

Kestävää kehitystä hitsaavan konepajan näkökulmasta tarkasteltuna

■ **Timo Kauppi**

**Konepajoilta odotetaan yhä enemmän valmiuksia ja läpinäkyvyyttä toimintansa tuot-
tamien päästöjen ja erityi-
sesti hiilijalanjäljen rapor-
tointiin. Varsinaista rapor-
tointivelvollisuutta ei vielä
kuitenkaan ole, mutta tule-
vaisuudessa suuryrityksil-
le alihankintaa tekevien pk-
yritysten on kyettävä laske-
maan ja raportimaan tuot-
teidensa tuottama hiilijalan-
jälki osana kestävyysrapor-
tointidirektiivin asettamia
vaatimuksia.**

Kestävyysraportointidirektiivi eli CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) astui voimaan vuoden 2024 alusta ja raportointi alkaa 2025. Se edellyttää, että yrityksen ympäristöä, ihmisoikeuksia kuin muita sosiaalisia seikkoja koskevat tiedot vaikutuksista julkistettaisiin vuosittain yrityksen toimintakertomukseen sisällytettävässä kestävyysraportissa. Direktiivi koskee periaatteessa vain isoja pörssi-
yhtiöitä. Paitsi tilanteessa, jossa yritys on kestävyysraportointidirektiivin piirissä olevan yrityksen alihankkija. Raportointivaatimukset edellyttävät myös toimitusketjussa olevilta selvityksiä. (Yrittäjät 2025)

Konepajat ovat siis tilanteessa, jossa asiakkaat ja viranomaiset ovat aidosti yhä enemmän kiinnostuneita yritysten toiminnan aiheuttamasta ympäristökuormituksesta ja sen laskemista sekä raportoinnista. Teräsrakenteiden toteutuksessa syntyvään hiilijalanjälkeen vaikuttaa moni tekijä, mm. käytetyt materiaalit, valmistuksen työvaiheet, logistiikka ja energiankäyttö. Tulevaisuuden teräsrakentamisessa edellytetään mahdollisimman hiilineutraalia toimintaa ja mm. jätteiden uudelleen käytön suunnittelua. Lapin ammattikorkeakoulussa käynnistyi 1.1.2023 EAKR-rahoitteinen ”Arktinen teollinen kiertotalous” eli ARTEKI-hanke, jossa on vahvistettu alueen PK-yritysten hiilijalanjälkeen vaikuttaviin tekijöihin ja sen laskentaan liittyvää osaamista. Yhtenä konkreettisena tuloksena hankkeessa on kehitetty Ilmastoapu Oy:n kanssa yhteistyössä ”kehdosta tehtaan portille” (gradle-to-gate) tyyppinen hiilijalanjälkilaskuri, jolla pystytään huomioimaan myös hitsauksen aiheuttamat päästöt. Hiilijalanjäljen laskenta auttaa ymmärtämään, mistä päästöt muodostuvat ja mihin panostamalla konepaja voi pienentää omaa hiilijalanjälkeään.

Ympäristövaikutusten viestintä ja hiilijalanjälki

Maailmantalouden nykytilanteessa ympäristöön liittyvistä arvoista, toimenpiteistä ja suorituskyvystä viestiminen on noussut organisaatioiden keskeiseksi toiminnaksi. Organisaatioilla on tarve hankkia ja tuottaa tietoa ympäristöön liittyvistä seikoista, huolenaiheista ja ohjelmista sekä reagoida niihin. Älypuhelinien ja tablettien kaltaisten laitteiden yleistymisen myötä viestintä on lähes reaaliaikaista, minkä vuoksi organisaatioiden täytyy reagoida ongelmiin ja

vastata tietopyyntöihin viipymättä. (SFS-EN ISO 14063 2020, 5)

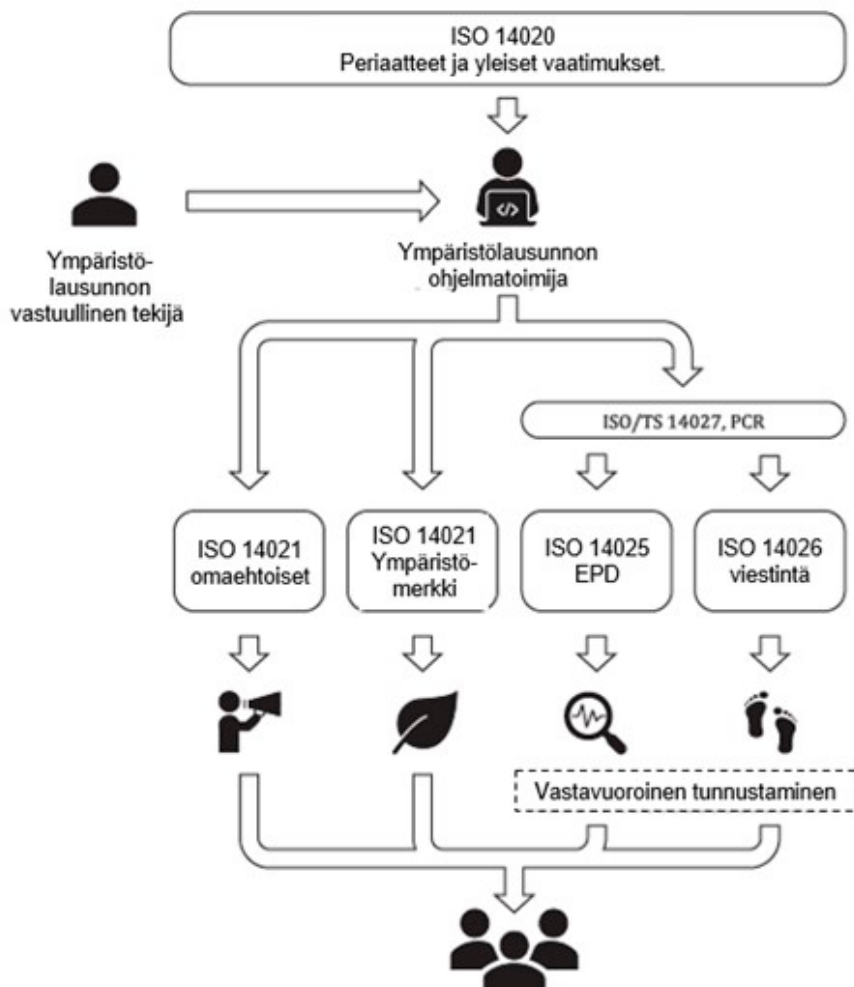
Yrityksen, tuotteen, palvelun, yms. ympäristövaikutuksista voidaan viestiä laatimalla mm. ympäristöväittämiä (environmental claim), -merkintöjä (environmental label) ja -selosteita (environmental declaration). Ympäristöväittämiä tulee vastaan joka paikassa nykyään – mm. kuluttajille suuntautuva markkinointi käyttää niitä ja valitettavasti monesti vailla todenperäisyyttä.

