

# Ekofoto-raportti

Laatinut Paula Humberg

12/2015

## Sisällys

KEHYSTÄMINEN .....	1
Perinteinen puukehys lasilla .....	1
Alumiini .....	2
DIBOND ja vastaavat alumiinikomposiittilevyt .....	3
Kapalevy .....	4
MDF (medium density fiberboard) ja HDF (high density fiberboard).....	5
DIASEC / SILISEC ja vastaavat (akryyli + Dibond) .....	6
Re-Board (Premium) .....	7
VALOKUVAPAPERIT .....	7

## KEHYSTÄMINEN

### Perinteinen puukehys lasilla

#### Plussat:

- Voi käyttää uudestaan.
- Vioittuneen kehyksen korjaaminen on usein mahdollista.
- Hinta, kun huomioi pitkän käyttöiän.
- Korkea kotimaisuusaste mahdollinen.
- Kierrätettävät materiaalit.
- Museoiden hyväksymä, kun käytetään happovapaata pahvia.

#### Miinukset:

- Puu saattaa olla peräisin ekologisesti kestävämmällä tavalla hoidetusta metsästä.
- Lasin valmistus kuluttaa paljon energiaa ja raaka-aineiden louhinta aiheuttaa etenkin paikallisia ympäristöhaittoja. Esim. hiekan hankkimisesta koituu ympäristölle paljon tuhoa, kuten eroosiota ja habitaattien katoamista.
- Liima tai listan pintakäsittely voivat estää puun polttamisen kotiloissa.

Puuntuotannossa suurin osa hiilidioksidipäästöistä syntyy hakkuussa, kuljetuksessa ja jalostusprosessissa. Metsät toimivat hiilinieluina, ja puuhun sitoutunut hiilidioksidi vapautuu vasta, kun puu poltetaan tai kompostoidaan. Mäntypuisen raakapuun hiilijalanjälki on VTT:n arvion mukaan noin 68 g / kg. Puu myös sitoo elinaikanaan ilmakehän hiilidioksidia (noin 1,7 kg / puukilo). Listaksi valmistetun puun

hiilijalanjälki on jonkin verran korkeampi. Talousmetsien lajisto ja elinympäristöt ovat huomattavan paljon köyhempiä kuin luonnonmetsien, minkä seurauksena maailman metsälajeista hyvin suuri osa on uhanalaistunut. Erilaiset sertifikaatit antavat jonkin verran tietoa puun alkuperästä.

Lasin valmistuksessa sulatus on energiaintensiivisin vaihe ja energian tuotantotapa vaikuttaa hiilidioksidipäästöihin. Hiilidioksidia syntyy myös sulatuksen oheistuotteena, kun soodaa ja kalkkikiveä kuumennetaan. Hiilidioksidipäästöt ovat VTT:n mukaan keskimäärin 1,2 kg / tasolasikilo. Kierrätetyn lasin osuus lasin valmistuksessa vaihtelee paljon, mutta mikään lasi ole yleensä 100 % kierrätettyä tai 100 % uutta. Lasin tuotannossa syntyy myös rikkidioksideja ja typpioksideja sekä raskasmetalleja.

Aukkopahveista ei löytynyt mainittavasti tietoa, mutta ne valmistetaan yleisesti puuvillasta. Jos valmistusprosessi on samanlainen kuin puuvillapaperin, ympäristövaikutukset jäävät melko vähäisiksi.

## Alumiini

Plussat:

- Kestävä, museoiden hyväksymä materiaali.
- Täysin kierrätettävä.
- Sopii hyvin isompiinkin teoksiin. Huomaamaton.
- Voidaan periaatteessa käyttää uudestaan.

