



Burak Demir

Teräsrakentamisen hiilijalanjälki

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

13.02.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Burak Demir
Otsikko: Teräsrakentamisen hiilijalanjälki
Sivumäärä: 66 sivua + 4 liitettä
Aika: 13.02.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Rakennetekniikka
Ohjaajat: Projektipäällikkö Mauro Nottegar
Projektinvalvoja Ossi Kujala
Lehtori Paula Naukkarinen

Tässä insinööriyössä tarkasteltiin terästuotteiden ja teräsrakentamisen hiilijalanjälkeä, joka on noussut tärkeäksi aiheeksi ympäristötietoisessa rakentamisessa. Tutkimuksessa analysoitiin teräksen valmistus- ja kuljetusprosessia ja pyrittiin tunnistamaan ne vaiheet, joissa syntyy eniten kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi tarkasteltiin, kuinka suunnittelijat voivat omilla ratkaisullaan vaikuttaa teräsrakenteiden vähähiilisyyteen ja siten edistää ympäristöystävällisempää rakentamista.

Työssä tuotettiin helposti luettavaa aineistoa teräsrakentamisen hiilijalanjäljestä sekä luotiin hiilidioksidipäästöjen laskentataulukko, mistä voi helposti laskea erilaisten terästuotteiden hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi opinnäytetyössä käsiteltiin erilaisia kansanvälisiä sopimuksia, jotka ohjaavat Suomea hiilineutraaliksi maaksi, sekä käsiteltiin erilaisia teräksen hiilidioksidipäästöjen kompensointimenetelmiä.

Työn tavoitteena oli kehittää Swecon sisällä hiilijalanjälkiosaamista ja luoda perusta olemaan hiilineutraali suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijayritys. Sweco pyrkii jatkuvasti kehittämään toimintaansa, olemaan alan edelläkävijä ja ottamaan vahvasti kantaa ilmastomuutoksen torjumiseen.

Tämän insinööriyön toteuttamisessa hyödynnettiin laajaa kirjallisuuskatsausta ja sähköisiä lähteitä, jotka käsittelivät alan viimeisimpiä kehityssuuntauksia ja teknologisia ratkaisuja. Tutkimustyötä tuettiin ympäristöministeriön julkaisulla vähähiilisyyden arviomenetelmästä sekä Oneclicklca ja Co2data-työkaluilla, jotka mahdollistavat elinkaarivaihtelun ja päästöjen laskennan.

Opinnäytetyön edistyessä todettiin, että ekologinen teräs on tärkeä materiaali kestävä kehityksen näkökulmasta sen pitkän käyttöiän ja korkean kierrätysasteen ansiosta. Teräs on maailman kierrätetyin materiaali, joka voidaan kierrättää uudelleen ilman, että sen tärkeät ominaisuudet kärsivät. Fossiilivapaan teräksen valmistus tarjoaa merkittäviä mahdollisuuksia kestävä kehityksen edistämiseen ja hiilineutraalin yhteiskunnan saavuttamiseen.

Avainsanat: Hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, hiilineutraali, vähähiilinen rakennuttaminen, hiilinielu, hiilikompensaatio, Oneclicklca, Co2data

Abstract

Author: Burak Demir
Title: Carbon Footprint of Steel Construction
Number of Pages: 66 pages + 4 appendices
Date: 13 February 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Structural Engineering
Supervisors: Project manager Mauro Nottegar
Project supervisor Ossi Kujala
Senior Lecturer Paula Naukkarinen

The purpose of this final year project was to investigate the carbon footprint of steel products and construction and identify the stages of the manufacturing and transportation process that generate most emissions. In addition, the study examined how designers can influence the low-carbon footprint of steel structures through their own solutions and thus promote more environmentally friendly construction. The thesis considered international agreements and increasingly stringent building regulations.

The thesis utilised accessible information on the carbon footprint of steel construction and created a CO₂ emissions calculation table for various steel products. It also analysed international agreements driving Finland towards carbon neutrality and explored compensation methods for CO₂ emissions of steel production.

As the thesis progressed, it was found that ecological steel is an important material from the perspective of sustainable development due to its long service life and high recycling rate. Steel is the most recycled material in the world and can be recycled repeatedly without compromising its important properties. The production of fossil-free steel provides significant opportunities for promoting sustainable development and achieving a carbon-neutral society.

Keywords: carbon footprint, carbon handprint, carbon neutral, low carbon building, carbon sink, carbon offsetting, Oneclick-lca, Co2data

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	7
2	Yleistietoa teräksestä	10
2.1	Raudan ja teräksen historia	13
2.2	Raudan ja teräsrakentamisen historia	16
2.3	Teräsrakentamisen tuotteet	22
2.4	Teräksen valmistus	26
2.5	Teräs rakennusmateriaalina	30
3	Teräsrakenteiden hiilijalan- ja -kädenjälki	32
3.1	Lainsäädäntö ja tavoitteet	32
3.1.1	Pariisin sopimus	33
3.1.2	Euroopan vihreän kehityksen ohjelma	34
3.2	Hiilijalanjäljen laskeminen	35
3.3	Hiilikädenjälki	38
3.4	Teräksen ympäristövaikutukset	39
3.5	Teräksen ekologisuus ja elinkaari	40
3.6	Opas vähähiiliseen teräsrakennuttamiseen	42
4	Teräsrakenteet	47
4.1	Edut verrattuna betoni- ja puurakentamiseen	47
4.2	Teräsrakenteiden huonot puolet	49
4.3	Markkinatilanne	50
5	Kohti hiilineutraalia teräsrakentamista	51
5.1	Rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuudet	51
5.2	Kilpailuedut hiilineutraaliudesta	54
5.3	Hiilidioksidipäästöjen kompensointi	55
6	Johtopäätökset ja pohdinta	57
6.1	Teräksen tulevaisuus	57
7	Yhteenveto	60

Liitteet

Liite 1: One Click LCA -ohjelmistolla voi vertailla rakenteiden hiilijalanjälkeä.

Liite 2: Kysely; hiilineutraalius ja vähähiilisyys yritysten strategisen kilpailukyvyn lähteenä

Liite 3: Hitsattujen ja maalattujen rakenneterästen EPD-ympäristöseloste

Liite 4: Laskentataulukko; teräksen valmistuksessa ja kuljetuksessa syntyvät hiilidioksidipäästöt

Lyhenteet

CO ₂	Hiilen ja hapen kemiallinen yhdiste, hiilidioksidi.
EN	Euroopan maiden yhteinen standardoitu järjestelmä.
EPD	Environmental Product Declaration, eli ympäristöseloste. Asiakirja sisältää elinkaarinäkökulmasta laadittua läpinäkyvää ja vertailukelpoista tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksista.
HYBRIT	Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology. Tuotantotekniikka, jossa hiilen ja koksen sijaan käytetään vetyä raudan ja hapen erottamiseen.
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change on hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli.
ISO	International Organization for Standardization. Se on kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
KHK	Kasvihuonekaasut. Ne päästävät auringonsäteilyn lävitseen, mutta absorboivat maan pinnalta lähtevää lämpösäteilyä.
LKAB	Luossavaara-Kiirunavaara Aktiebolag, se on Ruotsin valtion omistama kaivosyhtiö.
MPa	Megapascal.
VTT	Valtion teknillinen tutkimuskeskus.
YM	Ympäristöministeriö.

1 Johdanto

Ihmiskunnan toiminnan seurauksena ilmasto lämpenee, luonnon monimuotoisuus vähenee sekä luonnonvaroja ylikuormitetaan. Ilmaston lämpenemiseen syynä ovat ihmisen toiminnan seurauksena ilmakehään päässeet kasvihuonekaasut. Merkittävin ihmiskunnan tuottama kasvihuonekaasu on hiilidioksidi, joka on pääosin peräisin fossiilisten polttoaineiden käytöstä kuten öljystä, kivihielestä ja maakaasusta. Toinen suuri päästölähde on metsien hävittäminen ja maankäytön muuttaminen. Hiilinieluja ovat meret, metsät ja maaperä. Hiilinielut varastoivat merkittäviä määriä hiilidioksidia ilmakehästä. Hiilidioksidipäästöjen väheneminen ilmakehästä puolestaan hillitsee ilmastonmuutoksen. [1.]

Koko maapallon hiilidioksidipäästöistä noin 7–9 prosenttia syntyy teräksen valmistuksessa, joka on maailman kolmanneksi suurin yksittäinen päästölähde. Vertailu kohteena se on noin kolme kertaa enemmän kuin koko maapallon lentoliikenteessä syntyvistä hiilidioksidipäästöistä. Terästuotannon päästöjen nollaaminen taas vastaisi kaikkien käytössä olevien autojen vaihtamista sähköautoksi. Suomen osuus terästuotannossa maan kaikista hiilidioksidipäästöistä on 7,5 prosenttia, jonka tuottaa yksin Raahen SSAB:n terästehdas. [2.]

Ympäristöministeriön julkaisun mukaan, Suomi on asettanut tavoitteeksi olla hiilineutraali maa 2035 mennessä. Hiilineutraalisuus tarkoittaa sitä, että yritys, kunta tai valtio tuottaa vain sen verran päästöjä, kun se pystyy sitomaan. Hiilineutraalisuutta voidaan saavuttaa vähentämällä päästöjä ja kompensoimalla pakolliset kasvihuonepäästöt, joita ei voida muilla keinoilla vähentää tai korvata. Suomessa asetetaan vuosien 2022–2025 aikajänteellä rakennusten elinkaaren aikaisille CO₂-päästöille yläraja. Kiertotaloutta edistetään tiukentuvalla lainsäädännöllä ja ympäristöhaittojen materiaalien sekä aineiden verotusta korotetaan merkittävästi. Vuonna 2025 hiilidioksidipäästöjen arvioinnista ja huomioon ottamisesta tulee pakollista, kun haetaan rakennuslupa kunnan rakennusviranomaiselta. Tästä syystä jatkossa rakennusosalta edellytetään konkreettisia ja merkittäviä askelia kohti hiilineutraalisuutta. [3.]

Kaikista Suomen uusista rakennuksista noin 20 % on teräsrunkoisia. Teräksen käyttö kantavana pystyrakenteena on yleisintä teollisuus-, maatalous- kokoontumis- ja liikerakennuksissa. Teräkseen kallistutaan yleensä silloin, jos halutaan paljon avoimia tiloja ilman häiritseviä pilareita. Se on vakiinnuttanut paikkansa rakennusmateriaalina betonin ja puun mukana. Kuvassa 1 näkyy esimerkki hoikista teräsprofilleista tehdystä rakenteesta. [4.]



Kuva 1. Swecon suunnittelema toripaviljonki Turussa. Sen hoikat ja kevyet teräspilarit mahdollistavat avoimia tiloja ja pitkiä jännevälejä. [12.]

Teräs on maailman kierrätetyin materiaali. Sitä kierrätetään vuosittain 1085 miljoonaa tonnia. Suomessa teräsenkierrätysaste on yli 85 %. Kierrätysteräksen uudelleen käyttö teräksen tuotannossa vähentää hiilidioksidipäästöjä ja säästää luonnonvaroja. Tällä hetkellä noin 32 % maailman terästarpeesta tuotetaan kierrätetyillä teräksillä ja noin 68 % rautamalmipohjaisella. Teräs on ainutlaatuinen materiaali, koska sitä voidaan kierrättää uudelleen ja uudelleen jopa loputtomiin ilman, että sen ominaisuudet heikkenevät. Vaikka teräksen kierrätysaste on korkea, sen pitkät käyttöiät esimerkiksi rakennusmateriaalina hidastavat sen kierrättämistä. Kierrättäminen ei riitä yksinään tyydyttämään maailman jatkuvasti kasvavan terästarpeen. Tästä syystä uutta terästä on valmistettava rautamalmista jatkuvasti lisää. [5; 6.]

Teräksen kasvava tarve maailmalla luo paineet sen korvaamiseen tai valmistamiseen ilmastoystävällisemmin. Koska terästä on mahdoton korvata nykytiedolla, sitä on tuotettava ilmastoystävällisemmin. Ilmastoystävällisesti tuotettu teräs luo aivan uudenlaisen mahdollisuuden teräsrakentamiselle.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan terästä rakennusmateriaalina ja tutkitaan teräsrakenteiden tuotantoa. Avataan käsitteitä kuten hiilijalan- ja -kädenjälki, käsitellään niiden vaikuttamista päästöihin sekä miten niissä syntyviä hiilidioksidipäästöjä voidaan vähentää tai kompensoida. Lopuksi vielä perehdytään fossiilivapaaseen terästuotantoon ja sen tuomiin uusiin mahdollisuuksiin rakennusalalla.

Tämä opinnäytetyö tehdään Swecolle. Sweco pyrkii kehittämään toimintaansa jatkuvasti ja olemaan kestävä kehityksen edelläkävijä. Tämä tekee heistä Euroopan johtavan toimijan rakennetun ympäristön suunnittelu- ja konsulttialalla.

2 Yleistietoa teräksestä

Maailmassa eniten käytetty metalli on teräs. Se on materiaalina helposti muokattava, kevyt, sitkeä ja luja. Hyvän lujuus- ja painosuhteen ansiosta se erottuu muista materiaaleista kuten betonista ja puusta. Merkittävin käyttökohde on rakentaminen ja infrastruktuuri. Teräksen avulla voidaan valmistaa esimerkiksi kevyitä energiatehokkaita kuljetusvälineitä sekä hoikkia, kestäviä ja keveitä rakenteita, jotka mahdollistavat avoimia tiloja ja pitkiä jännevälejä. [7.]

Teräskomponentteihin törmää lähes kaikkialla, esimerkiksi astiapesukoneissa, työkaluissa, henkilöautoissa, junissa, laivoissa, lentokoneissa, sähkölaitteissa sekä rakennuksissa. Terästä tuotetaan vuosittain 1600–1800 miljoonaa tonnia koko maailmassa, tästä viisi miljoonaa tuotetaan Suomessa. [8.]

Teräs on raudan ja hiilen seos, jonka hiilipitoisuus on alle 1,7 %. Runsashiilisemät luokitellaan valuraudaksi. Teräs sisältää noin 98 % rautaa ja loput ovat hiiltä ja muita seosaineita. Seosaineita voivat olla esimerkiksi mangaani, fosfori, alumiini, pii, typpi, niobi, kupari, vanadiini, koboltti ja volframi sekä ruostumattomissa teräksissä nikkeli ja kromi. Teräksen ominaisuudet riippuvat hiilen määrästä, seosaineista sekä valmistusprosessista. Hiilipitoisuus vaikuttaa teräksen ominaisuuksiin niin, että sen kasvaessa teräksen lujuus, kovuus ja karkenevuus¹ kasvaa, mutta sitkeys, muovattavuus ja hitsattavuus kärsivät. Seosaineet vaikuttavat muihin mekaanisiin ominaisuuksiin kuten ruostumattomuuteen tai kestävyYTEEN. Teräksen sulamispiste on noin 1530°C ja tiheys noin 7,85 g/cm³. Terästä voidaan muokata takomalla ja valssaamalla. [9; 10.]

Teräksen hiilipitoisuuden vaikutus on monessa suhteessa niin ratkaiseva, että teräksiä luokitellaan yleensä hiilipitoisuuden mukaisesti.

¹ <https://fi.wikipedia.org/wiki/Karkaisu>

Hiilipitoisuuden mukainen luokitus on matalahiiliset, niukkahiiliset, keskihiiliset ja runsashiiliset teräkset. Tärkeämmän ja käyttömäärältään suurimman ryhmän muodostavat niukkahiiliset teräkset, joiden hiilipitoisuus on alle 0,25 %. Rakentamisessa yleisesti käytetyt teräkset ovat niukkaseostettua teräksiä, joiden hiilipitoisuus on alle 0,18 %. Niiden tärkeimmät ominaisuudet ovat lujuus, sitkeys ja hitsattavuus. Taulukossa 1 näkyy yleisimmät teräsluokat, niiden tyypillinen koostumus, käyttökohteet ja ominaisuudet. [8.]

Taulukko 1. Esimerkkitapa luokitella teräkset käytön ja ominaisuuksien mukaisesti. [11, s.9.]

Teräsluokka	Tyypillinen koostumus	Käyttö ja ominaisuudet
Yleiset rakenneteräkset	hiiltä alle 0,2 % mangaania 0,8–1,1 %	Silloissa, rakennuksien pylväissä, säiliöissä, koneen rungoissa. Hyvän lujuuden ohella sitkeitä ja hyvin hitsattavia teräksiä.
Työkaluteräkset	hiiltä 1,0 % kobolttia 5 % kromia 4,5 % molybdeeniä 5 % vanadiinia 2 % volframia 6,5 %	Työkaluteräksen merkittävimmät ominaisuudet ovat suuri kovuus ja puristus lujuus sekä hyvä kulumiskestävyys. Niiden ominaisuudet saadaan aikaan korkeissa lämpötiloissa ja monivaiheissa lämpökäsittelyissä. Käyttökohteita ovat mm. poranterät ja leikkurit.
Ohutlevyteräkset	hiiltä 0,05 %	Ns. peltiteräkset, niiden tärkein ominaisuus on helppo

	<p>mangaania 0,25 %</p> <p>alumiinia 0,035 %</p>	<p>muovattavuus. Niitä käytetään mm. katto- ja julkisivuprofiileissa, kotelorakenteissa ja auton koreissa.</p>
<p>Nuorrutusteräkset</p>	<p>hiiltä 0,40 %</p> <p>kromia 1,5 %</p> <p>nikkeliä 1,5 %</p> <p>molybdeeniä 0,3 %</p>	<p>Nuorrutus on kaksivaiheinen lämpökäsittelyprosessi, jossa aluksi teräs karkaistaan ja sitten se <i>päästetään</i> eli annetaan hitaasti jäähtyä ilmassa haluttujen materiaaliominaisuuksien saavuttamiseksi. Tyypilliset ominaisuudet ovat korkea myötö- murto- ja väsymislujuus sekä hyvä sitkeys. Käyttökohteenä ovat esimerkiksi koneiden ketjut, vivut, mutterit.</p>

Ruostumattomat teräkset	hiiltä 0,04 % kromia 18–20 % nikkeliä 8–12 %	Hyvä korroosionkestävyys, teräksen kromi reagoi hapen kanssa muodostaen pinnalle suojaavan kerroksen. Suojakalvoa kutsutaan <i>passivoitumiseksi</i> . Säänkestävät teräkset sisältävät vähintään 10 prosenttia kromia. Ne ovat korroosiokestävyyden lisäksi hyvin sitkeitä ja hitsattavia. Käyttökohteita ovat mm. rakennusten julkisivut, kodinkoneet, hissit.
-------------------------	--	--

2.1 Raudan ja teräksen historia

Ensimmäiset todisteet raudan käytöstä ovat Egyptistä ja Sumerista noin 6000 vuotta sitten. Silloin rautaa kerättiin meteoriittien jäännöksistä ja siitä tehtiin pääasiassa keihään kärkiä ja muita pieniä esineitä.

Raudan käyttö yleistyi vasta noin 3400 vuotta sitten, kun Lähi-Idässä asuneet heettiläiset oppivat valmistamaan sitä pelkistämällä oksidimalmeista. Vähitellen raudan valmistus alkoi levitä muualle maailmaan. Aluksi Kreikkaan ja Roomaan ja sieltä Pohjois-Eurooppaan 2500 vuotta sitten. Raudan käyttö yleistyi nopeaa tahtia maailmalla, sillä rautamalmia esiintyi paljon luonnossa ja sen valmistus oli helpompaa kuin esimerkiksi pronssin valmistaminen. Rauta oli myös huomattavasti kestävämpi ja monipuolisempi työkalu- ja aseaines kuin aikaisemmat raaka-aineet kuten pronssi. Raudasta tuli ihmiskunnan tärkein materiaali, siitä valmistettiin työkaluja, rahaa ja aseita kuten kuvassa 2 rautakausi oli alkanut. [13, s.6.]