Ympäristöväittämien käytön nopea kasvu on luonut tarpeen sellaisille ympäristömerkintöjä koskeville standardeille, jotka edellyttävät kaikkien tuotteen elinkaaren olennaisesti vaikuttavien näkökohtien huomio-
omioon ottamista väittämiä ym. kehitettävissä. (SFS-EN ISO 14021 2016, 7)

Tällaisia standardeja ovat:

- SFS-EN ISO 14020 (Environmental statements and programmes for products.
- Principles and general requirements) ja ISO 14020 standardiperhe (kuva 1)
- SFS-EN ISO 14021 (Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Omaehtoiset ympäristöväittämät (tyypin II ympäristöselosteet)
- SFS-EN ISO 14025 (Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt)
- SFS-EN ISO 14026 (Ympäristömerkit ja -selosteet. Jalanjälkiviestinnän periaatteet, vaatimukset ja ohjeet)
- SFS-EN ISO 14063 (Ympäristöasioiden hallinta. Ympäristöviestintä. Ohjeita ja esimerkkejä)
- SFS-EN ISO 14067 (Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet)
- SFS-EN 15804 (Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt)

Tyypin III ympäristöselosteita (ISO 14025, EPD) käytetään terästuotteiden ympäristövaikutusten todentamiseen ja viestimiseen. Ne esittävät määrällistä ympäristötietoa tuotteen elinkaaresta, jotta saman käyttötarkoituksen täyttävien tuotteiden vertailu olisi mahdollista. Tyypin III ympäristöseloste on tarkoitettu käytettäväksi yritysten välisessä viestinnässä, mutta



Kuva 1. ISO 14020 standardiperheen rakenne. (SFS-EN ISO 14020 2023, 7 mukailleen).

sen käyttöä yrityksen kuluttajaviestinnässä ei ole suljettu pois. (SFS-EN ISO 14025 2010, 8)

Typin III ympäristöselosteiden kehittämisessä tulee ottaa huomioon kaikki kyseeseen tulevat tuotteen ympäristönäkökohdat koko sen elinkaaren aikana. Nämä tulee sisällyttää ympäristöselosteeseen. Jos kyseeseen tuleviksi katsotut näkökohdat eivät kata kaikkia elinkaaren vaiheita, tämä tulee ilmoittaa ja perustella. Typin III ympäristöselosteiden tarkoitus on antaa ostajalle tai käyttäjälle mahdollisuus verrata tuotteiden ympäristösuorituskykyä niiden elinkaaren perusteella. Tämän vuoksi typin III ympäristöselosteiden vertailtavuus on äärimmäisen tärkeää. Vertailua varten esitetyn informaation tulee olla läpinäkyvää siten, että ostajalla tai käyttäjällä on mahdollisuus ymmärtää typin III ympäristöselosteiden luontaiset vertailtavuuteen liittyvät rajoitukset (SFS-EN ISO 14025 2010, 17–18)

Hiilijalanjälki on käsite, joka kuvaa konkreettisesti ihmisen, tuotteen tai tapahtuman aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä. Se mittaa näiden päästöjen määrää ja ilmentää siten toiminnan ekologista vaikutusta. Päästöjen mukanaan tuomat ympäristövaikutukset, erityisesti ilmastomuutoksen kiihtyminen, ovat tehneet hiilijalanjäljestä arvokkaan mittarin sekä

yrityksille että yksilöille. Englanniksi hiilijalanjälki on carbon footprint. (Havulatta 2025)

Hiilijalanjälkeä mitataan hiilidioksidiekvivalentteina (kgCO₂e), joka on päästöille määriteltä laskettava yksikkö. Sen avulla voidaan mitata ja raportoida ihmisen toiminnasta aiheutuvat päästöt. Nykyään lähes kaikista toiminnoista voidaan laskea niiden tuottama hiilijalanjälki ja käytännössä kaikki toiminta aiheuttaa sitä. (Heilala 2024)

Standardi SFS-EN ISO 14067 antaa hiilijalanjäljen laskemista koskevia vaatimuksia ja ohjeita. Kuva 2 kuvaa ko. standardin

ja muiden kasvihuonekaasustandardien sarjan ulkopuolisten standardien suhteita.

