



Kalvomuovijätteen määrän ja laadun määrittäminen asuinkerrostalohankkeissa

Kirjoittajat:

Krishna Chauhan, Tohtorikoulutettava, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos

Antti Peltokorpi, Apulaisprofessori, Aalto-yliopisto, Rakennustekniikan laitos

31.5.2021

Lisätiedot: Antti Peltokorpi: antti.peltokorpi@aalto.fi

Tiivistelmä

Aalto-yliopiston yhdessä Smart & Clean -säätiön ja Ympäristöministeriön kanssa tehtävä tutkimus tähtää kalvomuovijätteen määrän ja laadun mittaamiseen ja mallintamiseen asuinkerrostalohankkeissa. Tutkimushanke liittyy Rakentamisen muovit green deal-sopimuksen 2020-2027 toimeenpanoon. Tässä raportissa esitetään tutkimuksen ensimmäisen vaiheen tulokset. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena oli kirjallisuustutkimuksen keinoin selvittää olemassa oleva tieto kalvomuovijätteestä rakentamisessa sekä tunnistaa menetelmiä kalvomuovijätteen määrä- ja laatutiedon keräämiselle työmailta. Raportissa esitetyt löydökset ja tulokset täydentyvät hankkeen aikana. Lopulliset tulokset esitetään vuonna 2022 valmistuvassa tutkimushankkeen loppuraportissa.

Rakennustyömaiden pakkausmuovijätteen määrää ja laatua on tarkasteltu parissa Espanjassa tehdyssä tutkimuksessa. Näiden perusteella tyypillisessä asuinkerrostalohankkeessa syntyy pakkausmuovijätettä 0.13-0.53 kg / m² (bruttoneliö). Eniten pakkausmuovijätettä syntyy runkorakentamisessa (23 %), väliseinätöissä (23 %) ja kalustuksessa ja viimeistelytöissä (19 %). Tulosten vaihteluväli on laaja, ja vaikka valtaosa pakkausmuovista on kalvomuovia, tuloksiin sisältyy paljon epävarmuutta. Suomessa ei ole tehty hankkeen laajuuteen sidottua tutkimusta kalvomuovijätteen määrästä. Muissa tutkimuksissa kalvomuovien osuudeksi tyypillisen rakennusjätteen kokonaispainosta on saatu noin 4-6 %. Kirjallisuuskatsaus osoittaa, että rakentamisen kalvomuovijätteen määrästä, alkuperästä ja laadusta tarvitaan tarkempaa tutkimusta. Raportissa esitetään vaihtoehtoisiksi mittausmenetelmiksi joko työmaalle toimitettaviin tuotteisiin sidottua ns. input-menetelmää tai erilliskerätystä kalvomuovista mitattua jätehuollon raportteihin perustuvaa output-menetelmää.

Sisällysluettelo

| | |
|--|----|
| Tiivistelmä..... | 2 |
| 1 Johdanto..... | 4 |
| 1.1 Tutkimuksen tausta..... | 4 |
| 1.2 Tutkimuksen tavoitteet | 5 |
| 2 Kirjallisuustutkimus | 7 |
| 2.1 Muovit rakentamisessa ja rakennusjätteessä | 7 |
| 2.2 Kalvomuovit ja niiden käyttö rakentamisessa | 8 |
| 2.3 Kalvomuovijätteen keräysmenetelmät..... | 11 |
| 2.4 Kalvomuovin kierrätys | 12 |
| 3 Kalvomuovijätteen tiedonkeruun vaihtoehdot | 14 |
| 3.1 Työmaalle tulevan ja työmaalla lisätyn kalvomuovin mittaaminen | 14 |
| 3.2 Erilliskerätyn kalvomuovijätteen mittaaminen | 14 |
| Lähteet..... | 16 |

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Muovien käyttöön ja kierrätykseen on kiinnitetty entistä enemmän huomiota sekä median, poliittisten päättäjien, ympäristöliikkeiden että tutkijoiden toimesta (Mikkonen ym., 2020; Häkkinen ym., 2019; Ramboll, 2020; Yle, 2021). Suurimpana huolenaiheena on muovin käytön merkittävä lisääntyminen globaalisti sekä muovien haitallinen vaikutus ympäristöön, ilmastonmuutokseen ja ihmisten terveyteen.

Vaikka rakennusala on toiseksi suurin muovinkuluttaja (Geyer ym. 2017), suurin osa aikaisemmasta tutkimuksesta on keskittynyt muoviin rakennusmateriaalina sekä tämän muovin kierrätysmahdollisuuksiin (mm. Häkkinen ym. 2019; Monahan ja Powell 2011). EU:n tavoitteet muovipakkausten kierrättämiseksi (50 % vuoden 2025 ja 55 % vuoden 2030 loppuun mennessä) nostavat kuitenkin rakentamisen pakkauksissa ja suojauksissa käytetyn kalvomuovin aikaisempaa suurempaan rooliin. Rakentamisessa kalvomuoveja käytetään erityisesti rakennustuotteiden pakkaamisessa/pakkauksissa ja sisätyövaiheessa sisäsuojaukseen (Ramboll, 2020).

Kalvomuovijätteen määrästä ja laadusta rakentamisessa ei ole tähän mennessä tehty kattavaa tutkimusta. Muutamissa tutkimuksissa on analysoitu rakennusalan muovipakkausjätettä (esim. Pericot ym. 2014; Pericot ja Merino, 2011; Selke ja Culter, 2016). Vaikka tutkijat mainitsevat, että muovipakkaukset olivat pääasiassa kalvomuovia, tarkastellut muovit sisältävät kuitenkin myös muovilevyjä ja muita kovamuoveja (esim. laatikot). Pakkausmuovijätettä koskevassa tutkimuksessa ei myöskään käsitellä työmaalla lisättyjä kalvomuoveja, kuten esimerkiksi suojauksessa käytettäviä muoveja. Kalvomuovit päätyvät nykyisellään enimmäkseen joko energia- tai sekajätteenä polttoon. Aikaisempien tutkimusten suppeudesta ja puutteista johtuen erillinen kalvomuovijätteen tutkimus on tarpeellista.

