



Muovikomposiittien kierrätys





Kuva: Exel Oyj
Kannen kuva: Ekin Muovi Oy



Kuva: Exel Oyj

Muovikomposiitit tarjoavat ylivoimaisia ominaisuuksia niin lujuuden, keveyden kuin pitkän käyttöiän suhteen. Muovikomposiitit ovat mahdollistaneet aivan uudenlaisia tuotteita, jotka ovat huomattavasti parempia verrattuna perinteisiin materiaaleihin kuten teräs, alumiini tai puu.

Esimerkiksi liikenteessä komposiittirakenteet ovat keveytensä ja pitkän käyttöikänsä ansiosta johtaneet energia- ja ympäristötehokkaampiin ratkaisuihin. Muovikomposiittien ominaisuudet ovat ratkaisevia tulevaisuuden ympäristöystävällisemmän kehityksen kannalta, koska niiden avulla pystytään löytämään tehokkaampia ratkaisuja hyödyntää uusiutuvaa energiaa ja vähentämään fossiilisten raaka-aineiden käyttöä.

Muovikomposiittimateriaalin rakenteen takia kierrättäminen on ollut haastavaa, koska materiaali on yleensä hyvin kestävä sekä mekaanisesti että kemiallisesti. Muovikomposiittien kierrättämiseen on kuitenkin löydetty tehokas ja toimiva menetelmä. Muovikomposiitin käyttö kierrätyspolttoaineen raaka-aineena sementtiunissa on teknisesti ja taloudellisesti toimiva kierrätysmenetelmä, jossa voidaan hyödyntää sekä komposiitin sisältämä materiaali että energia. Menetelmä on tunnustettu ja sitä käytetään jo Saksassa.

Komposiittijätteen poltolla sementtiunissa voidaan hyödyntää sekä komposiitin materiaali että energia

Mitä komposiitit ovat?

Komposiitti koostuu kahdesta tai useammasta toisiinsa sekoittumattomasta materiaalista, jotka ovat fyysisiltä ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan erilaisia. Nämä materiaalit muodostavat toimivan kokonaisuuden, jonka ominaisuuksia ei yksittäisellä materiaalilla olisi mahdollista olla.

Lujitettu kertamuovi on yksi tärkeistä komposiittimateriaaleista. Lujitemuovi koostuu kahdesta osasta, sideaineesta eli *muovista* sekä *lujitteesta*. Lujite on usein lasi-, hiili- tai aramidikuitua. Lujitemuoveille tyypillisiä ominaisuuksia ovat keveys, hyvä vastustuskyky korroosiolle ja lämpövaihteluille, suuri lujuus suhteessa painoon, hyvä iskulujuus, eristävyys, antimagneettisuus, pitkäaikaiskestävyys, räätälöitävyys tiettyyn tarkoitukseen ja huoltovapaus.

Muovikomposiittien käyttökohteita

- Ilmailu ja puolustus: lentokoneiden, helikoptereiden, avaruusaluusten ja satelliittien osat, luotiliivit, kypärät ja muu suojarustus
- Autot ja kuljetus: autojen, raitiovaunujen ja junien osat, matkailuautot ja -vaunut, mopoautot
- Infrastrukturi ja rakentaminen: rakennusten ja teiden korjaus, siltojen rakennus, talonrakennusmateriaalit, arkkitehtoniset erikoisrakennelmat, uima-altaat ja seinäpaneelit
- Korroosionkesto ja sähkö: säiliöt, pumput, tuulettimet, kemiallinen prosessointi, jätevesien käsittely, elektroniikkateollisuuden komponentit
- Vesikulkuneuvot: erilaiset laivat ja veneet
- Uusiutuva energia: tuulivoimaloiden konehuoneet ja siivet, aurinkopaneelien rakenteet
- Kuluttajatuotteet: urheilu ja vapaa-ajan tuotteet kuten golf- ja tennismailat, polkupyörät, sukset ja sauvat



Kuva: Muovityö Hiltunen Oy



Kuva: Muovityö Hiltunen Oy

Miksi kierrättää?

