



Elinkaariarviointi

Ristiinliimattu massiivipuu (CLT)

1 Tuotetiedot

1.1 Tuotteen nimi

Ympäristövaikutusarvionti tehtiin tuotteelle 'ristiinliimattu massiivipuu (CLT)'.

1.2 Tuotteen yksilöinti ja kuvaus

Ristiinliimatut massiivipuuprofiilit (jäljempänä käytetään nimitystä CLT-profiili tai -rakenne) ovat monikerroksisia ristikkäisiä kiinteäpuupaneleita, joissa viereiset kerrokset on asetettu 90 asteen kulmaan toisiinsa nähden ja liimattu päällekkäin yhteen (kuva 2). Yksittäiset kerrokset ovat havupuupanelia (kuusta: *Picea abies*). Kerrosten paksuus on 24-52 mm ja seinärakenteen paksuus säädetään sopivaksi yksittäisten kerrosten lukumäärällä ja paksuudella.

CLT-profiilin käyttö seinä- ja lattiarakentamisessa luo laatikkotyypisiä rakenteita.

1.3 Maantieteellinen kattavuus

Tämän ympäristövaikutusarvionnin laajuus on maailmanlaajuinen.

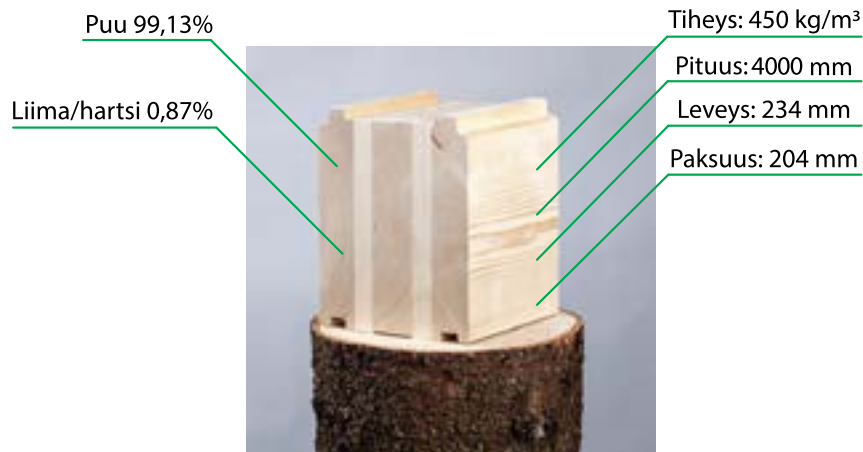


Kuva 1. CLT-hirsirakenne

2 Tuotteen kuvaus

CLT-rakenteen valmistamisella saavutetaan monoliittinen esivalmistettu puinen paneelirakenne, jonka arkkitehtoninen toiminnallisuus, mittapysyvyys ja tekninen suorituskyky ovat erinomaiset. Lisäksi CLT-rakenne on kevyt ja luonnosta lähtöisin.

ELinkaariarvioinnin kohteena olevat hirsiprofiilit voivat toimia seinärakenteina, jollaisina ne pystyvät kantamaan pystysuoria kuormia ja suuren lujuutensa ja jäykkyytensä ansiosta vaimentaa tuulen tai maanjäristyksen aiheuttamia jännityksiä. CLT-rakenne toimii myös lattiamateriaalina, jollaisena se voi kantaa pystysuoria kuormia suuren, kahteen suuntaan vaikuttavan, taivutus- ja leikkauslujuutensa ansiosta. CLT-rakenteen ominaisuudet on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2: Ristiinliimatun massiivipuuprofiilin ominaisuudet.

2.1 Pakkaamistapa

CLT-rakenne pakataan polyetyleenimuovipakkauskalvoon (LDPE).

4 Elinkaariarviointitiedot

Elinkaariarvionnin perustiedot ovat seuraavat:

- ajallinen edustavuus: lähtötiedot on koottu vuodelta 2021,
- inventaarioanalyysi- ja vaikutusarviointitietokanta: Ecoinvent 3.8,
- LCA-ohjelmisto: Simapro 9.3 ja
- vaikutusarviointimenettely: EN 15804+A2.

Tämän elinkaariarvioinnin soveltamisala on määritellyn CLT-rakenteen mahdollisten ympäristövaikutusten arviointi LCA(elinkaarianalyysi)-menettelyllä. Seuraavana on kuvattu LCA-analyysin toiminnallinen yksikkö, järjestelmän rajat, perusolettamukset ja CLT-rakenteen elinkaaren vaiheita kuvaava virtauskaavio.