Rakennusala on yksi suurimmista muovituotteiden käyttäjistä, mutta työmailla tuotettujen muovien kierrätys on edelleen vähäistä (Ympäristöministeriö, 2020a). Tyypilliset rakentamisen muovilaadut ovat polyeteeni (PE, putket, muovikalvot, viherkaton suodatinkankaat), polypropeeni (PP, putket, suodatin- ja rakennuskankaat), polystyreeni (EPS, eristysmateriaalit), polyuretaani (PUR, runko, katto, lämmöneristeet, tärinäeristeet) ja polyvinyylikloridi (PVC, kaapelit, kanavat, ikkunankehukset, lattianpäällysteet) (Piispa, 2019).

Suuri osa uudis- ja korjausrakentamisen työmaiden muovijätteestä on kalvomuovia. Kalvomuovien käytön vähentämiseksi, rakennusosalle on laadittu vapaaehtoinen Green deal -sopimus, jonka tavoitteena on lisätä rakentamisessa käytettyjen kalvomuovista valmistettujen pakkausten ja sisällä käytettävien suojausten uudelleenkäyttöä ja kierrättämistä, lisätä

kierrätysmateriaaleista valmistettujen muovien käyttöä rakentamisessa sekä vähentää kestävästi kalvomuovien kulutusta. Rakennusalan green deal -sopimus on yksi Rakentamisen muovitiekartan toimenpiteistä. Rakentamisen muovitiekartta on osa Suomen kansallisen Muovitiekartan toteutusta.

Green deal -sopimuksen osapuolia on valtion puolesta Ympäristöministeriö, kuntien puolesta Suomen Kuntaliitto ry ja elinkeinoelämän puolesta Kemianteollisuus ry, Muoviteollisuus ry, Rakennus- ja sisustustarvikekaupan liitto RASI ry, Rakennusteollisuus RT ry, Sähköteknisen Kaupan Liitto ry (STK), Teknisen Kaupan Liitto ry (TKL) ja Ympäristöteollisuus ja -palvelut YTP ry. Sopimuksessa kalvomuovilla tarkoitetaan polyeteenipohjaisia (PE) muoveja, sekä kiriste- ja kutistekalvomuoveja (PE-HD, PE-LD ja PE-LLD), joita käytetään rakentamisen toimitusketjussa ja rakentamisessa pakkaamiseen ja sisällä tapahtuvaan suojaamiseen. (Mikkonen ym. 2020).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän Aalto-yliopiston toteuttaman tutkimuksen tavoitteena on tuottaa mitattua tietoa työmaalla syntyvän kalvomuovijätteen määrästä ja laadusta. Mitatun tiedon pohjalta voidaan asettaa tavoitteita muovin määrälle ja kierrätykselle sekä kehittää mallinnustyökalua muovijätteen määrän arvioimiselle hankkeen suunnitelmien pohjalta. Kalvomuovien määrää ja laatua on pystyttävä arvioimaan ainakin työvaiheittain (mm. aluerakennus, perustukset, runko, julkisivut ja vesikatto, sisärakennusvaihe) sekä mahdollisesti tarkemmin tehtävittäin, rakennusosittain ja tuotteittain.

Kalvomuovien laadun osalta tutkimuksessa tarkastellaan etenkin muovien puhtautta ja värillisen ja kirkkaan kalvomuovien osuutta. Puhtaudella ja värillisyydellä on merkittävä vaikutus kalvomuovien kierrätettävyyteen ja jatkohyödyntämiseen.

Tutkimus rajautuu kalvomuoveihin, joita käytetään etenkin rakennustuotteiden pakkauksissa ja työmaan suojauksessa. Kalvomuovijäte voi sisältää jonkin verran myös asennus- ja leikkausjätettä. Tämän määrää pyritään mahdollisuuksien mukaan tutkimuksessa erittelemään muista kalvomuovijakeista. Tarkastelun ulkopuolella ovat muut muovit kuten muoviastiat ja jätteisiin päätyvät muovituotteet (mm. putket, matot ja laatat). Tutkimuksessa keskitytään asuinkerrostaloihin.

Päätutkimuskysymyksenä on:

1. Miten paljon ja minkä laatuista kalvomuovijätettä syntyy asuinkerrostalohankkeissa?

Päätutkimukseen vastataan empiirisellä tutkimuksella useasta asuinkerrostalokohteesta. Tavoitteena on myös mallintaa kalvomuovijätteen lähteitä työvaiheittain ja tuotteittain. Empiirisen tutkimuksen yhteydessä pyritään selvittämään myös parhaat menetelmät määrä- ja laatatiedon selvittämiseksi. Siksi toisena kysymyksenä onkin:

2. Kuinka kalvomuovijätteen määrää ja laatua voidaan mitata rakennushankkeessa?

Empiirisen tutkimuksen yhteydessä tehdään myös laadullista analyysia työmaiden parhaista käytännöistä liittyen kalvomuovijätteen erilliskeräykseen sekä jätteen vähentämiseen ja kierrättämiseen. Tähän tavoitteeseen liittyvä kolmas tutkimuskysymys on:

3. Mitkä ovat parhaat käytännöt työmaiden kalvomuovijätteen vähentämiseen, erilliskeräykseen ja kierrätykseen?

2 Kirjallisuustutkimus

2.1 Muovit rakentamisessa ja rakennusjätteessä

Plastic European (2020) mukaan vuosina 1950-2019 tuotettiin noin 4000 miljoonaa tonnia muovia. Tämä summa sisältää pääasiassa seuraavia muovityyppejä: polypropylene (PP), polyvinylchloride (PVC), polyethylene (PE) polyethylene terephthalate (PET), polyurethane (PU), polystyrene (PS), and polyester (PES) (Häkkinen ym. 2019; Napier 2016).

