



EAKR-hanke

Teolliset symbioosit materiaalikehitys ja Malli-Y analyysi Pohjois-Savo

Raportti

Elinkaariklinikka: Kuopion Woodi Oy – Puinen säilytyskaluste

Yrityksen nimi

Kuopion Woodi Oy

Arvioinnin suorittajat

Jaakko Karvonen ja Anne Holma

Elinkaariklinikan päivämäärä

9.4.2019



S Y K E



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



NAVITAS
YRITYSPALVELUT



SAVONIA
AMMATTIKORKEAKOULU

1 Johdanto

Tämän yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin (elinkaariklinikan) suorittivat Suomen ympäristökeskus (SYKE) ja Kuopion Woodi Oy. Arviointi on osa hanketta ”Teolliset symbioosit materiaalikehitys ja Malli-Y analyysi Pohjois-Savo (2017–2019)”. Hankkeen rahoittajia ovat Euroopan aluekehitysrahasto (EAKR), jonka rahoittavana kansallisena viranomaisena toimii Etelä-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus sekä kuntarahoitus (Kuopio, Iisalmi, Varkaus ja Suonenjoki) ja hankkeen toteuttajat: Navitas Kehitys Oy, Iisalmen teollisuuskylä Oy, Savonia-Ammattikorkeakoulu Oy ja SYKE.

Kuopion Woodi Oy (tästä edes Woodi) on vuonna 1994 perustettu Kuopiossa toimiva huonekaluyritys. Woodi valmistaa koivuhuonekaluja muun muassa pöytiä, tuoleja, sänkyjä ja kaappeja. Huonekaluja myydään pääasiassa julkistoimijoille (kaupungit, kunnat), mutta myös yksityisasiakkaille (yksityiset päiväkodit, hoivakodit yms.) sekä jälleenmyyntiverkostolle (mm. Isku ja Martela). Woodin suurin markkina-alue on Suomi. Tuotteiden vientimaita ovat muun muassa Saksa, Venäjä, Ruotsi, Norja, Alankomaat, Iso-Britannia ja Kiina.

Huonekaluissa käytetään aineita ja materiaaleja, jotka mahdollistavat elinkaaren lopussa niiden turvallisen uudelleenkäytön tai polton. Vaikka Woodi tarjoaa asiakkailleen mahdollisuuden palauttaa vanhat huonekalut takaisin uusia ostettaessa, niin lähes kaikki huonekalut päätyvät poistettaviksi polttoon.

Lisätietoja Woodista yrityksen kotisivuilta <http://www.woodi.fi/fi>.

Arvioinnin kohde oli yhden massiivikoivuisen säilytyskalusteen aiheuttama hiilijalanjälki, jota verrattiin kilpailevaan kuitulevyistä valmistettuun tuotteeseen. Suomen ympäristökeskuksen tutkijat Jaakko Karvonen ja Anne Holma (klinikassa etäyhteys) olivat vastuussa arvioinnin toteuttamisesta. Woodin puolesta arviointiin osallistui kehitysinsinööri Sampo Riihimäki.

Woodille ei ole tehty aiempia ympäristöselvityksiä, mutta meneillään on ISO 14 000-järjestelmän rakentaminen.

2 Arviointi

Elinkaariklinikan tavoitteena oli arvioida koivuliimapuusta ja MDF-levystä valmistetun säilytyskalusteen valmistamisessa syntyviä ilmastovaikutuksia eli kasvihuonekaasupäästöjä yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin (streamlined LCA) kautta. Selvityksessä huomioitiin päästöt huonekaluun tarvittavan puutavaran hakkuusta ja metsänhoitotoista, prosessoinnista ja tuonnista Woodin tuotantopaikalle, tuotantopaikan energian kulutuksesta ja pintakäsittelystä sekä pakkaamisesta tehtaan lähtöterminaaliin. Kalusteen elinkaareksi arvioitiin 15 vuotta, jonka jälkeen sen oletettiin päätyvän polttoon. Kalusteen hiilivarastoa ja energian tuotannon päästökompensaatiota tarkastellaan raportin loppupuolella.

Arvioinnin *toiminnalliseksi yksiköksi* määritettiin yhden **lakatun liimapuusta ja MDF-levystä valmistetun säilytyskalusteen tuotanto ja pakkaaminen tehtaan portille**. Tuotetta verrattiin myös vastaavankaltaiseen melamiinipinoitetuista kuitu- ja lastulevyistä tehtyyn tuotteeseen.

Elinkaarilaskenta toteutettiin taulukoiden 1 ja 2 mukaisten lähtötietojen mukaan.

Taulukko 1. Säilytyskalusteen valmistamiseen tarvittavat raaka-aineet ja kuljetukset.