CLT-rakenteen tuotantoketjun ympäristöön vaikuttavien suoritusten kattava määrällinen arviointi on tehty. Tässä arvioitu elinkaari sisältää kaikki pääprosessit: raaka-aineen hankinnan (sisältäen mm. metsän kasvatuksen), puun kaadon, kuivauksen, puutavaran valinnan, rakenteen kokoamisen, liimaamisen, kuivaamiseen ja viimeistelyleikkauksen, kuljetuksen tehtaaseen, tuotantovaiheen tehtaassa ja pakatun CLT-rakenteen kuljetuksen rakennuspaikalle.

3.1 Toiminnallinen/ilmoitettu yksikkö

Tuotantojärjestelmän ympäristövaikutuksia arvioidaan jokaisen elinkaaren vaiheen osalta materiaalien ja energiankäytön sisäänmeno- ja ulostulovirtojen perusteella yhtä tuotteen toiminnallista yksikköä kohti. Toiminnallinen yksikkö on tuotteesta tunnistettu toiminnan tai toiminnon määrällinen, mitattava, suure. Tässä tutkimuksessa käytetään toiminnallisena yksikkönä **yhtä kuutiometriä CLT-rakennetta**, jota kohdeyritys käyttää rakennusmateriaalina.

3.2 Järjestelmän rajat

Selvityksessä käytetään ympäristöselostetyyppiin ”kehdestä tehtaan portille optioon” perustuvaa lähestymistä (moduulit A1-A4) (katso taulukko 1). Järjestelmän rajoihin sisältyvät CLT-rakenteen elinkaaren moduulit on esitetty seuraavana.

3.3 Tuotantoketjun alku (edeltävä prosessi) (A1)

Tuotantoketjun alkuun (raaka-aineiden toimitusketjuun) kuuluvat seuraavat osat:

- Raaka-aineiden tuotanto ja kuljetus mukaan lukien puun kasvatuksen ja kaadon metsätalousoperaatiot sekä puutavaran sahaus sahalla
- Puutavaran kuljetus alihankkijalle liimausta varten
- Puolivalmiin CLT-rakenteen valmistus alihankkijalla sekä liimahartsin ja kovetteen tuotanto
- Puun hiilensidonta kasvun aikana
- Sähköntuotanto ja jakelu
- Pakkausmateriaalin (LDPE) tuotanto ja kuljetus tuotantolaitokselle. Pussia tavaralavoja ei ole sisällytetty alustaviin tuloksiin.

4 Ydinprosessi (A2-A3)

Ydinprosessi koostuu niiden prosessien joukosta jotka ovat suoraan yhteydessä CLT-rakenteiden tuotantoon tuotantoyksikössä (portilta portille).

Kuljetus valmistukseen (A2): puolivalmiiden CLT-rakenteiden kuljetus alihankkijalta tuotantolaitokseen.

Valmistus (A3): valmistusvaihe, jossa puolivalmiit CLT-rakenteet koneistetaan lopulliseen muotoonsa ja mittoihinsa. Vuosittain 4700 m³ CLT-rakenteita käy läpi viimeistelyn tuotantolaitoksella. Tähän prosessiin kuuluu:

- CLT-rakenteen viimeistelyyn kuluva energia
- Tuotantolaitoksen sisäinen polttoainekäyttö kuljetukseen
- Työstöjätteen (purun) jätteenkäsittely

4.1 Tuotantoketjun loppu (seuraava prosessi) (A4)

Tuotantoketjun loppuun (seuraavaan prosessiin) kuuluu:

- Valmiin CLT-rakenteen kuljetukset työmaalle (keskimääräinen kuljetusmatka maanteitse Suomessa kohdeyrityksen tuotteille)

4.2 Pois jätetyt elinkaaren moduulit

Elinkaariarvionnista jätettiin pois seuraavat osat:

- Kohdeyrityksen tuotantolaitoksen rakennusten ja koneiden rakentamisen ympäristövaikutukset
- Moduulit A5-D

Taulukko 1: Tämän tutkimuksen elinkaariarvioinnin vaiheet ja moduulit

Tuotevaihe				Rakentamisvaihe	Käyttövaihe								Rakennuksen purkuvaihe				Elinkaaren ulkopuoliset	
Raaka-aineiden hankinta	Kuljetus valmistukseen	Valmistus	Kuljetukset työmaalle	Työmaatoiminnot	Käyttö	Kunnossapito	Korjaus	Osien vaihto	Laajamittaiset korjaukset	Energian käyttö	Veden käyttö	Purkaminen	Purkuvaiheen kuljetukset	Purkujätteen käsittely	Purkujätteen loppusijoitus	Uudelleenkäyttö	Hyödyntäminen	Kierrätys
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4		D	
x	x	x	x	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND	MND
Edeltävä prosessi	Ydin-prosessi		Seuraava prosessi	x = moduuli on sisällytetty elinkaariarviointiin														
				MND = moduuli ei kuulu elinkaariarviointiin (module not declared)														

