

Johanna Aarnio-Keinänen, Raimo Vierelä, Mika Turska, Juha-Matti Raappana

ARTEKI-hanke, teräsrakentamisen kiertotalous ja hiilijalanjälki

Lapin ammattikorkeakoulun hanke ”ARTEKI – Arktinen teollinen kiertotalous” toteutetaan ajalla 1.6.2023-31.5.2026. ARTEKI-hanke avaa yrityksille mahdollisuuksia edistää kiertotaloutta Lapin alueella erityisesti teräsrakentamisen näkökulmasta. Hankkeen keskeisenä tavoitteena on kehittää pk-yritysten toimintaa kiertotalouden periaatteiden mukaisesti, mikä tuo mukanaan useita etuja, kuten materiaalien tehokkaamman käytön ja kestävämmän liiketoiminnan rakentamisen. Yhteistyössä teräsrakentamiseen erikoistuneiden yritysten kanssa kehitetään hiilijalanjäljen laskentaprosessia, joka vahvistaa yritysten valmiuksia arvioida ja hallita ympäristövaikutuksia. Hankkeessa on mukana seitsemän Lapin alueella toimivaa teollisuuden pk-yritystä. Hankkeen aikana on luotu Excel-pohjainen, teräsrakentamisen tarpeisiin räätälöity hiilijalanjälkilaskentatyökalu, joka huomioi kiertotalouden periaatteet ja tukee alan kestävän kehityksen tavoitteita.

Teräsrakentamisen kiertotalouspotentiaali ja hiilijalanjälki

Teräsrakentamisella on merkittävä potentiaali hyödyntää kiertotalouden periaatteita tulevaisuudessa. Näihin kuuluvat muun muassa kierrätetyn teräksen käyttö, modulaarinen rakentaminen, rakennusten purkaminen ja materiaalien uudelleenkäyttö, digitaaliset innovaatiot ja suunnittelun optimointi sekä palvelupohjaiset liiketoimintamallit. Kiertotalouden periaatteiden integroiminen teräsrakentamiseen voi tehokkaasti vähentää rakennusalan ympäristövaikutuksia ja edistää kestävästä kehitystä.

Teräsrakentamisen hiilijalanjälki vaihtelee riippuen monista tekijöistä, kuten käytetyistä materiaaleista, tuotantoprosesseista, kuljetuksista ja rakennusmenetelmistä. Teräksen valmistusprosessi, erityisesti raaka-aineiden louhinta ja valmistus, voivat olla hiilidioksidipäästöjen kannalta merkittäviä, mutta toisaalta teräksen kierrätysaste ja rakennusten pitkäikäisyys voivat vaikuttaa merkittävän pienentävästi hiilijalanjälkeen.

Hiilijalanjälki kattaa kaikki ilmastopäästöt, jotka syntyvät rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa, mukaan lukien materiaalien valmistus, kuljetus, rakentaminen, käyttö, ylläpito ja lopulta hävittäminen tai kierrätys. Teräsrakentaminen voi olla suhteellisten hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta tehokas ratkaisu useista syistä. Vaikka teräksen valmistus on energiavaltaista ja aiheuttaa merkittäviä päästöjä, sen käyttöön liittyvät ominaisuudet voivat pienentää rakennuksen tai rakenteen kokonaispäästöjä koko elinkaaren aikana. On kuitenkin tärkeää huomata, että teräksen hiilijalanjälki vaihtelee merkittävästi eri rakennusten ja hankkeiden välillä riippuen monista tekijöistä. Siksi kestävän kehityksen periaatteiden noudattaminen ja rakennustoiminnan ympäristövaikutusten jatkuva vähentäminen ovat keskeisiä tavoitteita.

