

Action C.19, Karelia UAS

Rakennustyömaan muovijätevirrat ja lajittelun ympäristövaikutukset

Tekijät: Riikka Kinnunen ja Riina Kupiainen. KUAS, 4/2019





- Opinnäytetyössä selvitettiin Rakennustoimisto K. Tervo Oy:n rakennustyömaalla kertyneiden muovijakeiden määrät ja muovityypit lajittelututkimuksen avulla.
- Tutkimuskohteena oli Joensuussa sijaitseva rakennustyömaa, johon oli rakenteilla noin 200 asunnon kerrostalo ja ravintolatilat. Yhteensä rakennuskuutioita on noin 35 000 m³.
- Selvitettyjen muovityyppien ja määrien perusteella toteutettiin hiilijalanjäljen määrittäminen muovijätteen kierrätykselle sekä vaihtoehtoisesti muovijätteen polttamiselle elinkaariarviointia ja SimaPro-ohjelmaa hyödyntämällä.



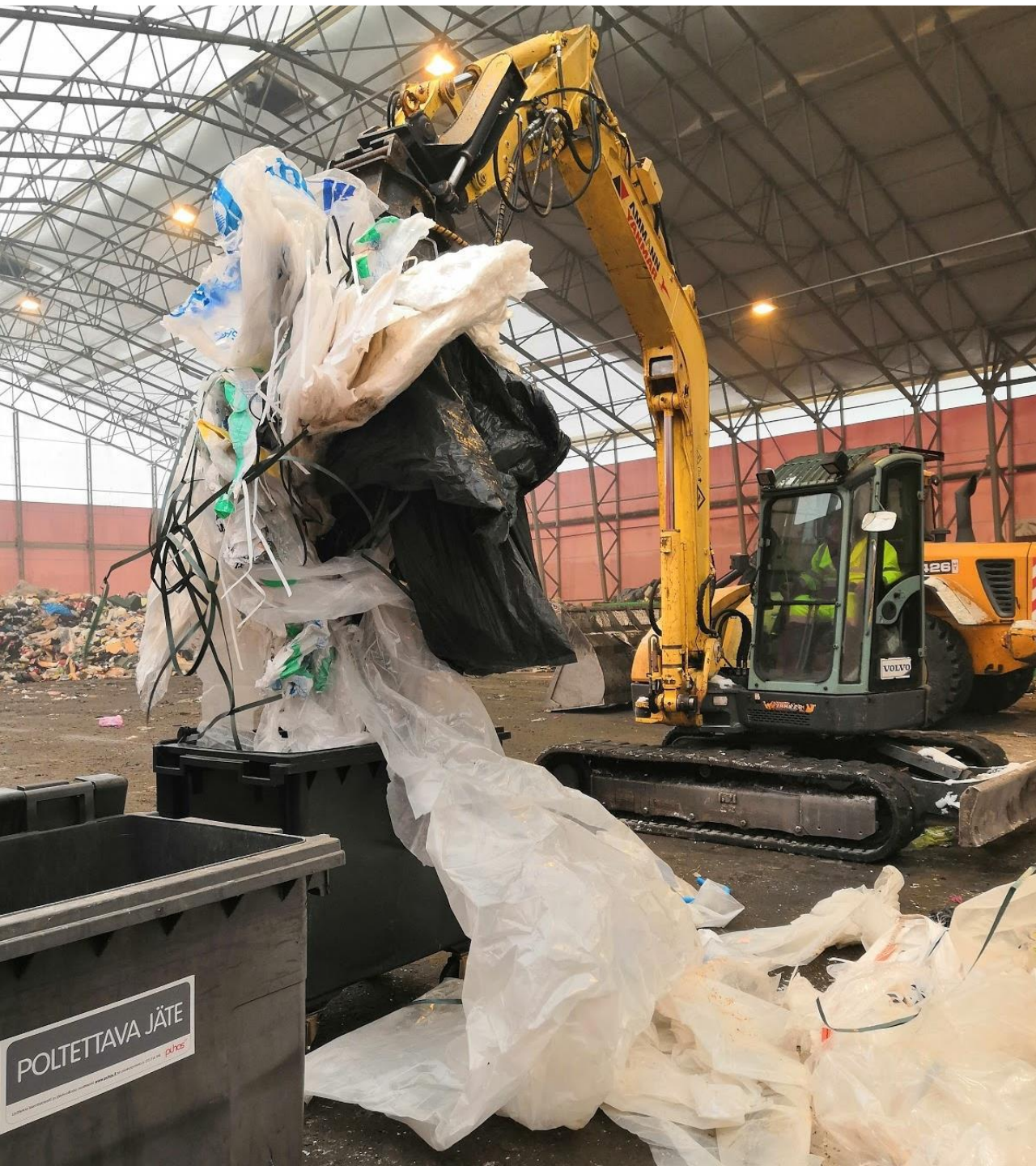
- Kohteen rakennuttaja oli Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli
- Tutkimus toteutettiin yhteistyössä Puhas Oy:n kanssa. Jäteyhtiö hankki muovijätepuristimen rakennustyömaalle, ja se toimitti lajittelututkimuksessa tarvittavia työvälineitä ja tietoja.
- Rakentaminen on aloitettu keväällä 2018 ja tutkimuksen ensimmäinen otos käsittelee muovipuristimen sisältöä ajalta 22.11.2018-14.1.2019 ja toinen otos ajalta 14.1.-11.3-2019. Ensimmäisen ja toisen otoksen aikana työmaalla on ollut käynnissä keskivaiheen työt. Työmaan alkuvaiheen muovit oli tarkoituksena ottaa mukaan tutkimukseen, mutta kyseisen muovijätepuristimen sisältö päättyi epähuomiossa poltettavaksi huonon tiedonkulun vuoksi rakennustyömaalla. Tämän vuoksi rakennustyömaan alku- ja loppuvaiheessa syntyvät muovit jäivät tutkimuksen ulkopuolelle.



