

Infrastruktuurirakentamisessa käytettävien muovilaatujen korvaaminen kierrätettävyydeltään ja hiilijalanjäljeltään paremmilla valinnoilla

Suvi Jaakola



Kaupunkiympäristön julkaisuja 2020:27

Infrastruktuurirakentamisessa käytettävien muovilaatujen korvaaminen kierrätettävyydeltään ja hiilijalanjäljeltään paremmilla valinnoilla

Suvi Jaakola



Tämän opinnäytetyön tuottamiseen on saatu rahoitusta Euroopan unionin LIFE-ohjelmasta. Tämän opinnäytetyön sisältö edustaa ainoastaan CANEMURE-projektin näkemyksiä ja EASME/Komissio ei ole vastuussa opinnäytetyön sisältämän informaation mahdollisesta käytöstä.

Kannen kuva | Maija Astikainen / Helsinki Marketing
Julkaisija | Helsingin kaupunki / Kaupunkiympäristön toimiala
ISBN | 978-952-331-827-4
ISSN | 2489-423

Sisällys

TIIVISTELMÄ: KATSAUS MUOVIEN KÄYTÖN KEHITYSSUUNTIIN HELSINGIN INFRATYÖMAILLA.....	2
JOHDANTO	11
1.1 Infrastruktuurirakentaminen ja ympäristö	11
1.2 Kestävä muovitalous.....	12
1.3 Infrarakentamisen muovien kasvihuonekaasupäästöt	16
1.4 Rakentamisen muovit ja niiden kierrätettävyys	22
1.4.1 PVC:n kierrätys Suomessa	25
1.4.2 HDPE:n kierrätys Suomessa.....	26
1.5 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset	27
TUTKIMUKSEN TOTEUTUS	29
1.6 Infratyömaiden muovien määrien ja laatujen selvitys.....	29
1.7 Muovimateriaalien valinta lähempään tarkasteluun	31
1.8 Muovimateriaalien vertailudatan kerääminen.....	32
TULOKSET	34
1.9 Infratyömaiden muovien määrät ja laadut.....	34
1.10 Kaapelinsuojaputkien materiaalivertailu	36
1.10.1 Laatu ja jäykkyys	36
1.10.2 Uusiomuovin käyttö	36
1.10.3 Biopohjaisen muovin käyttö	37
1.10.4 Kierrätettävyys.....	38
TULOSTEN TARKASTELU.....	41
JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET	46
LIITTEET.....	50

Tiivistelmä: Katsaus muovien käytön kehityssuuntiin Helsingin infratyömailla

Muovit ovat tärkeitä materiaaleja rakentamisessa niiden pitkäikäisyyden, kestävyiden ja keveytensä ansiosta. Muovien käyttöä pitäisi kuitenkin saada kestävämmälle pohjalle, koska niitä valmistetaan pääasiassa fossiilisista lähteistä peräisin olevista materiaaleista, kuten öljystä. Lisäksi niitä päätyy tarpeettomasti luontoon, jossa ne aiheuttavat vahinkoa erilaisille eliölajeille ja ekosysteemeille (Jambeck ym. 2015; Barnes ym. 2018). Kansainväliset ja kansalliset kiertotalouden strategiat pyrkivät edistämään muovien kierrätystä ja niiden resurssiviisasta käyttöä. Samalla pyritään vähentämään fossiilisten neitseellisten raaka-aineiden käyttöä, sillä kierrätettyä muovimateriaalia on mahdollista hyödyntää yhä uudelleen esimerkiksi uutena muovituotteena. Euroopan unionin strategia muoveista kiertotaloudessa edistää muovituotteiden suunnittelussa ja tuotannossa uudelleenkäytön, korjauksen ja kierrätyksen tarpeita. Lisäksi strategian tavoitteena on kehittää kestävämpiä materiaaleja ja edistää niiden käyttöä. Strategian taustalla ovat tavoitteet Pariisin sopimuksen ja Agenda 2030 noudattamisesta (Euroopan Komissio 2018).

Myös Suomessa on kehitetty kansallinen muovitiekartta, jonka kymmenen eri osa-aluetta edistävät kestävää muovitaloutta (Ympäristöministeriö 2018). Muovitiekartan slogan ”Vältä, vähennä, kierrätä ja korvaa” tiivistää muovitiekartan tavoitteet kestävälle muovitaloudelle. Muovitiekartan yksi toimenpiteistä on parantaa muovin tunnistamista rakennuksissa sekä muovijätteen lajittelua työmailla. Suomessa vastuu rakennustyömailta tulevasta muovijätteen lajittelusta on jätteen tuottajalla. Jos rakennustyömaalla halutaan kierrättää muovijätteitä, kaikkia rakennustyömaiden muoveja ei voida laittaa samaan jäteastiaan, kuten esimerkiksi kotitaloudet tekevät pakkausmuoveille, vaan muovit tulisi lajitella jätteen syntypaikalla muovilaaduittain. Todellisuudesta kertoo se, että selvityksessä haastatellun jätehuoltoyhtiön mukaan Suomessa ei ole sellaista muovinkäsittelylinjastoa, jossa pystyttäisiin lajittelemaan muovilaaduittain rakennustyömailta tulevia isoja muovijätteitä. Näin ollen lajittelun on tapahduttava jo työmaalla.

Jotta muoveja osattaisiin kierrättää oikein, on ensin tunnistettava, mitä muovilaatua ne ovat. Muovien tunnistaminen helpottaa niiden lajittelua oikeisiin lajittelulokeroihin niin rakennus- kuin infratyömailla ja samalla parantaa jatkojalostukseen menevän kierrätysmuovin laatua, kun lokeroissa on vain yhtä muovilaatua. Muovien tunnistamisen ja kierrätyksen edistäminen työmailla on erityisen tärkeää siksi, että rakentamiseen käytetään noin 20 % kaikesta maailman muovista (PlasticsEurope 2018). Samaan aikaan esimerkiksi kaikesta kierrätyskelpoisesta muovimateriaalista (mukaan lukien esimerkiksi elintarvikepakkaukset) kierrätetään tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla vain noin 6 % (Smart & Clean -säätio 2019). Smart & Clean -säätion Kaikki muovi kiertää-kokonaisuuden tavoite on saada nostettua pääkaupunkiseudun muovien kierrätysaste 60-70 prosenttiin. Rakennus- ja infratyömaiden muovien kierrätyksellä on tässä oma osansa tehtävänä. Tämän lisäksi myös Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2008/98/EY tavoitteena oli saada kierrätettyä 70 painoprosenttia kaikesta rakennus- ja purkujätteestä vuoteen 2020 mennessä. Muovin osalta tähän ei päästy, joten uusien ratkaisujen etsiminen muovien kierrätyksen edistämiseksi on paikallaan.

Myös Helsingin kaupunki on mukana muovin kierron edistämisessä. Helsingin kaupunki on Smart & Clean -säätion kumppani ja sitoutunut Kaikki muovi kiertää -kokonaisuuteen ja sen tavoitteisiin. Kaikki muovi kiertää -kokonaisuudessa Helsingin kaupunki on sitoutunut kehittämään hankintoja niin, että niissä otettaisiin mukaan muovin kierrätettävyyden ja kierrätysasteen. Muovin käytön vähentämiseen ja kierrätysmuovin käytön lisäämiseen pureudutaan myös Helsingin kaupungin uudessa kierto- ja jakamistalouden tiekartassa, jonka yhtenä toimenpiteenä on infrarakentamisen muovisten suodatinkankaiden käytön vähentäminen. Lisäksi ympäristöpalveluiden koordinoimassa Canemure-hankkeessa pyritään hankintojen kautta etsimään vaihtoehtoja neitseelliselle, fossiiliselle muoville.

Selvityksen tarkoitus

Tämän selvityksen tarkoituksena oli tutkia, mitä muovilaatuja infrastruktuurirakentamisessa nykyään käytetään ja voidaanko näitä muovilaatuja korvata kierrä-

tettävyydeltään ja hiilijalanjäljeltään paremmilla valinnoilla. Selvityksen tarkoituksena oli muun muassa antaa pohjatietoa infratyömailla käytettävistä muoviladuista ja niiden kierrätettävyyssominaisuuksista. Tätä tietoa voidaan käyttää hyödyksi suunnitellessa muovijätteen lajittelua työmailla ja siinä vaiheessa, kun tuotteita hankitaan työmaalle.

Selvityksen kohteena oli kaksi Helsingin kaupungin infratyömaata: Punakiventien peruskorjaus sekä Myllypurontien ja Yläkiventien välinen kiertoliittymä. Työmailta selvitettiin kuinka paljon ja mitä muovilatuja työmaalle hankittiin, pois lukien pakkausmuovit. Sen jälkeen haastatteleamalla kiertotalouden asiantuntijoita ja jätehuoltoyrityksiä sekä putkienvalmistajia pyrittiin selvittämään, miten hyvin polyvinyylikloridia (PVC) ja korkean tiheyden polyeteeniä (HDPE) pystytään kierrättämään tällä hetkellä. Lisäksi selvitettiin, voidaanko PVC:stä ja HDPE:stä valmistettuja kaapelinsuojaputkia korvata uusiomuoviputkillä tai biopohjaisesta muovista tehdyillä versioilla.

Selvityksen tulokset

Punakiventien peruskorjaustyömaalta ja Myllypurontien ja Yläkiventien välisen kiertoliittymän työmaalta löytyi yhteensä 17 eri materiaalia, jotka olivat joko kokonaan tai osittain muovia. Punakiventien peruskorjaustyömaalta löytyi 14 eri materiaalia ja Myllypurontien ja Yläkiventien väliseltä kiertoliittymätyömaalta seitsemän. Osaa tuotteista, kuten N3 suodatinkangasta löytyi molemmilta työmailta. Työmailla käytettyjä muovimateriaaleja olivat polystyreeni (XPS), polypropeeni (PP), polyvinyylikloridi (PVC), kaksi erilaista polyeteeniä (ristisilloitettu polyeteeni XLPE ja suuritiheksinen polyeteeni HDPE) ja eteenipropeenikumi (EDPM).

Kun muovien määrät ja laadut oli selvitetty, tarkempaan selvitykseen valittiin PVC- ja HDPE-muovi. Jätehuoltoyritysten haastatteluista selvisi, että kierrätykseen menevää PVC-muovimateriaalia myydään tällä hetkellä ulkomaille, jossa siitä jatkojalostetaan uusiomuovimateriaalia. Tämä siksi, koska Suomessa ei ole PVC-kierrätysmuovimateriaalien jatkojalostusmahdollisuutta uusiomuovimateriaaliksi (Pasanen 2019). Sisältämänsä kloorin vuoksi PVC:tä ei suositella myöskään poltettavaksi, sillä se voi vahingoittaa polttolaitoksia (Buekens ja Cen 2011).

Isoja määriä PVC-muovia voidaan tällä hetkellä polttaa vain Fortumin erityispolttolaitoksessa. Näistä syistä PVC-muovia olisi hyvä korvata kaapelinsuojaputkissa kierrätettävyydeltään paremmilla vaihtoehdoilla, kuten esimerkiksi HDPE-muovilla.

Jätehuoltoyhtiöiden haastatteluista selvisi myös, että HDPE-muovia pystytään kierrättämään ja jatkojalostamaan uusiomuoviraaka-aineeksi Suomen sisällä. Putkenvalmistajien mukaan HDPE-uusiomuovigranulaattia voidaan käyttää putkenvalmistuksessa neitseellisen materiaalin tilalla. HDPE-uusiomuovigranulaatin käyttö putkenvalmistuksessa vähentää putken valmistuksen aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä (Alsadi 2019). HDPE-muovin käyttö PVC-muovin tilalla edistää muovin kiertoa kotimaassa.

Putkenvalmistajien mukaan biopohjaisia muoviputkia Suomessa ei vielä ole saatavilla. Tämän vuoksi myöskään jätehuoltoyhtiöillä ei vielä ole kokemusta biopohjaisten muoviputkien kierrätyksestä. Biopohjainen muoviputki olisi toinen hyvä vaihtoehto uusiomuovin rinnalla, sillä se vähentäisi fossiilisen muoviraaka-aineen tarvetta. Biopohjaiset muoviputket valmistetaan uusiutuvasta raaka-aineesta, kuten selluloosasta ja tärkkelyksestä (European bioplastics 2019; Murali ym. 2013).

Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin myös PVC- ja HDPE-putkien valmistuksen aikaisia hiilidioksidipäästöjä. Kirjallisuuskatsauksen perusteella HDPE- ja PVC-muovien valmistamisen hiilidioksidipäästöissä ei ole selviä eroja. Sen sijaan sekä uusiomuovista valmistetut HDPE- ja PVC-putket olivat selvästi vastaavia neitseellisestä muovista valmistettuja putkia vähäpäästöisemmät (Alsadi 2019).

Tutkimuksen kohteena olleita kaapelinsuojaputkia valmistetaan lähinnä PVC- ja HDPE-muovista. Erään putkenvalmistajan mukaan molemmat muovimateriaalit sopivat kaapelinsuojaputken materiaaliksi ja ne sopivat samoihin käyttöoloihin. Toisen putkenvalmistajan mukaan PVC-putkea pidetään kuitenkin tyypillisesti HDPE-putkea laadukkaampana materiaalina, koska PVC-putkessa on parempi pituusjäykkyys ja pienempi kitkavastus kuin HDPE-putkessa. Pituusjäykkyys helpottaa putken asentamista suoraan, jolloin myös kaapeleiden vetäminen putkiin helpottuu. Myös pienempi kitkavastus helpottaa kaapeleiden vetoa putkiin. PVC-

putkessa on myös suurempi sisähalkaisija ja sileä ulkopinta. Sileä ulkopinta helpottaa maan tiivistämistä verrattuna putkiin, joissa on aaltomainen ulkopinta. Näillä tiedoilla kaapelinsuojaputkien materiaalivalintaa olisi tarkasteltava aina tapauskohtaisesti. Tieto siitä, että HDPE-muovi voisi kuitenkin joissain tilanteissa korvata PVC-muovin on siltä kannalta mielenkiintoinen, että näin Helsingin kaupunki pystyisi vähentämään kierrätyksen kannalta ongelmallista muovia. PVC-muovi on kestävä ja hyvä muovi sellaisiin olosuhteisiin, joissa HDPE-muovi ei toimi, mutta turhaa PVC-muovin käyttöä olisi hyvä välttää.

Jätehuoltoyritysten haastattelujen perusteella suurin ongelma muovien kierrossa on muovien lajittelu työmailla. Kokonaisuuden kannalta olisi hyvin tärkeää saada kierrätettyä käytöstä poistetut muoviputket ja muu muovimateriaali. Tällä hetkellä esimerkiksi Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos Staran työmailla muovin kierrätystä materiaalina ei käytännössä ole, vaan muovit laitetaan joko sekajätteeseen tai energijakeeseen (Staran ympäristöasiantuntijan haastattelu 29.5.2020). Näin ollen materiaali ei mene kierrätykseen, vaan energijake menee kierrätyspolttoaineen valmistukseen ja siitä poltettavaksi sekä sekajäte menee loppusijoitukseen. Sekajätteeseen pyritään laittamaan kaikki PVC-muovit ja energijakeeseen muut muovit. Jos muovimateriaalia ei pysty helposti tunnistamaan, muovijäte laitetaan helposti sekajätteeseen.

Staran ympäristöasiantuntijan (haastattelu 29.5.2020) mukaan jätteiden lajittelu infratyömailla riippuu työmaan koosta. Isolle työmaalle tuodaan oma sekajätelava, johon kaikki jäte laitetaan. Pienemmän työmaan kohdalla jätteet viedään Staran omiin ”tukikohtiin”, jossa jätelajeille, eli energijakeelle ja sekajätteelle, on omat lavansa. Yksi Staran tukikohdista on alkanut viime aikoina keräämään ja kierrättämään sekajätteen ja energijätteen lisäksi myös kalvomuvijätettä, eli LDPE-muvijätettä (low-density polyethylene). Kaikki alle metrin mittaiset uudet putket, eli ylijäämä, kierrätetään sekajätteenä tai energijätteenä, mutta yli metrin mittaiset putket säilötään välivarastoon ja niitä voidaan käyttää jollain toisella työmaalla tulevaisuudessa. Tämän lisäksi ylijääneitä muovikalvorullia varastoidaan ja käytetään myöhemmin toisilla työmailla. Selvityksessä jäi kuitenkin epäselväksi, kuinka hyvin ylijäämämateriaalia todellisuudessa käytetään hyödyksi seuraavilla työmailla.

Haasteita muovin kierrätyksessä tuo erityisesti muovien laadun tunnistaminen. Osa työmaan henkilöstöstä voi hyvinkin tunnistaa PVC-muovin muista muovilajeista ja näin laittaa PVC-muovin sekajätteeseen ja muut muovit energiajakeeseen. Osa ei kuitenkaan välttämättä erota muoveja toisistaan ja näin ollen laittavat epäselvät materiaalit varmuuden vuoksi sekajätteeseen. Muovien lajitteluun kaivataankin selkeää ohjetta, jotta muovien tunnistaminen ja lajittelu työmailla tulisi helpommaksi (Staran ympäristöasiantuntijan haastattelu 29.5.2020). On tärkeää, että ohjeet ovat selkeät, kuvalliset ja suhteellisen lyhyet, sillä lajittelu tapahtuu ulkotiloissa, jolloin paksujen oppaiden luku on hankalaa.

Lisäksi infratyömaiden jätteiden kierrätys Staran tukikohdissa kaipaisi selkeyttä (Staran ympäristöasiantuntijan haastattelu 29.5.2020). Tukikohdissa toimii infrarakentamisyksikön lisäksi monia muitakin yksiköjä, jotka kaikki käyttävät samoja jätelavoja. Kun jätelavat täyttyvät, ne viedään kierrätykseen joko itse tai jätehuoltoyhtiö tulee hakemaan lavat tyhjennykseen. Sekajätelava viedään yleensä itse ja energiajakeen tulee hakemaan jätehuoltoyhtiö. Tämä voi kuitenkin vaihdella tukikohdittain. Tähänkin kaivattaisiin selkeyttä ja tällä hetkellä Stara onkin kartoittamassa toimijoita ja ohjeita, jotta saataisiin luotua uudet ”Starakohtaiset” yhteiset ohjeet kaikille tukikohdille. Tukikohtien jätteiden kierrätystä parannettaessa olisi hyvä ottaa huomioon se, että sekajäte on jätelajeista yleensä kaikista kallein, eli eri jätelaatujen lajittelemisesta tulee myös kustannusetuja.

Työmaan muovinkierrätystä ja muovien tunnistamista voisi helpottaa myös käyttämällä työmaalla vain yhdenlaisesta muovilaadusta, kuten HDPE:stä valmistettuja muoviputkia. Yhden muovin käyttö yhdellä työmaalla helpottaisi kierrättämistä, kun muoveja ei tarvitsisi lajitella, vaan kaikki muovit voitaisiin laittaa samaan kierrätysastiaan. Tämä voi käytännössä olla kuitenkin hyvin hankalaa ja tieto työmaalla käytetystä putkilaadusta pitäisi säilyttää jossain monta kymmentä vuotta siihen asti, kunnes putkia uusitaan ja vanhat putket menevät kierrätykseen.

Mitä seuraavaksi?

Jotta Helsingin kaupunki voisi edistää muovituotteiden tunnistamista ja kierrätystä infratyömailla sekä hankkia kierrätykseltään ja hiilijalanjäljeltään parempia muoviputkia työmailleen, muutama toimenpide voisi olla hyödyksi. Lajittelumahdollisuuksien ja lajitteluohjeiden parantaminen työmailla voisi lisätä materiaalien kiertoa. Suunniteltu työmaamuovien lajitteluohje yhdessä Staran ja ympäristöministeriön kanssa toisi helpotusta muovien lajitteluun työmailla, kun työntekijöillä olisi selkeämpi kuva siitä, mihin jätelavoille mikäkin muovituote kuuluu. Ohjeen tarkoituksena olisi helpottaa muovilaatujen tunnistamista työmailla ja siten oikean lajittelulavan löytämistä kyseiselle muovituotteelle. Muovien kierrätystä työmailla olisi edistettävä myös erittelemällä esimerkiksi LDPE- ja HDPE-muovit energiajätteestä omiin jätelavoihin. Se, että muovijätteet menevät vain energiajakeeksi, ei edistä muovin kiertoa. Selvityksessä haastateltujen jätehuoltoyhtiöiden mukaan LDPE-muovit, eli käytännössä kaikki kalvomuovit, ovat työmailla yleensä helpoin tunnistettava pehmeän ja taipuisan koostumuksensa ansiosta ja ensimmäinen muovilaatu, jonka kierrättämisestä kannattaa aloittaa. Työmailla käytetään lisäksi yleensä HDPE-, PVC- ja PP-muoveja, joiden lajittelu olisi järkevää. Sen sijaan esimerkiksi XLPE:n ja EPDM:n määrät olivat selvityksen kohteena olleilla työmailla niin vähäisiä, ettei niiden kierrättämiseen ryhtyminen ensimmäisenä ole kannattavaa. XPS eli styroksi on hyvin kevyt materiaali, eikä sitä tule paljoa ainakaan kiloissa. Jätehuoltoyhtiöt ottavat kuitenkin styroksiakin vastaan, eli sitä on mahdollista kierrättää. Muovin kierrätyksen edistäminen työmailla vaatii sekä työntekijöiltä että johdolta sitoutumista. Uuden ”kierrätyslaarin” lisääminen vaatii resursseja ja tahtotilaa sekä työntekijöiden koulutukseen ja opastamiseen, että kierrätysjärjestelyjen tekemiseen joskus hyvinkin ahtailla infratyömailla.