Keskeisiä tekijöitä, jotka tukevat teräsrakentamisen tehokkuutta suhteessa hiilidioksidipäästöihin, ovat:

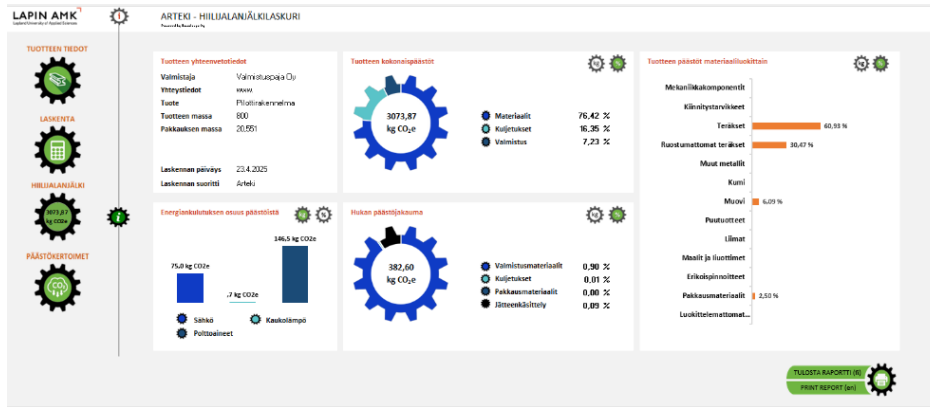
- Pitkä käyttöikä: Teräsrakenteet ovat kestäviä ja säilyttävät ominaisuutensa pitkään, mikä vähentää uusimisen ja korjaamisen tarvetta.
- Kierrätettävyyden: Teräs voidaan lähes kokonaan kierrättää ilman laadun heikkenemistä, mikä pienentää uusien raaka-aineiden tarvetta ja vähentää päästöjä.
- Materiaalitehokkuus: Teräs mahdollistaa kevyiden, mutta vahvojen rakenteiden toteuttamisen, jolloin tarvittavan materiaalin määrä voi jäädä vähäisemmäksi kuin vaihtoehtoisilla ratkaisuilla.
- Rakentamisen tehokkuus: Teollisesti esivalmistetut teräsrakenteet nopeuttavat työmaavaihtoa ja voivat pienentää rakentamisen aikaisia päästöjä.

Näiden ominaisuuksien ansiosta teräsrakentaminen voi tietyissä tapauksissa olla ympäristönäkökulmasta perusteltu ja tehokas ratkaisu, erityisesti silloin, kun rakennusten suunnittelussa hyödynnetään kiertotalouden periaatteita ja pyritään minimoimaan koko elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset.

Teräsrakentamisen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää hyödyntämällä kiertotalouden liiketoimintamalleja. Käytännön esimerkkejä ovat teräksen kierrätettävyyden, joka vähentää neitseellisten raaka-aineiden käyttöä, sekä kevyet rakenteet, jotka pienentävät kuljetusten aiheuttamia päästöjä. Teräksen pitkäikäisyys ja kestävyys puolestaan vähentävät korjausten ja uusimisen tarvetta. Modulaarinen rakentaminen säästää materiaaleja ja vähentää rakentamisen aikaisia päästöjä. Lisäksi teräsrakenteet voidaan purkaa ja ottaa uudelleen käyttöön, mikä edelleen pienentää uusien materiaalien tarvetta. Kiertotalous tarjoaa monipuolisia käytäntöjä ja strategioita, joiden avulla voidaan vähentää rakennusten ympäristökuormitusta ja edistää resurssien tehokkaampaa hyödyntämistä.

