



**Euroopan unionin
osarahoittama**

LAPIN AMK
Lapland University of Applied Sciences



LAPIN LIITTO

Mika Turska, Asiantuntija, Insinööri AMK, Uudistuva teollisuus, Juha-Matti Raappana, Asiantuntija Insinööri AMK Uudistuva teollisuus, Raimo Vierelä, Asiantuntija, Insinööri AMK Uudistuva teollisuus.

Hitsausrailogeometrian merkitys terästuotteen hiilijalanjälkeen

Tässä blogissa tarkastellaan hitsausgeometrioiden vaikutuksia hiilijalanjälkeen ja pyritään tuomaan esille, kuinka oikean railotyypin valinnalla voidaan optimoida hitsauksen kestävyyttä ja taloudellisuutta.

Hiilijalanjäljen optimointi on keskeinen osa teollisuuden kestävä kehityksen tavoitteita, erityisesti hitsausprosessien osalta, joissa materiaalivalinnat ja geometriset ratkaisut vaikuttavat merkittävästi energiankulutukseen ja ympäristövaikutuksiin. Demonstraatiossa analysoitiin kahden erilaisen hitsausrailon, V-railon ja X-railon vaikutusta hitsauksen hiilijalanjälkeen.

V-railo

V-railo on yksi yleisimmin käytetyistä hitsausrailogeometrioista, ja sitä sovelletaan erityisesti, kun tavoitteena on varmistaa riittävä läpihitsautuminen yli 4 mm paksuissa levyissä. Tässä tutkimuksessa käytetyssä hitsausdemonstraatiossa hyödynnettiin 60°:n railokulmaa, mikä kasvatti railon tilavuutta ja vaikutti samalla lisäaineen kulutukseen sekä hitsausprosessin energiankäyttöön. Railon viisteen juuripinnan korkeudeksi määritettiin 2 mm, mikä on kriittinen tekijä hitsauksen laadun ja sulamisvyöhykkeen hallinnan kannalta.

Aikaisempien tutkimusten mukaan V-railon suurempi tilavuus helpottaa virheettömän hitsin muodostumista, mutta samalla se lisää materiaalikulutusta, hitsausaikaa ja energiankulutusta, mikä kasvattaa sekä taloudellisia että ekologisia kustannuksia (Lepola & Makkonen, 2005, s. 128).

X-railo

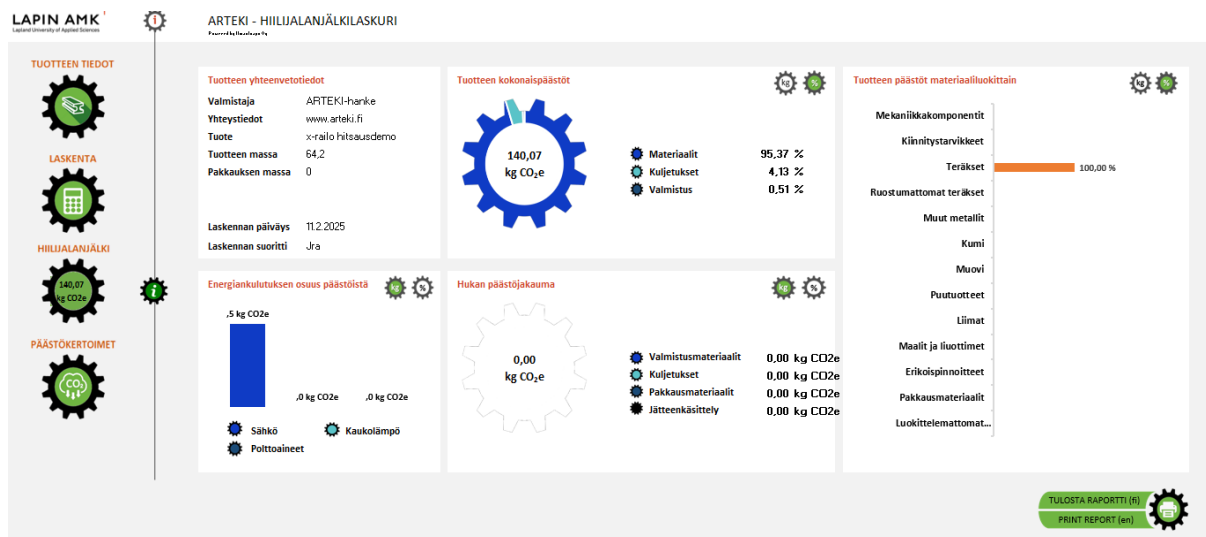
X-railo, joka tunnetaan myös kaksois-V-railona, on tyypillisesti suositeltava hitsausratkaisu yli 12 mm:n levyille. Myös tässä tapauksessa käytetty 60°:n railokulma mahdollistaa riittävän tunkeuman, mutta geometrinen rakenne pienentää hitsin tilavuutta verrattuna perinteiseen V-railo-geometriaan. Tämä vähentää merkittävästi tarvittavan lisäaineen määrää sekä hitsausprosessin energiankulutusta (Moos ym., 2008, s. 85).