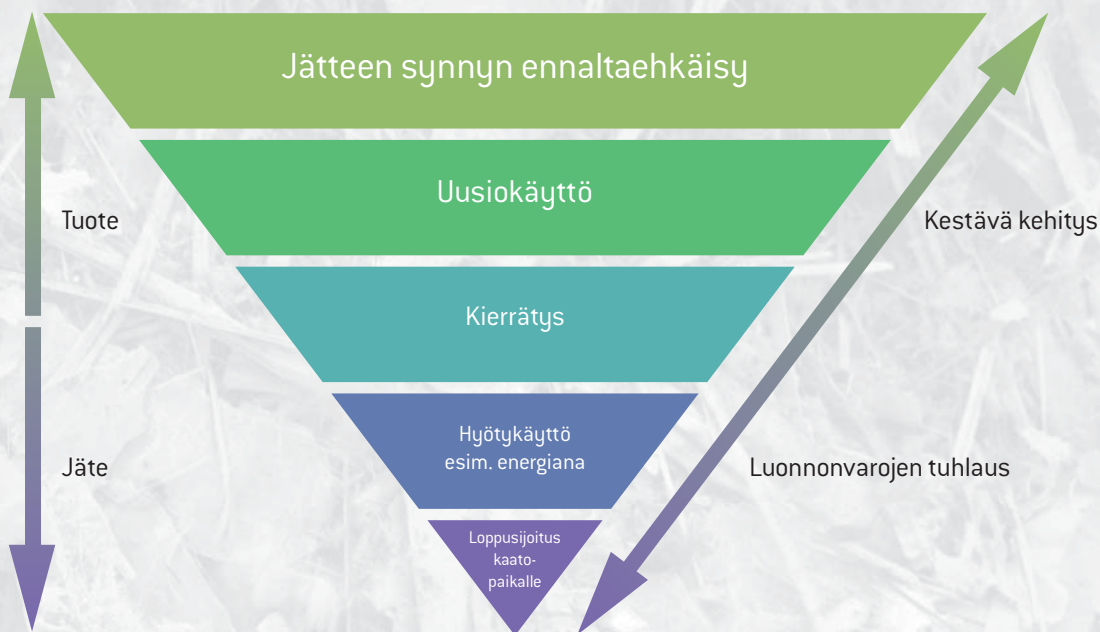
Nyky-yhteiskunnassa on ymmärretty, että maapallon resurssit eivät ole loputtomia ja siksi tehokkuusajattelu on lisääntynyt viimeisimpinä vuosikymmeninä. Materiaalikäytön vähentäminen, kierrätys ja erilainen hyötykäyttö ovat yleistyneet yhteiskunnassamme ja teknologian kehitys on mahdollistanut erilaisten materiaalien tehokkaamman käytön. Myös muovikomposiitit on mahdollista kierrättää.

Kierrätys on yleisnimitys pitkälle prosessille, jossa käytetyt materiaalit kerätään, kuljetetaan, muokataan käyttöön sopiviksi ja sitten hyödynnetään erilaisin keinoin. Muovikomposiitit ovat haastavia kierrätettäviä, koska ne ovat useamman materiaalin yhdistelmiä. Niille löytyy kuitenkin tehokkaita hyödyntämiskeinoja.

EU:n jätedirektiivi

EU:n jätepolitiikan keskeisimpiä tavoitteita on siirtyä kohti ekotehokasta kierrätys- ja hyödyntämisysteemiä. Suomen jätelaki pohjautuu EU:n jätedirektiiviin, jossa tärkein tavoite on jätteiden synnyn ehkäiseminen ja jätteiden määrän ja haitallisuuden vähentäminen. Direktiivissä on säädetty jätehierarkia, jolla tähdätään jätteen määrän ja haitallisuuden vähentämiseen, jätteen kierrätyksen ja muun hyödyntämisen lisäämiseen sekä jätteen kaatopaikkakäsittelyn vähentämiseen. Alla on esitetty EU:n jätehierarkian eri tasot. Kierrätys- ja hyödyntämistavoitteista on säädetty jätelain mukaisia asetuksia. Yksi merkittävä asetus on biohajoavan jätteen ja muun orgaanisen aineksen kaatopaikkakielto, joka astuu voimaan 1.1.2016. Muovikomposiittien osalta asetus tarkoittaa sitä, että niiden kaatopaikkasijoitus ei ole sallittua vuoden 2016 alusta lähtien.

