

Dipl.ins. Seppo Koivisto

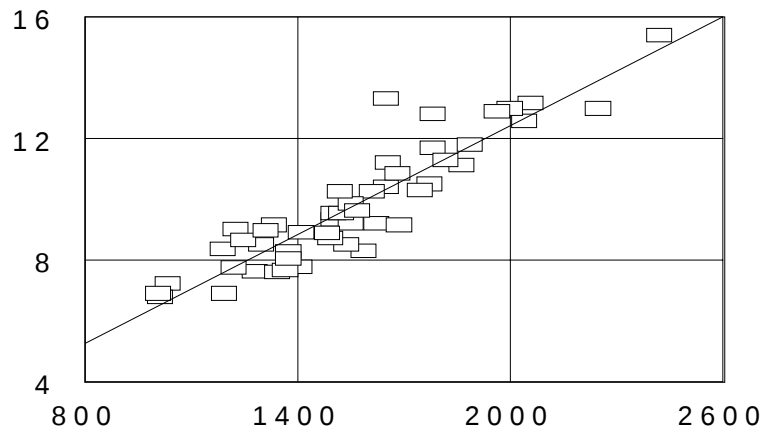
KIERRÄTETTÄVYYS AUTOTEOLLISUUDEN MATERIAALIVALINNOISSA

1

HENKILÖAUTON ENERGIATASE

Materiaalivalinnassa on nykyisin otettava huomioon teknisten ja taloudellisten seikkojen lisäksi ympäristövaikutukset. Energiatase, eli auton energiankulutus sen koko elinaikana on ympäristöystävällisyyden tärkein mittari. Energiankulutus on verrannollinen hiilidioksidi- ja muihin päästöihin ja lisäksi energiataaseen tekeminen on yksinkertaista verrattuna täydelliseen elinkaarianalyysiin. Keskikokoisen henkilöauton valmistukseen käytetään 130 GJ energiaa, kun taas auto kuluttaa elinikänsä aikana lähinnä polttoaineena 690 GJ [3]. Koska auton käyttö kuluttaa yli viisi kertaa enemmän energiaa kuin valmistus, kannattaa nimenomaan tämän energiankulutuksen pienentämiseen kiinnittää huomiota.

Mitä suurempi auto sitä enemmän energiaa kuluu. Kuvassa 1 on esitetty 48 henkilöauton polttoaineen Euromix-kulutuksen riippuvuus auton painosta. Euromix-kulutus on kaupunkiajon sekä 90 ja 120 km/h tasaisen nopeuden kulutuksien keskiarvo. Pienimmän neliösumman menetelmällä lasketun suoran kulmakerroin on 0,6 l/100km/100kg. Vastaavalla tavalla saadaan pelkässä kaupunkiajossa 0,9 ja tasaisella nopeudella 0,4 l/100km/100kg.



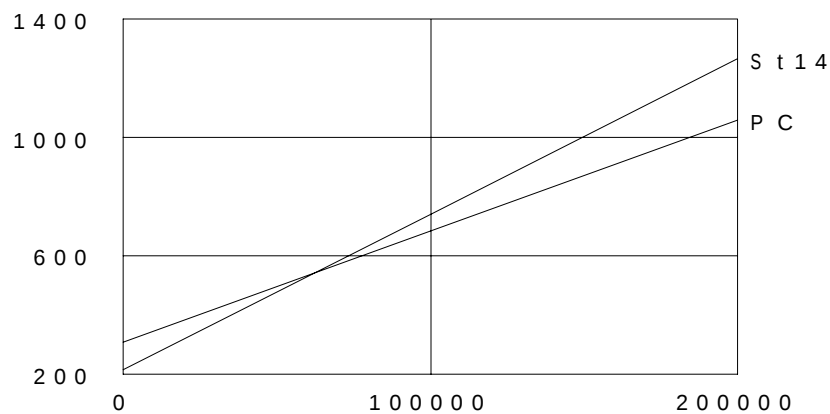
Kuva 1. Henkilöautojen polttoaineen Euromix-kulutus [l/100km] auton massan [kg] funktiona.