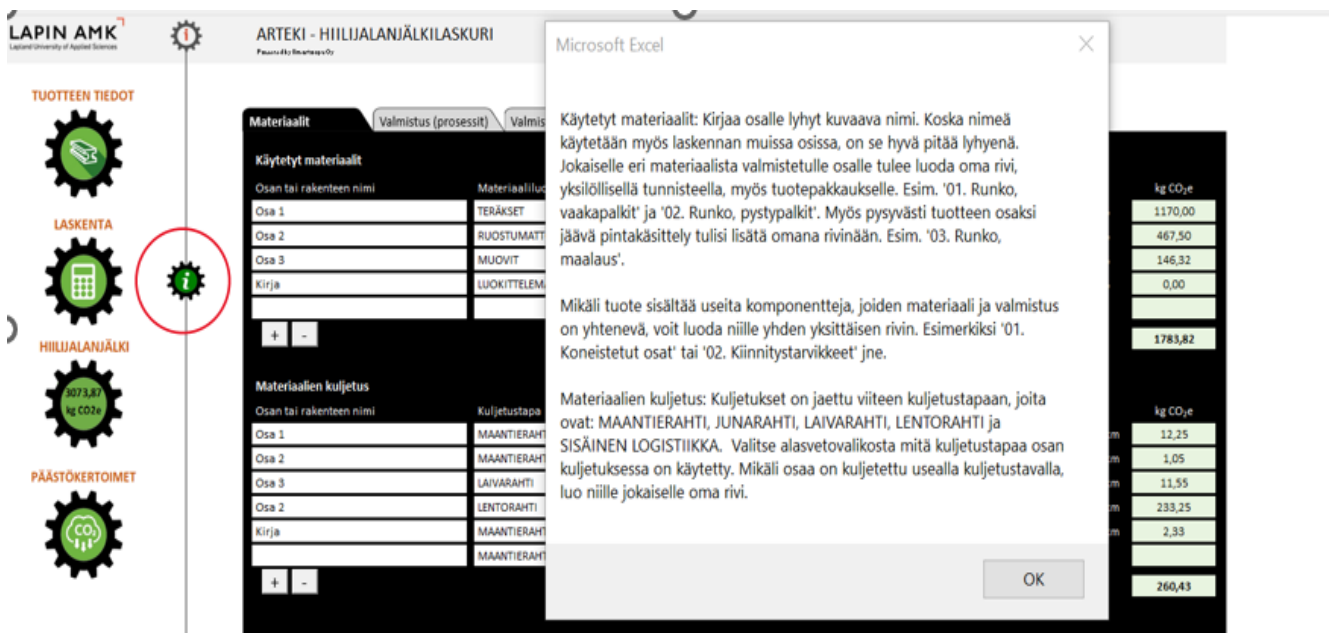
Hiilijalanjälkilaskuri tukemassa vastuullista teräsrakentamista

ARTEKI-hankkeen yhtenä konkreettisenä tuloksena on kehitetty uusi hiilijalanjälkilaskentatyökalu (Kuva 1), joka vastaa erityisesti teräsrakentamisen tarpeisiin. Laskuri on toteutettu tiiviissä yhteistyössä Ilmastoapu Oy:n ja hankkeeseen osallistuneiden yritysten kanssa, joiden avulla työkalua testattiin käytännön olosuhteissa. Laskentatyökalun laskentaperiaatteet pohjautuvat cradle-to-gate-malliin, eli modulit A1-A3. Laskennassa huomioitavat päästölähteet sisältävät tuotannossa käytettävien raaka-aineiden valmistuksen ja kuljetuksen, pakkausmateriaalit ja muut apuaineet, tuotantoprosesseissa kulutetut polttoaineet ja energian, sekä tuotantoprosesseissa syntyvän jätteen käsittelyn ja materiaalihäviöt. Työkalu keskittyy tuotteen valmistusvaiheen ilmastovaikutuksiin, mutta sen joustavuus mahdollistaa myös muiden materiaalien arvioinnin.



Kuva 1 ARTEKI-Hiilijalanjälkilaskuri

Laskuri on ladattavissa ARTEKI-hankkeen [verkkosivuilta](#). Laskuri on tehty käyttäjäystävälliseksi ja selkeäksi. Toimintaa ja käyttöä helpottaa infopainike (Kuva 2), joka opastaa käyttäjää eri tilanteissa. Laskenta etenee vaiheittain: ensin kartoitetaan kaikki päästöt aiheuttavat toiminnot, kuten materiaalien käyttö, energiankulutus ja logistiikka. Tämän jälkeen päästöt lasketaan todennettujen menetelmien ja kansainvälisten päästökerrointen avulla. Tulokset muunnetaan hiilidioksidiekvivalentiksi (CO₂e). Lopuksi laskennan tulokset raportoidaan joko sisäisesti kehittämisen tueksi tai ulkoisesti osana vastuullisuusviestintää.



