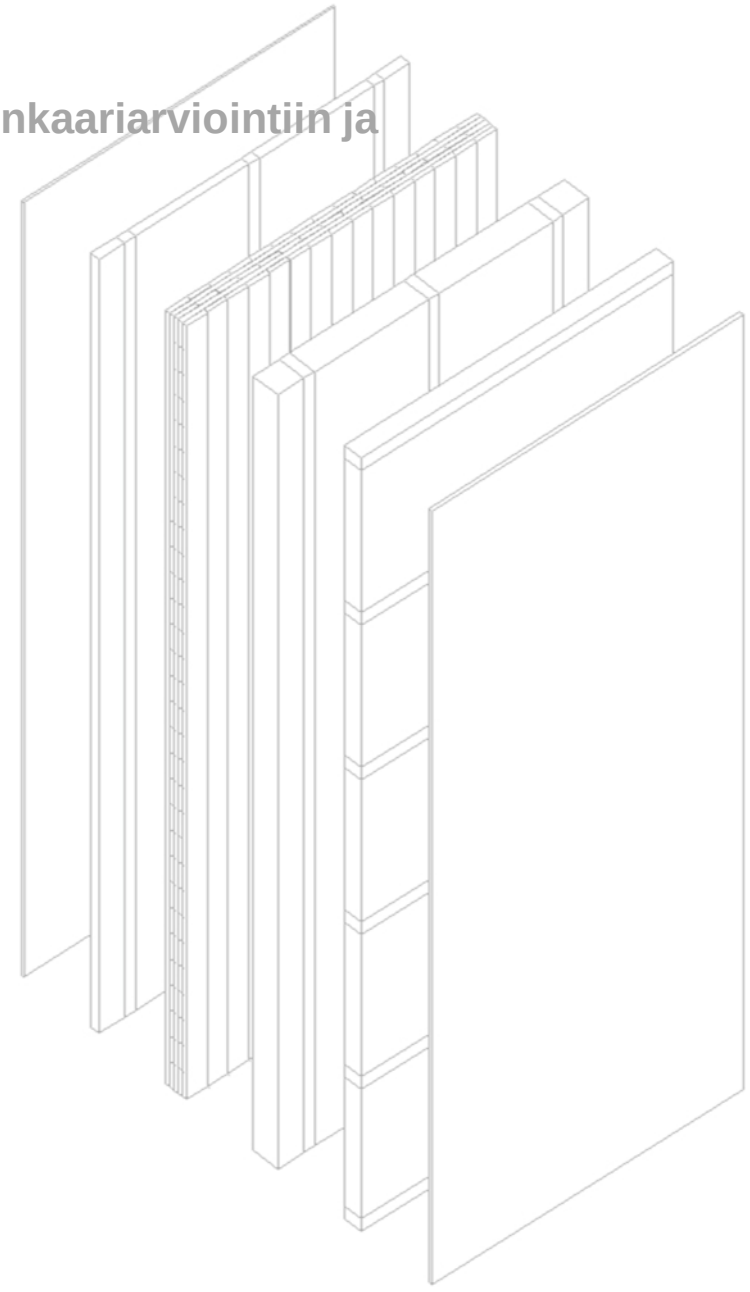
Puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatiminen

Ohjeet tiedonkeruuseen, elinkaariarviointiin ja dokumentaatioon

Matti Kuittinen
Lauri Linkosalmi



Aalto-yliopisto | CROSSOVER | RAPORTTI

Aalto-yliopiston julkaisusarja
CROSSOVER

Tekijät: Matti Kuittinen ja Lauri Linkosalmi

Julkaisija: Aalto-yliopisto, Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu,
Arkkitehtuurin laitos

architecture.aalto.fi

ISBN 978-952-60-3703-5 (pdf)

© 2015 Tekijät ja julkaisija. Kaikki oikeudet pidätetään.

Aalto-yliopisto

Puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatiminen

Ohjeet tietojenkeruuseen, elinkaariarviointiin
ja dokumentointiin

Sisällysluettelo

Käytetyt lyhenteet ja käsitteet 5

I Perusteet 7

1. Mikä ympäristöseloste on ja mihin sitä tarvitaan? 8
2. Ympäristöselosteen laatimista koskevat standardit 10
   - 2.1 Standardit ympäristötiedon raportointiin 10
     - 2.1.1 Standardointityö 10
     - 2.1.2 Ympäristömerkkien ja -selosteiden tyypit 10
   - 2.2 Rakennustuotteiden ympäristöselosteet 11
   - 2.3 Tuoteryhmäsäännöt 12
3. Ympäristöselosteiden tyypit 13
   - 3.1 Rakennuksen elinkaari 13
   - 3.2 Ympäristöselosteen kattavuus 13
     - 3.2.1 Kehdosta portille 14
     - 3.2.2 Kehdosta portille optioin 14
     - 3.2.3 Kehdosta hautaan 14
4. Ympäristöselosteen laatimisen työvaiheet 15
   - 4.1 Tiedonkeruu 15
   - 4.2 Elinkaariarviointi 16
   - 4.3 Verifiointi 17
5. Viestintä 18
   - 5.1 Aiottu loppukäyttö 18
   - 5.2 Ilmoitettavat indikaattorit 18

II Tietojenkeruun ohjeet 21

6. Tietojenkeruulomakkeen käyttötarkoitus 22
   - 6.1 Tarkastelun rajaus 22
   - 6.2 Jyvitys 23
   - 6.3 Skenaariot 23
7. Perustuote, elementti ja keskiarvotuote 24
   - 7.1 Perustuote 24
   - 7.2 Elementti 24
   - 7.3 Keskiarvotuote 25
8. Tietojenkeruulomakkeen käyttöohjeet 27
   - 8.1 Perustiedot 27
   - 8.2 Tuotantolaitoksen syötteet (moduulit A1–3) 27

8.3 Tuotteen materiaalisyötteet 27
8.3.1 Kuljetusmatkat 28
8.4 Tuotannon energiasyötteet 28
8.4.1 Vihreän sähkön hiilijalanjälki 29
8.4.2 Oma lämmöntuotanto 29
8.5 Tuotantolaitoksen tuotokset 29
8.5.1 Tuotteet 30
8.5.2 Jätteet 30
8.5.3 Päästöt 30
8.6 Rakentamisvaihe (moduuli A4–5) 30
8.6.1 Kuljetukset työmaalle 30
8.6.2 Työmaatoiminnot 31
8.7 Käyttövaihe (moduuli B) 31
8.8 Purkuvaihe (moduuli C) 32
8.9 Lisätiedot (moduuli D) 33
III Puupohjaisten rakennustuotteiden erityispiirteet ja tuoteryhmäsäännöt 35
9. Puupohjaisten rakennustuotteiden tuoteryhmäsäännöt 36
9.1 Puutuotteiden ympäristöselosteen laajuus 36
9.1.1 Puutuotteiden suppea ympäristöseloste 36
9.1.2 Puutuotteiden osittainen ympäristöseloste 36
9.1.3 Puutuotteiden laaja ympäristöseloste 37
9.2 Eloperäisen hiilen ilmoittaminen ympäristöselosteessa 37
9.3 Puun energiasisältö 39
9.4 Puun erityispiirteiden esittämiseen ympäristöselosteessa 40
9.4.1 Esimerkki: Eloperäisen hiilivaraston esittäminen 40
9.4.2 Puun energiasisällön esittäminen 41
Lähteet 44

Käytetyt lyhenteet ja käsitteet

B2B	Yritysmarkkinointi (*Business-to-Business*)
B2C	Kuluttajamarkkinointi (*Business-to-Consumer*)
CEN	Eurooppalainen standardisoimisjärjestö (*European Committee for Standardization*)
EK	Euroopan komissio (*European Commission*)
ELCD	Eurooppalainen elinkaaritietokanta (*European reference Life Cycle Database*)
EN	Euroopalaiset standardit (*Europäische Norm*)
EPBD	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (*Energy Performance of Buildings Directive*)
EPD	Tuotteen ympäristöseloste (*Environmental Product Declaration*)
EU	Euroopan unioni (*European Union*)
ISO	Kansainvälinen standardisointijärjestö (*International Organization for Standardization*)
LCA	Elinkaariarviointi (*Life Cycle Assessment*)
LCI	Inventaarioanalyysi (*Life Cycle Inventory*)
LCIA	Vaikutusarviointi (*Life Cycle Impact Assessment*)
nZEB	Lähes nollaenergiarakennus (*nearly Zero Energy Building*)
PCR	Tuoteryhmäsäännöt (*Product Category Rules*)

Taustaa

Tämä opas on tarkoitettu helpottamaan rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatimista. Opas on suunnattu tietojen kerääjille, elinkaariarviointien tekijöille ja yritysten ympäristövastaaville.

Opas on laadittu haastattelemalla keskeisten eurooppalaisten standardien valmisteluun osallistuneita asiantuntijoita. Lisäksi ympäristöselosteiden tietojen-keruuta on kehitetty ja testattu yhteistyössä kolmen suuren suomalaisen yrityksen kanssa.

Teoksen tarkoitus on osaltaan selventää ympäristöselosteiden laatimista ohjaavien standardien tulkintaa sekä tarjota käytännöllisiä esimerkkejä prosessin eri vaiheisiin.

Tekijät:

Matti Kuittinen, Aalto-yliopiston arkkitehtuurin laitos
Lauri Linkosalmi, Aalto-yliopiston puunjalostustekniikan laitos

Tilaaja:

Saija Korpijaakko, Metsäteollisuus ry

Hankkeen työryhmä:

Anu Huovinen, Metsä Wood
Maija Masalin, UPM
Anna-Liisa Myllynen, Stora Enso
Petri Uusitalo, Stora Enso
Tuovi Valtonen, Stora Enso

I Perusteet

1. Mikä ympäristöseloste on ja mihin sitä tarvitaan?

Rakennustuotteiden ympäristövaikutukset ovat nousseet uuden mielenkiinnon kohteeksi rakennusten käytönaikaisen energiantarpeen laskiessa asteittain kohti lähes nollaenergialuokkaa (nZEB) EPBD-direktiivin (2010/31/EU) mukaan. Tällöin yhä suurempi osa rakennuksen ympäristövaikutuksista saattaa aiheutua rakennusmateriaalien valmistuksesta ja jätteenkäsittelystä.