4.3 Lisätietoja

Ensisijaiset tiedot on kerätty kohdeyrityksen henkilökunnalta kyselylomakkeella ja sähköpostitiedusteluihin. Maa- ja metsätaloustoiminnan vaikutus puiden kaatamisesta paneelien valmistukseen viittaa valittuun tietoaineistoon Ecoinvent-tietokannassa. Ympäristövaikutus energiankäytöstä ja -tuotannosta (sähkö ja polttoaine) perustuvat yrityksestä saatuihin tietoihin. Tiedot saatiin vuosittaisena kulutuksena tuotantolaitoksessa ja ne allokoitiin toiminnallista yksikköä vastaaviksi.

Kaikki taustatiedot on otettu tietokannasta Ecoinvent versio 3.8 ja elinkaarianalyysi tehtiin Simapro 9.3 -ohjelmistolla. Yksikkö- ja kokonaisprosessien mallintamiseen käytetty tietoaineisto on esitetty liitteessä I. Vaikutusarviointimenettely on Simapro-ohjelmistossa oleva EN 15804+A2. Standardi EN 15804 kattaa rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Standardin EN 15804 mukaan biogeeniset hiilipäästöt aiheuttavat saman ilmastomuutosvaikutuksen kuin fossiilinen hiililähde, mutta voidaan neutraloida poistamalla sama hiilimäärä ilmakehästä uudelleen. On huomattava, että tätä raporttia ei voida käyttää ympäristöselosteen hakemisen pohjana sellaisenaan.

5 Ympäristötehokkuus

Seuraavana on kuvattu ympäristövaikutuksia kuvaavien indikaattorien keskeinen sisältö.

<p>Ilmastonlämmityspotentiaali (GWP)/ilmastonmuutos</p> <p>Ilmastonlämmityspotentiaali kuvaa kasvihuonekaasujen kuten hiilidioksidin ja metaanin päästöjä. Nämä päästöt nostavat maapallon ulossäteilyn absorptiota ja siten voimistavat luonnollista kasvihuoneilmiötä. Vaikutukset ilmastonlämmityspotentiaaliin voivat johtua joko fossiilisista tai biogeenisistä lähteistä (fossiilisten polttoaineiden tai puun polttaminen). Ilmastonlämmityspotentiaali raportoidaan kokonaispotentiaalina tai erikseen fossiilisesta ja biogeenisestä hiilestä johtuvina vaikutuksina.</p>	
<p>Vaikutuspotentiaali yläilmakehän otsonikatoon (ODP)</p> <p>Vaikutuspotentiaali yläilmakehän otsonikatoon on niiden ilmastopäästöjen mitta, jotka lisäävät stratosfääriin otsonikerroksen vähenemistä. Se aiheuttaa korkeampaa ultraviolettia B:n (UVB) säteilyä maanpintaan ja sillä on haitallisia vaikutuksia ihmisiin, eläimiin ja kasveihin.</p>	
<p>Vaikutuspotentiaali happamoitumiseen (AP)</p> <p>Vaikutuspotentiaali happamoitumiseen on niiden päästöjen mitta, jotka aiheuttavat happamoittavaa vaikutusta ympäristölle. Se on molekyylien vetyionipitoisuuden (H⁺) nostamiskyvyn mitta veden läsnäollessa millä on pH:ta laskeva vaikutus. Potentiaaliset vaikutukset ovat kalakuolleisuuden kasvu, metsien tilan heikkeneminen ja rakennusmateriaalien heikkeneminen.</p>	
<p>Vaikutuspotentiaali rehevöitymiseen (EP)/leväkukinta</p> <p>Vaikutuspotentiaali rehevöitymiseen on ravinteiden rikastumisen mitta ja se voi aiheuttaa epätoivottuja muutoksia lajiston koostumukseen ja kohonnutta biomassan kasvua niin vesi- kuin maaekosysteemeihin. Se sisältää liian korkeiden makroravintetasojen, tärkeimpinä typen (N) ja fosforin (P), mahdolliset vaikutukset.</p>	
<p>Vaikutuspotentiaali alailmakehän otsonin muodostumiseen (POCP)/savusumu</p> <p>Vaikutuspotentiaali alailmakehän otsonin muodostumiseen on sellaisten päästöjen esiasteiden vaikutus, jotka vaikuttavat maanpinnan savusumun muodostumiseen. Näitä esiasteita muodostuu haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (VOC) ja hiilimonoksidin reaktioissa typen oksidien läsnäollessa ja UV-säteilyn vaikutuksesta. Maanpinnan tason otsoni saattaa olla haitallista ihmisten ja ekosysteemin terveydelle ja saattaa vahingoittaa satoja.</p>	
<p>Vaikutuspotentiaali uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymiseen (ADP)</p> <p>Uusiutumattomien luonnonvarojen käyttö johtaa niiden toimintojen heikkenemiseen, jotka riippuvat näiden luonnonvarojen saatavuudesta tulevaisuudessa. Mineraalisten alkuaineiden ja uusiutumattomien fossiilisten luonnonvarojen väheneminen raportoidaan erikseen.</p>	
<p>Vaikutuspotentiaali veden niukkuuteen (WDP)</p> <p>Veden käyttö tuotteiden valmistamiseen kuluttaa vesivarantoja ja eri alueilla veden saatavuus kaikkeen yhteiskunnan vedentarpeeseen vaihtelee. Potentiaali kuvaa maakohtaisesti painotettua vedenkulutusta tuotteen funktionaalista yksikköä kohti. Alueilla, joissa puhtaan veden saatavuus on heikkoa, veden käyttöä painotetaan enemmän eli vaikutus on suurempi kuin alueilla, joilla vettä on runsaasti saatavilla.</p>	