- Tutkimusmenetelmänä käytettiin lajittelututkimusta.
- Molempien otosten lajittelututkimukset toteutettiin samaa kaavaa noudattaen. Ensin muovipuristin siirrettiin kuljetusliikkeen toimesta rakennustyömaalta Puhas Oy:n lajitteluhalliin purettavaksi. Puristin tyhjennettiin halliin kasaksi (kuva 3) ja siitä otettiin koneellisesti kymmenen näytettä 660 l:n astioihin satunnaisotannalla (kuva 4). Muovit olivat helposti eroteltavissa toisistaan. Satunnaisotanta valittiin menetelmäksi, koska kymmenellä otoksella saatiin tarpeeksi monipuolinen tutkimusaineisto ja koko puristimen sisältö olisi ollut suuren muovimassan takia liian työläs tutkittavaksi.

Puristimen sisältö





- Lajittelu tapahtui hallissa Puhas Oy:n tiloissa. Lajittelussa käytiin läpi yksi näyteastia kerrallaan, ja sen sisältö lajiteltiin seitsemän eri muovityypin mukaan tyhjiin 660 l:n astioihin tai jätesäkkeihin (kuva 5). Lisäksi kerättiin tunnistamattomat muovit sekä muovipuristimeen kuulumattomat jakeet.
- Näytteet lajiteltiin seuraaviin muovityyppeihin:
 - 1. PET
 - 2. PE-HD
 - 3. PVC
 - 4. PE-LD
 - 5. PP
 - 6. PEX
 - 7. muoviyhdistelmät
 - 8. tunnistamattomat
 - 9. muut kuin muovit.

- Lajittelun jälkeen jokainen astia punnittiin ja saadut tulokset kirjattiin ylös paperille, josta ne siirrettiin Excel-tiedostoon. Astiat oli punnittu myös tyhjänä tarkan tuloksen saamiseksi. Punnituksessa käytettiin Kern IFB -vaakaa, jonka tarkkuus on 10 g ja maksimipaino 300 kg

1 otos

- Ensimmäisessä otoksessa käsiteltyjen kymmenen näytteen massa oli yhteensä 185,3 kg. Muovijätepuristimessa oli kokonaisuudessaan sisältöä 920 kg. Tulosten mukaan (taulukko 1.) suurin osa eli 129,1 kg näytteistä oli PE-LD-muovia. Muita muovityyppejä sekä materiaaleja oli yhteensä noin 30 % näytteistä. Vähiten näytteet sisälsivät eri muovien yhdistelmiä, joita oli 0,21 kg.