Euroopan unionin tiekartat ovat strategisia aloitteita, joilla unioni pyrkii ohjaamaan ja kannustamaan jäsenmaitaan ja niissä vaikuttavia teollisia toimijoita. Rakentamisen ympäristövaikutuksia sivuavia tiekarttoja ovat vähähiilisen talouden tiekartta (EK 2011a) sekä resurssitehokkuuden tiekartta (EK 2011b). Näissä tiekartoissa esitettyjen periaatteiden mukaan verotusta on tarkoitus siirtää työn verotuksesta ympäristövaikutusten verotuksen suuntaan. Lisäksi painotetaan, että kuluttajilla ja ostopäätösten tekijöillä tulisi olla selkät ympäristötiedot ostopäätöksen tekoa helpottamassa. Kasvihuonekaasupäästöjen kunnianhimoinen vähentäminen jokaisella yhteiskunnan sektorilla on eräs keskeisen tiekarttojen takana oleva tavoite.

Sama periaate on esitetty myös uusitussa hankintadirektiivissä (2014/24/EU). Se on laadittu mahdollistamaan ympäristöasioiden korostetumpi huomiointi julkisissa hankinnoissa. Julkinen sektori on merkittävä rakennuttaja ja rakennustuotteiden hankkija. Jotta julkiset hankkijat voivat lunastaa uuden hankintadirektiivin tuomat odotukset, tulisi tuotteiden ympäristövaikutukset esittää selkeällä ja vakioidulla tavalla.

Rakennusten suunnittelussa kiinnitetään kasvavassa määrin huomiota rakennusmateriaalien vaikutukseen. Varsinkin julkisissa suunnittelukilpailuissa on noussut toistuvasti esille edellytys arvioida suunnitelman rakennusmateriaalien hiilijalanjälki. Rakennuksen luonnosteluvaiheessa tietokantojen eri materiaaleille antamat keskimääräiset ympäristötiedot luovat riittävän tarkan kuvan rakennuksen hiilijalanjäljestä ja muista ympäristöominaisuuksista. Kun suunnittelua viedään eteenpäin kohti hankintavaihetta, korostuu tarkan tuottajakohtaisen tiedon merkitys. Sama tuote valmistettuna eri tuotantolaitoksella voi olla hiilijalanjäljeltään varsin erilainen, koska tehtaiden käyttämän energian päästöissä voi olla suuriakin eroja. Samoin alihankintaketjujen kuljetusmatkat vaikuttavat saman lopputarkoituksen täyttävän tuotteen ympäristövaikutuksiin.

Tuotteiden ympäristöväittämät tulee jo joillakin keskieurooppalaisilla markkinoilla pystyä osoittamaan todeksi käyttäen luotettavaa taustaraporttia tai tutkimusta. Ilman ympäristöselostetta voi ympäristöväittämien käytölle markkinointiviestinnässä olla vaikeaa saada lupaa.

Suositeltavin olemassaolevista menetelmistä tuotteiden ympäristövaikutuksten ilmoittamiseen on standardoitu ympäristöseloste *(EPD, Environmental Product Declaration)*. Eurooppalaiset rakennustuotteiden ympäristöselosteet pohjautuvat standardiin EN 15804.

2. Ympäristöselosteen laatimista koskevat standardit

2.1 Standardit ympäristötiedon raportointiin

Standardi on tekninen dokumentti, joka on suunniteltu ohjeeksi, määräykseksi tai määritelmäksi. Se perustuu yhteiseen sopimukseen ja on kehitetty yhteistyössä valmistajien, kuluttajien sekä valvojien kanssa.

Keskeiset ympäristömerkkejä ja -selosteita ohjaavat kansainväliset standardit ovat:

- ISO 14020:2001 Environmental labels and declarations. General principles.
- ISO 14021+A1:2012 Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Omaehtoiset ympäristöväittämät (Tyypin II ympäristömerkit).
- ISO 14024:2000 Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin I ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt.
- ISO 14025:2010 Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt.

2.1.1 Standardointityö

Standardien kehittämisestä vastaava eurooppalainen taho on CEN (*European Committee for Standardization*). Aloitteet uusien standardien tekoon tai olemassa olevien uusimiseen voivat tapahtua esimerkiksi teollisuuden aloitteesta. Käytännön työn tekevät tekniset komiteat (*TC, Technical Committee*), jotka koostuvat standardin sisältöalan asiantuntijoista ja teollisuuden tai kolmannen sektorin edustajista. Kansallisella tasolla toimivat tukiryhmät seuraavat näiden teknisten komiteoiden työtä ja antavat lausuntonsa standardiluonnoksiin. Uuden standardiluonnoksen valmistuessa järjestetään vielä erillinen julkinen lausuntokierros, jolloin luonnosta voidaan kommentoida laajemmin. Lausuntokierroksen jälkeen standardista laaditaan yleensä käännös kansalliselle kielelle. Eurooppalainen EN-standardi on automaattisesti kansallinen standardi kaikissa EU-maissa.

2.1.2 Ympäristömerkkien ja -selosteiden tyypit

Ympäristöselosteiden ohella on joukko erilaisia ympäristömerkkejä, joiden suuri kirjo voi vaikeuttaa tuotevertailuja. Seuraavassa on esitetty tiiviisti ympäristömerkkien luokat.

ISO 14000 -luokan ympäristöselosteet ovat jaettu kolmeen ryhmään (I, II, III -tyyppi).

Tyypin I ympäristömerkit ovat vapaaehtoisia merkkejä, joilla on tarkoitus osoittaa tuoteryhmässään ympäristöä vähiten kuormittavat tuotteet. Ympäristömerkki kuvaa tuotteen tai palvelun vaikutuksia ympäristöön ja sen hankinta perustuu vapaaehtoisuuteen. Siksi markkinoilla voi olla merkitsemättömiä tuotteita, jotka täyttävät merkin ympäristövaatimukset. Pohjoismainen ympäristömerkki (joutsenmerkki) ja EU:n ympäristömerkki (EU-kukka) ovat esimerkkejä tyypin I ympäristömerkeistä.

Tyypin II ympäristömerkkejä ovat yritysten tai järjestöjen omaehtoiset ympäristöväittämät. Ympäristömyönteisyyteen liittyvän tiedon esittää valmistaja, maahantuoja tai kauppa, eikä sitä varmenna riippumaton kolmas osapuoli. Mahdollisia ympäristöväittämiä voivat olla energiankulutus, käyttöikä, kierrätettävyys ja uudelleenkäytettävyys. Muista ympäristö-merkkiryhmistä poiketen tyypin II ympäristömerkillä ei ole ennalta määrättyä muotoa.

Tyypin III ympäristömerkit ovat ympäristöselosteita. Ne tarjoavat määrällistä elinkaariarviointiin perustuvaa ympäristötietoa tuotteesta. Usein ympäristö-selosteet kuuluvat johonkin ympäristöselosteohjelmaan. Ympäristöselosteen avulla voidaan tuoda esiin sekä tuotteen laadun että ekologisuuden kannalta oleellisia asioita. Ympäristöselosteiden laadinta on toistaiseksi vapaaehtoista. Ympäristöselosteet eivät ole väitteitä tuotteen paremmuudesta verrattuna muihin tuotteisiin.

2.2 Rakennustuotteiden ympäristöselosteet

Ympäristöselosteita koskevan standardin EN 15804 on laatinut tekninen komitea CEN/TC350. Standardi ohjaa rakennustuotteiden ympäristö-selosteiden laatimista, niissä ilmoitettavia ympäristöindikaattoreita sekä ympäristöselosteen voimaantuloa. Standardissa esitetään yleiset säännöt ja periaatteet rakennustuotteiden ja palveluiden tyypin III ympäristöselosteiden laadintaan. Selosteet koskevat rakennustuotteen valmistuksesta, käytöstä ja kierrätyksestä johtuvia ympäristövaikutuksia ilmaan, maaperään ja veteen. Standardissa ohjeistetaan yleiset vaatimukset ympäristöselosteelle. Niitä ovat mm. säännöt skenaarioiden (ks. kohta 6.3) laatimiseksi, ilmoitettavat elinkaaren vaiheet sekä näihin sisältyvät prosessit ja rajaukset. Säännöillä halutaan mahdollistaa rakennustuotteiden vertailtavuus ympäristöselosteiden antaman tiedon pohjalta. Lisäksi standardi sisältää säännöt

inventaarioanalyysin (LCI) ja vaikutusarvioinnin (LCIA) suorittamiseen, esimerkiksi laskennassa käytettävän tiedon laatua koskien.

2.3 Tuoteryhmäsäännöt

Tuoteryhmäsäännöt *(product category rules, PCR)* määrittävät säännöt ja vaatimukset tietyn tuoteryhmän ympäristöselosteiden laatimiseen. Tuoteryhmäsäännöt pohjautuvat aina ympäristöselosteiden laatimista koskevaan päästandardiin EN 15804. Tuoteryhmäsääntöjen avulla voidaan luoda yhtenäiset ja vertailukelpoiset ympäristöselosteet tuoteryhmän sisällä. Sääntöjä tarvitaan, koska eri materiaaleista (esim. puu, teräs tai betoni) valmistettujen tai eri loppukäyttöön tarkoitettujen tuotteiden (esim. eriste tai ikkuna) valmistuksessa on lukuisia selventämistä edellyttäviä yksityiskohtia, joita ei olisi mielekästä kirjata päästandardiin.

Eurooppalaiseen standardisarjaan liittyvistä tuoteryhmäsäännöistä ensimmäisenä valmistui puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselostestandardi EN 16485.