Kuva 2. Raudan ja teräksen historia on ollut tärkeässä roolissa niin sotimisessa kuin rakentamisessakin. [14.]

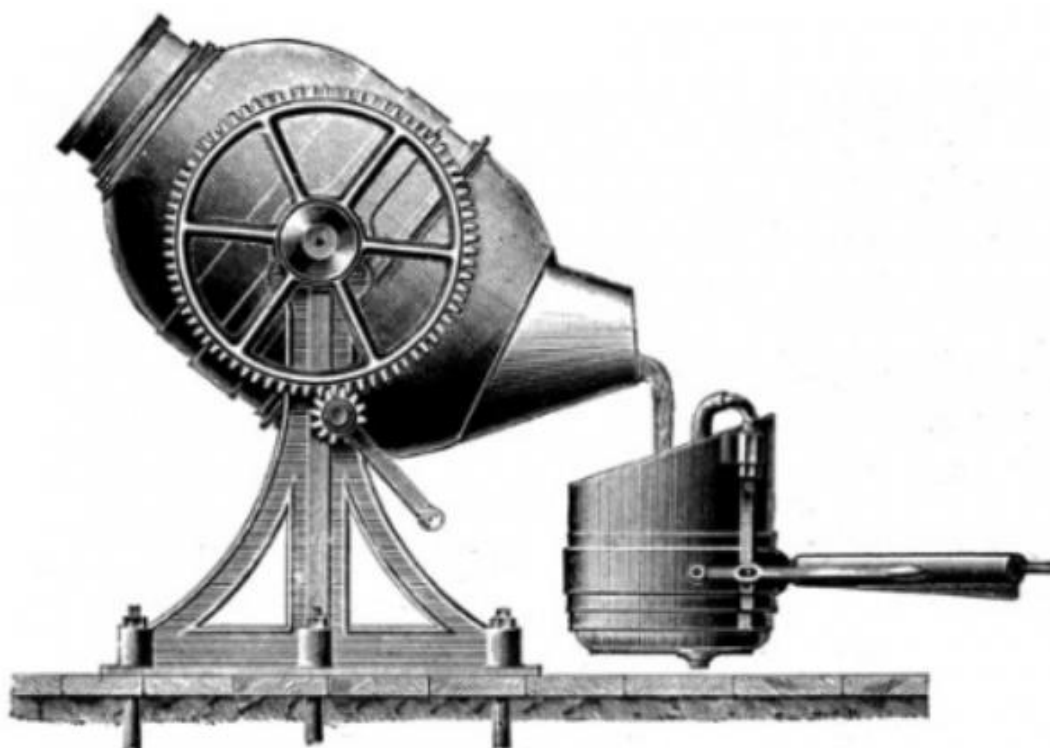
Suomessa raudan valmistusta omaksuttiin nopeasti, nimittäin sen sai helposti Suomen luonnosta. Jo 2500 vuotta sitten rautaa saatiin luonnosta haravoimalla järvien ja soiden pohjia järvi- ja suomalmiina. Järvimalmi on hiekkalaji, josta saadaan sulattamalla 20–47 % rautaa. Rauta liukeni järviin kallioperällä seisovasta vedestä, jolloin se saostui ja kiinnittyi hiekkaan. Viileän ilmastovyöhykkeen ja bakteerien ansiosta soiden pohjissa taas muodostui rautaa sisältävä hiekkapohja, jota oli helppo haravoida talteen. [15.]

Pian raudan valmistamisen jälkeen opittiin, miten siitä saadaan lujempi ja kestävämpi materiaali. Rautakappale kuumennettiin hiilikerrosten välissä ilmalta suojattuna, jolloin sen hiilipitoisuus väheni ja rauta sitkistyi ja siitä tuli takorautaa eli terästä. [13, s.7.]

Kiinassa teräksen valmistus tunnettiin jo 200-luvulla. Teräksen etuna verrattuna rautaan oli se, että siitä saatiin karkaisemalla monikertaisesti kovempi ja

kestävämpi materiaali kuin rauta. Karkaistuminen on lämpökäsittelyprosessi, jossa kappale lämmitetään ja jäädytetään nopeasti esimerkiksi veden avulla. Teräksen käyttö oli todella rajallista vuoteen 1855 asti, koska sitä oli hidasta ja kallista tuottaa. Vasta vuoden 1855 jälkeen terästä alettiin valmistamaan teollisessa mittakaavassa Bessemerin konvertterin ansiosta.

Henry Bessemer oli englantilainen insinööri, joka keksi teräksen tuottamisen päärynänmuotoisella konvertterin avulla (katso kuva 3), jossa ulkoista energialähdettä ei tarvittu. Siinä puhallettiin ilmaa konvertterin pohjasta, joka kuumensi edelleen sularaudan ja samalla ilman happi poltti pois epäpuhtaudet kuten ylimääräisen hiilen, fosforin ja piin. Prosessi kesti vain parikymmentä minuuttia, ja se tuotti jopa 30 tonnia terästä. [11; 16.]



Kuva 3. Henry Bessemerin keksintö, joka pystyasennossa muistuttaa päärynän muotoa. [17.]

Bessemerin konvertteri toimi niin, että pystyasennossa päärynää muistuttavalle konvertterille laskettiin yläaukoista sulaa raakarautaa ja pohjissa olevista

aukoista puhallettiin ilmaa, jolloin sula lämpeni entisestään ilman ansiosta. Hetken päästä konvertteri siirrettiin vaaka-asentoon ja kaadettiin yläosista valmis sulatuksesta harkkoihin tai suoraan työstettiin halutuksi tuotteeksi. [16.]

Ennen Henry Bessemerin keksintöä käytössä oli 1700-luvulla keksitty putausuuni menetelmä. Siinä terästä syntyi hitaasti ja kalliisti. Bessemerin konvertterin ansiosta terästä tuotettiin paljon halvemmalla, nopeammin ja suurina kappaleina. Teräksen tonnihinta laski jopa 10-kertaisesti. [16.]

Teräksen suosio kasvoi ja valuraudan sijaan alettiin suosimaan terästä, sillä teräs oli kymmenen kertaa vahvempi kuin valurauta. Sen ansiosta kiskot kestivät paljon pidempään ja mahdollistivat raskaammat ja tehokkaammat veturit ja jopa kaksi kertaa painavimmat vaunut. Teräksiset sillat kestivät nämä järeämmät kuormat. Laajamittainen teräsrakentamisen aika oli alkanut. [16.]

2.2 Raudan ja teräsrakentamisen historia

Raudan kehitys rakennusmateriaaliksi alkoi noin 2500 vuotta sitten kreikkalaisten käyttämistä rautasinkilöistä. Niillä varmistettiin kivirakenteiden liitoksia kuten kuvassa 4. Tapa alkoi laajentua roomalaisiin ja sieltä muihin mahtikaupunkeihin. Aluksi vaikeasti saattavilla olevaa ja kallista rautaa käytettiin niukasti vain siellä, missä sitä aivan välttämättä tarvittiin.



Kuva 4. Kreikkalainen kiviliitos raudasta. [13, s.12]

Rautaisia suoria vetotankoja on käytetty jo 1200-luvusta lähtien muun muassa tiiliholveissa. Myös rautavahvikkeita, jotka vahvistavat ja tukevat rakennuksia ottamalla vastaan mm. vetojännityksiä kivi- ja puurakenteiden sisällä, on käytetty satoja vuosia. Niiden ansiosta pystyttiin rakentamaan rakennuksia, jotka olivat entistä sulavampia ja sirompia. Esimerkiksi goottilainen arkkitehtuuri, joka oli aikansa ns. moderni ihme ja tekniikan taidonnäyte, oli juuri raudan ansiosta mahdollista rakentaa (katso kuva 5). Raudan yleistyminen rakentamisessa mahdollisti myös esimerkiksi suurten kupolien koossa pysymistä, kuten Pariisin Pantheon ja Helsingin Tuomiokirkko. [13, s.12.]



Kuva 5. Lähes 900 vuotta sitten rakennettu Notre-Damen katedraali tulipalon jälkeen. Siinä vahvistettiin mm. kantavat rakenteet rautavahvikkeilla. [18.]

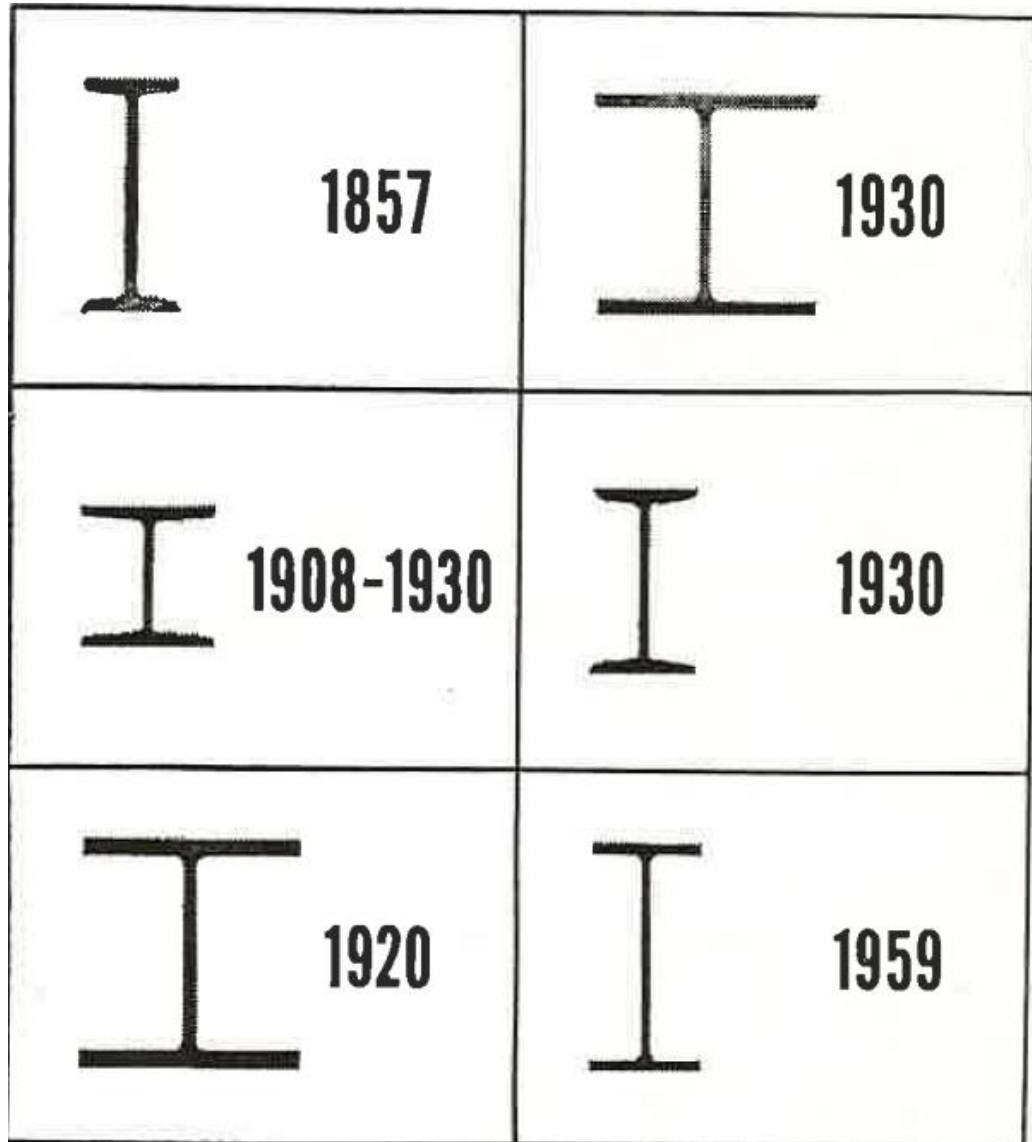
Raudasta tuli itsenäinen rakennusmateriaali vasta, kun sitä opittiin valmistamaan riittävän laadukkaasti suurissa erissä. 1700-luvun loppupuolella raudan käyttö kantavissa rakenteissa itsenäisenä materiaalina alkoi. Ensimmäiset kokonaan raudasta olevat suuret rakennukset olivat siltoja, ne valmistettiin valuraudasta (kuten kuvassa 6). Varsin pian valuraudan rinnalle tuli takorauta. Teollisen valankumouksen aikana 1850-luvun puolivälissä, terästä alettiin valmistamaan suurina määrinä halvalla. Pian vuosisadan loppuun mennessä teräs oli syrjäyttänyt raudan kokonaan kantavien rakenteiden materiaalina. [19, s.7.]



Kuva 6. Iron bridge on maailman ensimmäinen kokonaan raudasta tehty silta, joka on edelleen käytössä. Se on rakennettu vuosina 1776–1779. [20.]

Teräksen valmistusprosessien kehittyessä aloitettiin samanaikaisesti kehittämään myös valssaustekniikkaa. Valssattuja I-profiileita aloitettiin valmistamaan ensimmäisen kerran Saksassa ja Ranskassa 1850-luvulla. Lattarautaa oli kuitenkin valssattu jo 1700-luvun lopussa ja kulmarautoja alettiin valssaamaan 1830-luvulta alkaen. I-profiilin muotoa pyrittiin kehittämään niin, että se otti vastaan mahdollisimman suuren taivutusjäykkyyden eli suuren hitausmomentin (kuva 7.). Esimerkiksi vuonna 1850 vinolapaisilla I-profiileilla oli pienempi hitausmomentti kuin 1900-luvun alussa valmistettu leveälaippapalkki. Vasta 1920-luvun alussa alettiin valmistamaan yhdensuuntaislaippapalkkeja. IPE-palkit, joilla on aikaisempaa ohuemmat ja korkeammat uumat, aloitettiin valmistamaan 1950-luvulla. Paimon vähentäminen on taivutusjäykkyyden kasvattamisen ohella ohjannut rakenteosien kehitystä kuten kuvassa 7.

Painon keventämiseksi valmistettiin onttoja valurautapilareita jo 1800-luvun alussa. Niitä pidetäänkin nykyaikaisten pyöreiden tai nelikulmaisten rakenneputkien edeltäjinä. [19, s.7.]



Kuva 7. Valssattujen I-profiilien muodon kehitys. [19, s.7]

Raudan ja teräksen käyttö itsenäisenä materiaalina mullisti niin silta- kuin teollisuusrakentamisenkin. Ensimmäisen raudasta tehdyn sillan jänneväli oli 31 metriä kun taas vuonna 1850 valmistuneen Britannian bridge jänneväli oli jo 140 metriä. Vuonna 1931 valmistunut New Yorkissa, Georgia Washingtonin silta oli jo jänneväältään yli kilometrin mittainen. [19, s.8.]

Myös teollisuusrakentaminen mullistui. Teollisuudessa käytettyjen koneiden koko ja paino kasvoi, joka aiheutti haasteita teollisuusrakennuksissa. Teollisuusrakentamisesta haluttiin avoimempaa ja enemmän tilaa sekä suurempaa kantokykyä. Tämä johti siihen, että raudan ja teräksen suosio kantavana rakenteena kasvoi. Jo 1800-luvun alussa monissa teollisuusrakennuksissa kuten puuteollisuusrakennuksissa alettiin korvamaan puu- ja palkkipilarit rauta- ja teräsrakenteilla. [19, s.8.]

Ensimmäiset todella korkeat teräsrunkoiset rakennukset eli pilvenpiirtäjät alettiin rakentamaan 1880-luvulla Chicagossa. Kaupungistumisen ansiosta tonttien hinnat nousivat merkittävästi, mikä kannusti rakentamaan korkeita kerrostaloja. Valssattujen palkkien ja sähkökäyttöisen hissien ansiosta alettiin rakentamaan jopa 14-kerroksisia pilvenpiirtäjiä, kuten vuonna 1884 valmistunut Tacoma Building. Pian pilvenpiirtäjien rakentaminen levisi Chicagosta muualle ja niistä tuli entistä korkeampia. Kehitys huipentui vuonna 1974 valmistuneeseen Willis Toweriin, joka oli 108 kerroksinen ja 445 metriä korkea. [19, s.8.]

Vuonna 1887 toteutettu Eiffel-torni (kuva 8) on yksi maailman tunnetuimmista ja ikonisimmista rakennuksista. Se on myös merkittävä tekninen saavutus, joka edustaa 1800-luvun lopun teknologian huippua. Eiffel-tornin rakentaminen vaati huomattavaa teknistä osaamista ja ponnistelua. Tornin korkeus on 324 metriä, mikä teki siitä maailman korkeimman rakennuksen sen valmistumishetkellä. Tornin rakenteessa käytettiin yhteensä 7300 tonnia terästä, mikä vaati valtavan määrän raaka-ainetta ja huolellista suunnittelua. Tornin valmistuksessa käytettiin noin 2,5 miljoonaa niittiä, jotka yhdistivät noin 1800 teräsosaa toisiinsa. Niittien käyttö mahdollisti rakenteen kestävyuden ja vakauden, mikä oli erittäin tärkeää tornin korkeuden vuoksi. Eiffel-torni on tärkeä symboli teknologian ja rakennustaidon kehitykselle. Sen korkeus ja monimutkaisuus ovat inspiroineet lukuisia muita rakennuksia ja teknisiä saavutuksia. Eiffel-torni on merkittävä esimerkki teräsrakentamisen historiasta ja se on edelleen yksi maailman tunnetuimmista teräsrakenteista. [21.]



Kuva 8. Eiffel-torni on tärkeä esimerkki teräsrakentamisen historiasta ja osoittaa teräksen mahdollistavan valtaviin rakenteiden toteuttamisen. [21.]

2.3 Teräsrakentamisen tuotteet

Yleisiä rakentamisessa käytettyjä terästuotteita ovat kuumavalssatut levyt ja muototangot, kylmämuovatut profiilit, kylmävalssatut ohutlevytuotteet sekä putkipalkit ja hitsatut palkit [19, s.28].

Valssauksessa teräs kulkee kahden tai useamman toisiaan vastaan pyörivien valssien eli rullien välistä, muokaten sitä muotoonsa kuten kuvassa 9.

Valssausmenetelmiä on kaksi, kuuma- ja kylmävalssaus. Kuumavalssauksessa teräs on kuumennettu noin 800–1200 °C:seen punahehkaiseksi, jolloin sitä on helppo muokata. Kuumavalssatut levyt jaetaan niiden valmistusmenetelmän perusteella nauha- ja kvarttotuotteisiin. Nauhatuotteet ovat ohuita ja kapeita kun taas kvarttotuotteet ovat paksuja ja leveitä. Nauhavalssattu levy voi olla jopa yli kilometrin pituinen, siksi sitä yleensä pakataan kelalle. [22.]



Kuva 9. Teräs muokataan muotoonsa kuumavalssauksessa kahden pyörivän valssin välissä. [23, s.51]

Kylmävalssauksessa taas teräs ei kuumenneta, vaan valssataan kylmänä (katso kuva 10 kylmävalssatusta teräskelasta). Siinä ei tapahdu suuria muodonmuutoksia vaan sen ansiosta saadaan hyvä pintalaatu ja mittatarkkuus. [22.]