5.1 Potentiaaliset ympäristövaikutukset

Tutkitut potentiaaliset ympäristövaikutukset on luokiteltu tuotantoketjun alkuun, ydinprosessiin ja tuotantoketjun loppuun ja ne on esitetty taulukossa 2. Taulukoidut arvot vastaavat toiminnallista yksikköä 1 m³ ristiinliimattua massiivipuuta. Ilmastonlämmityspotentiaalivaikutukset on eritelty liitteessä II.

Taulukko 2: Ristiinliimatun massiivipuun ympäristövaikutukset toiminnallista yksikköä kohti. Skenaario tuotantoketjun loppuun on arvioitu kohdeyrityksen keskimääräisen maantiekuljetusmatkan mukaan Suomessa.

Parametri		Yksikkö	Alku A1	Ydin A2-A3	Loppu A4	Yhteensä A1-A4
GWP	fossiilinen	kg CO ₂ eq	179	12,8	16,2	208
	biogeeninen	kg CO ₂ eq	-696	0,0827	0,0158	-696
	luluc	kg CO ₂ eq	1,22	0,0518	0,00583	1,28
	Yhteensä	kg CO ₂ eq	-516	13,0	16,2	487
ODP		kg CFC 11 eq	0,0000242	0,00000211	0,00000387	0,0000302
AP		mol H ⁺ eq	1,20	0,0702	0,0677	1,34
EP		kg P eq	0,0764	0,00219	0,00101	0,0796
POCP		kg NM- VOC eq	1,38	0,0681	0,0726	1,52
ADP	mineraalit	kg Sb eq	0,000976	0,0000280	0,0000372	0,001041
	fossiiliset	MJ	3187	279	253	3718
WDP		m ³ eq	62,61	1,49	0,869	65,0

luluc = maankäyttösektori (land use, land use change)

5.2 Ilmastonlämpenemispotentiaali (GWP)

Puun kasvunaikaisen hiilensidonnann ansiosta hiilidioksidin sidonta (-696 kg CO₂ eq/m³) on korkeampi kuin päästöt järjestelmän rajojen sisällä (208 kg CO₂-eq/m³). Tarkasteltaessa vain positiivisia päästöjä, tuotantoketjun alku (A1) vaikuttaa 86,0 % osuudella ilmaston lämpenemiseen, pääasiassa sähkön käytön, metsätaloustoiminnan, puun kuivauksen ja hartsin/liiman valmistamisen vuoksi. Ydinprosessi vaikuttaa 6,2 %:lla kokonaispäästöistä ristiinliimatun massiivipuun kuljettamisen vuoksi sahalla alihankkijalle ja sieltä kohdeyritykselle (A2) ja sähkön ja lämmönkäytön vuoksi kohdeyrityksen tuotantoprosessissa (A3). Tuotantoketjun loppu (A4) vaikuttaa 7,8 %:lla päästöihin ristiinliimatun massiivipuun kuljettamisen vuoksi rakennuspaikalle. Lopputuloksena on negatiivinen ilmastonlämpenemispotentiaali -478 kg CO₂-eq/m³ yhtä toiminnallista yksikköä kohti ristiinliimattua massiivipuuta.