Resurssi	Määrä ja yksikkö	Alkuperä	Kuljetukset *, t*km	Huomiot
18 mm koivuliimalevy	1,62 m ² /16,3 kg	Elektrėnai, Liettua	Rekka: 16,4 Roro: 1,5	Tukkikuutiosta tulee 67 % sahatavaraa, joka kutistuu kuivauksessa 10 %-kosteuteen noin 8 %. Höyläyksessä menetetään myös noin 8 % (kertoimet: ecoinvent 3.5). ρ=560
14 mm MDF-levy, jonka päälle tulevat 1 mm koivuviilupinnat	0,55 m ² /6,6 kg	Emmen, Hollanti	Rekka: 4,7 Konttialus: 7,9	Koivuviilupinnan oletettiin tuotetun myös Hollannissa, vaikkei tätä varmistettu. ρ=750 kg/m ³
4 mm koivuvaneri	0,57 m ² /1,6 kg	Cherepovets, Venäjä	Rekka: 0,5 Juna: 1,2	
Koivureunanauha, 1 mm viilu	0,8 m/8,2 g	Gotha, DE	Rekka: 0,007 Konttialus: 0,01	
Poratappi (koivua) Ø 7,9 x 35mm	36 kpl – arviolta 50 g	Nakkila	-	Ei huomioitu, koska vaikutus arvioilta reunanauhan (< 0,02 %) suuruusluokkaa
Lakka 100g/m ² /kerros	1,2 kg/1,33 litraa	Manchester, Iso-Britannia	Rekka: 0,8 Konttialus: 2,9	Määrät (sis. hukka 5 %) suoraan Woodilta. Ecoinvent prosessia muokattu Tikkurilan kivalakka ¹ - tuotteen EPD:n mukaan.
Muovikelmu, PE	70 g	-	-	-
Muut Resurssit				
Sähkö	16,2 kWh	-	-	Vihreä sertifikaatti, 0-päästöinen.
Lämpö	6,5 kWh			Kuopion,energia , puuta 52 %, turvetta 48 % ² , jolloin ka. päästökerroin tasajaolla on n. 180 g CO ₂ -

¹ https://www.tikkurila.fi/files/263/Tikkurila_Ymparistoseoste_Kiva_Kalustelakka.pdf

² <https://www.kuopionenergia.fi/yritys/tuotanto/>

Muuta			ekv./kWh.
NMVOC päästö	884,5 g	Ei lukeudu ilmastovaikutuksiin, vaan keskipiste-mallinnuksessa fotokemiallisen oksidanttien (tai otsoni) muodostumispotentiaaliin [eng. photochemical oxidant formation potential]. Loppupiste mallinnuksessa Disability Adjusted Life Years (DALY), eli menetettyjen terveiden elinvuosien määrä.	

* Rekka = 76 t täysperävaunu-yhdistelmä³, roro = Roll in roll out alus, konttialus = 2 000 TEU-kokoluokan alus, juna = dieselkäyttöinen juna.

Taulukko 2. Kuitu- ja lastulevyistä tehdyn säilytyskalusteen levymäärät ja melamiinipinnoiteala. Määrä vastaa tilavuutena Woodi Oy:n säilytyskalusteen kokoa.

Materiaalit	Määrä	Huomioita
Kuitulevy 3mm paksu	0,57 m ²	Vertailu Woodin tuotteeseen tehtiin vain raaka-aineille käyttäen Eurooppaan kohdistettuja tietokantoja. Levyjen paino/tilavuus 700kg/m ³ . Kuljetukset tulee huomioida erikseen, jos tahdotaan vertailla tarkemmin johonkin tiettyyn toimijaan.
Lastulevy, 16 mm	2,17 m ²	
Melamiinipinnoite, 2-puoleisesti	2,74 m ²	

Rajaukset ja tietokantamuokkaukset

Kuljetukset asiakkaalle rajattiin tarkastelunulkopuolelle.

Elinkaaren päätteeksi huonekalut poltetaan yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotantolaitoksessa korvaten paikallisen energiayhtiön polttoainesyötettä². Puun energiasisällön arvioitiin vastaavan erittäin kuivaa koivua (4,89 kWh/kg). Hiilivarasto- ja päästökompensaatiovaikutukset käsitellään arvioinnin erillisinä osina.

Puutavaraa ja sen käsittelyjä koskevia tietokantoja muokattiin siten, että liimapuu ja vaneri ovat kestävän metsänhoidon mukaisesti kasvatettua koivua, ja valmistuksissa käytetyn sähkön päästökerroin on aina hankintamaakohtainen.

Lastu- kuitu- ja MDF-levyt mallinnettiin yleiseurooppalaisten tietokantojen mukaan. Huonekalulakan tietokantatietoon liittyy suuria epävarmuuksia, ja tämä mainitaan myös tietokannan selosteissa. Tämän vuoksi tietokantojen prosesseja tarkasteltiin ja muokattiin soveltaen Tikkurilan ympäristöselostetta (EPD)¹ raaka-aineiden ja tuotannossa tarvittujen energiamäärien osalta.

