

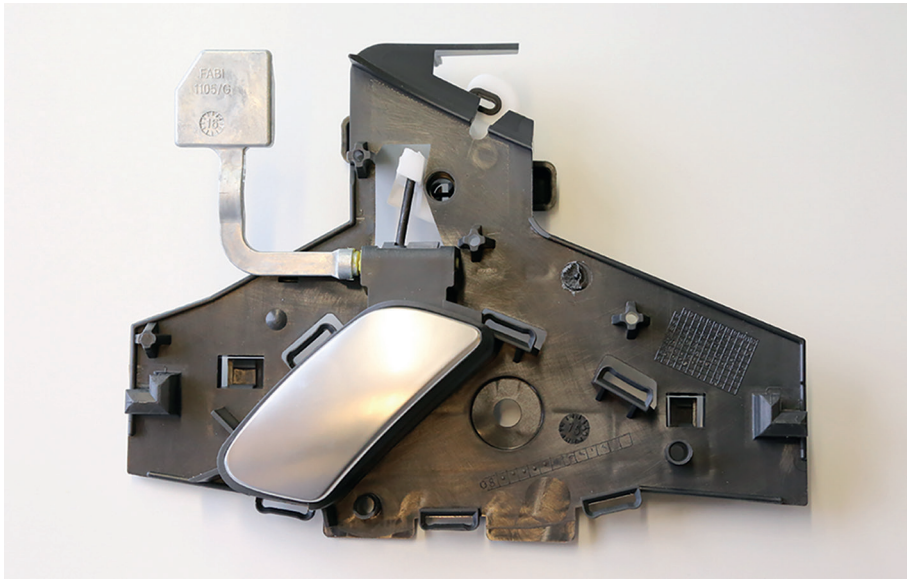
Tarjoaako 3D-tulostus ympäristöhyötyjä varaosabisnekseen?

3D-tulostimien odotetaan mullistavan maailman samaan tapaan kuin kaupungistumisen tai internetin. Kierrätysmateriaalin käyttö 3D-tulostuksessa on osa kehittyvää kiertotalouden tematiikkaa ja sillä on mahdollisuus sekä luoda Suomeen uutta liiketoimintaa että vahvistaa olemassa olevien yritysten kansainvälistä kilpailukykyä.

Myös lainsäädäntö vaatii jätteiden kierrätyksen lisäämistä. Kierrätysmuovien käyttöä kuitenkin rajoittaa muovimateriaalin monimuotoisuus, raaka-aine-erien pienuus sekä perinteisten muovien prosessointitekniologioiden herkyys raaka-aine-erien muutoksille. Perinteisissä tuotantotekniologioissa puolestaan on korkeat muottikustannukset, mikä käytännössä estää pienten sarjojen kustannustehokkaan valmistamisen esimerkiksi varaosiksi.

Kierrätysmuovin hyödyntämisen mahdollisuuksia 3D-tulostuksessa tutkittiin Tekesin ja yritysten rahoittamassa ja Turun ammattikorkeakoulun koordinoimassa Kierrätysmuovien 3D-tulostuksen sovelluslaboratorio -hankkeessa. Hankkeen toteutuksessa olivat mukana Arcada ammattikorkeakoulu, Suomen ympäristökeskus SYKE, Fortum Oy, 3DTech Oy,

Oili Jalonen Oy, Lapmek Oy sekä Prenta Oy. SYKE tutki hankkeessa 3D-tulostukseen pohjautuvan toimintamallin ympäristöhyötyjä yritysten kanssa yhteistyössä suunnitellun case-esimerkin kautta. Elin-kaaripohjaisesti arvioitiin 3D-tulostuksen, kierrätysmateriaalin käytön ja sovelluskohdeiden mahdollisuuksia kiertotalouden tukemisessa. Järjestelmätasolla tutkimuksessa



Kuva 1. Auton ovenkahva koostuu 11 osasta, jotka voivat olla muovia tai metallia.

verrattiin 3D-tulostuksen mahdollistamaa hajautettua tuotantoa nykyiseen, keskitetyn tuotannon malliin. Taustaprosessien, kuten materiaalien valmistuksen ja hankinnan, kuljetusten ja energiantuotannon tiedot otettiin pääsääntöisesti elinkaariarviointia varten kehitetystä Ecoinvent-tietokannasta. 3D-tulostusta koskeva data saatiin pääasiassa yhteistyökumppaneilta.