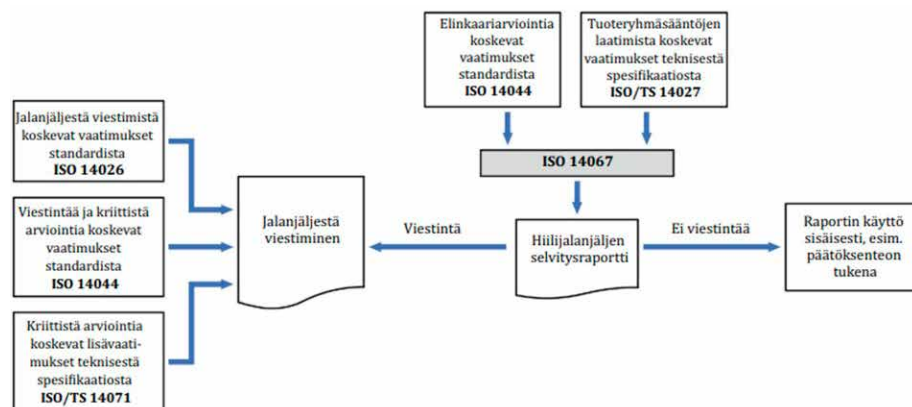
Hiilijalanjäljen mittaaminen

GHG-protokolla on maailmanlaajuinen standardi hiilijalanjäljen laskentaan ja päästöjen yhdenmukaiseen raportointiin. Se on nykyisin vakiintunut laajaan käyttöön ja sitä sovelletaan mm. nykyisten GRI- ja tulevien ESRS-standardien mukaisissa vastuullisuusraporteissa. GHG-protokollassa päästöt luokitellaan kolmeen scopeen eli päästöloukkaan (kuva 3) sen mukaan, miten lähellä yritystä päästöt syntyvät ja voiko yritys siis vaikuttaa näiden päästöjen syntymiseen.

Päästöloukka 1 (Scope 1) sisältää yrityksen tuottamat suorat päästöt. Näitä ovat yrityksen toiminnan päästöt kohteista, jotka yritys omistaa tai joita se kontrolloi, kuten oman tehtaan sekä omien tai leasingautojen päästöt. Päästöloukka 2 (Scope 2) sisältää energiankäytön epäsuorat päästöt. Tämä tarkoittaa yrityksen ostaman energian, lämmön tai jäähdytyksen tuottamisesta aiheutuvia epäsuoria päästöjä. Päästöt syntyvät raportoivan yrityksen energiankäytöstä, mutta vapautuvat sen kontrolloimien tilojen ulkopuolella. Päästöloukka 3 (Scope 3) kattaa kaikki muut epäsuorat päästöt koko yrityksen toimitusketjussa. Päästöt syntyvät kohteissa, joita yritys itse ei omista, mutta jotka aiheutuvat yrityksen toiminnan seurauksena.

Yrityksen hiilijalanjäljen mittaaminen on monimutkainen ja asiantuntemusta vaativa prosessi, joka vaatii tarkkaa tiedonkeruuta. Yleinen prosessi hiilijalanjäljen mittaamiseen koostuu kolmesta eri vaiheesta:

- 1. Kartointus.** Arvioi kaikki yrityksen toiminnat ja prosessit, jotka aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöjä. Näitä voivat olla esimerkiksi: energiankulutus, materiaalien hankinta, kuljetukset, jätteiden käsittely. Kartoituksessa arvioidaan sekä suoria että epäsuoria päästöjä.
- 2. Päästöjen laskeminen.** Päästöjen määrä lasketaan eri toimintojen perusteella. Tämä voidaan tehdä käyttämällä



Kuva 2. Hiilijalanjäljen raportointiin ja viestintään liittyviä standardeja. (SFS-EN ISO 14067 2018, 9)



Kuva 3. GHG-protokollan mukaiset päästöluokat Scope1, 2 ja 3. (Ekokompassi 2025)

erilaisia laskentamenetelmiä ja standardeja, kuten kansainvälisiä päästökerroinlaskureita. Laskelmissa otetaan huomioon eri kasvihuonekaasut, kuten hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi.

3. Raportointi. Yritys voi halutessaan raportoida hiilijalanjäljestään julkisesti tai käyttää sitä yrityksen sisäisenä mittarina. Raportoinnissa voidaan käyttää erilaisia standardeja, kuten ISO 14064 tai Global Reporting Initiative (GRI).

Laskenta etenee karkealla tasolla siten, että ensin asetetaan tavoitteet päästö-

laskennalle eli määritellään, mihin tietoa hyödynnetään. Seuraavaksi tehdään raja- us mukaan otettaviin, olennaisiin päästö- lähteisiin. Sitten kerätään organisaatio- kohtaiset päästötiedot, puuttuvien tietojen osalta käytetään tilastotietoa tai tehdään perusteltuja arvioita. Kerätään päästöker- toimet (kgCO₂e) ja tehdään laskenta. Lo- puksi raportoidaan tulokset. (Lahti 2024)

Päästöluokka 3 (Scope 3) vaatimia tark- koja tuotekohtaisia päästötietoja saa ym- päristöselosteista (EPD = Environmental Product Declaration), jotka tarjoavat tark- kaa ja standardoitua dataa tuotteiden ym- päristövaikutuksista, mukaan lukien kas- vihuonekaasupäästöistä. Sen laatimisen

päävaiheet ovat tiedonkeruu, elinkaariarvi- ointi ja verifiointi. Tiedot kerätään tuotan- tolaitoksella todellisten materiaalivirtojen perusteella. Kerätyn tiedon avulla suorit- taan elinkaariarviointi ja lasketaan arvot ympäristöselosteessa esitetyille indikaat- toreille. Verifiointia tarvitaan silloin, kun tuote on suunnattu kuluttajamarkkinoille. Verifiointin suorittaa aina ulkopuolinen, auktorisoitu taho, joka on riippumaton ym- päristöselosteeseen laatijasta tai antajasta. (Kuittinen & Linkosalmi 2015, 15)