Miinukset:

- Alumiinin tuotanto on erittäin energiaintensiivistä ja kasvihuonepäästöjä suuria.
- Hiilidioksidin lisäksi tuotannossa syntyy muita hiilidioksidia voimakkaampia kasvihuonekaasuja (lähinnä CF<sub>4</sub> ja C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>).
- Alumiinin valmistukseen käytettävän bauksiitin louhinnasta koituu merkittäviä ympäristöhaittoja, kuten vesistöjen pilaantuminen ja sademetsien tuhoutuminen.
- Kertaalleen pohjustetun levyn uusiokäyttö vaatii jonkin verran vaivaa, koska kuva ei välttämättä irtoa helposti.

Alumiini on maailman kolmanneksi yleisin alkuaine ja sitä saadaan bauksiittikivestä, joka koostuu suurimmaksi osaksi alumiinihydroksidista. Alumiinin tuotantoprosessi vaatii hyvin paljon energiaa – noin 15 000 - 16 000 kWh / tonni. Arviolta 80 % alumiinin hiilijalanjäljestä tulee tuotantoon tarvittavasta energiasta, joten energiamuoto vaikuttaa päästöjen määrään. Energiantarve ja kasvihuonepäästöt ovat pienentyneet jatkuvasti, mutta taso on edelleen korkea. Pohjois-Amerikassa koko tuotantoprosessin arvioidaan tuottavan keskimäärin 9,8 tonnia hiilidioksidia vastaavia kasvihuonepäästöjä yhtä alumiinitonnia kohti, mutta eri tahojen arviot ja laskutavat vaihtelevat riippuen mm. siitä, mitkä tuotantoprosessin vaiheet sisältyvät laskelmaan.

Sulatusprosessin oheistuotteena syntyy välittöminä päästöinä hiilidioksidia ja PFC-yhdisteitä (perfluorihilivetyjä). PFC-yhdisteistä tärkeimmät ovat CF<sub>4</sub> ja C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, joiden lämmittävä vaikutus on hiilidioksiidiin verrattuna 6500-kertainen (CF<sub>4</sub>) ja 9200-kertainen (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>). Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa pelkän sulatusprosessin kasvihuonepäästöt ovat keskimäärin 2,2 tonnia hiilidioksidia / tonni alumiinia, kun PFC-yhdisteiden osuus on muutettu vastaamaan hiilidioksidin lämmittävää vaikutusta.

Energianlähteenä käytetään usein vesivoimaa. Alumiinia louhitaan enimmäkseen trooppisilla ja subtrooppisilla sekä vulkaanisilla seuduilla, joissa alumiinintuotantolaitosten yhteydessä toimivat vesivoimalat aiheuttavat monimuotoisia ympäristöongelmia. Jokien patoaminen nostaa vedenpintaa, jolloin veden alle jäävä kasviaines alkaa lahotessaan tuottaa hiilidioksidia ja metaania, jonka lämmittävä vaikutus on 25-kertainen hiilidioksiidiin verrattuna. Lahoaminen kuluttaa vedestä happea, mikä aiheuttaa joen alajuoksullakin vaikuttavaa happikatoa. Vedenpinnan nousu, happikato ja rehevöityminen muuttavat vesiekosysteemien toimintaa.

Louhosten ja tuotantolaitosten ympäristössä vesi, ilma ja maaperä saastuvat herkästi. Alumiinin tuotannon oheistuotteena syntyy vuosittain noin 77 miljoonaa tonnia punaista myrkkylietettä (ns. "red mud"), joka on hyvin emäksistä ja sisältää raskasmetalleja. Lietteen hävittäminen on vaikeaa, joten sitä säilötään suuriin altaisiin. Esimerkiksi Unkarissa sattui vuonna 2010 tällaisen altaan vakava vuoto, jossa lähes miljoona kuutiometriä lietettä pääsi ympäristöön. Altaat vuotavat usein hiljalleen vesistöihin ja jopa pohjaveteen, mikä vaarantaa puhtaan juomaveden saannin. Bauksiittia louhitaan tyypillisesti avolouhoksista ja niistä kantautuu ympäristöön haitallista pölyä. Myös eroosio ja ympäristön hävittäminen sinänsä heikentävät luonnon monimuotoisuutta.