3. Ympäristöselosteiden tyypit

3.1 Rakennuksen elinkaari

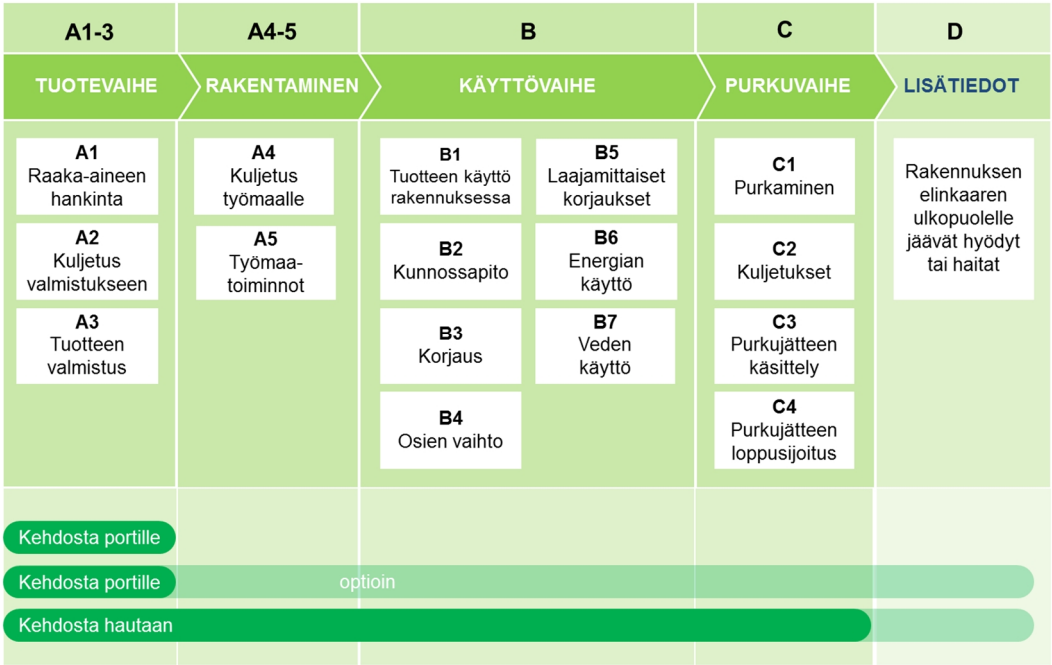
Ympäristöselosteiden on tarkoitus antaa tuotteiden osuuden kattava ympäristötieto rakennuksen ympäristösuoritustason arviointiin. Rakennuksen elinkaaren vaiheet ovat jaettu modulaarisuusperiaatteella, joka mahdollistaa eriasteisten rakennustuotteiden ympäristötiedon yhdistämisen rakennustasolla. Ympäristötieto on jaettu päämoduuleihin *tuotevaihe* (A1–3), *rakentaminen* (A4–5), *käyttö* (B) sekä *purkuvaihe* (C) kuvan 1 mukaan. Moduulien avulla elinkaaren aikana tapahtuvat ympäristövaikutukset voidaan kohdentaa oikeaan elinkaaren vaiheeseen.

3.2 Ympäristöselosteen kattavuus

Standardin EN 15804 mukaan ympäristöseloste voidaan laatia kolmella eri laajuudella:

1. Kehdosta portille *(cradle-to-gate)*
2. Kehdosta portille optioin *(cradle-to-gate with options)*
3. Kehdosta hautaan *(cradle-to-grave)*

Kuva 1: Rakennuksen elinkaaren vaiheet ja ympäristöselosteiden kattavuus.



3.2.1 Kehdosta portille

Suppein mahdollinen ympäristöseloste kattaa valmistusvaiheet kehdosta portille. Nimi viittaa valmistusprosessin seurantaan raaka-aineen syntypaikalta valmistusprosessin läpi tehtaan portille saakka. Tähän sisältyvät seuraavat valmistusvaiheen moduulit:

- A1 Raaka-aineiden hankinnat
- A2 Kuljetukset
- A3 Tuotteen valmistus ja siihen liittyvät prosessit

Kehdosta portille -ympäristöseloste on helpoin laatia. Sen moduulien tulee perustua tuotantoketjusta kerättyyn tietoon vähintään tuotteen valmistuksen osalta (moduuli A3). Elinkaariarvioinnin apuna voidaan käyttää täydentäviä tietoja ympäristötietokannoista tai ympäristöselosteista.

3.2.2 Kehdosta portille optioin

Tämä ympäristöseloste voi valmistusvaiheen lisäksi sisältää osan elinkaaren muista vaiheista. Vaihtoehtoisia moduuleita voivat esimerkiksi olla elinkaaren lopun moduulit C1–C4. Myös tuotteen elinkaaren ulkopuolisia lisätietoja kuvaava informaatiomoduuli D voidaan sisällyttää, mutta se ei ole pakollinen. Ympäristöselosteen laativa yritys voi itse päättää, mitkä moduulit ympäristöselosteeseen valitaan.

3.2.3 Kehdosta hautaan

Kattavin ympäristöseloste sisältää kaikki elinkaaren aikaiset vaiheet A1–C4. Se perustuu ainakin osaltaan oletuksiin esimerkiksi elinkaaren lopun vaiheiden osalta. Tämän vuoksi kehdosta hautaan -ympäristöselosteen tietoihin voi sisältyä sitä suurempi virhemarginaali, mitä pidempi tuotteen elinkaari on. Jos tuote kierrätetään vuosikymmenten päästä, ei esimerkiksi jätteenkäsittelyn lainsäädännön muutosten vaikutuksia prosesseihin voida ennakoida. Oletukset perustuvat aina ympäristöselosteen tekohetken tietoihin ja teknologioihin. Informaatiomoduuli D voidaan sisällyttää ympäristöselosteeseen, mutta se ei ole pakollinen.

4. Ympäristöselosteen laatimisen työvaiheet

Ympäristöselosteen laatimisen päävaiheet ovat *tiedonkeruu, elinkaariarviointi* ja *verifiointi*. Tiedot kerätään tuotantolaitoksella todellisten materiaalivirtojen perusteella. Kerätyn tiedon avulla suoritetaan elinkaariarviointi ja lasketaan arvot ympäristöselosteessa esitetyille indikaattoreille. Verifiointia tarvitaan silloin, kun tuote on suunnattu kuluttajamarkkinoille. Verifioinnin suorittaa aina ulkopuolinen, auktorisoitu taho, joka on riippumaton ympäristöselosteen laatijasta tai antajasta.

4.1 Tiedonkeruu

Tietoa kerätään arvioitavasta prosessista sekä tuotantoon käytettävistä raaka-aineista. Elinkaaren vaiheet luodaan standardin EN 15804 antamien ohjeiden mukaisesti. Prosessi laaditaan vastaamaan rakennustuotteen todellista valmistusta. Kun prosessi on kuvattu, kerätään tiedot kaikista tarvittavista elinkaaren vaiheista. Tärkeänä osana tiedonkeruuta tulee varmistaa tietojen laatu ja luotettavuus.

Standardissa on annettu seuraavia ohjeita tietojen laadusta:

- Tietojen tulee olla mahdollisimman uusia.
- Yleiset tiedot saavat olla enintään 10 ja valmistajakohtaiset 5 vuotta vanhoja.
- Tarkasteltavan tuotteen valmistajan vastuulla olevien valmistus-prosessien tietojen on oltava yhden vuoden keskiarvotietoja ja mahdolliset poikkeamat on perusteltava.
- Tuotejärjestelmään on sisällytettävä tuote-, materiaali- ja energia-virtojen ympäristövaikutukset, jotka tapahtuvat 100 vuoden ajanjakson sisällä yksikköprosessien ajankohdasta laskettuna.
- Prosessiteknologiaan liittyvien tietojen tulee vastata ilmoitetun tuotteen tai tuoteryhmän tarkasteluajankohtana käytössä olevaa teknologista tasoa.
- Tarkasteltavan tuotejärjestelmän sisällä yksikköprosessien tietojen tulee olla riittävän täydellisiä, ottaen huomioon rajauskriteereille asetetut vaatimukset.

4.2 Elinkaariarviointi

Elinkaariarvioinnin *(Life Cycle Assessment, LCA)* avulla pystytään selvittämään järjestelmän tai palvelun ympäristörasitteita niiden koko elinkaaren ajalta. Tarkoituksena on arvioida tuotejärjestelmän elinkaaren aikaiset syötteet ja tuotokset sekä ympäristövaikutukset. Elinkaariarvioinnin toteuttamiseen ei ole vain yhtä ainoaa menetelmää, vaan se voidaan tehdä tarpeiden mukaisesti standardien puitteissa.

Elinkaariarviointi perustuu toiminnalliseen yksikköön *(functional unit)* ja on siten suhteellinen tapa ympäristökysymysten arviointiin tietyillä rajauksilla. Toiminnallinen yksikkö kertoo, mitkä ovat tuotteen tai palvelun vaikutukset tiettyä yksikköä (esimerkiksi m, m^2, m^3) kohti. Elinkaariarviointi ei kuitenkaan voi selvittää tuotannon todellisia tai tarkkoja ympäristövaikutuksia, vaan se käsittelee mahdollisia ympäristövaikutuksia (Guinée 2002, Antikainen 2010).

Keskeiset elinkaariarviointia koskevat standardit:

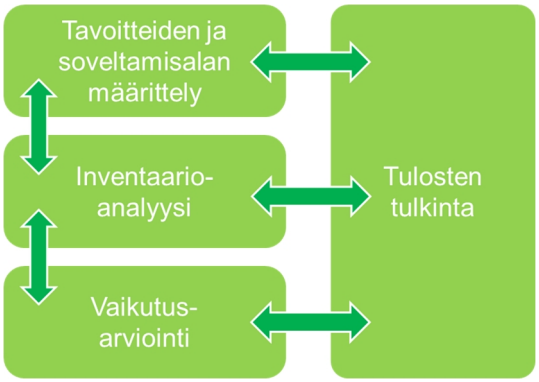
- ISO 14040:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.
- ISO 14044:2006 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja.

Elinkaariarvioinnin vaiheet ovat:

- Tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely
- Inventaarioanalyysi *(Life Cycle Inventory, LCI)*
- Vaikutusarviointi *(Life Cycle Impact Assessment, LCIA)*
- Tulosten tulkinta

Vaiheet voidaan tehdä iteratiivisesti siten, että tuloksia ja lähtökohtia tarkistetaan työn edetessä kuvan 2 mukaan.

Kuva 2: Elinkaariarvioinnin vaiheet.



Elinkaariarvioinnin toteutus riippuu pitkälti siitä, mihin tuloksia halutaan käyttää. Elinkaariarviointia voidaan soveltaa parantamaan tai vertailemaan yksittäisten tuotteiden tai prosessien ympäristönäkökohtia. Lisäksi kokonaan uusia tuotteita, prosesseja tai strategioita voidaan kehittää elinkaariarvioinin avulla. Elinkaariarviointi voi johtaa myös esimerkiksi mahdollisuuteen ottaa käyttöön ympäristömerkkejä (Guinée 2002).

Elinkaariarvioinnissa voidaan hyödyntää muiden valmistajien tarjoamia tietoja, kuten ympäristöselostetta tai tutkimusraporttia. Lisäksi tarjolla on kaupallisia tietokantoja, jotka sisältävät eri tuotteiden ja prosessien elinkaaritietoja. Nämä tiedot ovat yleensä keskiarvotietoja useasta prosessista ja koostuvat joko maakohtaisesta tai useamman maan (esim. EU) keskiarvotiedoista. Euroopan Uniolla on oma ELCD-tietokanta *(European reference Life Cycle Database)*, jota voidaan soveltaa laskentaan.

4.3 Verifiointi

Verifointi eli todentaminen tarkoittaa menettelyä, jolla varmistetaan, että ympäristöseloste on tehty voimassa olevien standardien ja soveltamisohjeiden mukaisesti. Sitä tarvitaan, kun tuote on suunnattu kuluttajamarkkinoille (B2C). Jos ympäristöselostetta käytetään vain yritysten väliseen viestintään (B2B), kolmannen osapuolen verifointi ei ole välttämätöntä. Toisaalta verifioinnista ei ole haittaa B2B-tuotteillekaan. Se lisää ympäristöselosteen luotettavuutta ja voi auttaa yritystä parantamaan tuotannon ympäristövaikutusten arviointia ja seurantaa.