Rakenteellinen etu X-railolle on sen symmetrisyys, joka minimoi yksipuoliset muodonmuutokset hitsauksen aikana. Tämä parantaa hitsauksen lopputuloksen laatua ja vähentää tarvetta jälkikäsittelylle, kuten lämpökäsittelylle ja hionnalle, jotka osaltaan lisäävät prosessin energiankulutusta.

X-railohitsauksen ja V-railohitsauksen hiilijalanjäljen vertailu Lapin AMK:n kehittämän laskurin avulla

[ARTEKI-hankkeen](#) (Arktinen teollinen kiertotalous, 2023-2026) yhtenä tavoitteena oli lähteä kehittämään hiilijalanjälkilaskuria, joka tukee alueen yritysten toimintaa kohti hiilineutraalia toimintaa ja kestävämpää liiketaloutta. Hankkeessa toteutettiin konkreettinen demonstraatio, jossa vertailtiin kahta eri railogeometriaa ja niiden tuomaa hiilijalanjäljen eroa laskurin antaman datan perusteella.

Hiilijalanjälkilaskuri (Kuva1) toteutettiin ja kehitettiin yhteistyössä Ilmastoapu Oy:n kanssa. Kyseisen laskentatyökalun avulla terästeollisuuden pk-yritykset voivat mallintaa tuotteidensa hiilijalanjäljen prosessinsa aikana. Työkalu mahdollistaa laskennan kehdestä portille (cradle to gate). Kyseinen malli pitää sisällään koko tuotantoprosessin alkaen raaka-aineiden valmistuksesta päättyen valmiin tuotteen kuljettamiseen tehtaan porteille ennen matkaansa lopulliseen kohteeseen maailmalle.

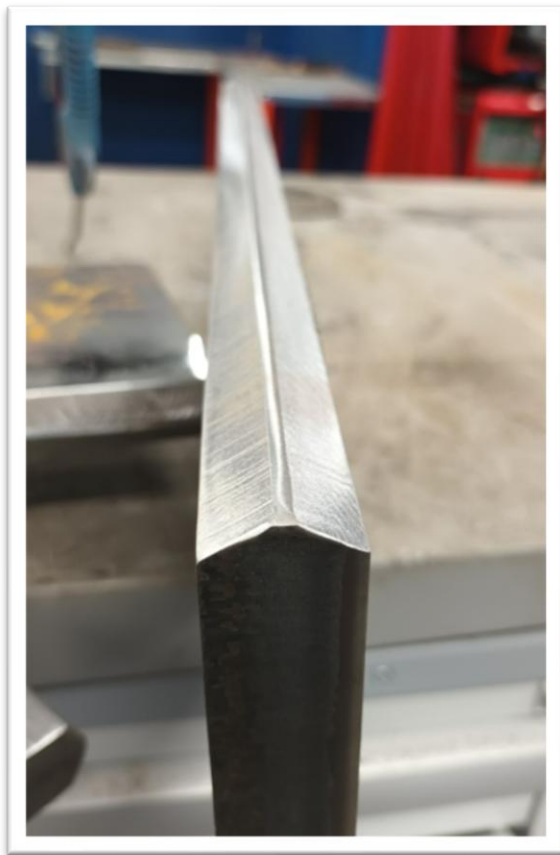


Kuva1 Arteki hiilijalanjälkilaskuri

Demonstraatioon taustat ja menetelmät

Demonstraatio keskittyi vertailemaan X-railon ja aikaisemmin hitsatun V-railon hiilijalanjälkeä, jotta voitiin arvioida kuinka railogeometria vaikuttaa hitsauksen kokonaisympäristövaikutuksiin. Tavoitteena oli myös kehittää laskentamenetelmiä, parantaa käytännön hitsaustaitoja sekä hyödyntää laskennallisia ja mitattuja arvoja vertailuanalyyseissä. Lisäksi tässä demossa huomioitiin materiaalien jatkokäyttö kiertotalouden näkökulmasta, jotta ymmärretään, että materiaalia ei tarvitse aina heittää pois vaan niistä voidaan innovoida uusia tuotteita.