Alumiinin kierrätettävyyks on erittäin hyvä ja kierrätetyn alumiinituotteen valmistus kuluttaa vain noin 5 % energiaa verrattuna neitseellisen alumiinin tuotantoon. Vastaavasti myös kasvihuonepäästöt ovat pienemmät, eikä PCF-yhdisteitä synny lainkaan. Suunnilleen kolmannes maailman alumiinista on kierrätettyä.

## DIBOND ja vastaavat alumiinikomposiittilevyt

Plussat:

- Hyödyt pitkälti samoja kuin pelkässä alumiinissa.
- Melko kevyt, mutta jämäkkä.
- Täysalumiiniseen levyyn verrattuna alumiinia kuluu vähemmän.

Miinukset:

- Periaatteessa kierrätettävä, mutta käytännössä Dibondia vastaanottavan tahon löytäminen Suomessa on vaikeaa / mahdotonta. Polyeteenisisus hankaloittaa kierrätystä.
- Polyeteeni voi päätyä lopulta vesistöihin, joissa se toimii vektorina ympäristömyrkyille.

- Kulmat kolhiintuvat melko herkästi.

Dibond ja vastaavat alumiinikomposiittilevyt koostuvat tyypillisesti kahdesta 0,3 mm paksuisesta alumiinilevystä, joiden välissä on kerros polyeteeniä. Dibondin valmistaja 3A Composites ei käytä Dibondin valmistukseen kierrätettyä alumiinia, mutta ottaa käytetyt Dibond-levyt takaisin ja kierrättää sekä niissä olevan alumiinin että polyeteenin. Kierrätysalumiini päätyy muiden tahojen käyttöön. Dibondia Suomeen maahantuovasta Foiltek Oy:stä kerrottiin, että Dibondia voi toimittaa metallinkeräykseen. Foiltek ei ota Dibondia vastaan.

Polyeteeni on maailman yleisin muovi. Esimerkiksi muovipussit ovat samaa matalatiheyksistä polyeteeniä (LDPE) kuin Dibondin sisus. Eteeniä valmistetaan ns. krakkausmenetelmällä, jossa pitkiä hiilivetyjä pilkotaan lyhyemmiksi. Raaka-aineena käytetään mm. öljyä ja maakaasua. Eteeni on yksinkertainen hiilestä ja vedystä muodostuva kaasu, ja siitä saadaan polyeteeniä polymeroimalla (pienet molekyylit yhdistyvät suuriksi polymeerimolekyyleiksi).

Polyeteenin hiilijalanjälki vaihtelee suuresti prosessin mukaan ja yleispätevän arvon antaminen on mahdotonta. Arviot vaihtelevat suunnilleen välillä 1-3 kg hiilidioksidia / polyeteenikilo, mikä on yleensä hieman enemmän kuin esimerkiksi kierrätetyn sanomalehtipaperin hiilijalanjälki. Erään lähteen mukaan hiilijalanjälki on kuitenkin jopa 6 kg / polyeteenikilo.

LD-polyeteeniä voidaan polttaa energiajätteenä. Polyeteeni ei välttämättä maadu lainkaan, mutta se hajoaa auringonvalon vaikutuksesta pieniksi partikkeleiksi. Vesistöihin päätyessään tämä ns. mikromuovi voi toimia vektorina ympäristömyrkyille. Mikromuovin pintaan kertyy ympäristömyrkyjä ympäröivään veteen verrattuna jopa miljoonakertaisina pitoisuuksina. Kun mikromuovia päätyy vesieliöiden ja mm. kalaa syövien lintujen elimistöön, ympäristömyrkyt saattavat rikastua ravintoketjussa.

## Kapalevy

### Plussat:

- Kapa on kevyt ja edullinen materiaali.
- Painoonsa nähden jäykkä.
- Happovapaa.