Laskenta

Arvioitavana oleva prosessi mallinnettiin openLCA-ohjelmistolla (GreenDelta, versio 1.8.0). Ympäristövaikutusten arviointimenetelmänä käytettiin pääasiassa ReCiPe-keskipistemallinnusta⁴, mutta NMVOC-päästöissä käytettiin myös loppupistemallinnusta. Arviointimenetelmän mallinnustyyppi (keski- tai loppupistemallinnus) kertoo käytännössä sen, kuinka pitkälle eri ympäristövaikutuksia yhdistellään yhden indikaattorin alle. Esimerkiksi ReCiPe keskipisteindikaattoreita on 18, joita loppupistemallinnuksessa yhdistellään siten, että jäljelle jää enää kolme loppupisteindikaattoria.

³ VTT:n lipasto tietokannan mukaan, <http://lipasto.vtt.fi/>. Viitattu 22.1.2018.

⁴ <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/recipe>. Viitattu 9.5.2019

Arvioinnissa käytettiin yritykseltä saatuja materiaali- ja muita tuotantotietoja (taulukot 1-2) sekä elinkaari-inventaariotietoja (Life Cycle Inventory, LCI) Ecoinventin⁵ (versio 3.5) tietokannoista. Myös Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n tuottaman tie- ja meriliikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTOn³ tietoja käytettiin apuna kuljetusten mallinnuksessa. Muut arvioinnin tukena käytetyt tietolähteet on mainittu erikseen raportin alaviitteissä tai taulukoissa.

Yksinkertaistetun LCA-arvioinnin myötä tarkastelussa keskityttiin ilmastovaikutuksiin. Tulokset on esitetty hiilidioksidi-ekvivalentteina (CO₂-ekv.) eli kaikkien ilmastomuutokseen vaikuttavien kasvihuonekaasupäästöjen (esim. hiilidioksidi, metaani, dityppimonoksidi) yhteismitallistettuna summana. Kullakin kasvihuonekaasulla on oma lämmityspotentiaalikerroin (global warming potential eli GWP-kerroin), joka huomioi kaasujen viipymääjat ilmakehässä sekä kaasujen lämpösäteilyn läpäisyominaisuudet ilmakehässä. Kasvihuonekaasun määrä suhteutetaan hiilidioksidin lämmitysvaikutukseen tietyllä ajanjaksolla (yleensä 100 vuotta). Esimerkiksi metaanin GWP-kerroin sadan vuoden ajalta kumulatiivisesti laskettuna on 28 eli metaanin lämmitysvaikutus on 28-kertainen hiilidioksidiin verrattuna⁶.

3 Ilmastovaikutukset

Arvioitavana olleen Woodin säilytyskalusteen valmistamisen ilmastovaikutus on noin 12,2 kg CO₂-ekv., joka vastaa noin 58 km henkilöautolla ajoa⁷. Suurin päästöjen aiheuttaja on koivuviilutettu MDF-levy 45,5 % osuudellaan. Muut päästöjen aiheuttajat suuruusjärjestyksessään liimapuulevy (20,5 %), lakka (13,3 %), lämpö (9,6 %) ja koivu vaneri Venäjältä (9,1 %), muovikelmu (1,4 %) ja reunaviilunauha 0,2 %). Kuljetusten osuus päästöistä on yhteensä alle 8,2 %, joista yli 65 % kohdistuu Liettuasta tuodulle liimapuulle. Sähkö on vihreäksi sertifioituna, eikä siten aiheuta suoria ilmastovaikutuksia.

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Säilytyskaluste, kokoonpantu	12.16643	kg CO2 eq
▲ 45.53%	P Koivuviilutettu MDF Woodilla	5.53948	kg CO2 eq
▶ 43.29%	P MDF-levy ja koivuviilupinnat - NL	5.26727	kg CO2 eq
▶ 01.32%	P Transport, full trailer, 76 t, full (EURO5), FI	0.16013	kg CO2 eq
00.92%	P Transport, sea freight, Cargo Ship, 2000 TEU, 32482 DWT, [Meeri FI]	0.11209	kg CO2 eq
▲ 20.48%	P Koivuliimapuu, kuivattu (10 %), höylätty ja tuotu Liettuasta	2.49188	kg CO2 eq
▶ 13.96%	P Koivupuutavara, Höyläys (kuivattu 10-moist.%) - LT	1.69812	kg CO2 eq
▶ 05.39%	P Transport, full trailer, 76 t, 70% load (EURO5), FI	0.65522	kg CO2 eq
▶ 01.14%	P Transport, RoRo	0.13853	kg CO2 eq
▲ 13.26%	P Lakka Woodille tuotuna	1.61318	kg CO2 eq
▶ 12.71%	P Lakka, vesiohenteinen,	1.54665	kg CO2 eq
00.34%	P Transport, sea freight, Cargo Ship, 2000 TEU, 32482 DWT, [Meeri FI]	0.04114	kg CO2 eq
▶ 00.21%	P Transport, full trailer, 76 t, full (EURO5), FI	0.02539	kg CO2 eq
09.61%	P Kaukolämpö - Kuopion Energia	1.16969	kg CO2 eq
▲ 09.19%	P Kuivuvaneri Venäjältä	1.11765	kg CO2 eq
▶ 08.56%	P Koivuviilu/vaneri - Russia (Europe)	1.04114	kg CO2 eq
00.49%	P transport, freight train, diesel transport, freight train Cutoff, S - RoW	0.06001	kg CO2 eq
▶ 00.14%	P Transport, full trailer, 76 t, 70% load (EURO5), FI	0.01650	kg CO2 eq
▶ 01.64%	P packaging film production, low density polyethylene packaging film, low density polyethylene Cutoff, U - RER	0.19950	kg CO2 eq
▲ 00.29%	P Reunaviilu Saksasta	0.03505	kg CO2 eq
▶ 00.27%	P Koivuviilu/-vaneri (särmäykseen), Saksasta - DE	0.03283	kg CO2 eq
▶ 00.01%	P Transport, full trailer, 76 t, 70% load (EURO5), FI	0.00139	kg CO2 eq
00.01%	P Transport, sea freight, Cargo Ship, 2000 TEU, 32482 DWT, [Meeri FI]	0.00083	kg CO2 eq
00.00%	P Kokoamispaikan NMVOC-päästöt	0.00000	kg CO2 eq