Taulukko 1. Otoksen 1 lajittelututkimuksen tulokset massoina ja prosentteina.

Muovityyppi	Muovin massa (kg)	Prosenttiosuus (%)
PET	0,9	0,49
PE-HD	8,95	4,83
PVC	5,13	2,77
PE-LD	129,1	69,66
PP	9,27	5,00
PEX	7,13	9,24
Yhdistelmät	0,21	0,11
Tunnistamattomat	0,67	0,36
Muut kuin muovit	13,96	7,53
Yhteensä	185,32	100

2. otos

- Toisessa otoksessa näytteisiin päätyi hieman suurempi massa muovia, noin 205,9 kg. Yhteensä muovijätepuristimen sisältö oli 1 800 kg. PE-LD-muovia oli otoksessa 178,3 kg eli lähes 87 % ja yhdistelmämuoveja 0,09 kg (taulukko 2).



Taulukko 2. Otoksen 2 lajittelututkimuksen tulokset massoina ja prosentteina.


Muovityyppi	Muovin massa kg	Prosenttiosuus %
PET	3,15	1,53
PE-HD	2,1	1,02
PE-LD	178,38	86,63
PP	10,58	5,14
PEX	7,26	3,53
Yhdistelmät	0,09	0,04
Tunnistamattomat	0,6	0,29
Muut kuin muovit	3,75	1,82
Yhteensä	205,91	100

- Lajittelututkimuksen ensimmäisen ja toisen otoksen muovityyppien jakaumat olivat melko yhdenmukaiset, mikä johtuu mm. rakennustyömaalla meneillään olleista melko samanlaisista työvaiheista otosten aikana. Tulosten perusteella suurin osa rakennustyömaalla syntyvästä muovijätteestä on pakkaus-, suojaus- ja kalvomuovia eli PE-LD:tä (kuva 6). Suurin osa kyseisestä muovista oli silmämääräisesti melko puhdasta, mutta osassa oli rakennustyömaalta jäänyttä pölyä ja muita epäpuhtauksia.

Hiilijalanjäljen laskeminen

- Tavoitteena oli tarkastella ympäristövaikutuksia ja laskea hiilijalanjälki kierrätettävälle muoville sekä vaihtoehtoisesti poltettavalle muoville SimaPro-ohjelmaa hyödyntämällä. SimaPro-ohjelmalla voidaan mallintaa ja analysoida monimutkaisia elinkaaria järjestelmällisesti sekä mittaamaan ympäristövaikutuksia elinkaaren jokaisessa vaiheessa.
- Toiminnallisena yksikkönä ympäristövaikutusten arvioinnissa käytettiin yksi tonni syntypaikkalajiteltua kierrätettävää muovia rakennustyömaalta.
- Laskenta-arvoina hyödynnettiin lajittelututkimuksesta saatuja tuloksia ja ensimmäiselle sekä toiselle otokselle tehtiin omat hiilijalanjälkilaskennat. SimaPro-ohjelman valmisaineistosta etsittiin vastineet eri muovityypeille (taulukko 3). Muovityyppien koonnissa on huomioitu vain muovituotteen valmistus, mutta muovigranulaatin valmistusta ei ole huomioitu.
- Hiilijalan-jälkeä laskettaessa metodina käytettiin IPCC 2013 GWP 100a eli sadan vuoden hiilijalanjälkeä.

- Muovin valmistuksessa syntyvät hiilidioksidipäästöt ovat ensimmäisessä otoksessa 2,49 tonnia CO₂-eq/t (hiilidioksidiekvivalenttia per tonni) ja toisessa otoksessa 2,7 tonnia CO₂-eq/t. Ensimmäisessä skenaariossa muovin polttoprosessista syntyvä kokonaishiilijalanjälki on 1,9 tonnia CO₂-eq/t ja toisessa vastaavasti 2,0 tonnia CO₂-eq/t. Muovin kierrätysprosessien hiilijalanjälki on molemmissa skenaarioissa sama eli 1,32 tonnia CO₂-eq/t.