Kuva 2 ARTEKI-laskurin infopainikenäkymä

Laskurin kehitystyö pohjautui käytännönläheiseen lähestymistapaan, jossa yritysten tarpeet ja osaaminen otettiin huomioon. Hankkeen aikana järjestettiin työpajoja, joissa osallistujat perehtyivät hiilijalanjäljen laskennan perusteisiin, kiertotalouden liiketoimintamalleihin ja vastuullisuuden merkitykseen osana teollista toimintaa. Yritykset oppivat tunnistamaan oman kolmeen luokkaan: suorat päästöt (scope 1), ostoennergiasta syntyvät epäsuorat päästöt (scope 2) ja muut epäsuorat päästöt (scope 3), joihin kuuluvat esimerkiksi hankinnat,

matkustaminen ja jätteet. Scope 3 -luokan laajuus korostaa laskennan merkitystä koko arvoketjun näkökulmasta, sillä suurin osa yritysten päästöistä syntyy usein juuri välillisistä lähteistä.

Hitsausrailogeometria ja materiaalivalinnat terästuotteen hiilijalanjäljen optimoinnissa

ARTEKI-hankkeen hitsausdemonstraatiot toteutettiin Lapin ammattikorkeakoulun Älypajassa. Demonstraatiot tarjoavat konkreettisia esimerkkejä siitä, miten teräsrakentamisen prosesseja voidaan kehittää kohti vähähiilisempää tuotantoa ja niissä keskityttiin erityisesti hitsausprosessien ilmastovaikutuksiin, vertaillen eri teräslaatuja ja hitsausrailogeometrioita.

Ensimmäisessä demonstraatioissa vertailtiin kahden eri paksuisen, mutta laskennallisesti lujuusominaisuuksiltaan vastaavien teräslaatuja, S355K2 ja Strenx 700MC Plus, hiilijalanjälkeä (Kuva 3). Tulokset osoittivat, että ohuemman Strenx-suurlujuusteräksen käyttö vähensi merkittävästi kokonaispäästöjä vertailtaessa paksumpaan S355K2 rakenneteräkseen. Suurin ero syntyi teräksen valmistuksesta, kun taas hitsaussähkön ja kuljetuksen vaikutus hiilijalanjälkeen jäi vähäiseksi. Paksumman S355K2:n hitsauksessa kului enemmän lisäainetta, mikä kasvatti sen hiilijalanjälkeä. Tämä korostaa materiaalivalintojen merkitystä ja prosessien optimoinnin potentiaalia.



Kuva 3 Näytteiden hitsausta mekaanisella hitsausradalla Lapin AMK:n Älypajassa

Toisessa demonstraatioissa tarkasteltiin hitsausrailogeometrioiden vaikutusta hiilijalanjälkeen vertailemalla V- ja X-railoja. V-railo on yleinen ratkaisu yli 4 mm paksuissa levyissä, mutta sen suurempi tilavuus lisää lisäaineen ja energian kulutusta. X-railo (Kuva4), joka soveltuu erityisesti yli 12 mm levyihin, tarjoten pienemmän hitsitilavuuden ja symmetrisen rakenteen, mikä vähentää muodonmuutoksia ja jälkikäsittelyn tarvetta. Näin saavutetaan sekä laadullisia että ympäristöllisiä etuja.