Kuva 1. Yhden lakatun liimapuusta ja MDF-levystä valmistetun säilytyskalusteen tuotannon ja tehtaan portille pakkaamisen ilmastovaikutukset.

⁵ <https://www.ecoinvent.org/>

⁶ Myhre, G. ym. 2013. Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Julk.: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M, Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A, Xia, Y, Bex, V. & Midgley, P.M. (eds). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Cambridge University Press. S. 659-740. <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, viitattu 9.2.2018.

⁷ Henkilöauton aiheuttamat päästöt keskimäärin 209,9 g CO₂ ekv./km, ajossa syntyvien päästöjen lisäksi myös polttoaineen ja auton valmistus on huomioitu (tarkempi laskelma saatavilla pyynnöstä).

4 Vertailu lastu- ja kuitulevyistä valmistetun ja Woodin tuotteen välillä

Woodin tuotetta vastaavia säilytyskalusteita voidaan valmistaa myös lastu- ja kuitulevyistä. Kuvassa 2 näitä vaihtoehtoja on vertailtu pelkästään käytettyjen materiaalien osalta. Tulosten mukaan lastu- ja kuitulevyjen valmistamisen ilmastovaikutus on noin 18,9 kg CO₂-ekv. ja Woodin käyttämien raaka-aineiden noin 9,1 kg CO₂-ekv. (kuva 2). Huomaa, että tässä vertailussa ei huomioida kuljetuksia eikä tuotantopaikan energiankäyttöä, mutta niiltä osin vaihtoehdot tuskin eroavat toisistaan.

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Materiaali vertailu, Woodi vs. kuitu- ja lastulevytuote	27.99891	kg CO2 eq
▲ 67.36%	P Vertailutuote, melamiinipinnoitettu kuitu- ja lastulevytuote	18.85908	kg CO2 eq
▷ 38.67	P particle board production, uncoated, average glue mix particleboard, uncoated Cutoff, U - RER	10.82617	kg CO2 eq
▷ 22.93	P coating service, melamine impregnated paper, double-sided coating, with melamine impregnated paper Cutoff, U - RER	6.41996	kg CO2 eq
▷ 05.76	P fibreboard production, hard fibreboard, hard Cutoff, U - RER	1.61296	kg CO2 eq
▲ 32.64%	P Woodin raaka-aineet ja NMVOC [ei kuljetuksia, ei kokoonpanon energiaa]	9.13983	kg CO2 eq
▷ 17.14	P medium density fibre board production, uncoated medium density fibreboard Cutoff, U - RER	4.80001	kg CO2 eq
▷ 06.06	P Koivupuutavara, Höyläys (kuivattu 10-moist.%) - LT	1.69812	kg CO2 eq
▷ 05.52	P Lakka, vesiohenteinen,	1.54665	kg CO2 eq
▷ 03.72	P Koivuviiilu/vaneri - Russia (Europe)	1.04114	kg CO2 eq
▷ 00.17	P Koivuviiilu/-vaneri, Hollanti - NL	0.04842	kg CO2 eq
▷ 00.02	P Koivuviiilu/-vaneri (särmäykseen), Saksasta - DE	0.00547	kg CO2 eq
00.00	P Kokoamispaikan NMVOC-päästöt	0.00000	kg CO2 eq

Kuva 2. Woodin tuotteen ja sitä vastaavan kuitu- ja lastulevyistä valmistetun säilytyskalusteen valmistamiseen tarvittavien raaka-aineiden tuotannon kasvihuonekaasupäästöjen vertailu. Luvut eivät sisällä kuljetusten tai kokoamisen päästöjä.

5 Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

Haihtuvat orgaanisia yhdisteitä (non-methane volatile organic carbon, NMVOC) syntyy muun muassa epätäydellisessä palamisessa teollisuuden prosesseissa, liuottimien, liimojen ja maalien käytössä sekä bensiinin jakelussa⁸. NMVOC:sta muodostuu otsonia, kun ne ja reagoivat auringon valossa typen oksidien (NO_x) kanssa. Niitä kuvataan keskipistemallinnuksessa typen oksidi ekvivalentteina (NO_x-ekv.) ja loppupisteessä DALY-luvulla.