Konepajojen pitää tulevaisuudessa kye- tä todentamaan oman toimintansa ja tuot- teidensa aiheuttama ympäristökuormitus. Käytännössä tämä tarkoittaa ensisijaisesti

tuote- vaihe			rakentamis- vaihe		käyttö							käytöstä poisto				elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset	
raaka-aineiden hankinta	kuljetus	valmistus	kuljetus	työmaatoiminnot	käyttö	kunnossapito	korjaus	osien vaihto	peruskorjaus	energian käyttö	veden käyttö	purkaminen	kuljetukset	purkujätteen käsittely	purkujätteen loppusijoitus	uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja kierrätys	
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D	

Kuva 4. Tuotteen ympäristökuormituksen arvioinnissa käytettävät elinkaaren vaiheet ja moduulit. (SFS-EN 15804 2012, 15)

ympäristöluokkaan 3 liittyvien päästöjen arviointia, mikä tehdään standardeissa SFS-EN ISO 15804 ja SFS-EN ISO 14025 esitettyjen periaatteiden mukaisesti. Taval- lisesti tarkastelu kattaa elinkaaren vaiheet kehdestä tehtaan portille (Cradle-to-Gate) eli kuvan 4 moduulit A1-A3.

ARTEKI hiilijalanjälkilaskuri

ARTEKI-hankkeessa on kehitetty MS Excel- pohjainen laskentatyökalu, jolla voidaan tarkastella standardin SFS-EN 15804 mu- kaisissa vaiheissa A1-A3 (Cradle-to-Gate) syntyviä hiilidioksidipäästöjä. Laskurissa on neljä laskentataulukkoa, joilla lasken- taa hallitaan.

TUOTTEEN TIEDOT käyttöliittymään (ku- va 5) syötetään perustiedot laskettavalle tuotteelle. Tämän jälkeen siirrytään mää- rittelemään muita tarvittavia lähtötietoja.

Tietojen syöttämiseen käytettävät solut si- sältävät pääsääntöisesti alusvetovalikon, jossa on valittavissa olevat vaihtoehdot.

LASKENTA käyttöliittymä (kuva 6), jossa on viisi (5) välilehteä, syötetään seuraavassa esitettyjä tietoja. *Materiaa- lit* välilehdellä määritellään laskennassa huomioitavat osat ja rakenteet, niissä käytettävät materiaalit, kuten teräkset, meka- niikkakomponentit, kiinnitystarvikkeet, jne. sekä materiaalien kuljetustiedot. *Valmis- tus (prosessit)* välilehdellä määritellään valmistukseen liittyvää energiankulutusta (sähkö, kaukolämpö, polttoaineet) sekä valmistukseen liittyvät kuljetukset. *Valmis- tus (muut)* välilehdellä määritellään val- mistukseen liittyvät apumateriaalit, kuten hitsauksen lisäaineet ja suojakaasut, maa- lit ja liuottimet, jne. sekä näihin liittyvät kuljetukset ja tuotantotilojen päästöt. *Pak- kaaminen* välilehti sisältä tiedot tuotteiden

pakkaamiseen käytetyistä materiaaleista, pakkausmateriaalien hukasta ja niiden kul- jetuksesta. *Jakelu ja jätteet* välilehdellä määritellään valmiin tuotteen kuljetus ja valmistuksessa syntyneet jätteet.