- 
- Muovia polttamalla voidaan välttää valmistuksesta aiheutuvia päästöjä ensimmäisessä skenaariossa 587 kg CO₂-eq/t ja toisessa skenaariossa 696 kg CO₂-eq/t. Tämä tarkoittaa, että polttamalla yksi tonni syntypaikkalajiteltua muovia rakennustyömaalta voidaan välttää 24 - 26 % elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä.
 - Vastaavasti, kun tarkastellaan muovin kierrätystä, muovin kierrättämällä vältetään hiilidioksidipäästöjä ensimmäisessä otoksessa 1,17 t CO₂-eq/t ja toisessa otoksessa 1,38 t CO₂-eq/t. Tällöin kierrättämällä vältetään elinkaaren aikaista hiilijalanjälkeä 47 - 51 %.

- Muovijätteen kierrättäminen on siis ympäristön kannalta huomattavasti parempi vaihtoehto kuin sen polttaminen energiaksi. Kierrättämisellä voidaan välttää neitseellisen muovin valmistuksesta aiheutuvia päästöjä, jotka osoittautuivat laskelmissa suurimmaksi hiilijalanjäljen aiheuttajaksi. Tulosten perusteella voidaankin päätellä, että muovijätteen kierrätysmahdollisuuksia tulisi kehittää, jotta voidaan toimia mahdollisimman ympäristövastuullisesti.

- Rakennusmuovin kierrättäminen ja sen hyödynnettävyys voi olla taloudellisesti epäkannattavaa, sillä se on pääosin kevyttä ja edullista kalvomuovia. Korkeat kuljetus- ja hyödyntämiskustannukset tekevät usein kierrätyksestä kalliimman kuin uuden muovin valmistamisesta. Kierrätysprosessissa on useita eri vaiheita polttoon verrattuna ja sen lisäksi muovien epäpuhtaudet voivat tuoda lisää haastetta hyödyntämiseen.
- Tulosten perusteella voisi ajatella, että jos työmaalla kierrätettäisiin vain helposti tunnistettava kalvo-muovi, onnistumisprosentti olisi korkeampi.

Johtopäätökset



- Tulosten perusteella 89 - 98 % tutkimusaineiston sisällöstä oli muovijätepuristimeen kelpaavaa materiaalia, josta suurin osa on suojaukseen ja pakkaukseen käytettävää PE-LD-kalvomuovia.
- Ympäristövaikutuslaskelmien mukaan muovin kierrätyksellä voidaan välttää noin 50 % elinkaaren aikaisesta hiilijalanjäljestä ja polttamalla puolestaan noin 25 %.
- Muovin kierrättäminen työmaalla on erityisesti ympäristönäkökulmasta erittäin kannatta-vaa, ja sitä tulisi jatkossa yleistää. Muovin hyödyntämismvaihtoehtoja tulisi kehittää, jotta saataisiin kierrättämisestä mahdollisimman paljon hyötyjä ja se olisi myös taloudellisesti järkevää.
 - Rakennustyömaan jätemuovien tarkka talteenotto saattaa nostaa jätteiden lajittelun järjestämisen myötä kustannuksia (vrt Puhaksen tiedot).

Maatalousmuovien keräyksen kuljetuskustannukset ja keräyksen kustannustehokkuuden parantaminen Pohjois-Karjalassa

- Tekijä: Joni Tepponen. UEF. 9/2019



- Gradun on osa vuonna 2016 alkanutta ”Circwaste – Kohti kiertotaloutta” -hanketta, jonka tavoitteena on edistää kiertotalouden toteutumista Suomessa sekä toteuttaa valtakunnallista jätesuunnitelmaa.
- Yksi projektin toteuttajista Pohjois-Karjalassa on Karelia-Ammattikorkeakoulu, joka toimii tutkielman toimeksiantajana. Karelia-Ammattikorkeakoulu keskittyy projektissa erityisesti maatalouden ja rakentamisen muovijätevirtojen selvittämiseen.


- Maataloudessa syntyy Suomessa vuosittain noin 21 miljoonaa tonnia jätettä, josta muovijätteen osuus on noin 12 000 tonnia. Merkittävä osa muovijätteestä on paalimuovia, jonka osuus kaikesta muovijätteestä on noin puolet.
- Maatalouden jätteet eivät kuitenkaan kuulu kunnallisen jätehuollon piiriin ja siten muovijätteiden asianmukainen käsittely jää viljelijöiden vastuulle.
- Maatalousmuovien keräystä ei ole järjestetty pysyvin ratkaisuin (vrt MTK/Itä-Suomen murskauskeskus 8/2019, Kiertoa Suomesta) eikä keräyksen kustannuksia ole juurikaan tutkittu Suomessa. Tässä tutkimuksessa selvitetään maatalousmuovien keräyksestä muodostuvia kuljetuskustannuksia Pohjois-Karjalassa ja kuinka keräyksen kustannustehokkuutta voitaisiin parantaa.



