

Joona Kainulainen

Ympäristöindikaattorien vertailu rakennustuotteissa

Case puulattiat



Julkaisusarja Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C: Raportteja, 168

Tekijä Joonas Kainulainen, Karelia-ammattikorkeakoulu

Kansikuva Adobe Stock

© Tekijä ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-464-6

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2025

Kira Circularis – Kiinteistö- ja rakennusalan kiertotalouden tuotteet, palvelut ja innovaatiot -hanke



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Sisällys

1 Johdanto	5
2 Ympäristömittarit	6
2.1 Koko ilmaston lämmityspotentiaali	6
2.2 Fossiilinen hiili	6
2.3 Biogeeninen hiili.....	6
2.4 GWP LULUC	7
2.5 Stratosfäärisen otsonikerroksen ehtymispotentiaali	7
2.6 Happamoitumispotentiaali.....	8
2.7 Makean vesiympäristön rehevöityminen	8
2.8 Meriveden rehevöitymispotentiaali.....	8
2.9 Maan rehevöitymispotentiaali.....	9
2.10 Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali.....	9
2.11 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - mineraalit ja metallit.....	10
2.12 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet.....	10
2.13 Veden ehtymispotentiaali	11
3 Case puulattiat.....	12
3.1 Kokonaispäästöt GWP-total	12
3.2 Fossiilisen hiilen päästöt.....	13
3.3 Biogeeninen hiili.....	14
3.4 Maankäyttö (GWP LULUC).....	15
3.5 Otsonikerroksen ehtymispotentiaali.....	16
3.6 Happamoitumispotentiaali.....	17
3.7 Makean vesiympäristön rehevöityminen	18
3.8 Meriveden rehevöitymispotentiaali.....	19
3.9 Maan rehevöitymispotentiaali.....	20

3.10 Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali.....	21
3.11 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - mineraalit ja metallit.....	22
3.12 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet.....	23
3.13 Veden ehtymispotentiaali	24
3.14 Yhteenveto	25
4 Vertailu muihin rakennusmateriaaleihin.....	28
4.1 Kokonaispäästöt	28
4.2 Fossiiliset päästöt	30
4.3 Biogeeniset päästöt.....	31
4.4 Maankäyttö	32
4.5 Otsonikerroksen ehtymispotentiaali.....	33
4.6 Happamoitumispotentiaali	33
4.7 Makean vesiympäristön rehevöityminen	34
4.8 Meriveden rehevöityminen	35
4.9 Maan rehevöitymispotentiaali	36
4.10 Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali.....	37
4.11 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - mineraalit ja metallit	38
4.12 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet	39
4.13 Veden ehtymispotentiaali.....	40
4.14 Yhteenveto	41
5 Loppupäätelmät	43
Lähteet	44

1 Johdanto

Puutuotteilla on nyt ja tulevaisuudessa merkittävä rooli rakennusalan kestävyysmurroksessa. Erityisesti kestävä kehitys sekä ilmastotavoitteet ovat vahvasti kytköksissä puutuotteiden kasvavaan tarpeeseen rakennusmateriaalina. Puumateriaalien kyky uusiutua ja sitoa hiiltä tarjoaa erinomaisen vaihtoehdon perinteisille rakennusmateriaaleille, kuten betonille ja teräkselle. Puun käyttö rakentamisessa ei ainoastaan vähennä rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjä, vaan myös mahdollistaa pitkäaikaisen hiilen varastoinnin rakenteisiin.

Kiertotalous avaa uusia mahdollisuuksia pidentää rakennusmateriaalien elinkaarta esimerkiksi uudelleenkäytön kautta. Tämä avaa myös puutuotteille uusia mahdollisuuksia vähentää rakentamisen ympäristövaikutuksia. Ehjänä purettavia puurakenteita ja osia voitaisiin hyödyntää uusissa rakennusprojekteissa, mikä osaltaan vähentäisi neitseellisten luonnonvarojen käyttöä. Uudelleenkäytön vaikutukset ulottuisivat myös rakennusjätteen määrään ja sen vähenemiseen.

Puutuotteiden ympäristövaikutuksia voidaan vertailla ja arvioida elinkaariarvioinnin keinoin, joka perustuu erilaisten ympäristömittarien käyttöön. Käytetyin mittari on ilmastomuutosvaikutusta mittaava GWP (Global Warming Potential) ja sen mittayksikkö kg CO₂e (hiilidioksidiekvivalentti). On kuitenkin olemassa useita muita indikaattoreita, joita olisi hyvä tarkkailla tuotteiden hiilijalanjäljen lisäksi. Esimerkiksi tuotteiden elinkaaren happamoitumispotentiaalia tai rehevöitymispotentiaalia tutkimalla voidaan nähdä laaja-alaisemmin eri tuotteiden vaikutuksia. Tarkoituksena tässä tutkimuksessa on tehdä näistä mittareista tutumpia ja analysoida monipuolisemmin puutuotteiden ympäristövaikutuksia.

Tässä tutkimuksessa tutkitaan eri puutuotteiden ympäristövaikutuksia niistä julkaistujen ympäristöselosteiden (EPD) pohjalta. Tavoitteena on lisäksi hahmottaa kuinka puutuotteet vertautuvat muihin yleisiin rakennusmateriaaleihin. Yleisesti tavoitteena on tarkastella puutuotteiden roolia kestävässä rakentamisessa kiertotalouden ja ekologisuuden näkökulmasta.

2 Ympäristömittarit

2.1 Koko ilmaston lämmityspotentialiaali

Koko ilmaston lämmityspotentialiaali (GWP total) pitää laskennassa sisällään kaikki alaluokat, jotka ilmoittavat päästöt hiilidioksidiekvivalentteina. Näitä ovat fossiilinen hiili (GWP fossil), biogeeninen hiili (GWP biogenic) sekä maankäytön muutoksia mittaava GWP LULUC. Yhdistämällä näiden alaluokkien tulokset saadaan GWP total -kokonaisarvo, jolla kuvataan tuotteen tai prosessin vaikutusta ilmastonmuutokseen. ISO- sekä tuote-kohtaiset standardit ohjaavat laskentamenetelmiä siten, että tulokset ovat johdonmukaisia sekä vertailukelpoisia eri tuotteiden ja prosessien välillä. (IPCC, 2021a). Esimerkkejä GWP-arvoista:

- Diesel: 1 kg dieseliä aiheuttaa 2,64 kg CO₂e päästöt.
- Metaani: 1 kg metaania aiheuttaa 27,9 kg CO₂e päästöt.
- CFC-11: 1 kg CFC-11 yhdistettä aiheuttaa 6230 kg CO₂e päästöt. (IPCC, 2021b; Tilastokeskus, 2024).

2.2 Fossiilinen hiili

Fossiilinen hiili (GWP fossil) mittaa fossiilisten polttoaineiden käytöstä syntyviä kasvihuonekaasuja hiilidioksidiekvivalentteina. Tällä hetkellä indikaattori on yleisimmin tarkasteltu ympäristöarvioinneissa sen selkeän vaikutuksen takia ilmakehän lämpenemiseen. Fossiilisten polttoaineiden kuten öljyn, kivihiilen sekä maakaasun käyttö vapauttaa miljoonia vuosia ilmakehän ulkopuolella ollutta hiiltä takaisin kiertoon. Tämän vuoksi fossiilisten kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja hallinta on yksi keskeisimmistä keinoista hillitä ilmaston lämpenemistä. (IPCC, 2021a).

2.3 Biogeeninen hiili

Biogeeninen hiili (GWP biogenic) tarkoittaa hiilidoksidia, joka on peräisin eloperäisistä lähteistä, kuten kasveista, maaperästä sekä muista uusiutuvista lähteistä. Biogeeninen hiili eroaa fossiilisesta hiilestä siten, että sen ajatellaan kuuluvan hiilen luonnolliseen kiertokulkuun ja näin ollen ei lisää hiilidioksidin kuormitusta ilmakehässä. Fossiilisten polttoaineiden käyttö taas lisää pysyvästi ilmakehän hiilidioksidimäärää. Biogeenisen hiilen tarkastelu auttaa hahmottamaan ilmastovaikutuksia biomassan elinkaaren ajalta

ottaen huomioon kasvien ja puiden hiilensidonnän. Tällä hetkellä on yleistynyt biogeenisen sekä fossiilisen hiilen erottelu hiilijalanjälkilaskelmissa, jotta niiden tarkkuutta voidaan parantaa. (IPCC, 2021a; WRI, 2023).

2.4 GWP LULUC

GWP LULUC (Global Warming Potential from Land Use and Land-Use Change) mittaa maankäytön ja maankäytön muutosten vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Maankäytön muutokset, kuten metsien hakkuu ja kaupunkien laajentuminen voivat vapauttaa suuria määriä kasvihuonekaasuja. Tällöin vapautuva hiilidioksidi ja muut kasvihuonekaasut, jotka aiemmin ovat olleet sidottuina kasvillisuuteen ja maaperään, vapautuvat ilmakehään kiihdyttäen ilmaston lämpenemistä. (IPCC, 2021a). Mikään biomassan aiheuttama hiilivarastojen nettolisäys, kuten maaperän hiilen sitoutuminen, ei sisälly GWP-LULUC-arvoon ja asetetaan nolaksi. Laskentasäännöt perustuvat PEF Guidance -asiakirjan viimeisimpään saatavilla olevaan versioon. LULUC-päästöt voidaan jättää ilmoittamatta, jos niiden osuus on alle 5 prosenttia GWP-total arvosta. (Nordic Council of Ministers, 2024).

2.5 Stratosfäärisen otsonikerroksen ehtymispotentiaali

Stratosfäärisen otsonikerroksen ehtymispotentiaali (Ozone Depletion Potential, ODP) on mittari, jolla voidaan mitata yhdisteiden kykyä tuhota otsonia ilmakehässä verrattuna referenssiaine CFC-11, jonka arvo on 1.0 kg CFC-11e. CFC-11 on yksi tunnetuimmista otsonia tuhoavista yhdisteistä ja tämän vuoksi sitä käytetään vertailuarvona muille otsonikerrosta heikentäville aineille. Yksikkö kg CFC-11e tarkoittaa, että verrattavan aineen vaikutus otsonikerrokseen on sama kuin vastaava määrä CFC-11 -kemikaalia. Jos yhdiste aiheuttaa esimerkiksi 0,5 kg CFC-11e -yksikön verran päästöjä, tarkoittaa se sitä, että vaikutus on puolet siitä mitä yksi kilogramma CFC-11 aiheuttaa otsonikerrokselle. ODP-arvoja mitataan ympäristövaikutusten arvioinnissa ilmastoa lämmittävän vaikutuksen eli globaalin lämmityspotentiaalın (GWP) ohella. (IPCC, 2005). Esimerkkejä ODP-arvoista:

- Halon-1211: 1 kg halon-1211 aiheuttaa 6,9 kg CFC-11e päästöt.
- Metyylibromidi: 1 kg metyylibromidia aiheuttaa 0,57 kg CFC-11e päästöt.
- CFC-11: 1 kg CFC-11 aiheuttaa 1 kg CFC-11e päästöt. (Environdec, 2023).

2.6 Happamoitumispotentialiaali

Happamoitumispotentialiaali (Acidification Potential) arvioi aineiden kykyä aiheuttaa happamoitumista ympäristössä. Happamoitumispotentialiaalin laskentaan huomioidaan muun muassa rikkioksidit (SO_x), typen oksidit (NO_x) ja ammoniakki (NH_3), jotka reagoissaan muodostavat happoja kuten rikki- (H_2SO_4) ja typpihappoa (HNO_3). Happamoitumispotentialiaalin yksikkö on mol H^+ -eq., joka mittaa ympäristötasojen ylityksiä, joilla on vaikutusta vesistöihin ja maaperään heikentäen esimerkiksi kasvillisuutta ja vesiekosysteemiä. (Stranddorf, Hoffmann & Schmidt, 2005). Happamoitumispotentialiaalin esimerkkiarvoja:

- Ammoniakki: 1 kg ammoniakkia aiheuttaa 3.02 mol H^+ -eq päästöt.
- Typen oksidit: 1 kg typen oksideja sisältää 0.74 H^+ -eq päästöjä.
- Rikin oksidit: 1 kg rikkioksideja sisältää 1.31 H^+ -eq päästöjä. (Environdec, 2023).

2.7 Makean vesiympäristön rehevöityminen

Makean vesiympäristön rehevöityminen (Eutrophication aquatic freshwater) mittaa aineen rehevöittävästä vaikutuksesta suhteessa fosforiin yksikössä kg P eq. Tuotteiden elinkaarivertailuissa käytetään tätä viitearvoa tarkastelemaan, kuinka paljon jokin tuote tai prosessi edistää makean veden rehevöitymistä. Fosfori on yksi keskeisimmistä rehevöitymistä aiheuttavista ravinteista, erityisesti makean veden rehevöitymisessä. Fosfori kiihdyttää vesistökasvien kasvua, joka johtaa vedenlaadun heikkenemiseen ja esimerkiksi happikatoon. (Stranddorf, Hoffmann & Schmidt, 2005). Suuntaa antavia viitearvoja:

- Fosfori: 1 kg fosforia aiheuttaa 1 kg P-eq päästöt (vertailuarvo).
- Fosfaatti: 1 kg fosfaatteja aiheuttaa 0.33 P-eq päästöt.
- Fosforihappo: 1 kg fosforihappoa aiheuttaa 0.32 P-eq päästöt. (Environdec, 2023).

2.8 Meriveden rehevöitymispotentialiaali

Meriveden rehevöitymispotentialiaali (Eutrophication aquatic marine) mittaa yhdisteiden kykyä lisätä typpikuormaa meriympäristössä. Lisääntynyt ravinteiden määrä johtaa merien rehevöitymiseen, jonka taustalla on pääasiassa typpeä ja fosforia sisältävät yhdisteet. Meriveden rehevöitymispotentialiaali ilmoitetaan yksikössä kg N-eq (typen ekvivalentti). Typpiyhdisteistä rehevöitymistä aiheuttaa erityisesti ammoniakki (NH_3) ja nitraatit (NO_3^-), joita syntyy maataloudessa, jätevedenkäsittelyssä sekä teollisissa prosesseissa.

Merivedessä nämä aiheuttavat esimerkiksi levien kasvua ja happikatoa. (European Commission, 2011). Suuntaa antavia viitearvoja:

- Typpioksidit: 1 kg typpioksidia sisältää 0,389 kg N-eq.
- Ammoniakki: 1 kg ammoniakki sisältää 0,092 kg N-eq. (Environdec, 2023).

2.9 Maan rehevöitymispotentiaali

Maan rehevöitymispotentiaali (Eutrophication terrestrial) kuvaa maaperän typpikuormituksen vaikutusta rehevöitymiseen. Maan rehevöitymispotentiaali mittaa erityisesti ravinteiden, kuten typen ja fosforin lisääntymistä maaperässä ihmisen toiminnan seurauksena. Kuormitusta aiheuttaa varsinkin lannoitteiden käyttö. Maan rehevöitymispotentiaalin mittayksikkö mol N-eq kuvaa, kuinka paljon prosessi tai tuote lisää kuormituksen määrää maaperässä typpiekvivalentteina. Tätä mittaria käytetään erityisesti elinkaariarvioinneissa vertailemaan tuotteiden ja prosessien vaikutuksia ympäristöön ja tunnistamaan mahdollisia ongelmakohtia. (European Commission, 2011). Suuntaa antavia viitearvoja:

- Typpioksidit: 1 kg typpioksidia sisältää 4,26 mol N-eq
- Nitraatti: 1 kg nitraattia sisältää 3,16 mol N-eq
- Ammoniakki: 1 kg ammoniakki sisältää 13,47 mol N-eq. (Environdec, 2023).

2.10 Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali

Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali (formation potential of tropospheric ozone) kuvaa aineen kykyä edistää otsonin muodostumista ilmakehän alemmissa kerroksissa. Suurin osa troposfäärin otsonista syntyy, kun typen oksidit (NO_x), hiilimonoksidi (CO), metaani (CH_4) ja haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC-yhdisteet) reagoivat auringon säteilyn vaikutuksesta. Troposfäärinen otsoni on myrkyllinen kaasu, jolla on ympäristölle haitallisia vaikutuksia. Se heikentää kasvien kasvua, vähentää maatalouden satoja ja vahingoittaa luonnon ekosysteemejä. Sillä on myös suoria terveysvaikutuksia ihmisiin, kuten hengitysteiden ärsytystä ja pahentunutta astmaa. Vertailuyksikkönä on kg NMVOC eq, joka mittaa ei-metaanipohjaisia haihtuvia orgaanisia yhdisteitä (Non-Methane Volatile Organic Compounds) ekvivalentteina. (European Commission, 2011). Suuntaa antavia viitearvoja:

- Typpioksidit: 1 kg typpioksideja vastaa 1 kg NMVOC eq päästöjä.
- Hiilimonoksidi: 1 kg hiilimonoksidia vastaa 0,0456 kg NMVOC eq päästöjä.

- Etikkahappo: 1 kg etikkahappoa vastaa 0,164 kg NMVOC eq päästöjä. (Environdec, 2023).

2.11 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - mineraalit ja metallit

Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - mineraalit ja metallit (ADP-elements) on elinkaariarvioinnissa käytetty mittari. ADP-elements auttaa arvioimaan resurssien kulutuksen vaikutuksia luonnonvaroihin ja kestävyYTEEN. Korkea ADP-arvo tarkoittaa, että kyseinen materiaali on suhteellisen harvinainen ja sen käyttö voi aiheuttaa ehtymisriskejä. Tällöin riippuvuus näistä materiaaleista on riskitekijä, esimerkiksi teknologiategollisudessa käytettävien harvinaisten maametallien tapauksessa. ADP-elements mittari esitetään yksikössä kg Sb eq, joka on antimoniin ekvivalentti. Antimoni toimii tässä vertailukohtana, sillä sen saatavuus ja kysyntä ovat hyvin tunnettuja. Yhdenmukaisen mittarin avulla voidaan helpommin arvioida ja vertailla erilaisten mineraalien niukkuutta ja ehtymisen nopeutta. (Vadenbo, C., et al., 2014). Suuntaa antavia viitearvoja:

- Antimoni: 1 kg antimonia vastaa 1 kg Sb eq päästöjä.
- Alumiini: 1 kg alumiinia vastaa $1.09 \cdot 10^{-9}$ Sb eq päästöjä.
- Hopea: 1 kg hopeaa vastaa 1.19 kg Sb eq päästöjä. (Environdec, 2023).

2.12 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet

Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet (ADP-fossil fuels) arvioi fossiilisten polttoaineiden kuten öljyn, maakaasun ja kivihiilen kulutusta elinkaarianalyysissä. Käytetty mittayksikkö on megajoule (MJ), jolla mitataan kuinka suuri energiantarve tietyllä prosessilla tai tuotteella on. Mittarin avulla voidaan vertailla, kuinka paljon tietty prosessi tai tuote kuluttaa fossiilisia polttoaineita suhteessa niiden energiatuotantopotentiaaliin. Tämä auttaa hahmottamaan kuvaa siitä, kuinka energiantensiivinen käytetty prosessi voi olla. Korkea arvo viittaa merkittävään, usein kestävämmään energiankulutukseen, kun taas matala arvo kertoo vähäisemmästä riippuvuudesta fossiilista polttoaineista. (European Commission, 2011). Suuntaa antavia viitearvoja:

- Kivihiili: 1 kg kivihiiltä vastaa 27,91 MJ.
- Ruskohiili: 1 kg ruskohiiltä vastaa 13,96 MJ. (Environdec, 2023).