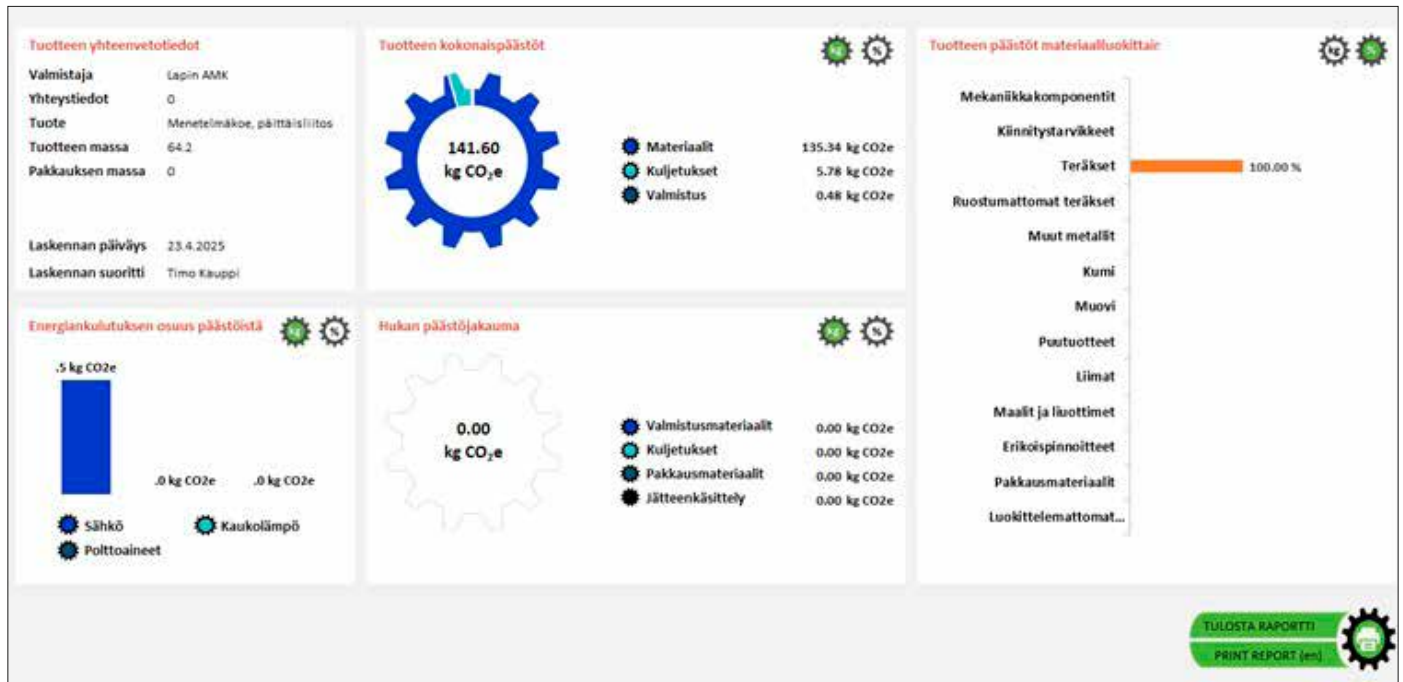
HIILIJALANJÄLKI käyttöliittymä (kuva 7) kokoa yhteen lasketut päästötiedot. *Tuotteen kokonaispäästöt* taulukossa on eritelty materiaaleihin, kuljetuksiin ja val- mistuksiin liittyvät päästöt (kuva 8).

Materiaalipäästöt kerätään **LASKENTA** käyttöliittymän *Materiaalit* välilehden *Käy- tetyt materiaalit* osiosta, *Valmistus (muut)* välilehden *Valmistuksessa käytetyt apuma- teriaalit* osiosta ja *Pakkaaminen* välilehden *Pakkaamiseen käytetyt materiaalit* ja *Pak- kausmateriaalien hukka* osiosta.

Kuljetusten aiheuttamiin päästöihin lasketaan yhteen *Materiaalit* välilehden *Materiaalien kuljetus* osiosta, *Valmistus (prosessit)* välilehden *Valmistuksen aikai-*

Kuva 5. ARTEKI hiilijalanjälkilaskurin TUOTTEEN TIEDOT käyttöliittymä.

Kuva 6. ARTEKI hiilijalanjälkilaskurin LASKENTA käyttöliittymän välilehdet.



Kuva 7. ARTEKI hiilijalanjälkilaskurin HIILIJALANJÄLKI käyttöliittymä.

nen kuljetus osiossa, Valmistus (muut) välilehden Apumateriaalien kuljetus osiossa, Pakkaaminen välilehden Pakkausmateriaalien kuljetus osiossa sekä Jakelu ja jätteet välilehden Valmiin tuotteen kuljetus osiossa ilmoitettut päästöt.

Valmistuksen päästöihin summataan Valmistus (prosessit) välilehdelle osioihin Valmistusprosessien sähkön kulutus, Valmistusprosessien kaukolämmön kulutus ja Valmistusprosessien polttoaineen kulutus, Valmistus (muut) välilehdelle osioon Tuotantotilojen päästöt sekä Jakelu ja jätteet välilehden Valmistuksessa syntyneet jätteet osioon kirjatut päästöt.

PÄÄSTÖKERTOIMET käyttöliittymä (kuva 9) sisältää ARTEKI hiilijalanjälkilaskuriin integroidun päästökerroin taulukon, jota laskenta hyödyntää. Taulukko sisältää päästökerroimen arvoja yhteensä 424 nimikkeelle: mekaniikkakomponenteille (34 kpl), kiinnitystarvikkeille (17 kpl), teräksille (72 kpl), ruostumattomille teräksille (13 kpl), muille metalleille (18 kpl), kumille ja uretaanille (6 kpl), muoveille ja lasikuidulle (42 kpl), puutuotteille (33 kpl), liimoille



Kuva 8. Tuotteen kokonaispäästöjen hierarkia.

(4 kpl), maaleille ja liuotteille (19 kpl), erikoispinnoitteille (4 kpl), pakkausmateriaaleille (13 kpl), luokittelemattomille materiaaleilla (5 kpl), raepuhallusaineille (11 kpl), puhdistusaineille (4 kpl), hitsauskaasuille ja lisäaineille (20kpl), polttoaineille (11 kpl), sähköille (20 kpl), lämpöenergialle (6 kpl), maantie-, juna-, laiva- ja lentorahdille (26 kpl), sisäiselle logistiikalle (7 kpl), kierrätettäville jätteille (11 kpl), hyötykä-

tettäville jätteille (11 kpl), loppusijoitettaville jätteille (2 kpl) sekä työstömenetelmille (15 kpl). Käyttäjä voi halutessaan lisätä uusia päästölähteitä ja niiden päästökerroimia. Taulukko antaa hyvää tietoa mm. siitä miten maantierahdin eri kuljetusmuotojen päästökerroimet poikkeavat toisistaan. Esimerkiksi pakettiauton päästöt ovat n. 2,8 kertaa suuremmat kuin 40 t puoliperävaunun.

