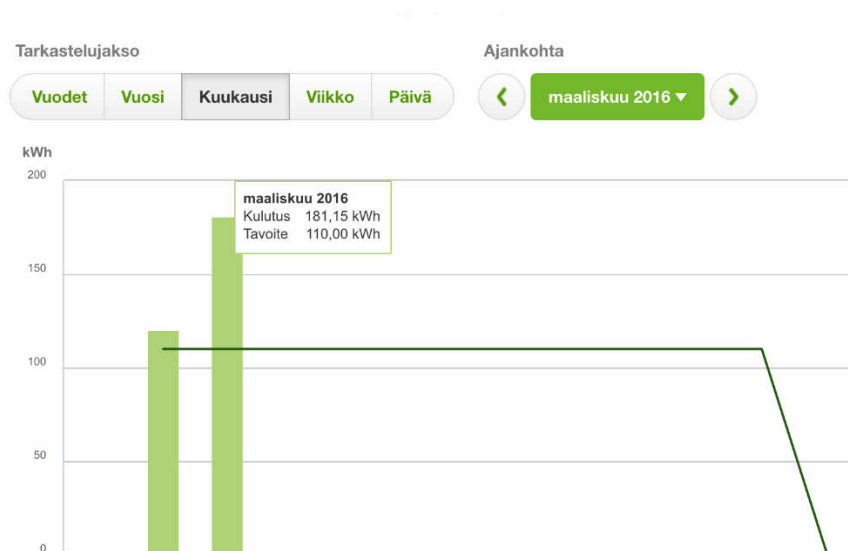
Kunnianhimoisen kierrätystavoitteen johdosta kierrätysaste on tärkeä indikaattori niin kunnallisen jätehuollon tasolla kuin jätteen tuottajan tasolla. Kierrätysaste ja hyödyntämisaste eroavat siten toisistaan, että kierrätysasteessa suhteutetaan kierrätettävän materiaalin määrä jätteiden kokonaismäärään. Hyödyntämisaste ottaa huomioon sekä materiaalin hyödyntämisen että jätteen sisältämän energian hyödyntämisen. Yksinkertaisimmillaan hyötykäyttö- ja kierrätysastetta voidaan kuvata samaan tapaan kuin Tietomitan seurantaohjelmistossa löytyvässä hyötykäyttöasteen seurannassa (Kuva 13).



Kuva 13: Kierrätysasteen ja hyötykäyttöasteen seuranta Tietomitan palvelussa. (Tietomitta)

HSY:n laatiman ilmastoraportin mukaan sekä kotitalousjätteen määrä että kierrätysaste on pysynyt samana vuodesta 2004 vuoteen 2014 asti (HSY 2015). Jotta kierrätystavoitteet saavutetaan ajallaan, tullaan lähivuosina keskittymään esimerkiksi energiajätteen kierrätyskelpoisen materiaalin kierrättämiseen sekä biojätteen erilliskeräyksen laajentamiseen (Pursula et al. 2015, s. 2). Kuvan 9 Sankeyn diagrammissa kunnallisyätteen massavirrat on eroteltu alueellisesti sekä jakeittain kierrätykseen ja polttoon suunnattuihin massavirtoihin. Todellisuudessa polttoon menevän jakeen sisältöä ei tiedetä tarkasti, joten jätteen tuottajille kannattaa esittää vain kuvaaja hyödynnettäväksi menevästä jätteestä ja hyödynnettävyydestä jätteestä. Kierrätysasteen ja energiahyötyasteen visualisoinnissa riittää kaksivärinen pylväsdiagrammi, joka on helppo toteuttaa niin mobiiliohjelmistolle kuin tietokoneohjelmistolle. Fortumin sähkönkulutuksen seurantaohjelmisto Valpas-palvelussa on mahdollisuus asettaa sähkönkulutukselle tavoitearvoja, jota voi käyttää kannustintyökaluna sähkölaskun pienentämiseen (Fortum 2016). Samaa metodia voi soveltaa myös kierrätysasteeseen. Taloyhtiö voi asettaa kierrätysasteelle tavoitearvon, jolla rohkaistaan asukkaita lajitteluun.