Muovituotteiden tunnistamisen ja kierrätyksen helpottamisen lisäksi kierrätykseltään ja hiilijalanjäljeltään parempien materiaalivalintojen edistäminen onnistuisi esimerkiksi erilaisten hankintasuositusten kautta. Sitä ennen olisi varmistettava, mitä nykyisiä kriteerejä infratyömaiden muovihankinnoissa käytetään, missä vaiheessa materiaaleja koskevia päätöksiä tehdään ja onko esimerkiksi PVC-kaapelinsuojaputkien korvaaminen HDPE-putkilla ylipäättään käytännössä mahdol-

lista. Lisäksi infra-alan ammattilaisilta olisi hyvä tunnustella, minkälaisia kokemuksia heillä on uusiomuovista tai biopohjaisesta muovista valmistetuista putkista. Esimerkiksi putkenvalmistajilla oli vaihtelevaa näkemystä siitä, toimiiko uusiomuovista tai biopohjaisesta muovista valmistettu putki yhtä hyvin kuin neitseellisestä fossiilipohjaisesta muovista valmistettu putki. Toinen kyselyyn vastanneista putkenvalmistajista kertoi, että heidän kokemusten mukaan biopohjainen muovi ja uusiomuovi eivät ole yhtä kestäviä kuin fossiilipohjainen muovi. Toisen putkenvalmistajan mukaan biopohjainen muovi, uusiomuovi ja fossiilipohjainen muovi ei juurikaan eroa toisistaan.

Kun varmuus eri putkimateriaalien käyttöön on saatu, olisi hyvä varmistaa putkenvalmistajilta, miten heillä on saatavilla biopohjaisia tai kokonaan uusiomuovista valmistettuja putkia. Tässä selvityksessä jäi vielä avoimeksi, onko PVC-kaapelinsuojaputki aina kiinteä, kova ja sileä ja HDPE-kaapelinsuojaputki sahalaitainen putki. Milloin putkien ulkonäöt ovat vakiintuneet? Miksei sileää HDPE-putkea voisi valmistaa? Lisäksi putkenvalmistajilta voisi kysyä, onko putkien materiaalin helpottamiseksi putkiin mahdollista painaa esimerkiksi koodi tai muu merkintä siitä, mitä materiaalia kyseinen putki on. Tämä helpottaisi putkimateriaalien tunnistusta työmaalla. Vastauksia näihin kysymyksiin voisi saada esimerkiksi markkinavuoropuhelun avulla, jossa esimerkiksi Helsingin kaupunki, infratyömaan pääurakoitsija ja muut mahdolliset infratyömaan kumppanit, kuten HSY ja teleoperaattorit sekä putkenvalmistajat/putkia ja muita muovituotteita toimittavat yritykset yhdessä muodostaisivat käsityksen siitä, mitkä tuotteet tai ratkaisut edistäisivät muovin kiertoa Helsingin kaupungin infrarakentamisessa.

Selvityksen aikana selvisi myös, että infratyömaiden määräluetteloissa on päällekkäisyyksiä. Tarkempaa syytä tietämättä, samalle infratyömaalle oltiin tehty samoista materiaaleista ainakin kaksi sisällöltään lähes samanlaista määräluetteloa. Ainakaan ulkopuoliselle muovimateriaalien selvittäjälle ei selvinnyt, miksi määräluetteloita oli tehty useampia. Määräluetteloiden ja koko hankintaprosessin selvittäminen ennen uusien kriteeriehtotuksien muodostamista olisi järkevää, sillä se antaa tietoa, missä kohdissa materiaaleja koskevia päätöksiä tehdään ja miten niihin olisi mahdollista vaikuttaa.

Tämä selvitys kokoaa pohjatietoa infratyömailla käytettävistä muoveista ja niiden kierrätettävyydestä. Selvitys on tehty Pro gradu -työnä, joka on luettavissa kokonaisuudessaan seuraavilla sivuilla. Jotta kriteeriehtouksia kierrätettävyydeltään ja hiilijalanjäljeltään paremmille muovivalinnoille voitaisiin tehdä ja jotta infratyömailla käytettävien muovien kierrätysastetta voitaisiin nostaa, Helsingin kaupunki pääsisi alkuun seuraavilla askeleilla:

1. Muovien lajittelumahdollisuuksien parantaminen työmailla ottamalla käyttöön sekajäte- ja energiajaelavan lisäksi myös LDPE-lajittelumahdollisuuden
2. Muovien lajitteluohjeiden edistäminen yhdessä Staran ja ympäristöministeriön kanssa työmaamuovien lajittelun helpottamiseksi sekä markkinavuoropuhelun toteuttaminen urakoitsijoiden kanssa infratyömaiden muovien kierrätyksestä
3. Vastausten selvittäminen selvityksessä jääneisiin avoimiin kysymyksiin koskien kaapelinsuojaputkien ja muiden putkien materiaalien soveltuvuutta erilaisiin olosuhteisiin
4. Markkinavuoropuhelun toteuttaminen putkenvalmistajien kanssa koskien uusiomuoviputkia ja biopohjaisia muoviputkia.

Johdanto

1.1 Infrastruktuurirakentaminen ja ympäristö

Infrastruktuurilla tarkoitetaan yhteiskunnan perusrakenteita, joiden tehtävänä on varmistaa yhteiskunnan tarvitsemia materiaali- ja energiatarpeita ja ylläpitää tarvittavia liikenneyhteyksiä. Infrastruktuuri jaetaan kahteen osaan: sosiaaliseen ja tekniseen infrastruktuuriin. Sosiaaliseen infrastruktuuriin kuuluvat julkiset ja yksityiset palvelut. Tekniseen infrastruktuuriin kuuluvat tie- ja katuliikenneverkkojen lisäksi muun muassa vesi- ja energiahuolto, viheralueet sekä tietoliikenneverkot (Heinonen ym. 2002). Ilman infrastruktuuria ei esimerkiksi rakennukseen tule vettä tai sähköä, eivätkä ihmiset pääse liikkumaan paikasta toiseen. Tämä pro gradu –tutkielma käsittelee teknistä infrastruktuuria.

Kuten kaikella ihmisen toiminnalla, myös infrastruktuurirakentamisella on ympäristövaikutuksia. Sen lisäksi, että infrastruktuuri vie tilaa luonnolliselta elinympäristöltä ja kuluttaa luonnonvaroja, myös työmaalla käytettävien materiaalien tuotanto, materiaalien kuljetus ja työkoneiden käyttö aiheuttavat muun muassa kasvihuonekaasupäästöjä (Aulakoski ym. 2014). Tarve edistää kestäväää kehitystä ylettyy yhä voimakkaammin yhteiskunnan jokaiselle osa-alueelle, eikä infrastruktuuri ole poikkeus. Kestävän kehityksen mukaista rakentamista edistävä Green Building Council Finland -yhdistys on edistänyt osaltaan kestäväää kehitystä määrittelemällä alkuvuodesta 2019 kestävä infra –termin. Kestävän infran määritelmään kuuluvat ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen kestävyuden lisäksi koko infrastruktuurin elinkaari. Yksi kestävän infran pääkriteereistä on resurssiviisaus ja kiertotalouden edistäminen (Green Building Council Finland 2019).

Myös tässä pro gradu –tutkielmassa pyritään edistämään resurssiviisautta ja kiertotaloutta. Tämän tutkielman tarkoituksena on selvittää, voiko infrastruktuurirakentamisessa käytettäviä muovilaatuja korvata hiilijalanjäljeltään ja kierrätettävyydeltään paremmilla materiaalivalinnoilla. Infrastruktuurirakentamisen hiilidioksidipäästöistä vain 1 % aiheutuu muovimateriaaleista (Aulakoski ym. 2014). Kuitenkin maailmalla rakentamiseen käytetään noin 19,7 % kaikesta maailman muovista (PlasticsEurope 2018). Muovin ympäristölle haitallisten ominaisuuksien

vuoksi (joista lisää luvussa 1.2) olisi hyvä, jos muovimateriaaleja pystyttäisiin kierrättämään ja käyttämään uudelleen, sekä etsimään neitseelliselle fossiilipohjaiselle muovimateriaalille vaihtoehtoisia materiaaliratkaisuja. Tutkielmassa keskittään tarkemmin HDPE- ja PVC-kaapelinsuojaputkiin ja niiden kierrätettävyyden ja hiilijalanjäljen erojen tutkimiseen. Samalla selvitetään, voidaanko kyseisiä putkimateriaaleja valmistaa uusiomuovista tai biopohjaisesta muovista, sillä muovimateriaalien kierrätys ja uudelleenkäyttö edistävät luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja ekotehokkuutta, kun uusia neitseellisiä fossiilipohjaisia raaka-aineita ei tarvitse käyttää muovin tuottamiseen, vaan kierrätetystä muovimateriaalista saatu raaka-aine voidaan käyttää hyödyksi yhä uudelleen.

1.2 Kestävä muovitalous

Muovit koostuvat polymeereistä, eli yhteen liittyneistä pitkistä monomeerien ketjuista tai verkkomaisista rakenteista. Polymeerien lisäksi muoveihin on lisätty erilaisia lisäaineita, kuten väriaineita, lujittimia ja pehmentimiä, joiden avulla muovi saa ominaisuutensa (Andrady ja Neal 2009). Muovia valmistetaan pääasiassa fossiilisista polttoaineista, kuten raakaöljystä (PlasticsEurope 2018). Fossiilipohjaisten muovien lisäksi on olemassa myös biopohjaisia muoveja. Biopohjainen muovi on tehty luonnon uusiutuvista raaka-aineista, kuten selluloosasta tai tärkkelyksestä (European bioplastics 2019; Murali ym. 2013). Biopohjainen muovi voi olla myös biohajoavaa, mutta aina näin ei kuitenkaan ole. Biohajoava muovi on muovia, joka hajoaa biologisen prosessin seurauksena esimerkiksi kompostoinnissa. Biohajoavaa muovia voidaan valmistaa joko fossiilisista tai biopohjaisista materiaaleista. Muovi siis voi olla joko fossiilipohjaista tai biopohjaista, jonka lisäksi muovi voi olla myös biohajoavaa (Murali ym. 2013).

Tällä hetkellä biopohjaiset muovit kattavat noin yhden prosentin vuosittain tuotetusta muovista (European bioplastics 2019). Vaikka biopohjaisten muovien kaupallinen myynti toimii vielä pienemmässä mittakaavassa (Murali ym. 2013), niiden osuus muovien kokonaiskäytöstä uskotaan kasvavan kuluttajien tietoisuuden ja vaatimusten kasvaessa. Biopohjaisten muovien käyttö vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista (European bioplastics 2019; Murali ym. 2013). Useat yritykset ovatkin kiinnostuneita biopohjaisten muovien mahdollisuuksista vähentää

esimerkiksi yrityksen tuotteiden ympäristövaikutuksia, kuten hiilijalanjälkeä (European bioplastics 2019).

Muovit voidaan edelleen jakaa kahteen kategoriaan: kestumuoveihin ja kertamuoveihin. Kestomuovit voidaan käyttää uudelleen sulattamalla ja muotoilemalla ne uuteen muotoon. Kertamuovit sen sijaan saavat muotonsa vain kerran, eikä niitä voida enää tämän jälkeen sulattaa ja muovata uudelleen (PlasticsEurope 2018). Yleisimpiä muoveja ovat suuritiheysinen polyeteeni (HDPE), pienitiheysinen polyeteeni (LDPE), polypropeeni (PP), polyvinyylikloridi (PVC), polyeteenitereftalaatti (PET), polyuretaani (PU) ja polystyreeni (PS) (Geyer ym. 2017), joista polyuretaani kuuluu kertamuoveihin ja muut kestumuoveihin (PlasticsEurope 2018).

Tässä pro gradu -tutkielmassa keskistytään tarkemmin polyeteenin suuritiheysiseen muotoon (HDPE) ja polyvinyylikloridiin (PVC). HDPE:tä käytetään muun muassa pesuainepulloissa, putkissa, kalvoissa ja leluissa (Järvinen ja Saarinen 2016). HDPE sopii hyvin putkiekstruusioon, puhallusmuoviksi ja ruiskuvaluun. HDPE:stä valmistetut tuotteet ovat yleensä kovia, mutta HDPE:stä voi valmistaa myös kalvoja, jotka ovat ominaisuuksiltaan hyvin taipuisia.

PVC on hyvin kestävä ja monipuolinen muovimateriaali. PVC:tä voidaan muokata helposti pehmitinaineilla ja lisäaineilla, joten PVC-tuotteiden ulkonäkö vaihtelee aina kovasta pehmeään ja kirkkaasta tummaan. Materiaali voi olla myös esimerkiksi vaahtomaista (Järvinen ja Saarinen 2016). PVC:tä käytetään paljon rakennusteollisuudessa, erityisesti profiilien, kuten ikkunalistojen, ja putkien valmistukseen (Järvinen ja Saarinen 2016).

PVC muodostaa palaessaan happamia palamiskaasuja, pääasiassa suolahappoa, jotka voivat vahingoittaa polttolaitosta (Buekens ja Cen 2011). Tämän takia PVC:tä ei suositella polttoon. Pakkausmuovien osalta PVC-muovipakkauksia ei saa viedä muovipakkausten keräykseen, sillä se haittaa muun muovijätteen kierrätysprosessia (Järvinen ja Saarinen 2016). Yleensä PVC-muovipakkausten ja rakennusmuovien määrät ovat Suomessa kuitenkin niin pieniä, että käytännössä

suurin osa PVC-muovista menee energijätteen mukana energiantuotantolaitoksiin polttoon (Pasanen 2019). Isommat määrät PVC-muovia on sen sijaan kierrätettävä (lisää kappaleessa 3.2.4).

Muovit ovat osa jokapäiväistä elämäämme ja iso osa käyttämistämme esineistä on muovisia. Muovit muun muassa suojaavat elintarvikkeitamme, toimivat energiaa säästävinä eristysmateriaaleina ja toimivat keveytensä vuoksi hyvinä materiaaleina esimerkiksi lentokoneiden ja autojen valmistuksessa. Maailmalla on tuotettu yhteensä arviolta 8300 miljoonaa tonnia neitseellistä muovia vuoteen 2017 mennessä (Geyer ym. 2017). Ainoastaan arviolta 30 % kaikesta maailman tuotetusta muovista on yhä tällä hetkellä käytössä ja 10 % kaikesta tuotetusta muovista on kierrätetty tai käytetty hyödyksi energianlähteenä. Usein muoveja heitetään kuitenkin tarpeettomasti pois ympäristöä vahingoittaen. Noin 60 % kaikesta maailman muovista on poistettu käytöstä ja kuljetettu kaatopaikoille tai päätynyt muualle luontoon (Geyer ym. 2017). Osa muoveista päättyy esimerkiksi meriin (Jambeck ym. 2015) aiheuttaen siellä peruuttamatonta vahinkoa monille eliölajeille (Barnes ym. 2018).

Kansainväliset ja kansalliset kiertotalouden strategiat pyrkivät edistämään muovien kierrätystä, jotta muovia ei päätyisi turhaan luontoon. Samalla pyritään vähentämään fossiilisten neitseellisten raaka-aineiden käyttöä, sillä kierrätettyä muovimateriaalia on mahdollista hyödyntää yhä uudelleen esimerkiksi uutena muovituotteena. Euroopan unionin strategia muoveista kiertotaloudessa edistää muovituotteiden suunnittelussa ja tuotannossa uudelleenkäytön, korjauksen ja kierrätyksen tarpeita. Lisäksi strategian tavoitteena on kehittää ja edistää kestävämpiä materiaaleja. Strategian taustalla ovat tavoitteet Pariisin sopimuksen ja Agenda 2030 noudattamisesta (Euroopan Komissio 2018).

Myös Suomessa on kehitetty kansallinen muovitiekartta, jonka kymmenen eri osa-aluetta edistävät kestävästä muovitaloutta (Ympäristöministeriö 2018). Muovitiekartan toimenpiteitä ovat muun muassa muoviveron käyttöönnoton selvittäminen, maa- ja puutarhatalouden muovijätteen kierrätyksen ja korvauksen tehos-

taminen sekä rakennuksissa käytettävien muovien tunnistaminen ja muovien parempi lajittelu työmailla. Muovietiekartan slogan ”vältä, vähennä, kierrätä ja korvaa” tiivistääkin muovietiekartan tavoitteet kestäväälle muovitaloudelle.

Suomessa on kehitetty myös muita toimia muovin vähentämiseksi. Esimerkiksi Smart & Clean –säätiön ”Kaikki muovi kiertää” –tavoitteet sitouttavat säätiön kumppanit, kuten Helsingin kaupungin, yhteiseen päämäärään kestävämmän muovitalouden puolesta. Helsingin kaupunki sitoutui toimillaan edistämään hankinnoissa mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi muovien kierrätettävyyttä erilaisien kriteerien avulla (Smart & Clean –säätiö 2019).

Vuonna 2017 Suomessa kierrätettiin noin 22 % kaikesta muovista (PlasticsEurope 2018) ja pääkaupunkiseudun kierrätyskelpoisesta muovista tällä hetkellä kiertää vain noin 6 % (Smart & Clean -säätiö 2019). Suomen kierrätysaste on Euroopan huonoimpia, sillä vain Bulgarialla, Kreikalla ja Maltalla on Suomea huonompi muovin kierrätysaste (PlasticsEurope 2018). Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, jäljempänä jätedirektiivi, asetti kierrätystavoitteet vuoteen 2020 mennessä. Jätedirektiivin mukaan 50 % yhdyskuntajätteestä ja 70 % rakennusjätteestä olisi pitänyt kierrättää vuoteen 2020 mennessä. Ainaakaan muovin osalta tavoitteeseen ei olla päästy.

Vaikka muovin käytön vähentämiseen kannustetaankin, ei muovin käyttö ole aina huono vaihtoehto. Muovit ovat kevyitä, mikä tekee esimerkiksi muovipakkausten kuljetuskustannuksista pienempiä. Muovit ovat myös helposti muokattava materiaali ja ne usein lisäävät tuotteen kestävyyttä. Vaikka joitain muoveja, kuten pakkausmuoveja, käytetään alkuperäisessä muodossaan vain kerran tai pari, osa muovituotteista kestää hyvin pitkään. Esimerkiksi juuri rakennusteollisuudessa käytettävät muoviputket voivat hyvinkin kestää kymmeniä vuosia. Muovit ovat tärkeitä myös sen takia, että niillä voidaan turvata elintarvikkeiden puhtaus, pidentää elintarvikkeen säilymisaikaa ja korvata muita materiaaleja, kuten lasia, ruoan säilytyksessä (Andrady ja Neal 2009).

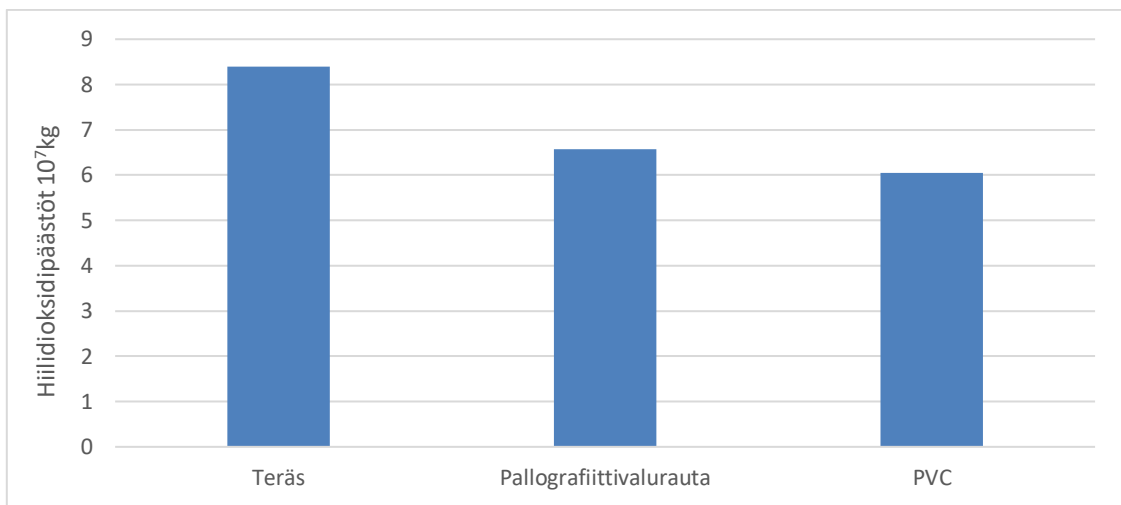
1.3 Infrarakentamisen muovien kasvihuonekaasupäästöt

Infrastruktuurirakentamisen ympäristövaikutuksia on tutkittu jonkun verran. Esimerkiksi Aulakoski ym. (2014) ja Krantz ym. (2015) tutkivat tapauskohtaisesti työmaakohteidensa (eritasoliittymä ja elementtisillan päällysrakenne) rakentamisen aikana käytettyä energiamäärää ja kasvihuonekaasupäästöjä, sisältäen kaikki materiaalit ja työvaiheet. Krantzin (2015) tutkimuksen kohteena olleessa sillan päällysrakenteessa ei kuitenkaan oltu käytetty muovia, joten tietoja infrastruktuurirakentamisessa käytettävän muovin ympäristövaikutuksista ei ollut saatavilla. Sen sijaan Aulakoski ym. (2014) arvioivat, että muovimateriaalien osuus koko työmaan hiilidioksidipäästöistä oli 1 %. Koska muovin ja sen päästöjen osuus oli niin pieni suhteessa työmaan muihin materiaaleihin ja työvaiheisiin, muovin päästökerrointa ei tarkemmin kerrottu.