Verifioinnin suorittaa aina ulkopuolinen, auktorisoitu taho, joka ei ole osallistunut ympäristöselosteen tekoon tai tietojen keruuseen (nk. kolmas osapuoli, *third party*). Tälle ns. auktorisoijalle toimitetaan ympäristöseloste, taustaraportti ympäristöselosteen laadinnasta sekä selvitys käytetyistä menetelmistä ja materiaaleista.

5. Viestintä

5.1 Aiottu loppukäyttö

Laadittaessa ympäristöselostetta on syytä miettiä sen hyödyntämistä yrityksen viestinnässä. Standardi EN 15942 antaa ohjeita yritysten väliseen viestintään tarkoitetun ympäristöselosteen laadinnasta, ilmoitettavista indikaattoreista sekä ympäristöselosteen viestintään liittyvistä tiedoista.

Jo ennen ympäristöselosteen laatimista tulisi miettiä sen aiottu käyttötarkoitus. Yleisesti selostetta käytetään yritysten väliseen viestintään tai kuluttajaviestintään. Jakelukanavana voi olla yrityksen verkkosivut tai selosteen julkaiseminen esimerkiksi kansallisessa ympäristöselosteohjelmassa, jos sellainen on toiminnassa. Kuluttajaviestintään tarkoitetut ympäristöselosteiden tulee aina olla puolueettoman kolmannen osapuolen verifioimia. Ympäristöseloste voidaan julkaista kansallisella kielellä. Seloste kannattaa silti julkaista myös englanniksi, koska standardin mukainen seloste on automaattisesti voimassa kaikissa Euroopan unionin maissa.

5.2 Ilmoitettavat indikaattorit

Kestävä rakentaminen –standardisarja (EN 15643) määrittää ympäristöselosteessa ilmoitettavat indikaattorit (taulukot 1 ja 2). Ympäristöselosteessa raportoidaan ympäristövaikutuksia, luonnonvarojen käyttöä sekä jäte- ja kierrätysvirtoja.

Taulukko 1: Ympäristöselosteen vaikutusluokat.

Vaikutusluokka	Indikaattori	Yksikkö
Ilmaston lämpeneminen	Kasvihuonekaasupäästöt (GWP)	kg CO_2 ekvivalentti
Otsonikato	Yläilmakehän otsonia tuhoavien aineiden päästöt (ODP)	kg CFC 11 ekvivalentti
Happamoituminen	Maaperää ja vesistöjä happamoittavat päästöt (AP)	kg SO_2 ekvivalentti
Rehevöityminen	Rehevöitymistä aiheuttavat päästöt (EP)	kg $(PO_4)^3$ ekvivalentti
Valokemiallisen otsonin muodostuminen	Valokemiallista otsonia alailmakehässä muodostavien aineiden päästöt (POCP)	kg eteeni ekvivalentti
Uusiutumattomien mineraalivarojen ehtyminen (*elements*)	Uusiutumattomien mineraalivarojen ehtyminen (ADP-elements)	kg Sb ekvivalentti
Uusiutumattomien energiavarojen ehtyminen (*fossil*)	Uusiutumattomien energiavarojen ehtyminen (ADP-fossil fuels)	MJ, alempi lämpöarvo

Taulukko 2: Luonnonvarojen käyttö ja jätevirrat ympäristöselosteessa.

Indikaattori	**Yksikkö** (toiminnallista tai ilmoitettua yksikköä kohti)
Prosessienergiana käytetty uusiutuva primäärienergia	MJ, alempi lämpöarvo
Raaka-aineena käytetty uusiutuva primäärienergia (energiasisältö)	MJ, alempi lämpöarvo
Uusiutuvan primäärienergian kokonaiskäyttö (prosessienergiana ja raaka-aineena käytetty primäärienergia)	MJ, alempi lämpöarvo
Prosessienergiana käytetty uusiutumaton primäärienergia	MJ, alempi lämpöarvo
Raaka-aineena käytetty uusiutumaton primäärienergia (energiasisältö)	MJ, alempi lämpöarvo
Uusiutumattoman primäärienergian kokonaiskäyttö (prosessienergiana ja raaka-aineena käytetty primäärienergia)	MJ, alempi lämpöarvo
Käytetyt kierrätysmateriaalit	kg
Käytetyt uusiutuvat kierrätyspolttoaineet	MJ, alempi lämpöarvo
Käytetyt uusiutumattomat kierrätyspolttoaineet	MJ, alempi lämpöarvo
Veden kokonaiskäyttö	m^3
Vaarallinen jäte	kg
Kaatopaikkajäte	kg
Radioaktiivinen jäte	kg
Komponentit uudelleenkäyttöön	kg
Jäte materiaalikierrätykseen	kg
Jäte energiasisällön hyödyntämiseen	kg
Viety energia	MJ per energiamuoto

II Tietojenkeruun ohjeet

6. Tietojenkeruulomakkeen käyttötarkoitus

Tietojenkeruun tarkoitus on koota yhteen kaikki ne lähtötiedot, joita tarvitaan ympäristöselosteen laatimista varten. Yhteenkerätyt tiedot eivät vielä sellaisenaan muodosta ympäristöselostetta.

Tietojenkeruun voi tehdä tuotantolaitoksen oma henkilöstö tai ulkopuolinen arvioitsija. Usein tuotantolaitoksista kerätään ympäristötietoja muutenkin, koska esimerkiksi tuotannon ympäristöluvat saattavat edellyttää säännöllistä päästöjen ja muiden ympäristövaikutusten mittausta.

Jotta tietojenkeruu olisi sujuvaa, on sitä varten laadittu avoin taulukkopohja (Metsäteollisuus ry ja Aalto-yliopisto, 2014). Tässä osiossa käydään läpi tämän tietojenkeruulomakkeen käytön pääkohdat. Koska lomake on avoimesti muokattavissa, voi kukin yritys tai tuotantolaitos sopeuttaa sen omaa toimintaansa palvelemaan.

6.1 Tarkastelun rajaus

Ympäristöselosteen laatimisen ensimmäisiä päätöksiä on tehdä tarkastelun rajaus (*system boundary*). Se tarkoittaa päätöstä siitä, mitä tuotetta, tuotantolaitoksia ja elinkaaren vaiheita ympäristöselosteella pyritään kuvaamaan. Tarkastelun rajaus kannattaa harkita ympäristöselosteen loppukäyttäjän näkökulmasta, pohtien minkälaiselle tiedolle markkinoilla on lähivuosina tarvetta.

Rajausta tehtäessä tulee huomioida seuraavissa standardeissa annettu ohjeistus:

- EN 15643-1:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennusten kestävyyden arviointi. Osa 1: Yleiskehys.
- EN 15643-2:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennusten arviointi. Osa 2: Ympäristösuoritustason arvioinnin kehys.
- EN 15978:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennusten ympäristö-suoritustason arviointi. Laskentamenetelmä.
- EN 15804+A1:2014 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.

6.2 Jyvitys

Jyvitystä eli allokointia (*allocation*) saatetaan joutua käyttämään monituotoksisissa prosesseissa. Tällöin tuotteiden yhteiset materiaalipanokset *(input)* jyvitetään näille tuotteille selvästi määritellyn menettelytavan mukaan. Esimerkiksi puutuoteteollisuudessa saatetaan joutua turvautumaan jyvitykseen, jotta materiaalipanokset saadaan kohdistettua pää- ja sivutuotteille.

Yleisesti käytössä olevat allokointimenetelmät ovat:

- Taloudellinen allokointi
- Fysikaalinen allokointi
- Allokointi energiasisällön mukaan (polttoaineet)

Allokointi on yleensä subjektiivista, joten sitä tulisi välttää aina kuin mahdollista. Mikäli allokointia joudutaan soveltamaan, tulee sen käyttö raportoida selkeästi ja läpinäkyvästi.

6.3 Skenaariot

Jos tuotteen ympäristöseloste kattaa useita elinkaaren vaiheita, joudutaan väistämättä tekemään oletuksia eli skenaarioita *(scenarios)* tuotteen käytöstä, huollosta, kierrätyksestä ja jätteenkäsittelystä. Tärkeintä on avoimesti ja läpinäkyvästi dokumentoida millä skenaarioilla ympäristöseloste on laadittu.

Ympäristöselosteeseen voidaan sisällyttää yksi tai useampia vaihtoehtoisia skenaarioita. Tästä on hyötyä erityisesti silloin, kun tuotetta voidaan käyttää useampaan eri käyttötarkoitukseen.

Vaikka skenaariot ulottuvat tulevaisuuteen, tulee niiden silti pohjautua olemassa oleviin teknologisiin mahdollisuuksiin. Skenaarioihin ei näinollen voi sisällyttää kokeiluasteella olevan teknologian tuomia mahdollisia ympäristöetuja tai oletuksia esimerkiksi ympäristölainsäädännön muutoksien vaikutuksesta tuotteen kierrätykseen.

7. Perustuote, elementti ja keskiarvotuote

Tietojenkeruulomaketta voidaan käyttää *perustuotteen, elementin* tai *keskiarvotuotteen* ympäristöselostetta varten.

7.1 Perustuote

Perustuotteella tarkoitetaan tässä rakennustuotetta, jota voidaan käyttää sellaisenaan työmaalla. Esimerkkejä perustuotteista ovat sahatavara, vaneri, tiili, lämmöneriste tai kiinnikkeet.

7.2 Elementti

Elementillä tarkoitetaan tässä useammasta eri perustuotteesta koottua rakennustuotetta. Tällaisia ovat esimerkiksi seinäelementit, välipohjaelementit tai tilaelementit.

Elementin ympäristöselosteen tietojenkeruussa voidaan nojautua lähtötietoihin, jotka ovat peräisin joko muiden perustuotteiden ympäristöselosteista tai yleisistä tietokannoista. Kuitenkin vähintään elementin valmistuksen (moduuli A3) osalta tulee käyttää tuotantolaitoksessa mitattuja todellisia tietoja.

Tiedonkeruu voidaan tehdä siten, että elementin kokoonpanossa tarvittavien perusuotteiden tiedot kootaan erikseen käyttäen perustuotteen tietojenkeruulomaketta. Tällainen menettely on kätevä, jos sama yritys valmistaa sekä perustuotteita että elementtejä. Myös alihankkijoiden kanssa voi sopia ostettavien tuotteiden tai palveluiden ympäristövaikutusten raportoinnista tietojenkeruulomakkeen avulla.