2.13 Veden ehtymispotentiaali

Veden ehtymispotentiaali (Water Deprivation Potential, WPD) on elinkaariarvioinnissa käytettävä mittari, joka arvioi vedenkulutuksen vaikutuksia ympäristöön ottaen huomioon vesivarojen niukkuuden ja saatavuuden eri alueilla. Mittarin tarkoitus on näyttää, kuinka paljon tuotteen tai prosessin vedenkäyttö lisää vesipulan riskiä alueella. WDP tarjoaa näin keinon arvioida ja vertailla eri toimintojen vedenkulutuksen kestävyysvaikutuksia ja on arvokas työkalu yrityksille, jotka pyrkivät pienentämään vedenkäyttönsä ekologista jalanjälkeä. (European Commission, 2011). Mittari perustuu AWARE (Available Water REmaining) indikaattoriin, joka arvio vedelle aluekohtaisen kertoimen väliltä 0,1–100 sen mukaan, kuinka paljon vettä tietyllä alueella ja ajanjaksolla on käytettävissä (WULCA, i.a). Laskentaesimerkki:

- Vuosittainen veden tarve tomaattien kasteluun on $34 \text{ m}^3/\text{tn}$
- Kasvatusjakson keskimääräinen AWARE-kerroin alueella on $69,2 \text{ m}^3\text{-eq}/\text{m}^3$
- Yhteen tomaattimehupulloon käytetään 1,5 kg tomaattia
- $\text{WPD} = 69,2 \text{ m}^3\text{-equiv}/\text{m}^3 * 34 \text{ m}^3/\text{tn} * 0,001 \text{ tn}/\text{kg} * 1,5 \text{ kg}/\text{pullo} = 3,53 \text{ m}^3\text{-eq}/\text{pullo}$. (WULCA, i.a).

3 Case puulattiat

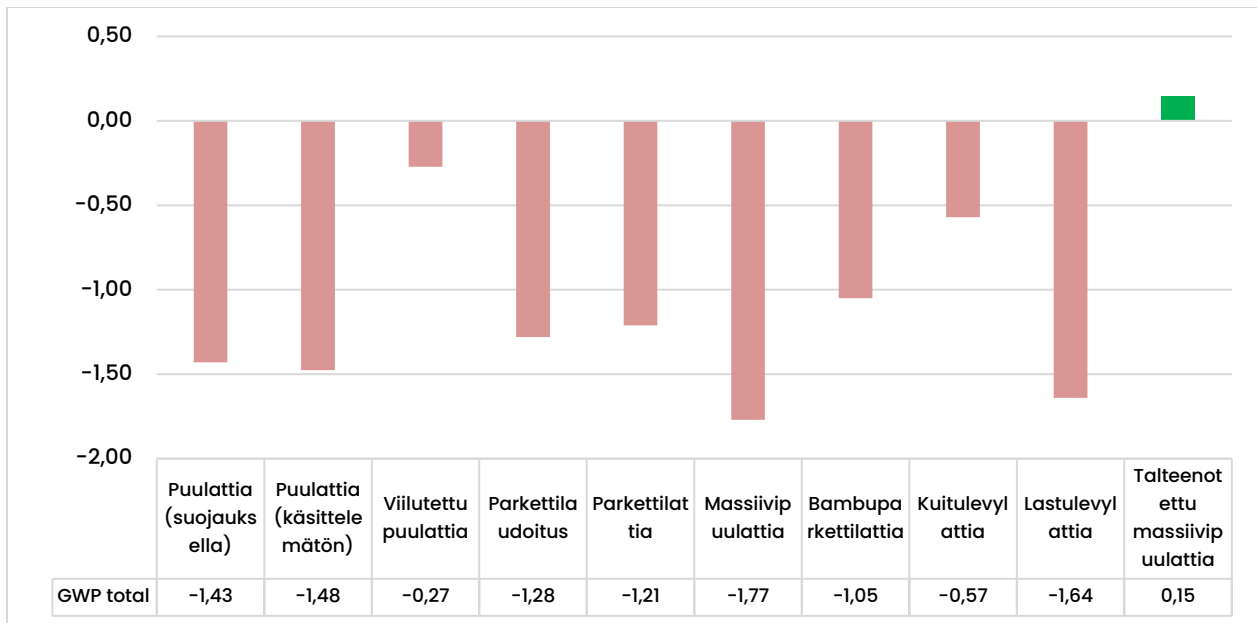
Seuraavassa vertailussa tarkastellaan erilaisten puulattiovaihtoehtojen ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnin mittareiden perusteella. Analysoitavana on talteenotettu massiivipuulattia, uusi massiivipuulattia, parkettilattia, viilutettu puulattia, parkettilaudoitus, bambuparkettilattia, kuitulevylattia, lastulevylattia sekä geneerinen puulattia suojauksella ja ilman suojausta. Vertailun tavoitteena on selvittää, miten eri lattiatyypit eroavat toisistaan eri ympäristömittarien osalta. Ympäristömittarit ovat esiteltyinä luvussa 2. Eri-tyistä huomiota kiinnitetään talteenotettuun massiivipuulattiaan, joka edustaa kiertotalouden periaatteiden mukaista materiaalien uudelleenkäyttöä. Vertailu pyrkii tarjoamaan pohjan kestävän rakentamisen päätöksenteolle ja puumateriaalien hyödyntämisen optimoinnille.

Vertailuun on valittu eri valmistajien puulattiovaihtoehtoja ja näiden pohjalta tuotettuja ympäristöselosteita (EPD). Talteenotetun massiivipuulattian tiedot tuotti OneClick LCA, sillä uudelleenkäytettäville tuotteille ei toistaiseksi ole päätoimisia valmistajia, eikä näin virallisia ympäristöselosteita ole saatavilla. Valittujen ympäristöselosteiden tiedot nähtävissä liitteessä 2.

3.1 Kokonaispäästöt GWP-total

Talteenotetun massiivipuulattian GWP total -arvo oli vertailun ainoa, joka ei ollut negatiivinen. Tämä tarkoittaa sitä, että talteenoton ja valmistusvaiheen osalta talteenotettua lattiaa ei luokitella hiilinieluksi kuten muita lattiavaihtoehtoja. On kuitenkin huomioitava, että talteenotettu vaihtoehto sitoo edelleen samaan tapaan hiiltä kuin uudet vastineensa mutta tätä ei jostain syystä toistaiseksi huomioida laskennassa. Talteenoton avulla vältetään uuden puumateriaalin valmistus, mikä vähentää neitseellisten luonnonvarojen kulutusta sekä maankäyttöä. Positiivinen GWP-arvo ei siis välttämättä kerro koko totuutta talteenotetun materiaalin ympäristöeduista.

Parhaimpaan kokonaistulokseen ylsi massiivipuulattia sitoen 1,77 kg CO₂e/kg valmistusvaiheen aikana. Myös muut lattiavaihtoehdot sitovat valmistusvaiheessa hiiltä enemmän kuin päästävät sitä ilmakehään. Tällä mittarilla puulattiat ovat erinomainen vaihtoehto ympäristöviisaaseen rakentamiseen.

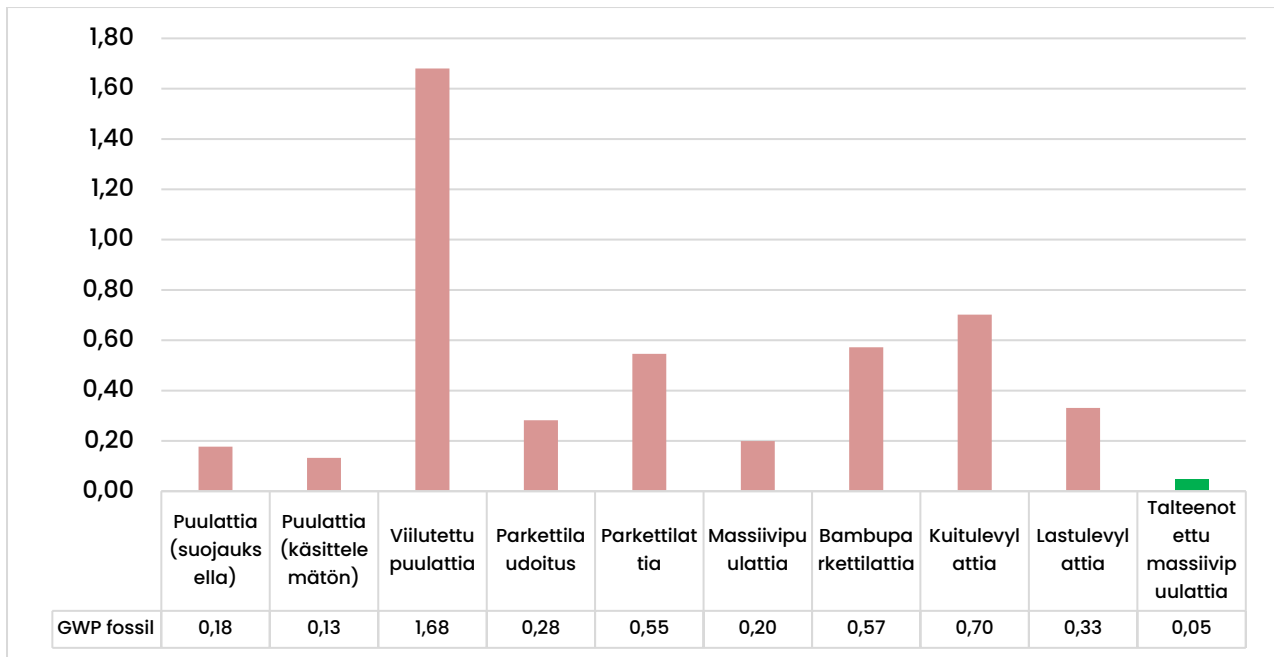


Kaavio 1. Lattiovaihtoehtojen kokonaispäästöt (GWP).

3.2 Fossiilisen hiilen päästöt

Talteenotetun massiivipuulattian fossiiliset hiilipäästöt olivat vertailuryhmän alhaisimmat ollen 0,05 kg CO₂e/kg. Talteenotetun massiivipuulattian pieni fossiilinen jalanjälki johtuu sen vähäisestä energiantarpeesta verrattuna uusiin lattioihin. Koska lattia on jo sellaisenaan olemassa, eli sen tuotantoprosessi on kertaalleen käyty läpi, uudelleenkäyttö vaatii huomattavasti vähemmän energiaa kuin uusien lattioiden valmistus. Tämä tekee talteenotetusta massiivipuulattiasta erinomaisen vaihtoehdon, kun pyritään vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja siihen liittyviä päästöjä. Talteenotto-prosessi sisältää materiaalin purkua, kuljetusta sekä mahdollista kunnostusta. Näiden toimien energiantarve on huomattavasti vähäisempi kuin uusien tuotteiden valmistuksessa. Erityisesti, jos uudelleenkäyttöä pystytään tekemään paikallisesti ja ilman merkittäviä kuljetusetäisyyksiä, hiilijalanjälki pysyy matalana.

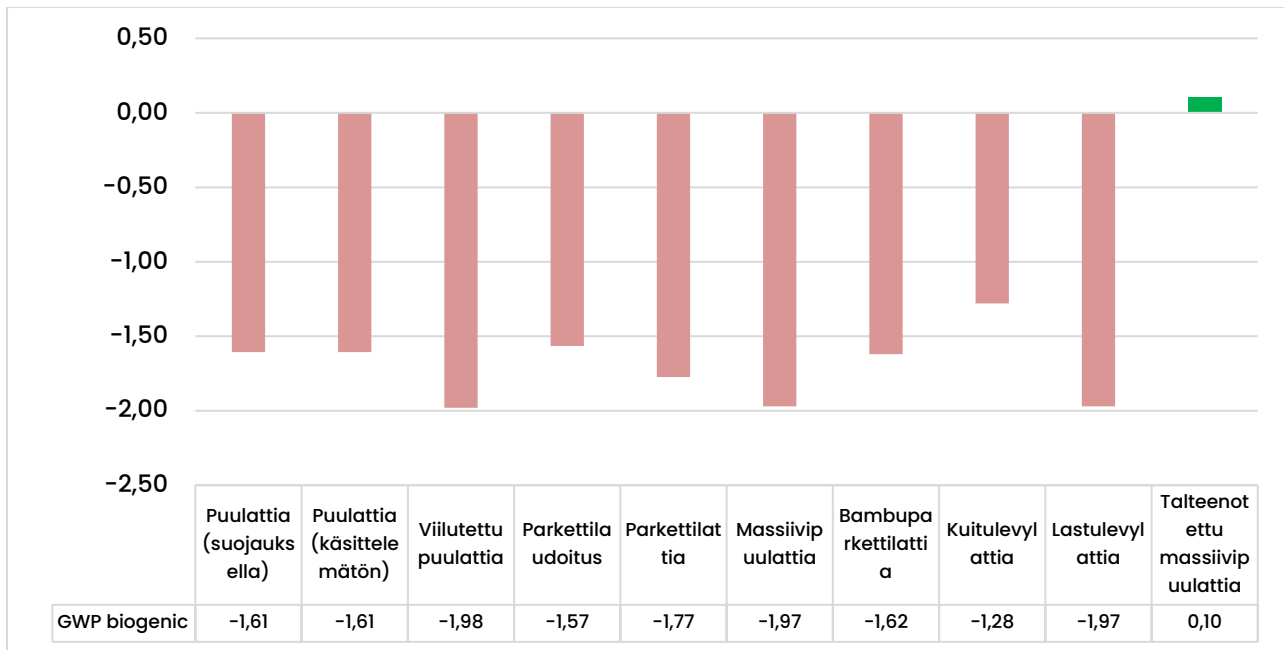
Viilutettu puulattia erottuu selvästi korkeimmilla päästömäärillä 1,68 CO₂e/kg. Tätä selittää valmistuksessa käytetty liima, joka aiheuttaa puuhun verrattuna voimakkaammin fossiilisia päästöjä. Muiden lattiovaihtoehtojen fossiiliset päästöt ovat matalat, vaikka ne eivät ylläkään talteenotetun lattiovaihtoehdon tasolle.



Kaavio 2. Lattiovaihtoehtojen fossiiliset hiilipäästöt.

3.3 Biogeeninen hiili

Talteenotetun massiivipuulattian biogeenisen hiilen arvo on 0,10 kg CO₂e, mikä tarkoittaa, että pieni määrä biogeenistä hiiltä vapautuu uudelleenkäyttöprosessin aikana. Talteenotettu massiivipuulattia tarjoaa merkittäviä etuja fossiilisten hiilipäästöjen vähentämisessä, mutta sen laskennallisesti positiivinen biogeenisen hiilen arvo rajoittaa sen ympäristöystävällisyyden esiintuloa. Muut lattiovaihtoehdot saavat merkittävää etua niille lasketusta sidotusta hiilestä. Parhaimmillaan eri lattiovaihtoehdot sitovat jopa noin -2 kg CO₂e/kg. Negatiivinen biogeeninen arvo tarkoittaa, että näiden lattioiden materiaalina käytetty puu on sitonut kasvaessaan enemmän hiiltä kuin mitä tuotteen koko elinkaari on päästölaskennan tässä vaiheessa vapauttanut.

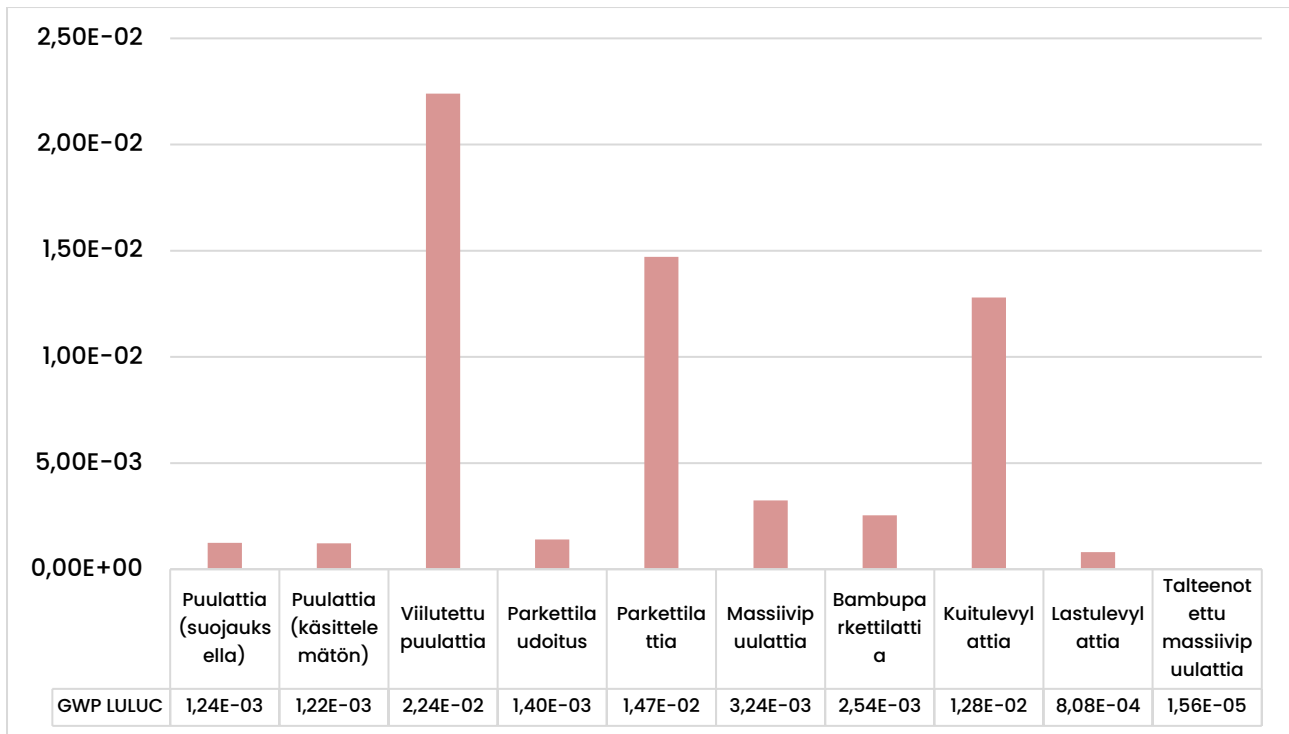


Kaavio 3. Lattivaihtoehtojen biogeenisen hiilen sidonta.

3.4 Maankäyttö (GWP LULUC)

Talteenotetun massiivipuulattian kohdalla maankäytön päästöt ovat käytännössä lähes olemattomat (0,000016 kg CO₂e/kg). Tämä johtuu siitä, että uudelleenkäyttö ei vaadi uusia maa-alueita käytettäväksi hakkuisiin. Tämän takia uudelleenkäyttöprosessiin ei synny merkittävää lisäpäästöä maankäytön muutoksista. Sama logiikka, joka vähensi fossiilisia päästöjä talteenotetun lattian kohdalla, pätee myös LULUC-päästöihin; koska uutta materiaalia ei tarvita tuotantokäyttöön, ei synny myöskään siihen liittyvää maaperän tai kasvillisuuden hiilen vapautumista.

Maankäytön osalta voidaan havaita eroja eri lattiatyyppien välillä; esimerkiksi viilutettu puulattia erottuu jälleen korkealla arvolla (0,022400 kg CO₂e/kg). Tämän taustalla voi olla esimerkiksi intensiivisempi metsätalous tai liima-aineiden raaka-ainetuotanto, jotka saavat aikaan muutoksia maankäyttöön. Myös muiden uusista materiaaleista valmistettujen puulattiatuotteiden maankäyttöarvot ovat suurempia kuin talteenotetulla vaihtoehdolla. Myös tämä mittari osoittaa, että uudelleenkäytöllä voidaan vaikuttaa fossiiliin sekä maankäytön päästövaikutuksiin.