Suurin osa NMVOC päästöistä muodostuu Woodi Oy:n tuotantopaikalla tuotteiden pintakäsittelyyn käytettyjen lakkojen käytön yhteydessä. Tämä päästö muodostavaa merkittävän osan tuotantoketjun NMVOC päästöjen vaikutuksista sekä ihmisterveyteen (78,7 %, kuva 3) että maanpäällisiin ekosysteemeihin (85,1 %, kuva 4).

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Säilytyskaluste, kokoonpantu	0.20238	kg NOx eq
78.67%	P Kokoamispaikan NMVOC-päästöt	0.15921	kg NOx eq
▷ 08.54%	P Koivuliimapuu,kuivattu (10 %), höylätty ja tuotu Liettuasta	0.01729	kg NOx eq
▷ 08.28%	P Koivuviiulutettu MDF Woodilla	0.01676	kg NOx eq
▷ 02.53%	P Kuivuvaneri Venäjältä	0.00511	kg NOx eq
▷ 01.70%	P Lakka Woodille tuotuna	0.00344	kg NOx eq
▷ 00.21%	P packaging film production, low density polyethylene packaging film, low density polyethylene Cutoff, U - RER	0.00043	kg NOx eq
▷ 00.07%	P Reunaviiilu Saksasta	0.00014	kg NOx eq
00.00%	P Kaukolämpö - Kuopion Energia	0.00000	kg NOx eq
-00.00%	P Sähkö - FI	-3.81869E-...	kg NOx eq

Kuva 3 NMVOC päästöjen lisäämän otsoninmuodostumisen vaikutus ihmisterveyteen ReCiPe keskipistemallinnuksen mukaan koko arvioidun tuotteen valmistusketjussa.

⁸ file:///D:/Users/e1003201/Downloads/NMVOC-luettelo_englanti-suomi.pdf

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Säilytyskaluste, kokoonpantu	0.30150	kg NOx eq
85.08%	P Kokoamispaikan NMVOC-päästöt	0.25650	kg NOx eq
▷ 05.90%	P Koivuliimapuu,kuivattu (10 %), höylätty ja tuotu Liettuasta	0.01777	kg NOx eq
▷ 05.88%	P Koivuviilutettu MDF Woodilla	0.01772	kg NOx eq
▷ 01.75%	P Kuivuvaneri Venäjältä	0.00528	kg NOx eq
▷ 01.20%	P Lakka Woodille tuotuna	0.00361	kg NOx eq
▷ 00.16%	P packaging film production, low density polyethylene packaging film, low density polyethylene Cutoff, U - RER	0.00047	kg NOx eq
▷ 00.05%	P Reunaviilu Saksasta	0.00015	kg NOx eq
00.00%	P Kaukolämpö - Kuopion Energia	0.00000	kg NOx eq
-00.00%	P Sähkö - FI	-3.99024E-...	kg NOx eq

Kuva 4 NMVOC päästöjen lisäämän otsonin muodostumisen vaikutus maanpäällisiin ekosysteemeihin ReCiPe keskipistemallinnuksen mukaan koko arvioidun tuotteen valmistusketjussa.

Vertailtaessa Woodin päästöjä puulevytuotteisiin ovat Woodin NMVOC-päästöt suuremmat pinnoitelakasta haihtuvien päästöjen vuoksi (kuvat 5 ja 6).

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Vertailu	0.24988	kg NOx eq
▷ 78.49%	P Woodin raaka-aineet, energia ja NMVOC [ei kuljetuksia]	0.19613	kg NOx eq
▷ 21.51%	P Vertailutuote, melamiinipinnoitettu kuitu- ja lastulevytuote	0.05375	kg NOx eq

Kuva 5. Woodin ja vaihtoehdoisen puulevytuotteen materiaalien valmistamisen otsonin muodostumispotentialin vaikutus ihmisterveyteen.

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Vertailu	0.35266	kg NOx eq
▷ 83.68%	P Woodin raaka-aineet, energia ja NMVOC [ei kuljetuksia]	0.29510	kg NOx eq
▷ 16.32%	P Vertailutuote, melamiinipinnoitettu kuitu- ja lastulevytuote	0.05756	kg NOx eq

Kuva 6. Woodin ja vaihtoehdoisen puulevytuotteen materiaalien valmistamisen otsonin muodostumispotentialin vaikutus maanpäällisiin ekosysteemeihin.

Loppupistemallinnuksessa NMVOC:n vaikutukset esitetään menetettynä terveenä elinaikana (DALY). Woodin tuotanto (materiaalien hankinta mukaan lukien) aiheuttaa 3,3 e⁻⁸ DALY/henkilö/vuosi vaikutukset (kuva 7). Euroopan tasolla vuotuinen arvo⁹ on noin 2 e⁻², eli tehtaan NMVOC päästöt eivät ole merkittävä ihmisterveyden ongelma.