Laadittaessa ympäristöselostetta rakennusosille (esimerkiksi ikkunoille, oville tai kattoristikoille) voidaan käyttää joko perustuotteen tai elementin ympäristöselosteen tietojenkeruulomaketta sen mukaan, kumpaa voidaan helpommin muokata tuotantolaitoksen tarpeita vastaavaksi.

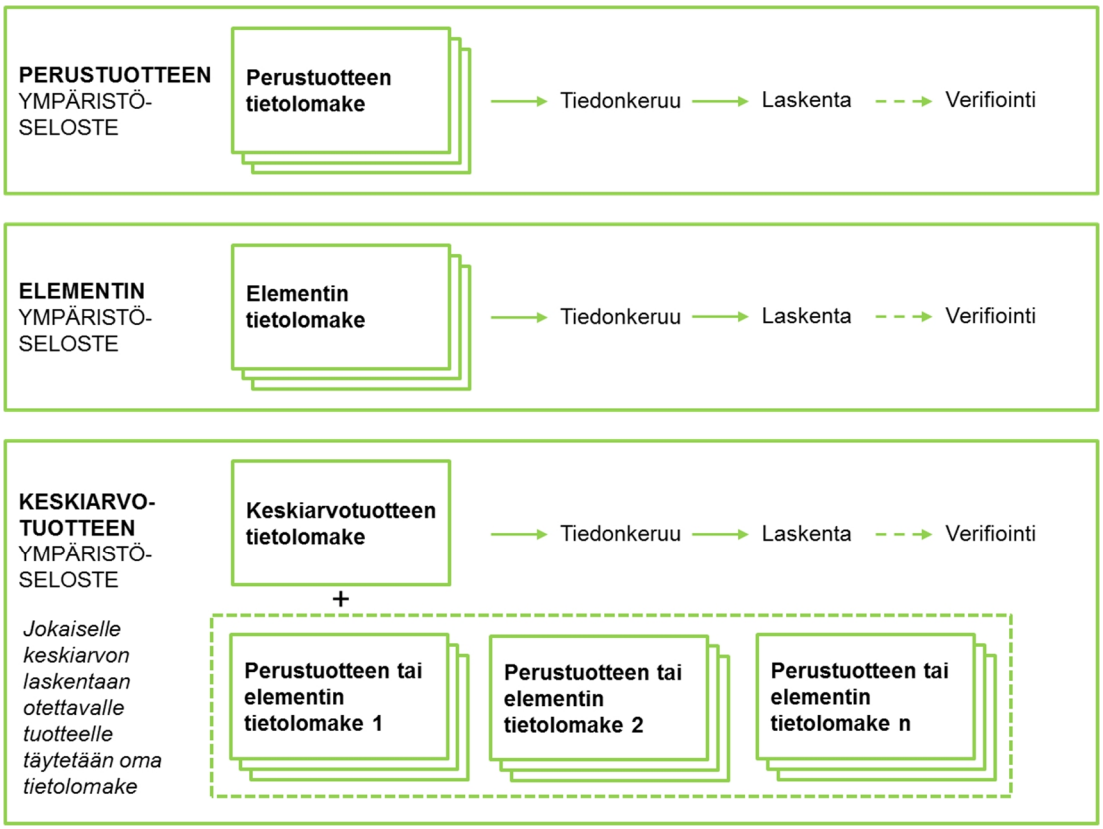
7.3 Keskiarvotuote

Usein tuotantolaitos valmistaa useita asiakastarpeen mukaan räätälöityjä versioita perustuotteesta tai elementistä. Esimerkiksi julkisivulaudan profiili voi muuttua kohteen arkkitehtuurin mukaan. Seinäelementin tuulensuoja- tai sisäverhouslevyt voivat vaihtua toiseen materiaaliin vastaamaan rakennuksen paloteknisiä vaatimuksia. Ei olisi mielekästä laatia ympäristöselostetta erikseen jokaiselle tuotteeseen tehtävälle marginaaliselle asiakasmuutokselle. Tällöin useamman eri tuoteversion ympäristötiedot voidaan ilmoittaa ns. *keskiarvotuotteen ympäristöselosteella*.

Yrityksellä voi olla useita tuotantolaitoksia, joissa valmistetaan samaa tuotetta tai tuotteen osaa. Vaikka tuotantoprosessit poikkeaisivatkin hieman toisistaan, on lopputuote ja asiakaskunta sama. Tällöin voi olla mielekästä laatia yksi yhteinen ympäristöseloste kattamaan kaikki tuotantolaitokset.

Keskiarvotuotteen ympäristöselosteessa tulee kuvata selvästi tuotteen ominaisuuksien ja materiaalien vaihtoehdot sekä niistä johtuvat ympäristöarvojen vaihteluvälit. Joissain tapauksissa pieneltä vaikuttavat muutokset - kuten lattiaelementin levytyksen tai eristemateriaalin vaihto – voivat vaikuttaa suuresti ympäristövaikutuksiin. Standardi EN 15804 ei määrittele suurinta sallittua vaihteluväliä keskiarvotuotteen ympäristö-ominaisuuksille. Tämä olisikin hankalaa, koska yhden materiaalin vaihtaminen voi aiheuttaa erisuuruisia ympäristövaikutuksia sen mukaan, mitä vaikutus-kategoriaa tarkastellaan. Esimerkiksi seinäelementin tuulensuojalevyn materiaalin vaihtamisen vaikutukset ilmastonmuutospotentiaaliin (GWP) voivat olla pieniä, mutta muutokset happamoitumispotentiaaliin (AP) suuria. Valmistajan tuleekin tapauskohtaisesti harkita missä vaiheessa keski-arvotuotteiden ympäristötietojen vaihteluväli kasvaa niin suureksi, että markkinoita varten kannattaa tehdä useampia ympäristöselosteita saman perustuotteen eri variaatioille.

Kuva 3: Eri tuotteiden ympäristöselosteen laadinnan vaiheet.



8. Tietojenkeruulomakkeen käyttöohjeet

Seuraavat ohjeet koskevat Metsäteollisuus ry:n tietojenkeruulomakkeiden käyttöä. Tarkempia käyttöohjeita on liitetty myös tietojenkeruulomakkeisiin.

8.1 Perustiedot

Tietojenkeruulomakkeen perustietosivulle kerätään yleisluontoiset tiedot yrityksestä, tuotantolaitoksesta, tuotteesta ja tuotantomääristä.

8.2 Tuotantolaitoksen syötteet (moduulit A1–3)

Tuotantolaitoksen syötteet sisältävät tiedot raaka-aineen hankinnasta ja käsittelystä (moduuli A1), kuljetuksesta valmistuspaikalle (A2) sekä tuotteen valmistuksesta (A3).

Lähtökohtana on tuotantoprosessin kuvaus. Tämä voidaan tehdä myös kaaviomuotoon elinkaariarvioinnin helpottamiseksi. Tietojenkeruulomakkeen eri välilehdille listataan lisäksi tuotannon raaka-aineiden syötteet ja kuljetukset sekä tuotannon energiasyötteet (sähkö ja lämpö).

8.3 Tuotteen materiaalisyötteet

Tuotannon materiaalisyötteisiin kirjataan tiedot käytetyistä materiaaleista sekä niiden kuljetuksista. Materiaaleihin kuuluvat sekä varsinaiset raaka-aineet (esimerkiksi kuusitukki) että tuotannon tarvitsemat muut aineet (esimerkiksi hydrauliikkaöljy). Kaikkien käytettyjen materiaalien kokonaiskulutus tulee ilmoittaa, vaikka hukkaprosentti olisikin tiedossa.

Tietojenkeruun helpottamiseksi materiaalit on lomakkeessa jaoteltu eri pääryhmiin:

- Puumateriaalit
- Metallipohjaiset materiaalit
- Valut, massat ja laatat
- Eristeet, tiivisteet ja katteet
- Kemikaalit ja pintakäsittelyaineet
- Tekniset komponentit

Koska tuotantomenetelmät vaihtelevat suuresti tuotteiden mukaan, on materiaalilista syytä muokata omaa tuotantoa vastaavaksi. Jos tuotanto tapahtuu useassa eri työpisteessä, voidaan materiaalit kerätä omiksi taulukoikseen erikseen jokaiselle työpisteelle tiedonkeruun helpottamiseksi.

> *Esimerkki 1: Tuotteen valmistuksessa tarvitaan liimaa kolmessa eri tuotantohallissa. Jokaisen tuotantohallin käyttämät materiaalit voi olla helpointa kerätä erikseen halleittain ja summata myöhemmin yhteen liiman kokonaiskulutuksen selvittämiseksi.*
>
> *Esimerkki 2: Tuotteessa käytetyn liiman kulutus voidaan ilmoittaa jyvittämällä vuosittain ostettava liima vuosittain valmistettaville tuotteille. Määrästä vähennetään jätteen-käsittelyyn toimitettava liima.*

Tietolomakkeeseen on valmiiksi täytetty puutuotteiden kuivatiheyden ja kosteusprosentin oletusarvot sekä joukko tuotannon muiden raaka-aineiden raakatiheyksiä. Ne voidaan korvata laitoskohtaisilla tiedoilla tarkemman tuloksen saamiseksi.

8.3.1 Kuljetusmatkat

Raaka-aineiden kuljetus voi muodostaa merkittävän osan lopullisen tuotteen ympäristövaikutuksista. Ympäristöselostetta varten tulee ilmoittaa erikseen jokaisen raaka-aineen kuljetustiedot. Niihin kuuluvat ajoneuvotyyppi, kuorman keskimääräinen täyttöaste sekä keskimääräinen edestakainen kuljetusetäisyys. Tietolomakkeeseen on esitäytetty tie-, raide- ja vesikuljetuksen keskimääräiset täyttäasteet standardin EN 16258 pohjalta. Keskimääräiset täyttöastetiedot voidaan korvata tarkemmilla tuotantolaitos- tai kuljetusliikekohtaisilla tiedoilla.

8.4 Tuotannon energiasyötteet

Energiasyötteinä ilmoitetaan tuotannossa käytetty sähkö ja lämpö. Ne tulisi kohdistaa mahdollisimman tarkasti ympäristöselosteen kuvaamalle tuotteelle. Jos energiankulutus on vaikea kohdistaa yksittäiselle prosessille tai tuotteelle, voidaan vuosittainen kokonaiskulutus jyvittää tuotantolaitoksen vuosi-tuotannolle. Jyvitys voi perustua fysikaaliseen tai taloudelliseen arvioon tuotantolaitoksen tuotteiden kesken (ks. 6.2).

Energiasyötteet jaetaan itse tuotettuun ja ostettuun energiaan. Tietojenkeruulomakkeeseen on varattu tila puutuotteiden tuotannossa syntyvän puumassan ja metsähakkeen energian ilmoittamiseen.