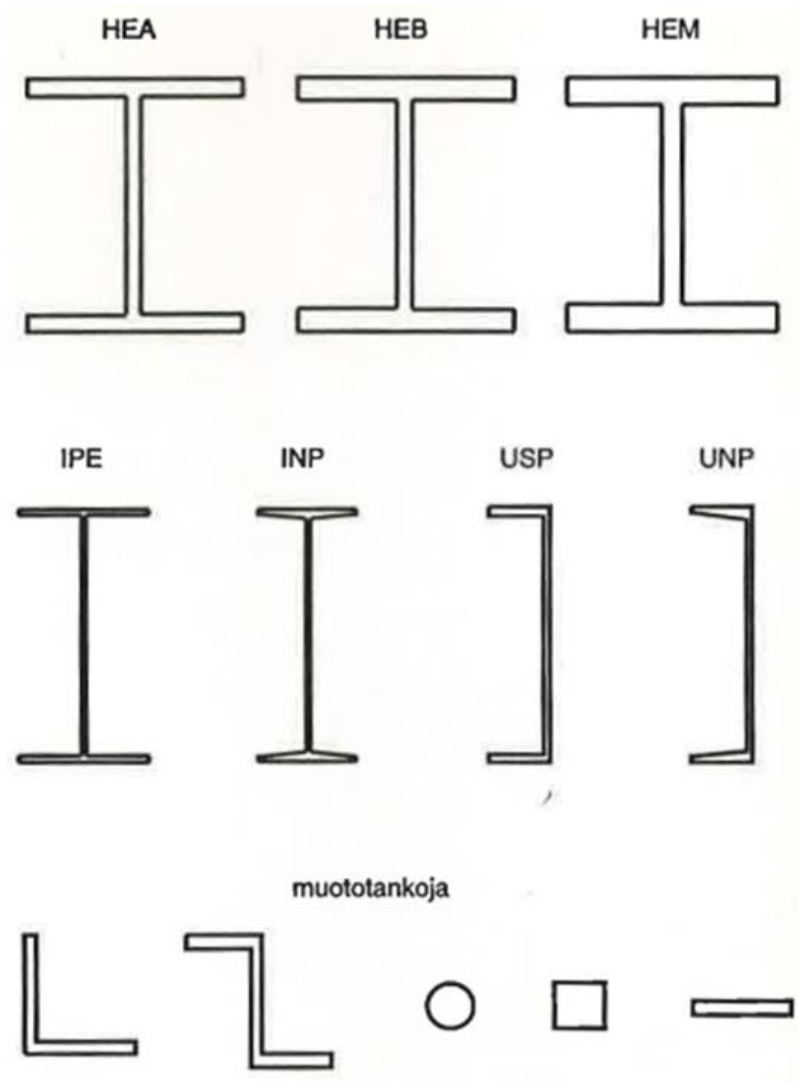
Nauhavalssatut tuotteet ovat mittatarkempia, pinnankarheudeltaan sileämpiä ja kilohinnaltaan halvempia kuin kvarttotuotteet [19, s.28].



Kuva 10. Kylmävalssattu teräskela on valmis muokattavaksi. [24.]

Kvarttotuotteet ovat yleensä normalisoituja hienoteräksiä tai nuorrutettuja teräksiä. Kuumavalssatut muototangot eli I-, L-, U-, T- ja Z-profiilit ovat pitkään teräsrakentamisen perustarvikkeita. Kuumavalssatut IPE-palkit soveltuvat hyvin taivutuskuormia kantaviksi kannatinpalkeiksi, silloin kun taivutusrasitus syntyy pääjäyhyyden suunnassa. Nämä palkit ovat kuitenkin todella heikkoja, mikäli taivutusjäykkyys syntyy heikommassa suunnassa. Myös vääntöjäykkyys on matala, minkä takia niiden kiepahduslujuus ei ole erityisen hyvä. Kapealaippaisia I-palkkeja käytetään yleensä raskaissa teräsrakenteissa siderakenteina. Leveälaippaiset I-palkit kuten HEA, HEB ja HEM ovat melko jäykkiä molempien pääjäyhyyden suuntiin, siksi ne soveltuvat hyvin taivutuspalkeiksi vaativissa kohteissa. Kuumavalssattujen L-tankoja eli kulmateräksiä ja U-tankojen jäyhyys painoon nähden on pieni, siksi ne ovatkin huono valinta taivutus- ja puristussauvoiksi. Niitä käytetään yleensä liitoskappaleina ja konsoleina, verhoukslevyjen kiinnitysorret ja veto-kuormia kantavina vinositeinä. Ne soveltuvat hyvin sommittelemaan monenlaisia ruuviliitoksia, kun halutaan välttää asennushitsejä. Kuvassa 11 on esitetty edellä mainittuja levyjä ja muototankoja. [19, s.28.]

Kuumavalssatut T- ja Z-muototangot ovat harvinaisemmin käytettyjä tuotteita teräsrakenteissa. Kuumavalssattu teräs on yleensä lujempi kuin kylmävalssattu [19, s.28].



Kuva 11. Kuumavalssattuja levyjä ja muototankoja. [19, s.28]

Putkipalkkiprofiileja ovat pyöreät, neliömäiset tai suorakaiteen muotoisia teräsputkia. Niitä on saatavilla kylmämuovattuna ja kuumavalssattuna. Niiden tyypillisimmät käyttökohteet ovat mm. ristikot, kehä- ja arinarakenteet, pilarit, palkit, hoitotasot, mastot ja pylväät. Putkipalkit soveltuvat hyvin rakenteisiin, missä mitoittavana tekijänä on nurjahdus, kiepahdus, taivutus molempien pääakselin suunnassa tai vääntö. [19, s.29.]

Kylmämuovattut profiilit ovat valmistettu teräsnauhasta rullamuovaamalla tai särmämällä. Niitä voidaan käyttää niin kantavissa kuin ei-kantavissa teräsrakenteissa monipuolisesti. Niiden yleisiä käyttökohteita ovat mm. mastot, kaiteet, portaat, hoitotasot, välipohjien reunapalkit ja valumuottikasetit ja ristikot. Kylmämuovattut profiilit ovat edullisia taivutettuina rakenteina, joiden sivuun taipumista ja kiepahdusta on estetty. [19, s.29.]

Kylmävalssatut ohutlevyt jaetaan mekaanisten ominaisuuksien perusteella kahteen pääryhmään, jotka ovat muovattavat ohutlevy- ja rakenneohutlevyteräkset. Muovattavat ohutlevyteräkset käytetään rakenteissa, missä käytetään muovavaa työstöä. Niiden oleellimmat piirteet ovat mm. korkea murtovenymä. Yleisiä käyttökohteita ovat mm. julkisivut ja vesikatot. Rakenneohutteräkset käytetään yleensä kantaviin rakenteisiin, joille on taattava varmuus kantavuuden suhteen. [19, s.30.]

Hitsattujen palkkien yleisiä käyttökohteita ovat suurien rakenteiden pilarit ja pääkannatinpalkit. Niitä valmistetaan pääsääntöisesti kuumavalssatusta levystä leikatusta levysuikaleista. Kotelopalkit ja -pilarit valmistetaan yleensä hitsaamalla. [19, s.30.]

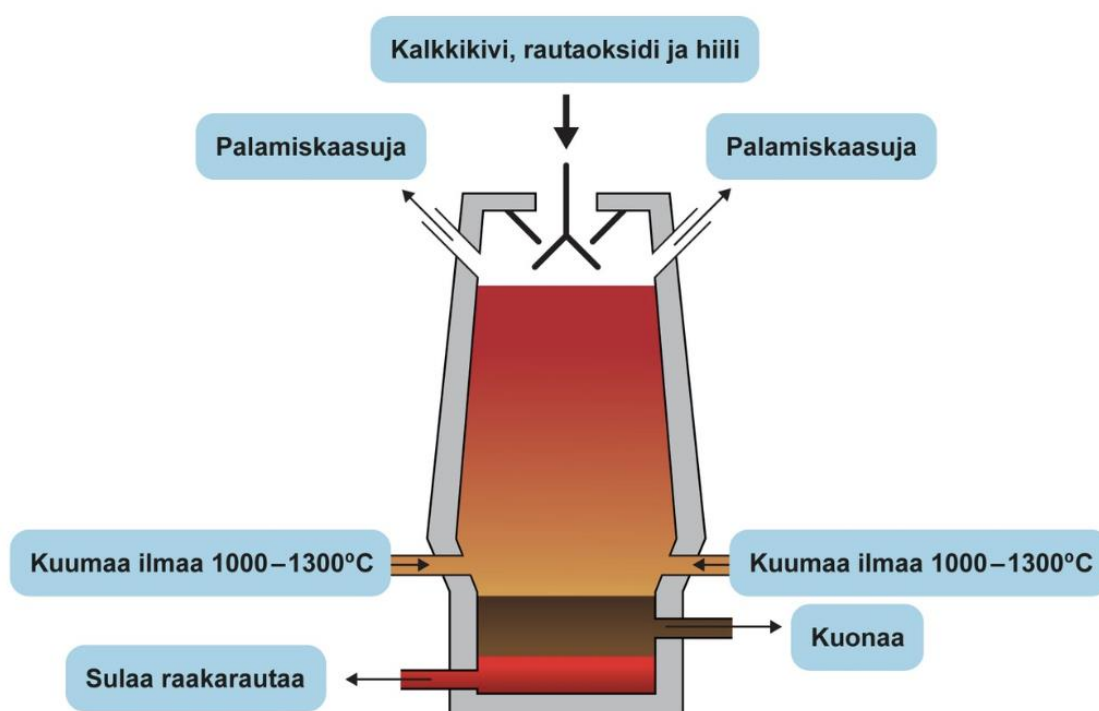
2.4 Teräksen valmistus

Teräksen valmistus masuunissa tapahtuu niin, että ylhäältä lisätään rautaraaka-aineet kuten rautamalmia pelleteinä tai palamalmia ja koksia (kuten kuvassa 12). Koksi toimii rautamalmin pelkistäjänä eli hapen poistajana. Pelkistymisprosessia tehostetaan ruiskuttamalla eli injektoimalla hiilipölyä ja öljyä. Samalla masuunin alaosassa olevista hormeista puhalletaan hapella rikastettua kuumaa ilmaa. Rikastettu kuuma ilma polttaa koksen hiilen hiilimonoksidiksi nostaen masuunin lämpötilan.

Aluksi pelkistynyt rauta on kiinteässä muodossa, mutta lämpötilan kohotessa 1450°C:seen rauta sulaa ja valuu sularautana masuunin pesään samalla reaktiossa syntyvät palamiskaasut virtaavat ylöspäin. Sularauta lasketaan pesästä

ns. rautareiän kautta. Palamisreaktiossa syntynyt sularauta eli raakarauta sisältää noin 4 % hiiltä ja sitä käytetään suoraan teräksen valmistukseen.

Raakaraudasta saadaan konvertertiosprosessin avulla terästä. Siinä poltetaan hapen avulla pois ylimääräinen hiili, jolloin samalla muodostuu lämpöä. Sulan liiallinen kuumeneminen on haitaksi teräksen ominaisuuksille, siksi sitä estetään lisäämällä kierrätysterästä. Myös muita epäpuhtauksia ja haittatekijöitä kuten fosforia poistetaan valmistusprosessin aikana. Teräksen puhtautta varmistetaan esimerkiksi senkkakäsittelyllä valusangossa. Samalla haluttuun ominaisuuksien mukaan lisätään seosaineita ja säädetään oikea lämpötila. [23, s.20–22.]



Kuva 12. Raudan valmistus masuunissa. [25.]

Lähes puolet maailman terästuotannosta valmistetaan kierrätetystä teräksestä. Kierrätetystä teräksestä suurin osa sulatetaan ja jalostetaan uudelleen käyttökelpoiseksi teräkseksi valokaariuunissa. Osan taas sulatetaan konverttereissa

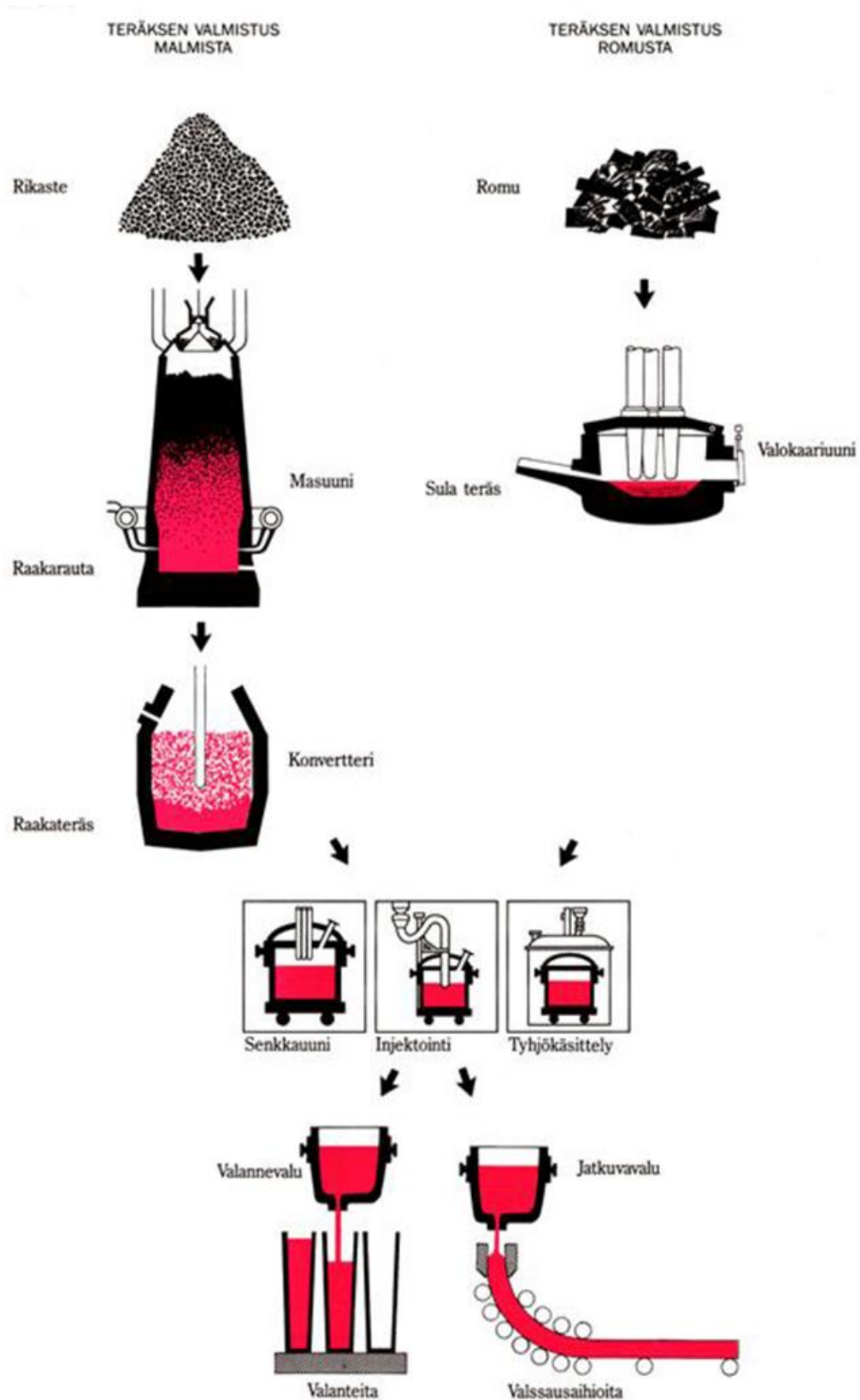
jäähdytystarkoituksena. Kuva 13 havainnollistaa teräksen valmistuksen kaksi eri lähtökohtaa: malmista ja romusta.

Malmista valmistetun teräksen tuotantoprosessi alkaa malmin louhimisesta ja kuljettamisesta rautasulattoon, jossa malmin rauta erotetaan sulattamalla siitä pois happea. Tämän jälkeen sulatettu rauta muokataan teräkseksi lisäämällä siihen muita aineita kuten hiiltä ja muita metalliseoksia.

Toisaalta romuteräksen tuotantoprosessi alkaa valmiiden metalliesineiden keräämisestä ja niiden kuljettamisesta kierrätyslaitokseen, jossa ne sulatetaan uudelleen. Sulatetusta romumetallista voidaan erottaa epäpuhtaudet ja lisätä tarvittavat seokset, jotta siitä saadaan laadukasta terästä. Teräksen valmistus malmista ja romusta eroavat toisistaan huomattavasti ympäristövaikutusten kannalta.

Malmista valmistetun teräksen tuotantoprosessi vaatii paljon energiaa ja raaka-aineita, jolloin syntyy suuret määrät hiilidioksidipäästöjä sekä muita ilman ja veden saasteita.

Romuteräksen valmistus puolestaan kuluttaa vähemmän energiaa ja raaka-aineita kuin malmista valmistettu teräs, jolloin sen ympäristövaikutukset ovat pienemmät. Teräksen valmistus romusta onkin ympäristön kannalta kestävämpi ja resurssitehokkaampi vaihtoehto kuin malmista valmistus, sillä se vähentää uusien raaka-aineiden tarvetta ja vähentää samalla tuotannon aiheuttamia ympäristöhaittoja. Tästä syystä romuteräksen käyttöä tulisi edistää ja kannustaa eri toimialoilla, joissa terästä tarvitaan. [23, s.9.]



Kuva 13. Teräksen valmistus rautalmista ja kierrätetystä teräksestä. Noin 60 % maailman terästuotannosta valmistetaan rautalmista ja noin 40 % romuteräksestä. [26.]

2.5 Teräs rakennusmateriaalina

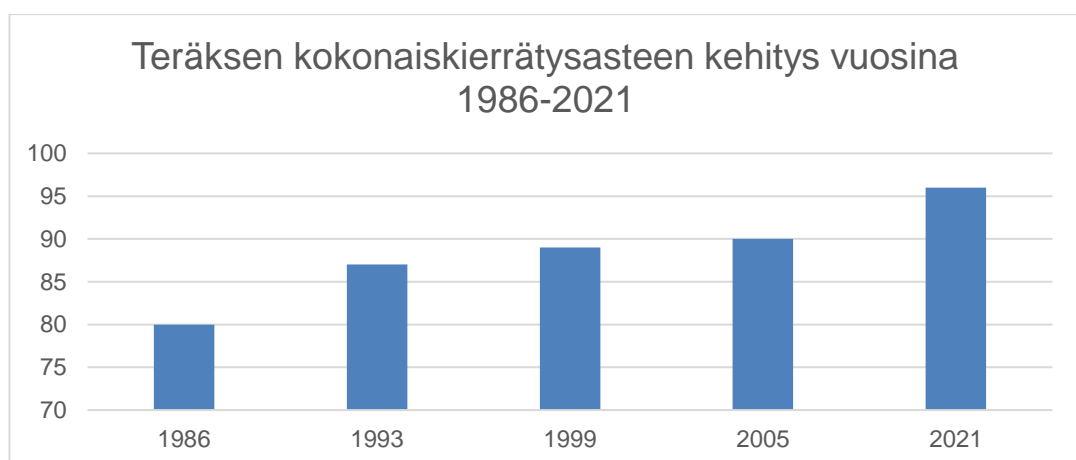
Suuri lujuus on teräksen tärkein ominaisuus, jonka ansiosta teräs poikkeaa muista rakennusmateriaaleista kuten tiilestä, betonista ja puusta. Sen hyvä lujuus-painosuhteen ansiosta rakenteet voivat olla pienet ja keveät. Tämä mahdollistaa avoimia tiloja ja pitkiä jännevälejä, siksi se onkin suosituin kantavana pystyrakenteena käytetty materiaali teollisuus-, toimitila- ja liikerakennuksissa kuten kuvassa 14. Ilman terästä, moderneja rakennuksia ei olisi olemassa. [27, s.28.]



Kuva 14. Roihupellossa sijaitseva Raide-Jokerin raitiovaunuvarikko, jossa teräs-rakenteet mahdollistavat suuria avoimia tiloja sekä kyvyn kantaa vaativia kuormia. [29.]

Teräsrakenteiden hyvä muunneltavuuden ja keveyden ansiosta työmaalla kustannukset laskevat. Säästöä syntyy esimerkiksi nopeasta asennuksesta sekä kuljetus- ja nosturikustannuksissa. Lisäksi esivalmistettu ja mittatarkkuus alentavat rakennusvaiheessa syntyviä kustannuksia. Se ei myöskään vaadi erillistä työmaa aikaista sääsuojaa eikä suuret kosteuden vaihtelut ole ongelma. Sillä ei ole myöskään vaarana homehtua. Suunnittelussa on otettava huomioon kylmäsillat, sillä teräksellä on hyvä lämmönjohdottavuus.