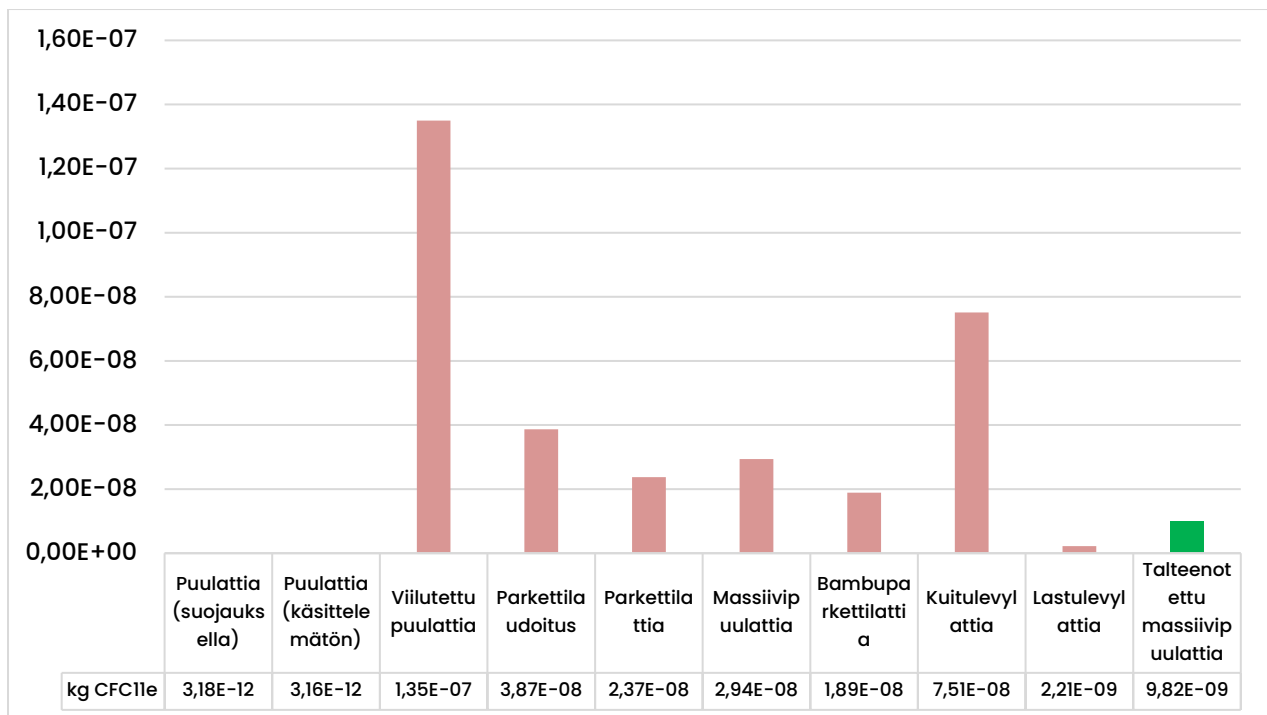


Kaavio 4. Lattiovaihtoehtojen maankäytön päästöt (GWP LULUC)

3.5 Otsonikerroksen ehtymispotentiaali

Stratosfäärisen otsonikerroksen ehtymispotentiaali kertoo, kuinka paljon tuotteen elinkaaren päästöt lisäävät otsonikerrosta heikentävien yhdisteiden määrää ilmakehässä. Lattiatyyppien välillä on havaittavissa huomattavia eroja, joista selkeimmin erottuu viilutettu puulattia. Esimerkiksi talteenotettu massiivipuulattia aiheuttaa vain 7 % päästöjä siitä, mitä viilutetun puulattian osuus on. Alhaisimpiin arvoihin talteenotetun vaihtoehdon kanssa ylsivät lastulevyllä sekä käsitelty ja käsittelemätön puulattia. Jälkimmäisten osalta laskettu arvo on poikkeuksellisen pieni ja herättää kysymyksen, onko laskettu arvo varmasti oikea?

Talteenotettu massiivipuulattia pysyy tälläkin mittarilla varsin maltillisena vaihtoehtona. Uudelleenkäyttö ei tarvitse uutta raaka-ainetuotantoa tai merkittäviä määriä uusia kemikaaleja, ja näin ollen sen vaikutus otsonikerrokseen on vähäisempi verrattuna muihin vertailtaviin lattiamateriaaleihin.

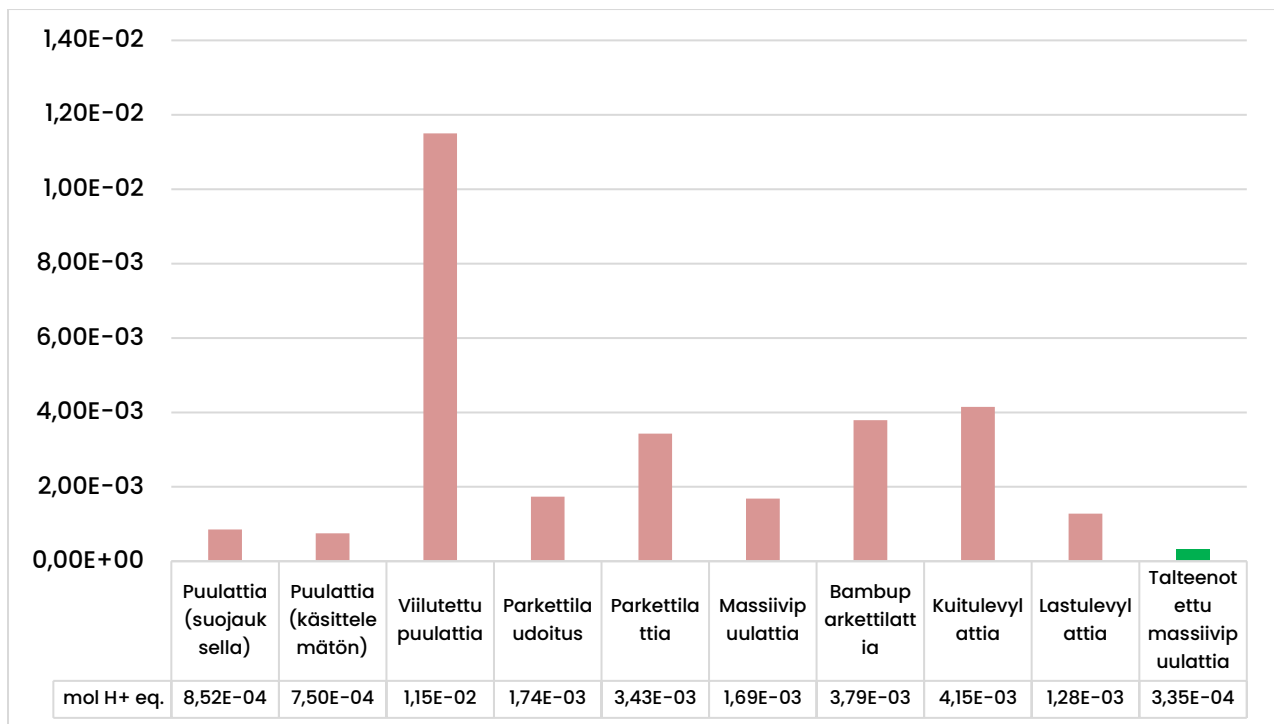


Kaavio 5. Stratosfäärisen otsonikerroksen ehtymispotentiaali.

3.6 Happamoitumispotentiali

Talteenotettu massiivipuulattia on happamoitumispotentialin näkökulmasta erinomainen valinta. Talteenotettu materiaali ei vaadi juurikaan valmistustoimenpiteitä ja voidaan monesti ottaa käyttöön pienen hionnan ja mahdollisesti kevyen pintakunnostuksen avulla. Näin ollen talteenotetun massiivipuulattian elinkaaren aikana muodostuvat happamoittavat päästöt ovat merkittävästi alemmat kuin uusien lattiatuotteiden.

Muiden lattiatyyppien happamoitumispotentialit vaihtelevat huomattavasti. Viilutettu puulattia on tässäkin mittarissa selkeä ääripää, mikä viittaa sen valmistusprosessin olevan energiantensiivisin. Viilutettuun puulattiaan verrattuna uusien puulattia vaihtoehtojen arvot ovat pääosin alhaisia. Yksinkertaisesti valmistetut puulattiat kuten käsittelemätön puulattia yltyvät alhaisimpiin tuloksiin.

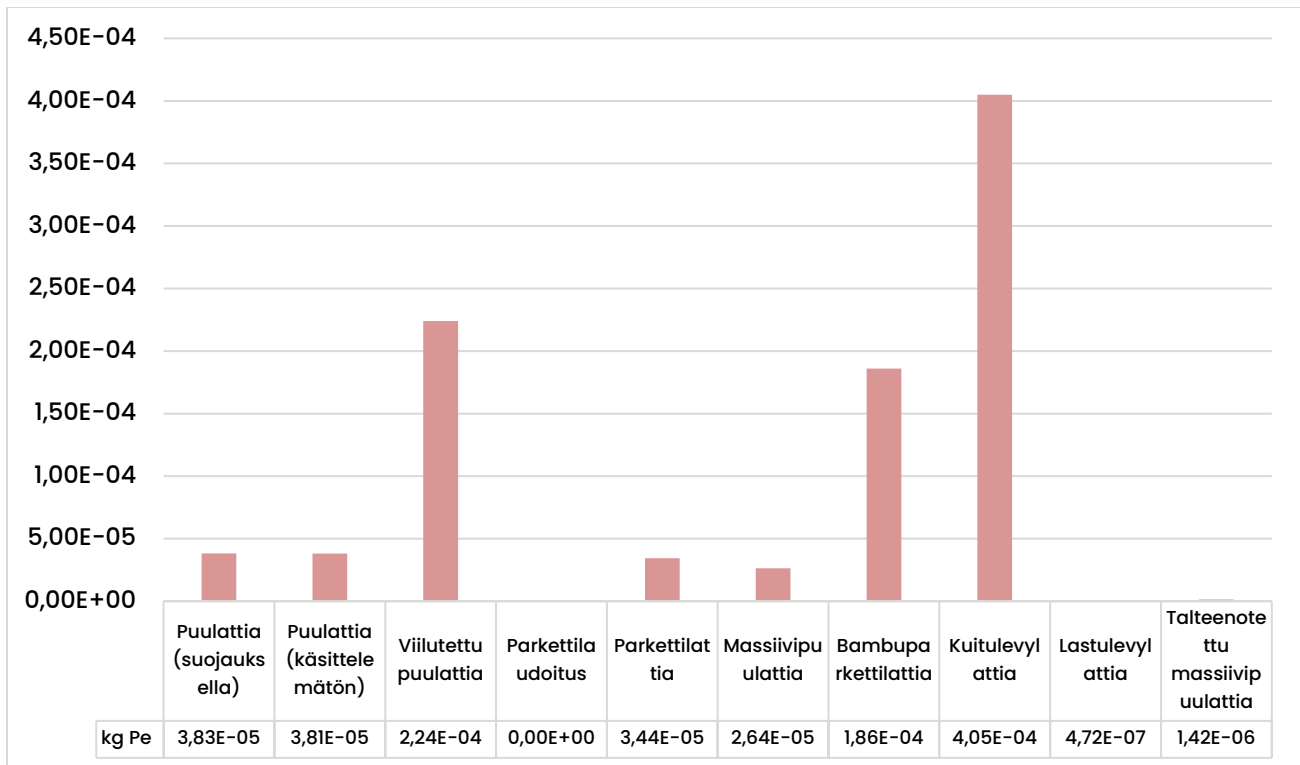


Kaavio 6. Happamoitumispotentialiaali.

3.7 Makean vesiympäristön rehevöityminen

Makean vesiympäristön rehevöitymisellä tarkoitetaan vesistöjen liiallista ravinnekuormitusta, joka johtaa liialliseen levien ja kasvien kasvuun sekä ekosysteemin epätasapainoon. Tulosten perusteella erityisesti kuitulevyllattia nousee negatiivisesti esiin korkeimmalla rehevöitymispotentialillaan. Kuitulevyjen tuotannossa syntyvät päästöt sisältävät ravinteita, kuten typpeä ja fosforia, jotka kuormittavat vesistöjä ja aiheuttavat rehevöitymistä. Esimerkiksi Suomen Kuitulevy Oy:n ympäristölupahakemuksessa todetaan, että kuitulevyjen valmistuksen jätevedet sisältävät orgaanisia yhdisteitä, kuten hemiseluloosaa, uuteaineita ja hartsia, jotka eivät välttämättä hajoa biologisesti ja lisäävät siten vesistöjen ravinnekuormitusta (Syke, 2004).

Muut puupohjaiset lattiat ovat rehevöitymispotentialiltaan selvästi matalampia. Tämä kertoo siitä, että niiden valmistuksessa on vähemmän prosesseja, joista syntyisi ravinnevalumia vesistöihin. Erityisesti talteenotettu massiivipuulattia osoittaa hyvin alhaista rehevöitymispotentialia. Syyt tähän ovat pitkälti samat kuin aiemmissa ympäristövaikutusten mittareissa on mainittu. Parkettilaudoituksen ympäristöselosteessa ei ole laskettu arvoa ollenkaan.



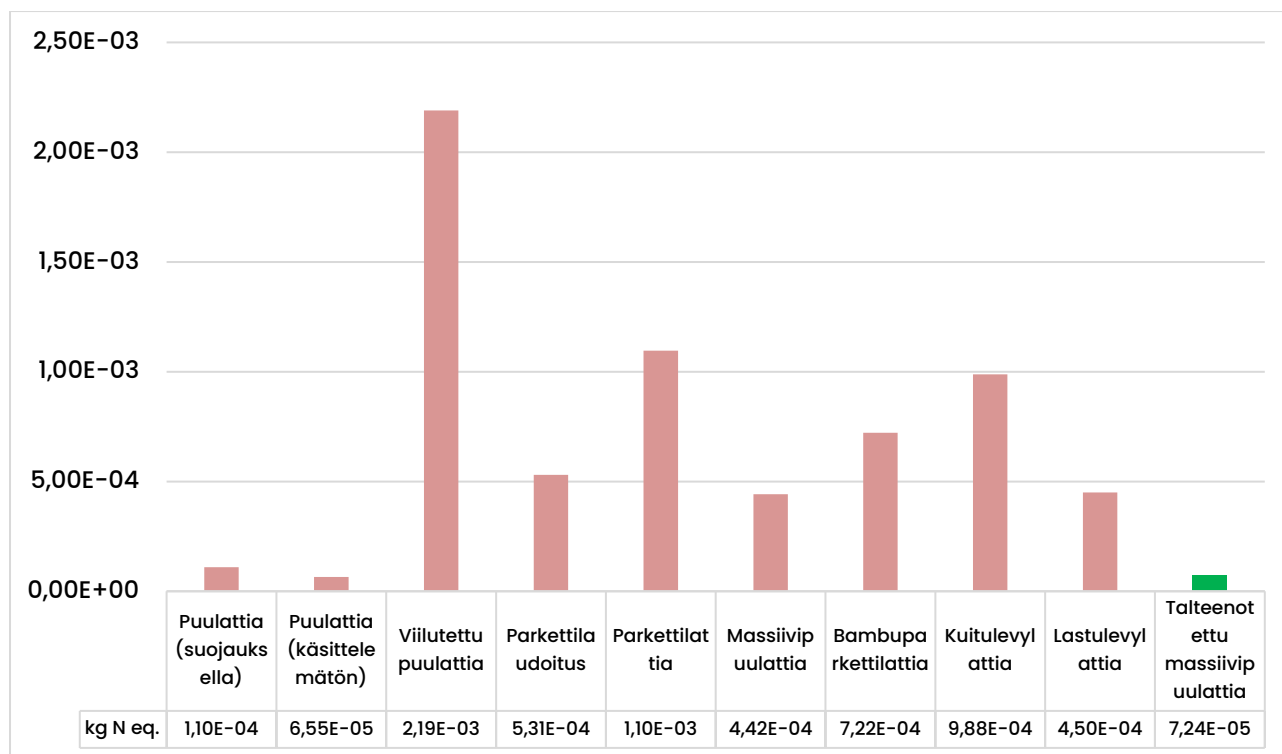
Kaavio 7. Makean vesiympäristön rehevöityminen.

3.8 Meriveden rehevöitymispotentiaali

Meriveden rehevöitymispotentiaali mittaa elinkaaren aikana syntyviä typen yhdisteitä (esim. ammoniakkia ja nitraatteja), jotka kulkeutuessaan merialueille kiihdyttävät levien ja kasvien kasvua ja horjuttavat meren ekosysteemejä. Kuten muissakin ympäristöindikaattoreissa, viilutettu puulattia erottuu myös meriveden rehevöitymispotentiaalissa kaikkein kuormittavimpana vaihtoehtona. Sen korkea luku selittyy pitkälti liimojen ja muiden kemikaalien käytöllä, joiden tuotantoketju johtaa typen yhdisteiden päästöihin. Parketti- ja kuitulevyllattia erottuvat myös korkeammilla päästöillään. Kuitulevyllattian päästöt muodostuvat puun hienontamisessa ja kuumapuristuksessa, mikä edistää typen oksidien syntyä. Parkettilattian kuormitus nousee sen useista kerroksista ja pintakäsitteilyistä sekä liimojen käytöstä.

Talteenotettu massiivipuulattia on erinomainen valinta meriveden rehevöitymisen näkökulmasta. Purku ja mahdollinen pintakunnostus vie vain murto-osan siitä energiasta ja kemikaalimäärästä, joka uuden lattian valmistuksessa kuluisi. Näin typen yhdisteiden päästöt pysyvät merkittävästi alhaisempina, eikä raaka-aineen hankinnasta tai tuotantoketjun alkuvaiheista aiheudu merkittävää rehevöittävää kuormitusta. Myös

yksinkertaisen käsittelemättömän puulattian osalta tuotantoprosessi on hyvin yksinkertainen, mikä näkyy matalana rehevöitymispotentiaalina.

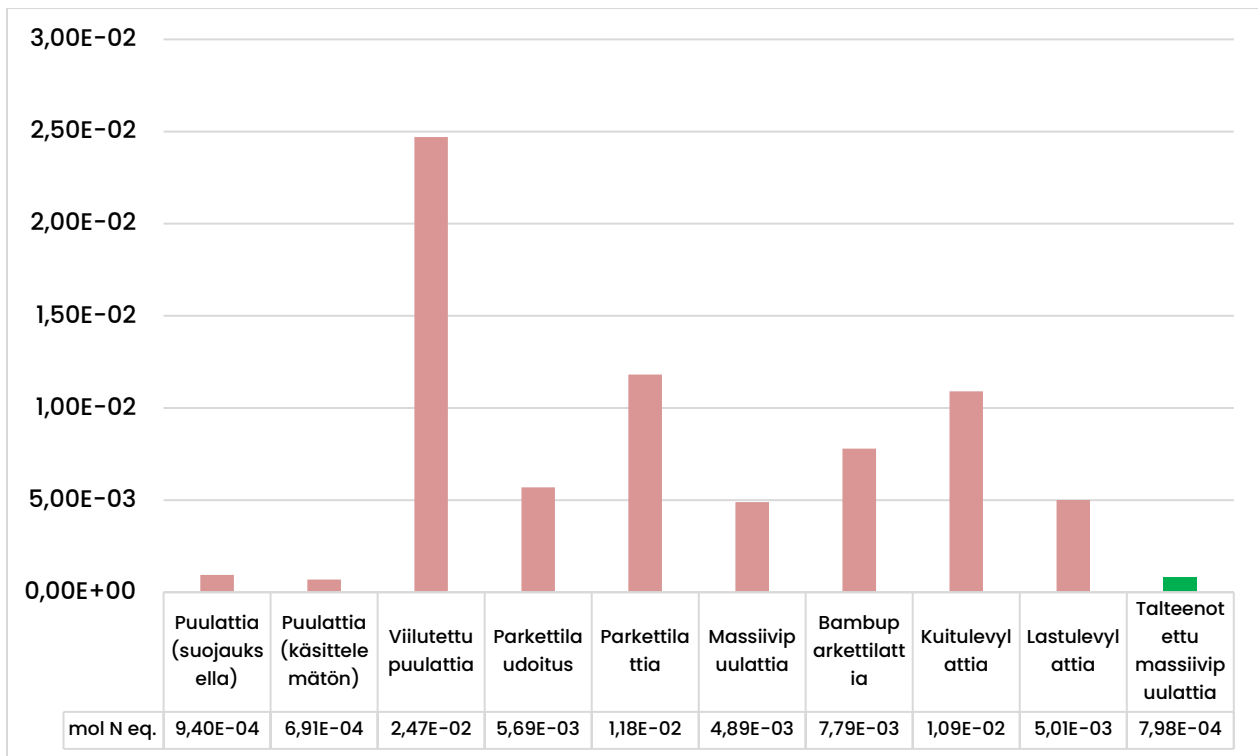


Kaavio 8. Meriveden rehevöitymispotentiaali.