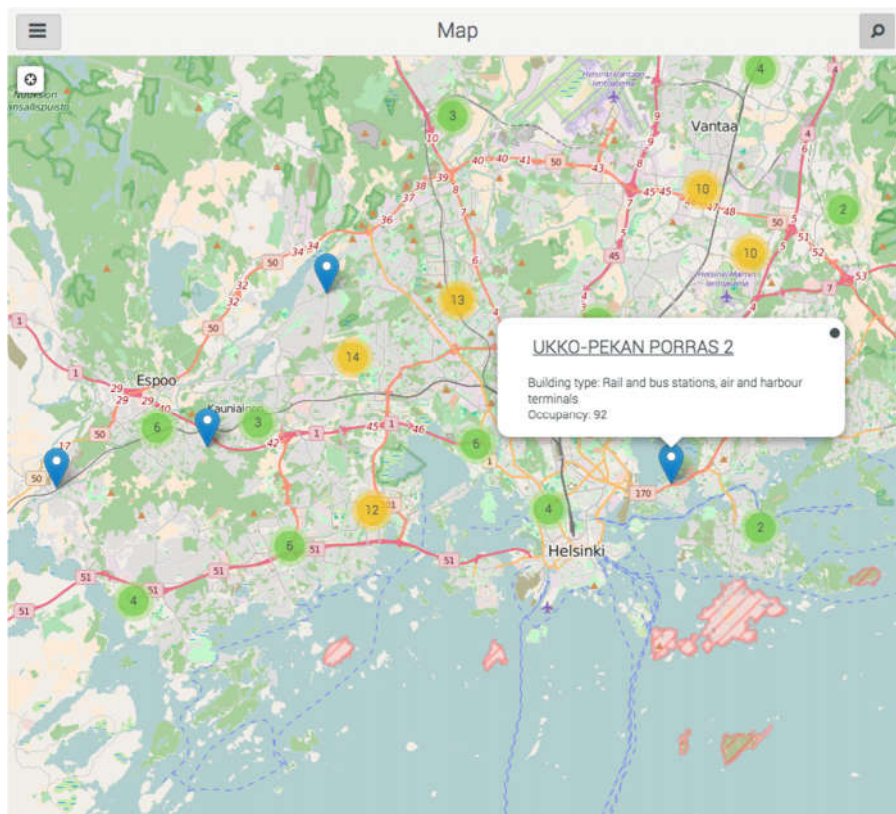
Kierrätysasteen kasvattaminen suuressa mittakaavassa tapahtuu yhdyskunnissa vaihteittain uusien keräysmenetelmien myötä (Pursula et al. 2015, s. 2). Esimerkiksi muovipakkausten erilliskeräys on kehitysaskel, joka ohjaa kierrätettävää materiaalia pois polttokelpoisesta jätteestä. Tällöin on oleellista seurata miten uudistus vaikuttaa alueellisesti kierrätysasteen kehitykseen.



Kuva 14: Tavoitearvo-ominaisuus Fortumin sähkökulutuksen seurantapalvelussa. (Fortum 2016)

3.5 Käyttäjärühmäkohtainen visualisointi

Jätteen tuottajista tutkimukseni kannalta oleelliset käyttäjärühmät ovat yksittäiset jätteen tuottajat sekä isännöintiyrityksen työntekijät. Yksittäisille jätteen tuottajille voidaan myöntää vain tietoa tuottajan oman kiinteistön jätemäärästä. Isännöintiyrityksillä on vastuullaan lukuisia kiinteistöjä, joten niillä tulee olla pääsy kaikkiin vastualueellaan olevien kiinteistöjen jätemäärätietoihin. Suurille isännöintiyrityksille on hyödyllistä nähdä kartalla sen vastualueella olevat kiinteistöt ja jätepiisteet. Serkkolan tutkimusryhmän seurantapalvelimella (Säilä, Serkkola 2013) on kartalle merkitty erivärisillä ympyröillä kierrätyspisteiden sijainnit ja lukumäärät. Ympyrää klikkaamalla saadaan näkyviin tiedot alueella olevien kiinteistöjen jätemäärästä. Liikkuva työ edellyttää myös, että karttapalvelu on saatavilla mobiililaitteeseen.



Kuva 15: Serkkolan seurantapalvelimen karttanäkymä. (Säilä, Serkkola 2013)

4. Johtopäätökset

Tutkimuksen perusteella jätehuollon astiakohtainen seurantamahdollisuus on kierrätystavoitteiden saavuttamisessa ja jätehuollon tehostamisessa tärkeä työkalu. Jätehuollon seuranta perustuu seurantaindikaattoreihin, jotka koostuvat jätėjakeiden paino- ja kustannustiedoista. Olemassa olevalla tekniikalla painotiedot ovat saatavissa silloin, kun astiat tunnistetaan ja punnitaan. Tietojen keräys astioiden tyhjentämisessä on mahdollista toteuttaa automaattisesti esimerkiksi RFID-tunnisteen, tyhjennysautossa olevan lukijan ja tietokoneen avulla. Astiakohtaisilla paino- ja kustannustiedoilla pystytään tarjoamaan kaikille jätehuollon käyttäjäryhmille oleellisia indikaattoreita asettamalla parametrit kohderyhmän kannalta oleellisiin viitekehyksiin.