- Logistiikassa kuljetuskustannukset ovat merkittävässä roolissa ja niitä voidaan pyrkiä minimoimaan optimoimalla kuljetusreittejä. Yksi paljon tutkituista reittioptimoinnin ongelmista on ajoneuvon reititysongelma, jota hyödynnetään myös tässä tutkimuksessa reittien optimointia varten luotavassa kustannusmallissa.
- Mallin parametreja muokkaamalla testataan kolmea erilaista skenaariota, joiden avulla tutkitaan keräyskaluston kapasiteetin ja keräysvälin muutosten vaikutusta kustannustehokkuuteen. Kustannusmalli rakennetaan ArcGIS-ohjelmiston Model Builder -sovelluksella ja optimaalisten keräysreittien muodostamisessa seutukunnittain hyödynnetään Vehicle Routing Problem -työkalua.
- Keräysreittien suunnittelua ja kustannusten laskemista varten tutkimuksessa estimoidaan myös maakunnassa muodostuva paalimuovin määrä. Aineistona tutkimuksessa hyödynnetään Ruokaviraston maatala-aineistoa Pohjois-Karjalan lypsy- ja nautakarjatiloihin.



- Tutkimuksessa keskityttiin maatalousmuovien keräyksen kuljetusten mallintamiseen ja keräyksestä muodostuvien kuljetuskustannuksien laskemiseen sekä selvittiin mahdollisuuksia keräyksen kustannustehokkuuden parantamiseen. Näin ollen tutkimuksen näkökulma on samalla sekä maantieteellinen että taloudellinen.
- Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, kuinka suuriksi paalimuovin keräyksen kuljetuskustannukset muodostuvat Pohjois-Karjalassa, kun muovit kerätään kaikilta nauta- ja lypsykarjatiloilta. Tutkimuksessa arvioidaan paalimuovin koko Suomen kulutukseen perustuen Pohjois-Karjalan lypsy- ja nautakarjatiloilta muodostuva paalimuovijätteen määrä, ja tehtyä estimointia hyödynnetään keräysreittien suunnittelussa.
- Kerätyn muovin määrän ja keräyksestä muodostuneiden kuljetuskustannuksien perusteella lasketaan paalimuoville kustannusarvioita. Pohjois-Karjala koostuu kolmesta seutukunnasta ja kustannuslaskelmat ja reititys on tehty tätä aluejakoa noudattaen.

- 
- Maakunnan ainoa suurempi jätekeskus sijaitsee Joensuun Kontiosuolla, josta etäisyydet maakunnan reuna-alueille muodostuvat pitkiksi. Pienempiä jäteasemia on lähes jokaisessa kunnassa, mutta niiden käsittelykapasiteetin jäädessä riittämättömäksi, on Kontiosuon jätekeskus määritetty muovin vastaanottopaikaksi tässä tutkimuksessa
 - Tutkimuksessa testataan kolmea erilaista skenaariota, joista ensimmäisessä paalimuovit kerätään vuosittain täysperävaunurekalla (rekka 1v -skenaario). Toisessa skenaariossa muovien keräysväliä harvennetaan vuosittaisista keräyksistä kolmen vuoden välein tapahtuviin keräyksiin (rekka 3v -skenaario) ja kolmannessa skenaariossa keräys toteutetaan vuosittain, mutta keräyskaluston kapasiteettia pienennetään (kuorma-autoskenaario).