5.3 Vaikutuspotentiaali yläilmakehän otsonikatoon (ODP)

läilmakehän otsonikadon lisääntymiseen vaikuttaa eniten tuotantoketjun alku (80,2 %), toiseksi eniten loppupään prosessi (12,8 %) ja vähiten ydinprosessi (7,0 %).

5.4 Vaikutuspotentiaali happamoitumiseen (AP)

Tuotantoketjun alku (A1) aiheuttaa suurimmat vaikutukset (89,7 %) pääasiassa sähkönkäytön, puutuotannon ja hartsin/liiman valmistamisen vuoksi. Ydinprosessi vaikuttaa 5,2 %:lla ristiinliimatun massiivipuun kuljettamisen vuoksi sahalla liimaukseen ja sieltä kohdeyritykselle (A2), sisäisen polttoaineen kulutuksen sekä sähkön ja lämmön käytön vuoksi kohdeyrityksen tuotantoprosessissa

(A3). Tuotantoketjun lopulla (ristiinliimatun massiivipuun kuljettaminen rakennuspaikalle) on 5,1 %:n kokonaisvaikutus (A4).

5.5 Vaikutuspotentiaali rehevöitymiseen (EP)

Tuotantoketjun alku (A1) aiheuttaa suurimman vaikutuksen (96,0 %) sähkön, puun-tuotannon, kuivauksen ja hartsin/liiman valmistamisen vuoksi. Ydinprosessi aiheuttaa 2,7 %:n osuuden kokonaisvaikutukseen, pääosin ristiinliimatun massiivipuun kuljettamisen vuoksi sahalta liimaukseen ja sieltä kohdeyritykselle (A2), sisäisen polttoaineen kulutuksen sekä sähkön ja lämmön käytön vuoksi kohdeyrityksen tuotantoprosessissa (A3). Tuotantoketjun loppu (ristiinliimatun massiivipuun kuljettaminen rakennuspaikalle) aiheuttaa 1,3 %:n kokonaisvaikutuksen.

5.6 Vaikutuspotentiaali alailmakehän otsonin muodostumiseen (POCP)

Tuotantoketjun alku (A1) aiheuttaa suurimman vaikutuksen (90,7 %) sähkön, puun-tuotannon, kuivauksen ja hartsin/liiman valmistamisen vuoksi. Ydinprosessi aiheuttaa 4,5 %:n osuuden kokonaisvaikutukseen ristiinliimatun massiivipuun kuljettamisen vuoksi sahalta liimaukseen ja sieltä kohdeyritykselle (A2) ja kohdeyrityksen tuotantoprosessin toimintojen vuoksi. Tuotantoketjun loppu (ristiinliimatun massiivipuun kuljettaminen rakennuspaikalle) aiheuttaa 4,8 %:n kokonaisvaikutuksen.

5.7 Vaikutuspotentiaali uusiutumattomien luonnonvarojen ehtymiseen (ADP)

Tätä vaikutuspotentiaalia edustavat mineraalisten alkuaineiden väheneminen ja fossiilisten polttoaineiden väheneminen. Kuten muissakin vaikutusluokissa, suurin vaikutus mineraalisten alkuaineiden vähenemiseen on tuotantoketjun alussa (93,7 % moduulissa A1), toiseksi suurin tuotantoprosessin lopussa (3,6 % moduulissa A4) ja kolmantena ydinprosessissa (2,7 % moduuleissa A2-A3). Fossiilisten polttoaineiden vähenemisen vaikutuspotentiaali on suurin tuotantoprosessin alussa (85,7 % moduulissa A1). Seuraavaksi suurin vaikutuspotentiaali on ydinprosessissa (7,5 % moduulissa A4) ja pienin potentiaali tuotantoketjun lopussa (6,8 % moduuleissa A2-A3).

5.8 Vaikutuspotentiaali veden niukkuuteen (WDP)

Tässä vaikutusluokassa suurin vaikutus vesivarantojen pienenemiseen on tuotantoketjun alussa (96,4 % moduulissa A1) ja huomattavasti pienemmät vaikutukset ovat ydinprosessissa (2,3 % moduuleissa A2-A3) ja tuotantoketjun lopussa (1,3 % moduulissa A4).

6 Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat ristiinliimatun massiivipuun hyödyn sen pystyessä varastoimaan suuria määriä biogeenistä hiiltä. On huomattavaa, että sidotun hiilen määrä ylittää muiden tuotantoprosessin osien ilmastopäästöjen vaikutuksen. Suurimmat ympäristövaikutuspotentiaalit tässä "kehdestä tehtaan portille optioon"-tyyppisessä elinkaarianalyysissä tunnistettiin tuotantoprosessin alkuun, mikä sisältää metsä-taloustoiminnot, puolivalmiin ristiinliimatun massiivipuukurakenteen valmistamisen ja hartsin/liiman valmistamisen. Tuotantoprosessin alkupäähän verrattuna ydinprosessilla (A2-A3) ja loppupään prosessilla (A4) on huomattavasti alhaisemmat ympäristövaikutukset.