Myöskin Tampereen kaupungin teettämässä selvityksessä Tampereen Kauha-korvenkadun rakentamisen hiilidioksidipäästöistä arvioitiin muovin osuutta infratyömaan hiilidioksidipäästöistä. Päästölaskenta rajoittui ”kehdosta portille”-vaiheisiin, eli sisältäen tuotteiden valmistamisen, kuljetuksen ja rakentamisvaiheen, mutta ei itse käyttö- tai purkuvaihetta. Terästuotteiden osuus oli yhteensä 38 % kokonaispäästöistä, kun muovin osuus jäi todella pieneksi, arviolta yhteen prosenttiin kokonaispäästöistä. Selvityksestä kuitenkin käy ilmi, että kyseisessä kohteessa materiaalien valmistus tuotti keskimäärin 74 % prosenttia kokonaispäästöistä, kun kuljetusten päästöt olivat 15 % ja työsuoritusten päästöt 11 %. Esimerkiksi polypropeenista valmistetun N3-vahvuisen suodatinkankaan päästöt muodostuivat 85 % materiaalien valmistuksesta ja 15 % kuljetuksesta, sillä suodatinkankaan levittämiseen ei mene juuri lainkaan energiaa (Ramboll Finland Oy 2018). Nämä tutkimukset antavat siis käsityksen, että muovimateriaalien osuus infrakohteen päästöistä on marginaalinen, arviolta noin 1 % (Aulakoski ym. 2014; Ramboll Finland Oy 2018).

Tarkemmin nimenomaan putkimateriaalien päästöjä ovat tutkineet muun muassa Khan ja Tee (2015), Cowle ym. (2013) ja Alsadi (2019). Esimerkiksi Khan ja Tee (2015) vertailivat PVC-muoviputken, teräsputken ja pallografiittivalurautaputken valmistuksen hiilidioksidipäästöjä. PVC-putken valmistus tuotti kaikista vähiten

hiilidioksidipäästöjä verrattuna teräsputkeen ja pallografiittivalurautaputkeen (Kuva 1). PVC-putki ei myöskään korroosoidu, mutta kestää mekaanista rasitusta huonommin kuin teräs- tai valurautaputki. PVC-putki painaa huomattavasti vähemmän kuin teräs- tai valurautaputki, mikä vähentää kuljetuksen aikaisia päästöjä. Teräs- ja valurautaputket taas ovat kestäviä, mutta alttiita korroosiolle. Lisäksi niiden valmistuksessa syntyy enemmän hiilidioksidipäästöjä kuin PVC-putkien valmistuksessa (Khan ja Tee 2015).



Kuva 1. Putkimateriaalien tuotannon aikaiset hiilidioksidipäästöt (Khan ja Tee 2015).

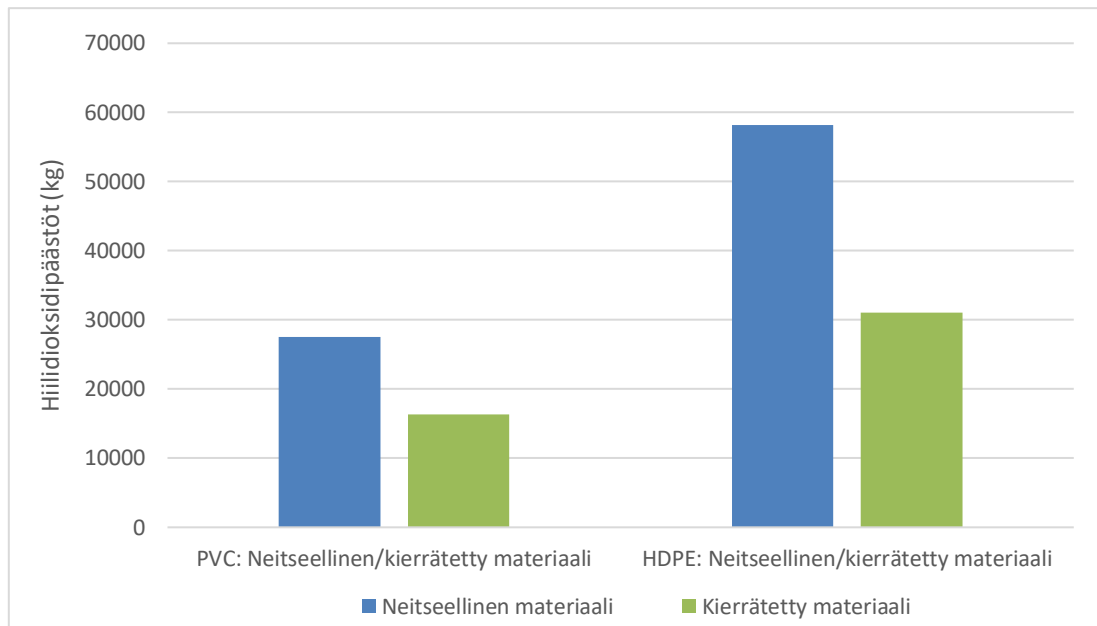
Myös Cowle ym. (2013) vertailivat julkaisussaan erilaisia putkimateriaaleja. Betonista ja HDPE-muovista valmistettujen suuren halkaisijan (600 mm ja 1800 mm) vesiputkien ero oli siinä, että betonista valmistettujen putkien hiilidioksidipäästöt olivat molemmissa eri skenaariossa (pelkkä putken tuotanto/putken tuotanto ja kuljetus) isommat, kuin HDPE-muovista valmistettujen putkien. Jos otettiin huomioon pelkästään putken tuotanto, betoniputkella oli 21 % suuremmat kasvihuonekaasupäästöt kuin HDPE-putkella. Jos taas otettiin huomioon sekä putken tuotanto että kuljetus työmaalle, betoniputken kasvihuonekaasupäästöt olivat jopa 95 % suuremmat kuin HDPE-putkella (Cowle ym 2013).

Myös Alsadi (2019) tutki väitöskirjatyössään eri putkimateriaalien hiilijalanjälkeä. Hänen väitöskirjansa tutkimuksen kohteena oli halkaisijaltaan 36 tuuman, eli noin 914 mm viemäripaineputki, jonka sisäisen paineen luokka oli 100 psi eli 6,39 baaria ja jonka käyttöikä oli sata vuotta. Kyseisessä tutkimuksessa vertailtiin neljää

eri putkivaihtoehtoa: PVC:tä, HDPE:tä, betonia ja vanhan putken sukitusta, jonka lisäksi tutkittiin kierrätetyn PVC:n ja kierrätetyn HDPE:n käytön vaikutusta tuotteen tuottamiseen käytettyyn energiamäärään. Alsadi (2019) oli laskenut materiaalien hiilipäästöjä käyttäen hyödyksi Hammondin ja Jonesin (2011) tekemää listausta (Inventory of Carbon and Energy [ICE], versio 2.0) eri tuotteiden tuottamiseen käytetyistä energiamääristä. Esimerkiksi HDPE-putken tuottamiseen neitseellisestä materiaalista käytetään 84,4 MJ energiaa kiloa kohden, kun PVC-putken tuottamiseen neitseellisestä materiaalista käytetään 67,5 MJ energiaa kiloa kohden (Hammond ja Jones 2011) (taulukko 1). Sen sijaan kierrätetystä HDPE-muovista valmistetun HDPE-putken tuottamiseen kuluu 35-45 MJ energiaa kiloa kohden ja kierrätetystä PVC-muovista valmistetun PVC-putken tuottamiseen kuluu 35-40 MJ energiaa kiloa kohden. Neitseellisen muovimateriaalin vaihto kierrätettyyn muovimateriaaliin säästää siis jopa lähes 50 % putken valmistukseen tarvittavasta energiasta (The IMpEE Project 2005), joka taas vähentää tuotteen tuottamisesta syntyviä hiilidioksidipäästöjä (kuva 2).

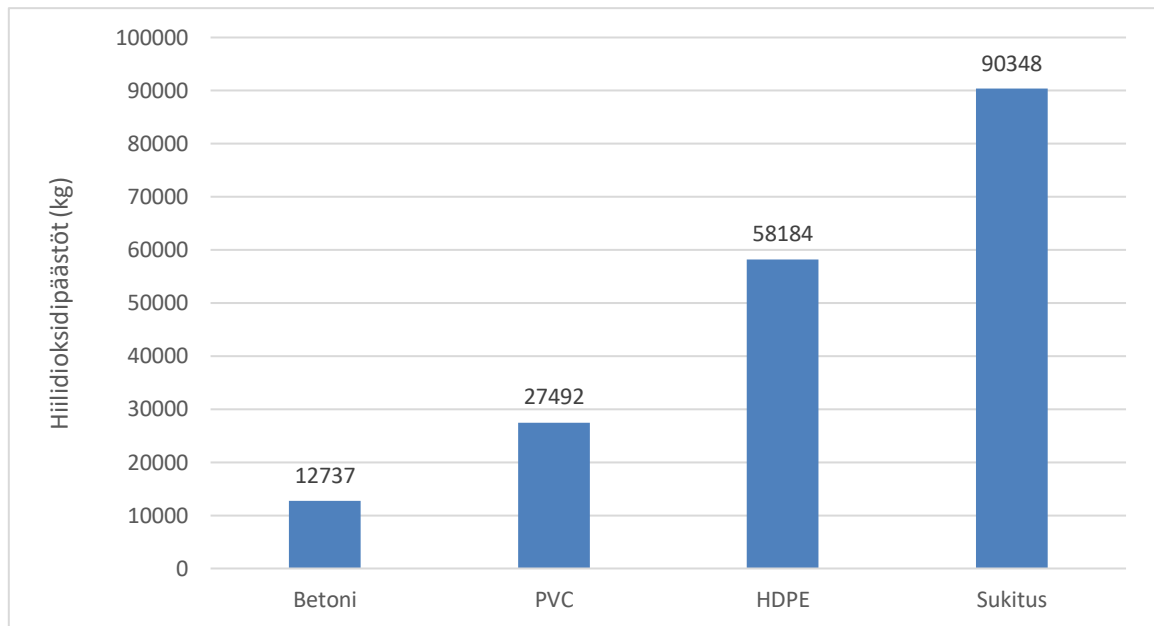
Taulukko 1. PVC- ja HDPE-putkien tuottamiseen käytetty energiamäärä (Alsadi 2019).

Materiaali	Tuotteen tuottamiseen käytetty energiamäärä (Mj/kg)	Lähde
PVC (neitseellinen)	67,50	Inventory of Carbon and Energy [ICE], versio 2.0
PVC (kierrätetty)	40	The IMpEE Project 2005
HDPE (neitseellinen)	84,4	Inventory of Carbon and Energy [ICE], versio 2.0
HDPE (kierrätetty)	45	The IMpEE Project 2005

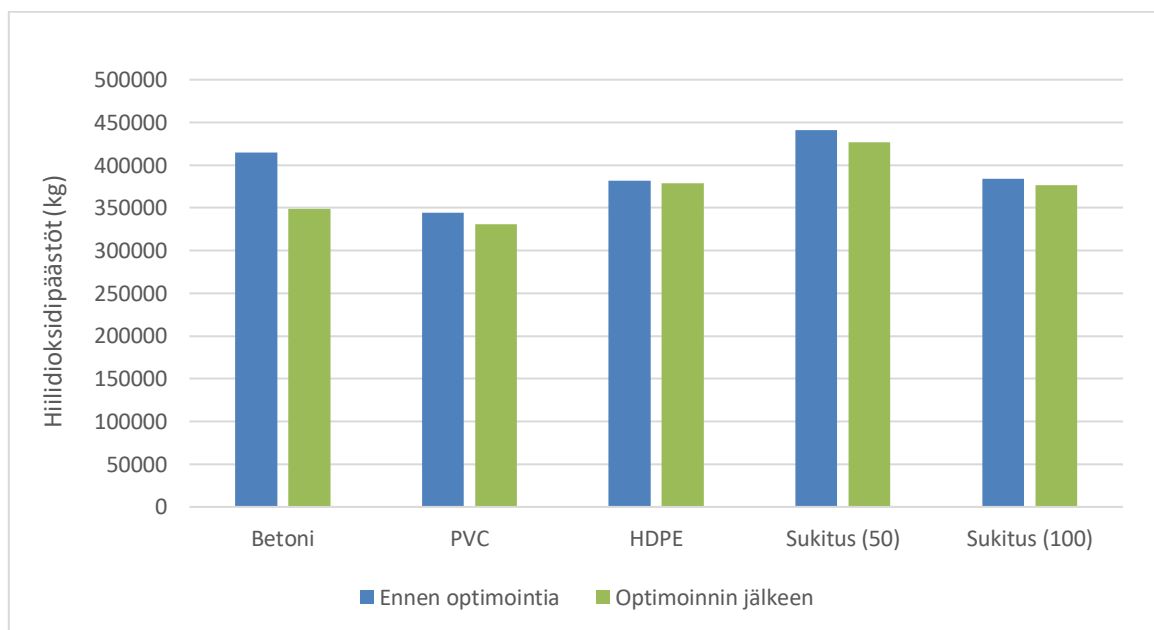


Kuva 2. PVC- ja HDPE-putkien tuottamisen aikana syntyvät hiilidioksidipäästöt (Alsadi 2019).

Jos kuitenkin vertaamme ainoastaan tuotteen valmistamiseen käytettyä energiamäärää, betonin tuotanto kuluttaa kaikista vähiten energiaa ja siten betoniputken valmistukseen käytettävän energian tuotannossa syntyy vähiten hiilidioksidipäästöjä (kuva 3). Kuitenkin muoviputken ohut seinä ja sisäpinnaltaan tasainen putken seinä pienentävät käytön aikaista energiankulutusta, joten ympäristöystävällisimmäksi materiaaliksi nousi lopulta PVC, mikäli otetaan huomioon koko putken elinkaaren aikana käytetty energiamäärä ja siitä tulleet kasvihuonekaasupäästöt (kuva 4). Ottaen huomioon myös kierrätetyn PVC:n käytön mahdollisuudet, kierrätetty PVC olisi hiilijalanjäljeltään vielä ympäristöystävällisempi vaihtoehto viemäriputken valmistuksessa (Alsadi 2019). Ongelmana tutkimuksessa oli kuitenkin se, että hiilijalanjälkilaskelmat perustuivat täysin elinkaaren aikana kulutettuun energiamäärään ja epäselväksi jäi, otettiinko kasvihuonekaasupäästölaskelmissä huomioon esimerkiksi kalkkikivestä kuumennuksen aikana syntyvät hiilidioksidipäästöt betonia valmistettaessa.



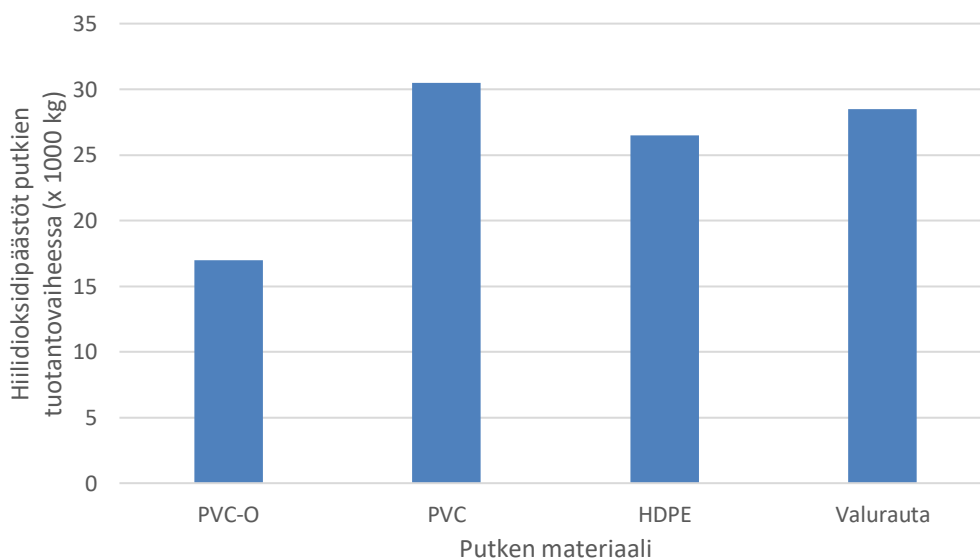
Kuva 3. Hiilidioksidipäästöt putkien valmistusvaiheessa (Alsadi 2019).



Kuva 4. Putkimateriaalien elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt ennen optimointia ja optimoinnin jälkeen. Optimoinnilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kyseisen tuotteen tuottamista mahdollisimman tehokkaalla ja vähäpäästöisellä tavalla, esimerkiksi korvaamalla osa betoniputken valmistukseen käytetystä materiaalista lentotuhkalla. Sukituksen päästöt on laskettu 50 ja 100 vuoden eliniän odotuksella (Alsadi 2019).

Putkimateriaalien päästöjä ovat tutkineet myös Piratla ym. (2012). He vertailivat molekyyllitasolla muokattujen (molecular-oriented) PVC-putkien eli PVC-O-putkien, normaalien PVC-putkien, HDPE-putkien ja valurautaputkien (vesi- ja viemä-

riputket) materiaalien tuotannossa, kuljetuksessa ja käytössä tulleita hiilidioksidipäästöjä. Jos katsotaan pelkästään putkien valmistuksen aikana syntyneitä hiilidioksidipäästöjä, PVC-O oli materiaaleista kaikista vähäpäästöisin (Kuva 5). PVC-putken tuotanto puolestaan aiheutti eniten päästöjä. Jos verrataan ainoastaan tämän tutkielman kohteena olevia materiaaleja, eli PVC:tä ja HDPE:tä, näistä HDPE-putken valmistaminen aiheuttaa vähemmän päästöjä. Käytön aikaisten päästöjen vertailun tarkasteleminen ei tämän tutkielman kannalta ole kuitenkaan järkevää, sillä Piratlan ym. (2012) tutkimuksen kohteena olivat vesi- ja viemäriputket joiden käyttö on hyvin erilaista kuin kaapelinsuojaputkien.



Kuva 5. Pituudeltaan 152,4 metrisen putken valmistuksesta syntyneet hiilidioksidipäästöt materiaaleittain (Piratla ym. 2012).

Samoilla linjoilla ovat myös Du ym. (2013), joiden tutkimuksen mukaan PVC-putken valmistamisen aikaiset päästöt ovat 315 000 kg hiilidioksidia putkikilometriä kohden, kun HDPE-putken päästöt ovat 215 000 kg hiilidioksidia putkikilometriä kohden. Näin ollen HDPE-putki olisi parempi vaihtoehto putkimateriaaliksi, jos verrataan putkien valmistamisen aikaisia päästöjä.

Putkimateriaalien kasvihuonekaasupäästöistä on siis olemassa melko ristiriitaista tietoa ja menetelmät sen tutkimiseen vaihtelevat. Kaikissa tutkimuksissa oltiin tutkittu vain hiilidioksidipäästöjä, vaikka putkien valmistuksesta voi tulla muitakin kasvihuonekaasupäästöjä. Kuitenkin esimerkiksi Khanin ja Teen (2015) mukaan muiden kasvihuonekaasupäästöjen, kuten dityppioksidin, vaikutus ei ole

merkittävä, joten tarkastelu oli rajattu koskemaan vain hiilidioksidipäästöjä. Joissain tutkimuksissa PVC oli putkimateriaalina kaikista vähäpäästöisin (Khan ja Tee 2015) ja joissain taas kaikista korkeapäästöisin (Piratla ym. 2012). Lisäksi tutkitut putkimateriaalit olivat erilaisia kuin tässä pro gradu –tutkielmassa tutkimuksen kohteena olevat kaapelinsuojaputket. Täysin kaapelinsuojaputkimateriaalien vertailuun liittyviä tutkimuksia ei löytynyt. Toki jotkut putket ovat ominaisuuksiltaan samantyyllisiä kuin kaapelinsuojaputket, joten suuntaa antavaa tietoa aiemmista tutkimuksista on saatavilla. Suorien johtopäätösten vetäminen näistä tutkimuksista tähän pro gradu -tutkielmaan ei kuitenkaan ole mielekästä.

1.4 Rakentamisen muovit ja niiden kierrätettävyys

Sen lisäksi, että muovimateriaalien tuotanto aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä ja oikealla materiaalivalinnalla on mahdollista vaikuttaa päästöihin, myös muovien kierrätettävyys ja uudelleenkäyttö vähentävät kasvihuonekaasupäästöjä. Saman materiaalin hyödyntäminen useita kertoja uudelleen vähentää neitseellisten luonnonvarojen käytön tarvetta, mikä usein vähentää myös päästöjä. Pelkkään infrastruktuurirakentamisessa käytettävien muovien kierrätettävyyteen liittyviä tutkimuksia ei juurikaan löytynyt, eikä infratyömailla käytettäviä muovilaatuja ja niiden määriä ole aiemmin tieteellisesti kartoitettu. Muovimateriaaleja käytetään kuitenkin infrastruktuurirakentamisessa jonkun verran, mutta yleensä niiden osuus koko infratyömaan päästöistä on yhden prosentin luokkaa (Aulakoski ym. 2014; Ramboll Finland Oy 2018).

Rakennusten rakentamisessa käytetyistä muoveista on sen sijaan uutta tutkimusta (esim. Häkkinen ym. 2019). Samantyyppisiä muovimateriaaleja, kuten putkia ja eristemateriaaleja, käytetään sekä infrarakentamisessa että talorakentamisessa, joten katsaus muussa rakentamisessa käytettäviin muoveihin tuo täydentävää lisätietoa. Lisäksi jos talorakentamisessa pystytään saamaan aikaan pieniäkin päästövähennyksiä muovimateriaalivalinnoilla, kannattaa asiaa pohtia myös infrarakentamisessa.