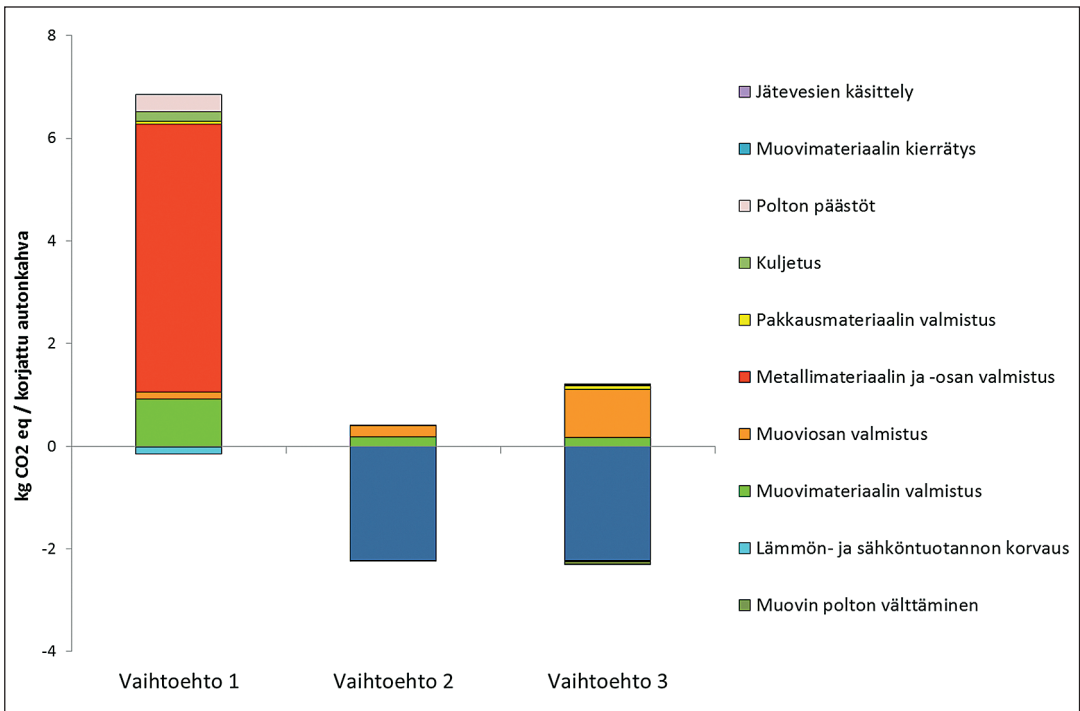
Tutkimuskohteeksi valikoitui rikkoutunut auton ovenkahva, joka koostui 11 erillisestä metalli- tai muoviosasta (Kuva 1). Yleisin syy auton ovenkahvan vaihtamiseen on vetokahvan rikkoutuminen. Vetokahva on ainut osa, joka kahvasta jää asennuksen jälkeen näkyviin.

Rikkoutuneen ovenkahvan korjaaminen

Elinkaariarvioinnilla tarkasteltiin kolmea vaihtoehtoista tapaa korjata rikkoutunut ovenkahva. Nykykäytännössä (Vaihtoehto 1, Kuva 2) rikkoutunut ovenkahva

korjattaisiin seuraavasti: Asiakas tulee autonkorjausfirmaan korjauttamaan veto-kahvaa, jolloin koko ovenkahva (rikkoutuneen vetokahvan sekä 10 ehjän osan muodostama kokonaisuus) poistetaan ja tilalle vaihdetaan Länsi-Euroopassa keskitetysti valmistettu uusi ovenkahva. Vanha kahva päättyy kokonaisuudessaan poistoon siitäkin huolimatta, että valtaosa kahvan osista on edelleen täysin ehjiä ja toimivia.