ARTEKI - HIILIJALANJÄLKI LASKURI						
Päästölähde						
	kgCO ₂ e	yksikkö	kg per yksikkö	Tietolähde	Vuosi jolloin luotu ¹ tai voimassa ²	Huomioit
KOMONENTIT JA MATERIAALIT						
MEKANIKKAKOMONENTIT						
Pi sylinteri - Kompakti 2-toiminen (per kg tuotetta)	15.77	kg	1.00	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo ABVC tai SMC JCG sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi sylinteri - Standardi 2-toiminen (per kg tuotetta)	5.25	kg	1.00	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo D58C tai SMC JCG sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi sylinteri - Pyöreä 2-toiminen (per kg tuotetta)	11.52	kg	1.00	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo D5NU tai SMC JCM sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi sylinteri - Johdeksylinteri 2-toiminen (per kg tuotetta)	10.32	kg	1.00	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo DFM tai SMC MGP sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi sylinteri - Männänvarren (per kg tuotetta)	10.69	kg	1.00	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo DGC-K tai SMC MYI sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi sylinteri - Männänvarren, johdeksille (per kg tuotetta)	9.45	kg	1.00	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo DGC-G tai SMC CVI sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi venttiili	1.79	kg	0.035	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi venttiiliterminäli (per venttiili)	0.70	kg	0.011	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi suodatin, max 12500 l/min	1.69	kg	0.37	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo MS tai SMC AF-A sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi huoltokiskokko (suodatin + säädin + voitelu)	6.95	kg	0.42	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Festo MSB4 tai SMC AC-A sarja. Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi liitin, Ø 4 - 6 mm, messinki	0.07	kg	0.006	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi liitin, Ø 8 - 10 mm, messinki	0.17	kg	0.014	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	
Pi liitin, Ø 12 mm, messinki	0.29	kg	0.024	ELCO / IPCC 2021	2025 ¹ Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa	

Kuva 9. ARTEKI hiilijalanjälkilaskurin päästökerroin taulukko.

Hitsauksen aiheuttama hiilijalanjälki - esimerkkejä

Alustavat tarkastelut ovat osoittaneet, että hitsauksen osuus teräsrakenteen aiheuttamasta hiilijalanjäljestä on hyvin pieni verrattuna hitsattavan materiaalin tuotamiin päästöihin. Tähän liittyen ARTEKI hiilijalanjälkilaskuria sovellettiin kolmeen esimerkkitapaukseen.

Esimerkki 1. Läpihitsatun T-liitoksen SFS-EN ISO 15614-1:2017+A1:2019 vaatimusten mukaisen menetelmäkokeen hitsaus (kuva 10). Käytetty hitsausprosessi oli 136 (Ø 1,2 mm lanka), hitsattavat teräkset olivat seostamaton rakenneteräs S355K2+N (aineenpaksuus s = 30 mm) ja termomekaanisesti valssattu S355MC (aineenpaksuus s = 15 mm). Hitsattavien levyjen pituus oli l = 350 mm ja leveys w = 150 mm, hitsattavan koekappaleen massa oli 18,3 kg ja lisäainetta kului hitsauksessa 0,6 kg. Teräslevyt oli kuljetettu teräspalvelukeskuksesta yritykseen rekalla 720 km matkan. Hitsauksessa kului sähköä 0,63 kWh ja suojakaasua (Ar + 18 % CO₂) kului n. 50 l eli n. 0,09 kg. Hitsatun koekappaleen NDT tarkastus vaati tarkastajalta 56 km ajomatkan pakettiautolla ja rikkovaa



Kuva 10. Läpihitsatun T-liitoksen koekappale.

aineenkoetusta varten hitsattu koekappale kuljetettiin pakettiautolla 135 km matka.

ARTEKI hiilijalanjälkilaskurista löytyi päästökertoimet kaikille muille nimikkeille paitsi jauhetäytelangalle. Terästen valmistajilta löytyy nykyään hyvin terästuotteiden ympäristöselosteita, joista päästökerroin on määritettävissä. Lisäaineiden suhteen tilanne on toinen ja ympäristöselosteita on toistaiseksi julkaistu vain muutamia. Internetistä tätä artikkelia kirjoitettaessa niitä löytyi vain Esabilta (https://esab.com/fi/eur_fi/about/environment/epd/) ja Voest Alpinelta. Laskennassa lisäaineelle käytettiin kuparoirottoman MAG-umpilangan arvoja. Sähkönkulutusta ei tarvinnut huo-

mioida, koska yrityksessä käytettiin uusiutuvalla energjalla tuotettua sähköä.

Kuvassa 11 nähdään ARTEKI hiilijalanjälkilaskuriin syötetyt tiedot ja kuvassa 12 laskennan tulosten yhteenveto. Jos tarkastellaan suhteellisia osuuksia, niin hitsattava perusaine tuottaa 95,3 % syntyvistä päästöistä, hitsaus 4,69 % ja kuljetukset 3,92 %.

Esimerkki 2. Teollisuuteen toimitettu kuorimarumpu. Tarkastelu käsittää pelkän vaipan pituus- ja kehähitsit. Hitsattava teräs on S235J2+N (s = 40/75 mm) ja sen kuljetusmatka terästehtaalta konepajalle on 125 km. Hitsaus tehdään U/V-railoon prosessilla 135. Taulukon 1 perusteella terästä vaippaan tarvitaan n. 122 t, lisäainetta kuluu rummun vaipan kehähitsiin n. 730 kg ja pituushitsiin n. 86 kg. Kaariaika hitsauksessa on luokkaa 270 h (laskettu tuottavuudella 3 kg/h) ja tämän perusteella suojakaasun kulutus keskimääräisellä virtausnopeudella 10 l/min on n. 290 kg. Kokonaispäästöt kuvan 13 perusteella ovat n. 242105 kgCO₂e. Tässä tapauksessa teräs aiheuttaa peräti 98,8 % syntyvistä hiilidioksidipäästöistä, hitsauksen osuuden ollessa vain 0,71 % ja kuljetuksen 0,52 %.