Häkkinen ym. (2019) tarkastelivat tutkimuksessaan rakentamisessa käytettäviä muoveja ja niiden määriä. Tutkimuksen kohteena olleet kerrostalot ja päiväkodit

sisälsivät jonkin verran muoveja, mutta muovien suhteellinen osuus muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna ei ollut kovin suuri, ainoastaan noin 1 % kaikesta rakennusmateriaalista, kun asiaa mitataan kiloissa. Muovin kokonaismäärä vaihteli kuudesta kilosta 28 kiloon neliömetrillä. Pieni prosentuaalinen määrä johtuu siitä, että muovit ovat kevyitä materiaaleja. Tutkimuksessa selvisi, että rakennuksen tyyppi vaikutti muovin määrään enemmän kuin se, oliko rakennuksen kantavana rakenteena käytetty puuta vai betonia. Yksikerroksiset päiväkodit sisälsivät suhteessa enemmän muovia kuin kerrostalot, sillä yksikerroksisten päiväkotien pohjan lämpöeristykset ja muut rakennuspalveluratkaisut jakautuvat vain yhteen kerrokseen. Kerrostaloissa perustukset taas hyödyttävät useampaa kerrosta yhtä aikaa.

Häkkisen ym. (2019) tapaustutkimuksen rakennusten käytetyimmät muovit olivat PVC, HDPE, solupolystyreeni eli EPS, PP, PU, epoksinnoite ja eteeni-propeenikumi (EPDM). Nämä muovit olivat pääasiassa sellaisessa muodossa, että ne on mahdollista irrottaa ja erotella purkamisen yhteydessä. Muovien kierrättäminen ei kuitenkaan välttämättä ole helppoa. Häkkinen ym. (2019) tutkimuksen mukaan rakennuksissa käytettävistä muoveista kuitenkin noin 40 % on maaleja, liimoja, kumeja tai muita sitovia ja vahvistavia rakenteita esimerkiksi laudoissa, bitumikatoissa ja eristemateriaaleissa. Näiden muovien irrottaminen voi olla hankalaa. Lisäksi muovit voivat olla likaisia pitkän eliniän ja/tai maanalaisen sijaintinsa takia.

Muita muovimateriaalin käyttökohteita rakennuksissa olivat muun muassa eristysmateriaalit, lattiapinnoitteet, ikkunankarmit, putket, kaapelit ja ilmastointilaitteet. Sähkötekniisiin ratkaisuihin oltiin käytetty eniten muovia, noin 45-68 % koko rakennuksen muovista, kun asiaa lasketaan painon mukaan. Näiden sähkölaitteiden elinkaari on yleensä lyhyempi kuin koko rakennuksen elinikä, joten ne materiaalit päätyvät nopeammin kiertoon kuin muut materiaalit. Sähköön liittyvien muovimateriaalien kierrätyksen parantamisella voitaisiin siis saada nostettua muovin kierrätysastetta (Häkkinen ym. 2019).

Muovien kierrätettävyyteen kannattaakin kiinnittää huomiota jo esimerkiksi materiaalivalinnoissa hankintavaiheessa, oli kyseessä sitten infrarakentamiskohde tai

talorakentamiskohde. Infratyömailla käytetään samantyyllisiä sähkökaapeleita, pinnoitteita, muoviputkia sekä erilaisia muovipohjaisia eristeitä kuin rakennustyömailla (lisää kappaleessa 3). Vaikka suoranaista infratyömaiden kierrätettävyyss tutkimusta ei löytynyt, infrakohteen purkuvaiheessa muovien kierrätyksessä olevat haasteet lienevät samantyyllisiä, kuin rakennustyömailla olevat haasteet, sillä käytetyt muovimateriaalit ovat samantyyppisiä. Häkkisen ym. (2019) lisäksi myös Ruuska ym. (2013) kertovat, että jatkotutkimukset siitä, mitä rakennusmateriaaleja käytetään, miten niitä kierrätetään ja miten hyvin ne kiertävät, sekä näihin asioihin liittyvistä edellytyksistä, olisi paikallaan erityisesti muovin ja puun osalta. Tarvetta rakennus- ja infratyömailla käytettävän muovin laadun ja kierrätysmahdollisuuksien tutkimiseen siis on, varsinkin kun tällä hetkellä rakentamisen materiaaleista vain 26 % menee kierrätykseen (Bio Intelligence Service 2011), tavoitteiden ollessa paljon korkeammalla, 70 painoprosentissa (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY).

Suomessa yritys vastaa muovijätteidensä kierrätyksestä (Järvinen ja Saarinen 2016). Yritysten on tehtävä syntypaikkalajittelua, eli lajitella jokainen muovilaatu erikseen jo muovijätteen syntypaikalla (Järvinen ja Saarinen 2016). Näin jätteiden jatkojalostajat saavat parempaa raaka-ainetta suoraan, kun lajittelu on jo tehty etukäteen. Lisäksi muovituotteita valmistava yritys voi kierrättää muoviylijäämänsä tuotannon sisäisesti. Esimerkiksi ruiskuvalun valutapit voidaan syöttää neitseellisen materiaalin kanssa takaisin työstökoneeseen (Järvinen ja Saarinen 2016). Putkien valmistajat käyttävätkin jo tuotannossa syntyvää muovijätettä uudelleen sataprosenttisesti (Muoviteollisuus ry (1)). Jos muovituotteita valmistava yritys ei pysty käyttämään muoviylijäämää omassa tuotannossaan, se voi myydä tai antaa sen taas eteenpäin yritykselle, joka tekee siitä uusiomuovia.

HDPE- ja PVC-kaapelinsuojaputkia on mahdollista kierrättää myös putken käyttöiän lähestyessä loppuaan. Työmailla ylijäävien hukkapätkien ja käytöstä poistettujen putkien kierrätyksellä nostetaan materiaalitehokkuutta. Kertaalleen käytetyn, kierrätetyn muovin tämän hetken käyttökohteet ovat uusiomuovituotteet muoviteollisuudessa tai poltto jätteenpolttolaitoksissa. Tarkkoja lukuja siitä, kuinka monta prosenttia kierrätykseen tulleista muoviputkista päätyy uusiomuovituotteiksi ja kuinka monta prosenttia menee polttoon, ei ole saatavilla. Kuitenkin,

mitä puhtaampaa kierrätetty muovi on, sitä paremmin siitä voidaan tehdä uusio-muovia (Muoviteollisuus ry (1)).

Putkimateriaaleja valmistavat yritykset ovat vastuussa putkien kierrätyksestä, joka tarkoittaa käytännössä sitä, että yritykset ovat järjestäneet putkimateriaalille asianmukaisia kierrätyspisteitä. Putkienvalmistajat yhdessä muoviteollisuus ry:n kanssa ovat organisoineet muovimateriaalien keräyspisteitä, joihin kierrätettävää putkimateriaalia on mahdollista tuoda. Suomessa muoviputkijätteen keräys on aloitettu vuoden 2000 alussa (Muoviteollisuus ry (2)). Putkimateriaaleja vastaan-ottavat kierrätykseen ainakin seuraavat yritykset (Muoviteollisuus ry (3)).

- Ab Ekorosk Oy
- Keskinen Recycling Oy
- Kuusakoski Oy
- Lassila & Tikanoja Oyj
- Suomen Käyttömuovi Oy
- Uusiomateriaalit Recycling Oy
- Veikko Lehti Oy

1.4.1 PVC:n kierrätys Suomessa

PVC-jätettä syntyy Suomessa vuosittain arviolta 30 000 t (Euroopan komissio 2000). Tarkkoja lukuja PVC-muovin määrästä, kierrätyksestä ja käsittelystä Suomessa ei tilastoida, eikä niitä sen takia juurikaan ole saatavilla. Teollisuudesta PVC-jätettä tulee vähän, sillä PVC-ylijäämät pystytään kierrättämään ja käyttämään helposti uudelleen tehtaan sisäisessä kierrossa. Teollisuuden ylijäämien ja muiden muovijätteen, kuten PVC-putkien keräystä on järjestetty Suomen Uusiomuovi Oy:n toimesta, mutta se lakkautettiin kiinnostuksen/kierrätystaitojen puuttumisen takia. Kuitenkin yhä muutamat jäteyhtiöt keräävät PVC-jätettä ja myyvät sitä mm. Kiinaan, Latviaan ja Ruotsiin. Määrät ovat kuitenkin vähäisiä (Fråne ym. 2019).

Erillistä PVC:n kierrätystä yhdyskuntajätteestä Suomessa ei ole järjestetty, vaan pienet määrät PVC-muovia menevät käytännössä energiajätteeksi. Isoja määriä PVC-muovijätettä ei voida polttaa kaikissa polttolaitoksissa, sillä PVC-jätteen poltosta syntyy niin suuret HCl- ja dioksiinipitoisuudet. Käytännössä vain Fortum

Waste Solutions Oy voi vastaanottaa puhdasta PVC-jätettä polttoon, sillä muut polttolaitokset eivät pysty käsittelemään isoja määriä puhdasta PVC-jätettä. Jos mahdollisuutta PVC-jätteen polttoon ei ole esimerkiksi teknillisistä syistä, sitä voidaan poikkeusluvalla viedä myös kaatopaikalle (Fråne ym. 2019).

Kokonaisuudessaan PVC-muovista voidaan siis sanoa, että PVC:tä ei kierrätetä Suomessa kovin hyvin. Koska kierrätykseen tulevan PVC-muovimateriaalin määrä Suomessa on suhteellisen pientä, ei PVC:lle ole kehittynyt kierrätyssesteemiä (Pasanen 2019; Euroopan komissio 2000). Kierrätykseen tulevan PVC-materiaalivirran täytyy olla niin suurta, että sen kierrätys tulee kannattavaksi, ja tällä hetkellä näin ei ole. Kierrätykseen tuleva PVC-materiaalivirta on pieni sen takia, koska Suomessa PVC-muovia käytetään mm. putkissa, tai muissa hyvin pitkäikäisissä rakennustuotteissa, joita uusitaan harvoin (Euroopan komissio 2000).

1.4.2 HDPE:n kierrätys Suomessa

HDPE:n kierrätyksestä ei ollut saatavilla tieteellistä tutkimusta. Tietoa kierrätyksestä on kuitenkin saatavilla erilaisilla verkkosivustoilla, kuten esimerkiksi muoviteollisuus ry:n ja jätehuolto-yhtiöiden verkkosivuilla. Muoviteollisuus ry:n (1) mukaan HDPE:stä valmistettuja muoviputkia on mahdollista kierrättää. Suomessa on ainakin kaksi jätehuolto-yhtiötä, jotka valmistavat kierrätetystä HDPE-muovista uusiomuovigranulaattia (Koivuniemi 2018; Heino 2019). Uusiomuovigranulaatilla tarkoitetaan pientä kierrätysmuovista valmistettua muoviraetta, joita muovituotteiden valmistajat voivat käyttää muovituotteiden valmistukseen neitseellisen muovin tilalla. HDPE-granulaattia voidaan käyttää uusiomuoviputkien valmistukseen (Koivuniemi 2018). Käytöstä poistettuja HDPE-putkia ja -ylijäämämateriaalia voidaan siis kierrättää ja niistä voidaan tehdä uusiomuovigranulaattia Suomessa, jota voidaan taas käyttää esimerkiksi uusien muoviputkien valmistamiseen. Näin ollen HDPE kiertää Suomessa suhteellisen hyvin.

1.5 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset

Koska muoveja käytetään rakentamisessa suhteellisen paljon, niitä valmistetaan pääasiassa fossiilisista polttoaineista (PlasticsEurope 2018) ja niitä päätyy tarpeettomasti luontoon, muoveille olisi hyvä miettiä vaihtoehtoisia ratkaisuja. Jätelain (646/2011, 8 §) etusijajärjestyksen mukaan ensisijaisesti olisi vähennettävä syntyvän jätteen määrää. Jos se ei ole mahdollista, on jätteen haltijan ensisijaisesti valmistettava jäte uudelleenkäyttöä varten tai sen jälkeen kierrätettävä se. Jos kierrätyskään ei onnistu, jäte on hyödynnettävä esimerkiksi energiana. Viimeinen vaihtoehto on jätteen loppukäsittely. Tässä tutkielmassa pureudutaan erityisesti muovijätteen kierrätykseen ja uudelleenkäyttöön.

Infrastruktuurityömailla muovijätettä tulee esimerkiksi purkumateriaalista, materiaalien ylijäämistä ja niin sanotuista hukkapaloista sekä pakkausmateriaalista. Muovijätteen kierrätyksessä on mahdollista ottaa kehityssaskelia, jos tiedämme mitä muovilaatua työmailla käytettävät muovit ovat, ja mitkä ovat niiden kierrätyksen haasteet tällä hetkellä. Tämän vuoksi tässä pro gradu –tutkielmassa selvitettiin ensin, mitä muovilaatua infratyömailla käytetään ja kuinka paljon. Sen jälkeen tutkittiin, voiko nykyään käytettyjä muovilaatua korvata hiilijalanjäljeltään ja kierrätettävyydeltään paremmilla materiaalivalinnoilla. Tutkielmassa keskityttiin tarkemmin HDPE- ja PVC-kaapelinsuojaputkiin ja niiden kierrätettävyyden ja hiilijalanjäljen erojen tutkimiseen. Samalla selvitettiin, voidaanko kyseisiä putkimateriaaleja valmistaa uusiomuovista tai biopohjaisesta muovista.

Tämä pro gradu -tutkielma on tehty toimeksiantona Helsingin kaupungin ympäristönsuojelu ja ohjaus -yksikölle ja sen Kohti hiilineutraaleja kuntia ja maakuntia (Canemure)-hankkeelle. Canemure-hankkeessa toteutetaan käytännön ilmastotoimia, edistetään alueellista ilmastotyötä sekä tuetaan Hinku-verkostoa ja käytännön toimia asiantuntijoiden avulla. Helsingin osahankkeessa kehitetään vähähiilisiä hankintoja ja tutkitaan hiilijalanjäljen hyödynnettävyyttä hankintoja ohjaavana tekijänä. Hanke on saanut rahoitusta EU:n Life-ohjelmasta. Tutkielman tuloksista saadaan tärkeää tietoa Helsingin kaupungin infrastruktuurirakentamisessa käytettävistä muoveista, jota voidaan hyödyntää niin Canemure-hank-

keessa kuin myös laajemmin kaupunkiorganisaatiossa. Tavoitteena on, että tutkielman tulokset auttavat Helsingin kaupunkia muodostamaan kriteerejä rakennuskohteiden hankintoihin muovilaatujen vähähiilisyyden ja kierrätettävyyden edistämiseksi. Tutkielma edistää myös Smart & Clean -säätiön kaikki muovi kierrättä -tavoitteita, joissa Helsingin kaupunki kumppanina on sitoutunut kehittämään kestäväää muovitaloutta.

Tällä hetkellä Helsingin kaupungilla on jo olemassa joillekin infratyömaiden hankinnoille kriteerejä, jonka mukaan hankintoja tehdään. Helsingin kaupunki on esimerkiksi määritellyt ulkovalaistuksen kaapelinsuojaputkille muutamia kriteereitä. Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen yleiset laatuvaatimukset –asiakirjan mukaan: ”Ulkovalaistuksen kaapelinsuojaputkina käytetään standardin SFS 5608 mukaisia, keltaisia, jäykkiä, vähintään A-luokan suojaputkia MP110 (Tripla), ellei valaistussuunnitelmassa ole muuta mainittu” (Helsingin kaupunki 2017). Lisäksi ulkovalaistuksen kaapelinsuojaputket pyritään asentamaan aina 700 mm syvyyteen, jolloin kaapelinsuojaputken rengasjäykkyyden, eli SN-luokan vaatimus on 16 (Helsingin kaupunki 2017). Asiakirjassa mainitaan myös, että nykyisiä kaapelinsuojaputkia, joilla on vielä elinkaarta jäljellä, pitäisi hyödyntää mahdollisimman paljon, mutta kuitenkin niin, että liiallisia jatkoksia ei tulisi. Asiakirjassa ei ole kuitenkaan mainintaa siitä, pitääkö putken välttämättä olla PVC- tai HDPE –putkea. Myöskään muille kaapelinsuojaputkille, kuten operaattoreiden kaapeleiden suojaputkille, ei löytynyt tarkkoja ohjeita tai kriteereitä.

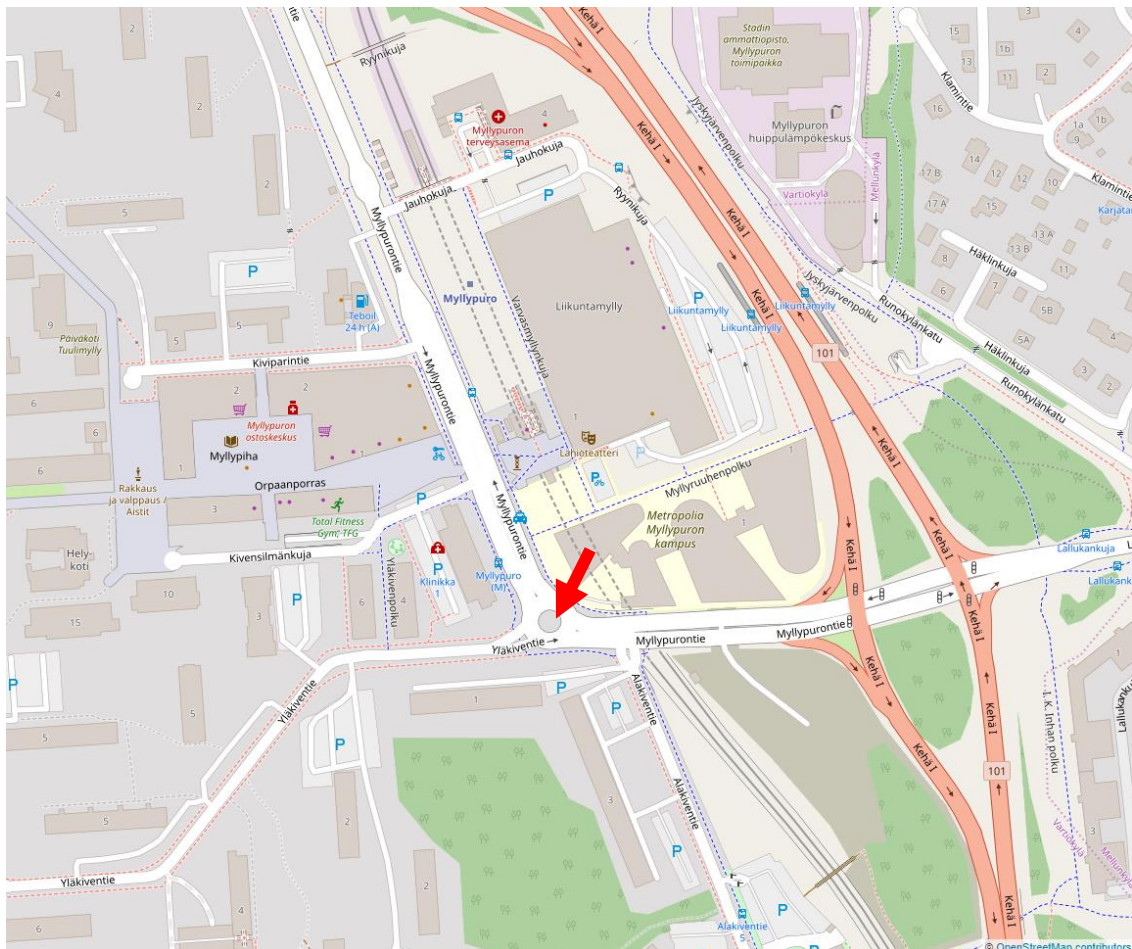
Tämän pro gradu -tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitä muovilaatuja Helsingin kaupungin infrastruktuurirakentamisessa käytetään ja kuinka paljon?
2. Kumpi on kierrätettävyydeltään, ominaisuuksiltaan ja hiilijalanjäljeltään parempi materiaalivalinta kaapelinsuojaputkelle: PVC-muovi vai HDPE-muovi?
3. Voidaanko kaapelinsuojaputkien materiaaleja korvata biopohjaisilla muovimateriaaleilla tai uusiomuovimateriaalilla?