Liite I

Taulukko 1: Ristiinliimatun massiivipuun (CLT) mallintaminen

Käytetyt tiedot	Arvo	Yksikkö
Cross-laminated timber {RER} cross-laminated timber production Cut-off, U	1,0	m ³

Taulukko 2: Tuotantoprosessin alkupään kokonaisprosessin mallinnus

Käytetyt tiedot	Arvo	Yksikkö
Cross laminated timber- Modelled	0,45	ton
Packaging film, low density polyethylene {RER} production Cut-off, U	0,0021	ton
Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Cut-off, U (Pakkauskalvorullan kuljetus toimittajalta Helsingistä kohdeyritykselle)	1,1	tkm

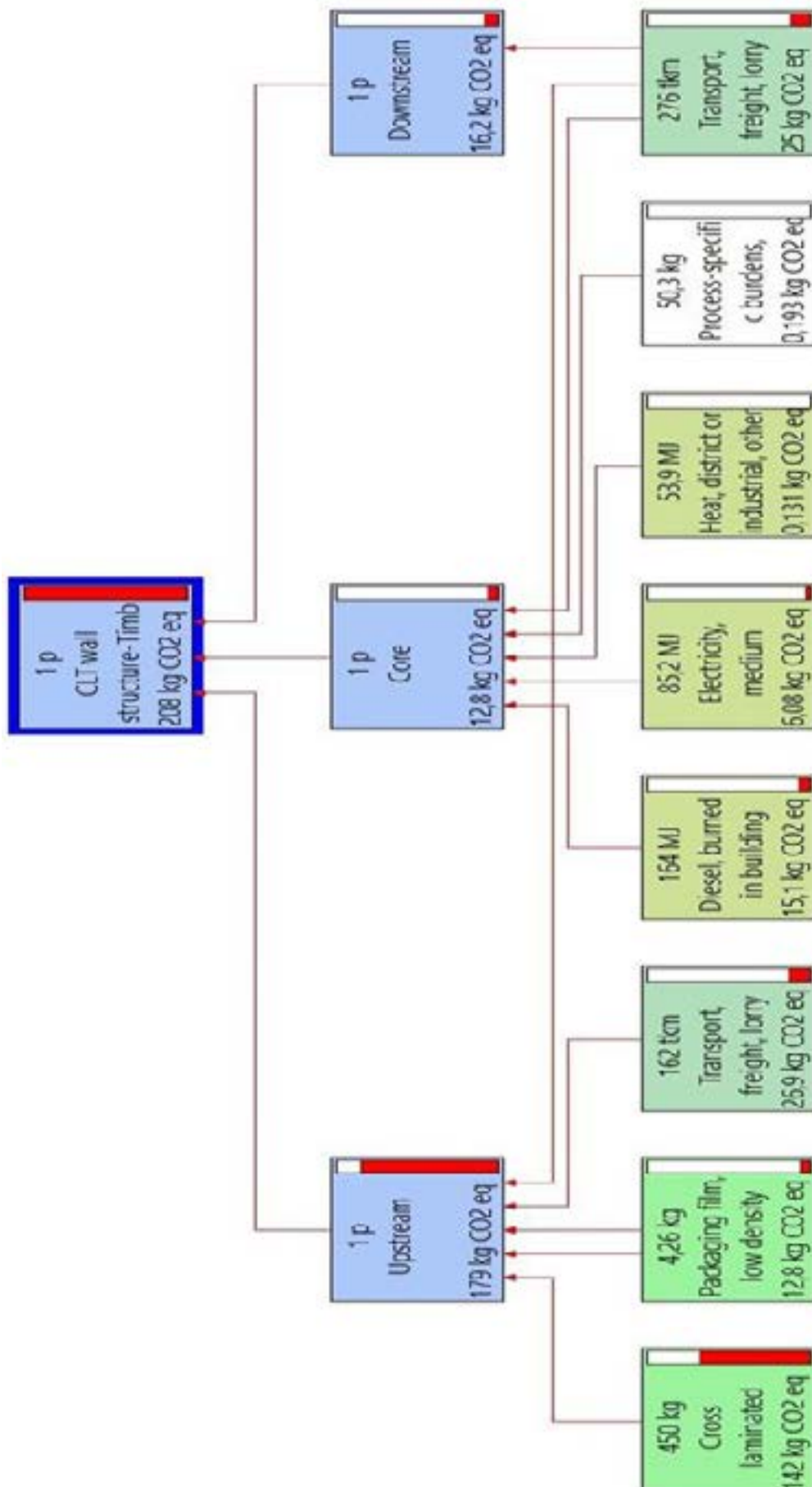
Taulukko 3: Ydinprosessin kokonaisprosessin mallinnus