Materiaalit	Valmistus (prosessit)	Valmistus (muut)	Pakkaaminen	Jakelu ja jätteet	
Käytetyt materiaalit					
Osan tai rakenteen nimi	Materiaaliluokka	Materiaali	Määrä	Osuus	kg CO ₂ e
Teräs S235	TERÄKSET	Kuumavalssattu teräslevy, S235, S355	18.30 kg	100.0 %	35.76
					35.76
Materiaalien kuljetus					
Osan tai rakenteen nimi	Kuljetustapa	Kuljetusväline	Määrä	Tonni km	kg CO ₂ e
Teräs S235	MAANTIERAHTI	Puoliperävaunun yhdistelmä 40 t - VTT Lipasto	720.0 km	13.176 tkm	0.65
					0.65
Materiaalit	Valmistus (prosessit)	Valmistus (muut)	Pakkaaminen	Jakelu ja jätteet	
Valmistuksen aikainen kuljetus					
Osan tai rakenteen nimi	Kuljetustapa	Kuljetusväline	Määrä	Tonni km	kg CO ₂ e
Teräs S235	MAANTIERAHTI	Pakettiauto (diesel) - HBEFA	56.0 km	1.02 tkm	0.14
Teräs S235	MAANTIERAHTI	Pakettiauto (diesel) - HBEFA	270.0 km	4.94 tkm	0.68
					0.82
Materiaalit	Valmistus (prosessit)	Valmistus (muut)	Pakkaaminen	Jakelu ja jätteet	
Valmistuksessa käytetyt apumateriaalit					
Nro.	Materiaaliluokka	Materiaali	Määrä	kg CO ₂ e	
1	HITSAUSKAASUT_JA_LISÄÄINEET	Hitsauslanka, OK Autrod 12.51 - ESAB	0.6 kg	1.74	
2	HITSAUSKAASUT_JA_LISÄÄINEET	SK-18, hiilidioksidi (18%) + argon - WOIKO	0.09 kg	0.02	
				1.76	

Kuva 11. Esimerkissä 1 käytetyn teräksen, lisäaineen, suojakaasun ja kuljetusten päästökertoimet, kgCO₂e.

Tuotteen kokonaispäästöt



-  Materiaalit
-  Kuljetukset
-  Valmistus

37.52 kg CO2e
1.47 kg CO2e
0.00 kg CO2e



Kuva 12. Esimerkki 1, yhteenlasketut päästöt.

Taulukko 1. Kuorimarummun vaipan valmistukseen tarvittava teräs ja hitsauslisäaine.

Osa	pks. [mm]	massa [kg]	OD [mm]	ID [mm]	D _{ave} [mm]	hitsi		
						l [m]	[kg/m]	[kg]
8/1	75	23530	5300	5150	5225	16.4	8.53	140.02
1/2	40	15100	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
2/3	40	15100	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
3/4	40	15100	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
4/5	40	15100	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
5/6	40	13700	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
6/7	40	24130	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
7/12	40	27110	5230	5150	5190	16.3	5.17	84.30
Yhteensä		121760						730.1

Tuotteen kokonaispäästöt

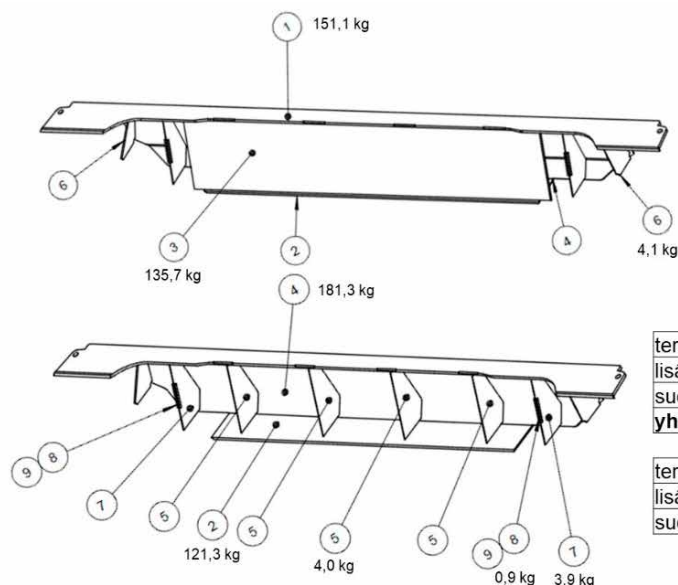


-  Materiaalit
-  Kuljetukset
-  Valmistus



99.27 %
0.73 %
0.00 %

Kuva 13. Kuorimarummun vaipan hitsauksessa syntyneet hiilidioksidipäästöt.



	kgCO ₂ e	
	S235	Zero™
teräs	1215	399
lisäaine	28.6	28.6
suojaakaasu	0.6	0.6
yhteensä	1245	428

teräs	97.7 %	93.2 %
lisäaine	2.3 %	6.7 %
suojaakaasu	0.05 %	0.15 %

Kuva 14. Esimerkki 3, hitsattava komponentti ja sen tuottamat päästöt.