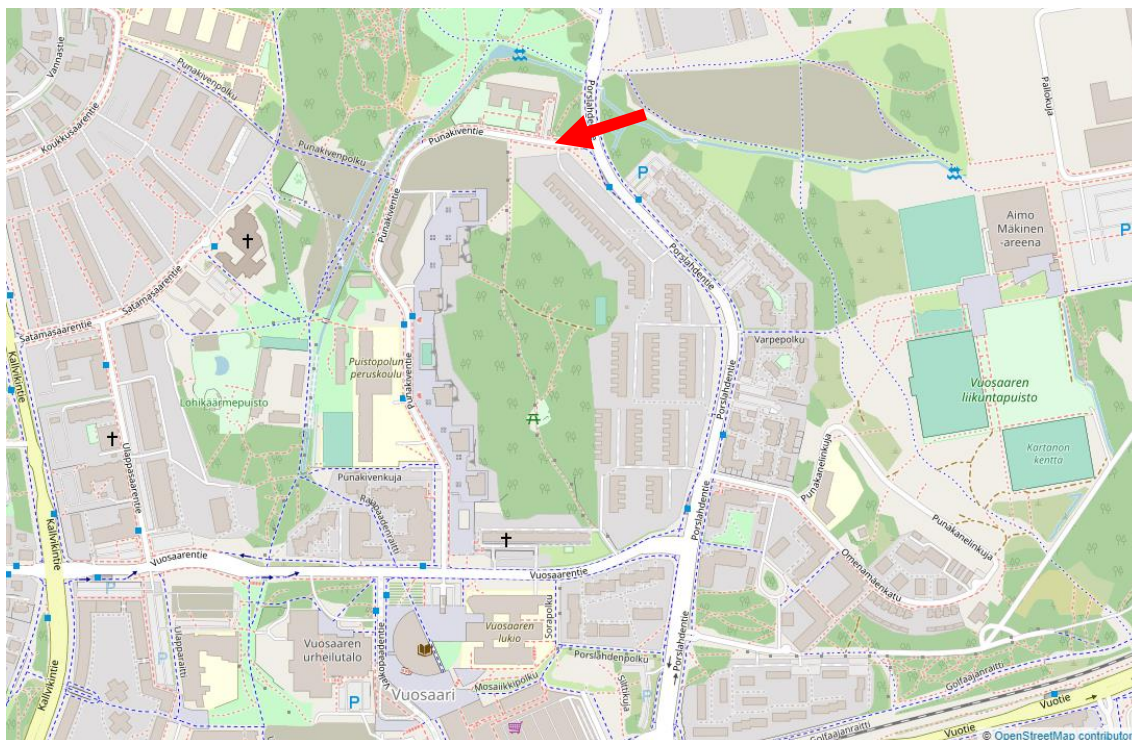
Tutkimuksen toteutus

1.6 Infratyömaiden muovien määrien ja laatujen selvitys

Tämä pro gradu -tutkielma toteutettiin tapaustutkimuksena. Tutkimuksen kohteeksi valittiin kaksi tutkielman tekemisen aikaan valmistumaisillaan olevaa infratyömaata Helsingin kaupungin sisällä. Ensimmäinen kohteista oli Myllypuron ja Yläkivientien välinen kiertoliittymä. Alueella oli ennen normaali T-risteys, johon nyt rakennettiin uusi kiertoliittymä. Kiertoliittymätyömaan sijainti kartalla on kuvassa 6. Toinen kohteista oli Punakivientien työmaa (kuva 7). Punakivientien työmaa oli tyypiltään tien peruskorjaus ja se tehtiin osalle matkaa Punakivientien pohjois-suunnasta lähdettäessä. Kummassakin kohteessa pääurakoitsijana toimi Helsingin kaupungin rakentamispalveluliikelaitos Stara, jonka työntekijät antoivat myös lisätietoa työmaakohteista ja infrarakentamisesta.



Kuva 6. Myllypuron ja Yläkivientien välisen kiertoliittymän sijainti kartalla (karttapohja: OpenStreetMap 2020).



Kuva 7. Punakiventien työmaan sijainti kartalla (karttapohja: OpenStreetMap 2020).

Kyseisillä työmailla oli Staran lisäksi myös muita toimijoita, kuten Helsingin kaupungin rakennukset ja yleiset alueet –palvelukokonaisuus (RYA) sekä KYMP ulkovalaistus, Helen Sähköverkko Oy, Helen Oy (kaukolämpö ja –jäähdytys), Helsingin seudun ympäristöpalvelut –kuntayhtymä (HSY), Telia Finland Oyj, DNA Oyj ja Elisa Oyj. Näistä Stara, RYA ja KYMP ulkovalaistus ovat Helsingin kaupungin toimijoita.

Pääurakoitsija Staran laatimat määräluettelot toimivat tutkimuksen aineistona. Määräluettelot on esitetty liitteissä 1-11. Määräluettelot ovat listoja työmaan eri vaiheista ja työmaalle hankittavista materiaaleista. Lähes jokaiselle toimijalle on olemassa oma määräluettelonsa, joten yhdellä työmaalla määräluetteloita voi olla useampia.

Kummankin kohteen määräluetteloita läpi käymällä pyrittiin paikantamaan kaikki muovimateriaalit, joita kyseisillä infratyömailla käytettiin, pakkausmateriaalia lukuun ottamatta. Määräluetteloita tulkittiin Rakennustieto Oy:n (2015) Infra 2015 Rakennusosa- ja hankenimikkeistö -määrämittausohjeen mukaan. Lisäksi materiaalitietoja saatiin työmaan kaivokorteista ja työmaiden muista asiakirjoista, sekä

Staran ja johtolaitosten henkilöstöltä. Yleensä tieto siitä, mitä muovilaatua työmailla olleet muovituotteet olivat, oli kirjattu määräluetteloon, mutta jos tietoa ei löytynyt, tietoja etsittiin tuotteiden valmistajien nettisivuilta. Paikannetut muovimateriaalitiedot kirjattiin ylös Exceliin.

1.7 Muovimateriaalien valinta lähempään tarkasteluun

Kun kahden kohdeinfratyömaan muovimateriaalien määrä ja laatu oltiin selvitetty, karsittiin muovimateriaalien listalta pois sellaiset materiaalit, jotka joku muu toimija kuin Stara, RYA tai KYMP ulkovalaistus oli hankkinut. Tarkastelussa ei siis huomioitu sellaisia materiaaleja, joiden hankintaprosessiin Helsingin kaupunki ei voi suoraan vaikuttaa. Sen lisäksi karsittiin pois materiaalit, jotka ovat vain osittain muovia, sillä katsottiin järkeväksi keskittyä ainoastaan kokonaan muovisiin tuotteisiin. Monesta eri materiaalista koostuvan tuotteen muoviosiin ei voine juurikaan vaikuttaa hankintaprosessissa ja kun keskitytään vain täysin muovisiin tuotteisiin, päästään paremmin käsiksi suurempiin massoihin muovia.

Tällä periaatteella tutkittaviksi muovimateriaaleiksi soveltuivat seuraavat materiaalit:

1. XPS-routaeristys (100 mm), suulakepuristettu polystyreeni (XPS)
2. suodatinkangas (N3), polypropeenikuitu (PP)
3. kaapelinsuojaputki (110 mm), PVC
4. kaapelinsuojaputki (110 mm), HDPE
5. puiden kastelupussit, materiaali tuntematon

Lopulta päädyttiin tutkimaan tarkemmin kaapelinsuojaputkia, sillä niitä on jo lähitökohtaisesti saatavilla ainakin kahdessa eri muovilaadussa (PVC ja HDPE), jolloin näiden kahden muovilaadun ominaisuuksien vertailu keskenään tuottaa tietoa siitä, kumpi materiaali voisi olla ympäristön kannalta parempi. Sen lisäksi putkimateriaalia on suhteellisen helppo tuottaa myös uusiomuovista, joten asian tutkiminen syvemmin toisi lisää tietoa siitä, voisiko nykyisen putkimateriaalin korvaaminen uusiomuovimateriaaleilla tai biopohjaisilla muovimateriaaleilla olla konkreettisesti jo mahdollista Suomessa.

Lähempään tarkasteluun otettavien muovien valinnassa käytettiin myös asiantuntijan apua. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tutkija Satu Pasanen vastasi kysymyksiin puhelimen välityksellä. Haastattelun muotona oli teemahaastattelu. Pasanen näki, että PVC- ja HDPE-kaapelinsuojaputkien ja niiden uusiomuovi- tai biopohjaisten versioiden vertailu on mielekästä, sillä etenkin HDPE-uusiomuovigranulaattia on kehitetty ja kaupallisesti saatavilla, sekä biopohjaista HDPE-muovia on myös jossain määrin saatavilla. Se, onko niitä Suomessa saatavilla kaupalliseen tarkoitukseen suuria määriä, on hyvä selvityksen aihe (Pasanen 2019). Lisäksi, mikäli PVC- ja HDPE-kaapelinsuojaputkia voidaan käyttää samaan käyttötarkoitukseen, on järkevää vertailla, kumpi näistä materiaaleista on ympäristöystävällisempi.

Tässä pro gradu -tutkielmassa keskitytään siis vertailemaan PVC- ja HDPE-kaapelinsuojaputkia ja niiden uusiomuovi- tai biopohjaisia versioita, sekä niiden hiilijalanjälkeä, kierrätettävyyttä ja muita putken valintaan vaikuttavia ominaisuuksia. Näin saadaan tietoa siitä, mikä muovimateriaali olisi ympäristön kannalta paras materiaali kaapelinsuojaputkille.

1.8 Muovimateriaalien vertailudatan kerääminen

Tutkimuksen kohteeksi valittujen PVC- ja HDPE-muoviputkien kierrätettävyydestä, hiilijalanjäljestä, kestävydestä, saatavuudesta, hinnasta ja muista ominaisuuksista etsittiin tietoa kirjallisuudesta sekä haastatteleamalla putkenvalmistajia ja jätehuoltoyrityksiä. Tässä vaiheessa yhdistettiin siis kolmea eri lähestymistapaa: kirjallisuuskatsausta (luvussa 1), kyselylomaketutkimusta ja puolistrukturoituja teemahaastatteluja.

Sekä jätehuoltoyritysten että putkenvalmistajien haastattelujen muodoksi valittiin aluksi kyselylomake, sillä ensin oli epävarmaa, kuinka monelle putkenvalmistajalle ja jätehuoltoyritykselle kyselylomake lähetetään. Putkenvalmistajille suunnattu kyselylomake sisälsi sekä avoimia kysymyksiä että monivalintakysymyksiä. Put-

kienvalmistajille suunnattu kyselylomake lähetettiin kahdelle eri putkenvalmistusyritykselle ja he myös vastasivat kyselyyn kirjallisesti. Putkienvalmistajille suunnattu kyselylomake on liitteessä 12.

Jätehuoltoyrityksille suunnattu kyselylomake sisälsi lähinnä avoimia kysymyksiä. Jätehuoltoyrityksille suunnattu kyselylomake lähetettiin kolmelle eri jätehuoltoyritykselle. Koska jätehuoltoyrityksiltä ei saatu kirjallisia vastauksia, kysymykset käytiin läpi puhelinhaastatteluna. Puhelinhaastattelun kysymysrunko on liitteessä 13. Puhelinhaastatteluun vastasi kaksi eri jätehuoltoyritystä. Puhelinhaastattelut tehtiin puolistrukturoituina teemahaastatteluina: kysymykset olivat valmiiksi tehty etukäteen ja lähetetty jätehuoltoyrityksille, mutta haastattelun edetessä kysymyksiä yhdisteltiin ja jätettiin pois, jos vastaus oli jo tullut puhelun aiemmissa kohdissa selville.

Näin tutkielman aineisto koostuu kirjallisuuden lisäksi kahdesta eri putkenvalmistajien kyselylomakevastauksesta sekä kahdesta eri jätehuoltoyritykselle tehdystä puhelinhaastattelusta. Aineiston keräämisen jälkeen aineisto käsiteltiin ja analysoitiin. Molemmat puhelinhaastattelut käytiin tarkasti läpi ja litteroitiin suurimmilta osin. Puhelinhaastatteluja ei kuitenkaan litteroitu sanasta sanaan, sillä tutkimuksen fokus oli siinä, mitä haastateltavat sanoivat, ei siinä, miten he asian sanoivat. Putkienvalmistajien kirjalliset vastaukset siirrettiin Excel-taulukkoon, jossa vastausten vertailu oli vaivatonta. Sekä jätehuoltoyrityksien puhelinhaastattelujen, että putkenvalmistajien kirjallisten vastausten perusteella vastattiin tutkimuskysymyksiin. Jätehuoltoyrityksien ja putkenvalmistajien määrän ollessa vähäinen Suomessa, anonymiteetin suojaamiseksi tuloksissa ei ole eritelty vastaajaa tarkemmin.

Tulokset

1.9 Infratyömaiden muovien määrät ja laadut

Punakiventien peruskorjaustyömaalta ja Myllypurontien ja Yläkiventien välisen kiertoliittymän työmaalta löytyi yhteensä 17 eri materiaalia, jotka olivat joko kokonaan tai osittain muovia. Työmailta löytyi polystyreeniä (XPS), polypropeenaa (PP), polyvinyylikloridia (PVC), kahta erilaista polyeteeniä (ristisilloitettu polyeteeni XLPE ja suuritiheksinen polyeteeni HDPE) ja eteenipropeenikumia (EDPM). Punakiventien peruskorjaustyömaalta löytyi 14 eri materiaalia, joista määrällisesti merkittävimmät olivat suodatinkangas (N3), PVC-kaapelinsuojaputket, HDPE-kaapelinsuojaputket, sekä hule- ja jätevesiviemärit. Tuotteista palopostit ja pohjavesimittarit olivat sellaisia, joiden materiaalia ei tämän tutkielman puitteissa pystytty selvittämään. Määrällisesti noin puolet materiaaleista oli Helsingin kaupungin toimijoiden (Stara, RYA ja KYMP ulkovalaistus) hankkimia ja noin puolet muiden toimijoiden hankkimia.

Myllypurontien ja Yläkiventien välisen kiertoliittymän työmaalla oli muovia seitsemässä eri työmaalla käytetyssä tuotteessa. Suodatinkangasta (N3) oli 4016 neliometriä. Työmaalla oli Punakiventien työmaasta poiketen myös liikennemerkejä ja puiden kastelupusseja, jotka molemmat sisältävät tai ovat kokonaan muovisia, joskaan näiden tarkkaa materiaalia ei tämän tutkielman puitteissa pystytty selvittämään. Sen sijaan jätevesiviemäreitä tai XPS-routaeristystä ei kiertoliittymätyömaalla ollut. HSY:llä ei ollut osuuksia kiertoliittymätyömaalla. Sekä Myllypurontien ja Yläkiventien välisen kiertoliittymän että Punakiventien työmaan yhteenlaskettujen muovimateriaalien määrät löytyvät taulukosta 2.

Taulukko 2. Kohdetyömailta löydettyjen muovien määrät ja laadut. Muovituotteet, joita oli vain Punakiventien peruskorjaustyömaalla, on väritetty vihreällä värillä. Muovituotteet, joita oli vain Myllypurontien ja Yläkiventien välisellä kiertoliitymätyömaalla, on väritetty sinisellä värillä. Muovituotteet, joita löytyi molemmista työmaista, on väritetty keltaisella värillä, jonka lisäksi määrä-sarakkeeseen on merkitty erikseen muovien määrä yhteensä sekä muovituotteiden määrät työmaittain.

Tuote	Määrä	Hankkija	Osittain vai kokonaan muovia?	Muovilaatu
XPS-routaeristys, 100mm	124 m	RYA	kokonaan	polystyreeni eli XPS
Suodatinkangas N3	11531 m ² 7515 m ² 4016 m ²	RYA	kokonaan	Polypropeenikuitu eli PP
Suojaputki, Ø110 mm	7572 m 6441 m 1131 m	Stara, HSV, operaattorit	kokonaan	Polyvinyylikloridi eli PVC
Suojaputki, Ø140mm	1221 m	HSV	kokonaan	Polyvinyylikloridi eli PVC
Suojaputki, Ø 100-120 mm	1156 m	Stara	kokonaan	polyeteeni eli PE
Maakaapelit, Ø20mm	1456 m 1156 m 300 m	RYA	osittain	PEX-muovi (XLPE) ja PE
Jätevesiviemäri (vieto) 250 mm	42 m	HSY	kokonaan	Polyvinyylikloridi eli PVC
Jätevesiviemäri (vieto) 315mm	63 m	HSY	kokonaan	Polyvinyylikloridi eli PVC
Hulevesiviemäri 110 M/Hulevesiviemäri PEH250-PN10	151 m 105 m 46 m	RYA	kokonaan	Suuritiheysinen polyeteeni eli HDPE
Hulevesiviemäri (vieto) M315/275 SN 8	6 m	RYA	kokonaan	Polypropeeni eli PP
Kumiluistiventtiili DN 65	1 kpl	HSY	osittain	epoksinnoite ja eteenipropeenikumi (EPDM)
Kumiluistiventtiili DN 150	1 kpl	HSY	osittain	epoksinnoite ja eteenipropeenikumi (EPDM)
Kumiluistiventtiili DN 200	1 kpl	HSY	osittain	epoksinnoite ja eteenipropeenikumi (EPDM)
Liikennemerkkit	35 kpl	Stara	osittain	tuntematon
Puiden kastelupussit	3 kpl	Stara	kokonaan	tuntematon
Palopostit, iso	2 kpl	HSY	?	tuntematon
Pohjavesimittarit	2 kpl	RYA	?	tuntematon

Kuten kappaleessa 2.2 kerrottiin, näistä muovimateriaaleista valittiin lähempään tarkasteluun kaapelinsuojaputket, koska niitä on lähtökohtaisesti saatavissa sekä

PVC- että HDPE-muodossa, jolloin vertailu eri muotojen välillä on mielekäästä. Lisäksi Helsingin kaupungilla on paremmat mahdollisuudet vaikuttaa näiden putkityyppien hankintaprosessiin suoraan, sillä kaupunki hankkii kyseiset putket. Esimerkiksi jätevesiviemäreiden hankintaprosessiin ei kaupunki voi suoraan juuri vaikuttaa, sillä ne hankkii työmaalle HSY.

1.10 Kaapelinsuojaputkien materiaalivertailu

1.10.1 Laatu ja jäykkyys

Kaapelinsuojaputkien valmistajien vastauksien perusteella kaapelinsuojaputkia on tarjolla lähinnä PVC- ja HDPE-muovista valmistettuina. Molemmat muovimateriaalit ovat sopivia kaapelinsuojaputken materiaaliksi ja ne ovat hyvin vertailukelpoisia keskenään. Molemmat putkimateriaalit sopivat samoihin käyttöoloihin. Eroja kuitenkin löytyy.

Kaapelinsuojaputkien valmistajan mukaan PVC-putkea pidetään tyypillisesti HDPE-putkea laadukkaampana materiaalina, koska PVC-putkessa on parempi pituusjäykkyys ja pienempi kitkavastus kuin HDPE-putkessa. Pituusjäykkyys helpottaa putken asentamista suoraan, jolloin myös kaapeleiden vetäminen putkiin helpottuu. Myös pienempi kitkavastus helpottaa kaapeleiden vetoa putkiin. PVC-putkessa on myös suurempi sisähalkaisija ja sileä ulkopinta. Sileä ulkopinta helpottaa maan tiivistämistä verrattuna putkiin, joissa on aaltomainen ulkopinta.

1.10.2 Uusiomuovin käyttö

Polyeteenistä ja polyvinyylikloridista valmistettuja kaapelinsuojaputkia voidaan valmistaa neitseellisen fossiilipohjaisen muovin lisäksi myös uusiomuovista. Yleensä uusiomuovimateriaalia käytetään neitseellisen muovin kanssa yhdessä, mutta myös täysin uusiomuovista valmistettuja putkia voi olla saatavilla. Esimerkiksi joitain sadevesiputkia on saatavilla täysin uusiomuovimateriaalista valmistettuina. Aina täysin uusiomuovista valmistettuja putkia ei kuitenkaan ole saatavilla, sillä uusiomuovimateriaalia ei ole välttämättä valmistukseen tarvittavaa määrää markkinoilla.

Putkien valmistuksessa käytetään yrityksen tuotannossa syntyvää muovijätettä, eli sitä jätettä, joka syntyy muovituotteiden valussa ylijäämänä, niin kutsuttuna muovirejektinä. Lisäksi putkien valmistuksessa voidaan käyttää myös yrityksen ulkopuolelta tulevaa uusiomuovimateriaalia. Putkenvalmistusyritykset näkevät uusiomuovin saatavuuden tällä hetkellä kohtalaisena ja toisen putkenvalmistusyrityksen mukaan tiettyjä muovilaatuja on helpommin saatavilla kuin toisia.

Osittain uusiomuovimateriaalista valmistetut tuotteet täyttävät samat vaateet kuin neitseellisestä materiaalista valmistetut putket. Tällainen muovi ei kuitenkaan välttämättä ole yhtä tasalaatuista kuin neitseellinen materiaali. Uusiomuovin käyttö putkenvalmistuksessa ei juurikaan vaikuta muoviputken hintaan tai korkeintaan niin, että putkia on mahdollista saada edullisempaan hankintahintaan. Putkenvalmistajien kokemuksen mukaan uusiomuovimateriaalien käyttö ei siis ainakaan nosta putkien hintoja tällä hetkellä.

Toinen putkenvalmistajista kokee, että jotta uusiomuovista valmistettuja muoviputkia valmistetaan enemmän, on niiden saatavuuden, laadun ja hinnan oltava vähintään samalla tasolla neitseellisen fossiilipohjaisen tuotteen saatavuuden, laadun ja hinnan kanssa. Lisäksi erilaisiin standardeihin uusiomuovin käytöstä kaivataan selkeyttä. Yhden putkenvalmistajan mielestä standardeissa tulisi esimerkiksi määritellä tarkemmin kuinka paljon uusiomuovia voi käyttää. Tällä hetkellä kaapelinsuojatuotteiden valmistusta määrittävät muun muassa standardit SFS-EN 61386-24 ja SFS-EN 50520.

1.10.3 Biopohjaisen muovin käyttö

Putkia on mahdollista valmistaa myös biopohjaisesta muovista. Kumpikaan haastatteluun vastanneista putkenvalmistajista ei valmista tällä hetkellä kaapelinsuojaputkia biopohjaisesta muovista. Toinen haastatteluun vastanneista putkenvalmistusyrityksistä valmistaa biopohjaisia salaojaputkia muualla Euroopassa, mutta ei vielä tällä hetkellä Suomessa. Molemmat haastatellut putkenvalmistajat ovat selvittäneet biopohjaisen muovin käyttömahdollisuuksia putkenvalmistuk-

sessä ja menetelmät ovatkin tiedossa. Kysyntä on tällä hetkellä kuitenkin rajallista, sillä putkilta vaaditaan tällä hetkellä mahdollisimman pitkää käyttöikää. Kysynnän uskotaan kuitenkin lisääntyvän.