Koska kuvassa 1 myös auton fyysinen koko ja ilmanvastus kasvaa painon mukana, on painon muutoksen todellinen vaikutus tietyn auton kulutukseen tasaisella nopeudella pienempi. Kaupunkiajossa ei ilmanvastuksella ole suurta merkitystä, joten siltä osalta aikaisemmin saatu arvo pitää paremmin paikkansa. Teoreettisesti laskien paino vaikuttaa kulutukseen tasaisella nopeudella 0,2 l/100km/100kg. Kolmen ajotavan keskiarvona saa-

daan painon vaikutukseksi polttoaineen kulutukseen 0,4 l/100km/100kg. Nyrkkisääntönä 10% painon vähennys pienentää kulutusta 4,5%.

200000 km matkalla 1 kg painon vähennys säästää siis 8 l polttoainetta, joka vastaa 260 MJ energiaa ja 19 kg hiilidioksidipäästöjä. Koska polttoaineen kulutus riippuu voimakkaasti painosta, on keveys usein kierrätettävyyttä tärkeämpi asia ekologisessa materiaalivalinnassa.

Muovit keventävät pienen tiheyden ansiosta erityisesti levyn taivutusjäykkyyden mukaan mitoitettavia osia. Esimerkiksi korvamalla teräksinen etulokasuojia polykarbonaattiseoksesta valmistetulla saavutetaan 28% painosäästö. Osan sisältämä suurempi energiamäärä tulee korvatuksi 62000 km ajomäärällä polttoainesäästönä. Kuva 2.



Kuva 2. Teräksestä ja polykarbonaatista valmistetun etulokasuojan energian kulutus [MJ] ajomatkan [km] funktiona.

Kumpaakaan materiaalia ei voida nykyisin kierrättää takaisin samanarvoiseen käyttökohteeseen, koska autoteollisuuden syvävetoterästen valmistamiseen ei käytetä romua. Teräsromusta valmistetaan rakenneterästä ja PC-romusta esim. spoilerin kiinnitysosia tai se poltetaan lämpöenergiaksi.

Painon ja polttoaineen kulutuksen vähentäminen on autoteollisuuden suurimpia tulevaisuuden haasteita ja muoveilla on siinä tärkeä tehtävä.

Saksassa on aikaisempi ajatus autoteollisuuden velvollisuudesta ottaa romuauto ilmaiseksi takaisin - pakkausten tapaan - hylätty. Sen sijaan auton viimeinen omistaja ja romuttaja sopivat markkinoiden mukaisen hinnan romuauton vastaanotosta. Tästä saatu todistus on myös edellytys auton verojen ja vakuutusmaksujen perinnän lopettamiselle. Autoteollisuus taas sitoutuu suunnittelemaan uudet mallit helposti kierrätettäväksi, kehittämään kierrätysmenetelmiä nyt käytössä oleville autoille ja lisäämään uu-

siomuovien käyttöä. Tavoitteena on, että 20% nyt kierrättämättä jäävistä materiaaleista kierrätettäisiin vuoteen 2000 mennessä.

Kierrätettävyyttä parannetaan mm. valitsemalla kierrätyksessä vähän ominaisuuksiaan menettäviä materiaaleja ja helposti purettavia liitosmenetelmiä, välttämällä esim. muovien liimausta. Kierrätysmenetelmien kehittämiseksi on useimmilla eurooppalaisilla autonvalmistajilla omat kierrätyskeskukset romutuskokeita varten ja mm. Opel on julkaissut oman DFR-käsikirjan. Uusiomuovien käytön lisäämiseksi on tärkeä seikka niiden määrittely ja hyväksyntä raaka-aineeksi.

Muoveista PE:n ja PP:n ominaisuudet heikkenevät vähiten kierrätyksessä, seuraavaksi parhaan ryhmän muodostavat PA, POM ja TPU. Huonoimpia tässä suhteessa ovat kertamuovit. Massamuoveja on toisaalta moitittu niiden alhaisen hinnan takia, koska uusiomuovin ollessa neitseellistä raaka-ainetta kalliimpaa, kierrätys ei onnistu taloudellisesti ilman ulkopuolista tukea. PVC:n ympäristövaikutuksista on ristiriitaista tietoa, mutta sitä sisältävä sekamuovijäte on ongelmajätettä Saksassa.

2.1

Uusiomuovien käyttö autotuotannossa

Suomessa valmistettavan Opel Calibran sisälokasuojat ja ilmanpuhdistimen kotelo on tehty kierrätetystä polypropeenista, joka on peräisin vanhoista akkukoteloista ja puskureista. Opel Astrassa käytetään lisäksi puskurin vahvikepalkkissa samaa materiaalia. Astran ja Corsa GSi:n takaspoilerin kiinnitysosa on maalatuista puskureista kierrätettyä polykarbonaattia.