3.9 Maan rehevöitymispotentiaali

Maan rehevöitymispotentiaali kuvaa, kuinka paljon tuotteen elinkaaren aikana syntyy erityisesti tyyppeen liittyviä päästöjä, jotka kertyvät maaekosysteemeihin ja edistävät rehevöitymistä. Viilutettu puulattia on myös tässä kategoriassa suurin, johtuen sen valmistusprosessista, jossa puu leikataan ohuiksi viiluiksi, joita liimataan kerroksittain. Tämä vaatii paljon energiaa ja liimoja, joiden tuotanto ja käyttö tuottaa runsaasti typpipäästöjä. Näin rehevöitymisvaikutus on merkittävästi korkeampi kuin muilla lattiatyypeillä. Toiseksi suurin arvo on parkettilattialla, joka on monikerroksinen ja usein pintakäsittelytuote. Liimojen ja energiankäyttö valmistusprosessissa on myös parkettilattian korkeamman arvon taustalla.

Käsittelemätön puulattia ja talteenotettu massiivipuulattia ovat maan rehevöitymisen näkökulmasta vähiten kuormittavia. Selvä on, että maan rehevöitymispotentiaalinhiljittämiseksi kannattaa suosia vähäistä prosessointia, vähäistä kemikaalien käyttöä ja mahdollisuuksia uudelleenkäyttöön.

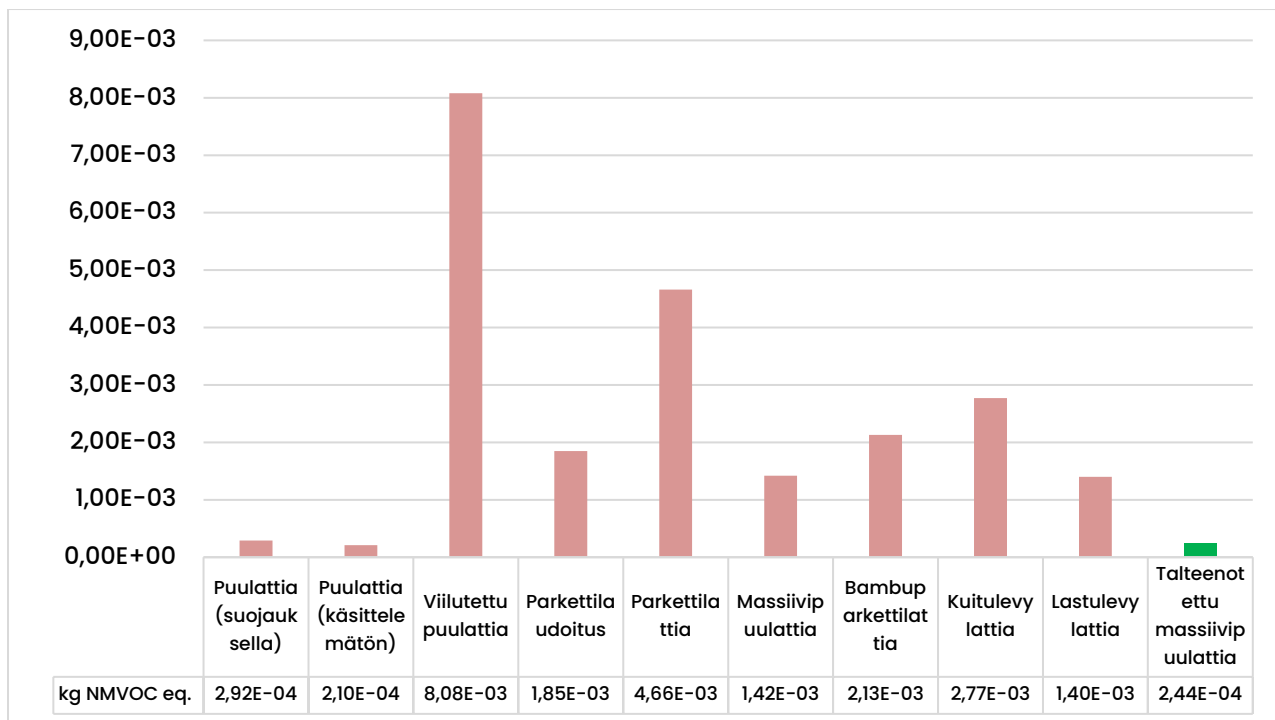


Kaavio 9. Maan rehevöitymispotentiaali.

3.10 Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali

Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali kuvaa, kuinka paljon tuotteen elinkaaren aikana syntyvät haihtuvat orgaaniset yhdisteet (NMVOC) edistävät alailmakehän otsonin muodostumista. Vertailun parhaan arvon sai käsittelemätön puulattia, jonka valmistus rajoittuu käytännössä puun sahaamiseen ja kuivaamiseen ilman lisätyjä kemikaaleja tai monimutkaisia prosesseja. Tämän vuoksi haihtuvien orgaanisten yhdisteiden määrä pysyy minimissä. Myös talteenotetun puulattian kuljetus, purku ja pintakunnostus aiheuttavat vain pieniä orgaanisten yhdisteiden päästöjä.

Vertailluista vaihtoehdoista viilutettu puulattia sekä parkettilattia aiheuttivat isoimmat päästöt. Tämä selittyy pitkälti lattioihin tehdyistä valmistus- ja pintakäsittelyistä. Mitä vähemmän lisäaineita ja monimutkaisia prosesseja lattian tuotantoon sisältyy, sitä alhaisemmaksi myös NMVOC-päästöt jäävät.

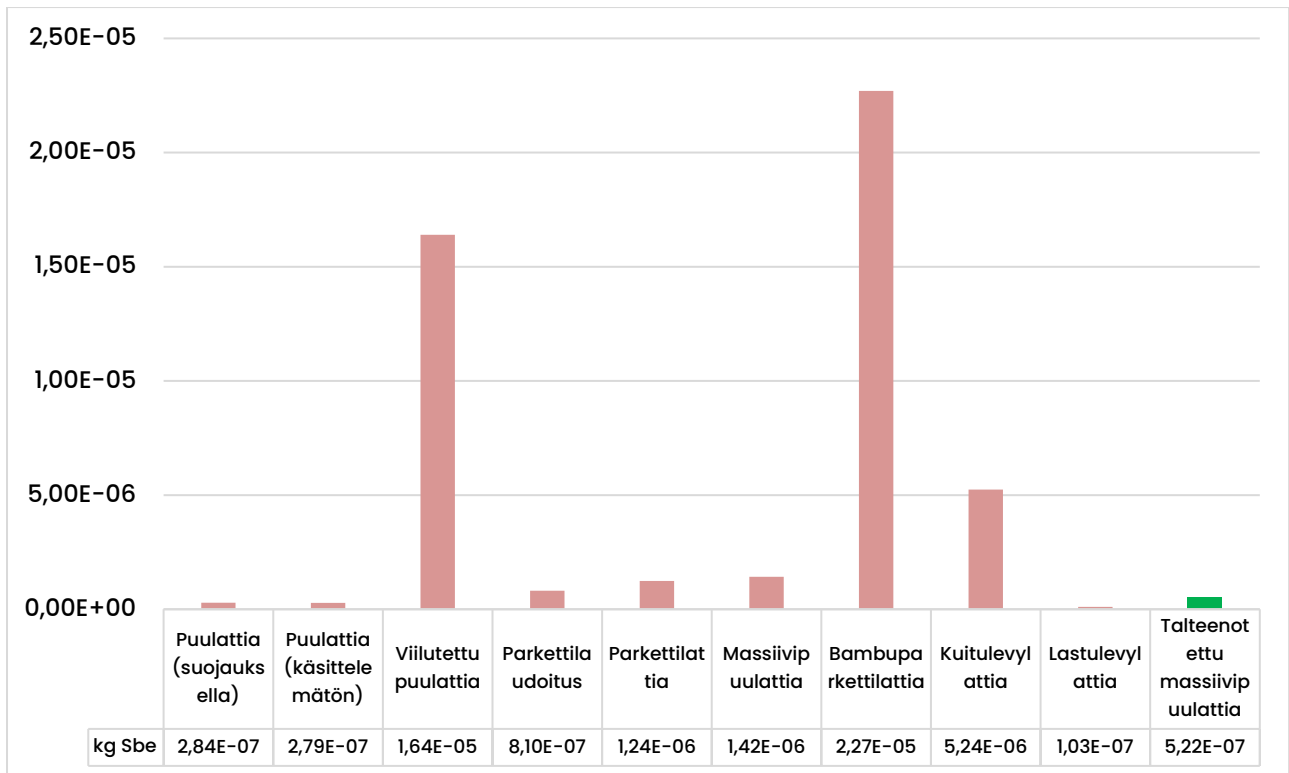


Kaavio 10. Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali.

3.11 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – mineraalit ja metallit

Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – mineraalit ja metallit (ADP-elements) mittaa, miten paljon tuotteen elinkaari kuluttaa harvinaisia alkuaineita ja metalleja. Korkein arvo vertailussa oli tällä kertaa bambuparkettilattialla. Bambun muuntaminen parketiksi sisältää erilaisia liimaus- ja puristusvaiheita. Lisäksi bambun viljely, korjuu ja kuljetus lisäävät metallien kulutusta kone- ja laitetasolla. Viilutettu puulattia erottuu myöskin korkealla arvolla johtuen prosessien vaatimista koneista ja laitteista sen valmistamisessa.

Lastulevylattia sekä käsittelemätön puulattia osoittavat erittäin pientä mineraaliresurssien kulutusta. Lastulevy hyödyntää tehokkaasti puuteollisuuden sivuvirtoja ja on valmistusprosessiltaan vakiintunut. Käsittelemätön puulattia puolestaan ei vaadi kemiallisia pintakäsittelyjä ja on rakenteeltaan yksinkertainen. Talteenotettu massiivipuulattia nousee jälleen esiin kestäväksi valintana, koska se välttää uuden materiaalin hankintaa ja suuria tuotantoprosesseja lähes kokonaan. Kun tavoitteena on vähentää niukkojen mineraaliresurssien käyttöä, kannattaa suosia uudelleenkäyttöä tai mahdollisimman yksinkertaisia ja vähäprosessoisia puutuotteita. Tällöin harvinaisten ja kriittisten alkuaineiden kulutus pysyy mahdollisimman pienenä.

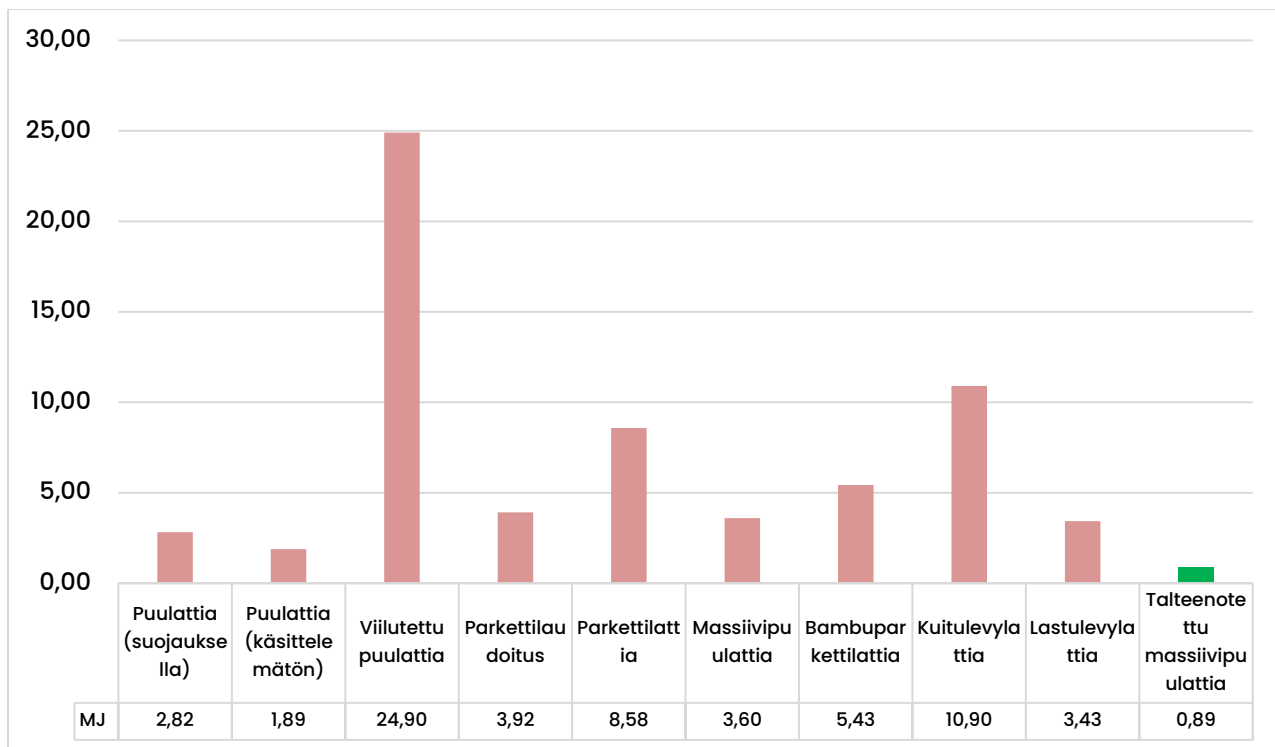


Kaavio 11. Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - mineraalit ja metallit

3.12 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet

Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen - fossiiliset polttoaineet (ADP-fossil fuels) kertoo, kuinka paljon fossiilisia luonnonvaroja kuluu tuotteen elinkaaren aikana. Talteenotettu massiivipuulattia ylsi tässä kategoriassa alhaisimpaan arvoon. Uudelleenkäyttö aiheuttaa vain murto-osan fossiilisista päästöistä, joita uuden tuotteen valmistuksesta aiheutuu.

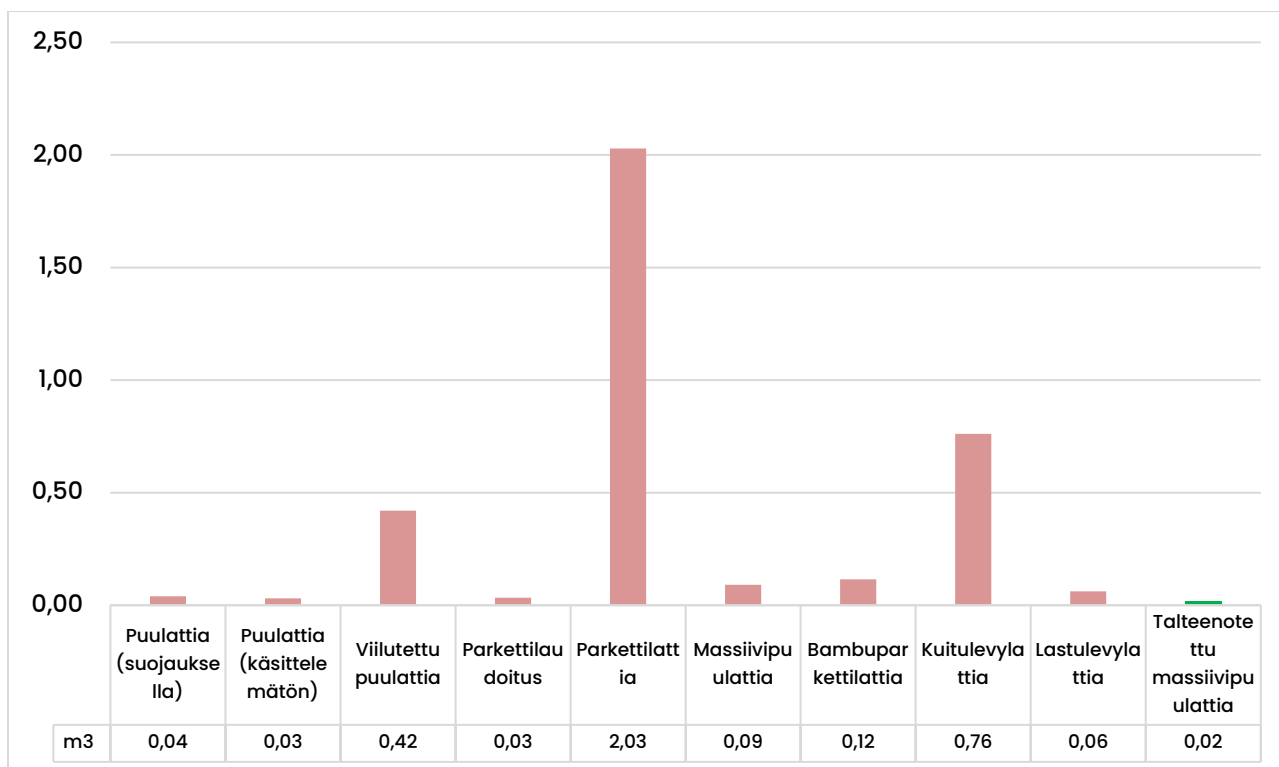
Viilutettu puulattia ja kuitulevyllä ovat indikaattorin kärjessä. Tämä johtuu pitkälti moolimpien vaihtoehtojen monimutkaisemmasta valmistusprosessista sekä sideaineiden kuten liimojen käytöstä. Liimojen valmistuksessa käytetään usein fossiilipohjaisia raaka-aineita ja mahdolliset pintakäsittelyaineet voivat pohjautua myös fossiilisiin raaka-aineisiin. Pitkät kuljetusvälyt ja logistiikkaketjut nostavat osaltaan fossiilisten polttoaineiden käyttöä.



Kaavio 12. Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – fossiiliset polttoaineet

3.13 Veden ehtymispotentiaali

Veden ehtymispotentiaali tarkastelee tuotteen tai prosessin aikana tapahtuvaa vedenkulutusta ottaen huomioon paikallisten vesivarojen niukkuuden. Puulattioiden valmistuksessa vesi kuluu tyypillisesti puun prosessoinnissa sekä mahdollisissa kemikaali- ja pintakäsittelyvaiheissa. Etenkin monikerroksiset lattiat (viilutettu puu, parketti ja kuitulevy) kuluttavat selkeästi eniten vettä valmistuksessa. Talteenotetussa lattiamateriaalissa uudelleenprosessoinnin vaatimat vesimäärät ovat yleensä vähäisempiä kuin täysin uuden lattiamateriaalin valmistuksessa. Tämä on tärkeää, sillä jos lattia valmistettaisiin esimerkiksi korkean vesistressin alueella, WDP-arvo saattaa moninkertaistua verrattuna vesirikkaaseen alueeseen kuten Suomeen.