Teräksen ainutlaatuinen hitsattavuus ominaisuuden ansiosta, sitä on helppo ja nopea liittää toisiinsa. Hitsattavuus on edullinen, pieneen tilaan mahtuva, erittäin luja ja luotettava liitostapa. Hitsattavuuden lisäksi pulttiliitos on myös nopeaa ja luotettava. Teräs on materiaalina myös kulutusta kestävä ja palamaton, kun taas esimerkiksi puu on palava ja huonosti kulutusta kestävä. Myös suuret kosteuden vaihtelut ei tuota ongelmia, koska oikein käsiteltyinä teräsrakenteet ovat yleensä korroosiokestäviä. Teräs rakenneosilla on korkea esivalmistusaste ja ne soveltuvat hyvin sarjatuotantoon. Niitä voidaan valmistaa juuri halutuilla ominaisuuksilla, joka taas nopeuttaa ja helpottaa sen asentamista työmaalla. Teräksen korkea kierrätysaste, joka on Suomessa yli 85 % on merkittävä etu muihin rakennusmateriaaleihin verrattuna. Jopa yli 50 % kaikista teräsrunkoaineista käytetään suoraan sellaisenaan uusina teräsrakenteina. Loput 50 % kierretään sulatettavaksi romuna. Teräksen uudelleen käyttö on lisääntynyt vuosien varrella kuten kuvassa 15 on havainnollistettu. [27, s.28.]



Kuva 15. Teräksen kokonaiskierrätysasteen kehitys vuosina 1986–2021. [28.]

3 Teräsrakenteiden hiilijalan- ja -kädenjälki

Ilmansaasteet, ilmastonmuutos sekä vesien ja maan pilaantuminen rasittavat ympäristöä. Terästeollisuus on tällä hetkellä teollisuusalojen eniten hiilidioksidipäästöjen tuottaja, sillä sen päästöt ovat yli 7 % koko maailman hiilidioksidipäästöistä. Nopean väestönkasvun ja kaupungistumisen myötä, teräksen kysynnän odotetaan kasvavan merkittävästi vuoteen 2050 mennessä maailmanlaajuisesti. Tämän ja hiilineutraali tavoitteiden takia, terästeollisuuden hiilijalanjäljen pienentämisestä tulee ydinhaaste niin maailmalle kuin Europallekin. [30.]

Valtion teknillisen tutkimuslaitoksen (VTT) mukaan, uusien rakennusten rakentaminen aiheuttaa noin kolme miljardia kilogrammaa khk-päästöjä vuosittain. IPCC:n raporttien ja analyysien tuella solmitut kansainväliset sopimukset ohjaavat yhteiskunnan toimintaa jatkuvasti vähähiilisempään suuntaan. Tavoitteet ohjaavat yhteiskuntaa ottamaan uusia määrätietoisia askelia kohti hiilineutraaliutta. Kyseisiä tavoitteita pyritään saavuttamaan mm. erilaisilla tiukennuksilla ja lainsäädännöllä. [31.]

3.1 Lainsäädäntö ja tavoitteet

Lainsäädännöllä tarkoitetaan valtiossa voimassa olevia lakeja ja muita säädöksiä. Siinä on joukko sääntöjä, jotka ohjaavat yhteiskuntaa ja sen toimintaa. Se määrittää esimerkiksi kansalaisten perusoikeuksia ja velvollisuuksia. Sen noudattamista ja soveltamista valvovat valtion elimet ja instituutiot. Niiden rikkomisesta seuraa sakko tai rangaistus. Suomessa lakeja säätää eduskunta.

Lainsäädännön tavoite on ohjata ihmisten ja yritysten toimintaa. Se muun muassa antaa suuntaa yrityksen visioon ja päämäärään. [32.]

3.1.1 Pariisin sopimus

Pariisin ilmastopöytäkirja on sekä kansainvälinen, että oikeudellisesti sitova sopimus ilmastomuutoksesta. Sopimuksen tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilaa nousemasta alle 2 °C suhteessa esiteolliseen aikaan. Tällä pyritään löytämään erilaisia keinoja, joilla lämpeneminen saadaan rajattua alle 1,5 °C:seen.

Sopimusta solmineet valtiot sitoutuvat vähentämään kasvihuonepäästöjä sekä lisäämään päästöjä sitovia nieluja niin, että ne ovat tasapainossa vuoteen 2050 mennessä. Valtiot pyrkivät erilaisilla toimilla kuten kannustamalla, tukemalla sekä rahoittamalla vähähiilisiä ratkaisuja ja ilmastokestäviä kehityksiä saavuttamaan näitä tavoitteita. Sopimus solmittiin Pariisissa 12. joulukuuta 2015 ja se astui voimaan 4.11.2016. Se täydensi aiemman vuonna 1992 solmitun YK:n ilmastomuutosta koskevan puitesopimuksen.

Valtiot määrittelevät itse päästövähennystavoitteensa ja laativat politiikkatoimet niiden saavuttamiseksi. Tavoitteiden saavuttamista ja edistymistä tarkastellaan viiden vuoden välein järjestettävissä maailmanlaajuisissa kokouksissa. Ensimmäinen arviointi on tänä vuonna eli vuonna 2023. Vuonna 2022 tulleen asetuksen myötä vuoteen 2030 mennessä kasvihuonepäästöjen nettopäästöjä on vähennettävä vähintään 55 % 1990 tasoon verrattuna.

EU- maat mukaan lukien Suomi, on allekirjoittanut ja ratifioinut Pariisin sopimuksen ja ovat sitoutuneet sen täytäntöönpanoon. Kunniahimoisen sopimuksen myötä EU:sta tulee ensimmäinen ilmastoneutraali talous ja yhteiskunta vuoteen 2050 mennessä. Suomen tavoitteena on olla ensimmäinen fossiilivapaa valtio vuoteen 2035 mennessä.

Hiilineutraalisuus tarkoittaa siis sitä, että ilmakehään saisi päästä hiilidioksidia vain saman verran kuin sitä pystytään sitomaan ilmakehästä pois esimerkiksi metsiin, soihin tai maaperään. EU pyrkii toimimaan ilmastomuutoksen torjunnan eturintamassa ja olla globaalinen esikuva maailmalle. [33.]

3.1.2 Euroopan vihreän kehityksen ohjelma

Euroopan vihreä kehitys -ohjelma on EU:n strategia, jonka tavoitteena on edistää ilmastoneutraaliutta ja siirtymä kiertotalouteen. Ohjelman neljä päätavoitetta ovat seuraavat:

1. Päästöjen vähentäminen ja ilmastoneutraalius: Ohjelman tärkein tavoite on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä ja edistää ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Tätä varten EU pyrkii lisäämään uusiutuvan energian käyttöä, parantamaan energiatehokkuutta ja vähentämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä.
2. Kestävä liikkuminen: EU tavoittelee kestävästä liikkumisesta, joka vähentää liikenteen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä ja edistää kestävästä kehityksestä. Tämä sisältää muun muassa sähköautojen käytön edistämisen, kestävien liikennejärjestelmien kehittämisen ja liikenteen infrastruktuurin parantamisen.
3. Energiatehokkuus ja kiertotalous: EU pyrkii edistämään energiatehokkuutta ja siirtymään kiertotalouteen, jossa tuotteiden elinkaari pidentyy ja jätteen määrä vähenee. Tämä tavoite sisältää esimerkiksi kierrätysjärjestelmien kehittämisen, kestävästä rakentamisesta edistämisen ja energiatehokkuusstandardien parantamisen.
4. Suojelu ja palauttaminen: EU:n vihreän kehityksen ohjelma sisältää myös tavoitteen suojella ja palauttaa luonnon monimuotoisuutta. Tämä sisältää esimerkiksi metsien suojelun, biologisen monimuotoisuuden edistämisen ja kestävästä maankäytön.

Strategia pohjautuu jo olemassa olevaan ilmasto- ja ympäristöpolitiikkaan, joita tehostetaan ja laajennetaan strategian puitteissa kuten Pariisin ilmastopöytäkirja. Vihreä kehitys -ohjelma ohjaa EU:ta muuntumaan kohti oikeudenmukaiseksi ja vauraaksi yhteiskunnaksi. Täten saadaan EU:n taloudesta nykyaikainen ja kilpailukykyinen. [34.]

Tämä korostaa sellaista lähestymistapaa, jossa painotetaan kokonaisvaltaisuutta ja alojenvälisyyttä, jossa edistetään tavoitteita ilmaston liittyvissä asioissa. Tähän pakettiin kuuluu monia aloitteita, jotka kattavat ympäristön, ilmaston, liikenteen, energian, maatalouden, teollisuuden ja kestäväen rahoituksen. Joulukuussa 2019 Euroopan komissio aloitti vihreän kehityksen ohjelman ja neuvosto huomioi sen joulukuun kokouksessa. [34.]

3.2 Hiilijalanjäljen laskeminen

Hiilijalanjälki on yhä tärkeämpi käsite nyky-yhteiskunnassa, jossa pyritään löytämään kestävämpiä ratkaisuja ja vähentämään ilmastonmuutoksen vaikutuksia. Hiilijalanjälki on määrä, joka kuvaa tietyn tuotteen tai toiminnan aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen määrää, ja se voidaan laskea useilla eri tavoilla.

Yleensä hiilijalanjäljen laskennassa huomioidaan koko tuotteen tai toiminnan elinkaari, joka voi sisältää useita eri vaiheita. Esimerkiksi rakentamisen hiilijalanjälki lasketaan yleensä tuotteiden valmistuksesta, rakentamisesta, rakennuksen käytöstä mukaan lukien huollot ja energiankulutus, sekä lopuksi rakennuksen purusta elinkaaren lopussa.

Hiilijalanjäljen laskennassa käytetään yleisesti hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä, joka on kasvihuonekaasujen ilmastoä lämmittävä vaikutus muunnettuna hiilidioksidin vastaavaksi vaikutukseksi. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki kasvihuonekaasut, kuten hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi, muunnetaan hiilidioksidiekvivalentiksi, jotta niiden vaikutus ilmastoon voidaan vertailla suoraan.

Hiilijalanjäljen laskenta on tärkeä työkalu, jonka avulla voidaan arvioida eri tuotteiden ja toimintojen ympäristövaikutuksia ja etsiä kestävämpiä ratkaisuja. Tämä tieto auttaa tilaajaa tekemään tietoisempia valintoja ja ohjaa yrityksiä kehittämään kestävämpiä tuotteita ja prosesseja. [35.]

Ympäristöministeriö julkaisi vuonna 2019 rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmän, jossa ohjeistetaan materiaalien, kuljetusten, työmaan ja energian hiilijalanjäljen laskennassa.

Arviointimenetelmä pohjautuu Euroopan komission Levels-menetelmään sekä EN-standardeihin. Sen kehittämisen tarkoituksena on toimia kansallisena ja yhtenäisenä menetelmänä hiilijalanjäljen laskennassa. Sen pohjalta hiilijalanjälkilaskenta voidaan tehdä kaikkiin uudis- ja korjausrakentamisen kohteisiin kaikissa rakennushankkeen vaiheissa. Arviointimenetelmä ottaa huomioon kuvassa 16 esitetyt elinkaaren vaiheet. Ympäristöministerin kehittämästä laskentamenetelmästä on tulossa osaksi rakentamismääräystä. [36.]



Kuva 16. Hiilijalanjälkilaskennassa huomioon otettavat rakennuksen elinkaaren vaiheet. [36.]

Arviointimenetelmässä laskennan tuloksena käytetään yksikköä $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2/\text{a}$, joka on hiilidioksidiekvivalenttien paino jaettuna rakennuksen lämmitetty nettopinta-ala ja rakennuksen käyttövuodella.

Hiilidioksidiekvivalentti (CO_2e) on mittayksikkö, joka kuvaa eri kasvihuonekaasujen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen suhteessa hiilidioksidiin. Hiilidioksidiekvivalentin käsite on kehitetty, jotta eri kasvihuonekaasujen ilmastoja lämmittävät vaikutukset voitaisiin vertailla keskenään ja summata yhteen. Tämä mittayksikkö perustuu siihen, että kaikilla kasvihuonekaasuilla on erilainen kyky sitoa lämpösäteilyä ja siten lämmittää ilmastoja. Hiilidioksidiekvivalentin laskemisessa otetaan huomioon kyseisen kaasun ilmastovaikutus sekä sen elinikä ilmakehässä.

Hiilidioksidiekvivalentti voidaan laskea esimerkiksi vertaamalla eri kasvihuonekaasujen ilmastovaikutusta hiilidioksidin vastaavaan vaikutukseen tietyllä aikavälillä. Yleinen vertailuajanjakso on 100 vuotta, jolloin lasketaan, kuinka paljon tietyn kaasun päästäminen ilmakehään lämmittäisi ilmastoja verrattuna saman hiilidioksidimäärän vapauttamiseen. Esimerkiksi metaanin hiilidioksidiekvivalentti on noin 28 kertaa suurempi kuin hiilidioksidin, koska metaani on paljon voimakkaampi kasvihuonekaasu, vaikka sen elinikä ilmakehässä on lyhyempi.

Hiilidioksidiekvivalentin käsite on tärkeä työkalu ilmastonmuutoksen torjunnassa ja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamisessa. Se auttaa ymmärtämään paremmin eri kasvihuonekaasujen vaikutuksia ilmastoon ja mahdollistaa päästöjen vertailun eri lähteistä. Tämä mittayksikkö on keskeinen esimerkiksi ilmastotavoitteiden asettamisessa ja ilmastopolitiikan suunnittelussa. [36; 37.]

Hiilijalanjäljestä muodostunutta tulosta esitetään positiivisena kokonaislukuna. Tällä hetkellä laskentamenetelmäksi suositellaan valittavaksi ainakin ympäristöministeriön arviointimenetelmä, jotta kaikilla olisi yhtenäinen vertailumenetelmä. [36.]

3.3 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjälki (carbon handprint) tarkoittaa tuotteen tai palvelun positiivista ympäristövaikutusta. Esimerkiksi rakennuksen hiilikädenjälki tarkoittaa rakentamisesta koituvia myönteisiä ilmastovaikutuksia, joita ei syntyisi ilman rakennuksen rakentamista. Näitä ovat esimerkiksi kierrätetystä valmistetut teräsrakenteet, puupohjaisiin rakenteisiin sitoutunut hiili tai pihalle istutettu uusi kasvusto. Myös esimerkiksi rakennuksen katolle asennetut aurinkopaneelit, jotka tuottavat uusiutuvaa energiaa lasketaan positiiviseksi hiilikädenjäljeksi. Hiilikädenjälkeä laskettaessa hiilijalanjälkeä ei saa vähentää. Kuva 17 havainnollistaa hiilikäden- ja hiilijalanjäljen eroja. [37.]



Kuva 17. Hiilikädenjälki on positiivinen asia luonnon kannalta kun taas hiilijalanjälki on negatiivinen tapahtuma. [37.]

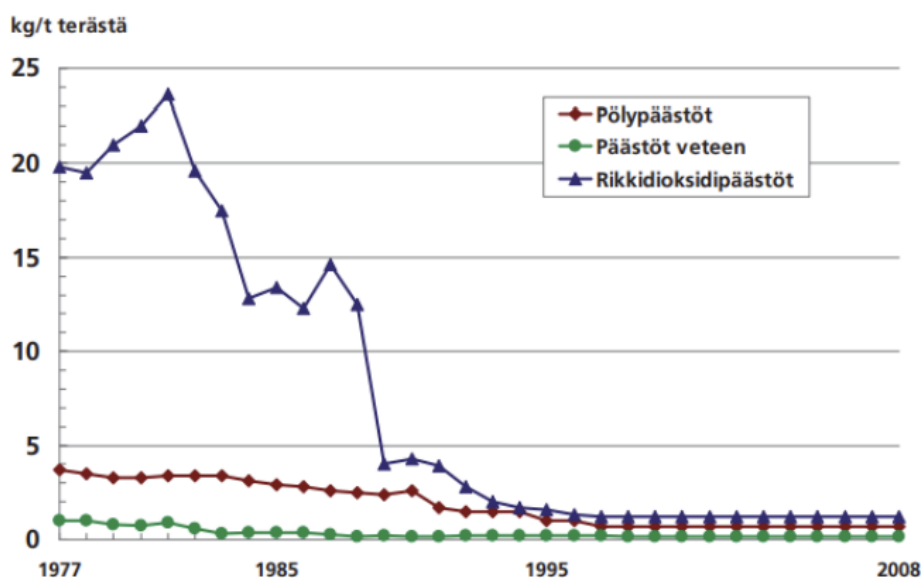
3.4 Teräksen ympäristövaikutukset

Teräksen suurimmat ympäristövaikutukset syntyvät sitä tuottaessa eli terästehtaalla. Terästehtaat noudattavat erilaisia ympäristösäädäntöjä ja ISO 14001 -ympäristöstandardia. Terästehtaat pyrkivät jatkuvasti kehittämään toimintansa luontoystävällisemmäksi ja pitkälti ympäristö standardit ohjaavat niiden toimintaa. [13, s.33.]

Hiilidioksidipäästöt syntyvät pääosin masuunissa tapahtuvassa prosessissa itse raaka-aineista. Masuunia ei ole voitu vielä korvata toistaiseksi muulla menetelmällä. SSAB:n masuunipohjainen tuotanto on maailman hiilidioksiditehokkain, sillä siinä käytetään laadukkaita raaka-aineita ja tehokkaita prosesseja. Esimerkiksi niiden kylmävalssattu teräksen tuotannon hiilidioksidipäästöt ovatkin noin 6 % pienemmät, kun Euroopan keskimäärin ja 17 % pienemmät kuin Kiinassa keskimäärin. [38.]

Teräksen tuotannossa syntyy myös muita päästöjä kuten pölyä, typpioksidia, rikkioksidia. Lisäksi tuotantoprosessia syntyy jätettä. Teräksen sulatus- ja valssausprosessi tuottaa pölyn lisäksi hehkutushilsettä. Vettä käytetään lähinnä hehkutus, jäähdytys sekä peittäusvaiheissa. Tuotantolaitos pyrkii käsittelemään ja kierrättämään veteen päätyneitä epäpuhtauksia niiden omissa puhdistamoissa. Suomessa on määrätietoisesti pyritty kehittämään ja tehostamaan tehtaiden toimintaa, jotta vesipäästöjä pääsisi mahdollisimman vähän kunnalliseen jätevesijärjestelmään kuten kuvassa 18 ilmenee. [13, s.33.]

SUOMEN TERÄSTEOLLISUUDEN PÄÄSTÖT



Kuva 18. Suomen terästeollisuuden päästöt vuosina 1977–2008. [39.]

3.5 Teräksen ekologisuus ja elinkaari

Valmis teräsrakenne ei kuormita luontoa, sillä se ei eritä eikä ime epäpuhtauksia tai kosteutta. Teräs on ekologisesti kestävä materiaali, sillä sen kierrätys on tehokasta ja aidosti suljettu. [13, s.33.]

Teräsrakenteita on helppo kierrättää sellaisenaan helppojen liitosten ansiosta. Suomessa käytössä olevan kierrätysjärjestelmän ansiosta saadaan lähes kaikki romuteräs uudelleen käyttöön. [13, s.33.]

Terästä on helppo erottaa muista materiaaleista magneetin avulla ja sulattaa uudelleen käyttökelpoiseksi. Vaikka teräs jäisi luontoon, aikanaan se kuitenkin palautuu takaisin luonnonmateriaaleiksi, joista se on valmistettu.

Maailman malmivarat riittävät vielä sadoiksi vuosiksi eteenpäin. Romuteräksen uudelleen käyttö lisää entisestään tätä aikaa. Tulevaisuuden kynnyksysymykset ovat kuitenkin lähinnä energia ja joidenkin seosaineiden saattavuus. [13, s.33.]

Kun teräsrakenne on valmis, se on kestävä ja pitkäikäinen. Sen huoltovapaa ominaisuus sekä hyvän kierrettävyyden ansiosta, se on mainio materiaali rakentamisessa.