Vaihtoehdossa 2 (Kuva 2) ainoastaan rikkoutunut vetokahva korvataan 3D-tulostimella tulostettavalla kahvalla (Kuva 3 ja Kuva 4), jolloin kymmenen muuta osaa säilyvät edelleen käytössä. Kolmannessa vaihtoehdossa (Kuva 2) tutkittiin, voiko kierrätysmuovin käytöllä 3D-tulostusmateriaalina saavuttaa ympäristöhyötyjä. Vaihtoehdossa oletettiin, että vetokahvan 3D-tulostuksessa käytetään neitseellisen (vaihtoehto 2) sijaan kierrätysmuovia. Kierrätysmuovina käytettiin hiekkapuhaltimella hiottuja ja murskaimella murskattuja autonpuskureita.



Kuva 2. Tarkasteltujen vaihtoehtojen prosessikohtainen vaikutus ilmastonmuutosvaikutusten muodostumiseen (nollaviivan yläpuolella) ja niiden potentiaaliseen vähenemiseen (nollaviivan alapuolella).

Vaihtoehto 1: Perinteinen menetelmä, jossa koko kahva vaihdetaan.

Vaihtoehto 2: 3D-tulostusmenetelmällä tulostetaan ainoastaan rikkoutunut vetokahva neitseellisestä muovista.

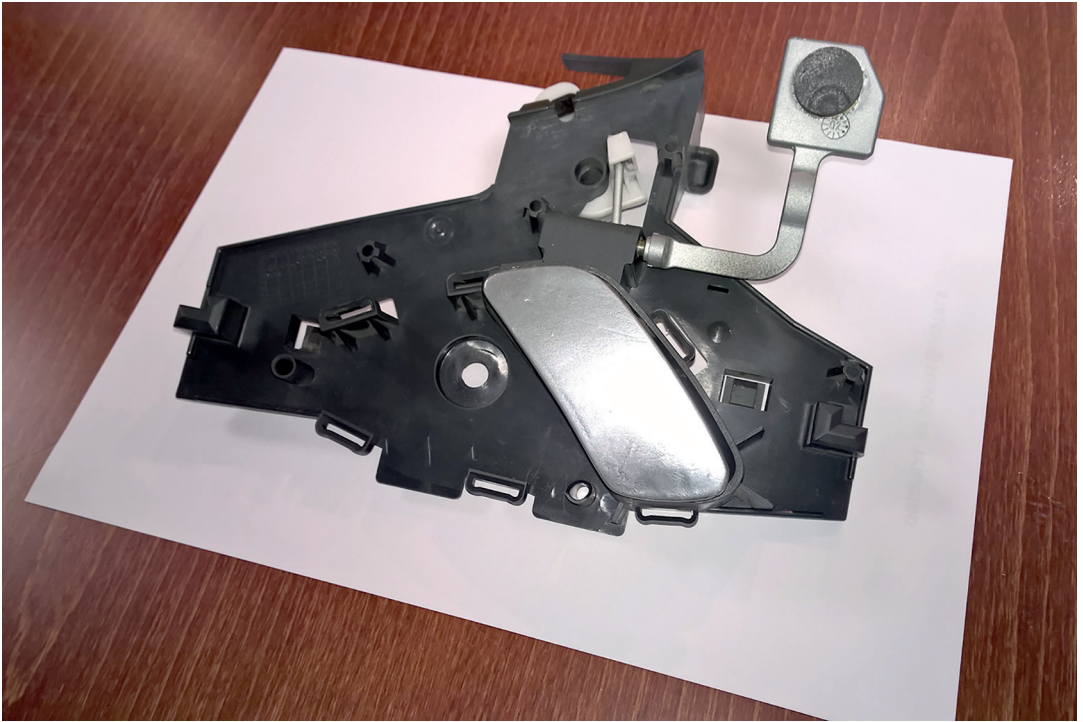
Vaihtoehto 3: 3D-tulostusmenetelmällä tulostetaan rikkoutunut vetokahva kierrätysmuovista.