Kyselylomakkeeseen saatujen vastausten perusteella putkienvalmistajien kokemukset biopohjaisten muovien ominaisuuksista verrattuna fossiilipohjaisiin muoveihin eroavat selvästi. Toinen kyselyyn vastanneista putkenvalmistajista kertoi, että biopohjaiset muovit eroavat ominaisuuksiltaan jonkin verran fossiilipohjaisista muoveista, mutta ero on hallittavissa. Toinen taas kertoi, että muun muassa mekaaniset ominaisuudet poikkeavat merkittävästi. Lisäksi biopohjaisen muovin tarjonta on yhden putkenvalmistajan kokemuksen mukaan rajallista, mutta sen koetaan lisääntyvän varmasti. Lisäksi biopohjaisen muovin hintaan oli vaikea antaa selkeää vastausta, sillä on olemassa sekä kalliimpia että halvempia vaihtoehtoja.

1.10.4 Kierrätettävyys

Infratyömailla on mahdollista kierrättää HDPE- ja PVC-muovimateriaaleja, sillä jätehuoltoyhtiöt keräävät HDPE-putkijätettä ja -ylijäämää ja jotkut yhtiöt myös PVC-muovimateriaaleja. Erään jätehuoltoyhtiön mukaan vain hyvin pieni osa heidän vastaanottamistansa rakennustyömaamuoveista tulee syntypaikkalajitelluista muovijätteistä. Kyseinen jätehuoltoyhtiö erittelee kuitenkin työmailta tulleista sekalaisesta rakennustyömaajätteestä itse erilaisia muovilaatuja talteen kierrätettäväksi.

Jätehuoltoyhtiöt näkevät, että työmaiden ahtaat tilat ovat usein suurin syy ja pulonkaula, miksi lajitteluun ei ryhdytä, vaan työmaat keräävät sekalaista rakennustyömaajätettä. Isoimmat rakennusliikkeet ovat kuitenkin lähteneet kierrättämään muoveja etupainotteisesti mahdollisia uusia jätelain muutoksia silmällä pitäen. Esimerkiksi LDPE-kalvomuovit, eli alhaisen tiheyden polyeteeni -kalvomuovit, ovat helppo tunnistaa työmaalla ja siten myös helppo kierrätettävä. Yhden jätehuoltoyhtiön mukaan HDPE-, LDPE- ja PVC-muovin lisäksi työmailta voidaan kerätä ja kierrättää myös muun muassa polypropeenä ja polystyreeniä.

Jätehuoltoyritysten haastatteluista kävi ilmi, että HDPE-muovi on kierrätettävyyden kannalta suhteellisen hyvä muovi. Suomessa on HDPE-kierrätysmuovin vastaanottajia, jotka tekevät kierrätykseen tulleesta muovista uusiomuovigranulaattia. Uusiomuovigranulaatti voidaan myydä eteenpäin muovituotteiden valmistajille, kuten putkenvalmistajille. Näin kierrätykseen kelpaava, eli puhdas ja tasalaatuinen HDPE-muovi kiertää Suomen sisäisesti, eikä muovia tarvitse myydä ulkomaille tai polttaa jätteenpolttolaitoksissa. Toki yritykset, joilla ei ole omaa muovinkäsittelylaitosta, myyvät muovin yleensä sinne, missä raaka-aineesta saa hyvän hinnan. Joskus tämä tarkoittaa muovin myymistä ulkomaille. Lähtökohtaisesti muovi pyritään kuitenkin kierrättämään Suomen sisällä. Kierrätykseen kelpaamaton HDPE-muovi voi olla esimerkiksi liian likaista, jolloin se poltetaan jätehuoltoyritysten mukaan jätteenpolttolaitoksessa.

Uusiomuovigranulaattia tuottavan yrityksen mukaan uusiomuovigranulaatti menee sitä paremmin kaupaksi, mitä enemmän muovia pystytään jalostamaan. Eri laadut on pidettävä erillään niin, että esimerkiksi kanistereista tullut PE-muovi pitää käsitellä erillään putkista tulleesta PE-muovista. Kyseisiä muovilaatuja muokataan eri tavalla, toiset muoveista ovat puhalluslaatua ja toiset ruiskuvalulaatua. Laadun lisäksi myös hinnan täytyy olla kohdallaan granulaatin ostajalle. Kierrätysmuovin kerääminen ei saisi olla liian kallista myöskään jätehuoltoyritykselle, sillä sekin näkyy tuotteen hinnassa. Tällä hetkellä eri muovilaatujen kierrättäminen ja uusiomuovigranulaatin jalostaminen on vielä niin vähäistä, että tarjolla oleva uusiomuovigranulaatti menee hyvin kaupaksi.

PVC-muovi on kierrätettävyyden kannalta hankalampi muovi. Jätehuoltoyritysten mukaan Suomessa ei ole PVC-muovijätteen käsittelylaitosta, joka valmistaisi PVC-muovijätteestä PVC-uusiomuovimateriaalia. PVC:tä voidaan kuitenkin kierrättää ulkomailla, kuten Euroopassa, jossa siitä tehdään uusimuovimateriaalia. Jätehuoltoyritysten mukaan PVC-muovinjätteen vastaanottajan löytäminen Euroopasta voi kuitenkin olla haastavaa. Edellytyksenä PVC-muovin kierrätykselle on, että se on puhdasta ja tunnistettu oikein niin, ettei seassa ole muita muovimateriaaleja. Muovimateriaalien tunnistaminen voi olla vaikeaa esimerkiksi saaneerauskohteissa. PVC on jätteenä haastava myös sen takia, että sitä ei voida polttaa isoina määrinä tavallisissa jätteenpolttolaitoksissa, joten se on eriteltävä

pois rakennustyömaajätteestä. Vaikka PVC-muovi eriteltäisiin, puhtaalle PVC-muoville ei välttämättä löydy vastaanottajaa ulkomailtakaan. Näin PVC on kokonaisuudessaan hankala muovi.

Uusiomuovista valmistetut putket voidaan kierrättää neitseellisen materiaalin mukana. Jätehuoltoyhtiön kokemukset toisella tai kolmannella kierroksella olleista muoviputkimateriaaleista ovat hyviä, eikä niiden käsittely ja käyttö juurikaan eroa neitseellisistä, vaikka kontaminaatio onkin lisääntynyt. Kuitenkaan kokemusta useammasta kuin kolmannella kierroksella olevista muovituotteista ei vielä ole.

Myöskään biopohjaisten muoviputkien kierrätyksestä ei kummallakaan jätehuoltoyhtiöllä ollut juurikaan kokemusta. Jos biopohjaisia muoviputkia käytettäisiin ja esimerkiksi hukkapaloja haluttaisiin kierrättää, ne olisivat varmuuden vuoksi hyvä kierrättää erillään fossiilisista valmistetuista muoviputkista. Toisen jätehuoltoyhtiön mukaan biopohjaisten muoviputkien kierrätys vaatisi enemmän testaamista ja tutkimusta, jotta saadaan selville, voidaanko esimerkiksi biopohjaista muoviputkijätettä jatkojalostaa fossiilisten muoviputkijätteen kanssa uusiomuovimateriaaliksi. Biopohjaisen muovimateriaalin kierrätys ja valmistus uusiomuovigranulaatiksi niin, että mukaan yhdistetään myös biopohjaista neitseellistä materiaalia laadun takaamiseksi, ei todennäköisesti ole ongelma.

Tulosten tarkastelu

Työmailla käytetään monenlaisia muoveja ja niitä pystytään kierrättämään, sillä polyeteenin, polyvinyylidikloridin ja polypropeenin lisäksi jotkut jätehuoltoyhtiöt keräävät myös esimerkiksi styrokseja ja muita polystyreenimuoveja. Tutkielman kohdeinfratyömailla olleet muovilaadut olivat hyvin saman tyyppisiä kuin Häkkinen ym. (2019) tutkimuksessa, jossa selvitettiin kerrostalojen ja päiväkotirakentamisessa käytettyjä muovimateriaaleja. Näin ollen talorakentamisessa käytettyjä kierrätysjärjestelmiä voitaneen soveltaa myös infrarakentamiseen ja toisinpäin. Molemmissa tapauksissa kierrätyksen keskeisenä haasteena ovat kuitenkin pienet tilat. Muovien syntypaikkalajitteluun ei välttämättä ole tilaa, sillä monet rakennustyömaat ovat tarkkaan rajattuja ja ahtaita. Lisäksi vaikka muovit ovat samaa muovilaatua, muovin sisältämät lisäaineet voivat erota muovin käyttötarkoituksesta riippuen (Andrady ja Neal 2009), jolloin lisäaineet voivat joskus hankaloittaa eri rakennusmuovien lajittelua. Muovien lajittelu työmailla nähdäänkin pullonkaulana, jonka vuoksi rakennustyömaamuoveja ei kierrätetä tällä hetkellä paremmin. Jätehuoltoyhtiöiden mukaan syntypaikkalajitelluista muoveista LDPE on tällä hetkellä yleisin, sillä se on helppo tunnistettava ja LDPE-muovijätettä syntyy erityisesti rakennusten kalustusvaiheessa.

Kun Helsingin kaupunki haluaa vähentää infratyömaiden hiilijalanjälkeä ja lisätä työmaamuovien kierrätysastetta, tärkeimpiä ratkaisuja tehdään jo suunnitteluvaiheessa, kun päätetään työmaiden materiaaleista. Kaapelinsuojaputkien osalta materiaalivaihtoehtoina ovat tällä hetkellä käytännössä PVC- ja HDPE-muoviputket. Putkenvalmistajien mukaan molempia voidaan käyttää samoissa käyttötarkoituksissa samanlaisessa tilanteessa. Putkien ominaisuuksissa on kuitenkin pieniä eroja, jotka voivat vaikuttaa siihen, voidaanko HDPE-putkia, jotka tulosten mukaan olisivat ympäristöystävällisempi vaihtoehto, käyttää PVC-putkien sijaan. Erään putkenvalmistusyrityksen mukaan PVC-putkella on parempi pituusjäykkyys, pienempi kitkavastus kaapelien vetämiseen ja sileä ulkopinta, verrattuna HDPE-kaapelinsuojaputkiin. Joissain tapauksissa PVC olisi siis parempi vaihtoehto myös kestävyysnäkökulmasta, sillä putkilta vaaditaan yleensä mahdollisimman pitkää käyttöikää.

HDPE-putken käyttö olisi kuitenkin perusteltua kierrätettävyyden kannalta ja HDPE-putki soveltuu perusolosuhteisiin yhtä hyvin kuin PVC-putkikin. Rakennusmateriaaleja suunnitellessa olisikin hyvä pohtia tapauskohtaisesti, tarvitseeko PVC-materiaalia käyttää esimerkiksi haastavien olosuhteiden tai erityisen pitkien kaapelivetojen takia, vai riittäisikö HDPE-putki. HDPE olisi materiaalina parempi kaapelinsuojaputkiksi, koska sen kierrätys ja uudelleenkäyttö on mahdollista Suomen sisällä. Suomessa on muovinkäsittelylaitoksia, jotka pystyvät tekemään HDPE-kierrätysmateriaalista uusiomuovigranulaattia, jota voidaan käyttää uusien kaapelinsuojaputkien materiaalina. Lisäksi kierrätykseen kelpaamatonta, eli esimerkiksi liian likaista HDPE-materiaalia voidaan huoletta polttaa kaikissa jätteenpolttolaitoksissa. PVC-muovi sen sijaan myydään ulkomaille kierrätettäväksi, poltetaan niin sanotuissa erityispolttolaitoksessa tai sijoitetaan kaatopaikalle sillä Suomessa ei ole PVC:n kierrätyslaitosta, joka tekisi siitä uusiomuovimateriaalia (Euroopan komissio 2000). Suuria määriä PVC:tä ei voida myöskään polttaa normaaleissa polttolaitoksissa sen sisältämän kloorin vuoksi (Fråne ym. 2019). Jos PVC-muoviputkien käyttöä halutaan jatkaa, PVC:n kierrätysmahdollisuuksia pitäisi parantaa, jotta sen käyttö olisi kestäväällä pohjalla.

HDPE- ja PVC-putkien hiilijalanjäljestä löytyi ristiriitaista tietoa, eikä olemassa olevien tutkimusten perusteella voida suoraan sanoa, kumpi materiaaleista olisi hiilijalanjäljeltään parempi valinta työmaalle. Suoranaista kaapelinsuojaputkien materiaalien vertailututkimusta ei oltu tehty, vaan tutkimusten kohteena olivat olleet muut putkityypit, kuten vesiputket (esimerkiksi Cowle ym. 2013; Khan ja Tee 2015). Jatkotutkimukset erityisesti kaapelinsuojaputkien valmistuksen, kuljetuksen ja asennuksen aikaisista hiilidioksidipäästöistä olisi tarpeen. Kuitenkin materiaalien kierrätettävyyden ja uusiomuoviputkien käyttö vähentävät itsessään työmaan hiilijalanjälkeä.

Putkenvalmistajien mukaan jo nykyään käytetyissä kaapelinsuojaputkissa käytetään uusiomuovia. Kaapelinsuojaputkien valmistukseen voidaan neitseellisen materiaalin lisäksi käyttää sekä tuotannossa syntyvää omaa muovirejekiä että tehtaan ulkopuolelta tulevaa uusiomuovimateriaalia (Muoviteollisuus ry (1)). Usein kierrätysmuovissa olevat lisäaineet hankaloittavat muovin uusiokäyttöä.

Muoveissa voi olla lisäaineita eri pitoisuuksia ja lisäaineiden erottelu mekaanisessa kierrätysprosessissa ei ole mahdollista. Siten kierrätysmuovien mekaaniset ominaisuudet voivat olla heikompia kuin neitseellisen materiaalin, sillä kierrätysmuovin sisältämät epäpuhtaudet ja muovin käytön aikaiset rakenteet muutokset voivat heikentää materiaalia (Eskelinen ym. 2016). Kierrätysmuovien ominaisuuksia voidaan kuitenkin parantaa lisäämällä haluttuja lisäaineita jo granulaatin tuotantovaiheessa (Fortelný ym. 2004). Näin esimerkiksi putkenvalmistajat saavat laadukasta materiaalia putkenvalmistukseen. Lisäksi uusiomuoviputkien tasalaatuisuuteen voi vaikuttaa muuttamalla neitseellisen ja uusiomuovin välistä sekoitussuhdetta. Erään putkenvalmistajan mukaan, vaikka putkien valmistuksessa on käytetty uusiomuovia, ne täyttävät samat vaateet kuin neitseellisestä materiaalista valmistetut putket.

Putkenvalmistajien mukaan myös täysin uusiomuovista valmistettuja kaapelinsuojaputkia voisi olla saatavilla ja ainakin 100 % uusiomuovista valmistettuja sadevesiputkia on jo tarjolla. Lisäksi kaapelinsuojaputkissa uusiomuovin käyttö on optimaalista, sillä putkea ei ole tarkoitettu esimerkiksi pitämään ja kuljettamaan vettä puhtaana, jolloin kontaminaatio ei ole niin suuri riski. Uusiomuoviputkien kysynnän odotetaan kasvavan ja kysyntä lisää myös näiden tuotteiden valmistusta.

Putkenvalmistajien mukaan biopohjaisia kaapelinsuojaputkia ei sen sijaan ole vielä saatavilla Suomessa. Kysynnän lisääntyessä ja biopohjaisen muovin saatavuuden parantuessa niitä saataneen tulevaisuudessa Suomessakin. Koska biopohjaisia muoviputkia ei tällä hetkellä Suomessa käytetä, ei myöskään jätehuoltoyrityksille ole vielä tullut niitä kierrätykseen. Sen takia jätehuoltoyrityksillä ei vielä ole selkeää näkemystä siitä, miten niitä tulisi kierrättää ja miten ne toimivat kierrätysprosessissa yhdessä fossiilipohjaisen muovin kanssa.

Johtopäätökset

Yhteenvedona voidaan sanoa, että nykyään käytettäviä PVC-kaapelinsuojaputkia voitaisiin joissain tapauksessa korvata HDPE-kaapelinsuojaputkella. HDPE-putki on kierrätettävyyden kannalta PVC:tä parempi vaihtoehto, sillä sitä pystytään kierrättämään Suomen sisäisesti, kun PVC menee taas kierrätettäväksi ulkomaille, erityispolttoon tai jopa kaatopaikalle. Paras vaihtoehto olisi uusiomuovista tai biopohjaisesta muovista valmistettu kaapelinsuojaputki, sillä ne jo itsessään vähentävät neitseellisen fossiilisen muoviraaka-aineen tarvetta. Tulevaisuudessa biopohjainen uusiomuovi olisi vieläkin parempi valinta putkimateriaaliksi, mutta tämä edellyttää ensin biopohjaisen muovin käytön lisäämistä ja sen kierrätysmahdollisuuksien parantumista. Kaapelinsuojaputkimateriaalin valintaa on kuitenkin harkittava aina tapauskohtaisesti, sillä PVC-putki voittaa HDPE-putken joiltain ominaisuuksiltaan, kuten pituusjäykkyydeltään. Loppupelissä tuotteen muut ominaisuudet vaikuttanevatkin eniten putkimateriaalin valintaan, sillä putken on sovelluttava käyttötarkoitukseen ja oltava mahdollisimman pitkäikäinen.

Se, onko HDPE vai PVC parempi materiaali hiilijalanjäljen kannalta, vaatii enemmän tutkimusta. Kierrätettävyyden parantamisella sekä uusiomuovin ja biopohjaisen muovin käytöllä voidaan vaikuttaa työmaan hiilijalanjälkeen ja vähentää vallitsevaa ympäristöä kuormittavaa muoviongelmaa. Kierrätettävyyden parantamisen lisäksi putkien valmistukseen menevä energia ja valmistuksesta tulevat kasvihuonekaasupäästöt on myös otettava huomioon. Lisäksi olisi tarkasteltava, miten putkien ominaisuuserot vaikuttavat työmaan hiilijalanjälkeen, kuten esimerkiksi vaikuttavatko ominaisuuserot kaapelien vetämiseen käytettävään energiamäärään erilaisen kitkavastuksen takia. Myöskään aiemmat tutkimukset eivät antaneet selkeää kuvaa kaapelinsuojaputkien hiilijalanjäljestä, sillä aiemmat tutkimukset käsittelivät muita putkityyppejä. Lisäksi tutkimusten metodit ja tulokset olivat hyvin erilaisia keskenään, minkä takia yhtenäisen hiilijalanjäljen laskentatavan luominen ja laskeminen olisi tarpeen. Sekä PVC- että HDPE-kaapelinsuojaputkien hiilijalanjäljet tulisivatkin siis laskea kokonaisvaltaisen ymmärryksen parantamiseksi.

Infrastruktuurirakentamisessa käytettäviä muovilaatuja ja määriä ei ennen tätä tutkielmaa ole tutkittu juurikaan. Tässä tutkielmassa kohteena oli kaksi infratyömaata, joiden perusteella ei voida vielä tehdä yleistettäviä johtopäätöksiä infratyömailla käytettävistä yleisimmistä muovilaaduista ja määristä. Sen takia infrarakentamisen muovien laatuja ja määrien lisätutkimukset olisivat tarpeen. Näin varmistetaan luotettavan pohjatiedon riittävyys seuraavia tutkimuksia ja esimerkiksi hankintojen kriteeriehdotuksia varten.

Kuten Aulakoski ym. (2014) kirjoittavat, hiilidioksidipäästöjen vähentäminen tulisi ottaa huomioon jo suunnittelun alkuvaiheessa ja siinä erityisesti johdon sitoutuminen on tärkeää. Jotta Helsingin kaupunki voisi systemaattisesti tehdä ympäristöystävällisempiä materiaalihankintoja infrarakentamisessa, yksi vaihtoehto luoda materiaalihankinnoille eri kriteerejä tai lisätä jo olemassa oleviin kriteereihin lisää ympäristönäkökulmia. Se, miten materiaalivalinnat otetaan huomioon suunnitteluprosessissa ja miten/mitkä hankintakriteerit valitaan, jää kaupungin selvittäväksi tämän tutkielman ja lisäselvitysten, kuten materiaalien hiilijalanjäljen laskemisen, jälkeen. Vaikka muovien osuus koko infratyömaan hiilijalanjäljestä on pieni, vain noin 1 % (Aulakoski ym. 2014), pienillä muutoksilla materiaalivalinnoissa tai kierrätyksessä voidaan saada jo vaikutuksia aikaan, sillä rakentamisessa materiaalivolyymit ovat niin suuria. Tämän tutkielman perusteella vaihtamalla PVC-kaapelinsuojaputket hankinnoissa HDPE-uusiomuoviputkiin Helsingin kaupunki edistäisi muovin kiertoa ja täyttäisi esimerkiksi omia Kaikki muovi kiertää -tavoitteita.