Käytetyt tiedot	Arvo	Yksikkö
Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U (Diesel used for internal transport)	0,64	MJ
Electricity, medium voltage {FI} electricity voltage transformation from high to medium voltage Cut-off, U (Tiedot Kohdeyritykseltä: Tuotantoon käytetty sähkö 95099)	20,2	kWh
Heat, district or industrial, other than natural gas {FI} heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U (Tiedot kerätty Kohdeyritykseltä: Tuotantotilojen lämmitys)	14,9	kWh
Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Cut-off, U (Kuljetus: 0,5 tonnia ristiinliimattua massiivipuuta PP Glulam Oy:stä Timber-hirrelle 178 km)	89,0	tkm
Process/specific burdens, municipal waste incineration {Europe without Switzerland} market for process-specific burdens, municipal waste incineration Cut-off, U	0,05	ton

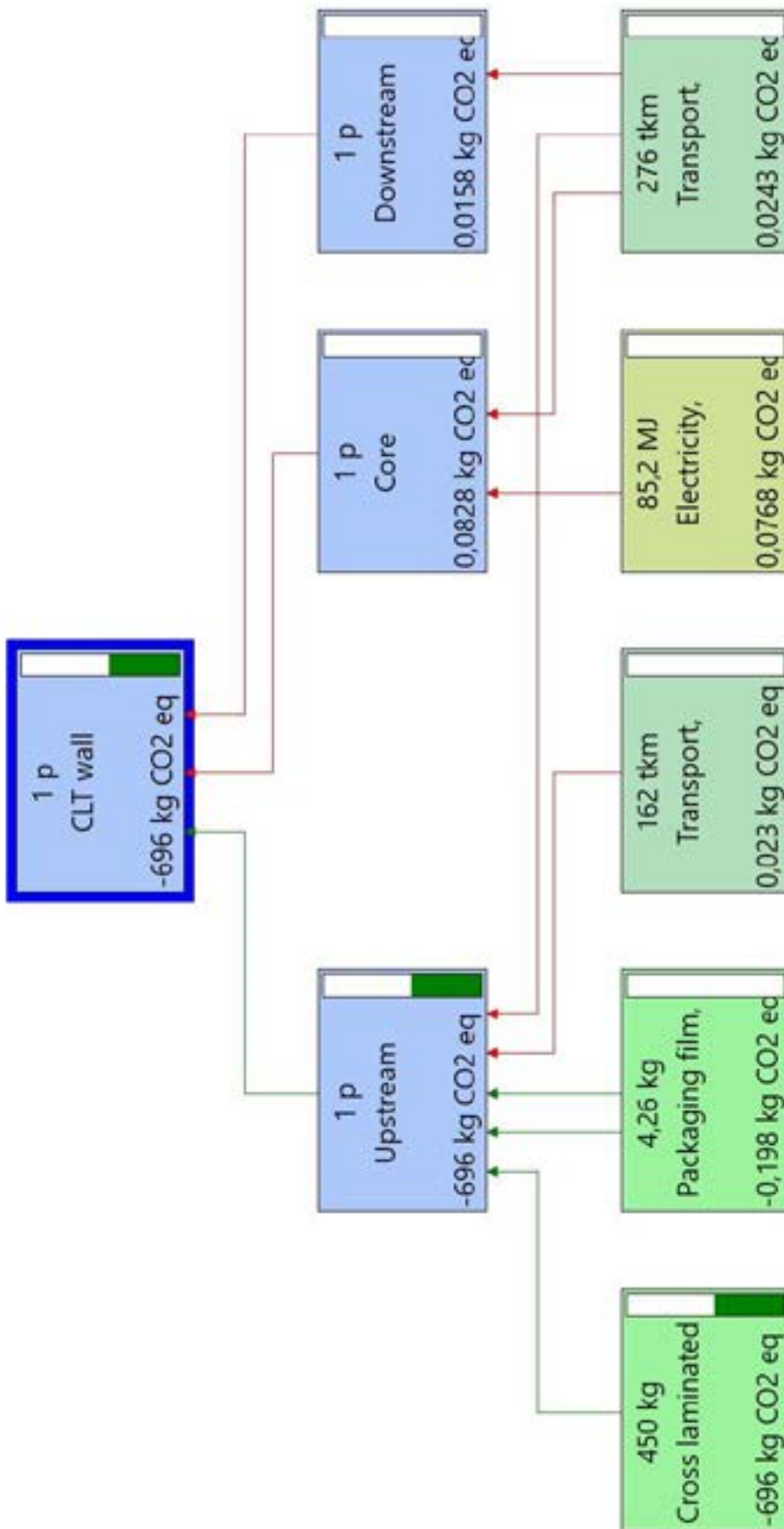
Taulukko 4: Tuotantoprosessin loppupään kokonaisprosessin mallinnus