Yhteiskäytössä olevien voimalaitosten kautta tuotettu energia raportoidaan omana energiantuotantona voimalaitoksen omistusosuuden suhteessa.

8.4.1 Vihreän sähkön hiilijalanjälki

”Vihreällä sähköllä” tarkoitetaan tässä uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua hiilineutraalia sähköä. Ympäristöarviointia koskevat standardit eivät anna yksiselitteistä ohjetta vihreän sähkön ympäristövaikutusten ilmoittamiseen ympäristöselosteessa.

Lähtökohtaisesti sähkön hiilijalanjälkenä käytetään kansallista sähköntuotannon keskiarvoa (*energy mix*), johon on jo sisällytetty vihreän sähkön osuus koko maan sähköntuotannosta. Tämä ei kuitenkaan kannusta tuotantolaitoksia vaihtamaan vihreään sähköön. Jos tuotantolaitos käyttää esimerkiksi sertifioitua vihreää sähköä tai tuottaa itse tuulisähköä, ei sen tuotanto aiheuta suoria kasvihuonekaasupäästöjä. Tällöin olisi luontevaa antaa tuotantolaitoksen hyötyä vihreän sähkön käytöstä ilmoittamalla käytetyn vihreän sähkön osuus hiilineutraalina ympäristöselosteessa.

8.4.2 Oma lämmöntuotanto

Puutuoteteollisuuden tarvitsema prosessilämpö saadaan usein omalta voimalaitokselta, jolloin lämpö tuotetaan prosessin sivuvirroista (esim. kuoresta, sahanpurusta tai hakkeesta). Lämmöntuotanto jaoitellaan lomakkeessa omaan ja ostettuun lämmöntuotantoon, kummallekin vaihtoehdolle on oma taulukko. Käytettäessä biopohjaisia polttoaineita voidaan käyttää uusiutuville energiamuodoille annettuja hiilineutraaliusohjeita (ks. 8.4.1).

8.5 Tuotantolaitoksen tuotokset

Tietojenkeruulomakkeen tuotoksina ilmoitetaan tuotannossa syntyvät tuotteet, niiden valmistuksesta koituvat jätteet kuljetuksineen sekä tuotannon tai voimalaitoksen mahdollisesti aiheuttamat mahdolliset päästöt ilmaan ja vesistöihin.

8.5.1 Tuotteet

Puutuotteiden erityispiirteenä tulee ilmoittaa tuotteen lopullinen kosteusprosentti. Sillä on merkitystä tuotteen ympäristövaikutuksia laskettaessa. Tällöin puutuotteen painosta voidaan vähentää veden osuus ja laskea pelkän puumateriaalin ympäristövaikutukset.

Taulukkoon listataan sekä myytävät tuotteet että itse käytettävät tuotteet. Jälkimmäisiä voivat olla esimerkiksi sahanpurusta sivutuotteeksi valmistettavien pellettien käyttö omassa voimalaitoksessa.

8.5.2 Jätteet

Tuotannon jätteet voidaan jakaa kierrätettäviin materiaaleihin, energia-jätteisiin, kaatopaikkajätteisiin sekä vaarallisiin jätteisiin. Tuotantolaitos-kohtaisesti voi lisäksi syntyä muita jätteitä.

8.5.3 Päästöt

Päästöt ilmaan, vesistöihin ja maaperään ilmoitetaan sekä tuotantolaitoksen että mahdollisen oman voimalaitoksen osalta. Jos käytössä on useita tuotanto- tai voimalaitoksia, päästöt voidaan raportoida keskiarvoina laitosten tuotanto-suhteiden mukaisesti.

8.6 Rakentamisvaihe (moduuli A4–5)

Rakentamisvaihe *(construction phase)* pitää sisällään tuotteiden kuljetuksen työmaalle, mahdollisen varastoinnin sekä kaikki rakentamisen toiminnot.

Rakentamisvaiheen ympäristötiedot perustuvat usein skenaarioihin ja ovat siksi alttiita arviointivirheille. Skenaarioiden luotettavuutta parantaa, jos tuotteen aiottu loppukäyttö tiedetään. Tällöin voidaan arvioida loppukäyttöä edeltävän rakentamisvaiheen ympäristövaikutukset. Esimerkiksi seinä-elementillä on vain yksi loppukäyttö, kun taas vaneria tai betonia voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. Jos tuotteella on useita käyttötapoja, voidaan ympäristöselosteen tietojen sovellettavuutta parantaa laatimalla vaihtoehtoisia skenaarioita tuotteen käytölle.

8.6.1 Kuljetukset työmaalle

Kuljetusvaiheen ympäristövaikutuksiin huomioidaan ajoneuvotyyppi, kuljetus-matka, kuljetuskapasiteetin täyttöaste sekä kuljetettavien tuotteiden tilavuuspaino.

Kuljetukset lasketaan tuotantolaitoksilta tai varastoilta työmaalle. Kuljetuksissa tulee käyttää mahdollisimman tarkkoja kuljetusmatkoja, täyttöasteita ja kuljetuskalustotietoja (EN 16258). Mikäli tarvittavaa tietoa ei ole saatavilla, voidaan kuljetuksien täyttöasteena käyttää esimerkiksi 80 % tuotantolaitokselta työmaalle. Kuljetukseen lasketaan mukaan myös paluukuljetus 0 % täyttöasteella.

8.6.2 Työmaatoiminnot

Työmaalla tehtävien rakentamistoimien ympäristövaikutuksiin kuuluvat

- tuotteiden varastointi,
- materiaalien käyttö asennuksessa,
- asennuksessa käytettävä energia ja vesi,
- asennuksesta syntyvät jätteet tai hukkamateriaalit sekä
- työmaan aiheuttamat päästöt ilmaan, veteen ja maaperään.

Työmaan energiantarve voi vaihdella suuresti sen mukaan, tehdäänkö työ lämpimänä vai kylmänä vuodenaikana. Jos tämä on epävarmaa, voidaan ilmoittaa työmaan vuoden energiantarpeen keskiarvo.

Tilaelementtien valmistus raportoidaan standardin EN 15804 nykytulkinnan mukaan osana valmistusvaihetta (A1–3). Tilaelementtien työmaavaiheen vaikutuksiin kuuluvat näinollen ainoastaan kuljetuksen ja asennuksen edellyttämät toimet. Tämän tulkintatavan vuoksi on suositeltavaa kirjata tilaelementtien ympäristöselosteeseen tuotteen *valmiusaste osana rakennusta*. Näin varmistetaan, ettei rakennuksen työmaavaiheen ympäristöarviointia tehtäessä lasketa rakentamisen ympäristövaikutuksia kahteen kertaan: ensin esivalmistuksessa ja sitten työmaalla.

8.7 Käyttövaihe (moduuli B)

Käyttövaihe *(use phase)* on yleensä rakennustuotteen elinkaaren pitkäkestoisin osa. Vuosikymmenien aikana rakennukselle tehtäviä muutoksia ja korjauksia ei voida täysin luotettavasti ennustaa etukäteen. Käyttövaiheen skenaariot tulee silti tehdä tämänhetkisten tietojen ja käytäntöjen pohjalta.

Tietojenkeruulomakkeeseen voidaan liittää skenaarioihin pohjautuvia oletuksia tuotteen käytön aikaisista ympäristövaikutuksista. Näitä ovat

- tuotteen aiottu käyttö rakennuksessa,
- kunnossapito,
- korjaus,

- osien vaihto,
- laajamittaiset korjaukset,
- energian käyttö sekä
- veden käyttö.

Kunnossapidon ja korjauksen syklit liittyvät tuotteen oletettuun käyttöikään. Tuotteen elinkaaren aikainen energian ja veden käyttö on suositeltavaa arvioida käyttäen nykyisen teknologian mukaista tehokkuutta. Vaikka esimerkiksi energiantuotanto muuttuisikin tuotteen elinkaaren aikana vähäpäästöisemmäksi - ja sitä kautta tuotteen huollon hiilijalanjälki pienemmäksi - ei tällaista mahdollista ympäristöetua voida laskea minkään yksittäisen tuotteen elinkaaren eduksi.

Käyttövaiheen korjauksien ympäristövaikutuksien raportoinnin pohjana voidaan käyttää myös tuotteiden valmistusvaiheen (A1–3) ja rakennusvaiheen (A4–5) tietojenkeruun lomaketta.

8.8 Purkuvaihe (moduuli C)

Tuotteen purkuvaihe eli elinkaaren loppu *(end-of-life)* pohjautuu skenaarioissa tehtyihin oletuksiin, kuten käytön aikaiset huolto- ja ylläpitotoimetkin. Skenaarioiden tulee pohjautua nykyiseen toimintaympäristöön, eikä esimerkiksi mahdollisten tulevien jätehuoltoa koskevien lakien tai kehittyvien kierrätysteknologioiden vaikutusta elinkaaren lopun ympäristövaikutuksiin voida ennakoida yksittäisen tuotteen ympäristöeduksi. Myös purkamisesta syntyvät jätelajikkeet ja niiden käsittely arvioidaan nykyisten säädösten mukaisesti.

Rakennuksen elinkaaren loppu eli purkuvaihe sisältää seuraavat vaiheet:
- C1 Purkaminen
- C2 Purkuvaiheen kuljetukset
- C3 Purkujätteen käsittely
- C4 Purkujätteen loppusijoitus

Jos purkujätettä voidaan käsitellä usealla eri tavalla, voidaan moduulin C3 tiedot ilmoittaa eri skenaarioiden mukaan. Esimerkiksi puutuotteen kierrätys lastulevyksi tai pelletointi bioenergiaksi aiheuttavat erilaiset ympäristövaikutukset.

8.9 Lisätiedot (moduuli D)

Elinkaaren perusmoduulien A–C lisäksi voidaan ilmoittaa tuotteen elinkaaren ulkopuolelle ulottuvia vaikutuksia. Nämä vaikutukset raportoidaan erikseen informaatiomoduulissa D, tällaisia vaikutuksia ovat esimerkiksi mahdolliset tuotteen käyttöön vaikuttavat tiedot, kuten vaarallisten aineiden vapautuminen sisäilmaan, maaperään tai vesistöihin. Myös materiaalin kierrätys, uudelleenkäyttö ja energiasisällön hyödyntäminen kuuluvat lisätietoihin.

Informaatiomoduuli D voi sisältää teknisiä tietoja sekä elinkaariarvioon perustuvia ympäristöindikaattoreita. Lisätiedoilla pyritään kuvamaan tuotteen elinkaaren ulkopuoliset ympäristövaikutukset sekä vaikutukset seuraavaan tuotejärjestelmään. Tuote voidaan mahdollisesti käyttää uudelleen, kierrättää tai siitä voidaan tuottaa energiaa. Nämä tiedot ilmoitetaan moduulissa D elinkaaren lopun skenaarioiden pohjalta, jotka on ilmoitettu moduulissa C.