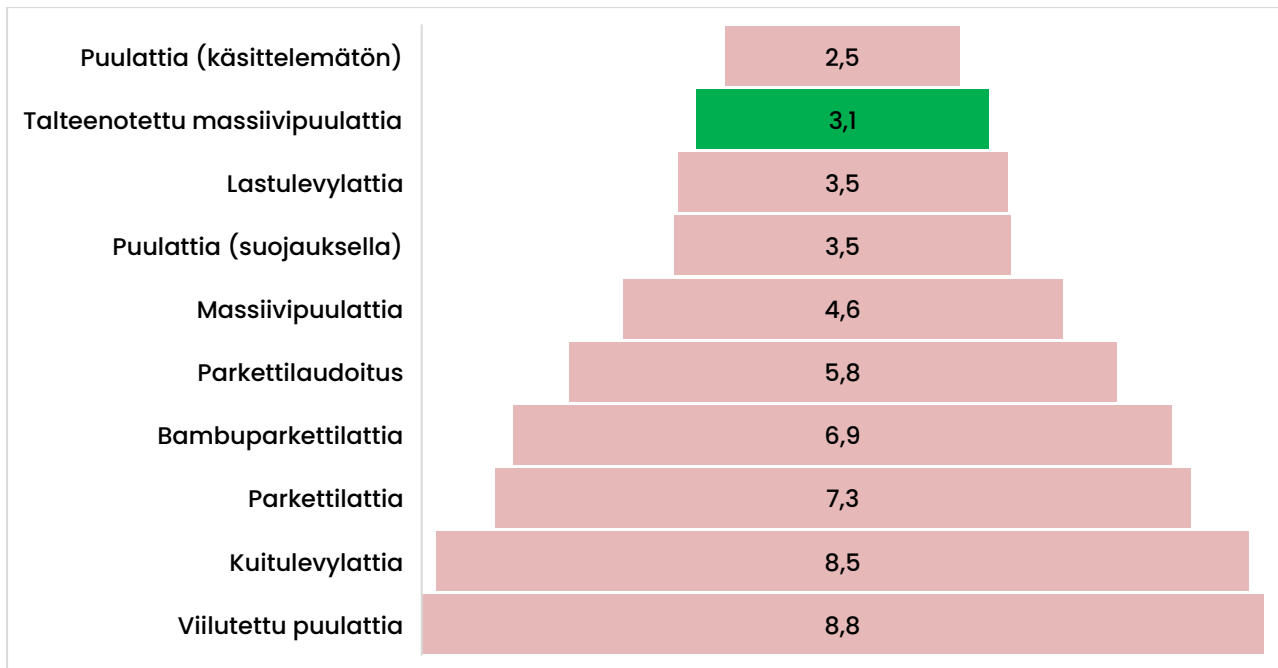


Kaavio 13. Veden ehtymispotentiaali.

3.14 Yhteenveto

Eri puulattiamateriaalien ympäristövaikutuksia tarkasteltaessa talteenotettu massiivipuulattia nousee useimmissa mittareissa (fossiilinen hiilijalanjälki, happamoitumispotentiaali, rehevöitymispotentiaalit, otsonikatoon vaikuttavat yhdisteet sekä veden kulutus) parhaaksi vaihtoehdoksi. Syynä on ennen kaikkea se, että käytetty materiaali ei aiheuta uusien raaka-aineiden hankintaa, energiaintensiivisiä tuotantovaiheita tai merkittävää kemikaalien käyttöä. Yksinkertainen, käsittelemätön puulattia osoittautuu myös varsin hyväksi vaihtoehdoksi monissa kategorioissa. Sen valmistus vaatii vain vähäisen määrän energiaa (sahaus ja kuivaus) eikä siinä käytetä liima- tai pintakäsittelykemikaaleja, mikä pitää päästöt ja ympäristövaikutukset matalina.

Keskimääräisessä sijoitusvertailussa (kuva 14) talteenotetun massiivipuulattian kokonaisarvosanaa laskee se, ettei vanhaa puutavaraa enää lasketa uudeksi hiilinieluksi. Uudessa puutuotteissa puun biogeenisen hiilen sidonta ilmenee negatiivisena GWP-arvona (biogenic), kun taas jo aiemmin sidotun hiilen varasto ei tuo talteenotetulle tuotteelle "uutta" päästöhyötyä. Tästä huolimatta vähäiset fossiiliset päästöt sekä uusiutumattomien luonnonvarojen kulutus tekevät siitä erittäin ympäristöystävällisen ratkaisun.



Kaavio 14. Keskimääräinen sijoitus vertailuissa (1-10).

Kuitulevylattioissa ja viilutetuissa puulattioissa puolestaan energiankäyttö on moninkertainen: puukuitujen hajotus, viilujen sorvaus ja runsaiden liimojen käyttäminen nostavat päästöjä. Tämä selittää, miksi ne sijoittuvat vertailuissa systemaattisesti korkealle (huonommaksi) useimmilla ympäristöindikaattoreilla. Eri parkettivaihtoehdot ovat taas rakenteeltaan kerroksellisia ja niissä käytetään pintakäsittelyyn kemikaaleja, mikä lisää lopputuotteen energia- ja materiaalitarvetta. Myös kuljetukset raaka-aineiden eri käsittelypisteiden välillä voivat nostaa esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden kulutusta.

Kokonaisuutena vertailu voidaan summata seuraaviin pointteihin:

- Uudelleenkäyttö (talteenotettu massiivipuulattia) on yleensä ympäristön kannalta paras ratkaisu, sillä se minimoi lähes kaiken uuden valmistuksen ja kemikaalitarpeen.
- Yksinkertainen puulattia on kaikissa kategorioissa hyvin vähäpäästöinen, koska se sisältää vähän prosessointia.
- Monimutkaiset prosessit (kuitulevyn valmistus, viilu- ja parkettirakenteiden useat kerrokset, liimaus- ja pintakäsittelyvaiheet) nostavat ympäristökuormaa merkittävästi

Näiden johtopäätösten perusteella lattiamateriaalia valittaessa on hyvä kiinnittää huomiota siihen, miten laajoja työvaiheita sen tuotanto tai kunnostus vaatii, onko

uudelleenkäyttö mahdollista, kuinka paljon energiaa ja kemikaaleja valmistusprosessi edellyttää sekä millaiset kuljetus- sekä logistiikkaketjut ovat kyseessä.

4 Vertailu muihin rakennusmateriaaleihin

Rakennusalan päätöksenteossa on viime aikoina korostunut tarve tarkastella eri tuotteiden ympäristövaikutuksia niiden elinkaaren eri vaiheista. Rakennustuotteiden valinnalla on merkittävä rooli sekä ilmastovaikutusten vähentämisessä että luonnonvarojen kestävä käytön edistämässä. Tässä vertailussa keskitytään eri materiaaleista valmistettuihin rakennustuotteisiin ja niiden kierrätys- ja neitseellisestä raaka-aineesta valmistettuihin vaihtoehtoihin. Vertailussa on mukana teräs-, betoni-, tiili- sekä puutuotteita. Vertailutuotteiden perustiedot liitteessä 1.

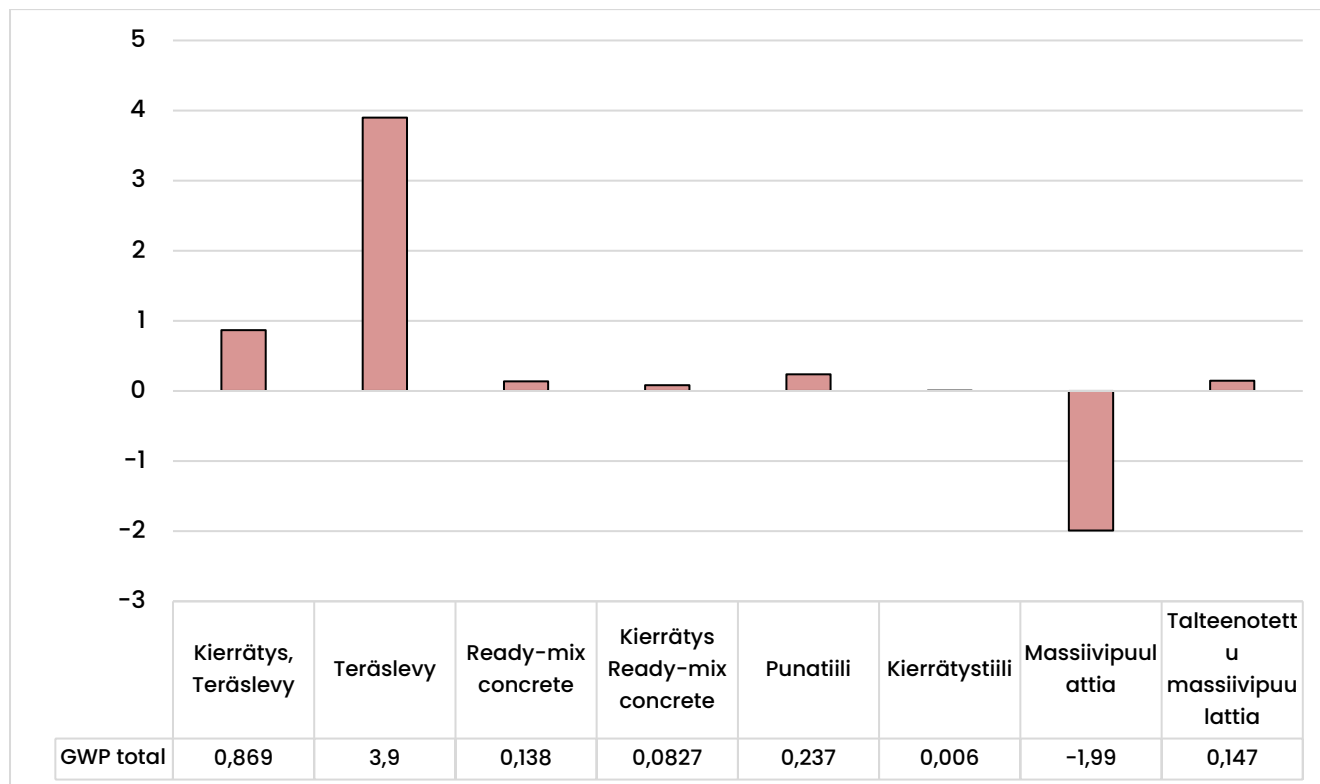
Jokaiselle tuotteelle on laskettu luvussa 2 esiteltyt ympäristömittarit. Laskentaan valittujen tuotteiden EPD:t on tuottanut OneClick LCA. Tavoitteena on esittää selkeä vertailu siitä, miten eri materiaalivaihtoehdot eroavat toisistaan ja havainnollistaa kierrätysmateriaalien käytön ja uudelleenkäytön tuomia etuja verrattuna uusiin, neitseellisiä raaka-aineita hyödyntäviin ratkaisuihin. Valitut tutkimustuotteet ovat; teräslevy täysin neitseellisestä raaka-aineesta, teräslevy täysin kierrätetystä raaka-aineesta, C35/45 lujuusluokan betonia 0 % ja 50 % kierrätysasteella, tavallinen punatiili, uudelleenkäyttöön otettu purkutiili sekä aiemmassa vertailussa olleet talteenotettu massiivipuulattia ja uusi massiivipuulattia.

4.1 Kokonaispäästöt

Kokonaispäästöt eli GWP total -mittari kuvaa tässä tapauksessa tuotteen valmistuksen aikaista ilmastovaikutusta. Kuten edellisessä puulattioiden vertailussa, Massiivipuulattia erottuu selvästi negatiivisella arvolla. Tämä johtuu kasvuajan hiilensidonnasta, kun puu on sitonut ilmakehästä enemmän hiiltä kuin mitä tuotteen elinkaari laskennallisesti vapauttaa tässä tarkasteluvaiheessa. Talteenotettu massiivipuulattia on myös hyvin alhaisen ilmastovaikutuksen tuote. Kuten aiemmin todettiin sen hiilensidonta ei näy negatiivisena arvona, koska puu on jo laskennallisesti sitonut hiilen edellisen tuotteen elinkaaren aikana.

Kierrätystiilen arvo on erittäin pieni, sillä tiilien energaintensiivinen polttovaihe ja muut valmistusvaiheen päästöt ovat tapahtuneet jo menneisyydessä. Nyt päästöjä syntyy lähinnä purusta, puhdistuksesta ja mahdollisista kuljetuksista. Tavallisella punatiilillä

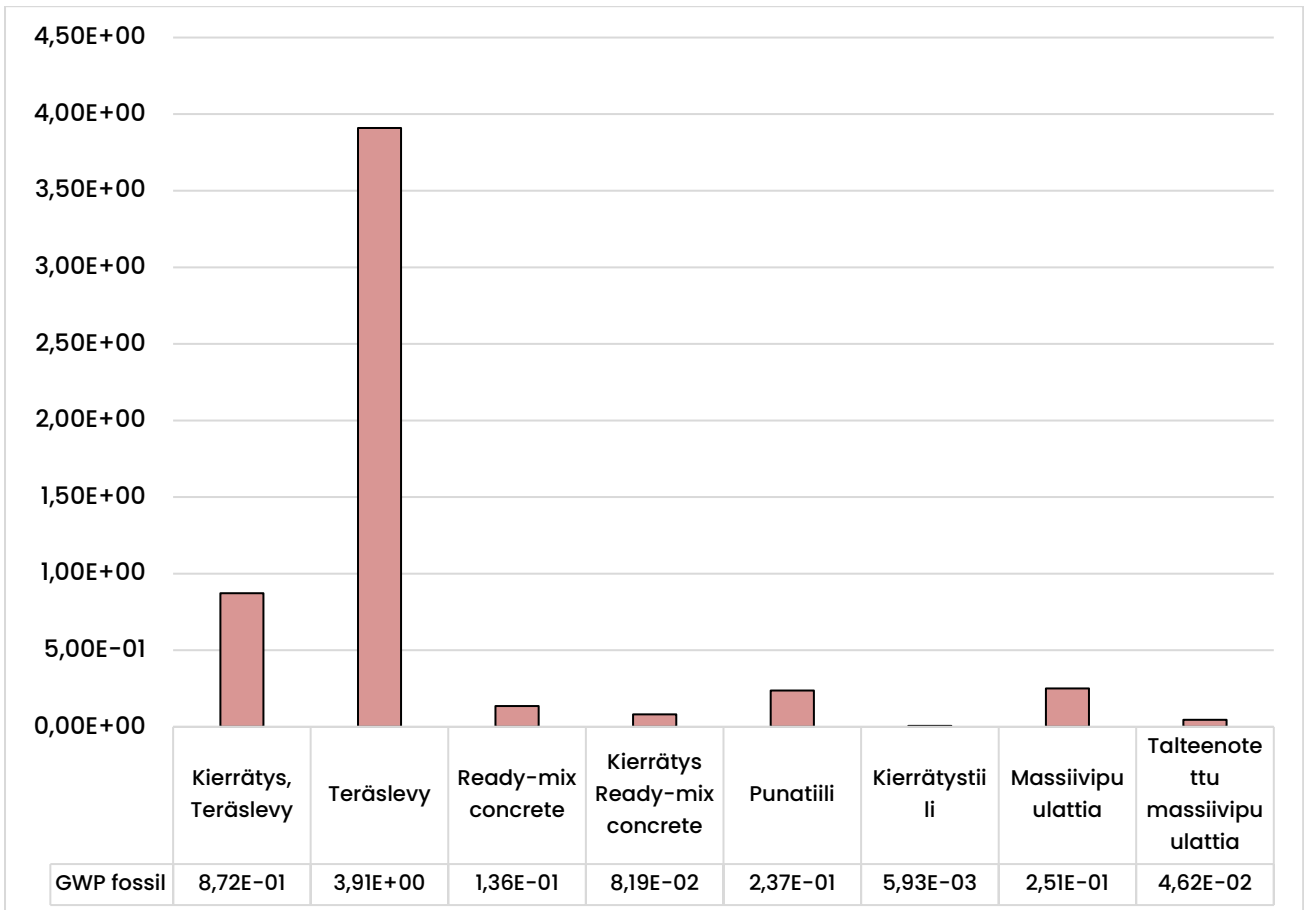
päästöt ovat lähes 40 kertaa suuremmat kuin kierrätystiellä. Betonien osalta kierrätys-
 materiaalia sisältävä vaihtoehto on selvästi ilmastoystävällisempi (37 %) kuin vastaavan
 lujuusluokan perinteinen valmisbetoni. Teräslevyjien vertailussa kierrättämätön vaihto-
 ehto aiheuttaa koko vertailujoukon suurimmat päästöt. Kierrätysteräksestä valmistetun
 teräksen päästöt laskevat selvästi (78 %), joten teräsromun hyödyntäminen on koko-
 naispäästöjen kannalta merkittävää.



Kaavio 15. Kokonaispäästövertailu

4.2 Fossiiliset päästöt

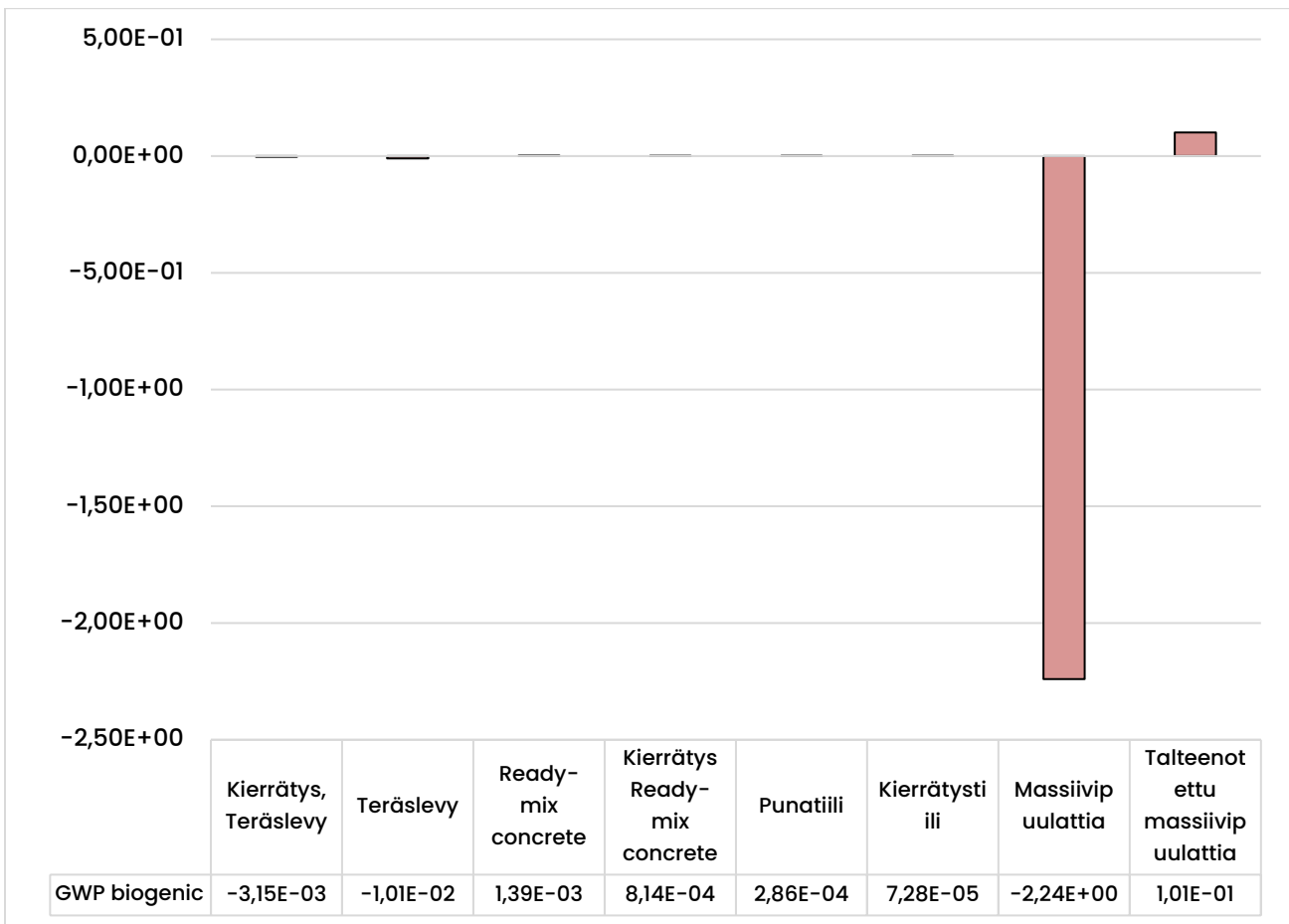
Fossiilisten päästöjen tarkastelu kertoo, kuinka paljon tuotteen valmistusvaiheen aikana vapautuu kasvihuonekaasuja fossiilisista lähteistä kuten kivihilestä, öljystä ja maakaasusta. Päästöjä aiheutuu esimerkiksi energian- ja kemikaalituotannossa sekä materiaalien kuljetuksissa. Pienimpään arvoon ylsi kierrätystiilet, joista aiheutuvat päästöt ovat erittäin vähäiset. Punatiiliin verrattuna on ero vastaava kuin kokonaispäästöjen osalta, johon oli laskettu fossiiliset, biogeeniset sekä maankäytön päästöt yhteen. Talteenotettu massiivipuulattia sai vertailun toiseksi alhaisimman arvon aiheuttaen noin 82 % vähäisemmät päästöt verrattuna uuteen Massiivipuulattiaan. Betonien osalta kierrätysbetonia sisältävä vaihtoehto aiheutti koko vertailun kolmanneksi pienimmät päästöt. Verrattuna tavalliseen betoniin päästövähennäminen oli noin 40 %. Tavallinen betoni pärjasi vertailussa myös hyvin ollen "tavallisista" tuotteista vähäpäästöisin. Terästuotteet aiheuttivat vertailun suurimmat fossiiliset päästöt. Terästuotteiden keskinäinen ero oli vastaava kuin kokonaispäästöt kategoriassa (78 %).