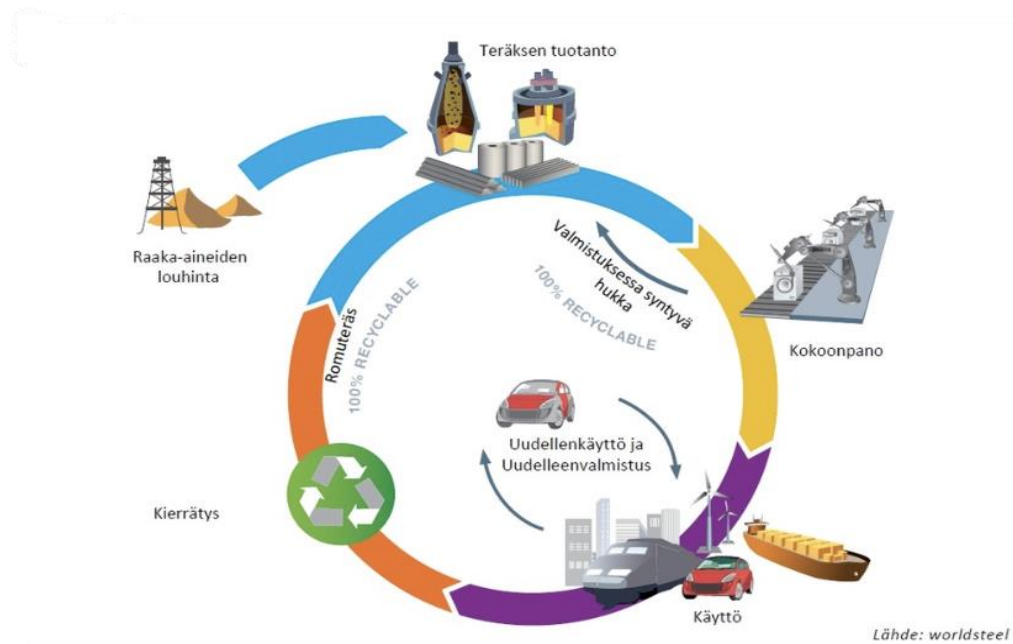
Kuva 19 havainnollistaa teräksen elinkaaren, joka koostuu useista eri vaiheista. Elinkaaren ensimmäinen vaihe on raaka-aineiden louhinta, jossa tarvittavat metallimineraalit kaivetaan maaperästä ja kuljetetaan jalostettavaksi. Raaka-aineiden louhinnasta seuraa usein ympäristöhaittoja, kuten maiseman muutoksia, vesistöjen pilaantumista ja muiden luonnonvarojen kulutusta. Toinen vaihe on teräksen valmistus, joka voi tapahtua joko malmista tai romusta. Kuten aiemmin mainittiin, malmista valmistettu teräs vaatii paljon energiaa ja raaka-aineita, mikä aiheuttaa suuria ympäristövaikutuksia. Romuteräksen valmistus sen sijaan kuluttaa vähemmän energiaa ja raaka-aineita, ja on siten ympäristön kannalta kestävämpi vaihtoehto.

Kolmas vaihe on teräksen kokoonpano, jossa valmistettu teräs muokataan eri käyttötarkoituksiin sopiviksi osiksi ja komponenteiksi. Terästä käytetään monissa eri tuotteissa, kuten rakennuksissa, ajoneuvoissa ja koneissa.

Neljäs vaihe on teräksen käyttö, joka voi kestää vuosikymmeniä. Teräksen käyttövaiheessa se altistuu kulutukselle ja rasitukselle, ja siitä voi syntyä jätettä tai päästöjä, kuten ruostetta tai melua.

Viimeinen vaihe on teräksen kierrätys, jossa käytöstä poistettu teräs kerätään ja sulatetaan uudelleen romuteräkseksi. Kierrätys vähentää uusien raaka-aineiden tarvetta ja vähentää samalla tuotannon aiheuttamia ympäristöhaittoja. Teräksen kierrättäminen onkin ympäristön kannalta kestävä vaihtoehto, ja sitä tulisi edistää kaikilla toimialoilla, joissa terästä käytetään.

Kuvassa 19 esitetty teräksen elinkaari havainnollistaa, että teräksen käyttö vaikuttaa merkittävästi ympäristöön kaikissa sen elinkaaren vaiheissa. Teräksen valmistajien ja käyttäjien tulisi tietoisesti pyrkiä vähentämään teräksen ympäristövaikutuksia kaikissa sen elinkaaren vaiheissa, esimerkiksi käyttämällä kierrätettyä terästä ja kestävänsä kehityksen periaatteita noudattaen. [13, s.33.]



Kuva 19. Teräksen elinkaari [40.]

3.6 Opas vähähiiliseen teräsrakennuttamiseen

Jotta teräsrakentaminen olisi kestävä, kehityksen periaatteiden mukainen ja vähähiilinen, se tulisi suunnitella mahdollisimman pitkäikäiseksi, muuntojoustavaksi, materiaalitehokkaaksi, helposti hoidettavaksi, energiatehokkaaksi, turvalliseksi, viihtyisäksi, arvonsa säilyttäväksi ja terveelliseksi.

Teräsrakenteita valittaessa on tärkeää ottaa huomioon niiden valmistuksessa syntyvien päästöjen määrä. Tämän arvioimiseksi voi hyödyntää elinkaarianalyysiä, esimerkiksi EPD-ympäristöselostetta (katso liite 3). On kuitenkin tärkeää muistaa, että tuotteen valitseminen ei ole yksiselitteinen päätös, vaan sen elinkaaren aikaiset vaikutukset on arvioitava kokonaisuutena. Vaikka tuote, jonka valmistusvaiheen päästöt ovat alhaisimmat, voi vaikuttaa hyvältä vaihtoehdolta, sen käyttöikä ja korjaustarpeita on myös arvioitava tarkasti. Lopullisen päätöksen tekemisessä on huomioitava kaikki tuotteen elinkaareen liittyvät vaikutukset, jotta valinta on kestävä ja ympäristöystävällinen. [13, s.33.]

Tuottajaa valittaessa on suositeltavaa valita sellainen teräsrakenteen valmistaja, joka käyttää uusiutuvaa energiaa kuten tuuli-, aurinko- tai bioenergiaa. Kierrätystä teräksestä valmistettu teräsrakenne vaatii noin viides osan energiaa kuin malmipohjaisesta valmistettu, siksi teräsrakenteessa on suositeltavaa valita uudelleen kierrätettyä terästä. [13, s.33.]

Kierrätettävyys tulee ottaa huomioon suunnittelussa seuraavasti;

- on suositeltavaa käyttää kierrätyskelpoisia ja pitkäikäisiä materiaaleja
- pyrkiä käyttämään mahdollisimman vähän eri materiaaleja, jotta kierrättäminen olisi tehokasta ja helppoa
- vältettävä yhdistelmärakenteiden käyttöä, sillä ne hankaloittavat kierrättämistä
- suunnitella tuote purettavaksi.

Rakennuksen purkua on otettava suunnittelun alussa huomioon, jotta kierrätettävyys ja purku olisi mahdollisimman tehokasta ja nopeaa.

Mahdollisimman hyvin muuntojoustavaksi suunniteltu rakennus on suuri ilmastoteko, sillä mahdollinen käyttötarkoituksen muuttumisen myötä rakennuksessa ei tarvitse tehdä mittavia muutoksia. Kuten kuvassa 20 rakennuksen purkamisesta syntyy yli 4 kertaa enemmän kasvihuonekaasuja kuin sen korjaamisesta tai muuttamisesta nykytarpeisiin.

	CO ₂ -ekv (tn)
Rakentaminen	90...240
Korjausrakentaminen 50 vuotta	10...15
Korjausrakentaminen 100 vuotta	20...30
Purkutyö	40...90

Kuva 20. Rakentamisessa, korjauksissa ja purkutöissä syntyvät hiilidioksidiekvivalentti. [41, s.16]

Teräsrakenteita kuljettaessa kohteeseen syntyy hiilidioksidipäästöjä, siksi kuljetuksessa on suosittava vähähiilisiä ratkaisuja, kuten uusiutuvaa energiaa käyttäviä kulkuvälineitä. Meriteitse kuljettu matka tuottaa vähemmän päästöjä suhteessa matkaan tietä pitkin. Päästöihin vaikuttavia tekijöitä ovat matkan pituus, kuljettu reitti sekä kuljetuksen massa.

Opinnäytetyössä kehitin taulukon, josta näkee eri teräslajien tuottamisessa ja kuljetuksessa syntyneitä hiilidioksidipäästöjä. Taulukosta näkee helposti myös kuljetuksen aikana syntyneitä hiilidioksidimääriä. Esimerkiksi Saksasta Suomeen tuotu 0 % kierrätetty teräsrakenteen valmistuksessa syntyy 3200 kgCO₂/t ja kuljetuksessa syntyy 112,5 kgCO₂, eli yhteensä 3313 kg/CO₂/t. Näin ollen 97 % päästöistä syntyy valmistuksessa ja 3 % kuljetuksessa. Kun taas sama teräslaji tuodaan Kiinasta, hiilidioksidipäästöjä syntyy huomattavasti enemmän, 3650 kg/CO₂/t. Tämä tarkoittaa sitä, että kuljetuksen aikana syntyvien päästöjen määrä nelinkertaistuu ja tällöin 88 % syntyy valmistuksessa ja 12 % kuljetuksessa (katso liite 4.) Taulukossa on käytetty apuna CO₂datasta ja OneClikck:sta saatuja tietoja.

Teräksen pitkäikäisyyteen vaikuttaa merkittävästi korroosiosuojaus. Oikeanlainen korroosiosuojaus pidentää teräsrakenteen käyttöikää (katso taulukko 2). Korroosiolla tarkoitetaan metallin syöpymistä. Syöpynyt teräs tuhoutuu ja palaa luontoon takaisin. Korroosio alkaa materiaalin pinnalta ja etenee hiljalleen syvemälle. Suojaamaton teräs ruostuu ulko-olosuhteista noin 0.05–0.2 mm vuodessa. Ruostuminen nopeutuu lämpimissä ja vastaavasti hidastuu kylmissä olosuhteissa (katso kuva 21). [13. s,31.]

Taulukko 2. Ilmastorasitusluokat EN-standardin mukaan. [42.]

Rasitusluokka	Ilmaston korroosiorasitus	Esimerkkiympäristö
C1	Hyvin vähän	Lämpimät ja kuivat sisätilat esim. hotelli, koulu.
C2	Vähän	Lämpimämmät rakennukset esim. urheiluhalli, varasto.
C3	Keskitaso	Kosteat tuotantotilat esim. meijerit, elintarviketehtaat.
C4	Paljon	Rannikkoalueet, jossa kohtalainen suolapitoisuus esim. uima-altaat, telakka.
C5-I	Hyvin paljon	Kosteassa ja aggressiivisessä ilmastossa sijaitseva teollisuusalueet.
C5-M	Hyvin paljon	Rannikko alue, jossa korkea suolapitoisuus.



Kuva 21. Teräsrakenteessa ei toivottu ruostetta. [41, s.28]

4 Teräsrakenteet

4.1 Edut verrattuna betoni- ja puurakentamiseen

Rakennus, joka on rakennettu teräksestä, on pitkäikäinen, terveellinen ja moderni. Sille on myös tunnusomaista tuotantoystävällisyys, esteettisyys ja toiminnallisuus.

Korroosiosuojattuna teräsrakenteet kestävät jopa 200 vuotta. Ne eivät vahingoita luontoa, koska ne eivät eritä tai ime epäpuhtauksia. Homehtumattomuuden ansiosta, teräsrakenteet ovat luotettava rakennusmateriaali, toisin kuin puu ja betoni. [13, s.33.]

Teräsrakenteiden keveyden ja suuren lujuuden ansiosta päästään pitkiin jänneväleihin ja avariin tiloihin. Paksuilta ja häiritseviltä pilareilta on mahdollista välttyä teräsrakenteiden ansiosta. Esimerkiksi teräsrakenteinen runko painaa vain noin 60 % vastaavan betonirungon painosta. Keveydestä on myös hyötyä perustuksissa, sillä se vaikuttaa edullisesti perustuskustannuksiin. Siitä syntyy myös merkittäviä säästöjä rakentamisaikana, sillä kuljetus- ja nosturikustannukset alenevat. [27, s.28.]

Terästuotteille ominainen mittatarkkuus ja koneellinen työstettävyys mahdollistavat osien teollisen esivalmistuksen. Tämä tehostaa, nopeuttaa ja helpottaa työmaalla tapahtuvaa rakentamisaikaa, jolloin syntyy merkittäviä säästöjä. [27. s.28.]

Hitsattavuuden ansiosta liitosten tekeminen on luotettavaa ja nopeaa. Sen ansiosta teräsrakennuksia on helppo vahvistaa, jolloin esimerkiksi lisärakentaminen mahdollistuu. [27, s.28.]

Erittäin hyvän muuntojoustavuuden ansiosta tilat saadaan helposti muokattua uusiin halutunlaisiin tiloihin, kun taas esimerkiksi betonirakenteissa se vaatisi mitaavia toimenpiteitä. Jopa rakennusaikaiset muutokset ovat mahdollisia. Muuntojoustava rakennus on parempi investointikohde, koska tarpeen vaatiessa tilat

saadaan muutettua kustannustehokkaasti eri käyttötarkoituksiin. Teräsrunko onkin siksi suosituin rakennusmateriaali kauppakeskuksissa. [27, s.28.]

Teräksen korkea kierrätysaste ja mahdollisuus käyttää uudelleen sellaisenaan runkomateriaalina tekee siitä paljon luonnonystävällisemmän materiaalin kuin betoni. Noin 50 % kaikista runkoteräksistä voidaan käyttää sellaisenaan uudelleen. [41, s.14.]

Vaikka puurakennusmateriaali sitoo hiilidioksidia, sen suosion lisääntyminen maailmanlaajuisesti aiheuttaisi suuria metsäkatoja ympäri maailman. Lisäksi se on lyhytikäinen ja huono kestävänsä kulutusta. Teräs taas on ominaisuudeltaan erittäin kulutusta kestävä sekä pitkäikäinen.

Puun heikkouksiin kuuluu myös mm. lahoaminen ja homehtuminen. Mikäli puun kosteus pysyy pitkiä aikoja yli 20 %, se alkaa homehtua jo muutamassa kuukaudessa. Myös lahoaminen alkaa pian, mikäli ilman suhteellinen kosteus on yli 90 %. Erilaiset tuholaishyönteiset, kuten termit aiheuttavat lämpimissä ilmastoissa ongelmia puurakenteissa. [43.]

Puu on herkkä kosteuden vaihteluille, siksi se on erityisen tärkeää suojata rakentamisaikana kosteudelta. Lisäksi puu on palava materiaali, siksi yli kaksikerroksisessa puurunkoisissa rakennuksissa on pakollista käyttää automaattista sammutusjärjestelmää eli sprinklerijärjestelmää. Nämä kasvattavat kustannuksia ja hiilijalanjälkeä. [44.]

Lisäksi teräsrakenteiden edut puuhun ja betoniin ovat seuraavat;

- lyhyt asennusaika alentaa yleiskustannuksia
- hoikkien rakenteiden ansiosta nettopinta-ala lisääntyy
- rakenteista ei synny jätettä eikä materiaalihukkaa
- runkoratkaisu ei sido sisätilojen suunnittelua ja rakentamista.

4.2 Teräsrakenteiden huonot puolet

Teräsrakenteiden heikkouksiin kuuluu palon- ja korroosionkestävyyttä. Teräsrakenne ei ole sellaisenaan kovin paloturvallinen, vaan ne tarvitsevat lähes aina palosuojauksia. Yli 600 asteen kuumuudessa teräs alkaa nopeasti menettää tärkeämmän omaisuutensa eli lujuutensa. Tulipalossa se yleensä sulaa täysin. Järeäkin palosuojaamaton teräsrakenne voi kovassa kuumuudessa menettää kantokykynsä jo 10–20 minuutissa ja näyttää kuvan 22 mukaiselta. [27, s.29.]



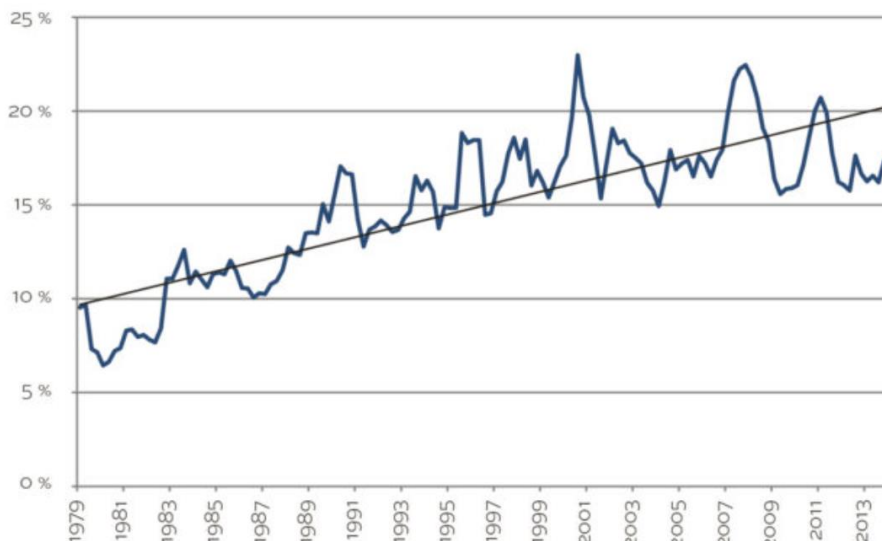
Kuva 22. Tulipalossa kantokykynsä menettänyt teräsrakenne. [45.]

Teräsrakenteet on lähes aina suojattava myös korroosiota vastaan, sillä suojaamaton teräs ruostuu ilmastorasituksen takia 0.05–0.2 mm vuodessa. Ruostuminen nopeutuu lämpimissä ja hidastuu kylmissä olosuhteissa. Ruostumista kiihdyttävät erilaiset happo-, emäs- tai suolaliuokset, ilman rikkiyhdisteet sekä teräksen pinnalle tiivistynyt kosteus. Ruostumisessa rauta-atomit pääsevät veden ja hapen avulla hapettumaan ja muodostamaan teräksen pinnalle ruostetta. Vaikka nykymateriaaleilla suojaus on helppoa ja varmaa, se nostaa teräsrakentamisen kustannuksia. [27, s.31.]

Venäjä, Valko-Venäjä ja Ukraina ovat merkittäviä teräksen tuottajamaita Euroopassa. Ukrainan sota, joka alkoi helmikuussa 2022, ja sen seurauksena asetetut pakotteet ovat vaikeuttaneet teräksen saatavuutta ja nostaneet sen hintaa korkealle. Tilanteen arvioidaan kuitenkin helpottuvan pikkuhiljaa, kun sähkön hinta laskee ja korvaavien terästuottajien osuus kasvaa. Vaikka tilanne on aiheuttanut haasteita teräksen tuotannolle ja hankinnalle Euroopassa, on odotettavissa, että markkinat vakiintuvat ajan myötä. [45.]

4.3 Markkinatilanne

Tällä hetkellä teräsrakenneteollisuus on noin 950 miljoonan euron liikevaihto Suomessa. Kaikista uusista rakennuksista teräsrunkoisia on yli 20 %. Eniten teräsrunkoa käytetään teollisuusrakennuksissa, joissa teräksen markkinaosuus on ollut 45–55 %. Myös maatalousrakennukset, hallit, kauppakeskukset ovat merkittäviä teräsrunkoisia rakennuksia. Teräs rakennusmateriaalina onkin vakiinnuttanut paikkansa rakentamisessa. Markkinaosuus on kaksinkertaistunut 35 vuodessa kuten kuvassa 23 käy ilmi. [47; 48.]