3D-tulostuksella voidaan vähentää turhaa materiaalin käyttöä

Tarkastelun mukaan 3D-tulostuksella voidaan saavuttaa ympäristöhyötyjä nykyiseen käytäntöön verrattuna (Kuva 2). Ympäristövaikutusarvioinnin tuloksissa ilmastonmuutosvaikutuksia aiheuttavat prosessit näkyvät nollaviivan yläpuolella ja niitä potentiaalisesti vähentävät näkyvät nollaviivan alapuolella. Suurimmat ympäristöhyödyt saavutetaan sillä, että vältetään valmistamasta ylimääräisiä varaosia toimivien tilalle sekä vältetään toimivien muovi- ja metalliosien päätyminen jätteeksi. Tulokset korostavat myös kiertotalouden merkitystä



Kuva 3. 3D-tulostettu varaosa.



Kuva 4. 3D-tulostettu varaosa pinnoitettuna ja asennettuna paikalleen.

tuotteen elinkaaren loppuvaiheessa. Suuret ympäristöhyödyt saavutetaan sillä, että rikkoutunut poistettava osa päätyy kierrätyksen kautta materiaalihyötykäyttöön polton sijaan. Molempien 3D-tulostusta hyödyntävien vaihtoehtojen nettovaikutus jää negatiiviseksi, mikä tarkoittaa että näillä vaihtoehtoilla on potentiaalia vähentää ilmastonmuutosvaikutuksia enemmän kuin tuottaa niitä.

Eri 3D-tulostusmenetelmillä erilaiset vaikutukset

Tulostusmenetelmät ovat mielenkiintoinen ja jopa oman tutkimuksensa arvoinen aihe. 3D-tulostuksen energiankulutus voi vaihdella merkittävästi riippuen käytetystä menetelmästä. Suurimmat ympäristövaikutukset 3D-tulostuksella tuotetun varaosan

valmistuksessa aiheutuvat juuri tulostuslaitteen sähkönkulutuksesta. Neitseellisen materiaalin tulostuksessa hyödynnettiin tässä tutkimuksessa SLS (selective laser sintering) -menetelmää, jossa jauhemaisen tulostusmateriaalin kohdalla ei tarvitse käyttää tukimateriaalia eikä tulostusalustaa. Kierrätysmuovia käyttävässä tarkastelussa oletettiin, että varaosa tulostetaan FDM (Fused Deposition Modeling) -menetelmällä, jossa kestumuvilanka sulatetaan tulostuspäässä ja levitetään alustalle kerros kerrokselta. Eri tulostusmenetelmien erot näkyvät myös tässä tarkastelussa, sillä FDM -menetelmän suuresta energiankulutuksesta johtuen kierrätysmuovista valmistettu vaihtoehto jää neitseellistä materiaalia hyödyntävää vaihtoehtoa huonommaksi.

3D-tulostuksella tuskin tullaan korvaamaan massatuotantoa, eikä tämän tutki-

muksen tulosten perusteella siihen ole ympäristönäkökulman kannalta tarkasteltuna perusteitakaan. Kuljetukset eivät aiheuttaneet merkittävää ympäristövaikutusta hajautetun ja keskitetyn tuotannon vertailussa. 3D-tulostuksen hyödyt tulevat esiin erityisesti niissä tapauksissa, kun varaosan tarve on erityinen. 3D-tulostuksella voidaan mahdollisesti pidentää esimerkiksi vanhempien koneiden käyttöikä, joiden tuotanto on lopetettu ja siten varaosien saatavuus on hankaloitunut. Tai kuten tässä tarkastelussa, tarve on ainoastaan yhdelle osalle, mutta tehtaalta pystytään tilaamaan ainoastaan useasta osasta koostuva varaosakokonaisuus. 3D-tulostus mahdollistaa myös varaosien ominaisuuksien parantelun.