Käytetyt tiedot	Arvo	Yksikkö
Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER} transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 Cut-off, U (Kuljetus: 1 m ³ ristiinliimattua massiivipuuta rakennuspaikalle)	179	tkm

Liite I

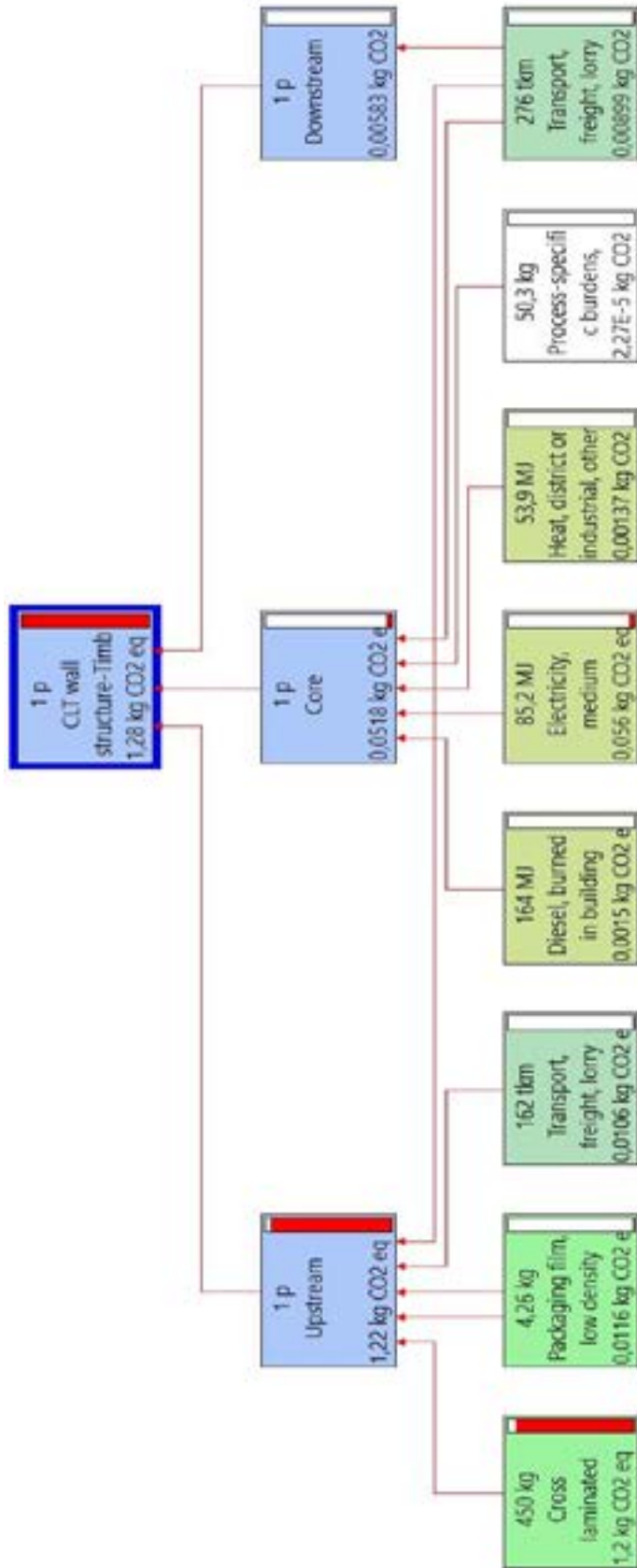


Kuva 1: Ilmastonlämpenemispotentiaali (fossiiliset) (GWP) (1 m³ CLT-rakennetta)



Kuva 2: Ilmastonlämpenemispotentiaali (biogeeninen) (GWP) (1 m³ CLT-rakennetta)

Liite II



Kuva 3: Ilmastonlämpenemispotentiaali (maankäyttösektori) (luluc = land use, land use change) (GWP) (1 m³ CLT-rakennetta.)