Material Economic:in (2018) mukaan muovin käyttö lisääntyy 10 miljoonalla tonnilla vuodessa, ja sen arvioidaan olevan 800 miljoonaa tonnia vuodessa vuoteen 2050 mennessä. Muoviteollisuus on tiiviisti yhteydessä koko maailmantalouteen: se on seitsemänneksi eniten lisäarvoa tuottava teollisuuden ala Euroopassa, ja koostuu noin 60 000 yrityksestä, jotka tarjoavat noin 1,5 miljoonaa työpaikkaa arvoltaan noin 350 miljardia euroa (Häkkinen ym. 2019). Muoviteollisuus ry (2021) arvioi, että Suomessa muoviteollisuudessa on lähes 600 yritystä ja ne työllistävät yhteensä yli 10 000 henkilöä.

Muovia käytetään useissa eri sovelluksissa johtuen sen monista edullisista ominaisuuksista, kuten keveydestä, joustavuudesta ja eristävydestä. Geyer ym. (2017) mainitsevat kaikki maanosat kattavassa analyysissään, että noin 45 % muovista käytetään pakkaamiseen, 19 % rakentamiseen, 12 % kulutustuotteisiin, 7 % kuljetuksiin, 4 % elektroniikkaan ja 12 % muihin sovelluksiin.

Muovin kierrättämisessä ja jatkohyödyntämisessä on vielä globaalisti paljon kehitettävää. Geyer ym. (2017) mainitsevat, että hyvin pieni osa (noin 10 %) maapallolla tuotetusta muovista kierrätetään. Hieman suurempi osa hyödynnetään energiana ja valtaosa päätyy kaatopaikalle tai luontoon. Suomalaisten kotitalouksien arvioidaan tuottavan henkilöä kohden keskimäärin noin 15 kiloa muovijätettä vuodessa (Yle, 2020). Vastauksena muovien käytön ja kierrätyksen ongelmaan, Ympäristöministeriö on lanseerannut loppuvuodesta 2018 Suomen Muovitekartan laajan sidosryhmätyön tuloksena. Muovitekartassa ehdotetaan useita toimia muovin vähentämiseen, uudelleenkäyttöön, kierrätykseen ja korvaamiseen (Kosonen ja Varis, 2018).

Taulukossa 1 on esitetty eri muovityyppien sovelluskohteita rakentamisessa. Muovin käyttö rakentamisessa on ollut kannattavaa, koska muovi edesauttaa rakennuksen fyysistä terveyttä mm. hyvällä kosteuden ja kaasujen eristyskyvyllään (Schiavoni ym. 2016). Muovia käytetään monissa rakennustuotteissa ja materiaaleissa, kuten lattioissa, ikkunoissa, eristystuotteissa, putkissa, johdoissa ja kalusteissa. Muovia käytetään siis rakennustuotteissa niiden materiaalina, ja lisäksi etenkin kalvomuovia käytetään myös rakennusmateriaalien pakkaamiseen ja suojaamiseen sekä työnaikaisiin suojauksiin työmaalla.

Taulukko 1. Muovityypit ja niiden käyttökohteet rakentamisessa (Awoyera ja Adesina, 2020)

| Muovityypit | Fyysiset ominaisuudet | Soveltaminen rakentamisessa |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------|
| HDPE | Jäykkä | Pöytä, tuolit, muovinen puutavara |
| LDPE | Joustava | Tiilet ja palat |
| PP | Kova ja joustava | Kiviainekset asfalttiseoksessa |
| PS | Kova ja hauras | Eristysmateriaali |
| PET | Kova ja joustava | Kuidut sementtikomposiiteissa |
| PC | Kova ja joustava | Kiviainekset sementtikomposiiteissa |

Rakentamisessa käytetty muovin määrä riippuu merkittävästi rakennustyyppistä, tuotteista ja työvaiheista. Esimerkiksi Monahan ja Powell (2011) arvioivat muovin käytön olevan mallitalotutkimuksessaan 7,4 kg / m². Häkkinen ym. (2019) arvioivat muovimäärää ja -tyyppisiä betoni- ja puurakennuksissa sekä päiväkodeissa. Heidän löydöksensä osoittivat muovimäärän vaihtelevan välillä 6 - 28 kg / m².

Jeffrey esitti vuonna 2011, että noin 1 % koko rakentamisen ja purkamisen jätteestä on muovia (Jeffrey 2011). Taulukossa 2 on esitetty EU:ssa rakentamisen tuottaman muovijätteen kokonaismäärä vuonna 2018 (Plastic Europe, 2019). Vaikka rakennusalalla käytetään useita erityyppisiä muoveja, rakennusjätteissä niistä yleisimpiä ovat PVC, PE-HD, EPS sekä PP.