Kuva 4 X-railoviisteet

Hitsaukset suoritettiin Lapin ammattikorkeakoulun Älypajassa mekaanisella hitsausradalla, ja prosessin aikana mitattiin sähkönkulutus, hitsauskaasun ja lisäaineen käyttö sekä hitsausaika. Tulokset syötettiin ARTEKI-hiilijalanjälkilaskuriin, jolloin demonstraatioista saatiin laskennalliset tulokset.

Vertailujen perusteella ympäristön kannalta suotuisin vaihtoehto oli suurlujuusteräksen käyttö. Ohuemman teräslevyn pienempi hiilijalanjälki yhdistettynä pienempään hitsauslisäaineen kulutukseen johti vertailun pienimpään hiilijalanjälkeen.

Railogeometrioita vertailtaessa X-railo osoittautui paremmaksi kuin V-railo. Pienempi hitsitilavuus johti vähäisempään materiaalikulutukseen ja lyhyempään hitsausaikaan, mikä näkyi suoraan pienempänä hiilijalanjälkenä. Lisäksi X-railon rakenne mahdollisti tasaisemman hitsin ja vähensi levyjen taipumista, mikä paransi lopputuloksen laatua ja vähensi korjaavien toimenpiteiden tarvetta.

ARTEKI-hankkeen demonstraatiot osoittavat, että oikeilla materiaalivalinnoilla ja hitsausgeometrioilla voidaan saavuttaa merkittäviä ympäristöhyötyjä ilman, että rakenteellinen laatu kärsii. Jatkokehityksessä voidaan tarkastella kehittyneempien hitsausmenetelmien vaikutuksia energiankulutukseen sekä vertailla hitsauksen ja muiden liitostekniikoiden, kuten särmäyksen, hiilijalanjälkeä. Näin voidaan edelleen vahvistaa teollisuuden siirtymää kohti vähähiilistä ja resurssiviisasta toimintaa.

Yhteenveto

Teräsrakentaminen tukee kiertotaloutta kierrätyksen, modulaarisuuden, materiaalien uudelleenkäytön, digitaalisen suunnittelun ja palvelumallien avulla, mikä vähentää ympäristövaikutuksia. Vaikka teräksen valmistus on energiavaltaista, sen pitkäikäisyys, kierrätettävyys, materiaalitehokkuus ja rakentamisen nopeus pienentävät elinkaaren aikaisia päästöjä. ARTEKI-hankkeessa kehitetty hiilijalanjälkilaskentatyökalu auttaa arvioimaan tuotantovaiheen päästöjä ja tukee vastuullisia päätöksiä. Hankkeessa toteutetut demonstraatiot ovat osoittaneet, että materiaalivalinnoilla, hitsausmenetelmillä ja

liitostekniikoiden kehittämisellä voidaan edelleen vähentää päästöjä ja vahvistaa siirtymää kohti vähähiilistä teollisuutta.

KIRJALLISUUS

ARTEKI – Arktinen teollinen kiertotalous -hanke. Lapin ammattikorkeakoulu. Hankkeet. Hakupäivä 25.8.2025. <https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisöille/Lapin-AMKin-hankkeet?RepoProject=4206000256>

Teräsrakenneyhdistys 2024. Teräsrakennekatsaus 4/2024. Teräksen hiilijalan- ja hiilikädenjälki. Teräsrakenneyhdistys ry. Hakupäivä 19.8.2025. [https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/1349/2a8342c/Teräksen hiilijalan ja hiilikädenjalki.pdf](https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/1349/2a8342c/Teräksen_hiilijalan_ja_hiilikädenjalki.pdf)

Teräsrakenneyhdistys 2024. Teräs materiaalina. Teräsrakenneyhdistys ry. Hakupäivä 19.8.2025. <https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/teras-materiaalina/>

WWF, 2022. Hakupäivä 21.8.2025. <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/greenhouse-gas-protokolla-auttaa-organisaatioita-merkittävimpien-paastolahteiden-tunnistamisessa-wwf-green-officen-tyokaluilla-lasket-ja-seuraat-paastoja%E2%80%AF/>