EU:n jätehierarkia



Muovikomposiittien kierrätys sementtiuunissa

Sementin valmistusprosessi

Sementin valmistusprosessi alkaa kalkkikiven louhinnalla, jonka jälkeen se murskataan ja lajitellaan. Kalkkikivestä saatavan kalsiumkarbonaatin lisäksi valmistusprosessissa tarvitaan piioksidia, rautaoksidia ja alumiinioksidia. Raaka-aineita saadaan kalkkikivilouhoksen sivukivistä ja muun teollisuuden sivutuotteista. Raaka-aineet yhdistetään oikeassa suhteessa ja syötetään raakajauhemyllyyn, jossa ne jauhetaan hienoksi.

Sementtiklinkkerin poltto alkaa jauheen esilämmityksellä ja esikalsinoinnilla, jonka jälkeen se syötetään uuniin. Sementtiuuni on noin 100 m pitkä kiertouuni. Kalkki, pii-, alumiini- ja rautaoksidit muuttuvat poltossa kalsiumyhdisteiksi ja sintraantuvat sementtiklinkkeriksi, kun lämpötila nousee 1450 °C:een. Uunin loppuosassa sementtiklinkkeri jäädytetään nopeasti. Klinkkeri on koostumukseltaan tässä vaiheessa karkeaa soraa.

Sementti valmistetaan jauhamalla klinkkeriä, kipsiä ja mahdollisia muita seosaineita. Jauhettu tuote lajitellaan ja karkeat partikkelit ohjataan takaisin jauhatukseen. Hienoksi jauhettu valmis sementti siirretään varastosiiiloihin, joista se kuljetetaan asiakkaille säiliöautossa tai säkkeihin pakattuna.

Muovikomposiitin hyödyntäminen sementinvalmistuksessa

Sementtiuunissa muovikomposiitin sisältämä muovi ja palamiskelpoiset kuidut palavat energiaksi, jota sementtiuuni tarvitsee

kiviaineksen kuumentamiseksi. Lasikuitulujitetun muovikomposiitin lasikuitu sulaa ja sekoittuu muihin kiviaineksiin. Lasikuidun koostumus vastaa suureksi osaksi sementinvalmistuksessa käytettäviä raaka-aineita.

Sementtitehdas vastaanottaa muovikomposiitteja kierrätyspolttoaineen muodossa. Standardin mukaisen kierrätyspolttoaineen valmistaa kierrätyspolttoaineen tuotantoon erikoistunut yritys. Kierrätysprosessi alkaa muovikomposiittien erilliskeräyksellä. Kierrätyspolttoaineen laadun kannalta muovikomposiitin tarkka syntypaikkalajittelu on tärkeää, jotta kierrätyspolttoaineen tuotantolaitokseen ja sementtiuuniin ei päädy haitallisia aineita. Polttoaineen lämpöarvon kannalta on tärkeää, että se on kuivaa eli syntypaikkalajiteltu muovikomposiitti on säilytettävä säältä suojassa.

Kierrätyspolttoaineen valmistaja prosessoi kerätyn muovikomposiitin ennalta sovittuun palakokoon. Prosessoituun lujitemuovijakeeseen lisätään muita kierrätysjakeita, jotta kierrätyspolttoaineen koostumus saadaan säädettyä tarkasti sementtitehtaan polttoprosessiin sopivaksi. Sementtitehtaalla lujitemuovia sisältävällä kierrätyspolttoaineella korvataan muita raaka-aineita sekä normaalisti poltossa käytettäviä fossiilisia polttoaineita kuten kivihiihtä.

Lasikuitulujitemuovijätteen koostumus sopii ihanteellisesti sementin valmistukseen

Kuinka muovikomposiitteja voidaan kierrättää tai käyttää hyödyksi?