Kaavio 16. Fossiiliset päästöt

4.3 Biogeeniset päästöt

Biogeeniset päästöt liittyvät hiileen, joka on peräisin biologisista lähteistä (esim puu tai biomassa). Negatiivinen GWP biogenic -arvo ilmaisee, että materiaali toimii hiilivarastona, kun taas positiivinen arvo tarkoittaa nettopäästöä biogeenisen hiilen osalta. Kuten aiemmassa puulattiavertailussa selvitettiin, uusi massiivipuulattia sitoo valmistusvaiheessa runsaasti biogeenistä hiiltä ja tekee siitä nettona hiilivaraston. Talteenotetun massiivipuulattian osalta lukema on positiivinen koska puu on jo aiemmin sidottu eikä laskennallinen "uusi" hiilen sidonta kerry toiseen kertaan. Vähäinen positiivinen arvo syntyy lattian käsittely- tai energiankäyttöprosessista, jossa vapautuu pienehkö määrä biogeenistä hiiltä. Muiden tuotteiden kohdalla biogeeniset päästöt ovat enimmäkseen vähäisiä, sillä ne joko eivät sisällä biomassaa tai niiden mahdolliset biopohjaiset osuudet jäävät pieniksi suhteessa kokonaistuotantoon.

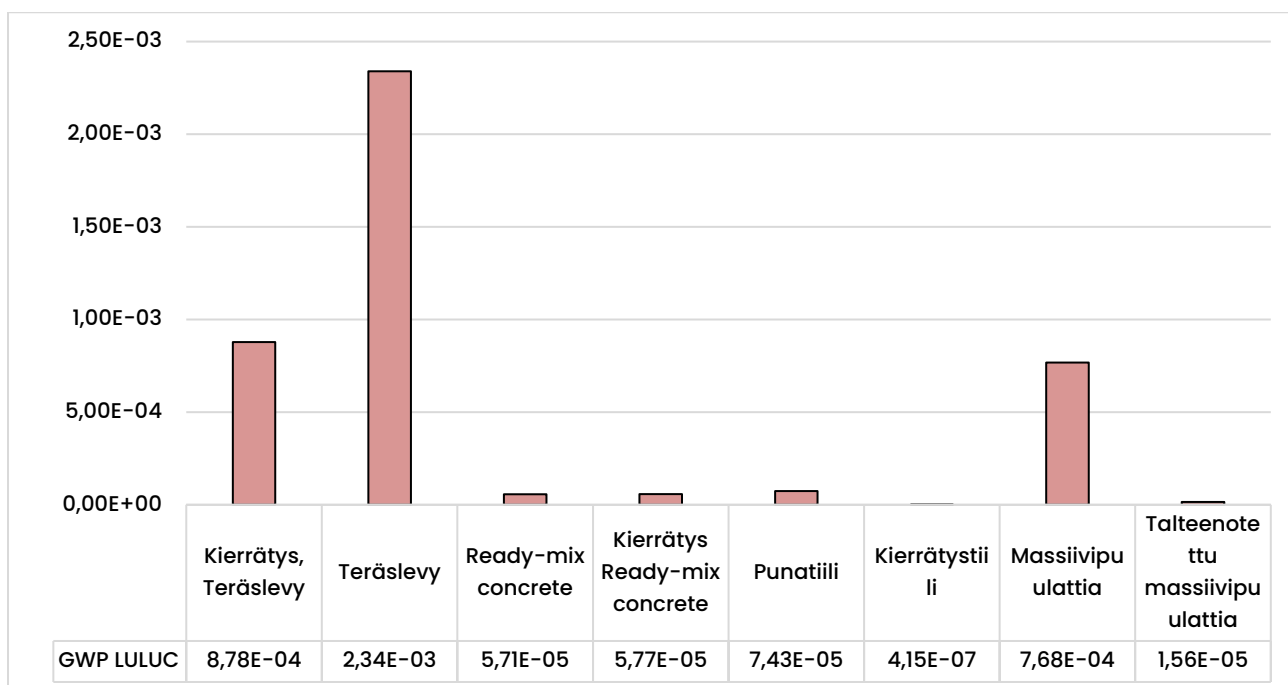


Kaavio 17. Biogeeniset päästöt

4.4 Maankäyttö

Maankäyttöön ja maankäytön muutokseen liittyvät päästöt kuvaavat, miten raaka-ainesten hankinta vaikuttaa maa-alueiden hiilivarastoon ja ekosysteemeihin. Tähän kategoriaan kuuluu esimerkiksi metsien käyttöä tai metsämaan muokkausta, jolloin maaperään ja kasvillisuuteen sitoutunutta hiiltä vapautuu. Tämä näkyy uuden Massiivipuulattian maankäytön päästöissä, jotka ovat selkeästi korkeimmat terästuotteita lukuun ottamatta. Ero talteenotettuun massiivipuulattiaan on valtava, sillä uudelleenkäytöllä vähennettiin 98 % maankäytön päästöistä. Tiilien osalta tilanne on vastaava, vaikka maankäytön päästöt eivät kummassakaan tapauksessa olleet erityisen suuria. Kierrätystiilillä voidaan maankäytön päästöjä vähentää jopa yli 99 % verrattuna uuteen punatiileen.

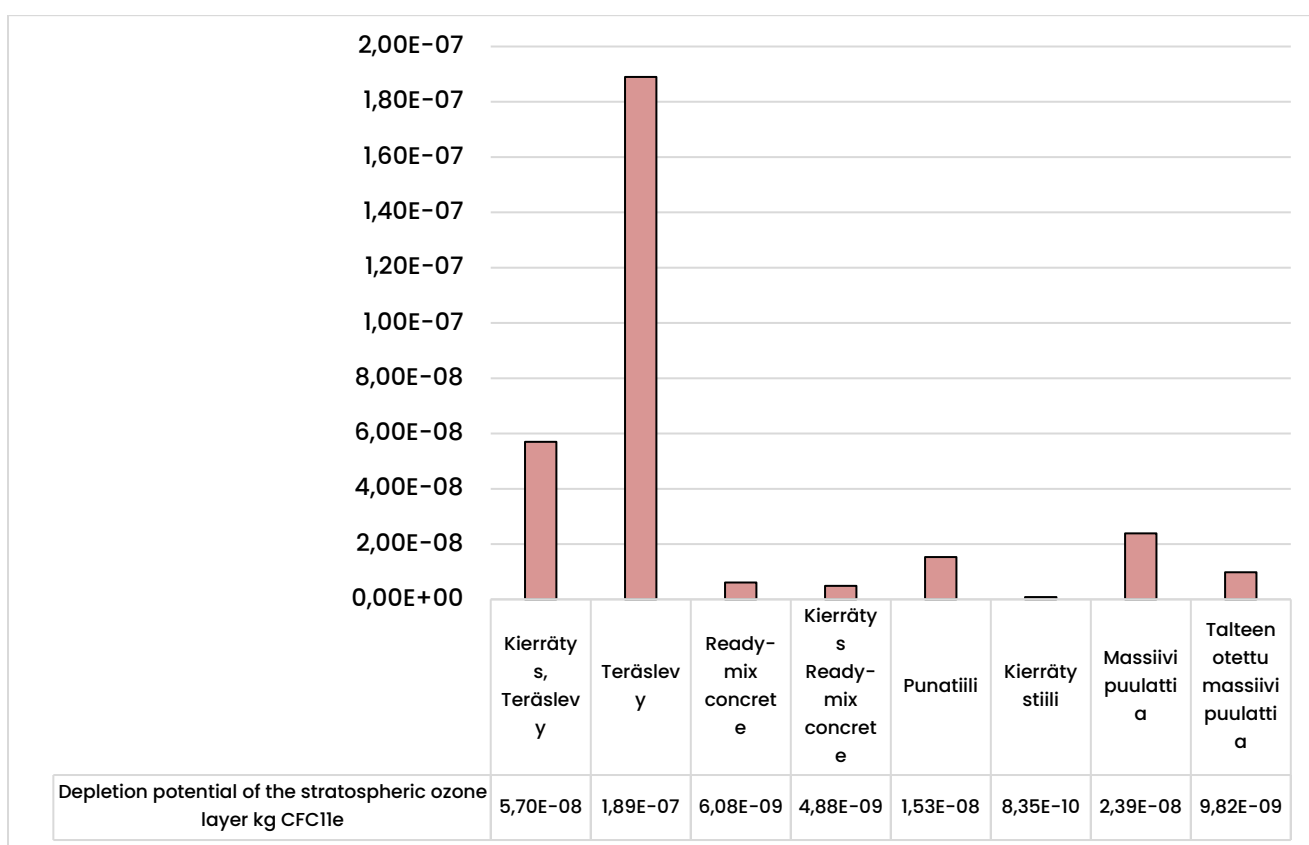
Betonin osalta päästöt ovat myös vähäiset mutta eroa kierrätysraaka-aineesta ja tavalliseen tapaan valmistetun betonin välillä ei käytännössä ollut. Teräslevyt taas olivat molemmissa tapauksissa vertailujoukon suuripäästöisimmät. Kierrätysteräksestä valmistetulla teräslevyllä saavutettiin kuitenkin 63 % päästövähennelmä verrattuna uuteen teräslevyyn.



Kaavio 18. Maankäytön päästöt

4.5 Otsonikerroksen ehtymispotentiaali

Otsonikerroksen ehtymispotentiaali kuvaa, kuinka paljon tuotteen elinkaaren aikana vapautuu aineita, joilla on vaikutusta stratosfäärin otsonin hajoamiseen. Mitä korkeampi luku, sitä enemmän tuote vaikuttaa otsonikerroksen ohenemiseen. Massiivipuulattia on kategorian kolmanneksi suurin päästöjen osalta. Verrattuna talteenotettuun massiivipuulattiaan, uudelleenkäyttö aiheuttaa noin 60 % vähemmän päästöjä. Kierrätystiilen ja uuden punatiilen osalta keskinäinen ero on kaikista suurin; vähennyspotentiaali on noin 95 % kierrätystiilen hyväksi. Betonituotteet ovat myös tässä kategoriassa melko lähellä toisiaan. Kierrätysbetoni mahdollistaa kuitenkin noin 20 % päästövähennämisen tässä kategoriassa. Terästuotteiden osalta kierrätysteräksellä voidaan saavuttaa 43 % päästövähennelmä verrattuna neitseellisestä teräksestä valmistettuun teräslevyyn.

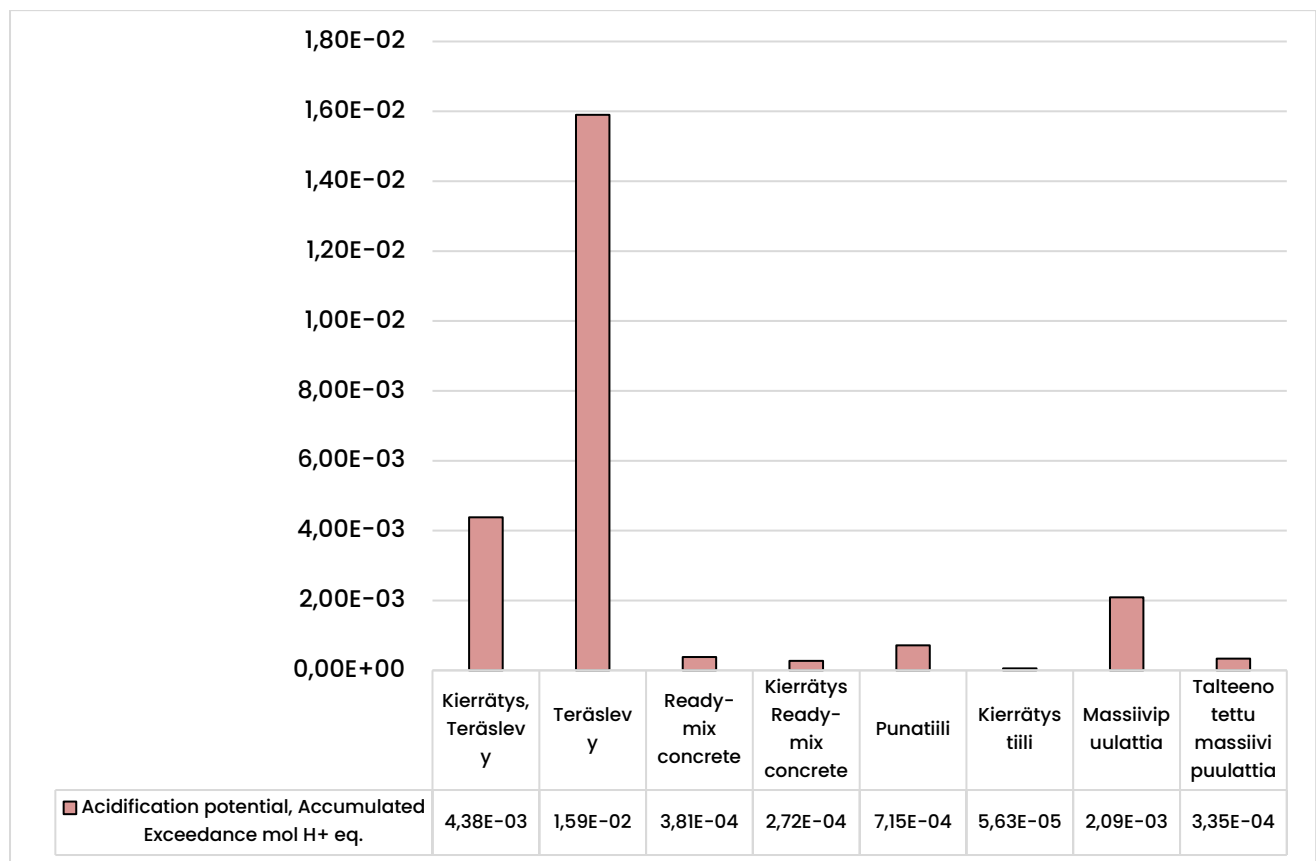


Kaavio 19. Otsonikerroksen ehtymispotentiaali

4.6 Happamoitumispotentiaali

Happamoitumispotentiaali kuvaa, missä määrin tuotteen elinkaaren päästöt lisäävät happamoittavia yhdisteitä ilmakehässä ja ympäristössä, kuten rikkidioksidia ja typen

oksideja. Korkeampi arvo tarkoittaa suurempaa riskiä happamoittaa maaperää ja vesistöjä. Teräslevyt aiheuttavat tässä kategoriassa selkeästi suurimmat ympäristövaikutukset. Kierrätysteräksellä kuitenkin saavutettiin 73 % pienemmät vaikutukset verrattuna uuteen teräslevyyn. Valmisbetonit sijoittuivat kokonaisuutena happamoitusvaikutuksiltaan pienimmäksi ryhmäksi. Keskinäistä eroa oli noin 29 % kierrätysbetonin hyväksi. Tiilien osalta kierrätystiilet olivat koko vertailuryhmän paras. Eroa tavallisiin punatiiliin oli jopa 92 %, vaikka punatiilien happamoitusvaikutus oli myös maltillinen. Puulattioiden vertailussa talteenotetulla massiivipuulattialla saavutettiin 84 % päästövähennelmä verrattuna tavalliseen massiivipuulattiaan. Massiivipuulattian vaikutukset olivat selkeästi suuremmat muihin kuin terästuotteisiin verrattuna.

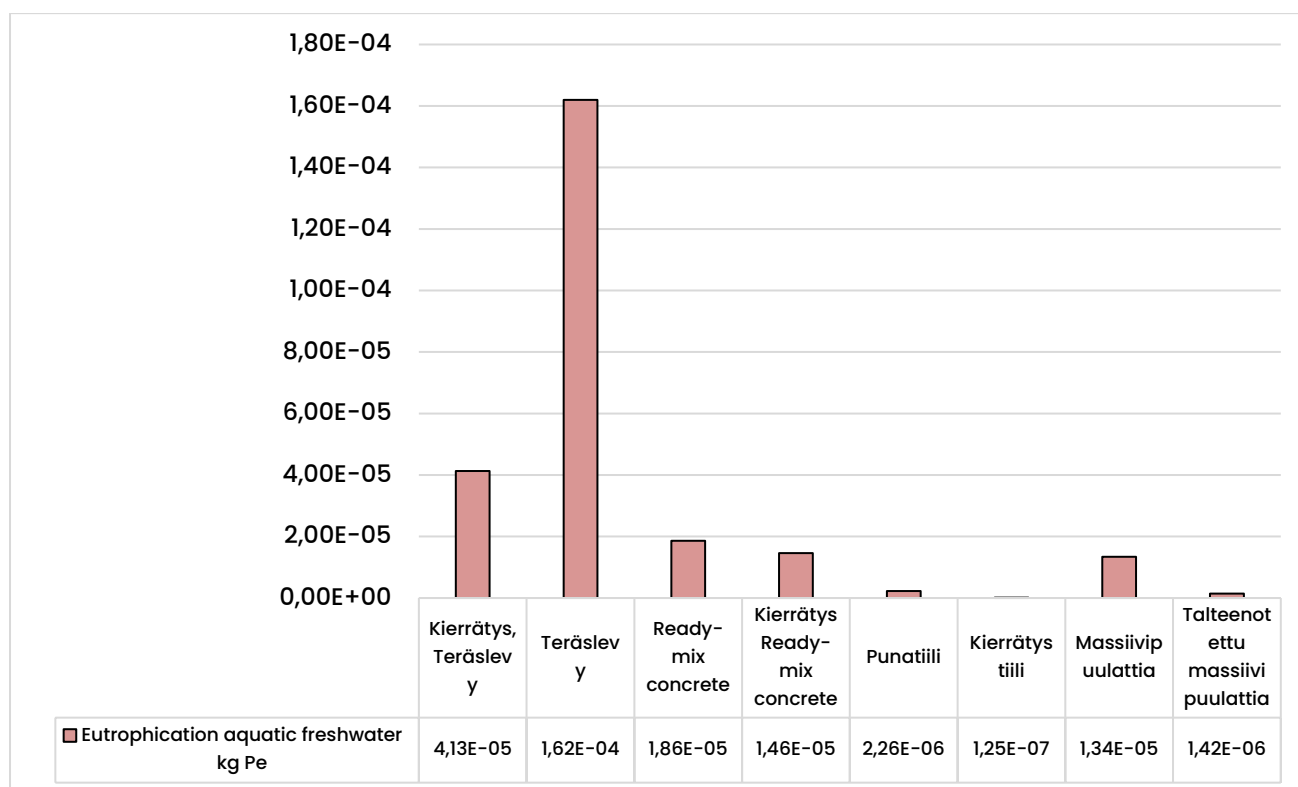


Kaavio 20. Happamoituspotentiaali

4.7 Makean vesiympäristön rehevöityminen

Makean vesiympäristön rehevöityminen kuvaa tuotteen elinkaaren päästöjä, jotka voivat ravinteiden kuten fosforin kautta kiihdyttää sisävesien rehevöitymistä. Korkeampi arvo merkitsee suurempaa rehevöitymisriskiä vesistössä. Vertailussa täysin neutraali

teräs aiheuttaa korkeimman rehevöitysvaikutuksen. Tähän verrattuna kierrätysteräs vähensi rehevöittävää kuormitusta noin 75 % verrattuna neitseelliseen teräkseen. Betonit olivat terästuotteiden jälkeen merkittävin ryhmä tässä kategoriassa. Keskinäinen ero oli jälleen maltillinen; kierrätysidoksinen betoni pienentää rehevöittäviä päästöjä noin 22 % verrattuna perinteiseen valmisbetoniin. Massiivipuulattia sijoittui päästötasoiltaan samaan kastiin betonien kanssa. Talteenotetulla puulattialla saavutettiin tähän verrattuna noin 90 % päästövähennys. Tiilet olivat vaikutuksiltaan selkeästi alhaisin ryhmä. Tästä huolimatta kierrätystiilien rehevöitymisvaikutus oli jopa 95 % alhaisempi kuin punatiilellä, joka sekkin oli koko vertailun kolmanneksi pienin.