Moduuliin D sisällytetään tuotejärjestelmästä poistuvista materiaalivirroista aiheutuvat vaikutukset seuraavaan tuotejärjestelmään. Tällaisia materiaali-virtoja ovat esimerkiksi materiaalit, joita ei ole kohdennettu rinnakkaistuotteiksi, sekä materiaalit, jotka eivät ole enää jätteitä ja ovat saavuttaneet ns. *ei-enää-jäte* -tilan (*end-of-waste)*.

III Puupohjaisten rakennustuotteiden erityispiirteet ja tuoteryhmäsäännöt

9. Puupohjaisten rakennustuotteiden tuoteryhmäsäännöt

Eurooppalaiset rakennustuotteiden tuoteryhmäsäännöt *(Product Category Rules, PCR)* pohjautuvat standardiin EN 15804. Tuoteryhmäsäännöissä annetaan eri materiaalien ja tuotteiden erityispiirteisiin liittyviä ohjeita ympäristöselosteen laatimista selkiyttämään.

Standardi EN 16485 määrittää tuoteryhmäsäännöt puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laatimiseen. Sääntöjä voidaan soveltaa puupohjaisen rakennustuotteen elinkaaren osittaiseen tai täydelliseen ympäristöarviointiin.

9.1 Puutuotteiden ympäristöselosteen laajuus

9.1.1 Puutuotteiden suppea ympäristöseloste

Suppein ”kehdosta portille” -ympäristöseloste sisältää moduulit A1–3. Puutuotteiden osalta huomioitavat erityispiirteet suppeassa ympäristöselosteessa ovat:

- Kasvuvaiheessa puuhun varastoituva eloperäinen hiili tulee ilmoittaa erillisenä *teknisenä lisätietona*. Tällöin koko rakennustason ympäristöarviointia tehtäessä eloperäisen hiilen tarkka määrä voidaan tasapainottaa viimeistään elinkaaren vaiheessa C3 (ks. kohta 9.2).
- Puumateriaalin energiasisältö tulee ilmoittaa vaiheessa A1.
- Tuotteen käyttötavat on suositeltava ilmoittaa osana ympäristöselostetta. Tällöin rakennustason ympäristöarviointia tehtäessä voidaan ennakoida tuotteen vaikutus rakennuksen eri osissa.

9.1.2 Puutuotteiden osittainen ympäristöseloste

Osittainen ympäristöseloste sisältää elinkaaren vaiheiden A1–3 lisäksi valinnaisen osan muista moduuleista. Jotta puumateriaalin erityispiirteet (kuten eloperäinen hiilisisältö ja energiasisältö) voitaisiin ilmoittaa loppukäyttäjälle, suositeltava puupohjaisten rakennustuotteiden ympäristöselosteen vähimmäislaajuus sisältää moduulit A1–3, C ja D.

9.1.3 Puutuotteiden laaja ympäristöseloste

Laajimmassa ympäristöselosteessa (kehdosta hautaan) voidaan täydellisesti kuvata puutuotteiden koko elinkaaren ympäristövaikutukset. Tällöin huomioitavia asioita ovat:

- Puun eloperäisen hiilivaraston tasapainotus moduulien A1 ja C3 välillä.
- Puun energiasisällön tasapainotus moduulien A1 ja C3 välillä.

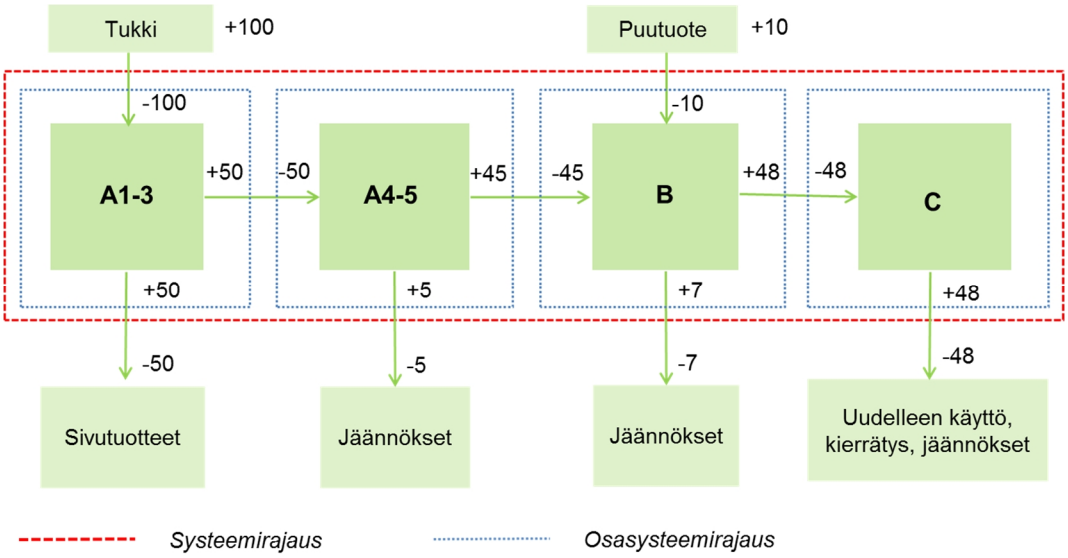
9.2 Eloperäisen hiilen ilmoittaminen ympäristöselosteessa

Eräs puupohjaisten rakennustuotteiden erityispiirteitä on materiaalin sisältämä eloperäinen hiili *(biogenic carbon)*. Sillä tarkoitetaan kasvavaan puuhun yhteyttämisreaktion kautta varastoitunutta ilmakehän hiiltä. Eloperäisen hiilen ilmoittamisesta voidaan standardin EN 16485 pohjalta suositella seuraavaa menettelyä:

- Tuoteryhmäsäännön mukaan puun eloperäinen hiilisisältö ($kgCO_2$) voidaan laskea negatiivisena arvona mukaan A1-vaiheen ilmaston-lämpenemispotentiaaliin (GWP).
- Sama eloperäinen hiilisisältö ($kgCO_2$) tulee poistaa järjestelmästä viimeistään vaiheessa C3 positiivisena arvona. Kun ympäristöseloste laaditaan suppeana vain vaiheille A1–3, tulee eloperäisen hiilisisällön suuruus ilmoittaa teknisenä lisätietona *(technical scenario information)* moduulissa B1, jotta se voidaan ottaa mukaan rakennustason ympäristölaskennassa vaiheessa C3. Teknistä lisätietoa ei liitetä vaikutusarviointiin.
- Summa $\sum_{C3}^{A1} = 0$ puuhun varastoituneen eloperäisen hiilisisällön osalta.
- Mikäli puu päätyy energiantuotannon polttoaineeksi vaiheessa C, voidaan moduulissa D ilmoittaa korvattavan fossilisen polttoaineen päästöt negatiivisena lukuna osana ilmastonlämpenemispotentiaalia (GWP) vastaamaan samaa energiasisältöä, tämä tunnetaan subsituutiovaikutuksena (*substitution effect*).

Puun eloperäisen hiilisisällön tasapainoa tuotteen elinkaaren ajalta rakennuksessa on selvitetty kuvassa 6. Elinkaaren vaiheen eri osa-aluiden välillä ja koko elinkaaren ajalla tulee olla laskennallinen tasapaino.

Kuva 4: Puun eloperäisen hiilisisällön tasapaino tuotteen elinkaaren aikana.



Standardissa EN 16449 *(Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide)* annetaan ohjeet puun eloperäisen hiilisisällön laskentaan ja muuttamiseen hiilidioksidiksi.

Kaava 1: Laskentaohje puun eloperäisen hiilisisällön laskemiseen EN 16449 mukaan.

$$M_{CO_2} = \frac{3{,}67}{2} * \frac{\rho_\omega * V_\omega}{1 + \omega/100}$$

$M_{CO_2} = puuhun\ sitoutuneen\ hiilidioksidin\ massa\ (kg)$

$\rho_\omega = puun\ tiheys,\ \ \omega\ kosteudessa\ (kg/m^3)$

$V_\omega = puun\ tilavuus, \omega\ kosteudessa\ (m^3)$

$\omega = puun\ kosteus\ (\%)$

9.3 Puun energiasisältö

Puutuotteen erityispiirre on mahdollisuus hyödyntää se bioenergiana käytön ja kierrätyksen jälkeen. Kun puutuotteeseen varastoitunut energiasisältö ilmoitetaan ympäristöselosteessa, tulee seuraavat periaatteet ottaa huomioon:

- Kuivan puun alempi lämpöarvo (*net calorific value*) on 18,3–20,0 MJ/kg.
- Alempi lämpöarvo eli tehollinen lämpöarvo, MJ/kg = kuiva-aineen lämpöarvo johon ei lasketa mukaan savukaasujen mukana poistuvan (polttoaineen sisältämästä vedystä peräisin olevan) veden haihduttamiseen kuluvaa energiaa.
- Jos puu poltetaan energiantuotantolaitoksella vähintään 60 % tai 31.12.2008 jälkeen käyttöönotetuilla laitoksilla 65 % hyötysuhteella, se luokitellaan kierrätyspolttoaineeksi.
- Puun energiasisältö on riippuvainen puun kosteudessa, kosteus vaikuttaa myös puun tiheyteen.

  Kaava 2: Laskentaohje puun kosteusprosentin laskemiseen

$$Puun\ kosteus\ \% = \frac{(märkä\ massa\ -\ kuiva\ massa)}{kuiva\ massa} * 100\%$$

- Kasvavan puun kosteus vaihtelee vuodenaikojen ja puun osan mukaan. Lisäksi eri puulajeilla on eri kosteudet. Kosteuspitoisuus lasketaan suhteessa kuivamassaan, jolloin puun kosteus voi olla yli 100 %. Suomessa käytettävien puulajien tukkipuun keskikosteudet sekä kuiva-tiheydet (Marjomaa & Uurtamo 1996, Kärkkäinen 2003):

  Taulukko 3: Suomalaisen tukkipuun keskikosteudet

Materiaali	*Keskikosteus*	*Kuivatiheys*
Kuusitukki	84 %	390,8 kg/m^3
Mäntytukki	112 %	402,6 kg/m^3
Koivutukki	80 %	484,3 kg/m^3

- Rakentamisessa käytettävien puutuotteiden kosteus vaihtelee 6–20 prosentin välillä.