Calibran äänieristysmattoja tehdään vaahtomuovipuristeesta, jota saadaan istuintyynyjen valmistuksessa syntyvästä jätteestä. Tuotantojätettä käytetään myös kojetaulun ilmakehän valmistuksessa.

Uusiomuovien käytön lisäämistä hidastaa niiden heikko kaupallinen saatavuus.

2.2

Puskurin suunnittelu kierrätystä ajatellen

Henkilöauton puskureissa muovit ovat lähes täydellisesti korvanneet kromatut teräspuskurit, koska muovipuskureilla on parempi korroosion- ja pienien kolhujen kesto, suurempi muotoiluvapaus ja lisäksi ne ovat kevyempiä ja jalankulkijoiden kannalta turvallisempia.

Euroopassa auton puskurin on kestävä 4 km/h heilurikoe ilman näkyviä vaurioita. Calibran painoisella autolla tämä vastaa 400 J liike-energiaa, jonka teräksinen puskuripalkki varastoi jousen tavoin. Muoveja ei siinä käytetä lähinnä kustannussyistä. Calibran puskuripalkki on kiinnitetty suoraan auton koriin, jota se seuraa kierrätykseen, eikä palkin ja muovisen

puskuriverhoilun välillä ole liitoksia. Tällainen rakenne on kierrätyksen kannalta parempi, kuin useista materiaaleista esikoottu kokonaisuus.

Puskuripalkkiin on kiinnitetty polypropeenivaahdosta valmistettu iskunvaimenin, joka pienentää auton koriin syntyvää tukireaktiota ja muuttaa törmäysenergiaa lämmöksi. Kiinnitys tapahtuu vaahtoon muotoilluilla klipseillä ilman erillisiä kiinnityselementtejä, joten vaahto saadaan helposti irti kierrätykseen murtamalla kiinnitykset. EPP-vaahdolla saavutetaan polyuretaanivaahtoon verrattuna pienempi paino ja lisäksi vaahto on samaa muovityyppiä puskuriverhoilun kanssa. Joskus käytetään mekaanisia iskunvaimentimia, jotka ovat painavampia ja joiden vaimennusneste olisi pystyttävä tyhjentämään auton romutuksessa.

Puskuriverhoilun on kestävä siis 4 km/h törmäyskoe ilman vaurioita. Riittävän sitkeitä materiaaleja tähän ovat PP+EPDM- ja PC+PBT-seokset sekä PUR-RRIM. Opel Calibrassa on päädytty ensin mainittuun, koska pienen tiheyden ansiosta saavutetaan painonsäästöä. Lisäksi PP+EPDM-raaka-aineella on hintaetu, PP-seoksien monikäyttöisyyden ansiosta saadaan mahdollisimman paljon osia yhteensopivista muoveista ja lisäksi sen maalaus on nykyisin hallinnassa.

Puskuriverhoilu kiinnitetään Calibrassa edessä seitsemällä ja takana neljällä ruuvilla. Ruuvien määrää on pystytty vähentämään kiinnittämällä puskuriverhoilun yläreuna ohjauslistalla. Kierrätyksessä irroitettavien ruuvien määrää voi minimoida niin, että osa ruuveista on murrettavien tai leikattavien kannasten päässä. Esimerkiksi Opel Corsan takapuskurin yhdeksästä kiinnitysruuvista on irroitettava vain kaksi. Kiinnitysruuvit on sijoitettava helposti löydettäviin kohtiin ja laadittava purkamista varten ohjeet.

Mahdollisimman puhtaan raaka-aineen saavuttamisessa oman ongelman muodostavat isoon muoviosaan kiinni jäävät pienet nailonista tai asetaalisista valmistetut klipsit. Näiden tilalle olisi kehitettävä liitoselimiä, jotka eivät perustu muovin jousiominaisuuksiin. Terästä olevien kiinnitysosien on oltava riittävän pieniä, esim. Calibran etuspoilerin kiinnityksessä käytetään liian suuria metallilevyjä, jotka on poistettava ennen puskurin jauhatusta kierrätykseen.