Taulukko 2. Rakennusmuovijätteen määrä EU:ssa vuonna 2018 (kt) (Plastic Europe, 2019)

| Muovityyppi | Jätteen kokonaismäärä | Kierrätys ja energiakäyttö | Hävittäminen ja kaatopaikat |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| PE-LD | 90 | 70 | 20 |
| PE-HD | 225 | 164 | 61 |
| PP | 130 | 95 | 35 |
| PS | 30 | 21 | 9 |
| EPS | 140 | 95 | 45 |
| PVC | 910 | 683 | 228 |
| Muut | 235 | 172 | 63 |
| Yhteensä | 1760 | 1300 | 461 |

2.2 Kalvomuovit ja niiden käyttö rakentamisessa

Kalvomuovin kysyntä kasvaa maailmanlaajuisesti. Vuonna 2015 kalvomuovien kysynnästä Aasian osuus oli 40 % ja Länsi-Euroopan ja Pohjois-Amerikan osuudet noin 18 % (Statista, 2015). Kalvomuoveja voidaan valmistaa useista eri polymeereistä (Polymerdatabase, 2021). Rakentamisessa merkittävimpiä ovat kuitenkin PE-HD, PE-LD ja PE-LLD (Headley Pratt Consulting, 1996; Polymerdatabase, 2021).

Kalvomuovin kasvava kysyntä liittyy sen erilaisiin sovelluksiin. Pohjimmiltaan sovellukset voidaan jakaa pakkaamiseen ja muihin kuin pakkaussovelluksiin. Merkittävä osa kalvomuovista käytetään pakkauksissa. WRAP:n (2016) mukaan kalvomuovit vastasivat noin 34 % pakkauksista Iso-Britanniassa vuonna 2014.

Pakkaukset voidaan jakaa primääri-, sekundääri- ja tertiäripakkauksiin. Itse tuotetta suojaavaa kalvomuovia kutsutaan ensisijaiseksi (primääri) pakkaukseksi. Kun kalvomuovi auttaa pitämään useat pakkaukset yhdessä, puhutaan toissijaisesta (sekundääri) pakkauksesta (Hellström ja Sagir 2007; Horodytska ym. 2018). Tertiäripakkaus puolestaan kattaa kuljetuksissa käytettävän kalvomuovin, jonka tavoitteena on pitää lava tai muu jakeluyksikkö suojattuna ja ehjänä. Rakentamisessa melkein kaikki tuotteet pakataan sekä ensisijaisesti että toissijaisesti kalvomuovilla.

Muutamissa tutkimuksissa on analysoitu rakennushankkeiden pakkausjätettä ja sen osana muovipakkausjätettä. Tarkastellut jätteet sisältävät yleensä pahvia, puuta ja muovia (BRE Group Company, 2005; Pericot ym., 2014; Pericot ja Merino, 2011; Selke ja Culter, 2016). Pericot ja Merino (2011) tarkastelivat pakkausjätteiden määrää kolmessa espanjalaisessa asuntohankkeessa (Taulukko 3).

Taulukko 3. Eri pakkausjätteiden määrät asuntorakennuskohteissa (Pericot ja Merino 2011)

| Kohde | Pahvi | | Muovi | | Puu | |
|-------------------------------|--------------|----------------------------|-------------|----------------------------|---------------|----------------------------|
| | Paino (kg) | Tilavuus (m ³) | Paino (kg) | Tilavuus (m ³) | Paino (kg) | Tilavuus (m ³) |
| I (100 asuntoa) | 2887 | 67,31 | 1691 | 34,73 | 74832 | 958,6 |
| II (118 asuntoa) | 4039 | 88,25 | 2320 | 46,25 | 104457 | 1225 |
| III (112 asuntoa) | 4823 | 71,15 | 2236 | 42,59 | 99823 | 1168 |
| Yhteensä (330 asuntoa) | 11750 | 226,7 | 6249 | 123,6 | 279113 | 3352 |

Pericotin ja Merinon (2011) esittämän aineiston perusteella muovipakkausjätteen määrä keskikokoisessa asuinkerrostalokohteessa (noin 8 kerrosta, reilut 100 asuntoa) on keskimäärin noin 1700-2300 kg eli noin 0,127 kg / m². He mainitsivat lisäksi, että suurin osa muovipakkausjätteistä oli kalvomuovia, joita käytettiin mm. kuormalavojen pakkauksissa. Muovien lähdettä tuotteittain ei tarkasteltu yksityiskohtaisesti, mutta elementit olivat yksi merkittävä pakkausjätteen lähde rakennusprojekteissa.

Myöhemmin Pericot ym. (2014) tutkivat pakkausjätteen määrää kymmenessä betonirakenteisessa asuinkerrostalokohteessa. Taulukossa 4 esitetään keskimääräiset pakkausjättemäärät rakennusvaiheittain.

Taulukko 4. Pakkausjätteet eri rakennusvaiheissa (Pericot ym. 2014)

| Rakennusvaiheet | Pahvi | | Muovi | | Puu | |
|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| | Paino (kg/m ²) | Tilavuus (l/m ²) | Paino (kg/m ²) | Tilavuus (l/m ²) | Paino (kg/m ²) | Tilavuus (l/m ²) |
| Maatyöt | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0,01 |
| Perustukset | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Runkorakenteet | 0,01 | 0,02 | 0,12 | 0,19 | 0,33 | 0,3 |
| Julkisivut | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,1 | 0,6 | 2,21 |
| Väliseinärakenteet | 0,01 | 0,02 | 0,12 | 0,19 | 0,64 | 0,59 |
| Talotekniikka | 0,88 | 1,18 | 0,01 | 0,02 | 0,13 | 0,12 |
| Eristeet ja kosteudensulku | | | 0,07 | 0,12 | | |
| Katot | 0,02 | 0,03 | 0,04 | 0,07 | 0,05 | 0,05 |
| Kalusteet ja viimeistelyt | 0,25 | 0,34 | 0,1 | 0,17 | 0,15 | 0,13 |
| Telelaitteet | 0,05 | 0,07 | | | | |
| Ulkotilat ja uima-altaat | 0,01 | 0,01 | 0 | 0 | 0,02 | 0,02 |
| Yhteensä | 1,26 | 1,71 | 0,52 | 0,86 | 1,93 | 3,43 |

Pericot ym. (2014) mukaan muovipakkausjätettä syntyy eniten runkorakentamisessa (n. 23 %), väliseinätöissä (n. 23 %) ja kalustuksessa ja viimeistelytöissä (n. 19 %). Aikaisemman tutkimuksen (esim. Pericot ja Merino, 2011; Jang ym., 2020) mukaisesti he mainitsevat myös, että suurin osa muovipakkausjätteistä on kuormien suojauksessa käytettävää kalvomuovia.