Poltto jätevoimalassa

Muovikomposiitin polttaminen jätevoimalassa on mahdollista, mutta silloin lujitteet ja täyteaineet päätyvät tuhkaksi. Tuhkan käsittelystä ja loppusijoittamisesta syntyy lisäkustannuksia. Tästä prosessista saadaan energiaa esimerkiksi kotitalouksien lämmittämiseen.

Poltto sementtiuunissa

Sementtiuunissa poltettaessa suurin osa lasikuitulujitetusta muovista, noin kaksi kolmasosaa, hyödynnetään sementin raaka-aineena ja yksi kolmasosa jätteestä toimii polttoaineena. Menetelmä on kierrätystä, sillä se on suurimmaksi osaksi materiaalin uudelleenkäyttöä. Lujitemuovien polttaminen sementtiuunissa on todistettu toimivaksi menetelmäksi. Muista muovikomposiittien kierrätysmenetelmistä poiketen se on tehokas sekä teknisesti että taloudellisesti.

Muut tutkitut menetelmät

Mekaaninen kierrätys

Mekaanisessa kierrätyksessä muovikomposiitti murskataan ja jauhetaan hienojakoiseksi materiaaliksi, jota voi uusiokäyttää esim. täyteaineena. Menetelmä on yksinkertainen, mutta yleensä kaupalliset täyteaineet ovat murskattua lujitemuovia edullisem-

pia ja teknisesti parempia. Muovikomposiittien murskaaminen tarpeeksi hienoksi materiaaliksi vaatii erikoislaitteistoa.

Pyrolyysi

Pyrolyysissä muovikomposiittia hehkutetaan hapettomassa tilassa 700–1 000 °C lämpötilassa. Tämän seurauksena matriisimateriaali, lujite- ja täyteaineet saadaan eroteltua. Orgaaninen materiaali hajoo prosessissa nesteeksi ja kaasuksi, joita voidaan hyödyntää polttoaineena tai kemikaalilähteenä. Kuituja ja muita täyteaineita voidaan hyödyntää sellaisenaan. Menetelmää käytetään hiilikuitukomposiitin kierrätykseen ja sitä voidaan soveltaa myös lasikuitulujitetun muovin kierrättämiseen.