Calibran helmalevikkeet ovat puskuriverhoilujen kanssa samaa materiaalia, joten neljässä minuutissa pystytään irrottamaan 19 kg PP+EPDM-osia. Nykyaikaisesta autosta pystytään irrottamaan noin 30 kg kestopuoviosia 20 minuutissa.

Puskurien maalaus on kallista ja ympäristöä rasittavaa. Maali heikentää kierrätyksessä uusiomuovien ominaisuuksia ja maalauksen rajauksessa syntyy huomattava määrä maalin tahrimaa paperi- ja teippijätettä. Opel Vectrassa ja Omegassa on puskurin runko maalaamatonta ja maalattu osa on erillinen ja helposti irroitettavissa. Tällöin ei maalauksen rajauksia tarvita ja pääosa puskurin painosta saadaan maalaamattomana kierrätykseen.

Tällaisen ratkaisun taloudellinen kannattavuus on tutkittava tapauskohtaisesti aina erikseen.

2.3

Kojetaulun kierrätysmahdollisuudet

Henkilöauton kojetaulun on täytettävä hyvin erilaisia vaatimuksia ja siksi se koostuu useasta erilaisesta muovimateriaalista. Opel Calibrin kojetaulu esimerkiksi lujitetusta S/MA-rungosta, polyuretaanivaahtoa olevasta pehmustekerroksesta ja ABS+PVC-foliosta pintamateriaalina. Pintamateriaalilla on oltava hyvä valon ja naarmuuntumisen kesto, vaahto antaa pehmeän vaikutelman ja sillä on merkitystä, paitsi mukavuuden ja haptiikan, myös turvallisuuden kannalta. Ongelmallinen PVC on uuden Saab 900:n kojetaulussa jo korvattu ASA-foliolla.

Kojetaulun valmistuksessa syntyy paljon stanssausjätettä, Opelin Kaiserslauternin tehtaalla S/MA erotetaan stanssausjätteestä syklonilla 98% puhtausasteeseen ja käytetään kojetaulun ilmakehän valmistukseen. Vastavalla tavalla voidaan kokonaisia kojetaulujakin kierrättää. Käyttämällä sähköstaattista erotusmenetelmää saadaan puhtausaste niin korkeaksi, että 30-40% uusiomuovia voidaan käyttää kojetaulun rungon valmistuksessa.

Mielenkiintoiseksi S/MA:n tekee sen liukenenavuus molekyyliketjujen katkeamatta kuumaan asetoniin. S/MA erotetaan asetonista ja liuottimet uudelleenkäytetään. Menetelmä kuluttaa mekaanisia menetelmiä enemmän energiaa ja molekyyliketjut katkeilevat joka tapauksessa ruiskupuristuksessa, joten ikuisesti kierrätettävää muovia ei näinkään saada. [5]

Selvää on, että tällaisten monesta eri muovityypistä olevien rakenteiden kierrätys on vaikeaa. Ratkaisuksi on esitetty yhdestä muovityypistä koostuvia osia, esim. lasikuitulujitettu PP-runko, EPP-haptiikkavaahto ja TPO-folio. Myös täysin polyuretaanipohjaiset ovat mahdollisia. Kuitenkin, jos päämääränä on kierrätys takaisin vastaavaan käyttökohteeseen, on tällainen rakenne yhtä huono kuin eri muovilaaduista koostuva, mikäli runkoa, vaahtoa ja foliota ei pystytä erottamaan toisistaan. Yhtä muovityyppiä oleva rakenne saattaa olla jopa huonompi sähköstaattisiin ominaisuuksiin perustuvia erotusmenetelmiä ajatellen.

Lähteet:

- [1] Koivisto S., Kierrätys autoteollisuudessa, Koneensuunnittelun XVII kansallinen symposium, Tampere 1992, s. 61-65.
- [2] Koivisto S., Kierrätettävyys auton muoviosien suunnittelussa, Oy Saab-Valmet Ab, Uusikaupunki, 20.9.1993, 9 s.

- [3] Haldenwanger H.-G., Vollrath L., *Plastics in automotive engineering: materials, components, systems*, Carl Hanser Verlag, 1994, VIII+276 s.
- [4] Voy C., Schmidt J., *Automobilrecycling - Quo vadis ?*, ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 96(1994)3, s. 148-152, 157-158, 160.
- [5] *Automobile Life Cycle Tools and Recycling Technology*, SAE/SP-966, Society of Automotive Engineers, Warrendale, March 1993, 92 s.