Tutkimuskysymykset ovat

- 1. Minkälaisiksi paalimuovin optimaaliset keräysreitit muodostuvat, kun keräyksessä ovat mukana kaikki Pohjois-Karjalan nauta- ja lypsykarjatilat?
 - Kuinka suuriksi keräyksen kokonaiskustannukset muodostuvat?
 - Mikä muodostuu paalimuovin kustannusestimaatiksi kuljetuskustannusten perusteella?
- 2. Voidaanko keräyksen kustannustehokkuutta parantaa harventamalla keräysväliä tai pienentämällä keräyskaluston kapasiteettia?
 - Onko keräysvälin tai kapasiteetin muutoksilla mahdollista kasvattaa reittien kuormausastetta?
 - Kuinka paljon keräyksen kokonaiskustannukset muuttuvat ja kuinka se vaikuttaa paalimuoville muodostuvaan kustannusestimaattiin?
- 3. Kuinka luotettavia tuloksia saatavilla olevilla aineistoilla ja käytetyillä menetelmillä on mahdollista saavuttaa?

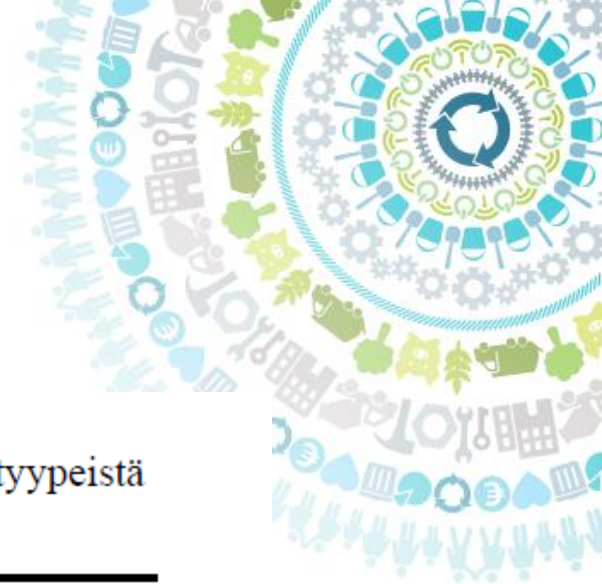
- Maatalousmuovien keräyksen kuljetuskustannukset lasketaan rakentamalla kustannusmalli, jossa hyödynnetään paikkatietomenetelmiä keräysreittien suunnittelussa. Malli laskee jokaisen keräysreitit kokonaiskustannukset, jotka sisältävät sekä kiinteät kustannukset että reitteihin käytettyyn aikaan ja kuljettuun matkaan perustuvat kustannukset.
- Paalimuovin kuljetuskustannuksiin perustuvat kustannusestimaatit tonnia kohti lasketaan keräyksen kokonaiskustannusten perusteella, jotka voidaan puolestaan laskea yksittäisten reittien kustannusten pohjalta. Lisäksi malli laskee reittien kuormausasteen, jonka avulla voidaan arvioida reittien ja koko keräyksen tehokkuutta.
- Mallia sovelletaan tässä tapauksessa vain Pohjois-Karjalaan, mutta tarkoituksena on, että luotu malli on sovellettavissa jatkossa myös muille alueille.

- Tässä tutkimuksessa käytetään paikkatietopohjaisia aineistoja ja pohjan tutkielmassa tehtävälle tarkastelulle muodostavat Ruokaviraston maatala-aineisto ja Väyläviraston Digiroad-tieaineisto. Lisäksi hyödynnetään jäteasemien koordinaattitietoja sekä Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta ladattuja Suomen hallinnollisia rajoja.
- Maatala-aineisto sisältää yhteensä 615 maatilan tiedot, joista on poimittu tätä tutkimusta varten lypsykarjataloutta, lihanautojen kasvatusta ja muuta nautakarjataloutta harjoittavat tilat, joita oli aineistossa yhteensä 593. Aineistosta valittiin ainoastaan lypsy- ja nautakarjatilat, sillä vain näillä tiloilla paalimuovijätettä syntyy merkittävästi



- Tutkimuksessa käsitellään paalimuovien keräystä suurelta joukolta maataloja ja VRP on yksinkertaisesta perusajatuksestaan huolimatta monimutkainen ongelma, joka vaatii monien muuttujien määrittämistä. Tämän takia tutkimusaiheeseen liittyen tehdään seuraavat lähtöoletukset:
 - 1) Muovijätteet haetaan aina maatalojen koordinaateista
 - 2) Muovijätteet ovat haettavissa jokaiselta maatilalta mihin aikaan tahansa
 - 3) Keräysreitit päättyvät aina samalle jäteasemalle josta ne alkavat, ja liikenneolosuhteet ovat aina samankaltaiset

- Aineistoon laskettiin maatilakohtaisen nautatiedon, paalimuovin vuotuisen myyntimäärän ja Suomen nautaeläinten määrän perusteella maatilakohtaisesti muodostuva paalimuovin määrä (kg) sekä sen tilavuus (m³) ja muovin lastaukseen tarvittava kuormausaika, joka perustui muovin tilavuuteen.