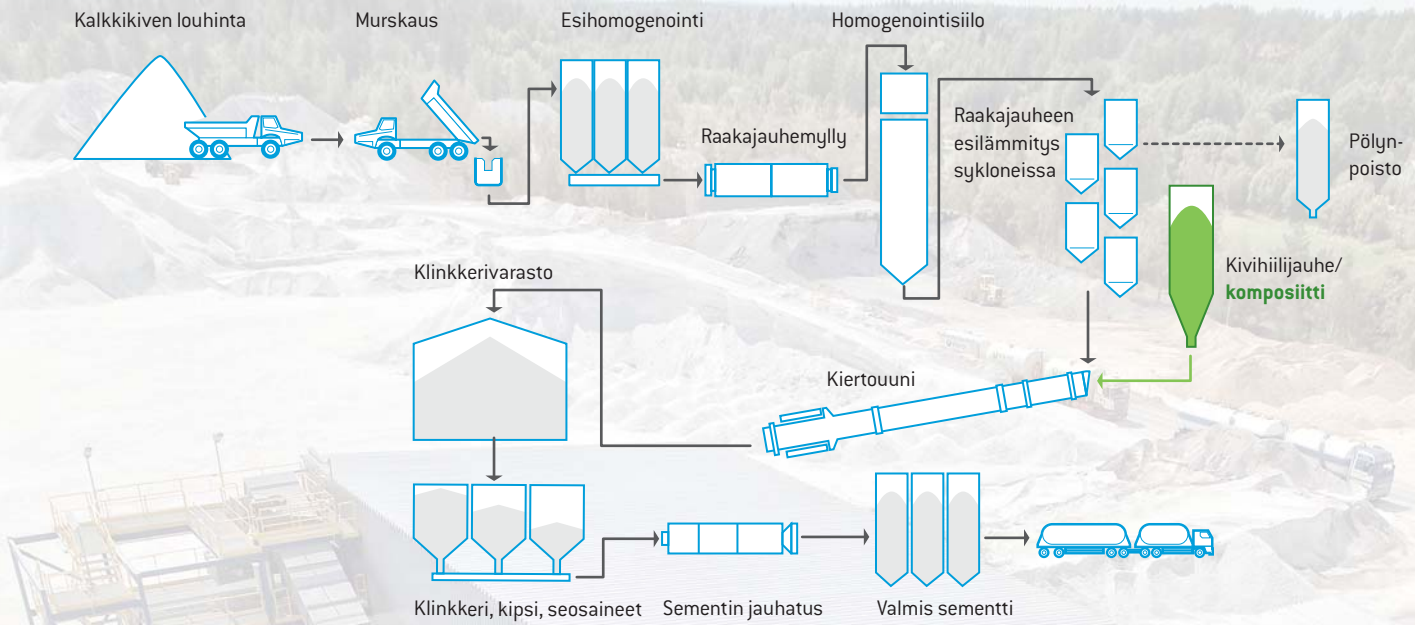
Leijupetipolttaminen

Muovikomposiitti poltetaan hiekkapedissä kuuman ilman avulla. Matriisimateriaali palaa lämmöksi, kuidut ja täyteaineet poistuvat palokaasujen mukana. Kuidut voi käyttää uudelleen, mutta niiden mekaaniset ominaisuudet heikkenevät käsittelyn seurauksena. Menetelmän etuna on, että prosessi sietää epäpuhtauksia ja sekalaisia muovikomposiitteja.

Solvolyysi

Solvolyysissä eli liuotuskierrätyksessä muovikomposiitin materiaalit erotellaan liuottamalla polymeerimatriisi. Solvolyysin avulla muovin sisältämät kemikaalit otetaan talteen.

Sementin valmistus

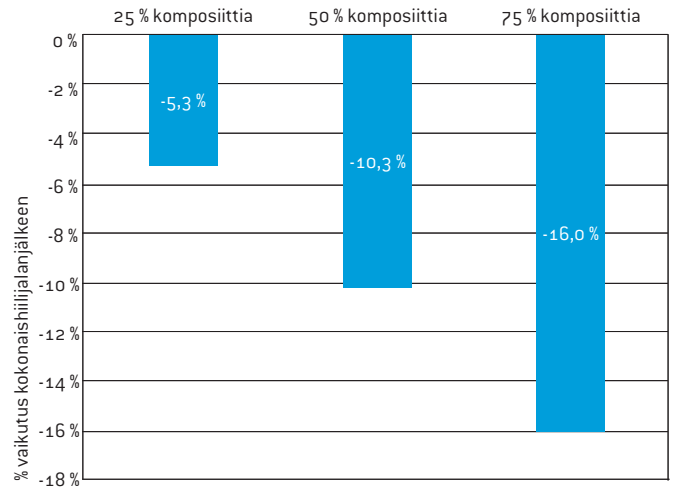


Esimerkki klinkkerin ympäristövaikutuksista

Ympäristövaikutuksia voidaan mitata monilla eri mittareilla. Elinkaarianalyysi (LCA, life cycle assessment) on työkalu, jolla voidaan arvioida ympäristölle haitallisten vaikutusten merkitystä. Elinkaarianalyysillä selvitetään, millaiset muovikomposiitin kierrätyksen ympäristövaikutukset ovat sementtiuunipoltossa. Sveitsiläinen ETH-yliopisto on tutkinut sementtiklinkkerin ympäristövaikutuksia LCA-analyysillä.

Tutkimuksen mukaan klinkkerin hiilijalanjälkeä voidaan pienentää, lujitemuovin määrästä riippuen, jopa 16 %. Viereisestä kuvasta nähdään lasikuitukomposiitin määrän vaikutus klinkkerin hiilijalanjälkeen. Vertailuarvona on laskennassa käytetty normaalisti poltossa käytettävää kivihiiltä.