Vaikka edellä mainituissa tutkimuksissa on arvioitu kalvomuovijätettä rakentamisessa, tutkimusten ensisijainen painopiste ei ole ollut kalvomuovijätteessä vaan muovipakkauksissa yleisesti. On myös epäselvää, miten hyvin Etelä-Euroopassa saadut tulokset ovat sovellettavissa Suomen ja muiden Pohjoismaiden oloihin. Tutkimuksissa ei ole myöskään mukana työmaalla lisätyt suojaukseen käytetyt kalvomuovit, jotka ovat osa Suomen green deal-sopimusta. Kalvomuovien määritelmässä voi esiintyä myös eroja. Hanny (2002) selittää, että merkittävä osa pakkausmuovijätteistä sisältää myös kovamuoveja, erityisesti sekundääripakkauksissa, esim. laatikoita ja kuljetuslavoja.

Suomessa tehty tutkimus kalvomuovijätteen määrästä on toistaiseksi ollut vähäistä. Ronkanen (2016) tutki diplomityössään rakennusjätteen koostumusta. Tuloksena erilaisista saneeraus- ja uudisrakennuskohteista oli, että noin 5,9 % kaikesta jätteestä oli jatkokäyttöön soveltuvia kalvomuoveja. Tuloksissa on kuitenkin huomioitava, että kohteet painottuivat sisävalmistusvaiheen remonttitöihin, joista syntyy paljon pakkausmuoveja mutta vähemmän muita raskaita jätejakeita.

Liikanen ym. (2018) totesivat tutkimuksessaan, että kalvomuovi muodostaa noin 4 % rakennustyömaan rakennusjätteestä. Tutkimuksessa ei kuitenkaan tarkemmin eritellä kohteiden ominaisuuksia tai rakennusjätteen osuutta hankkeiden kokonaisjättemäärästä.

Kuten Taulukosta 5 ilmenee, kalvomuovijätettä syntyy melkein kaikissa työvaiheissa, kuten perustuksissa, runko- ja vesikattorakentamisessa ja sisävalmistusvaiheissa. Tarkempaa mallinnuksen mahdollistavaa määrällistä tutkimusta ei kuitenkaan ole Suomessa tehty.

Taulukko 5. Rakentamisessa käytetty kalvomuovi (Ramboll, 2020; Talo, 2000)

| Työvaiheet | Tehtävät | Tuotteet (esimerkit) |
|--------------------|--|--|
| Perustukset | lämmöneristystyö, vedeneristetyö | Maarakennuskankaat ja -muovit |
| Runko ja vesikatto | vesikattotyö, ikkuna- ja oviaasennus | Vesikatetuotteet, Muovikermikatteet, Muovi- ja laminaattilevyt, Vesikattoelementit |
| Sisävalmistusvaihe | väliseinätyö, parketti- ja mattotyö, kalusteasennus, LVIS-työt, kodinkoneasennus | LVI siirto- ja asennustuotteet |

2.3 Kalvomuovijätteen keräysmenetelmät

Pericot ja Merino (2011) ehdottavat erilaisia jätehuoltostrategioita muovipakkausjätteiden vähentämiseksi rakennusalalla. Ehdotukset sisältävät esimerkiksi syntypaikkajittelun jätelajikohtaisen säiliön avulla ja tuotteen pakkaamisen siihen asti, kunnes se on tarkoitus käyttää. Heidän mukaansa tämä auttaisi pitämään tuotteen paremmassa kunnossa ja estää sitä mm. mahdollisilta pakkausvaurioilta. Lisäksi puristimia voitaisiin käyttää muovin tilatarpeen vähentämiseen ja jätehuoltokoulutusta tulisi tarjota työmaan henkilöstölle.

Eri maissa on käytössä erilaisia strategioita rakentamisen jätteiden, ja myös kalvomuovijätteiden, keräämiseksi. Esimerkiksi Yhdysvalloissa käytetään kahden tyyppisiä keräysmenetelmiä: Yhden virran menetelmä, jossa kaikki kierrätettävät jätteet (esim. paperi, lasi, muovit ja metalli) kerätään samaan astiaan, ja kaksivirtaiset menetelmät, joissa kierrätettävä jäte kerätään kahteen astiaan, joista toiseen mm. muovi, lasi ja metalli (Cimpan ym. 2015). Vaikka monivirtaisella prosessilla voidaan kerätä muovista erikseen, kalvomuovia erotetaan muusta muovista harvoin (Horodytska ym. 2018).

EU:ssa jotkut jäsenvaltiot ovat ottaneet yleisesti käyttöön erityiset kalvomuovijätteen keräysstrategiat. Jopa näissä maissa kalvomuovi kerätään usein silti muun muovin seassa. Taulukossa 6 esitetään EU-maita, jotka ovat ottaneet käyttöön erillisiä kalvomuovien keräysstrategioita.