Taulukko 7. Keräysväli ja kuormauskapasiteetti sekä *VRP*-työkalussa eri kustannustyypeistä käytettävät kustannuskertoimet eri skenaarioissa.

Skenaario	Keräysväli	Kuormaus- kapasiteetti	Kiinteät kustannukset	Aikaan perustuvat kustannukset	Matkaan perustuvat kustannukset
Rekka 1v	1 vuosi	32,5 tn	22,9495 €/pv	0,5885 €/min	0,8447 €/km
Rekka 3v	3 vuotta	32,5 tn	22,9495 €/pv	0,5885 €/min	0,8447 €/km
Kuorma-auto	1 vuosi	10 tn	18,0745 €/pv	0,5245 €/min	0,5154 €/km

- Pohjois-Karjalan maataloilla muodostuva paalimuovijätteen määrä perustuu keskimääräiseen paalimuovin kulutukseen Suomessa ja suoritettun laskennan perusteella paalimuovia muodostuu vuodessa 8,15 kiloa yhtä nautaa kohti. Tähän estimaattiin perustuen Pohjois-Karjalassa muodostuu vuosittain paalimuovijätettä yhteensä noin 246,5 tonnia eli keskimäärin muovia muodostuu yhdellä tilalla noin 0,4 tonnia vuodessa.
- Vuositasolla paalimuovin keräyksestä muodostuvat kuljetuskustannukset ovat 16356,51 euroa (taulukko 8), kun muovi kerätään Pohjois-Karjalan kaikilta lypsy- ja nautakarjatiloilta. Keräyksen kuljetuskustannuksista 50,4 prosenttia muodostuu keräykseen käytettyyn aikaan perustuvista kustannuksista, 45 prosenttia reiteillä kuljetun matkan pituuteen perustuvista kustannuksista ja 4,6 prosenttia kuljetuskaluston kiinteistä kustannuksista.

Skenaario 1

- Keräysreittien pituudet vaihtelevat jonkin verran, mutta keskimäärin yhden reitin pituus on 264 kilometriä ja yhdellä reitillä paalimuovi noudetaan keskimäärin 18 maatilalta. Vuosittain maatiloilta kerätään paalimuovia yhteensä noin 246,5 tonnia, ja kun otetaan huomioon ainoastaan keräyksestä muodostuvat kuljetuskustannukset, muodostuu paalimuovin keräyksen kustannusestimaatiksi 66,36 euroa tonnilta.

Skenaario 2

- Toisessa skenaariossa keräystiheyden harventaminen pienentää keräyksen kokonaiskustannuksia vuositasolla 57,8 prosenttia rekka 1v - skenaarioon verrattuna (taulukot 8 ja 9). Tällöin keräyksen kuljetuskustannuksista 52,5 prosenttia muodostuu keräykseen käytettyyn aikaan perustuvista kustannuksista, 42,7 prosenttia reiteillä kuljetun matkan pituuteen perustuvista kustannuksista ja 4,8 prosenttia kuljetuskaluston kiinteistä kustannuksista.
- Kuljetuskustannusten ja kerätyn paalimuovin määrän perusteella paalimuovin keräyksen kustannusestimaatiksi muodostuu 28,03 euroa tonnilta eli pitkällä aikavälillä harvennetun keräyksen kustannukset muodostuvat siis 57,8 prosenttia halvemmaksi vuosittaiseen keräykseen verrattuna