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Säilytyskaluste, kokoonpantu	3.68425E-8	DALY
93.63%	P Kokoamispaikan NMVOC-päästöt	3.44955E-8	DALY
▷ 02.70%	P Koivuviilutettu MDF Woodilla	9.93475E-10	DALY
▷ 02.31%	P Koivuliimapuu,kuivattu (10 %), höylätty ja tuotu Liettuasta	8.49994E-10	DALY
▷ 00.71%	P Kuivuvaneri Venäjältä	2.60035E-10	DALY
▷ 00.56%	P Lakka Woodille tuotuna	2.05703E-10	DALY
▷ 00.08%	P packaging film production, low density polyethylene packaging film, low density polyethylene Cutoff, U - RER	3.05783E-11	DALY
▷ 00.02%	P Reunaviilu Saksasta	7.23556E-12	DALY
00.00%	P Kaukolämpö - Kuopion Energia	0.00000	DALY
-00.00%	P Sähkö - FI	-2.08095E-25	DALY

Kuva 7. ReCiPe loppupistemallinnuksen tulos fotokemiallisten oksidanttien muodostumisen osalta ja vaikutuksesta terveeseen elinaikaan (DALY). Tämä vaikutuskategoria sisältää sekä Woodin tuotannon NMVOC-päästöt että muiden tietokannoista mallinnettujen päästöjen vaikutukset.

⁹ [Characterisation and normalisation factors \(updated Dec. 2014\)](#). Viitattu 15.4.2019.

6 Hiilensidonta ja energiapäästökompensaatio

Tiedeyhteisö ei ole päässyt yhteisymmärrykseen siitä, kuinka uusiutuvien materiaalien käyttöä tulisi verrata uusiutumattomiin muun muassa ilmastovaikutuksia arvioitaessa. Puhutaan korvautuvuus-, eli substituutiokertoimista, joilla pyritään kuvaamaan sitä, kuinka paljon hiilidioksidipäästöjä voidaan korvata käyttämällä puuta, kun huomioidaan koko tuotteen elinkaari. Näiden kertoimien laskentaan liittyy paljon epävarmuuksia ja oletamia, lähteiden välillä on suuria eroja eikä standardinomaista laskentatapaa ole saatu sovittua¹⁰. Voidaan kuitenkin sanoa, että puunkäytöllä on positiivinen vaikutus, jonka suuruus on riippuvainen puun sisältämän hiilen määrästä ja siitä, kuinka pitkäksi ajaksi hiili on varastoitunut puurakenteeseen. Seuraavassa esimerkit laskentatavoista valottavat sitä, kuinka eri tavoin hiilivarastoja ja niiden vaikutuksia voidaan arvioida.

Puun hiilipitoisuus on noin puolet sen kuivapainosta. Koivu on tiheää puuainesta (640 kg/m³-kuivaa puuta)¹¹ ja hiiltä (C) siinä on tällöin noin 320 kg /m³ kuivaa puuta. Eri kuitulevyjen tiheydet vaihtelevat, joten yksinkertaistamisen vuoksi oletamme tässä kohtaa kaikille arvon 700 kg/m³. Sidosainemäärä vaihtelevat tuotekohtaisesti paljonkin Tavallisesti liima-ainepitoisuus on vain noin 1 %, mutta MDF-levyissä noin 10 %¹² ja¹³. Näin MDF-levylle voidaan arvioida hiilipitoisuudeksi noin 315 kg C /m³ ja muille levyille 346,5 kg C /m³. Tällöin Woodin tuotteen hiilipitoisuus on 11,8 kg eli 43,3 kg CO₂-ekv. ja vertailun tuotteen vastaava luvut ovat 11,6 kg eli 42,5 kg CO₂-ekv.

PAS2050¹⁴ -päästölaskentamalli on yksi tapa, jolla voidaan laskea ”hyvityskerroin” sille, kuinka hiilipäästön viivästyttämisellä eli varastoinnilla saatavaa ilmastohyötyä voi huomioida laskennoissa verrattuna tilanteeseen, jossa hiili vapautuisi välittömästi. Olettamalla Woodin tuotteelle elinkaariksi (käyttöajaksi) 15 vuotta ja levytuotteelle 10 vuotta, saadaan PAS2050-mallilla päästökertoimiksi 0,85 ja 0,9. Tällöin Woodin tuotteella saadaan tulokseksi, että sen polttamisen päästö on tällöin 34 kg CO₂-ekv. ja vertailutuotteella noin 38,25 kg CO₂-ekv. Kun näistä luvuista vähennetään tuotteiden sisältämät hiilimäärät, saadaan tuloksina -7,3 kg CO₂-ekv. ja -4,25 kg CO₂-ekv., jotka kuvastavat hiilivarastolla saavutettua ilmastohyötyä. Ero tuotteiden välillä johtuu lähes täysin oletetuista käyttöikäerosta.