Asukkaat ja isännöitsijäyritykset ovat jäteseurannan tärkeitä käyttäjiä, joista molemmille oleellisimmat seurantaindikaattorit ovat kiinteistön jaekohtaiset paino- ja kustannustiedot sekä kierrätysaste viikon, kuukauden ja vuoden aikaväleillä. Yksittäinen asukas on oikeutettu seuraamaan ainoastaan oman kiinteistönsä jätetietoja, kun taas isännöintiyritys tarvitsee tiedot kaikista sen vastuualueella olevista kiinteistöistä. Asukkaat ja isännöitsijät voivat käyttää indikaattoreita sekä jätemäärien ja kustannusten seurannassa että tyhjennysastioiden ja -aikojen suunnittelussa. Lisäksi he saavat tarpeellista vertailutietoa eri ajanjaksojen ja vuodenaikojen vaihteluihin sekä muihin kiinteistöihin ja jätteiden tuotajiin nähden.

Seurantaindikaattoreita otetaan käyttöön sitä mukaan, kun jätemäärien punnitukset yleistyvät. Tutkimus osoitti, että jätemäärien seurannassa ovat tärkeitä täsmälliset tekstit, grafiikka ja käyttöliittymän avautumisen logiikka. Tulosten tulee olla helposti ja yksiselitteisesti luettavia. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että tietoa tulee annostella taulukoissa ja grafiikassa siten, että tiedot ovat nopeasti ja merkitsevästi ymmärrettävissä. Erityisesti mobiililaitteissa tulee varmistaa, että kuvaaja on riittävän yksinkertainen välittääkseen informaation käyttäjälle pienelläkin näytöllä. Paino, kustannus ja kierrätysasteindikaattoreiden visualisointiin osoittautui pylväsdiagrammi selkeäksi ja informatiiviseksi kuvaajatyypiksi. Yhden jakeen kustannus- tai painotietojen pylväiden lisäksi kuvaajaan on mahdollista lisätä esimerkiksi kuvaajatietojen odotusarvosta, joka perustuu edellisinä vuosina saatuihin tietoihin. Kamstrupin sähkönkulutuksen seurantaan kehitetty sovellus osoitti, että mobiililaitteen seurantaohjelmiston pylväsdiagrammiin on mahdollista yhdistää kolme eri aineistoa ilman, että kuvaajan informatiivisuus kärsii.

Prosessin kokonaisvaltaiseen kuvaamiseen Sankeyn diagrammi osoittautui toimivaksi työkaluksi. Esimerkiksi jätėjakeista aiheutuvien kustannusten jakaantumiseen tai jätėjakeiden kierrätysasteen kuvaamiseen Sankeyn diagrammi soveltuu hyvin. Jätteen tuottajille tärkeimmät seurantaindikaattorit kuvaavat ainoastaan tyhjennysauton tyhjentämiä jätemääriä, joten koko jätehuollon kuvaaminen Sankeyn diagrammissa ei ole tarpeen jätteen tuottajien seurantapalvelussa. Yksinkertaistamalla Sankeyn diagrammista on kuitenkin mahdollista saada jopa mobiililaitteen näytölle soveltuva kuvaaja jakeiden kustannuksista, painoista tai hyötyasteista.

Isännöintiyritysten seurantapalvelussa tarvitaan kartta, josta käy ilmi yrityksen ylläpidettävät kiinteistöt. Serkkolan tutkimusryhmän seurantapalvelimessa osoittautui hyödylliseksi karttanäkymä, josta sai klikkaamalla auki yhden kiinteistön seurantaindikaattorit. Isännöitsijöille karttanäkymä on erityisen tärkeä myös mobiililaitteessa, koska työn

luonne on liikkuva ja kiinteistöjen jätehuollon tiedot tulee olla jatkuvasti työntekijän tavoitettavissa. Karttapohjaisia mobiiliohjelmistoja on onneksi toteutettu jo vuosikymmen, joten kartan liittäminen jätehuollon seurantaohjelmistoon ei liene ongelma.

Lähdeluettelo

Dahlén, L; Lagerkvist, A. 2010. Pay as you throw: Strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden. Waste Management vol. 30 no. 1, s. 23-31. [viitattu 10.3.2016]. Saatavissa: doi:10.1016/j.wasman.2009.09.022

Enevo. 2016. Yrityksen verkkosivut. [viitattu: 1.4.2016].

European Environmental Agency. 2013. Municipal waste management in Finland. [verkkodokumentti]. [viitattu 6.4.2016]. Saatavissa: <http://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/finland-municipal-waste-management>

Finlex. 2011. Jätelaki 17.6.2011/646. [verkkodokumentti]. [viitattu 31.3.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>

Finlex. 2013. Valtioneuvoston asetus kaatopaikoista. 2.5.2013/331. [verkkodokumentti]. [viitattu 31.3.2015]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130331>

Fortum. 2016. Fortum Valpas: seuraa energiankulutustasi ja säästä. 5.4.2016. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 22.4.2016].