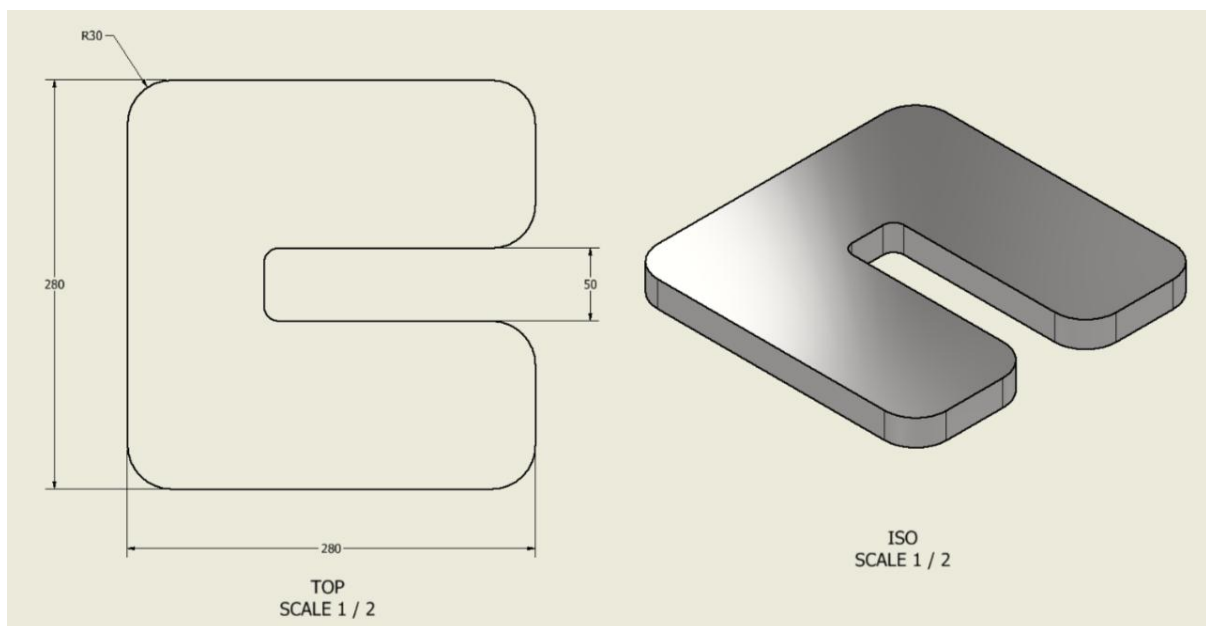
Demonstraatiossa valmistettiin neljä 600 mm:n hitsausnäytettä rakenneteräksestä S355 (25 mm) X-railogeometrialla. (Kuva 2) Testien tuloksia verrattiin aiemmin toteutettuun [V-railon hitsaukseen](#). Hiilijalanjäljen laskentaan käytettiin hankkeessa kehiteltyä laskuria.



Kuva2 X-railon viisteet

Testauksen toteutus sisälsi seuraavat vaiheet:

- Levyihin vesileikattiin x-railo viisteet Tornion Lappialla
- Levyt numeroitiin ja punnittiin ennen hitsausta.
- Aihiot hiottiin ja valmisteltiin hitsausta varten.
- Sähkönkulutus mitattiin hitsauksen aikana sähkönkulutusmittarilla.
- EWM-hitsauslaitteistosta kerättiin tiedot, kuten hitsausaika ja kaasunkulutus.
- Hitsausparametrit selvitettiin WPS-dokumentaation perusteella.
- Hitsauksen aikana tehtiin havaintoja prosessin eri vaiheista ja mahdollisista poikkeamista.
- Hitsauksen jälkeen mietittiin levyjen jatkokäyttöä ja leikkaussuunnitelmaa kiertotalouden edistämiseksi (esim. materiaalin hyödyntäminen teltan painoina). Kuva3
- Testauksen päätteeksi huolehdittiin työtilojen siisteydestä ja järjestyksestä älypajassa 6S -toiminnan mukaisesti
- Turvallisuus oli priorisoitu korkealle testauksen aikana.



Kuva3 Leikkaussuunnitelma teltan painolle, CAD-malli

Havainnot ja huomiot demonstraation aikana

Tiedossa oli jo alussa, että x-railossa hitsipalkojen määrä tulee olemaan pienempi mitä aikaisemmin tehdyssä v-railossa ja lopputulos tukikin tätä päätelmää. Mekanisoitu kuljetin mahdollistaa hyvän ja tasaisen hitsin muodostamisen mikä vahvistaa osaltaan tulosten oikeellisuutta. (Kuva4)

Terästen taipuminen ei ollut myöskään niin voimakasta mitä v-railoa hitsatessa mikä johtuu siitä, että hitsipalkoja tulee molemmin puolin levyjä. V-railon hitsissä juurihitsin onnistuminen on kriittinen ja sen tulee onnistua kerralla. X-railon hitsauksessa juuri voidaan puhdistaa mekaanisesti ennen seuraavaa palkoa.