Taulukko 6. Muovikalvojen keräysjärjestelmät Euroopan maissa (Cimpan ym. 2015; Seyring ym. 2015; Horodytska ym. 2018)

| Kalvomuovien keräysmenetelmät | EU-maat |
|--|---|
| Sekoitettu joustavan ja kovan muovin keräys | Itävalta, Alankomaat, Saksa, Slovenia, Unkari, Ruotsi, Espanja, Portugali, Ranska |
| Jäykät muovit ja kalvomuovit kerätään erikseen | Italia |
| Muovikalvot (PE) kerätään erikseen | Iso-Britannia |
| Kalvomuovit kerätään muiden kierrätysmateriaalien yhteydessä | Irlanti |

Esimerkiksi Iso-Britanniassa kulutetaan 1,1 miljoonaa tonnia muovikalvoa vuodessa. Tämä on noin 44 % kaikista muovipakkauksista. Kaksi pääasiallista reittiä kotitalouksien muovikalvojen keräämiseksi ovat myymälöiden kierrätyspisteet (FOSR), jotka sijaitsevat yleensä suuremmissa supermarketeissa ja paikallisten viranomaisten kierrätysjärjestelmät. Myymälöiden kierrätyspisteet tarjoavat paljon vaihtoehtoja, joten paikalliset viranomaiset edistävät voimakkaasti niihin perustuvaa järjestelmää (WRAPa, 2016).

Rakennustyömaan pakkausmuovijätteen arvioimiseksi Pericot ja Merino (2011) käyttivät SMARTAudit-nimistä työkalua, jossa jäte kvantifioitiin ja luokiteltiin sen lähteen, tyypin, syyn ja kustannusten mukaan. Tässä prosessissa koulutetut havainnoitsijat arvioivat sekajätessäiliön jättemääriä ja laatuja rakennustyömaalla. Mittauksia tehtiin jopa viisi kertaa saman päivän aikana. He suosittelevat erillisen pakkausmuovijätessäiliön sijoittamista työmaalle asianmukaisen jätehuollon varmistamiseksi.

Kokonaisuudessa, muovikalvojäätteen kerääminen työmaalta ei ole helppo tehtävä. Työmaa tulisi varustaa erilaisilla keräysastioilla, mikä ei ole aina kannattavaa. Erilliskeräys voi kohdata useita haasteita, joita ovat mm. työmaan kiire, tilan puute, työntekijöiden asenne ja puutteellinen opastus jätteiden lajitteluun (Ympäristöministeriö, 2020). Vaikka kalvomuovin kerääminen on aikaa vievää ja aiheuttaa lisätyötä, on nettokustannusvaikutus arviolta neutraali tai jopa positiivinen alentuneiden jätemaksujen takia (Ramboll, 2020).

2.4 Kalvomuovin kierrätys

Rakennustyömaiden kalvomuovien kierrätysaste on edelleen hyvin alhainen (Horodytska ym. 2018). Kalvomuovi, erityisesti kulutuksen jälkeinen muovi, aiheuttaa monia teknisiä haasteita kierrätysprosessissa, koska muovit ovat usein likaisia, värillisiä ja heikkokuntoisia. Täten talteen otettua kalvomuovia voidaan usein käyttää vain melko alhaisen jalostusarvon tuotteiden valmistamiseen (Drobny, 2007; RSE, 2013). Näistä syistä Snyder (2016) korostaa tarvetta kehittää erityistä kalvomuovien kierrätysteknologiaa, joka soveltuu hyödyntämään erilaatuisia kalvomuoveja.

Kalvomuovijätteen jatkohyödyntämisessä yleisimpiä menetelmiä ovat keräys ja hyödyntäminen energiana. Taulukossa 7 esitetään kalvomuovien kierrätyksessä nykyisin yleisesti käytetyt menetelmät. Teollisuuden prosessien jälkeiset kalvomuovijätteet ovat yleensä puhtaita, homogeenisia ja ne koostuvat yhdestä ainoasta polymeerityypistä, joka on suhteellisesti helpompi kierrättää kuin kuluttajan tai työmaan prosessien jälkeinen sekalainen kalvomuovijäte. Viimeisin jätelainsäädäntö kieltää muovien kaatopaikalle sijoittamisen.

Taulukko 7. Tekniikat kalvomuovien kierrätykseen (Horodytska ym. 2018; Mark, 2021; Sorema, 2021)

| Kalvomuovi-jätteen tuottaja | Tekniikka | Selite |
|------------------------------------|--------------------------|---|
| Teollinen prosessi | Uudelleen pursotus | Muovi sulatetaan ja rakeistetaan uudelleen |
| | Tavanomainen kierrätys | Jauhaminen, pesu, kuivaus, uudelleenrakeistus |
| | Pursotus kaasunpoistolla | Kaasun poistaminen pursotusprosessin aikana |
| | Hyödyntäminen energiana | Energian tuottaminen polttamalla lämmöksi |
| Käyttäjä (esim. työmaa) | Perinteinen | - |
| | Kemiallinen kierrätys | Kemiallisesti muovijätteen käsittely raaka-aineeksi |
| | Hyödyntäminen energiana | Energian tuottaminen polttamalla lämmöksi |
| | Kaatopaikat | Muovijätteen loppusijoittaminen kaatopaikalle |

3 Kalvomuovijätteen tiedonkeruun vaihtoehdot

Tämän tutkimuksen empiiristä tiedonkeruuta varten on valittu viisi tutkittavaa asuinkeuhkaloalohanketta. Hankkeet valittiin siten, että kalvomuovijätteen määriä oli mahdollista seurata rakentamisen alusta loppuun sekä jäteraportoinnin että työmailla tehtävän havainnoinnin avulla.