Lähteet

- Alsadi, A. 2019. Evaluation of carbon footprint during the life-cycle of four different pipe materials. Dissertation. 37.
- Andrady, A. L. ja Neal, M. A. 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society*. 364(1526):1977-1984
- Aulakoski, A., Montin, P., Lydman, P. ja Häyrynen, K. 2014. Panospohjaisen CO₂-laskennan pilotointi väylähankkeessa. Kehä I liittymän parantaminen kivi-konttien eritasoliittymän kohdalla. Liikennevirasto, infra- ja ympäristöosasto. Helsinki. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2014.
- Barnes, D.K.A., Morley, S.A., Bell, J., Brewin, P., Brigden, K., Collins, M., Glass, T., Goodall-Copestake, W.P., Henry, L., Laptikhovsky, V., Piechaud, N., Richardson, A., Rose, P., Sands, C.J., Schofield, A., Shreeve, R., Small, A., Stamford, T. ja Taylor, B. 2018. Marine plastics threaten giant Atlantic Marine Protected Areas. *Current Biology*. 28(19):1137-1138
- Bio Intelligence Service. 2011. Service contract on management of construction and demolition waste – SR1. Final Report Task 2. Luettu 19.11.2019 osoitteessa: https://ec.europa.eu/environment/waste/pdf/2011_CDW_Report.pdf
- Buekens, A. ja Cen, K. 2011. Waste incineration, PVC, and dioxins. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 13(3):190-197
- Carus, M. ja Dammer, L. 2013. Food or non-food: Which agricultural feedstocks are best for industrial uses? *Industrial Biotechnology*. 9(4):171-176
- Cowle, M., Samaras, V. ja Rauen W.B. 2013. A comparative analysis of the carbon footprint of large diameter concrete and HDPE pipes. Conference paper. Conference: Plastic Pipes XVI, at Barcelona.
- Du F., Woods G. J., Kang D., Lansey K. E. ja Arnold R. G. 2013. Life Cycle Analysis for Water and Wastewater Pipe Materials. *Journal of Environmental Engineering*. 139(5):703–711.
- Eskelinen, H., Haavisto, T., Salmenperä, H. ja Dahlbo H. 2016. Muovien kierrätyksen tilanne ja haasteet. Click Innovation Oy. Raportti nro D4.1-3.
- Euroopan Komissio. 2018. EU:n strategia muoveista kiertotaloudessa. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. COM(2018)28
- Euroopan komissio, 2000. Mechanical Recycling of PVC Wastes – Final report. Basel/Milan/Lyngby, January 2000, 591–5263. 142 p. Luettu 29.1.2020 osoitteessa: http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pvc/mech_recycle.pdf.
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2008/98/EY, annettu 19 päivänä marraskuuta 2008, jätteistä ja tiettyjen direktiivien kumoamisesta (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti).
- European bioplastics. 2019. Bioplastics. Facts and figures. Luettu 16.3.2020 osoitteessa: https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf

- Fortelný, I., Micháľková, D. ja Kruliš, Z. 2004. An efficient method of material recycling of municipal plastic waste. *Polymer Degradation and Stability*. 85(3): 975-979
- Fråne, A., Miliute-Plepiene, J., Almasi, A. M. ja Westöö A-K. 2019. PVC waste treatment in the Nordic countries. Nordic Council of Ministers. TemaNord 2019:501.
- Geyer, R., Jambeck, J. ja Law K.L. 2017. Production, use and fate of all plastics ever made. *Science Advances*. 3(7).
- Green Building Council Finland. 2019. Määritelmä Kestävä infra. Luettu 13.11.2019. Nettijulkaisu saatavilla: https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2019/03/GBC_Kestava-infra-maaritelma__2019_02_6.pdf
- Hammond, G. ja Jones, C. 2011. Inventory of Carbon and Energy (ICE), Version 2.0. Sustainable Energy Research Team. Department of Mechanical Engineering, University of Bath.
- Heino, J. 2019. Kun asenne on kunnossa, muovin lajittelu onnistuu myös raksalla. Verkkoartikkeli luettu 19.3.2020 osoitteessa: <https://lassikko.lt.fi/muovin-lajittelu-onnistuu-myo-s-raksalla>.
- Heinonen, S., Kasanen, P. ja Walls, M. 2002. Ekotehokas yhteiskunta - Haasteita luonnon ja ihmisen systeemien yhteensovittamiselle. Ympäristöklusterin kolmannen ohjelmakauden esiselvitysraportti. Ympäristöministeriö. Helsinki. Suomen ympäristö 598.
- Helsingin kaupunki. 2017. Helsingin kaupungin ulkovalaistuksen yleiset laatuvaatimukset.
- Häkkinen, T., Kuittinen, M. ja Vares, S. 2019. Plastics in buildings. A study of Finnish blocks of flats and daycare centres. Ministry of the Environment, 2019.
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., ja Law K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*. 347(6223): 768-771
- Järvinen, P. ja Saarinen E. 2016. Muovien kierrätys ja hyötykäyttö Suomessa. Bookwell Oy, Porvoo.
- Jätelaki 646/2011, 8 §. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110646>
- Khan, L. R. ja Tee, K. F. 2015. Quantification and comparison of carbon emissions for flexible underground pipelines. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 42(10):728-736
- Koivuniemi, M. 2018. Muovijalostamo. Fortum Recycling and Waste Solutions. Luettu 19.3.2020 osoitteessa: https://clcinnovation.fi/wp-content/uploads/2018/11/3_Mikko-Koivuniemi_Fortum_Muovien-Kierr%C3%A4tys_20-11-2018-1.pdf
- Krantz, Jan., Larsson, J., Lu, W. ja Olofsson, T. 2015. Assessing Embodied Energy and Greenhouse Gas Emissions in Infrastructure. *Buildings*. 5(4):1156-1170
- Muoviteollisuus ry (1). Muoviputkien kierrätys ja keräys. Muoviteollisuus ry:n putkijaosto, julkaisu nr. 43. Julkaisuaika tuntematon.

- Muoviteollisuus ry (2). Muoviputket. Ympäristölle kestävä ratkaisu. Putkijaoston julkaisu n:o 38. Julkaisuaika tuntematon.
- Muoviteollisuus ry (3). Muoviputkijärjestelmien kierrätys. Nettijulkaisu luettu 27.1.2020 osoitteessa: https://www.plastics.fi/putkijaosto/muoviputkijarjestelmien_kierratys/
- Murali M. R., Singaravelu V., Manjusri, M., Sujata K. B. ja Amar, K. M. 2013. Biobased plastics and bionanocomposites: Current status and future opportunities. *Progress in Polymer Science*. 38(2013):1653–1689
- Pasanen, Satu, 2019. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tutkija. Skype-haastattelu 19.12.2019.
- Piratla, K., Ariaratnam, S. ja Cohen, A. 2012. Estimation of CO2 Emissions from the Life Cycle of a Potable Water Pipeline Project. *Journal of Management in Engineering*. 28(1):22-30.
- PlasticsEurope. 2018. Plastics – the Facts 2017: An analysis of European plastics production, demand and waste data. Saatavilla (31.10.2019): https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf
- Rakennustieto Oy. 2015. Infra 2015, Rakennusosa- ja hankenimikkeistö, Määrittämisohje. Tammerprint Oy, Helsinki.
- Ramboll Finland Oy. 2018. Resurssiviisas infrarakentaminen – Tampereen casekohteiden CO2-päästölaskenta ja resurssiviisaat ratkaisut. Loppuraportti 29.1.2018.
- Ruuska, A., Häkkinen, T., Vares, S., Korhonen, M-R. ja Myllymaa, T. 2013. Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset – Selvitys rakennusmateriaalien vaikutuksesta rakentamisen kasvihuonekaasupäästöihin, tiivistelmäraportti. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013. Rakennettu ympäristö. Ympäristöministeriö 2013, Helsinki. 39 s. Saatavilla: http://www.ym.fi/download/YMra82013_Rakennusmateriaalien_ymparistovaikutukset/1faf46b2-2649-41ed-b3aa-5ea789c9512f/37571
- Seppälä, J., Saikku, L., Soimakallio, S., Lounasheimo, J., Regina, K. ja Ollikainen, M. 2019. Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – Valtiot, alueet ja kunnat. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 5a/2019.
- SFS-EN 50520. 2010 Cover plates and cover tapes for the protection and location warning of buried cables or buried conduits in underground installations.
- SFS-EN 61386-24. 2011. Sähköasennusten asennusputkijärjestelmät. Osa 24: Maahan asennettavien asennusputkijärjestelmien erityisvaatimukset.
- Smart & Clean –säätio. 2019. Kaikki muovi kiertoon Helsingin seudulla ja Lahdessa. Nettijulkaisu luettu 5.11.2019 osoitteessa <http://smart-clean.fi/2019/02/07/kaikki-muovi-kiertoon-helsingin-seudulla-ja-lahdessa/>
- The ImpEE Project. 2005. Recycling of plastics. University of Cambridge. The Cambridge-MIT Institute. Nettijulkaisu luettu 22.1.2020 osoitteessa <http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/topics/RecyclePlastics/files/Recycling%20Plastic%20v3%20PDF.pdf>

Ympäristöministeriö. 2018. Vähennä, vältä, kierrätä ja korvaa – muovitiekartta Suomelle. Nettijulkaisu luettu 5.11.2019 osoitteessa [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Vahenna_valta_kierrata_ja_korvaa__muovit\(48210\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/Vahenna_valta_kierrata_ja_korvaa__muovit(48210)). [Lisätietoa myös osoitteessa: [muovitiekartta.fi](https://www.muovitiekartta.fi).]

Liitteet

LIITE 1

		KUSTANNUSARVIO Uudisrakentaminen Myllypuron kiertoliitt	
KTR 3		18.03.2018	
RYA, HSY, UV			
VAIHE	TEHTÄVÄ		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1112	Hyötypuun hakkuu	17	kpl
1131	Betonikaivon purku	6	kpl
1130	Pylvään siirto	1	kpl
1141	Poistettavat pintamaat	420	m3ktr
1150	Asfaltin poisto	2965	m2tr
1150	Reunakiven purku	560	mtr
1151	Betonikiveyksen purku	350	m2tr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1610	Maaleikkaus ja kuormaus ja kuljetus	4 800	m3ktr
1621	Putkikaivannon kaivu, ulkovalaistus	260	mtr
1700	KALLIOLEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1710	Kallioleikkaukset, tuntiuhinta		m3ktr
1720	Kalliokanaalit		m3ktr
1700	Louheen kuljetus, nousumaksut		m3ktr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1831	Asennusalueen murskeesta (tasauskerros)	9	m3tr
1832	Alkutyttö murskeesta	100	m3tr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2112	Suodatinkangas N3	4 016	m2tr
2120	Jakavat kerrokset murskeesta 0/90	3 245	m3tr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0/32	591	m3tr
2139	Päällysteen sidottu alaosa, ABK 32/120	2 600	m2tr
2140	Päällysteen sidottu alaosa, ABK 32/150	2 600	m2tr
2140	Ajoradan päällyste, AB 22/120	2 600	m2tr
2140	Jalkakäytävän/pyörätien päällyste, Ab 8/100	1 400	m2tr
2140	Betonikiveys, iso sauvakivi, harmaa (278x138x80)	96	m2tr
2141	Betonikiveys, iso sauvakivi, musta (278x138x80)	87	m2tr
2142	Betonikiveys, iso sauvakivi, valkoinen (278x138x80)	16	m2tr
2140	Graniittinupukivi, lohko, harmaa 140*140*220	130	m2tr
2140	Noppakiviraita, 2-kiven jk/pp-erotusraita 90mm kivi, 20 cm leveys	252	m2tr
2140	Noppakiveys, lohko, harmaa, 90*90*90	529	m2tr
2140	Noppakiveys, lohko, musta, 90*90*90	80	m2tr
2140	Iso noppakivi, harmaa/valkoinen 140*140*140	6	m2tr
2140	Iso noppakivi, musta 140*140*140	6	m2tr
2200	REUNATUET, KOURUT, ASKELMAT JA EROOSIOSUOJAUKSET		
2210	LR- reunatuki luonnonkivestä	64	mtr
2209	Graniittikiven hankinta ja asennus, V22	554	mtr
2210	Graniittikiven hankinta ja asennus, madallettu, kaareva, upotettu	460	mtr

2300	KASVILLISUUSRAKENTEET		
2311	Nurmikon kasvualusta	40	m3
2311	Puiden kasvualusta	60	m3
2321	Kylvönurmikko	4	m2
2331	Lehtipuut istutus, ei taimen hintaa	3	kpl
2331	Puiden tuenta ja suojaus	3	kpl
2331	Puiden kastelu kastelupussiin 1/vk*9	27	kpl
"	Kuorikate	4	m2tr
3000	JÄRJESTELMÄT		
3100	VESIHUOLLON JÄRJESTELMÄT		
3122	HV-tarkastuskaivo, Ø 800, umpikansistolla RYA	2	kpl
3123	Sadevesikaivo, Ø 800, Ritiäkansistolla RYA	3	kpl
3124	Sadevesikaivo, Ø 800, Ritiäkansistolla RYA	3	kpl
3125	Sadevesikaivo, Ø 800, Ritiäkansistolla RYA	4	kpl
3126	Sadevesikaivo, Ø 800, Ritiäkansistolla RYA	5	kpl
3127	Sadevesikaivo, Ø 800, kitakannella RYA	3	kpl
3120	Kansiston muutos / vaihto, jv viemärin 40tn 500mm	1	kpl
3129	Kaivon kansiston säätö	14	kpl
3120	Hulevesiviemäri M 250 SN 8	46	mtr
3200	TURVALLISUUSRAKENTEET JA OPASTUSJÄRJESTELMÄT		
3260	Tiemerkinnät	160	m2tr
3260	Tiemerkinnät	15	kpl
3260	Liikennemerkkit	35	kpl
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT, ulkovalaistus		
3360	Pylväsjalustan kaivu, pylväs 9...10m	4	kpl
3360	Pylväsjalustan asennus	4	kpl
3311	A Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm, sis. materiaalin	260	mtr
3311	Maakaapelit, Ø 20 mm kaapelin veto- ja siirtotyö	300	mtr
3313	Maakaapelit, Ø 16 mm Cu kaapelin veto- ja siirtotyö, maadoitus	25	mtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	330	h
5330	Työmaamittaukset	300	h
5340	Räjäytys- ja värinämittaus		h
5360	Laadun varmistus	6	erä
5400	TYÖMAAPALVELUT		
5400	Työmaapalvelut, toiminnan järjestely	16	vk
5430	Työmaateiden rakentaminen ja ylläpito	1	erä
5470	Yleisen liikenteen hoito	16	vk
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 2

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO Uudisrakentaminen Myllypuron kiertoliitt	
KTR 3		06.03.2019	
Operaattorit			
VAIHE	TEHTÄVÄ		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1620	Putkikaivannon kaivu DNA	88	mtr
1621	Putkikaivannon kaivu Elisa	88	mtr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1831	Asennusalusta murskeesta DNA	9	m3rtr
1832	Asennusalusta murskeesta Elisa	10	m3rtr
1832	Alkutäyttö murskeesta DNA	22	m3rtr
1837	Alkutäyttö murskeesta Elisa	15	m3rtr
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
3322	Kaapelikaivo DNA	1,5	kpl
3323	Kaapelikaivo Elisa	0,5	kpl
3310	A Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm, sis. Materiaalin DNA	525	mtr
3311	A Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm, sis. Materiaalin Elisa	346	mtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	10	h
5330	Työmaamittaukset	10	h
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 3

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO Esirakentaminen	
KTR 3		23.10.2018	
Tilaaja: RYA, esirakentaminen Piirustus: VIO 5863/17			
VAIHE	TEHTÄVÄ		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1141	Pintamaan poisto, normaali	3 300	m2tr
1159	Koirapuiston aidan purku	112	mtr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1600	Vastaanottomaksut, kivikko 50 € / kuorma		m3ktr
1610	Maaleikkaus ja kuormausta ja kuljetus	3 083	m3ktr
1620	Putkikavannon kaivu	1 376	m3ktr
1700	KALLIOLEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1720	Kalliokanaalit	76	m3ktr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1831	Asennusalueen murskeesta (tasauskerros)	51	m3rtr
1832	Alkutäyttö murskeesta	764	m3rtr
1833	Lopputäyttö murskeella	89	m3rtr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2112	Suodatinkangas N3	1 296	m2tr
2120	Jakavat kerrokset murskeesta 0-90	559	m3rtr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0..32	145	m3rtr
2140	Kivituhka päällyste	722	m2tr
2160	Piennartäyte, molskotti	25	m3rtr
2200	REUNATUET , KOURUT, ASKELMAT JA EROOSIOSUOJAUKSET		
2212	Molskottiverho	160	m2ktr
3000	JÄRJESTELMÄT		
3100	VESIHUOLLON JÄRJESTELMÄT		
3123	Hv-viemäri (vietto) BE 1000 (normaalit olos.)	26	mtr
3124	Hv-viemäri (vietto) BE 1200 (normaalit olos.)	132	mtr
3122	Pohjarengas 1600 x 500	1	kpl
3120	Sadevesikaivo, Ø 1600, sis kaivuut ja täytöt	1	kpl
3121	Sadevesikaivo, Ø 1600, sis kaivuut ja täytöt	4	kpl
3122	Välppä, Ø 1000 ja Ø 1200	4	kpl
3200	TURVALLISUUSRAKENTEET JA OPASTUSJÄRJESTELMÄT		
3210	Suoja-aita, kolmilanka 1.2m	112	mtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	200	h
5330	Työmaamittaukset	140	h
5400	TYÖMAAPALVELUT		
5400	Työmaapalvelut, toiminnan järjestely	10	vk
5470	Yleisen liikenteen hoito	10	vk
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 4

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO	
		Kaivamis- ja putkityöt	
KTR 3		26.11.2018	
Tilaaja		Helen, esirakentaminen	
Suunnitelmapiirustukset: 30795/21 JA 22			
VAIHE	PUNAKIVENTIE	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	315	mtr
M519	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	1 572	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 140 mm	516	mtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työnjohto	15	h
5330	Työmaamittaukset	5	h
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 5

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO	
		Kaivamis- ja putkityöt	
KTR 3		26.11.2018	
Tilaaja		Elisa, DNA, Telia, esirakentaminen	
Suunnitelmapiirustukset:		30796/17, 30939/13, 30795/21 JA 22	
VAIHE	ELISA	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	500	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	1 092	mtr
M700	Kaapelikaivon asennus	1	kpl
VAIHE	DNA	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	405	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm	497	mtr
M700	Kaapelikaivon asennus	4	kpl
VAIHE	TELIA	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	579	mtr
M519	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	1 216	mtr
M700	Kaapelikaivon asennus	1	kpl
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työnjohto	25	h
5330	Työmaamittaukset	10	h
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 6

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO Uudisrakentaminen Katurakenteet	
KTR 3		25.10.2018	
RYA			
VAIHE	PUNAKIVENTIE JA SELKÄLOKINPOLKU		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1141	Poistettavat pintamaat	500	m3ktr
1150	Asfaltin poisto	3995	m2tr
1150	Reunakiven purku	625	mtr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1610	Maaleikkaus ja kuormaus ja kuljetus	3 056	m3ktr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2120	Jakavat kerrokset murskeesta 0/90	1 813	m3rtr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0/64	633	m3rtr
2140	Päällysteeseen sidottu alaosa ABK 22/120	2 204	m2tr
2140	Kivituhka päällyste	1 390	m2tr
2300	KASVILLISUUSRAKENTEET		
2311	Kantava kasvialusta	21	m3
VAIHE	PUNAKIVENPOLKU		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1150	Asfalttipäällysteen sahaus/leikkaus	44	mtr
1150	Asfaltin poisto	401	m2tr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2120	Jakavat kerrokset murskeesta 0/90	162	m3rtr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0/32	43	m3rtr
2140	Jalkakäytävän/pyörätien päällyste, Ab 8/90	401	m2tr
2300	KASVILLISUUSRAKENTEET		
2311	Nurmikon kasvialusta	10	m3
2321	Kylvönurmikko	46	m2

VAIHE	SATAMASAARENTIE		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1141	Poistettavat pintamaat	53	m2ktr
1150	Asfaltin poisto	175	m2tr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1610	Maaleikkaus ja kuormaus ja kuljetus	40	m3ktr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2120	Jakavat kerrokset murskeesta 0/90	31	m3rtr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0/64	8	m3rtr
2140	Jalkakäytävän/pyörätien päällyste, Ab 8/90	100	m2tr
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		
VAIHE	LOKKISAARENTIE		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1150	Asfaltin poisto	1233	m2tr
1150	Asfaltin jyrästä	115	m2tr
1150	Reunakiven purku	424	mtr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0/32	52	m3rtr
2140	Päällysteeseen sidottu alaosa ABK 22/120	131	m2tr
2140	Tasausmassa, AB 16/100	1 848	m2tr
2140	Jalkakäytävän/pyörätien päällyste, Ab 8/90	972	m2tr
2140	Noppakiveys, lohkottu, harmaa, 90*90*90	75	m2tr
2200	REUNATUET, KOURUT, ASKELMAT JA EROOSIOSUOJAUKSET		
2210	Graniittikiven hankinta ja asennus, V22	26	mtr
2210	Vanhan reunakiven asennus	424	mtr
2210	Graniittikiven hankinta ja asennus, V15	5	mtr
2300	KASVILLISUUSRAKENTEET		
2311	Nurmikon kasvualusta	11	m3
2311	Kantava kasvualusta	21	m3
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	300	h
5330	Työmaamittaukset	110	h
5340	Pohjavesimittarit	2	kpl
5360	Laadun varmistus	8	erä
5400	TYÖMAAPALVELUT		
5400	Työmaapalvelut, toiminnan järjestely	25	vk
5470	Yleisen liikenteen hoito	25	vk
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 7