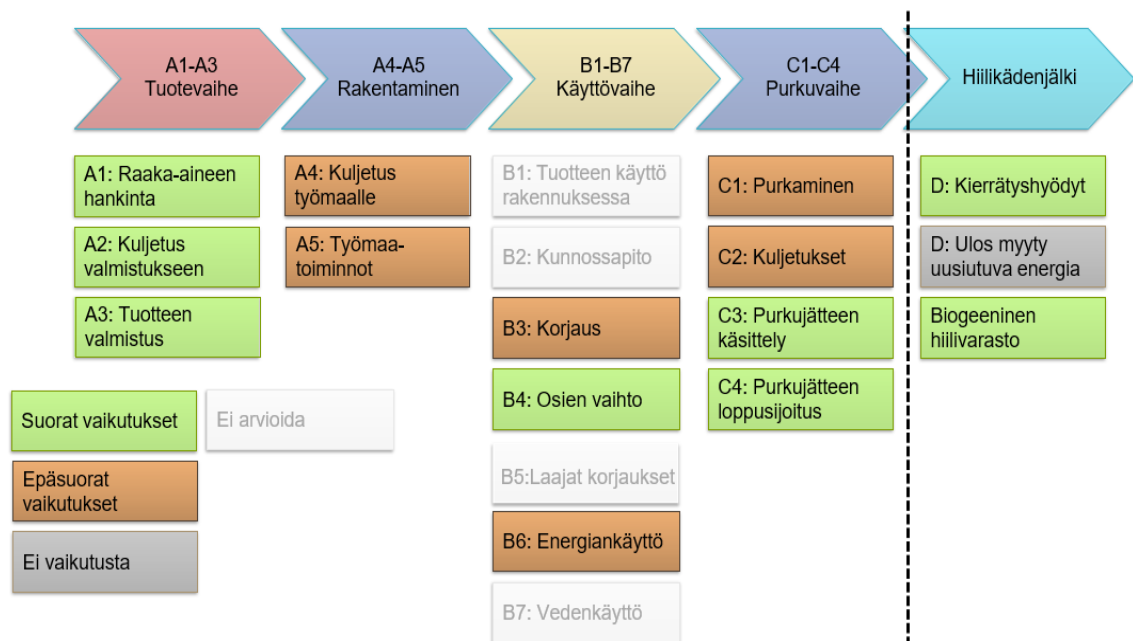
Kuva 23. Teräsrunkoisten rakennusten markkinaosuus aloitetuista rakennuksista. [48.]

5 Kohti hiilineutraalia teräsrakentamista

5.1 Rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuudet

Rakennesuunnittelijalla on merkittävä rooli hankkeen hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Tämä merkitys tulee kasvamaan entisestään vuonna 2025 tulevan uuden määräysten myötä. Uudistuvan sääntelyn myötä rakennuksille asetetaan hiilijalanjäljen raja-arvot, jotka tulee laskennallisesti osoittaa rakennuslupaa ha-kiessa. Raja-arvot tulevat perustumaan vanhoihin suomalaisiin rakennuskantoi-hin, joita verrataan uusiin ja näin pyritään vähentämään päästövähennyksiä pro-sentuaalisesti. [49.]

Kuva 24 esittää rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuuksia rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa. Vihreä väri kuvastaa rakennesuunnittelijan suoraa vai-kutusta, oranssi väri epäsuoraa vaikutusta ja harmaa taas ei vaikutusta. Moni-mutkaisuuden ja tiedon puutteen vuoksi vaiheet B1, B2, B5 ja B7 ei ole arvioitu.



Kuva 24. Rakennesuunnittelijan vaikutusmahdollisuudet eri vaiheissa. [50.]

Tähän asti rakennusten päästöjen huomio oli kohdistunut lähinnä energiatehokkuuteen, mutta tulevaisuudessa huomio tulee kiinnittymään enemmän materiaalien aiheuttamiin päästöihin. [49.]

Eri materiaalien vertailun sijaan, tulevaisuudessa tullaan panostamaan enemmän hyvään suunnitteluun, missä materiaalien hiilijalanjälki olisi mahdollisimman pieni rakennuksen koko elinkaaren ajan. [49.]

Rakennesuunnittelija pystyy vaikuttamaan mm. seuraaviin;

- materiaalitehokkuus
- uusio-, kierrätys- ja uusitut materiaalit
- vähähiiliset materiaalit
- helppo toteuttavuus ja irrotettavuus, nopeuttaa työmaan aikataulua, jolla on suora yhteys energian käyttömäärään
- pitkäikäisyys, huolettavuus, korjattavuus
- jätteensynnyn minimointi.

Rakennesuunnittelijan oikeanlainen materiaalin valinta edesauttaa suuresti vähentämään hiilidioksidipäästöjä, sillä noin 20 % maailmanpäästöistä syntyy rakennusmateriaaleista ja niiden valmistuksessa. [51.]

Hyvän rakennesuunnittelun ansiosta materiaalitehokkuus ja rakenteen uudelleenkäyttö sellaisenaan paranee. Lisäksi puhtaan materiaalien suosimisen myötä kierrättävyys helpottuu ja tehostuu. Tarkkaan määriteltyjen materiaali- ja kulumäärien ansiosta ei synny ylijäämää, joka vaikuttaa hiilidioksidipäästöihin alentavasti. [51.]

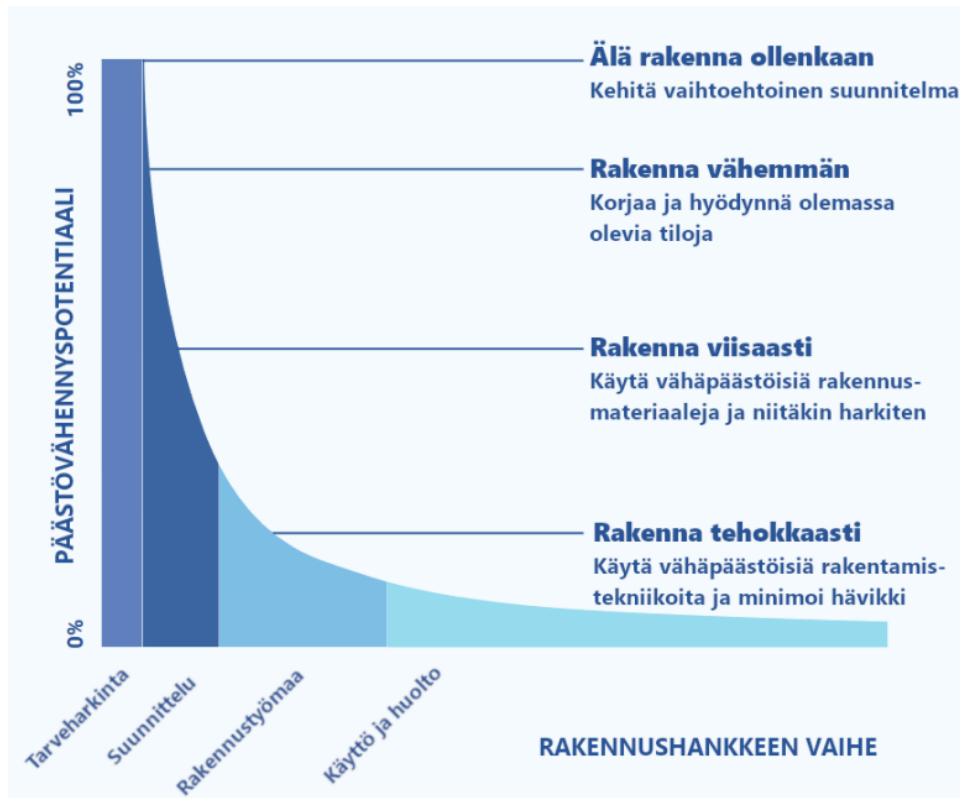
Hyvän suunnittelun ansiosta rakenteen asennettavuus, korjattavuus sekä purettavuus nopeuttavat rakentamisen/korjaamisen/purkamisen kestoa, jolla on suora yhteys käytettyyn energian määrään. [49.]

Teräsrakenteet ovat hyviä lämpöjohtavia materiaaleja, siksi oikeanlaiseksi suunniteltu eristys estää kylmäsiltoja ja kasvattaa rakennuksen elinkaaren energiatehokkuutta. Kuva 26 havainnollistaa, miten viisas suunnittelu voi vaikuttaa merkittävästi rakentamisen päästömääriin. Rakennusten suunnittelussa on monia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa niiden ympäristövaikutuksiin, kuten materiaalivalinnat, energiatehokkuus ja jätehuolto.

Yksi tärkeimmistä tekijöistä on rakennusmateriaalien valinta. Valitsemalla kestäviä ja ympäristöystävällisiä materiaaleja, kuten kierrätysmateriaaleja, voidaan vähentää merkittävästi rakentamisen hiilijalanjälkeä. Lisäksi rakennusmateriaalien elinkaaren aikaiset päästöt, kuten niiden valmistus ja kuljetus, tulee ottaa huomioon valittaessa materiaaleja.

Toinen tärkeä tekijä on energiatehokkuus. Rakennusten energiatehokkuutta voidaan parantaa suunnittelemalla ne passiivitaloiksi, joissa hyödynnetään esimerkiksi auringonvaloa, lämpöpumppuja ja eristysmateriaaleja. Lisäksi rakennuksiin voidaan asentaa energiatehokkaita järjestelmiä, kuten LED-valaistusta ja aurinkopaneeleja, jotka vähentävät energiankulutusta ja siten myös päästöjä. Kolmas tärkeä tekijä on jätehuolto. Rakentamisen aikana syntyvät jätteet tulee lajitella ja kierrättää mahdollisimman tehokkaasti. [49.]

Kaiken kaikkiaan kuva 25 osoittaa, että viisas suunnittelu on tärkeä keino vähentää rakentamisen ympäristövaikutuksia ja vaikuttaa merkittävästi päästömääriin. Rakennusalan toimijoiden tulisi pyrkiä hyödyntämään kestävä kehityksen periaatteita suunnittelussa ja valinnoissaan, jotta rakennetun ympäristön ympäristövaikutukset voitaisiin minimoida.



Kuva 25. Suunnitteluvaiheen merkitys päästöjen syntyyn. [52.]

5.2 Kilpailuedut hiilineutraaliudesta

Jotta yritys on hiilineutraalinen, sen toiminnan on sidottava yhtä paljon päästöjä kuin se tuottaa. Tähän päästään vähentämällä yritysten oma suora ja epäsuora kasvihuonekaasupäästöjä. Loput päästöt, joita ei voida vähentää, tulee kompensoida.

Greenhouse Gas Protocol -standardissa suorat ja epäsuorat päästöt luokitellaan Scopen 1, 2 ja 3 mukaan. Scopen 1 ja 2 päästöt syntyvät yrityksen omasta toiminnasta, kuten ajoneuvojen polttoainepäästöistä tai ostoenergiasta, kuten kiinteistöjen käyttämästä kaukolämmöstä, sähköstä tai kaukokylmästä. Scope 3 -luokka kuvaa epäsuoria päästöjä, kuten logistiikkaa, jätehuoltoa ja hankittuja palveluita. [53, s.13]

Vuonna 2015 tehdyn kyselyn mukaan suuri enemmistö suomalaisyrityksistä pitää hiilineutraaliutta ja vähähiilisyttä strategisen kilpailukyvyn lähteenä ja merkittävänä tekijänä toimintaympäristölleen. Hiilineutraaliuden ja vähähiilisyyden merkitys on kasvanut vuosi vuodelta. [54.]

Sitran mukaan tulevaisuuden kilpailussa tulevat pärjäämään parhaiten sellaiset yritykset, jotka suuntaavat ajoissa liiketoimintansa vähähiilisiin ratkaisuihin ja ovat kehityksen eturintamassa. Nopeasti toimiessaan suomalaisyrityksillä on mahdollisuus nousta maailman eturiviin tarjoamiin entistä kestävämpiin ratkaisuihin. Sillä heidän tekemän markkina-analyysin mukaan hiilineutraalius luo 6 000 miljardin euron suuruiset markkinat vuoteen 2050 mennessä. [54.]

Hiilineutraaliuden merkittävin kilpailuetu syntyy siis siitä, että asiakaskunta on entistä enemmän kiinnostunut tekemään kauppaa yrityksen kanssa, joka toimii vastuullisesti ilmastoasioissa. Asiakaskuntana ovat esimerkiksi suuret kaupungit kuten Helsinki, Espoo, Tampere, Vantaa, Oulu ja Turku. Niiden hiilineutraali tavoitteet vuosina 2029–2030 ohjaavat niitä suosimaan yrityksiä, jotka ovat hiilineutraalisia ja suosivat vähähiilisiä ratkaisuja. Myös yhä useammat organisaatiot vaativat kestävyttä hankinnoissaan. [53, s.13.]

Lisäksi kestävämpi rakentaminen vaikuttaa maineeseen positiivisesti ja tuottoon. Kestävästi rakennettu rakennukset voivat olla tehokkaampia käytössä ja niillä voi olla suurempi arvo ja kysyntä yksityisten ja sijoittajien joukossa.

5.3 Hiilidioksidipäästöjen kompensointi

Päästöjen kompensoinnilla (eng. carbon offset) tarkoitetaan rahallista hyvitystä, jolla pyritään kumoamaan aiheutettujen kasvihuonepäästöjen vaikutukset rahoittamalla päästöjen vähentämiseen tähtääviä toimia jossain toisaalla. Yleensä tämä tarkoittaa päästöyksikköjen (engl. carbon credit) ostamista ja mitätöimistä jonkun palveluntarjoajan kautta. [55.]

Päästöyksiköitä tuotetaan kehittyvissä maissa kuten Afrikassa projektit, jotka esimerkiksi suojelevat metsiä hävittämiseltä, istuttavat puita, rakentavat uusiutuvaa energiaa, keräävät talteen kaatopaikoilta vapautuvaa metaania tai vaihtavat energiatehokkaampiin liesiin. Projektit sertifioidaan yleensä kolmannen osapuolen tekemillä tarkastuksilla ja tuotetut päästövähennykset lasketaan standardin määrittämällä menetelmällä. Kun päästövähennys on tuotettu ja tarkastettu, myönnetyt päästöyksiköt numeroidaan ja lisätään rekisteriin, jossa niiden omistuksesta pidetään kirjaa. Kun yksikkö myydään kompensointiin, se mitätöidään rekisterissä. [55.]

Luonnonsuojeluliiton mukaan ensisijaisesti on pyrittävä vähentämään omia hiilidioksidipäästöjä ja vasta lopussa tartuttava päästöjen kompensoimiseen rahalla. Asiantuntijoiden mukaan ei voida olla varmoja niiden todellisista vaikutuksista. Lisäksi alalla on paljon erilaisia toimijoita, joiden minimikriteerit eivät täyty, siksi kyseessä voi olla pahimmillaan rahastuksesta. Tästä syystä Suomen Luonnonsuojeluliiton hiilipörssiasiantuntija, Olli Turunen ja Suomen ympärikeskuksen professori Jyri Seppälä haluavat alalle nykyistä selkeämpiä pelisääntöjä hiilidioksidipäästöjen kompensointia tarjoaville yrityksille. [56.]

6 Johtopäätökset ja pohdinta

6.1 Teräksen tulevaisuus

Teräksen tuotannossa käytetty rautamalmi koostu raudasta ja hapesta. Perinteisesti masuunissa tapahtuvassa reaktiossa happi poistetaan raudasta hiilen ja koksen avulla, josta syntyy hiilidioksidipäästöjä. Jokaista terästonnin kohti tarvitaan puoli tonnia hiiltä ja siinä syntyy 1,8 tonnia hiilidioksidia. Se aiheuttaa yksinään koko maapallon noin 7 % hiilidioksidipäästöistä. [57.]

Vuonna 2016 SSAB, LKAB ja Vattenfall yhdessä käynnistivät HYBRIT-hankkeen. Sen tavoitteena oli kehittää teknologia, jolla voidaan tuottaa rautaa ja terästä fossiilivapaasti. Siinä hiilen ja koksen sijaan raudan ja hapen erotteluun käytetään vetyä, josta syntyy sivutuotteena hiilidioksidin sijaan vettä. [57.]

Kuva 27. havainnollistaa masuunissa ja suorapelkistyksessä valmistetun teräksen eroja eri vaiheissa. Masuunissa valmistettu teräs tuotetaan rautamalmin ja kivihiilen seoksesta, kun taas suorapelkistyksessä teräs valmistetaan pelkistämällä rautamalmia kaasulla.

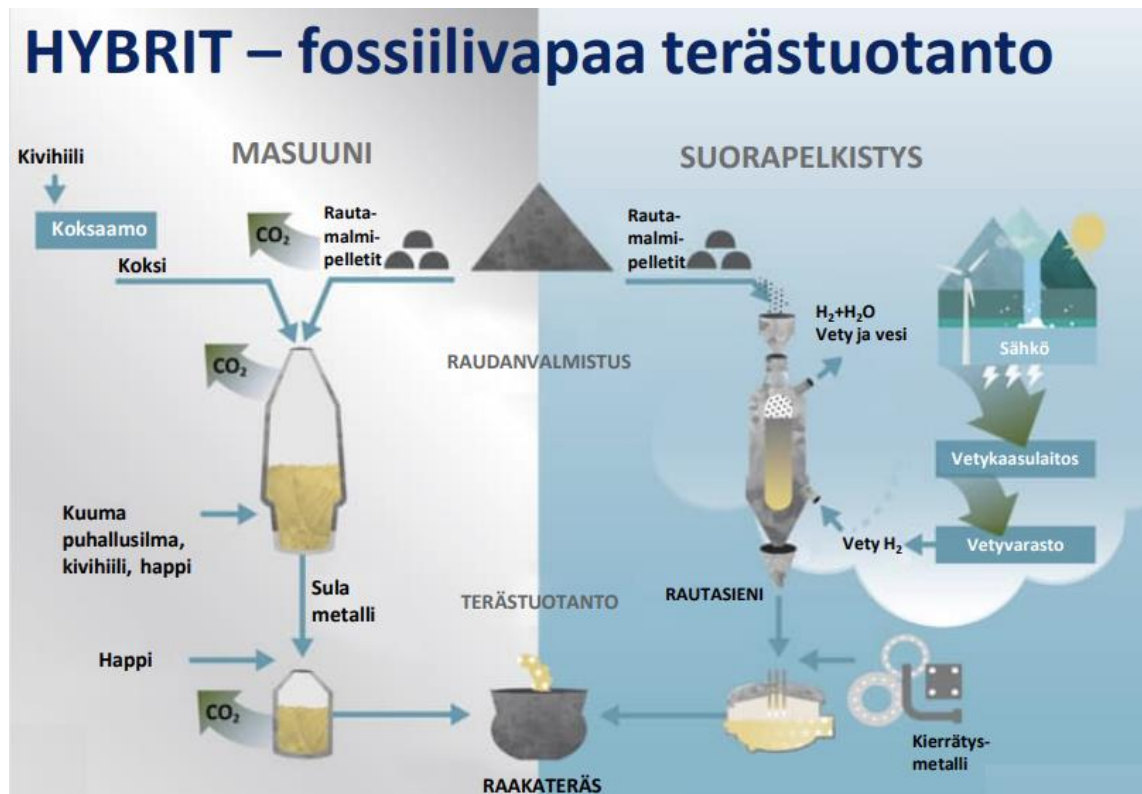
Ensimmäisessä vaiheessa molemmat menetelmät käyttävät rautamalmia raaka-aineena. Malmi puhdistetaan ensin ja siitä poistetaan epäpuhtaudet. Masuunissa rautamalmi sekoitetaan kivihiilen kanssa ja sulatetaan noin 1500 °C:n lämpötilassa. Sulasta massasta erotetaan rauta ja muut metallit. Tämän jälkeen rauta voidaan valaa tai jatkojalostaa teräkseksi. Suora pelkistyksessä malmi pelkistetään kaasulla suoraan raudaksi ilman sulattamista. Kaasuna käytetään yleensä vetyä tai hiilimonoksidia. Pelkistysprosessissa syntyvä rauta kerätään säiliöön ja valmistetaan edelleen teräkseksi.