Nettovaikutuksen laskemiseksi näistä luvuista vähennetään tuotteiden valmistamisen päästöt. Vain Woodin tuotteen valmistuksen ja kuljetusten päästöt on arvioitu tässä selvityksessä kattavasti (kuva 1). PAS2050 tuloksen ja valmistuksen päästöjen summa on noin 4,9 CO₂-ekv., eli tämä laskentamalli hieman yli puolittaa kalusteen valmistamisen ilmastovaikutukset. Vertailutuotteen vastaava luku on 14,6 CO₂-ekv. ilman kuljetusten ja valmistuksen päästöjä.

Toinen tapa on laskea suoraviivaisesti, että puuenergia on ilmastoneutraalia ja tuottaa sillä energiaa korvaten nykyistä energian tuotantoa. Yksinkertaistamalla laskentaa liima-, vaneri, lastu- ja kuitulevyt voidaan käsittää puuna. Lisäksi molemmat ovat kuivia materiaaleja joten niihin voi karkeasti arvioitaessa käyttää samaa energiatiheyttä 17,6 MJ/kg, eli 4,89 kWh/kg. Näillä arvoilla kertoen Woodin tuotteen materiaalmäärästä saadaan energia-arvoksi noin 128 kWh. Korvaamalla vastaava määrä energiaa paikallisen CHP-laitoksen polttoainesyötettä (puu 52 % ja turve 48 %), voidaan vähentää ilmastovaikutuksia noin 23 kg CO₂-ekv. verran eli noin kaksi kertaa se määrä, mitä tuotteen valmistaminen kuluttaa (kuva 8). Tällä suoralla laskennalla nettovaikutus on siis noin -10,9 CO₂-ekv.

¹⁰ Leskinen, P., Guiseppi, C., González-García, S. ym. 2018. Substitution effects of wood-based products in climate change mitigation. https://www.efi.int/sites/default/files/files/publication-bank/2018/efi_fstp_7_2018.pdf. Vierailtu 15.1.2019.

¹¹ http://www.helsinki.fi/metsatieteet/arboretum/puulajit/betula_pendula.html

¹² <https://www.puuinfo.fi/puutieto/levytuotteet/puukuitulevy>

¹³ <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/5097.pdf>

¹⁴ https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/GHG%20Protocol%20PAS%202050%20Factsheet.pdf.

Varsinainen laskentaohje on maksullinen.

Contribution	Process	Amount	Unit
▲ 100.00%	P Säilytyskaluste, kokoonpantu, Energiapäästökompensointi huomioitu	-10.90341	kg CO2 eq
▷ -50.81%	P Koivuviihuttettu MDF Woodilla	5.53948	kg CO2 eq
▷ -22.85%	P Koivuliimapuu, kuivattu (10 %), höylätty ja tuotu Liettuasta	2.49188	kg CO2 eq
▷ -14.80%	P Lakka Woodille tuotuna	1.61318	kg CO2 eq
-10.73%	P Kaukolämpö - Kuopion Energia	1.16969	kg CO2 eq
▷ -10.25%	P Kuivuvaneri Venäjältä	1.11765	kg CO2 eq
▷ -01.83%	P packaging film production, low density polyethylene packaging film, low density polyethylene Cutoff, U - RER	0.19950	kg CO2 eq
▷ -00.32%	P Reunaviilu Saksasta	0.03505	kg CO2 eq
00.00%	P Kokoamispaikan NMVOC-päästöt	0.00000	kg CO2 eq
211.58%	P Korvatus fossiilisen energian vaikutus [Kuopion Energia]	-23.06985	kg CO2 eq

Kuva 8. Woodin säilytyskalusteen valmistamisesta aiheutuvat ilmastovaikutukset vähennettynä kalusteen polttamisella korvatus energian ilmastovaikutuksiin.

Lastulevyistä tehdyn tuotteen energiasisältö on noin 120 kWh, kun tiheys levyille on 700 kg/m³ ja melamiinipinnoitteelle 304 g/m² kaksipuoleisin pinnoittein. Näin arvioiden lastulevyn (tulos ei sisällä tuotteen kokoonpanoa) päästökompensaatio on 21,6 CO₂-ekv. eli nettovaikutus noin - 2,7 CO₂-ekv.

Näihin laskentoihin voisi liittää edellä lasketut PAS2050-mallilla saadun päästöjen viivästyksen, jolloin vaikutukset ovat edellisiä positiivisempia.

7 Yhteenveto tuloksista ja toimenpide-ehdotukset

Ilmastonmuutoksen hillinnässä puuhun sitoutuneen hiilen käyttöä pitkäikäisissä tuotteissa pyritään lisäämään, ja eniten asiasta puhutaan rakentamisessa korvattavien materiaalien osalta ^{esim. 15, 16, 17}, mutta yhtä lailla huonekalujen elinkaari voi olla merkittävän pitkä. Hiilivaraston ohessa puu on materiaalina uusiutuva, kierrätettävä ja helppo hävittää loppukäytössä. Hiilivaraston ilmastovaikutuslaskenta ei kuitenkaan ole yksiselitteistä. Arvioidun Woodin tuotteen hiili vastaa hiilidioksidiksi muutettuna noin 43 kg CO₂-ekv. ja jos se vapautuisi välittömästi esimerkiksi poltettaessa, vastaisi se noin 205 km ajoa henkilöautolla¹⁸. Laskennallisilta ilmastovaikutuksiltaan arvioitu tuote on kuitenkin pienempi, ja laskentatavasta ja tulosten tulkinnasta riippuen jopa ilmastonmuutosta hillitsevä. Edellisistä riippumatta vertailuun otetun kuitulevytuotteen raaka-aineiden valmistus aiheuttaa selvästi enemmän päästöjä, eli nykyinen materiaalivalinta on selkeästi sitä parempi.