Tässä tutkimuksessa olemme suunnitelleet kerätä kalvomuovien määrää ja laatua työmaalta kahdella vaihtoehtoisella tavalla: 1) mittaamalla tuotetoimitusten mukana työmaalle tulevaa primäärin, sekundäärin ja tertiäärin kalvomuovin määrää sekä työmaalla lisättyä kalvomuovia ja 2) mittaamalla työmaalta poisvedyn erilliskerätyn kalvomuovijätteen määrää. Ensimmäistä kutsumme ns. input-menetelmäksi ja toista ns. output-menetelmäksi.

3.1 Työmaalle tulevan ja työmaalla lisätyn kalvomuovin mittaaminen

Tässä vaihtoehdossa tunnistetaan ensin työmaalle toimitettavat tuotteet, jotka sisältävät merkittäviä määriä pakkauksissa ja suojuuksissa hyödynnettyä kalvomuovia. Jo toteutetuista hankkeista nämä kalvomuovin lähteet voidaan tunnistaa työjohdolle osoitetulla kyselyllä, jossa he merkitsevät esim. Talo 2000 -tuotenimikkeistön mukaisesti 10 merkittävintä kalvomuovijätettä aiheuttavaa rakennustuotetta. Usealle yritykselle ja työnjohtajalle osoitetun kyselyn perusteella voidaan puolestaan tunnistaa yleisimmät kalvomuovijätettä synnyttävät tuotteet. Meneillään olevassa rakennushankkeessa kalvomuovin aiheuttajia voidaan vaihtoehtoisesti tunnistaa sitä mukaa kun työmaa etenee ja tuotteita toimitetaan työmaalle.

Kalvomuovin lähteen tunnistamisen jälkeen mitataan tai muutoin selvitetään pakkauskohtaisen kalvomuovin määrä esim. punnitsemalla tai tiedustelemalla määrää tuotetoimittajalta. Pakkauskohtainen määrä kerrotaan tämän jälkeen hankkeen määräluettelosta saatavalla tuotteen kokonaismäärällä jaettuna käytetyllä pakkauskoolla. Tuotteisiin kytkeytyvien pakkausmuovien lisäksi tulee tehdä työmaahavaintoja suojuuksissa käytetyistä muoveista. Nämä koskevat esim. ikkunoiden suojausta tai erilaisia osastoiteja sisätyöväihteissä.

3.2 Erilliskerätyn kalvomuovijätteen mittaaminen

Tässä vaihtoehdossa kalvomuovijätteet kerätään erikseen työmaalla ja toimitetaan punnittavaksi jätehuoltotoimijalle. Kalvomuovimäärää seurataan jäteoperaattoreiden raporttien ja työmaalla tapahtuvan havainnoinnin ja mittaamisen perusteella. Työmaavierailujen aikana kalvomuoviastioiden lisäksi arvioidaan myös mm. energia- ja sekajätteeseen päätyntä kalvomuovin määrää, jotta voidaan määrittää väärin lajitellun

muovin määrää. Vierailut ja havainnointi tulee järjestää jätteiden noudon kanssa tahdistetusti siten, että merkittäviä jätemääriä ei poistu työmaalta ennen astioiden havainnointia.

Kalvomuovijätteen määrän mittaaminen erilliskeräyksellä (output-menetelmä) tuottaa parhaassa tapauksessa vaivattomasti tarkkaa tietoa kalvomuovijätteen todellisesta määrästä. Haasteena voi kuitenkin olla, että työmaan käytännöistä ja sitoutumisasteesta riippuen kalvomuovia voi päätyä merkittäviä määriä muihin jätejakeisiin ja näitä määriä ei pystytä tarkasti arvioimaan. Menetelmä vaatii ylipäänsä kalvomuovin erilliskeräystä, joka lisääntyneestä ympäristötietoisuudesta huolimatta on edelleen melko harvinaista asuinkerrostalorakentamisessa. Tilaajat, rakennuttajat ja pääurakoitsijat ovat isossa roolissa erilliskeräyksen yleistymisessä.

Mittaaminen työmaalle tulevista tuotteista (input-menetelmä) on työläämpää, mutta mahdollistaa varmemmin koko kalvomuovimäärän kartoituksen, jos yhteistyö työmaan ja tutkijoiden välillä toimii saumattomasti. Menetelmää voidaan hyödyntää myös työmailla, joissa esim. tilanpuutteen tai jo tehtyjen aliurakointisopimusten takia ei pystytä järjestämään kalvomuovin erilliskeräystä. Työmäärän lisäksi haasteena menetelmässä voi olla saada kaikki tuotteista riippumaton kalvomuovijätteen määrä kerättyä. Esim. asennusmuovin leikkuujätteestä tai työntekijöiden ruokapakkauksista voi syntyä kierrätettävää kalvomuovia, jota ei tällä menetelmällä saada tunnistettua.