### Miinukset:

- Kertakäyttöisyys, alhainen käyttöikä.
- Kolhiintuu herkästi.
- Kapassa oleva polyuretaani on vaikea kierrättää.
- Alumiinilla päällystetyn Kapan kierrätys on vielä mahdottomampaa ja lisäksi on huomioitava muut alumiiniin liittyvät ongelmat.
- Polyuretaani voi päätyä vesistöihin osaksi mikromuoviongelmia.
- Polyuretaanin valmistuksessa käytettävät raaka-aineet ovat haitallisia sekä ihmisille että ympäristölle.

Kapa-levy on joko kartongilla, muovilla tai alumiinilla pinnoitettua polyuretaania. Polyuretaania valmistetaan kemiallisessa reaktiossa, jossa isosyanaatti ja polyoli reagoivat keskenään saaden ponneaineen kaasuuntumaan. Lopputuloksena on huokoinen solumuovi, jonka ominaisuudet vaihtelevat valitun isosyanaatin ja polyolin, ponneaineen sekä erilaisten apuaineiden mukaan. Polyuretaani onkin yleisnimi monenlaisille eri sekoitteille.

Polyuretaanin ponneaineena käytettiin ennen yleisesti CFC-yhdisteitä eli freoneja, jotka ovat merkittävän yläilmakehän otsonia tuhoava aineryhmä. Otsonikato lisää ultraviolettisäteilyä, mikä vaikuttaa mm. kasvien yhteyttämistehoon. CFC-yhdisteiden käyttöä on rajoitettu 90-luvulta alkaen ja kaiken EU:ssa valmistettavan polyuretaanin on pitänyt olla CFC-vapaata vuodesta 1995 alkaen. Tilalle on tullut korvaavia ponneaineita, joista myös HCFC-yhdisteet ovat otsonille haitallisia. Näistäkin yhdisteistä pyritään luopumaan ja nykyisin ponneaineena käytetään esim. pentaania, jota saadaan maaöljystä tai –kaasusta.

Polyuretaanin valmistuksessa syntyy haitallisia höyryjä, jotka ovat mm. ärsyttäviä ja karsinogeenisia. Pentaani on vesistöihin päästessään haitallista. Eristyksessä käytettävän polyuretaanin hiilijalanjälki on VTT:n mukaan 4,2 kg / polyuretaanikilo. Polyuretaania voidaan periaatteessa kierrättää, mutta Suomessa kierrätys on vähäistä ja Kapa-levyt sekä vastaavat päätyvät käytännössä kaatopaikalle tai energiajätteeksi.

### MDF (medium density fiberboard) ja HDF (high density fiberboard)

Plussat:

- Edullisuus. Hinta- / laatusuhdetta pidetään yleisesti hyvänä etenkin HDF:ssä.
- MDF:ää kovemman HDF:n etuja ovat suoruus, jämäkyys ja mittatarkkuus.
- Puupohjaiset materiaalit ovat verrattain ekologisia. Valmistukseen ei liity ympäristölle erityisen haitallisia vaiheita ja metsien kasvatus sitoo hiilidioksidia ilmakehästä.
- Valmistukseen voidaan käyttää huonolaatuista puukuitua, eli esim. oksahaketta.
- Kelpaavat energiajakeeksi.

Miinukset:

- Sidosaineena käytettävä formaldehydi voi aiheuttaa terveyshaittoja etenkin levyn parissa työskenteleville.
- Vaikka MDF ja HDF ovat puupohjaisia materiaaleja, niitä ei voi kompostoida eikä kotipoltto ole suositeltavaa.
- Mahdolliset negatiiviset ympäristövaikutukset ovat pitkälti samoja kuin puulla yleisesti. Metsien hoitotoimenpiteissä on luonnonsuojelullisesta näkökulmasta paljon toivomisen varaa.