Komposiittijätteen vaikutus sementin hiilijalanjälkeen eräällä sementtitehtaalla



Lähde: EuCIA Composite

Klinkkerin hiilijalanjälkeä voidaan pienentää komposiittijätteen avulla jopa 16 prosenttia



Kuvissa vasemmalta: profiilijätteet, leikkuujätteet, murskaus ja valmis murske. Kuvat: MAMK

Lujitemuovia voidaan kierrättää

Lujitemuovin kierrätys sementtiuunissa on todistetusti parhaiten toimiva kierrätysjärjestelmä sekä teknisesti että taloudellisesti.

Kertamuovien kierrättäminen takaisin alkuperäisiksi raaka-aineiksi ei ole helppoa

Kertamuovikomposiiteille tyypillisiä ominaisuuksia ovat hyvät mekaaniset ominaisuudet, hyvä kemiallinen kestävyys ja pitkäikäisyys. Tämän vuoksi niiden kierrättäminen takaisin alkuperäisiksi raaka-aineiksi tai materiaaleiksi on haastavaa mutta ei mahdotonta.

Ympäristövaikutuksia ja hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää komposiittien avulla

Komposiittirakenteilla päästään yleensä kevyempiin ratkaisuihin kuin perinteisillä materiaaleilla, kuten teräs tai alumiini. Alhaisesta painosta on etua mm. liikenteessä, jolloin polttoainekustannukset ja hiilidioksidipäästöt pienenevät. Myös pitkä käyttöikä pienentää kokonaishiilijalanjälkeä.

Käytön jälkeen muovikomposiitit voidaan kierrättää polttamalla ne sementtiuunissa, jolloin niiden sisältämä energia ja materiaalit saadaan hyötykäyttöön. Samalla myös sementinvalmistuksen ympäristövaikutukset pienevät.

Sementtiuunissa polttaminen on parempi menetelmä kuin jätteenpoltto

Sementtiuunissa poltettaessa lujitemuovin sisältämä lasikuitu sulaa ja sekoittuu muihin sementin raaka-aineisiin vähentäen sementinvalmistuksessa käytettävien neitseellisten raaka-aineiden määrää. Muovit ja kuidut muuttuvat energiaksi, jota uuni tarvitsee epäorgaanisen aineksen kuumentamiseen.

Jätevoimalassa lujitemuovin poltossa syntyy huomattava määrä tuhkaa, joka sisältää epäorgaanista materiaalia, jolloin sen hyödyntäminen on vaikeaa ja käsittelystä syntyy kustannuksia. Sementtiuunin polttolämpötila on huomattavasti korkeampi kuin jätevoimalan polttolämpötila, jolloin sementtiuunissa saadaan hyödynnettyksi lasikuitulujitemuovin koko energiamäärä.

Komposiittijätteen kierrättäminen sementtiuunissa on hyväksytty kierrätysmenetelmä EU:ssa

Muovikomposiitin kierrättäminen sementtiuunissa on täysin yhteensopiva jätedirektiivin 2008/98/EC kanssa. Koska menetelmä on suurimmaksi osaksi materiaalin uudelleenkäyttöä energiahöydyntämisen sijaan, menetelmä on kierrätystä.





MUOVITEOLLISUUS RY
Finnish Plastics Industries Federation

Eteläranta 10, PL 4, 00131 Helsinki
Puh. 09 172 841, fax 09 171 164
info@plastics.fi
www.plastics.fi



MAMK
University of Applied Sciences

Mikkelin ammattikorkeakoulu
Patteristonkatu 3 D, PL 181, 50101 Mikkelä
Puh. 0153 5561, fax 0153 55 6464
mamk@mamk.fi
www.mamk.fi

Performer 2000 10.2014

KETEK[®]
TEKNOLOGIAKESKUS

Korpintie 8, 67100 Kokkola
Puh. 040 807 3520, fax 06 835 2704
info@ketek.fi
www.ketek.fi



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

COMPOSITES
RECYCLING

Lujitemuovijätteen materiaalin ja energiakierrätys
sementtiuunissa [LUMI] -projekti 2012–2014