Kierrätysmuovin hyödyntämisessä vielä haasteita

Suurimmat ympäristöhyödyt kierrätysmateriaalin käytöstä saadaan yleensä siitä, että näin vältetään neitseellisen materiaalin käyttöönottamiselta. Muovimateriaalien kierrätyksen yksi suuri ongelma on muovityyppien suuri määrä sekä niiden monimuotoisuus. Muovien lisäaineilla pyritään parantamaan tuotteiden ominaisuuksia mikä on oleellista tuotteen käytettävyyden kannalta, mutta tekee muovituotteen kierrätyksestä haastavaa. Samoin kuin autoteollisuuden kaivataan suunnitelmallisuutta tuotannon alkupäähän, myös muovituotteiden suunnitteluvaiheeseen kaivataan elinkaaren loppupään huomioimista. Suosimalla yhtä muovilaatua sisältäviä tuotteita tai keskenään yhteensopivia muovilaatuja, tuotteen kierrätys onnistuu helpommin.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin kierrätysmuovimateriaalin hyödynnettävyyttä 3D-tulostuksessa. Tutkimuksen mukaan kierrätysmateriaalin käyttämisen tarjoama ympäristöhyöty verrattuna neitseellisen materiaalin käyttöön jäi vähäiselle merkitykselle verrattuna esimerkiksi tulostusme-

netelmän valinnan merkitykseen. Yksi syy tähän tässä tarkastelussa oli, että käytetyn 3D-tulostetun muovin määrä oli pieni. Kierrätysmuovin hyödyntäminen voi tarjota hyvän lisän varaosabisnekseen, jos materiaalin ominaisuudet saadaan neitseellistä vastaavaksi. Kierrätysmuovin käytön ohella on kuitenkin tärkeää vähentää ympäristökuormitusta muista prosessien vaiheista, kuten itse 3D-tulostuksesta.

Auton osien uudelleenkäyttö on korjaustoiminnan tulevaisuutta

Nykyinen lainsäädäntö ja kiristyvät kierrätys- ja uudelleenkäyttötavoitteet ohjaavat autokorjaustoimintaa entistä enemmän tässä tutkimuksessa tarkasteltujen vaihtoehtoisten korjausmenetelmien suuntaan. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin (2000/53/EY) mukaan uudelleenkäyttöä ja kierrätystä tulee lisätä vähintään 85 prosenttiin keskimääräisestä painosta ajoneuvoa ja vuotta kohti. Käytännössä tällä hetkellä valtaosa romuautoista päätyy murskauksen kautta materiaalihyötykäyttöön. Kuten tässäkin tarkastelussa havaittiin, kierrätyksellä saavutetaan merkittäviä ympäristöhyötyjä verrattuna esimerkiksi energiahyödyntämiseen. Kierrätys ja uudelleenkäyttö ovat kuitenkin perustelluista syistä jätehierarkian eri portailla. Uudelleenkäyttämällä varaosat niiden alkupe- räisessä käyttötarkoituksessaan vältetään kierrätysprosessien energiankulutuksilta ja ympäristökuormitukselta. Kiertotalouden edistämiseksi tulisikin lisätä kaikkien tuotteiden, myös ajoneuvojen, purettavuutta, hyödynnettävyyttä ja kierrätettävyyttä. Prosenttien valossa autojen kierrätys näyttää toimivan tällä hetkellä hyvin. Lisää suunnitelmallisuutta tarvitaan tulevaisuudessa siihen, että käyttökelpoiset osat saadaan paremmin uudelleenkäyttöön ja ainoastaan rikkoutuneet osat päätyvät kierrätykseen materiaalina. ■