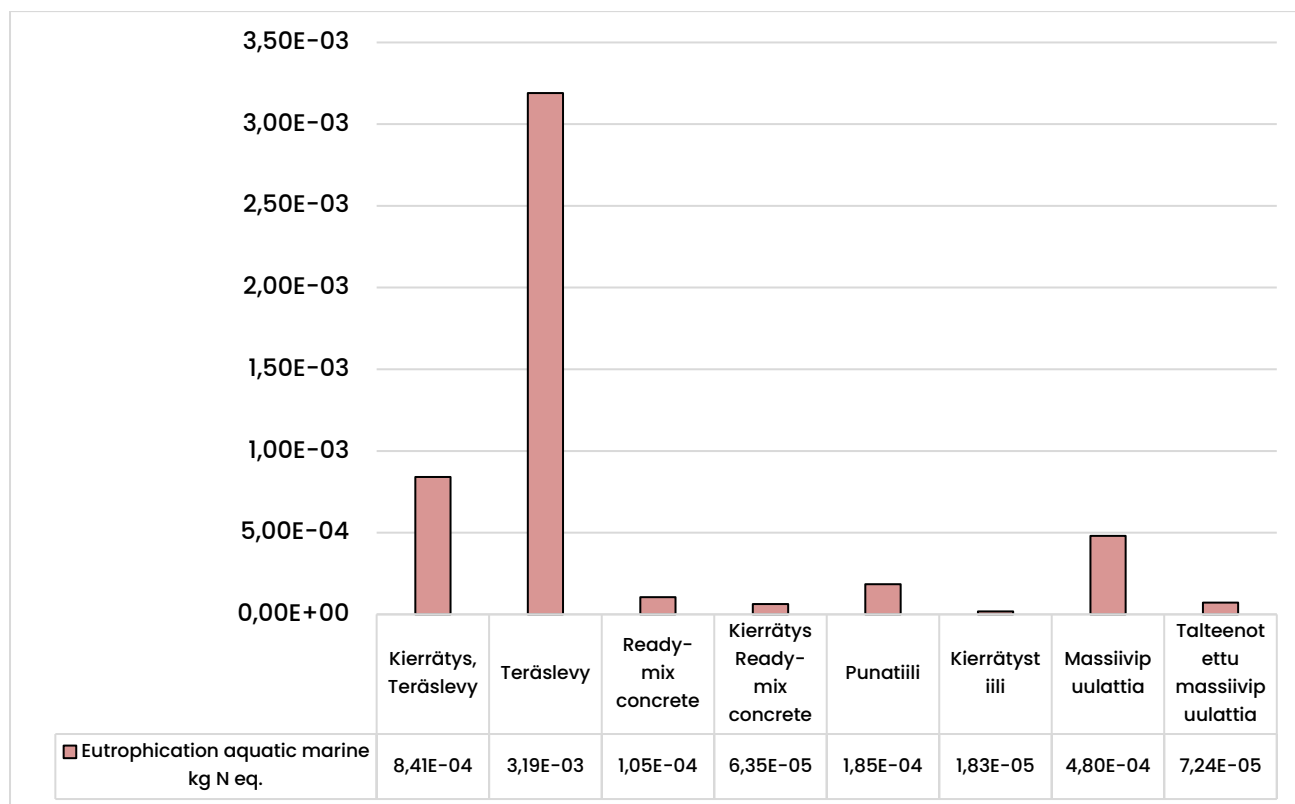


Kaavio 21. Makean vesiympäristön rehevöityminen

4.8 Meriveden rehevöityminen

Meriveden rehevöityminen, kuinka paljon typen yhdisteitä tuote vapauttaa elinkaarensa aikana merialueita rehevöittäväan kierto. Korkeampi arvo tarkoittaa suurempaa riskiä meren rehevöitymiselle, joka aiheuttaa esimerkiksi levien liikakasvua ja happikatoa. Meriveden rehevöitymisen osalta neitseellinen teräs nousee vertailujoukon vaikuttavimmaksi. Kierrätysteräksellä voidaan vähentää rehevöitymisvaikutuksia jopa 74 %, kun raskaimmat alkutuotannon vaiheet jäävät pois. Massiivipuulattia oli vertailun kolmanneksi

suurin terästuotteiden jälkeen, kun taas talteenotetulla vaihtoehdolla ylettiin kolmanneksi alhaisimpaan tulokseen. Keskinäistä eroa oli lähes 85 % talteenotetun vaihtoehdon hyväksi. Betonituotteet olivat kokonaisuutena alhaisella tasolla. Kierrätetyllä betonilla saavutettiin 40 % vähennys perinteiseen valmisbetoniin verrattuna. Tiilien erot olivat myös tässä kategoriassa suuret. Tavallinen punatiili oli vertailun neljänneksi suurin, kun taas kierrätystiili koko joukon pienin. Eroa tiilityyppien välillä oli 90 %.

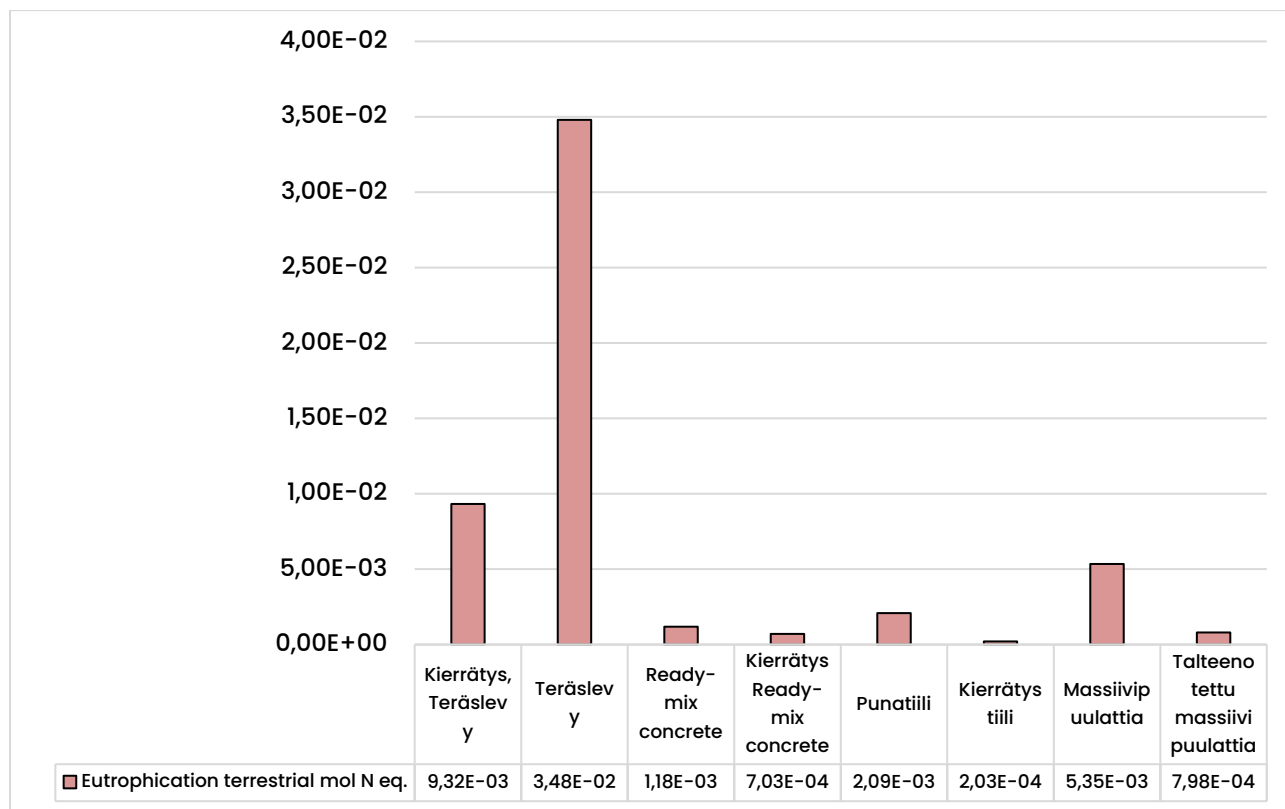


Kaavio 22. Meriveden rehevöityminen

4.9 Maan rehevöitymispotentiaali

Maan rehevöitymispotentiaali kuvaa missä määrin tuotteen elinkaaren tyypin yhdisteet rasittavat maaekosysteemejä, aiheuttaen mahdollisesti kasvillisuuden liikakasvua ja häiriötä luonnon monimuotoisuudessa. Korkeampi arvo merkitsee suurempaa rehevöitymisriskiä maaperässä. Neitseellinen teräslevy on myös tämän kategorian kärjessä. Kierrätetyllä teräslevyllä voidaan jälleen saavuttaa merkittäviä päästövähennyksiä, sillä tässä kategoriassa päästöt ovat noin 73 % pienemmät kuin neitseellisellä vaihtoehdolla. Massiivipuulattia on kategorian kolmanneksi suurin ollen kuitenkin selkeästi alhaisempi kuin terästuotteet. Talteenotetulla vaihtoehdolla puulattioiden päästöjä voidaan kuitenkin karsia jopa 85 %. Tiilien osalta tilanne on vastaava; tavallinen punatiili on vertailun

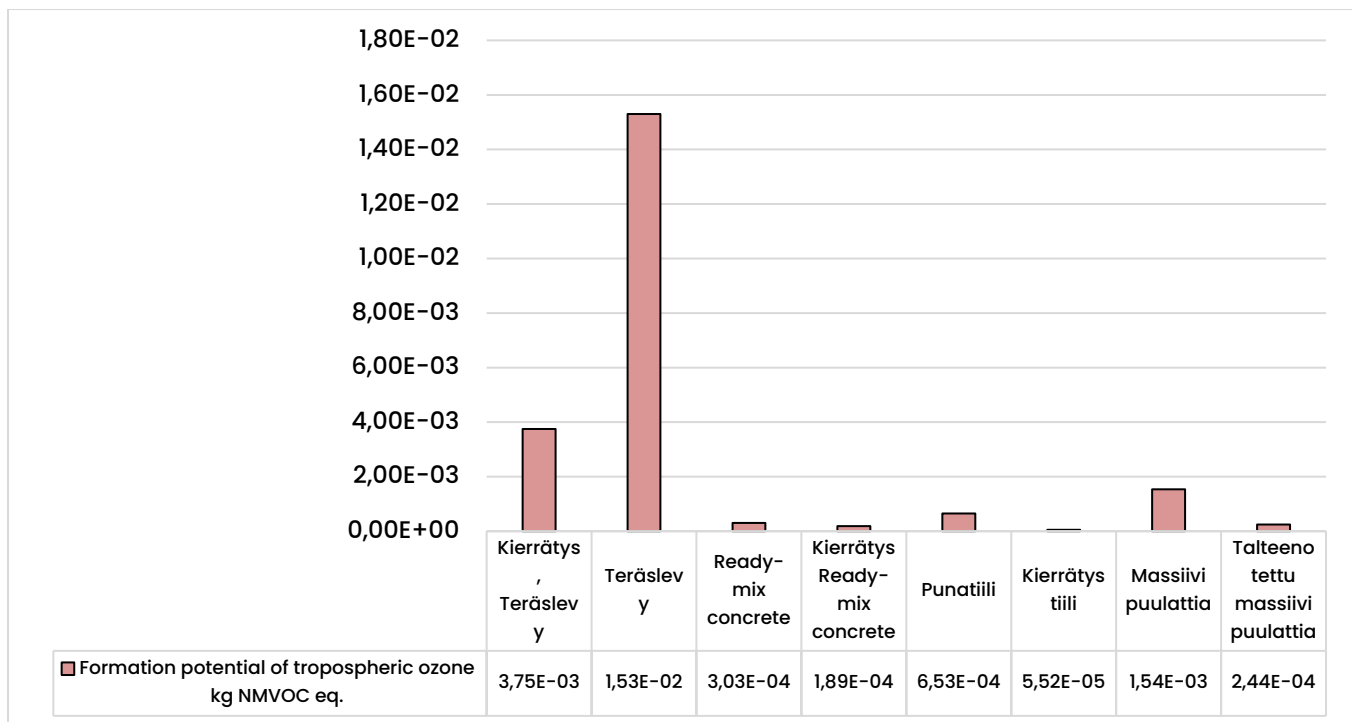
neljänneksi suurin, kun taas kierrätystiili koko joukon pienin. Keskinäistä eroa kierrätystiilen hyväksi kertyi jopa 97 %. Kokonaisuutena kategorian pienin ryhmä oli betonit. Kierrätysbetoni on kahdesta vaihtoehdosta vähäpäästöisempi 40 % erolla.



Kaavio 23. Maan rehevöitymispotentiaali

4.10 Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali

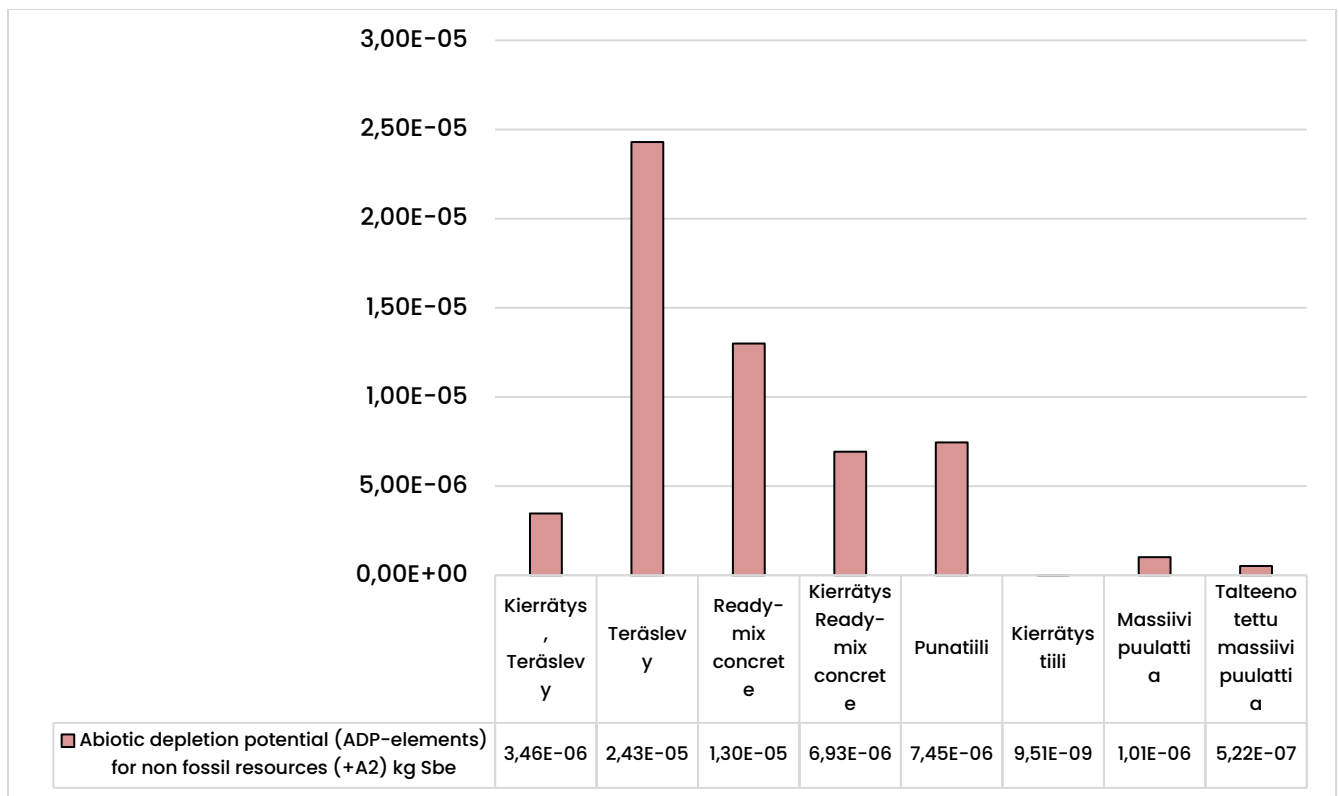
Troposfäärisen otsonin muodostumispotentiaali mittaa, kuinka paljon tuotteen elinkaaren aikana vapautuvat haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) ja typen oksidit edistävät alailmakehän otsonin muodostumista. Korkeampi arvo tarkoittaa suurempaa valmiutta synnyttää haitallisia otsonipitoisuuksia ilmakehän alimmissa kerroksissa. Kierrätystiili aiheuttaa selkeästi kategorian pienimmät päästöt. Verrattuna tavalliseen punatiileen, joka on vertailun neljänneksi suurin, eroa on noin 92 %. Betonituotteet ovat muihin rakennustuotteisiin verrattuna tässä kategoriassa vähäpäästöisiä. Keskinäistä eroa kierrätysvalmisbetonin eduksi on 37 %. Puulattioden vertailussa Massiivipuulattia on kategorian kolmanneksi suurin, kun taas talteenotettu vaihtoehto kolmanneksi pienin. Eroa talteenotetun puulattian hyväksi on lähes 85 %. Terästuotteet ovat kategorian suuripäästöisimmät. Keskinäistä eroa on kuitenkin merkittävästi; noin 75 % kierrätysteräksen hyväksi.