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO	
		Kaivamis- ja putkityöt	
KTR 3		25.10.2018	
Tilaaja		KYMP, Valaistus	
Suunnitelmapiirustukset:			
VAIHE	PUNAKIVENTIE		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1132	Kaapeleiden purku	1 155	mtr
1130	Valaisinyölvään purku	33	kpl
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
3300	UV-kaapin siirto	1	kpl
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	1 156	mtr
M3114	Pylväsjalustan kaivu, pylväs 4...6 m	36	kpl
M3120	Pylväsjalustan asennus	36	kpl
M520	Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm	1 156	mtr
M610	Maakaapelit, Ø 20 mm kaapelin veto- ja siirtotyö	1 156	mtr
M610	Maakaapelit, Ø 16 mm Cu kaapelin veto- ja siirtotyö	100	mtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	100	h
5330	Työmaamittaukset	25	h
5400	TYÖMAAPALVELUT		
5400	Työmaapalvelut, toiminnan järjestely	4	vk
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 8

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO	
		Uudisrakentaminen	
		Vesihuolto	
KTR 3		25.10.2018	
HSY			
VAIHE	PUNAKIVENTIE JA SELKÄLOKINPOLKU		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1300	PERUSTUSRAKENTEET		
1331	Kiviainesarinat	200	m3ktr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1620	Putkikaivannon kaivu	3 015	m3ktr
"	Lisäkustannus tuetulle kaivannolle	1 413	m3ktr
1630	Tuentaelementit, liukukisko, vuokrattu	42	m2tr
1700	KALLIOLEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1720	Kalliokanaalit	80	m3ktr
1700	Louheen kuljetus, nousumaksut	80	m3ktr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1810	Penkereet, maapadot ja täytöt, vaahtolasikevennys	440	m3rtr
1831	Asennusalusta murskeesta (tasauskerros)	182	m3rtr
1832	Alkutäyttö murskeesta	1 601	m3rtr
1833	Lopputäyttö murskeella	1 102	m3rtr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2112	Suodatinkangas N3	4 434	m2tr
3000	JÄRJESTELMÄT		
3100	VESIHUOLLON JÄRJESTELMÄT		
3111	Betoninen jätevesiviemäri (vietto) 500 mm, sis. vain kuljetus ja asennus	10	mtr
3111	Betoninen jätevesiviemäri (vietto) 400 mm, sis. vain kuljetus ja asennus	266	mtr
3111	Muovinen jätevesiviemäri (vietto) 250 mm, sis. vain kuljetus ja asennus	4	mtr
3112	Muovinen jätevesiviemäri (vietto) 315 mm, sis. vain kuljetus ja asennus	63	mtr
"	Jätevesikaivo, Ø 800 asennustyöt	1	kpl
3120	Hulevesiviemäri PEH 250-PN10	85	mtr
3121	Hulevesiviemäri (vietto) BE 300	134	mtr
3122	Hulevesiviemäri (vietto) BE 400	60	mtr
3123	Hulevesiviemäri (vietto) BE 600	63	mtr
3123	Sadevesikaivo, Ø 800, Ritiä- / umpikansistolla	17	kpl
3124	Hv-tarkastukaivo, Ø 800	12	kpl
3125	Hv-tarkastukaivo, Ø 1000	2	kpl
3130	Vesijohdot, SG 150, nouto ja asennustyöt	161	mtr
3132	Kumiluistiventtiili DN 65	1	kpl
3133	Kumiluistiventtiili DN 150	1	kpl
3134	Kumiluistiventtiili DN 200	1	kpl
3130	Palopostit, iso	1	kpl
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

VAIHE	LOKKISAARENPUISTON HYLÄTTÄVÄ VIEMÄRI		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1130	Purettavat kaivojen kartiot	8	kpl
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1620	Maakaivannot	50	m3ktr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1810	Penkereet, maapadot ja täytöt, kevytsoratäyttö		m3rtr
1830	Kaivantojen täytöt	50	m3rtr
3000	JÄRJESTELMÄT		
3100	VESIHUOLLON JÄRJESTELMÄT		
3119	Putkentäyttö murskeella	455	mtr
3120	Viemärikaivon aukaisu ja täyttö murskeella	8	kpl
VAIHE	LOKKISAARENTIE		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1300	PERUSTUSRAKENTEET		
1331	Kiviainesarinat	23	m3ktr
			m3ktr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1620	Putkikavannon kaivu	300	m3ktr
1630	Tuentaelementit, liukukisko, vuokrattu	42	m2tr
1630	Tuentaelementit		m2tr
"	Ponttiseinä	612	m2tr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1831	Asennusala murskeesta (tasauskerros)	12	m3rtr
1832	Alkutäyttö murskeesta	74	m3rtr
1833	Lopputäyttö murskeella	164	m3rtr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2112	Suodatinkangas N3	180	m2tr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0/64	63	m3rtr
3000	JÄRJESTELMÄT		
3100	VESIHUOLLON JÄRJESTELMÄT		
3120	Hulevesiviemäri 110 M	20	mtr
3120	Hulevesiviemäri BE 300	14	mtr
3121	Hulevesiviemäri BE 600	30	mtr
3123	Sadevesikaivo, Ø 800, Ritiä- / umpikansistolla	4	kpl
3123	Sadevesikaivo, Ø 800	1	kpl
3123	Sadevesikaivo, Ø 1000	2	kpl
3123	Sadevesikaivo, Ø 1200	1	kpl
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

VAIHE	PUNAKIVENPOLKU		YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1131	Putkijohdon purku	59	mtr
1135	Betonikaivon purku	1	kpl
1150	Asfaltin poisto	112	m2tr
1300	PERUSTUSRAKENTEET		
1331	Kiviainesarinat	192	m3ktr
1400	POHJARAKENTEET		
1420	Suojaukset ja eristykset, XPS-routaeristys 100 mm	124	mtr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1620	Putkikaivannon kaivu	1 737	m3ktr
"	Lisäkustannus tuetulle kaivannolle	1 328	m3ktr
1630	Tuentaelementit, liukukisko, vuokrattu	42	m2tr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1831	Asennusalusta murskeesta (tasauskerros)	113	m3rtr
1832	Alkutäyttö murskeesta	718	m3rtr
1833	Lopputäyttö murskeella	575	m3rtr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2112	Suodatinkangas N3	1 605	m2tr
3000	JÄRJESTELMÄT		
3100	VESIHUOLLON JÄRJESTELMÄT		
3111	Jv-viemäri (vietto) BE 400	9	mtr
3111	Jv-viemäri (vietto) BE 500	226	mtr
3111	Jv-viemäri (vietto) M 250 SN 8	38	mtr
3112	Jv-tarkastuskaivo EK Ø 1000	2	kpl
3112	Jv-tarkastuskaivo EK Ø 800	9	kpl
3121	Hulevesiviemäri (vietto) BE 800	2	mtr
3122	Hv-tarkastuskaivo, EK Ø 2000	1	kpl
3122	Hv-tarkastuskaivo, EK Ø 1600	1	kpl
3122	Hv-tarkastuskaivo EK Ø 800	1	kpl
3130	Palopostit, iso	1	kpl
3122	Välppä, Ø 800	1	kpl
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		
VAIHE			YKS.
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	300	h
5330	Työmaamittaukset	80	h
5400	TYÖMAAPALVELUT		
5400	Työmaapalvelut, toiminnan järjestely	10	vk
5470	Yleisen liikenteen hoito	10	vk
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 9

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO UUDISRAKENTAMINEN Kaukolämpö Helen	
KTR 3		25.10.2018	
Helen			
VAIHE	PUNAKIVENTIE	MÄÄRÄ	YKS.
1000	MAA-, POHJA- JA KALLIORAKENTEET		
1100	OLEVAT RAKENTEET JA RAKENNUSOSAT		
1100	Vanhan asfaltin poisto vastaanottopaikalle	94	m2tr
1100	Nykyisen betonilaatoituksen purku ja uud. asennus		m2tr
1600	MAALEIKKAUKSET JA -KAIVANNOT		
1620	Putki- ja johtokaivannot	340	m3ktr
1800	PENKEREET, MAAPADOT JA TÄYTÖT		
1830	Asennusalusta 150 mm	34	m3rtr
1830	Alkutäyttö	196	m3rtr
2000	PÄÄLLYSTYS- JA PINTARAKENTEET		
2100	PÄÄLLYSRAKENTEEN OSAT		
2120	Jakavat kerrokset murskeesta 0-90	24	m3rtr
2130	Kantavat kerrokset murskeesta 0..32	11	m3rtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työmaan välitön työjohto	50	h
5330	Työmaamittaukset	10	h
5400	TYÖMAAPALVELUT		
5400	Työmaapalvelut, toiminnan järjestely sis. Liikennejärjestelyt	1	VK
"	Talvityölisä	1	VK
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 10

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO	
		Kaivamis- ja putkityöt	
KTR 3		25.10.2018	
Tilaaja HSV			
Suunnitelmapiirustukset:			
VAIHE	LOKKISAARENTIE	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	218	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm	875	mtr
VAIHE	SATAMASAARENTIE	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	53	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	106	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 140 mm	222	mtr
VAIHE	PUNAKIVENPOLKU	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	161	mtr
M519	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	322	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 140 mm	483	mtr
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työnjohto	40	h
5330	Työmaamittaukset	11	h
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 11

 HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENTAMISPALVELU HELSINGFORS STADS BYGGTJÄNST		KUSTANNUSARVIO	
		Kaivamis- ja putkityöt	
KTR 3		25.10.2018	
Tilaaja Elisa, DNA, Telia			
Suunnitelmapiirustukset:			
VAIHE	ELISA	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	41	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	130	mtr
M700	Kaapelikaivon asennus	0,50	kpl
VAIHE	DNA	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	218	mtr
M520	Suojaputken asennus, Ø 100-110 mm	321	mtr
M700	Kaapelikaivon asennus	4	kpl
VAIHE	TELIA	MÄÄRÄ	YKS.
3000	JÄRJESTELMÄT		
3300	SÄHKÖ-, TELE- JA KONETEKNISET JÄRJESTELMÄT		
M1171	Maakaapelit, maankaivu, 1*M100 tai 2*M100	148	mtr
M519	Suojaputken asennus, Ø 110 mm	310	mtr
M700	Kaapelikaivon asennus	1	kpl
5000	HANKETEHTÄVÄT		
5300	RAKENTAMISEN TYÖMAATEHTÄVÄT JA ERITYISET TYÖMAAKULUT		
5310	Työnjohto	25	h
5330	Työmaamittaukset	10	h
5200	URAKOITSIJAN YRITYSTEHTÄVÄT, yleiskulut		

LIITE 12

Kyselylomake putkienvalmistajille:

1. Nimeä viisi yleisintä muovilaatua (esim. HDPE/PP), joita käytätte putkien (hulevesi-, jätevesi-, käyttövesi-, ilmanvaihto-, kaapelinsuojaputket yms.) valmistukseen ja kuinka suuri prosenttiosuus milläkin muovilaadulla on muoviputkien tuotannossa?

UUSIOMUOVI

2. Kuinka suuri osuus kaikesta putkenvalmistuksessa käyttämästänne HDPE-muovimateriaalista on keskimäärin uusiomuovia?
 - a. 0 %
 - b. 1-20 %
 - c. 21-40 %
 - d. 41-60 %
 - e. 61-80 %
 - f. 81-100 %
 - g. muu
3. Kuinka suuri osuus kaikesta putkenvalmistuksessa käyttämästänne PVC-muovimateriaalista on keskimäärin uusiomuovia?
 - a. 0 %
 - b. 1-20 %
 - c. 21-40 %
 - d. 41-60 %
 - e. 61-80 %
 - f. 81-100 %
 - g. muu
4. Kuinka monta prosenttia HDPE-uusiomuovista tulee oman tuotannon ja tehtaiden ulkopuolelta?
 - a. 0 %
 - b. 1-20 %
 - c. 21-40 %
 - d. 41-60 %
 - e. 61-80 %
 - f. 81-100 %
 - g. muu
5. Kuinka monta prosenttia PVC-uusiomuovista tulee oman tuotannon ja tehtaiden ulkopuolelta?
 - a. 0 %
 - b. 1-20 %
 - c. 21-40 %
 - d. 41-60 %
 - e. 61-80 %
 - f. 81-100 %
 - g. muu

6. Valmistatteko putkia, jonka valmistukseen käytetään vain uusiomuovimateriaalia?
 - a. kyllä
 - b. ei
 - c. vain asiakkaan tilauksesta
 - d. muu
7. Jos valmistatte täysin uusiomuovimateriaalista valmistettuja putkia, minkälaisia uusiomuovimateriaalista valmistettuja putkia valmistatte (esim. putken materiaali ja käyttötarkoitus)?
8. Eroaako uusiomuovista valmistetut putket ominaisuuksiltaan neitseellisestä materiaalista valmistetuista muoviputkista? Miten? Esimerkkinä voi käyttää kaapelinsuojaputkia.
9. Millaisena näette uusiomuovin saatavuuden tällä hetkellä?
10. Minkälaiset tulevaisuudennäkymät uusiomuovilla on putkenvalmistusteollisuudessa? Onko täysin uusiomuovista valmistetuille muoviputkille kysyntää?
11. Näkyykö uusiomuovimateriaalin käyttö putken hinnassa verrattuna neitseellisen muovimateriaalin käyttöön? Miten?

BIOPOHJAINEN MUOVI

12. Valmistatteko biopohjaisia muoviputkia?
 - a. kyllä
 - b. ei
 - c. muu
13. Jos vastasitte edelliseen kysymykseen kyllä, minkälaisia biopohjaisia muoviputkia valmistatte (esim. putken materiaali ja käyttötarkoitus)?
14. Vaikka ette valmistaisikaan biopohjaisia muoviputkia tällä hetkellä, oletteko selvittäneet biopohjaisen muovin soveltuvuutta putkenvalmistukseen? Millaiset tulevaisuudennäkymät biopohjaisella muovilla on putkenvalmistusteollisuudessa? Onko biopohjaisesta muovista valmistetuille muoviputkille kysyntää?
15. Eroaako biopohjaisesta muovista valmistetut putket ominaisuuksiltaan fossiilista materiaalista valmistetuista muoviputkista? Miten?
16. Millaisena näette biopohjaisen muovin saatavuuden tällä hetkellä?
17. Näkyykö biopohjaisen muovimateriaalin käyttö putken hinnassa verrattuna fossiilisen muovimateriaalin käyttöön? Miten?
18. Mitä vaatisi, että uusiomuovista/biopohjaisesta muovista valmistettuja putkia alettaisiin tuottamaan enemmän?

YLEISIÄ KYSYMYKSIÄ

19. Mitä menetelmiä käytätte putkien valmistukseen tällä hetkellä?
 - a. ekstruusio
 - b. rotaatiovalu
 - c. ruiskuvalu
 - d. muu
20. Mikä on eniten käyttämänne putkenvalmistusmenetelmä tällä hetkellä?
 - a. ekstruusio
 - b. rotaatiovalu
 - c. ruiskuvalu
 - d. muu

21. Kuvitellaan tilanne, jossa työmaalle tarvitaan halkaisijaltaan 110mm ja jäykkyydeltään SN8 ja SN16 olevia kaapelinsuojaputkia. Onko putken kestävyys kannalta väliä, valitsenko työmaalleni PVC- vai HDPE-putkesta valmistetun kaapelinsuojaputken, jos putken halkaisija ja jäykkyys ovat sama? Miten PVC- ja HDPE-muovi eroavat kaapelinsuojaputkimateriaalina toisistaan?

LIITE 13

Puhelinhaastattelu jätehuoltoyhtiöille. Kysymysrunko, jota mukailtiin puhelinhaastatteluiden edetessä:

1. Yritysten ja kaupunkien on tehtävä rakennus- ja purkujätemuovien osalta syntypaikkalajittelua. Mitkä ovat rakennus- ja purkujätteen yleisimmät muovilaadut, joita vastaanotatte?
2. Kuinka monta prosenttia vastaanottamastanne syntypaikkalajitellusta PVC-muovista käytetään tai myytte käytettäväksi uusiomuovin raaka-aineena? Mitä uusiomuovin raaka-aineeksi kelpaamattomille PVC-muoveille tehdään?
3. Kuinka monta prosenttia vastaanottamastanne syntypaikkalajitellusta HDPE-muovista käytetään tai myytte käytettäväksi uusiomuovin raaka-aineena? Mitä uusiomuovin raaka-aineeksi kelpaamattomille HDPE-muoveille tehdään?
4. Jos toimitatte jatkokäsittelmätöntä HDPE- ja PVC-muovia eteenpäin yhtiönne ulkopuolelle, kuinka paljon jatkokäsittelmättömille HDPE- ja PVC- kierrätysmuoveille on kysyntää Suomessa? Entä ulkomailla? Mille eri tahoille toimitatte muovia?
5. Jos jatkokäsittelite HDPE- ja/tai PVC-muovia itse, millä tasolla PVC- tai HDPE-uusiomuovin, kuten granulaatin, kysyntä on Suomessa? Entä ulkomailla?
6. Kumpi on kierrätettävyyden kannalta parempi muovi: HDPE-muovi vai PVC-muovi? Miksi?
7. Miten biopohjaisesta muovista tai uusiomuovista valmistettuja PVC- ja HDPE-muovimateriaaleja lajitellaan jätteen syntypaikalla? Voidaanko ne lajitella saman muovilaadun neitseellisen muovin kanssa samaan jäteastiaan?

Kuvailulehti

Tekijä	Suvi Jaakola
Nimike	Infrastrukturirakentamisessa käytettävien muovilaatujen korvaaminen kierrätettyydeltään ja hiilijalanjäljeltään paremmilla valinnoilla
Sarjan nimike	Helsingin kaupungin kaupunkiympäristön julkaisuja
Sarjanumero	2020:27
Julkaisuaika	09:2020
Sivuja	73
Liitteitä	13
ISBN	978-952-331-827-4
ISSN	2489-4230 (verkkojulkaisu)
Kieli, koko teos	Suomi
Kieli, yhteenveto	Suomi

Tiivistelmä:

Muovit ovat tärkeitä materiaaleja rakentamisessa niiden pitkäikäisyyden, kestävyys- ja keveytensä ansiosta. Muovien käyttöä pitäisi kuitenkin saada kestävämmälle pohjalle, koska niitä tehdään pääasiassa fossiilista polttoaineista ja niitä päättyy tarpeettomasti luontoon, jossa ne aiheuttavat vahinkoa erilaisille eliöille. Tämän selvityksen tarkoituksena oli tutkia, voidaanko infrastruktuurirakentamisessa nykyään käytettäviä muovilaatuja korvata kierrätettyydeltään ja hiilijalanjäljeltään paremmilla valinnoilla.

Selvityksen kohteena oli kaksi Helsingin kaupungin infratyömaata, joista selvitettiin kuinka paljon ja mitä muovilaatuja työmaille hankittiin, pois lukien pakkausmuovit. Sen jälkeen haastattelemalla kiertotalouden asiantuntijoita ja jätehuoltoyrityksiä sekä putkienvalmistajia, pyrittiin ottamaan selvää, miten hyvin polyvinyylikloridia (PVC) ja korkean tiheyden polyeteeniä (HDPE) pystytään kierrättämään tällä hetkellä. Lisäksi selvitettiin, voidaanko nykyisiä kaapelinsuojaputkia korvata uusiomuoviputkillä tai biopohjaisesta muovista tehdyillä versioilla.

Työmaille käytettiin ainakin PVC:tä, HDPE:tä, polystyreeniä (XPS), polypropeenä (PP), ristosilloitettua polyeteeniä (XLPE) ja eteeni-propeenikumia (EPDM). PVC-kierrätysmuovimateriaalien jatkojalostusta uusiomuovimateriaaleiksi Suomessa ei ole, jonka takia PVC-muovi myydään ulkomaille. Lisäksi PVC:n sisältämän kloorin vuoksi PVC:tä ei suositella myöskään poltettavaksi. Sen takia PVC-muovia olisi hyvä korvata kaapelinsuojaputkissa esim. HDPE-muovilla. HDPE-muovia pystytään kierrättämään ja jatkojalostamaan uusiomuoviraaka-aineeksi Suomen sisällä. HDPE-uusiomuovigranulaattia voidaan käyttää putkenvalmistuksessa neitseellisen materiaalin tilalla. Biopohjaisia putkia Suomessa ei vielä ole, jonka takia myöskään jätehuoltoyhtiöillä ei vielä ole kokemusta biopohjaisten putkien kierrätyksestä.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella HDPE- ja PVC-muovien valmistamisen hiilidioksidipäästöille ei löydetty selviä eroja. Sen sijaan sekä uusiomuovista valmistetut HDPE- ja PVC-putket olivat selvästi vastaavia neitseellisestä muovista valmistettuja putkia vähäpäästöisemmät. Tällä hetkellä kierrätettävyyden ja hiilijalanjäljen kannalta paras vaihtoehto olisi siis uusiomuovista valmistettu HDPE-kaapelinsuojaputki, sillä uusiomuovien käyttö jo itsessään putken pienentää hiilijalanjälkeä.

Muovien kestävä käyttöä edistäisi myös muovien kierrätysmahdollisuuksien parantaminen työmaille. Tällä hetkellä selvityksessä mukana olleilla infratyömaille muoveja ei käytännössä lajitella, vaan muovit menevät joko sekajätteeseen tai energijakeeseen. Työmaat nähdäänkin muovin kierrätyksen edistämisen pullonkaulana, jonka takia tulisi kiinnittää huomiota muovien kierrätysmahdollisuuksien parantamiseen työmaille.

Avainsanat: muovi, uusiomuovi, biopohjainen muovi, kierrätys, hiilijalanjälki, infrastruktuurirakentaminen



Helsinki

Kaupunkiympäristön toimiala huolehtii Helsingin kaupunkiympäristön suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta, rakennusvalvonnasta sekä ympäristöön liittyvistä palveluista.