MDF ja HDF ovat havupuukuidusta ja sidosaineesta puristamalla valmistettua levyä. Sidosaaineena käytetään yleisesti formaldehydiä, joka on hengitettynä terveydelle haitallista. Formaldehydiä haihtuu ilmaan etenkin levyä työstäessä, mutta haihtuminen jatkuu jossain määrin myöhemminkin, ellei levyä pinnoiteta. Formaldehydin määrään arvioimiseksi on kehitetty luokitus (E0-E3), joista E0 ei sisällä lainkaan lisättyä formaldehydiä. Formaldehydiä on puussa ja jopa ihmisessä pieniä määriä luonnostaankin. Suomessa myytävä MDF ja HDF kuuluvat ilmeisesti pääosin luokkaan E1 ja formaldehydivapaata levyä on huonosti saatavilla. Euroopassa ei valmisteta luokkaan E3 kuuluvaa levyä.

VTT:n mukaan MDF-levyn hiilijalanjälki on arviolta 0,65 kg / MDF-kilo. HDF:n hiilijalanjäljen voi olettaa olevan samoissa lukemissa. Puu kuitenkin myös sitoo ilmakehän hiilidioksidia kasvunsa aikana.

### DIASEC / SILISEC ja vastaavat (akryyli + Dibond)

Plussat:

- Pitkäikäinen. Museoiden hyväksymä menetelmä.
- Sopii hyvin isoille teoksille, säilyttää muotonsa.
- Akryylin iskunkestävyys on parempi kuin lasin.

Miinukset:

- Kun akryyli kiinnitetään Dibond-levyyn, kumpaakaan ei voida enää kierrättää.
- Akryylin, polyuretaanin ja alumiinin valmistus tuottaa paljon kasvihuonepäästöjä ja muita ympäristöongelmia.
- Akryyli naarmuuntuu melko helposti.
- Kallis.

Akryyliä valmistetaan akryylihaposta, joka on terveydelle haitallinen, syövyttävä ja vesiliöille myrkyllinen kemikaali. Akryylihapoa puolestaan saadaan eteenin ja bensiinin valmistuksen oheistuotteena syntyvästä propeenista. Kuten muovien ollessa kyseessä yleensä, useat haitat liittyvät öljyntuotannon ympäristöongelmiin. Pelkkä akryyli on valmistustavasta riippuen mahdollista kierrättää joko uusien muovituotteiden valmistuksessa tai polttamalla. Diasec-vedosten ongelmana on, että akryyliä ja alumiinikomposiittilevyä ei saa irrotettua toisistaan kierrätystä varten. Diasec-tyyppinen vedos on periaatteessa mahdollista valmistaa Dibondin sijaan myös akryyli- tai jopa puutaustalla, mutta nämä vaihtoehdot saattavat vääntyillä.

Myös akryyli on osa mikromuoviongelmaa ja yleistä ympäristön kemikalisoitumista. Kun ympäristöön pääsee lukemattomia erilaisia yhdisteitä, niiden niin sanottu cocktail-vaikutus saattaa olla haitallisempi kuin yksittäisen aineen vaikutus. Eri yhdisteiden yhteisvaikutukset tunnetaan todella huonosti. Akryylihapoa voi tuotannon yhteydessä päästä vesistöihin, joissa sen uskotaan olevan myrkyllistä. Se

on erittäin myrkyllistä myös linnuille. Akryylihapo kuitenkin hajoaa muutamassa viikossa tai kuukaudessa, koska se on hyvin reaktiivinen aine.

Akryylin valmistuksen hiilijalanjäljestä löytyy huonosti tietoa. Oikeastaan ainoa löytämäni arvio sanoo, että päästöt ovat noin 12,4 kg / kg akryyliä, mutta tämä arvio koskee vaatekuitua eikä lähteestä ole tietoa. Silisecissä käytettävän Plexiglas-akryylin voi palauttaa maahantuojalle (Foiltek Oy), josta se päättyy energiajätteeksi.

### Re-Board (Premium)

Plussat:

- Kierrätettävyys.
- Valmistettu osittain kierrätyskuidusta.
- Painoensa nähden hyvin jäykkä.
- Alhainen hiilijalanjälki verrattuna muihin tuotteisiin.
- Myrkyttömyys.