Kaavio 24. Troposfäärisen otsonin muodostumispotentialiaali

4.11 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – mineraalit ja metallit

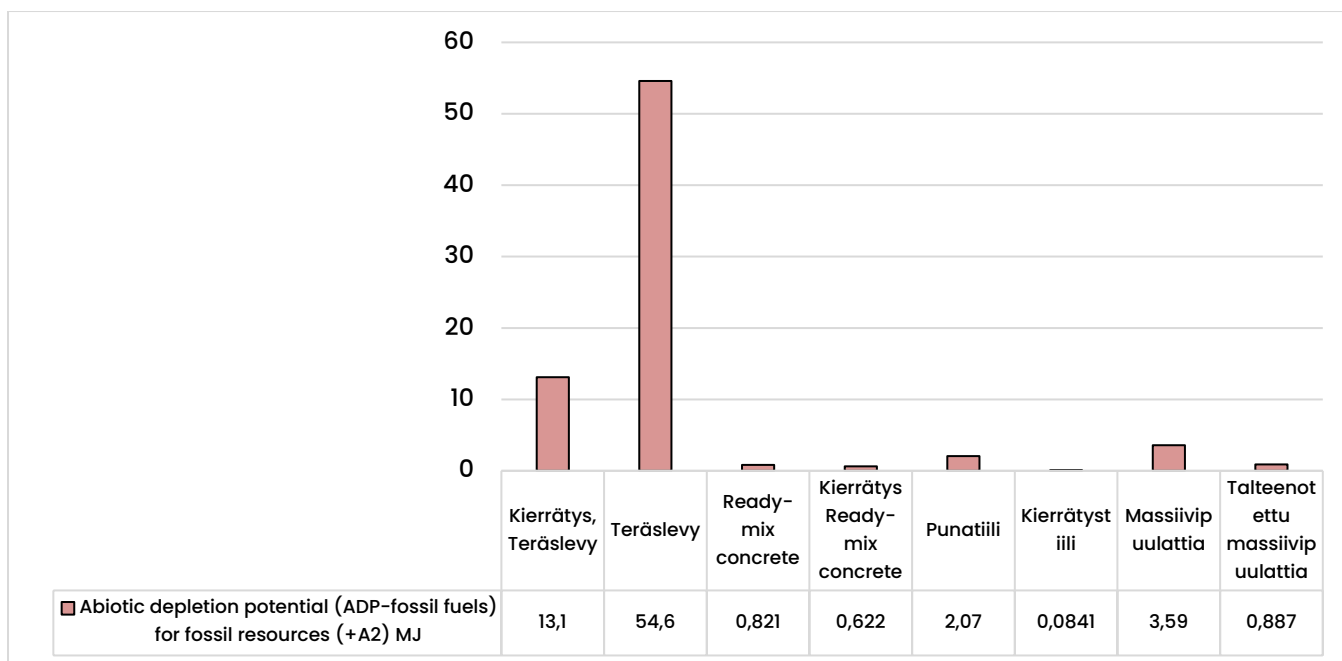
Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – mineraalit ja metallit (ADP-elements) kuvaa, kuinka paljon kunkin tuotteen elinkaareissa kuluu alkuaaineita ja metalleja tavalla, joka köyhdyttää uusiutumattomia mineraalivaroja. Korkeampi luku tarkoittaa suurempaa mineraali ja metallivarojen käyttöä. Tässä kategoriassa erottuvat korkeilla päästöillään selkeästi neitseellisistä materiaaleista valmistetut tuotteet Massiivipuulattiaa lukuunottamatta. Teräslevy on kategorian suurivaikutteisoin mutta selkeästi pienemmällä erolla kuin aiemmissa kategorioissa. Kierrätysteräslevyllä saavutetaan tässä kategoriassa jopa 85 % hyöty. Betonituotteet aiheuttavat kierrätysvaihtoehtoihin verrattuna selkeästi suuremmat päästöt. Keskinäistä eroa on kierrätysvalmisbetonin hyväksi 47 %. Punatiili on kategorian kolmanneksi suurin ja eroa on valtavasti kierrätystiileen, joka on kategorian pienin. Ero on jopa 99,9 % kun kierrätystiilen arvo on äärimmäisen alhainen. Puulattiat pärjäävät vertailussa kokonaisuutena parhaiten keskinäisen eron ollessa 49 % talteenotetun puulattian hyväksi.



Kaavio 25. Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – mineraalit ja metallit

4.12 Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – fossiiliset polttoaineet

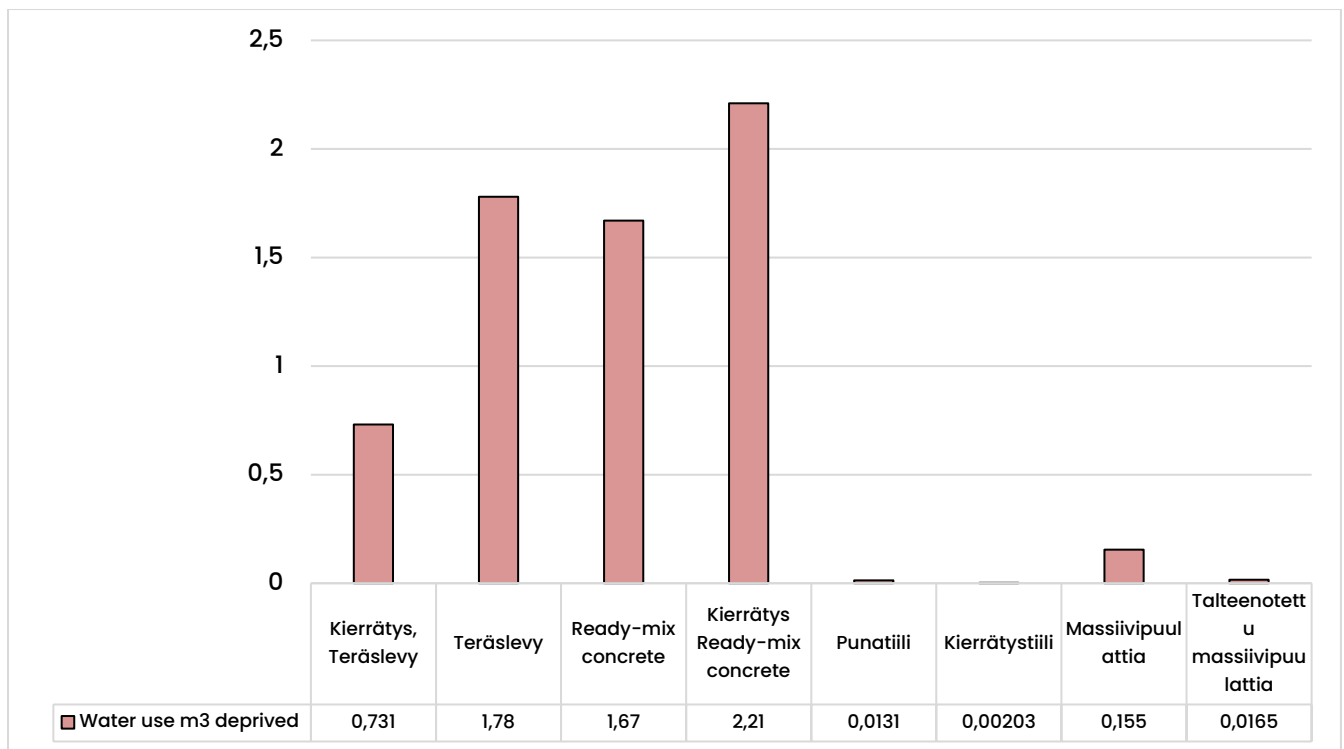
Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – fossiiliset polttoaineet (ADP-fossil fuels) mittaa, missä määrin tuotteen elinkaaren aikana käytetään uusiutumattomia fossiilisia polttoaineita. Mitä korkeampi luku, sitä enemmän fossiilista energiaa kuluu esimerkiksi valmistukseen, kuljetuksiin ja prosessointiin. Kuten tuloksista nähdään, neitseellisen teräksen valmistus on erittäin energiantensiivinen prosessi. Kierrätysteräslevy vaatii valmistuksessa huomattavasti vähemmän energiaa, yhteensä noin 76 %. Kolmanneksi eniten terästuotteiden jälkeen fossiilisia polttoaineita kuluttaa Massiivipuulatti. Talteenotetulla massiivipuulattialla voidaan merkittävästi vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä terästuotteiden tapaan noin 75 %. Tavallinen punatiili on vertailun neljänneksi suurin, kun taas kierrätystiili koko joukon alhaisin. Eroa tiilien välillä on 96 %. Pienin ryhmä kokonaisuutena on betonituotteet. Kierrätysmateriaalia sisältävä valmisbetoni vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä noin 25 %.



Kaavio 26. Abioottisten luonnonvarojen ehtyminen – fossiiliset polttoaineet

4.13 Veden ehtymispotentiaali

Veden ehtymispotentiaali kuvaa tuotteen elinkaaren aikana käytettyä vesimäärää suhteessa paikalliseen vesivarojen niukkuuteen. Suurempi arvo merkitsee, että tuotteen valmistus ja siihen liittyvät prosessit kuluttavat vesivaroja kriittisemmällä tavalla, lisäten esimerkiksi vesipulan riskiä. Suurin veden ehtymispotentiaali oli kierrätysbetonilla ja betonituotteilla yleisesti ryhmänä. Tässä kategoriassa poikkeuksellisesti kierrätysbetonin veden ehtymispotentiaali oli suurempi kuin tavallisella valmisbetonilla noin 32 %. Tavallinen teräslevy oli kategorian toiseksi suurin ja vaikutuksiltaan betonituotteiden tasoa. Kierrätysteräslevyllä saavutettiin tässä kategoriassa 59 % pienempi veden ehtymispotentiaali kuin tavalliseen tapaan valmistetulla teräslevyllä. Puulattioilla oli ryhmänä toiseksi pieni veden ehtymispotentiaali. Uusi massiivipuulattia ja talteenotettuun massiivipuulattiaan keskinäinen ero oli kuitenkin lähes 90 % talteenotetun vaihtoehdon hyväksi. Pienin ryhmä oli tiilet, joista kierrätystiili selkeästi myös tämän vertailukategorian paras. Keskinäistä eroa tiilillä oli 85 % kierrätystiilien eduksi.



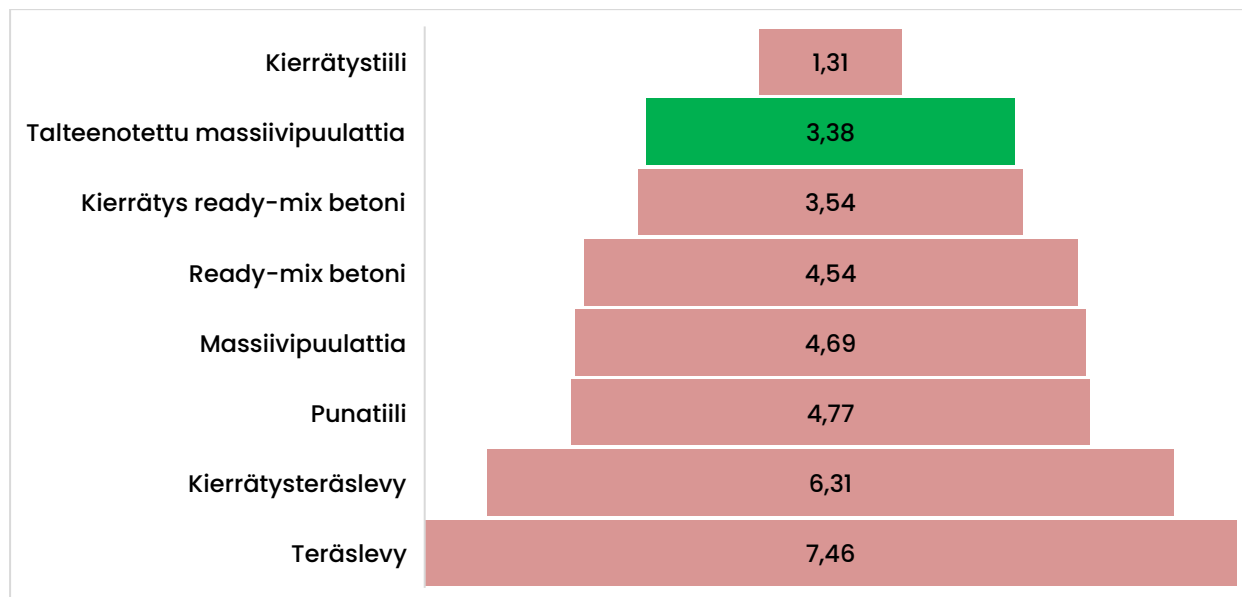
Kaavio 27. Veden ehtymispotentiaali

4.14 Yhteenveto

Vertailun selkeästi paras tuote ympäristömittareiden näkökulmasta oli kierrätys/purkutiili. 13 päästökategorian osalta kierrätystiili oli vähäpäästöisin 11 kategoriassa. Ainoastaan biogeeniset päästöt ja sen myötä laskennalliset kokonaispäästöt olivat parhaat massiivipuulattian osalta. Päästöalenema verrattuna tavalliseen punatiileen oli tyypillisesti 60–99 % vaikutuskategorian mukaan. Talteenotettu massiivipuulattia pärjasi vertailussa myös hyvin ollen keskimäärin toiseksi parhain vaihtoehto ympäristönäkökulmasta. Uusi massiivipuulattia erottui ainoana tuotteena negatiivisella ilmastovaikutuksellaan kasvuvaiheen hiilensidonnan ansiosta. Sen etu rajoittui kuitenkin pääosin ilmastokategoriaan, kun taas esimerkiksi resurssien kulutus sekä muut vaikutusluokat jäivät selvästi talteenotetun puun taakse.

Kierrätysteräs ja kierrätyskiviainesta sisältävä betoni olivat ympäristövaikutuksiltaan merkittävästi neitseellisiä vastineitaan parempia; ensin mainittu vähensi fossiilisia päästöjä 78 prosenttia ja jälkimmäinen noin 40 prosenttia. Kierrätysratkaisut jäivät kuitenkin useimmissa muissa indikaattoreissa selvästi puu- ja tiiliratkaisujen taakse. Neitseellinen teräslevy tuotti johdonmukaisesti suurimmat vaikutukset lähes kaikissa kategorioissa,

mikä vahvistaa alan päästöintensivisyyden sekä kierrätysisällön merkityksen terästeollisuuden päästöjen alentamisessa.



Kaavio 28. Keskimääräinen sijoitus vertailussa

5 Loppupäätelmät

Tutkimuksen vertailut osoittavat selkeästi, että materiaalin uudelleenkäyttö on tehokkain keino vähentää rakentamisen ympäristökuormitusta. Eri rakennusmateriaalien vertailussa purkutiili oli 13 tarkastellusta indikaattorista kahta lukuunottamatta kaikkein vähäpäästöisin ja talteenotettu massiivipuulattia sijoittui keskimäärin toiseksi parhaaksi vaihtoehdoksi. Molemmat uudelleenkäytetyt materiaalit pienensivät haitallisia vaikutusluokkia 60–99 % verrattuna neitseellisiin vastineisiinsa.

Puulattioiden sisäinen vertailu tukee havaintoa. Talteenotetun massiivipuulattian fossiiliset päästöt olivat vain 0,05 kg CO₂e/kg, eli selkeästi alhaisimmat koko vertailuryhmässä. Laskentasäännöt aiheuttavat kuitenkin eroja puutuotteiden välillä: talteenotetun puun hiilivarastoa ei kirjata hiilinieluksi, joten sen yhteenlaskettu ilmastovaikutus (GWP-total) on ainoa hiilipäästöjä aiheuttava puulattiaivaihtoehto. Hiilen varastoituminen jatkuu kuitenkin käyttöiän pidentyessä vielä kauas tulevaisuuteen.

Kokonaisuutena tulokset korostavat, että hiilijalanjälki ei yksin riitä ohjaamaan materiaalivalintoja: tutkimus tarkasteli useita eri ympäristöindikaattoreita ja kunkin tuotteen vahvuudet sekä heikkoudet vaihtelivat mittarin mukaan. Ympäristönäkökulmasta onkin tärkeää tulevaisuudessa painottaa kiertotalousratkaisuja sekä tarkastella mahdollisia vaikutuksia useiden vaikutusindikaattorien kautta. Näin rakentaminen voi ottaa taas askeleen kohti aidosti vähähiilisiä ja resurssiviisaita ratkaisuja.

Lähteet

Environdec. (2023). Indicators. The International EPD System. Viitattu: Lokakuu 31, 2024. Saatavissa: <https://www.environdec.com/resources/indicators>

European Commission. (2011). ILCD Handbook – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context. Saatavissa: <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-Recommendations-for-Life-Cycle-Impact-Assessment-in-the-European-context.pdf>

Nordic Council of Ministers. (2024). Annex 1: Common Approaches Regarding the GWPs of Different Greenhouse Gases. Viitattu: Marraskuu 6, 2024. Saatavissa: <https://pub.norden.org/us2024-428/annex-1-common-approaches-regarding-the-gwps-of-different-greenhouse-gases.html>

IPCC. (2005). "Safeguarding the Ozone Layer and the Global Climate System: Issues Related to Hydrofluorocarbons and Perfluorocarbons." Cambridge University Press. Saatavissa: https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/sroc/sroc_spmnts_en.pdf

IPCC. (2021a). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

IPCC. (2021b). Chapter 7 Supplementary Material: The Earth's energy budget, climate feedbacks, and climate sensitivity (AR6 WG1). Intergovernmental Panel on Climate Change. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WG1_Chapter07_SM.pdf

OneClick LCA. (2025). EPD- ja päästökerrointietokanta. Saatavissa: <https://oneclicklcaapp.com/>

Stranddorf, H. K., Hoffmann, L., & Schmidt, A. (2005). Impact categories, normalisation and weighting in LCA. Danish Ministry of the Environment, Environmental Protection Agency. Saatavissa: <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2005/87-7614-579-4/pdf/87-7614-580-8.pdf>

Suomen ympäristökeskus (Syke). (2004). Ympäristölupaviraston ratkaisu. Saatavissa: <https://www.kansalaishavainnot.fi/download/noname/%7B512F6ED1-77D4-4610-8F7C-943217CAD887%7D/83528>

Tilastokeskus. (2024.). Polttoaineluokitus. Saatavissa: https://stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html

Vadenbo, C., et al. (2014). Abiotic resources: new impact assessment approaches in view of resource efficiency and resource criticality—55th Discussion Forum on Life Cycle Assessment,

Zurich, Switzerland, April 11, 2014. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 19, 1686–1692. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-014-0784-4>

WRI. (2023). *Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute.

WULCA. (i.a). What is AWARE? Viitattu: Marraskuu 6, 2024. Saatavissa: <https://wulca-waterlca.org/aware/what-is-aware/>

Liite 1. Rakennusmateriaalivertailu

Valmistaja	Tuote	Vuosi	Tiedot ohjelmistossa
One Click LCA	Kierrätystiili	2022	Reclaimed brick
One Click LCA	Punatiili	2022	Clay brick
One Click LCA	Talteenotettu massiivipuulattia	2023	Recovered solid-strip hardwood flooring, thickness range: 8 - 22mm, 5.26kg/m ² , 657 kg/m ³ oven-dry, moisture content < 13%
One Click LCA	Massiivipuulattia	2023	multiple species, thickness range: 8 - 22mm, 4.38kg/m ² , 548 kg/m ³ oven-dry, moisture content < 13%
One Click LCA	Kierrätys, Teräslevy	2018	generic, 100% recycled content
One Click LCA	Ready-mix concrete	2020	C35/45 (5000/6500 PSI) with CEM I, 0% recycled binders
One Click LCA	Teräslevy	2018	generic, 0% recycled content
One Click LCA	Kierrätys Ready-mix concrete	2020	C35/45 (5000/6500 PSI) with CEM III/A, 50% GGBS content

Liite 2. Puulattiavertailu

Valmistaja	Tuote	Vuosi	Tiedot ohjelmistossa
One Click LCA	Talteenotettu massiivipuulattia	2023	Recovered solid-strip hardwood flooring, thickness range: 8 - 22mm, 5.26kg/m ² , 657 kg/m ³ oven-dry, moisture content < 13%
Norrlands trä AB	Puulattia (käsittelemätön)	2021	for flooring, 25 mm, 11.75 kg/m ² , 470 kg/m ³ , 8-16% moisture
Norrlands trä AB	Puulattia (suojauksella)	2021	with ultra protect treatment, 25 mm, 11.75 kg/m ² , 470 kg/m ³ , 8-16% moisture content
Moelven Industrier ASA	Massiivipuulattia	2023	from pine, 20x110/117 mm, 9.59 kg/m ² , 470 kg/m ³
Hørning Parket A/S	Parkettilaudoitus	2022	20 mm, 13 kg/m ² , 650kg/m ³ , moisture content 8%, Origin Plank
Staircraft Group Ltd	Lastulevylattia	2023	for domestic use, 0.6x2.4 m
Hørning Parket A/S	Parkettilattia	2022	10 mm, 6.5 kg/m ² , 650kg/m ³ , moisture content 8%
Holse and Wibroe	Bambuparkettilattia	2023	10/15 mm, 680 kg/m ³
Välinge Innovation Sweden AB	Kuitulevylattia	2022	11 mm, 10 kg/m ² , 920 kg/m ³
Moland Group A/S	Viilutettu puulattia	2023	with HDF carrier, 10 mm, 9.49 kg/m ² , 850 kg/m ³ , 5-9% wood moisture