Toisessa vaiheessa masuunissa valmistetun teräksen valmistuksessa käytetään rautaoksidien pelkistämiseen kivihiiltä. Kivihiilen poltosta syntyvä hiilimonoksidi sitoo rautaoksidit ja muodostaa sulan raudan. Prosessi on hyvin energiavaltainen ja siinä syntyy suuri määrä hiilidioksidia ja muita kasvihuonekaasupäästöjä. Suorapelkistyksessä käytetään puhdasta kaasua pelkistysreaktiossa, mikä vähentää

huomattavasti päästöjä verrattuna masuunissa tapahtuvaan teräksen valmistukseen.

Lopuksi molemmissa menetelmissä valmistettu rauta voidaan valaa tai jatkojalostaa teräkseksi. Teräksen valmistuksessa voidaan käyttää erilaisia menetelmiä, kuten sähköuunia ja masuuneja, jotka vaikuttavat lopputuotteen laatuun ja ympäristövaikutuksiin.

Kuva 26 osoittaa, että teräksen valmistusprosessit vaikuttavat merkittävästi ympäristövaikutuksiin, kuten kasvihuonekaasupäästöihin ja luonnonvarojen käyttöön. Suorapelkistyksen kaltaiset kestävämmät valmistusmenetelmät voivat auttaa vähentämään terästeollisuuden ympäristövaikutuksia.



Kuva 26. Masuunissa ja suorapelkistyksessä valmistetun teräksen erot eri vaiheissa. [58, s.11]

Vuonna 2020 valmistui ensimmäinen Hybrit-hankkeen pilottitehdas Pohjois-Ruotsiin Luulajan ja ensimmäinen fossiilivapaa teräs tuotettiin vuonna 2021.

Saman vuoden kesään mennessä sitä oli jo valmistettu noin 24 tonnia. Yhtiön tavoitteena on toimittaa fossiilivapaata terästä markkinoille vuonna 2026 kaupallisia määriä sekä ottaa käyttöön tekniikkaa teollisessa mittakaavassa. [59.]

Fossiilivapaan teräksen luvataan olevan laadultaan täysin samanlainen, kun perinteisesti valmistuneen teräksen. Sen ainoa haittapuoli on se, että sen tuotantokustannukset ovat perinteistä terästä korkeammat ja hankintahinta on siten korkeampi. Teräksen tuotanto on noin 20–25 % perinteistäpää kalliimpaa. [59.]

Fossiilivapaa teräs luo teräsrakentamiselle aivan uudenlaiset mahdollisuudet. Se on suuri askel kohti kestäväää ja modernia rakentamista niin uudisrakentamisessa kuin korjausrakentamisessakin. Sen ansiosta teräsrakenteiden hiilijalanjälki vähenee lähes olemattomiin ja sen suosio kasvaa. Lisäksi teräsrakentamisessa kansainvälisten sopimusten ja paikallisten lakien yhteensovittaminen helpottuu ja hiilineutraalissa tavoitteessa pysytään. Kuten kuvassa 27 teräsrungon ansiosta rakennus on moderni, jossa on avoimet tilat ja suuret ikkunat.



Kuva 27. Ilman teräsrakenteita, modernia rakennuksia ei olisi olemassa. [60.]

7 Yhteenveto

Tutkimus aloitettiin teräksen ja teräsrakentamisen historialla. Teräksellä on ollut merkittävä rooli ihmisten historiassa. Rautakausi sekä teollinen vallankumous ovat esimerkkejä näistä. Teräsrakenteen kehittyminen loi mahdollisuuden rakentaa moderneja rakennuksia ja pilvenpiirtäjiä.

Insinööriyössä tarkasteltiin erityisesti teräsrakentamisen hiilijalan- ja kädenjälkeä. Tavoitteena oli edistää ja luoda hiilijalanjäljen ajattelutapaa suunnitellessa teräsrakenteita. Ympäristöministeriön julkaiseman rakennuksen vähähiilisyyden arviomenetelmän pohjasta pyrittiin luomaan opas, joka ohjaa rakennesuunnittelijaa kestävimpiin ratkaisuihin. Lisäksi tutkimuksessa kehitettiin laskentatyökalu, jonka avulla suunnittelijat voivat laskea teräsrakenteen hiilidioksidipäästöt ja verrata niitä matkan aiheuttamaan hiilidioksidipäästöihin. Tämä työkalu auttaa suunnittelijoita arvioimaan rakenteen ympäristövaikutuksia ja tekemään parempia päätöksiä kestävän kehityksen edistämiseksi (katso liite 4).

Suunnittelijat voivat omilla teoillaan vaikuttaa merkittävästi terästuotteiden hiilijalanjälkeen. Yksi tärkeimmistä keinoista on valita vähähiilisiä teräsratkaisuja, joiden valmistusprosessi ja kuljetus tuottavat mahdollisimman vähän päästöjä. Suunnittelijat voivat myös vaikuttaa teräsrakenteiden elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten vähentämiseen käyttämällä kierrätettyjä terästuotteita ja suunnitteleamalla teräsrakenteet siten, että niitä voidaan käyttää pitkään ja mahdollisimman monessa eri kohteessa.

Suomessa rakennusmääräyksiä ohjaa lähinnä kansainväliset sopimukset ja paikalliset lait. Ne tulevat ohjaamaan entistä enemmän rakentamista hiilineutraali tavoitteiden lähestyessä samalla, kun teräsrakenteiden määrä kasvaa nopean kaupungistumisen myötä. Vuoteen 2050 mennessä noin 70 prosenttia maailman väestöstä tulee asumaan kaupungeissa.

Teräs on kestävä kehityksen materiaali, sen pitkä käyttöikäisyys ja lähes 100 prosenttinen kierrätysasteen ansiosta. Teräksen uuden innovatiivisen valmistusprosessin ansiosta, siitä tulee entistä vihreämpää rakennusmateriaalia. Sen

ympäristövaikutukset olivat lähinnä sitä valmistaessa syntyneet kasvihuonekaasut. Uuden tuotantotekniikan myötä niitä ei synny enää yhtään.

Puuhun ja betoniin verrattuna, teräsrakenteilla on merkittäviä etuja, kuten homehtumattomuus, keveys ja korkea lujuus. Näiden ominaisuuksien ansiosta, se on luotettava ja materiaalitehokas rakennusmateriaali.

Lähteet

- 1 WWF. Verkkosivu. <<https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>>. Luettu 6.3.2023
- 2 Sipola, Timo. 2021. Maailman ensimmäinen erä fossiilivapaata terästä on valmiina – uusi teknologia vähentää pian Suomen hiilidioksidipäästöjä seitsemän prosenttia. Verkkosivu. Yle Uutiset. 18.8.2021. <<https://yle.fi/a/3-12062634>>. Luettu 6.3.2023
- 3 Ympäristöministeriö. Hallituksen ilmastopolitiikka: kohti hiilineutraalia Suomea 2035. <<https://ym.fi/hiilineutraalisuomi2035>>. Luettu 6.3.2023
- 4 Teräsrakenneyhdistys. Rakentaminen Teräksestä. Verkkosivu. <<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/rakentaminen-teraksesta/>>. Viitattu 9.3.2023
- 5 Teräsrakenneyhdistys. Teräksen kierrättäminen. Verkkosivu. <<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/co2-ja-kiertotalous/teraksen-kierratys/>>. Viitattu 10.3.2023
- 6 The world counts. Verkkosivu. <<https://www.theworldcounts.com/challenges/planet-earth/mining/advantages-of-recycling-steel>>. Viitattu 10.3.2023
- 7 Teräsrakenneyhdistys. Teräs materiaalina. Verkkoaineisto. <<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/teras-materiaalina/>>. Viitattu 10.03.2023
- 8 Riipinen, Kirsi. Teräs alkaa vihertää. Verkkouutinen. Helsingin Sanomat. 3.5.2021. <<https://www.hs.fi/mainos/ideat/art-2000007955135.html>>. Luettu 10.3.2023
- 9 Teräsrakenneyhdistys. Teräs. Verkkosivu. <<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/teras-materiaalina/terasta-ja-rautaa/>>. Viitattu 10.3.2023
- 10 Hiilitieto. Verkkoaineisto. <<https://hiilitieto.fi/hiilitietoa/perustietoa-hiilesta/hiili-terasteollisuudessa/>>. Luettu 11.3.2023
- 11 Kone- ja tuotantotalotekniikan opinnäytetyö. RT-Steel Ky Ideoista tuotteiksi ja markkinoille. Kirjoittanut Tasala Sari. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/27727/Tasala_Sari.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 12.3.2023

- 12 Turun toripaviljongit on vuoden teräs rakenne. Verkkouutinen. Kuvaaja Pekka Vuola. Projektuuutiset. 23.22.2022. <<https://www.projektuuutiset.fi/turun-toripaviljongit-on-vuoden-terasrakenne/>>. Luettu 12.3.2023
- 13 TKK arkkitehtiosasto Rakennusoppi. Teräs, perustietoa arkkitehtiopiskelijalle. Oppikirja. Kirjoittanut Päivi Väisänen. Luettu 13.3.2023
- 14 Haarniska. <<https://pxhere.com/fi/photo/1213396>>. Luettu 13.3.2023
- 15 Suomen kemian historia. Rautakausi. Verkkoaineisto. ><https://kemianhistoria.luma.fi/rautakausi/><. Luettu 13.3.2023
- 16 Saarelainen Ari. Metallien jalostuksen historia. Tekniikka & Talous. 31.3.2019. <<https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/paarynanmuotoinen-konvertteri-mullisti-terasteollisuuden-britti-insinorin-1855-patentoiman-keksinnon-ensimmainen-kayttaja-oli-saksalainen-krupp/954a9b9f-ec8c-3566-a8a1-9b9676ab7380>>. Luettu 14.3.2023
- 17 City of London - Engineering hall of fame. Sir Henry Bessemer. <<https://www.engineerscompany.org.uk/project/sir-henry-bessemer/>>. Luettu 14.03.2023
- 18 Notre-Damen katedraalin sirouden salaisuus selvisi. Tekniikan maailma. 17.3.2023. <<https://tekniikanmaailma.fi/notre-damen-katedraalin-sirouden-salaisuus-selvisi-tulipalo-paljasti-rakenteista-rautaisia-niitteja-joiden-kaytto-oli-edella-aikaansa/><. Luettu 17.3.3023
- 19 Teräsrakentaminen. Oppikirja. Kustantanut Rakennustieto Oy. 11.2.1994. Luettu 20.3.2023
- 20 The Ironbridge Gorge. Kuva lainattu 21.3.2023
- 21 Eiffel torni. Wikipedia. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Eiffel-torni>>. Luettu 22.3.2023
- 22 Valssaus. Wikipedia. Verkkoaineisto. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Valssaus>>. Luettu 23.3.2023
- 23 Teräskirja 9. painos. Julkaisija Metallinjalostajat ry. <https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/mobile/index.html#p=1>. Luettu 24.3.2023
- 24 Teräskelasta SSAB tehtaalta. Kuva lainattu. <<https://www.ssab.com/fi-fi/uutiset/2016/10/ssab-investoi-pohjoismaisiin-toimintoihinsa>>. Luettu 27.3.2023

- 25 Metallinjalostus. Verkkosivu. <<https://peda.net/p/RiikkaKotiranta/k7uo/ke-mia-79-v1/V/metallien-jalostus>>. Luettu 27.3.2023
- 26 Hiili terästeollisuudessa. Verkkoaineisto. <<https://hiilitieto.fi/hiilitieto/pe-rustietoa-hiilesta/hiili-terasteollisuudessa/>>. Luettu 28.3.2023
- 27 Teräs julkisessa rakentamisessa. Toimittaja Teräsrakenneyhdistys ry. 12.8.1998. Kirja. Luettu 29.3.2022
- 28 Teräsrakenneteollisuuden tilastot. Verkkoaineisto. <<https://www.terasra-kenneyhdistys.fi/fin/teras/tilastoja/>>. Luettu 29.3.2023
- 29 Demir Burakin ottama kuva. Otettu 10.10.2021
- 30 SSAB:n Hybrit-hanke. Kirjoittaja Storm Anna. Julkaistu 28.2.2018. Verkko-aineisto. <<https://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/artikkeli/ssabn-hyb-rit-hanke-tavoittelee-fossiilivapaata-teraksen-tuotantoa>>. Luettu 3.4.2023
- 31 Häkkinen, Tarja. Vares, Sirje. 2017. Rakennusten khk-päästöjen ohjauk-sen vaikutusten arviointi. <VTT. <https://www.vttresearch.com/sites/de-fault/files/pdf/technology/2018/T324.pdf>>. Luettu 3.4.2023
- 32 Eduskunta. Lainsäädäntö. Verkkosivu. <https://www.edus-kunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/kirjasto/aineistot/kotimainen_oikeus/koti-maiset-oikeuslahteet/Sivut/Lainsaadanto.aspx>. Luettu 3.4.2023
- 33 Ympäristöministeriö. Pariisin ilmastopimus. Verkkoaineisto. <<https://ym.fi/pariisin-ilmastopimus>>. Luettu 4.4.2023
- 34 Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. Verkkoaineisto. <https://www.cent-rumbalticum.org/hankkeet/paattyneet_hankkeet/eu_n_ilmastopolitiik-kaa_itamerella/miten_eu_toteuttaa_ilmastopolitiikka/euroopan_unio-nin_laajuiset_keinot/euroopan_vihrean_kehityksen_ohjelma>. Luettu 4.4.2023
- 35 Hiilijalanjälki. Verkkoaineisto. <<https://www.nihak.fi/fi/hiilijalanjaljen-las-kenta/>>. Luettu 5.4.2023
- 36 Rakennuksen vähähiilisyyden arviomenetelmä. Julkaisija Ympäristöminis-teriö. Julkaistu 2019. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/han-dle/10024/161761/YM_2019_22_Rakennuksen_vahahiilisyyden_arviointi-menetelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 6.4.2023
- 37 Hiilijalanjälki, hiilikädenjälki? Artikkel. Julkaistu 18.6.2020. <<https://hoivati-lat.fi/hiilijalanjalki-hiilikadenjalki/>>. Luettu 7.4.2023

- 38 SSAB:n terästen ympäristöhyödyt. Verkkosivu. <<https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/kestava-kehitys/fossiilivapaissa-teraksissa/terasten-ymparistohyodyt>>. Luettu 10.4.2023
- 39 Täyttä terästä. Oppimateriaali. Julkaistu 2009. Luettu 10.4.2023
- 40 Teräsrakenneyhdistys. Teräsrakenneteollisuus. Verkkoaineisto. <<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/co2-ja-kiertotalous/>>. Luettu 10.4.2023
- 41 Wigilant Walter. 2020. Materiaalivalintojen ekologiset vaikutukset teräsrakennesuunnittelussa. Opinnäytetyö. Theseus-tietokanta. Luettu 11.4.2023
- 42 Ilmastorasitusluokat. Fix master. Nettitaulukko. <https://www.fix-master.info/ABC/ABC_ilmastorasitusluokat.html>. Luettu 11.4.2023
- 43 Puurakennusten hyönteisvauriot. Rakennus perinteet ystävät ry. Turpeinen Juhani. Luettu 12.4.2023
- 44 Puunkäyttö rakentamisessa. Puuinfo. Verkkoaineisto. Julkaistu 23.4.2020. <<https://puuinfo.fi/puutieto/kayttokohteet/>>. Luettu 12.4.2023
- 45 Kauppi, T. 2021. Teräsrakenteiden vauriot ja niiden analysointi. Hitsaus-tekniikka. 73 (5), 4-8. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/509881/Terasrakenteiden_vauriot_ja_niiden_analysointi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Luettu 13.4.2023
- 46 Ukrainan sota on heikentänyt jyrkästi teräksen saatavuutta, hinta nelinkertaistui. Maaseudun tulevaisuus. Uutinen. Kirjoittanut Koivula Jukka. 14.4.2022. Luettu 13.4.2023
- 47 Rakentaminen teräksestä. Teräsrakenneyhdistys. Verkkoaineisto. <<https://www.terasrakenneyhdistys.fi/fin/teras/rakentaminen-teraksesta/>>. Luettu 13.4.2023
- 48 Teräs säästää energiaa. Rakennustaito. Verkkoaineisto. <<https://digilehti.rakennustaito.fi/digilehti/6-2016/teras-saastaa-energiaa>>. Luettu 14.4.2023
- 49 Korhonen Elisa. 18.02.2021. Rakennusmateriaalien ilmastovaikutukset – miten niitä voidaan vähentää? <<https://www.kuntarahoitus.fi/ajankohdista/rakennusmateriaalien-ilmastovaikutukset/>>. Luettu 15.4.2023
- 50 PowerPointilla tehty kuvio, ympäristöministeriön rakennuksen elinkaari vaiheen pohjasta.

- 51 Howell Martin. 16.12.2019. Structural engineers hold the keys to carbon neutrality. <<https://www.arup.com/perspectives/structural-engineers-hold-the-keys-to-carbon-neutrality>>. Luettu 15.4.2023
- 52 Sankelo Paula ja Alhola Katriina. 10.6.2020. Suomenympäristökeskus. Kohti vähäpäästöistä rakennuskantaa. Luettu 15.4.2023
- 53 Hiilineutraalisuuden tavoittelu- mitä se on missäkin yhteydessä. Ilmastopaneeli raportti. <<https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Hiilineutraalisuuden-tavoittelu-mita-se-on-missakin-yhteydessa.pdf>>. Luettu 16.4.2023
- 54 Tulevaisuus on hiilineutraalissa bisneksessä. Sitra. Verkko uutinen. 30.06.2016. <<https://www.sitra.fi/uutiset/tulevaisuus-hiilineutraalissa-bisneksessa/>>. Luettu 16.4.2023
- 55 Landström Mariko. Onko päästöjen kompensointi rahastusta? Sitra. 29.1.2020. Verkkoartikkeli. <<https://www.sitra.fi/blogit/onko-paastojen-kompensointi-rahastusta/>>. Luettu 17.4.2023
- 56 Sandell Markku. 23.1.2020. Voiko omat päästöt kompensoida rahalla? Luonnonsuojeluliiton mukaan kyse on pahimmillaan rahastuksesta, eivätkä edes minimikriteerit täyty. Yle Uutiset. <<https://yle.fi/a/3-11171598>>. Luettu 17.4.2023
- 57 HYBRIT – Pohjoismainen yhteistyöhanke kiinnostaa myös maailmalla. Julkaistu vuosi sitten. Verkkoaineisto. <<https://www.vattenfall.fi/fokukessa/fossiilivapaa/hybrit--pohjoismainen-yhteistyohanke-kiinnostaa-myos-maailmalla/>>. Luettu 17.4.2023
- 58 Krankkala Erkki. 20.11.2022. SSAB kohti fossiilivapaata teräksen valmistusta. PDF-tiedosto. Luettu 17.4.2023
- 59 Sipola Timo. Maailman ensimmäinen erä fossiilivapaata terästä on valmiina – uusi teknologia vähentää pian Suomen hiilidioksidipäästöjä seitsemän prosenttia. Yle Uutiset. <<https://yle.fi/a/3-12062634>>. Luettu 17.4.2023
- 60 Kuva lainattu. <https://www.edilportale.com/csmartnews/pannelli-hpl-trespa-meteor-by-alpewa-per-facciate-balconi-e-frangisole_16811.html>. Viitattu 17.4.2023

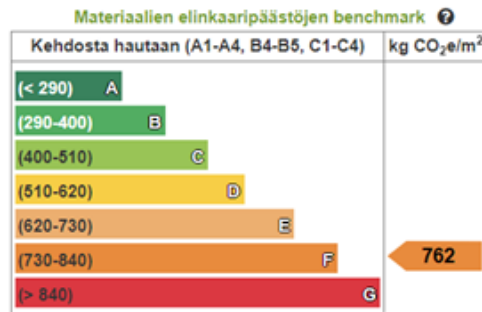
One Click LCA -ohjelmistolla voi vertailla rakenteiden hiilijalanjälkeä.