Hannan, M. A; Arebey, M; Begum, R. A; Basri, H. 2010. Intelligent Solid Waste Bin Monitoring and Management System. Australian Journal of Basic and Applied Sciences vol. 4, no. 10, s. 5314-5319. [viitattu 24.2.2016]. ISSN 1991-8178. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/232809170_Intelligent_Solid_Waste_Bin_Monitoring_and_Management_System

Hannan, M. A; Arebey, M; Begum, R. A; Basri, H. 2011. Radio Frequency Identification (RFID) and communication technologies for solid waste bin and truck monitoring system. Waste Management, vol. 31, no. 12. [viitattu 24.2.2016]. Saatavissa: doi: 10.1016/j.wasman.2011.07.022

HID. 2014. RFID Solutions for Waste Management. [verkkodokumentti]. [viitattu 31.3.2016]. Saatavissa: https://www.hidglobal.com/sites/default/files/resource_files/hid-waste-management-rfid-solutions-br-en.pdf

HSY. 2014. Uutishuone. Älyä kierrätyspisteisiin – apua kartongin ylitäyttymisongelmiin. [Verkkojulkaisu]. [viitattu 31.3.2016]. Saatavissa: https://www.hsy.fi/fi/tietoa-hsy/uutishuone/2014/Sivut/alya_kierratyspisteisiin.aspx

HSY. 2015. Pääkaupunkiseudun ilmastoraportti. [verkkodokumentti]. [viitattu 1.4.2016]. Saatavissa: https://www.hsy.fi/sites/Esitteet/EsitteetKatalogi/Julkaisusarja/1_2016-pks-ilmastoraportti-2015.pdf

iOSRes. 2016. A quick reference for iOS devices. [viitattu 28.3.2016]. Saatavissa: <http://iosres.com/>

Kunnat.net. 2012. Sopimusperusteisen kuljetuksen tarkastelu. [verkkojulkaisu]. [viitattu 31.3.2016]. Saatavissa: <http://www.kunnat.net/fi/asiantuntijapalvelut/tyty/jatehuolto/sopimusperusteinen-kuljetus/Sivut/default.aspx>

Perälä, E. 2012. Toimintaohjeiston laatiminen HSY:n jätehuollon elikaarimallinnuspalveluiden hankkimiseksi. Diplomityö. Lappeenrannan Teknillinen yliopisto, Ympäristötekniikan koulutusohjelma. 89 s. [viitattu 1.3.2016]. Saatavissa: https://www.hsy.fi/fi/asiantuntijalle/jatehuolto/Documents/Tilastot/toimintaohjeiston_laatiminen_hsyn_jatehuollon_elinkaarimallinnuspalveluiden_hankkimiseksi.pdf

Pursula, T; Vanhanen, J; Ylimäki, L; Miller, T; Saario, M; Autio, M; Pitkämäki, A; Sahimaa, O; Salmenperä, H; Myllymaa, T. 2015. Yhdyskunta- ja pakkausjätteen kierrätyksen tavoitteet ja niiden vaikutusten mallintaminen. Gaia Consulting Oy. Suomen ympäristökeskus. [viitattu 14.3.2016]. Saatavissa: http://jly.fi/raportti_kierratystavoitteiden%20vaikutus.pdf

Salz, P.A; Moranz, J. 2013. The Everything Guide to Mobile Apps. Adams media.[viitattu 26.3.2016]. Saatavissa: https://books.google.fi/books?id=LnyFem0SVDMC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Schmidt, M. 2008. Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management. Journal of Industrial Ecology, vol. 12, no. 1, s. 82-94. [viitattu 24.3.2016]. Saatavissa: doi: 10.1111/j.1530-9290.2008.00004.x

Serkkola, A; Korhonen, P; Suomi, R. 2016. Monitoring indicators for Source Segregation in Municipal Solid Waste Management. [viitattu 29.2.2016]. Julkaisematon artikkeli.

Säilä, Kalle; Serkkola, Ari. 2013. Recycling Sever. Real-time waste flow monitoring and reporting. ISWA World Congress 7.-11.10.2013. Vienna, Austria. [Viitattu 22.4.2016].

Ymparisto.fi. 2013. Jätehuollon vastuut ja järjestäminen. [verkkojulkaisu]. [viitattu 28.3.2016] Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Jatteet_ja_jatehuolto/Jatehuollon_vastuut_ja_jarjestaminen

Ymparisto.fi. 2016. Tuottajavastuu jätehuollossa. [verkkojulkaisu]. [viitattu 6.4.2016]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/tuottajavastuu>