Kuva4 Froniuksen TP3200 CrNi 320A koneella ja mekaanisella hitsausradalla suoritettu hitsi

Hiilijalanjäljen laskenta ja vertailu

Hitsausdemonstraation datan käsittelyn jälkeen siirrettiin tiedot ARTEKI- hiilijalanjälkilaskuriin. Aluksi laskuriin syötettiin materiaalitiedot. Mikä teräs on kyseessä, mistä teräs on tuotu, minkä painoinen kappale on kyseessä ja millä kulkuneuvolla se on saapunut Kemiin. Ensimmäisessä vaiheessa on huomioitava myös sisäisen logistiikan tarpeet. Tämän jälkeen laskuriin siirrettiin hitsauksen sähkönkulutus, lisäaineen sekä hitsauskaasun kulutus.

Laskuriin valmiiksi syötetyt EPD arvot antavat lopputuotteelle luotettavan kokonaisympäristövaikutuksen. EPD on sertifioitu asiakirja, joka raportoi tuotteen ympäristötiedot elinkaarinäkökulmasta ja niiden laskennat todentaa aina ulkopuolinen taho. Kuvassa 5 on esitetty muutamia ARTEKI hiilijalanjälkilaskuriin kasattuja päästökertoimia ja kuvassa 6 on esitetty vertailun tulokset.

ARTEKI - HIILIJALANJÄLKILASKURI					
Powered by Ilmastopaja Oy					
Päästölähde	kgCO ₂ e	yksikkö	kg peryksikkö	Tietolähde	Vuosi jolloin: luotu ¹ tai voimassa ² Huomiot
Kulmatanko, S235, S355 - NORSK STÅL AS	0,84	kg	1,00	Norsk Stål AS	2028 ²
Kulutusteräs	3,10	kg	1,00	ELCD / IPCC 2021	2025 ¹ Esimerkiksi Ovako WR-Steel. Kerroin johdettu käyttäen openLCA c
Kuumavalssattu teräslevy, S235, S355	1,95	kg	1,00	ELCD / IPCC 2021	2025 ¹ Kerroin johdettu käyttäen openLCA ohjelmistoa
Kuumasinkitty teräs - RUUKKI	2,60	kg	1,00	Ruukki	2025 ² Kuumasinkityt teräsrakenteet
Kuumavalssattu teräslevy, SSAB ZERO - SSAB	0,64	kg	1,00	SSAB	2030 ² Raaka-aine 100 % kierrätettyä
Kuumavalssattu teräslevy ≤ 25mm, STREX - SSAB	2,16	kg	1,00	SSAB	2025 ² 25 mm paksuuteen saakka
Kuumavalssattu teräslevy ≤ 25mm, HARDOX, RAEX - SSAB	2,16	kg	1,00	SSAB	2025 ² 25 mm paksuuteen saakka
Kuumavalssattu teräslevy ≤ 25mm, TOOLOX - SSAB	2,16	kg	1,00	SSAB	2025 ² 25 mm paksuuteen saakka
Kuumavalssattu teräslevy ≤ 25mm, ARMOX, RAMOR - SSAB	2,16	kg	1,00	SSAB	2025 ² 25 mm paksuuteen saakka
Kuumavalssattu teräslevy ≤ 25mm, BORON - SSAB	2,16	kg	1,00	SSAB	2025 ² 25 mm paksuuteen saakka

Kuva5 Päästökertoimet ARTEKI hiilijalanjälkilaskurissa

V-railohitsaus

Tuotteen kokonaispäästöt



Materiaalit	95,42 %
Kuljetukset	4,08 %
Valmistus	0,50 %



X-railohitsaus

Tuotteen kokonaispäästöt



Materiaalit	95,37 %
Kuljetukset	4,13 %
Valmistus	0,51 %



Kuva 6 Tuotteiden kokonaispäästöt

Johtopäätökset ja jatkokehitys

Tulokset osoittivat, että X-railo oli ympäristön kannalta suotuisampi vaihtoehto verrattuna perinteiseen V-railoon. Tämä johtui pääasiassa pienemmästä lisäaineen ja hitsauskaasun kulutuksesta sekä lyhyemmästä hitsausajasta. Käytännössä tämä tarkoittaa, että oikean railogeometrian valinnalla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä sekä materiaaleissa että energiankulutuksessa, samalla vähentäen hitsauksen ympäristövaikutuksia.

Jatkossa yhdeksi tutkimuskohteeksi voisi ottaa miten kehittyneemmät hitsausmenetelmät voisivat entisestään optimoida energiankulutusta ja vähentää hiilijalanjälkeä sekä vertailla särmäyksen ja hitsauksen eroja hiilijalanjäljen tuotossa.

Lähteet:

Lepola, P. Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. WSOY

Moos ym. 2008: Metallirakentajan käsikirja. Hämeen ammattikorkeakoulu. Saarijärven Offset. Saarijärvi.