Esimerkki 3. Vähäpäästöisen teräksen käyttö junan tavaravaunun telirakenteen komponentissa (kuva 14). Terästä tarvitaan 622 kg, lisäainetta hitseihin menee n. 10 kg ja suojakaasua n. 3,5 kg. Jos materiaalina käytetään normaalia kuumavalssattua S355 myötölujuusluokan terästä, niin päästöt ovat 1245 kgCO₂e. Jos materiaalina käytettäisiin SSAB:n vähäpäästöistä SSAB Zero™ terästä putoaisivat päästöt peräti 76 %! Hitsauksen suhteellinen vaikutus hiilijalanjälkeen tietysti kasvaa, kun teräksestä aiheutuvat päästöt vähenevät ja tällöin mm. railogeometrian optimointi on tärkeää.

Odotukset ja niihin vastaaminen

Hitsaavilta konepajoilta odotetaan lähivuosien aikana kykyä määrittää ja hallita oman toimintansa tuottamia ympäristöpäästöjä. Vähimmillään tämä tarkoittaa GHG protokollan päästöluokan 3 mukaisen, EN 15804 standardissa esitetyn kehdestä tehtaan portille (Cradle-to-Gate) hiilijalanjäljen laskentaa ja sen todentamista. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että yksittäisen toimijan pitää perehtyä hiilijalanjäljen perusteisiin ja opetella sen laskemiseen vaadittava tekniikka. Tällä hetkellä on tarjolla runsaasti erilaisia asiantuntijapalveluita ja koulutuksia laskennan tekemiseen liittyen. Haasteena kuitenkin on se, että kukaan ei tunnu tietävän sitä, kuinka laajasti ja millä tasolla laskenta pitää tehdä. Tämä tuo omat haasteensa jo tarjolla olevien asiantuntijapalveluiden investointiin, koska niiden hankkiminen edellyttää ympäristöpäästöihin liittyvien perustaitojen hallintaa. Mikäänhan ei ole konsultille enemmän tervetullutta kuin asiantuntijapalveluiden tarjoaminen osapuolelle, joka ei vielä tiedä juuri mitään kohteena olevasta toiminnasta.

Lapin ammattikorkeakoulussa on teräsrakentamiseen liittyen läpiviety useita

LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences



Euroopan unionin osarahoittama



LAPIN LIITTO

ARTEKI – Arktinen teollinen kiertotalous -hanke

Toteuttaja: Lapin ammattikorkeakoulu
Hankeaika: 1.6.2023-31.5.2026

Rahoitus: Kokonaisbudjetti 472 140€, EU-rahoitus 377 712€, julkinen rahoitus 94 428€
Laskentatyökalun lataus:
www.arteki.fi

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

hankkeita (mm. Lapin alueen teräsrakentaminen 2014 – haasteet, osaamispääoma ja kehitystarpeet ja ASC4CE – kiertotalouden arktiset teräsrakenteet) ennen nyt käynnissä olevaa ARTEKI (Arktinen teollinen kiertotalous) hanketta. Hankkeen projektipäällikkö Johanna Aarnio-Keinänen kertoo hankkeessa syntyvän tietoa myös laskennan reunaehtojen asettamiselle. Hankkeen alkuvaiheessa on satsattu erityisesti konepajojen hiilijalanjäljen perusteiden läpikäyntiin ja helppokäyttöisen hiilijalanjäljen laskentatyökalun kehittämiseen. Hankkeessa on suoraan mukana seitsemän (7) Lappilaista pk-yritystä, joiden kanssa perusasioiden läpikäyntiä ja ARTEKI hiilijalanjälkilaskurin kehitystyötä on tehty.

Lähteet

Ekokompassi. 2025. Hiilijalanjäljen laskenta opastaa toimenpiteisiin käytännön ympäristötyössä. Internet-sivu. Viitattu 27.4.2025. Luettavissa https://ekokompassi.fi/yrityksen-hiilijalanjalki-vastuullisen-yrityksen-kompassi/?_gl=1*1kzjt41*_up*MQ..*_gs*MQ..&gclid=CjwKCAjwq7fABhB2EiwAwk-YbHRzuRmpiBD37u7P7PMnGxYiZ8LT8BprMIGOT4J4cRzB9PBVTcx-eRoCJ9cQAvD_BwE&gbraid=OAAAAACZdp02aVZq5m4e4B_WP7ilfqL_Vs.

Havulatva. 2025. <https://havulatva.fi/mika-on-hiilijalanjalki/>

Heilala J. 2024. Hiilijalanjäljen laskenta koneistavalle yritykselle. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kuittinen M. & Linkosalmi L. Puupohjaisten tuotteiden ympäristöselosteiden laatiminen. Aalto-yliopisto. Aaltoyliopiston julkaisusarja Crossover. Viitattu 26.4.2025. Saatavissa <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/6005.pdf>.

NGS Finland. 2025.

SFS-EN ISO 14020. 2023. Environmental statements and programmes for products. Principles and general requirements. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14021. 2016. Ympäristömerkit ja ympäristöselosteet. Omaehtoiset ympäristöväittämät (tyypin II ympäristöselosteet). Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14025. 2010. Ympäristömerkit ja -selosteet. Tyypin III ympäristöselosteet. Periaatteet ja menettelyt. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14063. 2020.

Ympäristöasioiden hallinta. Ympäristöviestintä. Ohjeita ja esimerkkejä. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14067. 2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 15804. 2012. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Yrittäjät. 2025. <https://www.yrittajat.fi/uutiset/kestavyysraportointidirektiivastuu-voimaan-1-1-2024-miten-se-kooskee-pienyritysta/>.

**Timo Kauppi, IWE, IWI-C, TkL
Oulun yliopisto / Lapin
ammattikorkeakoulu**