Arvioidun tuotteen valmistamisessa päästöjä aiheutuu eniten MDF-levyjen valmistuksesta, joten sen korvaaminen vaneri- tai liimapuulevyin on ilmastovaikutusten kannalta suositeltavaa.

Kuljetusten osuus yhteensä on yli 8 %. Hankintojen keskittämisellä kotimaahan (poistaen laivarahdit ja dieseljunan) voitaisiin saavuttaa 2,4 % vähennyksen ilmastovaikutuksiin.

Yrityksen käyttämä sähkö onkin jo uusiutuvaksi sertifioitua, ja sellaisena se kannattaa pitää. Jos yritys luopuisi vihreästä sertifikaatista, nousisivat päästöt noin viidenneksellä^{19, 20}, vaikka sähkön kuluttajahinta²¹ uusiutuvalle ja yleissähkölle ovat samat.

NMVOC päästöjen määrä ja vaikutus ovat vähäiset verrattuna eurooppalaisten vuosialtistukseen. Tämä ei poista sitä tosiasiaa, että lähistöllä asuvat voivat altistua päästöille. Lakkaus aiheuttaa pääosan tuotantoketjun NMVOC päästöistä, joten arvioitavaksi jää, onko vastaavaa tuotetta olemassa, josta NMVOC-päästöjä ei tulisi tai syntyisi ainakin vähemmän? Keskustelussa tuli esiin, että mikäli päästötaaso nousee tuotannon kasvaessa, voi yritys joutua käsittelemään NMVOC-kaasuja. Tämä vähentänee päästöjä, mutta käsittelylaitteistoista voi tulla kustannuksia yritykselle. Jos NMVOC-päästöjä voidaan madaltaa vaihtoehtoisten pintakäsittelyaineiden valinnalla, voidaan tämä investointitarve mahdollisesti välttää.

¹⁵ Buchanan ja Levine, 1999. Wood-based building materials and atmospheric carbon emissions. *Env. Sci&Pol* 2:6, 1999 pp. 427-437. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(99\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(99)00038-6)

¹⁶ Hildebrandt, J., Hagermann, N., ja Thrän, D. 2017. The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable Cities and Society* Vol. 34, 2017, pp 405-418 <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>.

¹⁷ <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/info/rakennusten-ilmastovaikutusten-vertailu/rakennusmateriaalienilmastovertilu2014-10-20.pdf>. Vierailtu 1.12.2018

¹⁸ Päästö sisältäen polttoaineen tuotannon 209,9 g CO₂-ekv./km. Tarkempi laskenta saatavilla kysyttäessä.

¹⁹ [https://www.motiva.fi/raikaisu/energiansaastaminen-suomessa/co2-](https://www.motiva.fi/raikaisu/energiansaastaminen-suomessa/co2-laskentaohje_energiansaastamisen_hiilidioksidipäästöjen_laskentaan/co2-päästökertoimet)

[laskentaohje_energiansaastamisen_hiilidioksidipäästöjen_laskentaan/co2-päästökertoimet](https://www.motiva.fi/raikaisu/energiansaastaminen-suomessa/co2-laskentaohje_energiansaastamisen_hiilidioksidipäästöjen_laskentaan/co2-päästökertoimet)

²⁰ Vihreän sähkö ei todellisuudessa ole täysin päästötöntä. Ks. esim. Raadal et al. 2011. Life cycle greenhouse gas (GHG) emissions from the generation of wind and hydro power. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15:7 pp. 3417 – 3422 <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.05.001>

²¹ Vertailussa [sähkövertailu.fi](https://www.puuinfo.fi/raikaisu/energiansaastaminen-suomessa/co2-laskentaohje_energiansaastamisen_hiilidioksidipäästöjen_laskentaan/co2-päästökertoimet) hinnat. Vertailu toteutettu 15.4.2019.

Huomio! Arvioinnin tulokset perustuvat yrityksen toimittamiin inventaariotietoihin arvioitavasta prosessista. Raportti on tarkoitettu käytettäväksi tutkimus- ja tuotekehitystehtäviin ja yrityksen päätöksenteon tueksi. Raporttia ei saa käyttää markkinointitarkoituksiin tai suoraan kommunikointiin kuluttajien kanssa, sillä näitä tarkoituksia varten tulee tehdä ISO-standardin mukainen, yksityiskohtaisempi elinkaariarviointi.



S Y K E



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



NAVITAS
YRITYSPALVELUT



Jämsän
TEOLLISUUSKYLÄ Oy



SAVONIA
AMMATTIKORKEAKOULU