Lähteet

- Awoyera, P. and Adesina, A. (2020). Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. *Case Studies in Construction Materials*, 12.
- BRE Group Company (2005). Establish Tonnages and cost effectiveness of collection of construction site packaging waste. The waste and resources action programme. Building Research Establishment (BRE), Oxon, United Kingdom.
- Cimpan ym. (2015). Central sorting and recovery of MSW recyclable materials: A review of technological state-of-the-art, cases, practice and implications for materials recycling. *Journal of Environment Management*, 156, pp. 181–199.
- Drobny (2007). Recycling of thermoplastic elastomers J.G. Drobny (Ed.), *Handbook of Thermoplastic Elastomers*, William Andrew Publishing. Norwich, NY.
- European Plastics Pact (2019). Towards the circular plastic economy, Brussels.
- Geyer, R., Jambeck, J.R., Law, K.L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made, *Science Advances*, 3 (7). Saatavilla: <http://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782/tab-pdf>.
- Häkkinen, T., Kuittinen, M., and Vares, S. (2019). *Plastics in buildings*. Ministry of Environment, Helsinki.
- Hannay, F. (2002). Rigid plastics packaging - materials, processes, and applications. *Rapra Review Reports*, 13 (7).
- Headley Pratt Consulting (1996). Understanding plastic film: Its uses, benefits and waste management options. Saatavilla: <https://plastics.americanchemistry.com/Understanding-Plastic-Film/>
- Hellström, D. and Sagir, M. (2007). Packaging and Logistics Interactions in retail supply chains. *Packaging Technology and Science*, 20, pp. 197–216.
- Horodytska ym. (2018). Plastic flexible films waste management – A state of art review. *Waste Management*, 77, pp. 413–425.
- Jang, ym. (2020). Recycling and management practices of plastic packaging waste towards a circular economy in South Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 158.
- Jeffrey, C. (2011). *Construction and Demolition Waste Recycling: A Literature Review*.
- Kosonen, H. and Varis, T. (2018). Reduce and refuse, recycle and replace: A plastic roadmap for Finland. Helsinki.
- Liikanen ym. (2018). Rakennusjätteen koostumustutkimus – Etelä-Karjala. Lappeenrannan Teknillinen Yliopisto, tutkimusraportit.
- Mark, B. (2021). The ashley plastics renewal facility. Saatavilla: <https://www.brightmark.com/work/ashley-plastics-renewal-facility/>
- Material Economic (2018). *The Circular Economy - a powerful force for climate mitigation. Transformative innovation for prosperous and low-carbon industry*. Helsinki.
- Mikkonen et al. (2020). *Rakentamisen muovit green deal -sopimus*. Helsinki.
- Monahan, J. and Powell, J. C. (2011). An embodied carbon and energy analysis of modern methods of construction in housing: A case study using a lifecycle assessment framework.

Energy and Buildings, 43(1), pp. 179–188.

Muoviteollisuus ry (2021). A versatile industry with limitless possibilities. Saatavilla: <https://www.plastics.fi/eng/home/> [5.5.2021].

Naderifar ym. (2017). Snowball sampling: a purposeful method of sampling in qualitative research. *Strides Development of Medical Education*, 14(3), pp.

Napier (2016). Construction waste management. U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Research and Development Center / Construction Engineering Research Laboratory, WBDG.

Pericot ym. (2014). Production patterns of packaging waste categories generated at typical Mediterranean residential building worksites. *Waste Management*, 34(11), Pp. 1932–1938.

Pericot, N.G. and Merino, M.D.R (2011). Management of waste from packaging of construction materials in building construction works. *Construction and Building Technology*, 5, pp. 149–155.

Piispa, P. (2019). Muovi on arvokas materiaali- rakentamisen muovitiekartan toteutus, ARA – ledessä, syyskuu.

Plastic Europe (2019). Overview plastic waste from building & construction by polymer type and by recycling, energy recovery and disposal – 1. Saatavilla: https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/5730/5565/BC_Table.pdf [5.5.2021].

Plastic Europe (2020). Production of plastics worldwide from 1950 to 2019 (in million metric tons). Saatavilla: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>

Polymer database (2021). Polymer Properties Database. Saatavilla: http://polymerdatabase.com/Films/Plastic_Films2.html [5.5.2021].

Ramboll (2020). Kalvomuovien erilliskeräyksen työmaaopas: muovitiekartta suomelle. Ympäristöministeriö, Helsinki.

RSE (2013). Analysis of Flexible Film Plastics Packaging Diversion Systems. Reclay stewardedge: Product stewardship solutions.

Ronkanen, M. (2016) Rakennus- ja purkujätteen lajittelun kehittäminen. Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto.

Ruuska, A., and Häkkinen, T. (2015). The significance of various factors for GHG emissions of buildings. *International Journal of Sustainable Engineering*, 8(4–5), pp. 317–330.

Schiavoni et al. (2016). Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, pp. 988–1011.

Selke, S.E.M. and Culter, J.D. (2016). *Plastics Packaging: properties, processing, applications, and regulations* (3rd edition), Hanser Publications.

Seyring ym. (2015). Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU Final report. European Commission.

Snyder, M. (2016). Area of specialization. Recycling plastic film requires specialized technology. *Recycling today*. Saatavilla: <https://www.recyclingtoday.com/article/area-of-specialization> [5.5.2021]

Sorema (2021). Plastic film recycling. Saatavilla: http://sorema.it/en_US/applications/plastic-film-recycling [5.5.2021].

Statista (2015). Distribution of plastic film demand worldwide in 2015, by region. Saatavilla:

<https://www.statista.com/statistics/687484/plastic-film-volume-shares-worldwide> [6.5.201].

Talo 2000 (2000). Talo 2000 rakennustuotenimikkeistö. Saatavilla:
https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2lh5ORz/U93r9aP09/Talo2000_nimikkeisto_yleisseloste_Rakennustuotenimikkeisto.pdf.

WRAP (2016). Plastic market situation report.

WRAPa (2016). Collection and Recycling of Household Plastic Film Packaging, UK.

Yle (2020). Thursday's papers: Birth rate hope, good jobs and Finland's war on plastic. Yle news. 30 January. Saatavilla:
https://yle.fi/uutiset/osasto/news/thursdays_papers_birth_rate_hope_good_jobs_and_finlands_war_on_plastic/11183714

Yle (2021). Report: Majority of sorted plastic waste incinerated. Yle news. 5.4.2021. Saatavilla:
https://yle.fi/uutiset/osasto/news/report_majority_of_sorted_plastic_waste_incinerated/11870449

Ympäristöministeriö (2020). Rakentamisen muovit -työpajasarja 2020. Lahti.

Ympäristöministeriö (2020a). Rakentamisen muovit -muovitiekartta suomelle. Helsinki.