9.4 Puun erityispiirteiden esittämiseen ympäristöselosteessa

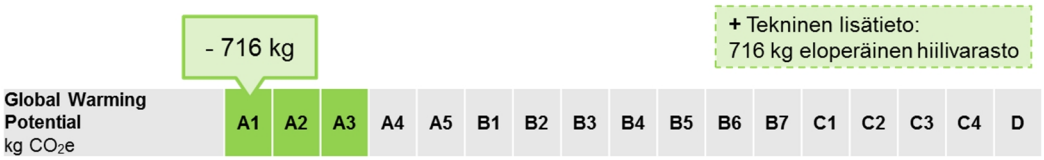
Ympäristöselosteessa eloperäisen hiilen ja energiasisällön tulee olla tasapainossa puutuotteen elinkaaren ajalta.

Seuraavissa esimerkeissä kuvataan eloperäisen hiilen ja puun energiasisällön ilmoittaminen ympäristöselosteessa. Standardeista huolimatta on nähtävissä eriäviä tulkintoja eloperäisen hiilen ja energiasisällön esittämiselle ympäristöselosteessa (IBU 2014 ja WoodForGood 2014). Siksi seuraavassa on esitetty vaihtoehtoja ympäristöselosteen laadintaan. Esimerkeissä on ilmoitettu vain puumateriaalin ominaisuuksien ilmoittaminen ympäristöselosteessa. Lisäksi mukaan lasketaan myös muut vaikutukset, kuten esimerkiksi energiantuotannon päästöt.

9.4.1 Esimerkki: Eloperäisen hiilivaraston esittäminen

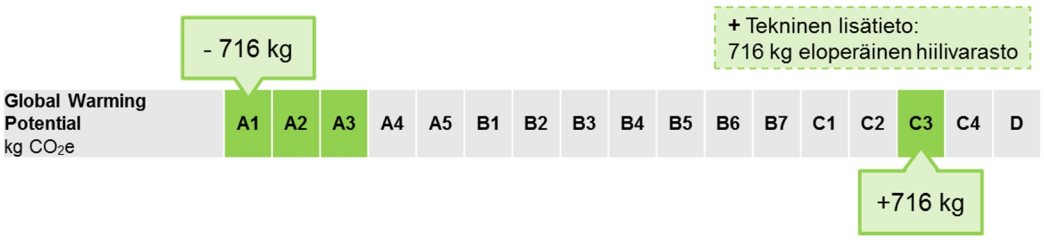
Oletetaan tuotteen sisältävän 390 kg puuta. Tämä määrä puuta sisältää hiiltä noin 195 kg, mikä vastaa noin 716 kg hiilidioksidia. Tämä eloperäinen hiilivarasto (kg CO_2) lasketaan mukaan GWP-arvoon negatiivisena vaiheessa A1. Sama hiilivarasto poistuu positiivisena vaiheeseen C3 mennessä. Mikäli ympäristöseloste sisältää vaiheet A1–3 ja vaiheessa A1 lasketaan eloperäinen hiilivarasto mukaan GWP-arvoon, tulee eloperäisen hiilivaraston arvo ilmoittaa teknisenä lisätietona. Tällöin rakennusvaiheen arvioinnissa eloperäinen hiilivarasto voidaan ottaa huomioon moduulissa C3.

Kuva 5: Eloperäinen hiilisisältö osana GWP-arvoa vaiheessa A1.



Mikäli ympäristöseloste kattaa myös vaiheen C3, tulee eloperäinen hiilivarasto poistaa vaiheeseen C3 mennessä kuvan 6 mukaan.

Kuva 6: Eloperäinen hiilitasapaino osana GWP-arvoa modulien A1 ja C3 välillä.



Vaiheessa D voidaan ilmoittaa mahdollisia korvaavuusvaikutuksia. Jos puu päättyy poltettavaksi, sillä voidaan korvata fossiilisia polttoaineita. Korvaavuus-vaikutus lasketaan korvattavan polttoaineen (esim. maakaasun tai kivihiilen) aiheuttaminen päästöjen mukaan.

9.4.2 Puun energiasisällön esittäminen

Puun energiasisältö lasketaan mukaan indikaattoriin ”*raaka-aineena käytetty uusiutuva primäärienergia”* eli tuotteen energiasisältö. Tämä sisältö lasketaan mukaan vaiheeseen A1 positiivisena lukuna. Energiasisällön poistuminen voidaan ilmoittaa vaiheessa C3 joko poistuvana kierrätysmateriaalina (IBU 2014) tai poistuvana kierrätysmateriaalina ja energiasisältönä (WoodForGood 2014).

Kuva 7: Energiasisällön tasapaino moduulien A1 ja C3 välillä IBU:n mukaan (kierrätysmateriaali).

Indikaattori	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Potential kg CO_2e	**-716**														**716**		
Raaka-aineena käytetty uusiutuva primaarienergia (energiasisältö) MJ	**6240**																
Käytetyt kierrätys-materiaalit, kg															**390**		

Kuva 8: Energiasisällön tasapaino moduulien A1 ja C3 välillä WoodForGoodin mukaan (kierrätysmateriaali sekä poistuva energiasisältö).

Indikaattori	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Potential kg CO_2e	**-716**														**716**		
Raaka-aineena käytetty uusiutuva primaarienergia (energiasisältö) MJ	**6240**														**-6240**		
Käytetyt kierrätys-materiaalit, kg															**390**		

Elinkaaren loppua kuvaamaan suositellaan laadittavaksi skenaario tai skenaarioita. Tällöin tuoterajauksen ulkopuolelle jäävät vaikutukset voidaan ilmoittaa informaatiomoduulissa D. Skenaariona voi olla tuotteen käyttö kierrätyspolttoaineeksi, tuotteen uudelleenkäyttö tai kierrätys uudeksi tuotteeksi.

Jos puutuote kierrätetään energiaksi korvaamaan fossiilista energiaa, ilmoitetaan puu kierrätyspolttoaineena moduulissa D ja sen korvaavuusvaikutus otetaan huomioon GWP-arvossa korvattavan fossiilisen polttoaineen mukaan. Seuraavissa esimerkeissä puu korvaa maakaasua energiantuotannossa. Maakaasun kasvihuonekaasupäästöt on laskettu GWP-arvoon moduulissa D.

Kuva 9: Energiasisällön tasapaino moduulien A1, C3 ja D välillä (IBU:n mukaan).

Indikaattori	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Potential $kgCO_2e$	**-716**														**716**		**-316**
Raaka-aineena käytetty uusiutuva primaarienergia (energiasisältö) MJ	**6240**																
Käytetyt kierrätys-materiaalit, kg															**390**		
Käytetyt uusiutuvat kierrätyspolttoaineet, MJ																	**6240**

Kuva 10: Energiasisällön tasapaino moduulien A1, C3 ja D välillä (WoodForGoodin mukaan).

Indikaattori	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
Global Warming Potential $kgCO_2e$	**-716**														**716**		**-316**
Raaka-aineena käytetty uusiutuva primaarienergia (energiasisältö) MJ	**6240**														**-6240**		
Käytetyt kierrätys-materiaalit, kg															**390**		
Käytetyt uusiutuvat kierrätyspolttoaineet, MJ																	**6240**

Lähteet

Antikainen, R. (toim.). 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 7/2010. 83 s.

Guinée, J.B. 2002. Handbook on life cycle assessment. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers. 705 s.

Euroopan komissio. 2011a. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma – siirtyminen kilpailukykyiseen vähähiiliseen talouteen vuonna 2050. KOM(2011) 112, 8.3.2011.

Euroopan komissio. 2011b. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Etenemissuunnitelma kohti resurssitehokasta Eurooppaa. KOM(2011) 571, 20.9.2011.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu).

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/24/EU julkisista hankinnoista ja direktiivin 2004/18/EY kumoamisesta.

Institut Bauen und Umwelt e.V. (IBU). 2014. Environmental Product Declarations (EPD). Saatavana: http://construction-environment.com/hp481/Environmental-Product-Declarations-EPD.htm. Viitattu 15.12.2014.

Kärkkäinen M. 2003. Puutieteen perusteet. Karisto Oy, Hämeenlinna: Kustannusosakeyhtiö Metsälehti. 451 s.

Marjomaa J. & Uurtamo K. 1996. Puutavaran tilavuuspainon määrittäminen, Metsätehon raportti 7.

EN 15643-1:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennusten kestävyyden arviointi. Osa 1: Yleiskehys.

EN 15643-2:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennusten arviointi. Osa 2: Ympäristösuoritustason arvioinnin kehys.

EN 15804+A1:2014 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt.

EN 15942:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Selostemalli B2B-käyttöön.

EN 15978:2012 Kestävä rakentaminen. Rakennusten ympäristösuoritustason arviointi. Laskentamenetelmä.

EN 16258:2013 Kuljetuspalvelujen energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen laskenta- ja ilmoitusmenetelmät (tavara- ja henkilökuljetukset).

EN 16449:2014 Wood and wood-based products. Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide.

EN 16485:2014 Pyöreä ja sahattu puutavara. Ympäristöselosteet. Tuoteryhmä-säännöt puulle ja puupohjaisille rakennustuotteille.

ISO 14020:2001 Environmental labels and declarations. General principles.

ISO 14021+A1:2012 Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Omaehtoiset ympäristöväittämät (Tyypin II ympäristömerkit).

ISO 14024:2000 Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin I ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt.

ISO 14025:2010 Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt.

WoodForGood. 2014. Lifecycle Database. Saatavana: http://www.woodforgood.com/lifecycle-database/ Viitattu 15.12.2014.

Tämä ohje käsittelee Metsäteollisuus ry:n ja Aalto-yliopiston yhdessä Metsä Woodin, Stora Enson ja UPM:n kanssa laatiman tietojenkeruulomakkeen käyttöä sekä ympäristöselosteiden laadintaa. Ohjeessa esitellään standardien EN 15804:2014 ja EN16485:2014 mukaisten ympäristöselosteiden laatimisen eri vaiheet.

Standardimenetelmällä laaditut ympäristöselosteet ovat tarpeen rakennustuotteiden ekologisuudesta viestittäessä. Julkisista vihreistä hankinnoista annetuissa ohjeissa Euroopan komissio suosittaa ympäristöselosteita tuotteiden vertailun pohjaksi.

Ensimmäistä kertaa suomeksi laadittu ohjeisto helpottaa yrityksiä siirtymään ympäristöselosteiden laatimiseen.

ISBN 978-952-60-3703-5 (pdf)

Aalto-yliopisto

Arkkitehtuurin laitos
Puunjalostustekniikan laitos

www.aalto.fi

KAUPPA +
TALOUS

TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI

TIEDE+
TEKNOLOGIA

CROSSOVER

DOCTORAL
DISSERTATIONS