Skenaario 3

- Kolmannessa skenaariossa keräyskalustoa pienentämällä keräyksen vuosittaiset kuljetuskustannukset pienenevät 22,5 prosenttia rekka 1v -skenaarioon verrattuna (taulukot 8 ja 9). Kuorma-autoskenaariossa keräyksen kuljetuskustannuksista 58,9 prosenttia muodostuu keräykseen käytettyyn aikaan perustuvista kustannuksista, 36,1 prosenttia reiteillä kuljetun matkan pituuteen perustuvista kustannuksista ja 5 prosenttia kuljetuskaluston kiinteistä kustannuksista.
- Maatiloilta kerätään kuorma-autoskenaariossa rekka 1v -skenaariotavoin vuosittain yhdellä keräyksellä yhteensä 246,5 tonnia paalimuovia, jolloin paalimuovin kustannusestimaatiksi kuljetuskustannusten perusteella muodostuu 51,42 euroa tonnia kohti. Kustannusestimaatti muodostuu siis tässä tapauksessa selvästi kalliimmaksi kuin rekka 3v -skenaariossa, mutta kuitenkin rekka 1v -skenaariota halvemmaksi.

Taulukko 8. Reitityksen tulokset skenaarioittain. Rekka 3v -skenaario muodostuu vuosittaisten kustannusten perusteella edullisimmaksi vaihtoehdoksi, mutta keskimääräinen kuormausaste on suurin kuorma-autoskenaariossa.

	Rekka 1v -skenaario	Rekka 3v -skenaario	Kuorma-auto -skenaario
Kokonaiskustannukset (€/v)	16356,51	6907,48	12672,71
Kerätty muovi (tn/keräys)	246,5	739,5	246,5
Kerätty muovi (tn/v)	246,5	246,5	246,5
Paalimuovin kustannusestimaatti (€/tn)	66,36	28,03	51,42
Reittien määrä (lkm/keräys)	33	44	35
Keskimääräinen kuormausaste (%)	22,9	51,7	70,4
Reittien keskimääräinen pituus (km)	264	238	254

- Rantalan ja Viljakaisen (2010) tekemän kyselytutkimuksen mukaan vastaajista 18,9 prosenttia oli valmis maksamaan muovien noudosta korkeintaan 50 euroa ja yli 50 euroa oli valmis maksamaan yhteensä 25,6 prosenttia vastaajista. Rekka 3v - skenaariossa paalimuoville muodostunut kustannusarvio alittaa siis selkeästi 50 euron ”kipurajan” ja kuorma-autoskenaariossakin muoville syntynyt keräyksen tonnihinta sijoittuu juuri sen tuntumaan.

- Tutkimus osoittaa, että paalimuovien keräystä suunniteltaessa tulisi sovittaa kaluston kapasiteetti ja keräystiheys kerättävän muovin määrään, jotta keräys voidaan toteuttaa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tutkimuksessa kehitetyt menetelmät todettiin toimiviksi ja tutkimuksessa luotu malli tarjoaa hyvän lähtökohdan paalimuovien keräyksen suunnittelulle. Tutkimuksessa kehitetyn mallin pohjalta voidaan jatkossa kehittää muita vastaavia malleja ja nyt saatuja tuloksia on mahdollista tarkentaa tarkempien lähtötietojen avulla. Tutkimuksessa muodostettua mallia on mahdollista jatkossa soveltaa maatalousmuovien keräyksen lisäksi laajemminkin maaseudun ja haja-asutusalueiden jätehuoltoon kehitettäessä.

Johtopäätökset

- Kaiken kaikkiaan edullisimmaksi ratkaisuksi muodostuu rekka 3v - skenaario ja kuormausasteen perusteella tehokkaimmaksi ratkaisuksi kuorma-autoskenaario .
- Viljelijän ja kuljetusyrityksen näkökulmasta kustannukset ovat merkittävässä roolissa (Erälinna ja Järvenpää 2019: 24), joten käytännössä realistisin vaihtoehto voisi olla siis rekka 3v - skenaarion kaltaiset kolmen vuoden välein tehtävät keräykset, jotka muodostuvat sekä viljelijälle edullisimmaksi että kuljetusyritykselle kuormausasteeltaan tehokkaimmaksi vaihtoehdoksi. Kolmessa vuodessa paalimuovia muodostuu keskimäärin 1,2 tonnia yhdellä tilalla ja siten keräyksen toteuttaminen harvemmin kuitenkin edellyttää, että kaikilla tiloilla on oltava tilaa säilyttää muovit siten, että ne säilyvät kierrätyskelpoisina.

•Kiitos!

- simo.paukkunen@karelia.fi