Miinukset:

- Voi harvoin käyttää sellaisenaan. Re-boardia on vaikea leikata siististi, joten reuna pitää piilottaa.
- Kertakäyttöisyys. Vaurioituu aika helposti. Kestää melko huonosti kosteutta.
- Kun lyhyen käyttöiän ottaa huomioon, hiilijalanjälki ei välttämättä ole erityisen matala.

Re-board Premium on Stora Enson valmistama kennopahvilevy, joka valmistajan mukaan ei sisällä mitään haitallisia aineita. Kennotäytteen päällä on molemmin puolin kuorena kerrosrakenteiset pahvilevyt (yhteensä vahvuus 500 g/m<sup>2</sup>). Näistä kerroksista päällimmäisen (80 g/m<sup>2</sup>) pH on vähintään 7. Sen alla on ohut (20 g/m<sup>2</sup>) muovikalvo. Myös alempien kuorikerrosten pH:n pitäisi olla vähintään 7, mutta sitä ei valmistajan mukaan ole mitattu yhtä tarkasti. Re-board voidaan kierrättää normaalisti muun kartonkijätteen seassa. Valmistajan arvio hiilijalanjäljestä on noin 0,91 kg / kg levyä (16 mm levyllä vastaa 2 kg / neliometri).

## VALOKUVAPAPERIT

(lähde: <http://www.conservatree.org/paper/Choose/GreenInPrintApril08.pdf>)

Puuvillan kasvatusta käytetään valtavasti vettä ja torjunta-aineita, ja se on haitallista sekä ympäristölle että ihmisille. Puuvillapohjaisten papereiden valmistuksessa käytetään kuitenkin yleisesti (raportin mukaan – en löytänyt vahvistusta) tekstiiliteollisuuden ylijäämää, jolle ei olisi muuta käyttöä. Puuvillasta poistetaan siemenet, jotka ovat karvaisen puuvillanukan peittämiä, ja tämä nukka käytetään paperin valmistamiseen. Paperin valmistusprosessin ympäristövaikutukset vastaavat ympäristövaikutuksiltaan puukuitupohjaisen paperin valmistusta.

Puukuitupohjaisen paperin ympäristöystävällisyyteen vaikuttavat 1) kierrätetyn materiaalin osuus, 2) puukuidun alkuperä ja 3) resiinin / hartsin (en keksinyt sopivaa suomennosta sanalle "resin") käyttö. Yleensä valokuvapaperin valmistuksessa ei käytetä kierrätyskuituja, koska tavoitteena on tasalaatuinen ja –värinen paperi. Suurin osa käytetyistä papereista on pinnoitettu tavalla tai toisella, yleensä joillakin muoviaineilla tai petrokemikaalista alkuperää olevilla aineilla, mikä lisää niiden haitallisuutta ympäristölle. Ne myös tekevät papereista kierrätyskelvottomia.

Bambu- ja muuta kuitua (esim. hamppu) markkinoidaan usein ympäristöystävällisenä vaihtoehtona, koska niiden valmistukseen ei käytetä puuta vaan ruohovartisia kasveja. Ne kasvavat puuta nopeammin, mutta paperinvalmistajat eivät usein pysty todentamaan niiden ekologisuutta verrattuna muihin menetelmiin. Myös työntekijöiden sosiaaliset olot riippuvat yksittäisestä valmistajasta.

C-printti ja muut muoviset valokuvapaperit ovat ympäristön kannalta huonoin vaihtoehto, koska ne eivät ole lainkaan paperia vaan muovia. Niissä käytettävä muovi on useimmiten polyesteripohjaista ja se sisältää valoherkkiä kemikaaleja. C-printti vaatii kemikaalien käyttöä myös kehityksessä. Vaikka kemikaalien talteenotto on kehittynyt huomattavasti, jätettä syntyy edelleen ja joka tapauksessa kemikaalikuorma on suurempi kuin muilla papereilla.