EU - Full Building Life Cycle Carbon Study EN15978

> Projektin perustiedot

▼ Tulokset ja vertailuarvon visualisointi - Design: 2 - Proposed Design

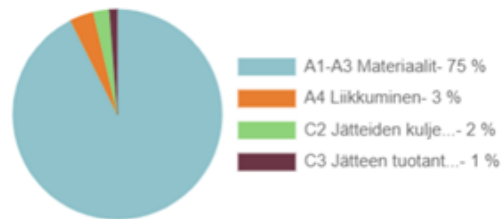
Valitse suunnitelma ▼



CH Q3 2021 Western Europe - office ▼ 

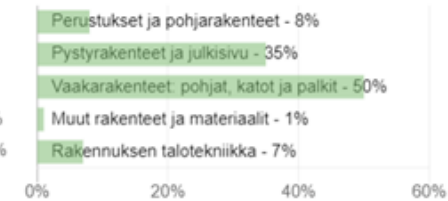
 Lataa kuvana

Materiaalien hiilijalanjälki kgCO₂e elinkaaren aikana



 Lataa kuvana

Sitoutunut hiili per rakenne A1-A3



 Lataa kuvana

Palvelun käyttö vaatii lisenssin:


[Osta verkossa](#)

tai

[Pyydä tarjous](#)

Kuullaksesi lisää, ilmoittaudu webinaariin tai puhu asiantuntijan kanssa

Suunnitteluvaihe: 1 suunnitteluvaihtoehtoa

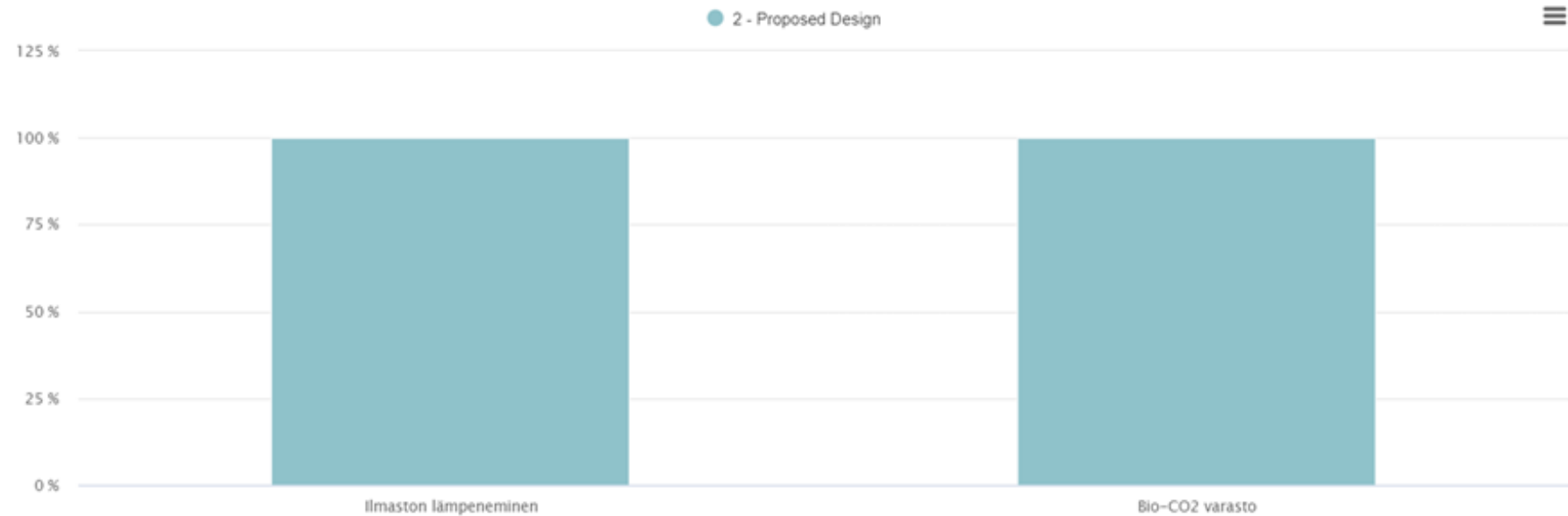
 Parametrit ▼

Työkalu	Yksikkö	2 - Proposed Design
Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen		10 093 732 ▼
Kiertokulun rakentaminen		34 ▼

▼ Kaaviot - Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen, Ilm...
Nayta: 1 / 1 suunnitelmat - Luokitus - Vaihda työkalua ja vaikutuskategoriaa -

Kaikki vaikutuskategoriat Elinkaaren vaiheet Elementit Vertaa elementtejä Elementit ja elinkaarivaiheet Kaikki kuvaajat ⓘ

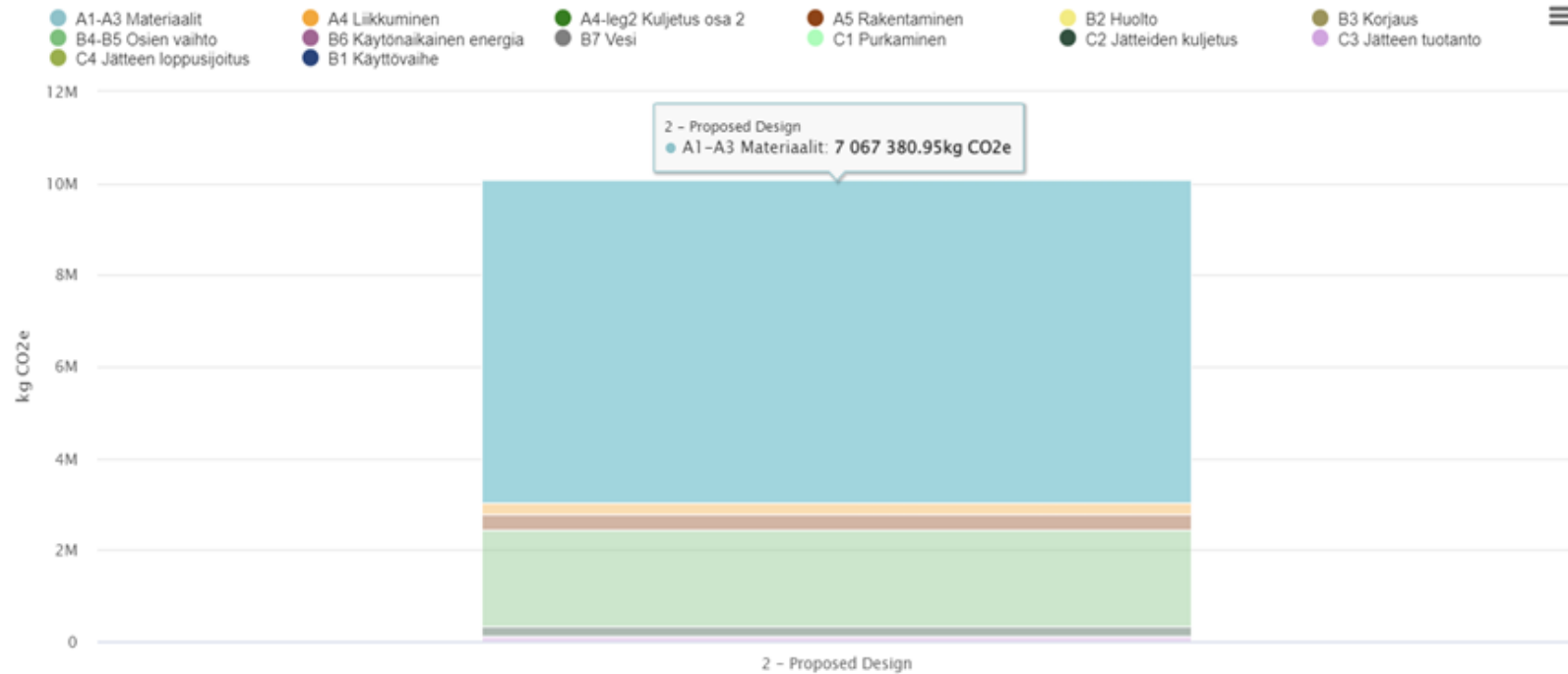
Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen - Kaikki vaikutuskategoriat ⓘ



▼ Kaaviot - Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen, Ilm... Näytä: 1 / 1 suunnitelmat Luokitus Vaihda työkalua ja vaikutuskategoriaa

Kaikki vaikutuskategoriat **Elinkaaren vaiheet** Elementit Vertaa elementtejä Elementit ja elinkaarivaiheet Kaikki kuvaajat ⓘ

Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen - Ilmaston lämpeneminen, kg CO₂e - Elinkaaren vaiheet ⓘ



Työkalu	Yksikkö	As built LCA	Baseline design	Optimized design
LCA LEEDille, kansainvälinen (CML)		1,84E6 ▾	1,83E6 ▾	1,62E6 ▾
Level(s) elinkaaren hiilijalanjälki		1,25E7 ▾	1,33E7 ▾	1,22E7 ▾
Level(s) elinkaariarviointi		1,25E7 ▾	1,33E7 ▾	1,22E7 ▾
Kiertokulun rakentaminen		92 ▾	24 ▾	26 ▾

▼ Kaaviot - LCA LEEDille, kansainvälinen (CML), Ilmaston lämpe...

Näytä: 3 / 3 suunnitelmat ▾

Luokitus ▾

Vaihda työkalua ja vaikutuskategoriaa ▾

Kaikki vaikutuskategoriat

Elinkaaren vaiheet

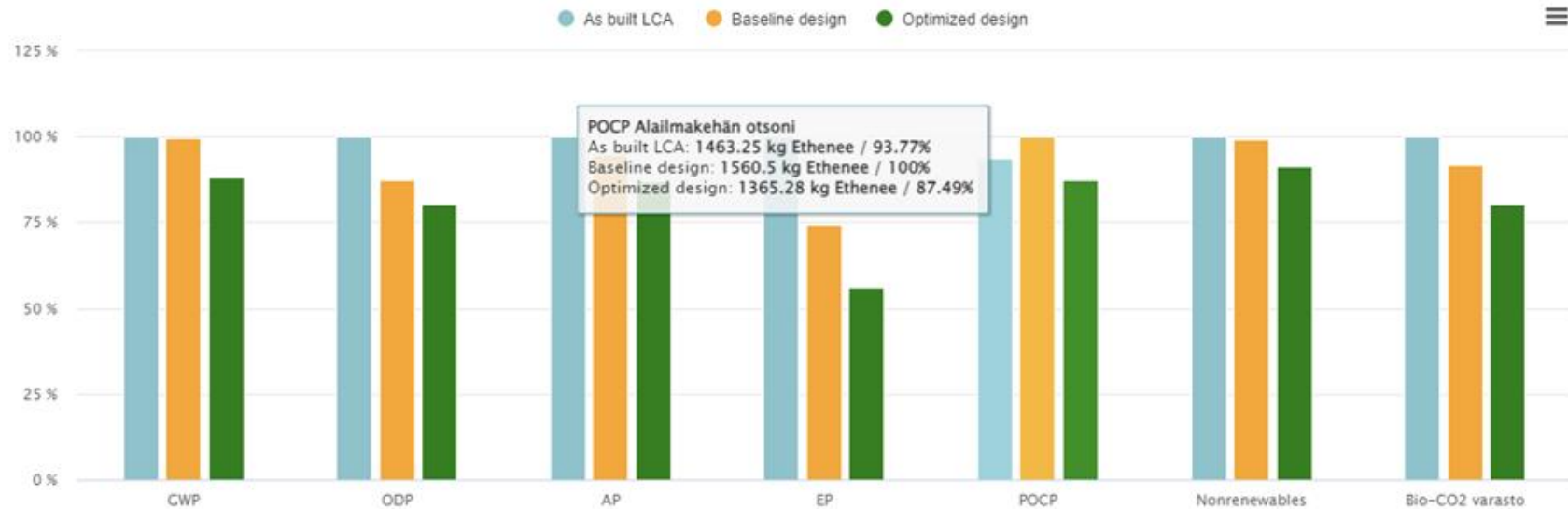
Elementit

Vertaa elementtejä

Elementit ja elinkaarivaiheet

Kaikki kuvaajat ⓘ

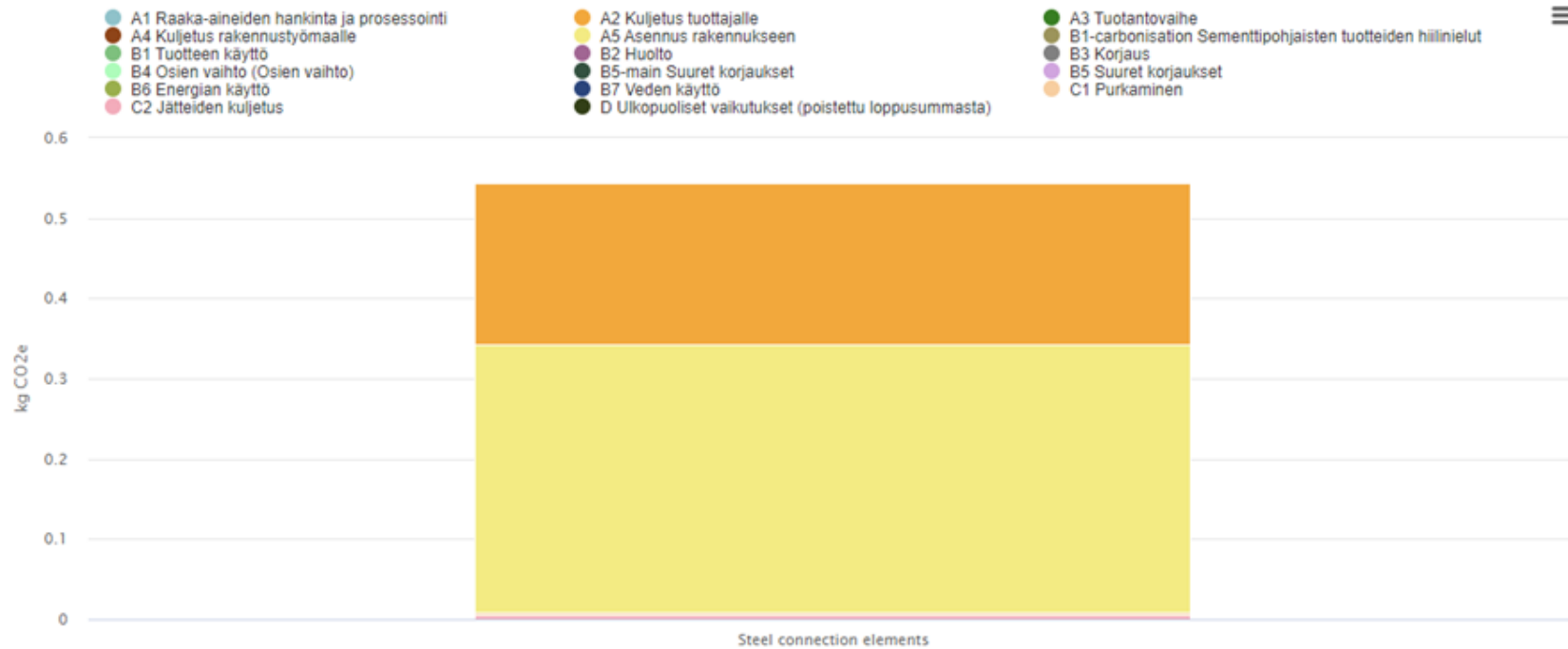
LCA LEEDille, kansainvälinen (CML) - Kaikki vaikutuskategoriat ⓘ



▼ Kaaviot - Ympäristötuoteselosteen tuottaminen EPD Hubille, I... Näytä: 1 / 1 suunnitelmat Luokitus Vaihda työkalua ja vaikutuskategoriaa

Kaikki vaikutuskategoriat **Elinkaaren vaiheet** Elementit Vertaa elementtejä Elementit ja elinkaarivaiheet Kaikki kuvaajat

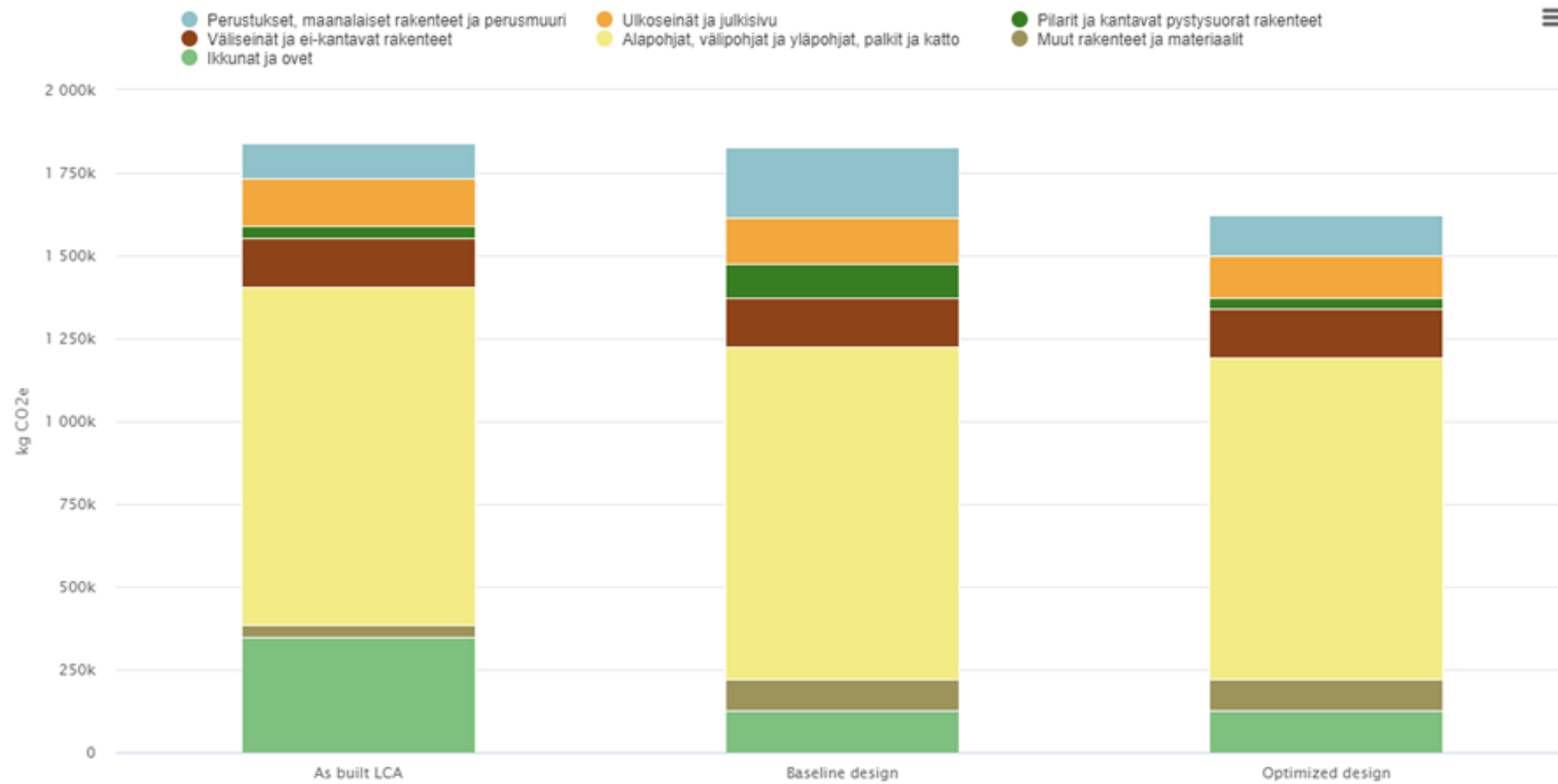
Ympäristötuoteselosteen tuottaminen EPD Hubille - Ilmaston lämpenemispotentialiaali fossiilinen, kg CO₂e - Elinkaaren vaiheet



▼ Kaaviot - LCA LEEDille, kansainvälinen (CML), Ilmaston lämpe... Näytä: 3 / 3 suunnitelmat - Luokitus - Vaihda työkalua ja vaikutuskategoriaa -

Kaikki vaikutuskategoriat Elinkaaren vaiheet **Elementit** Vertaa elementtejä Elementit ja elinkaarivaiheet Kaikki kuvaajat ⓘ

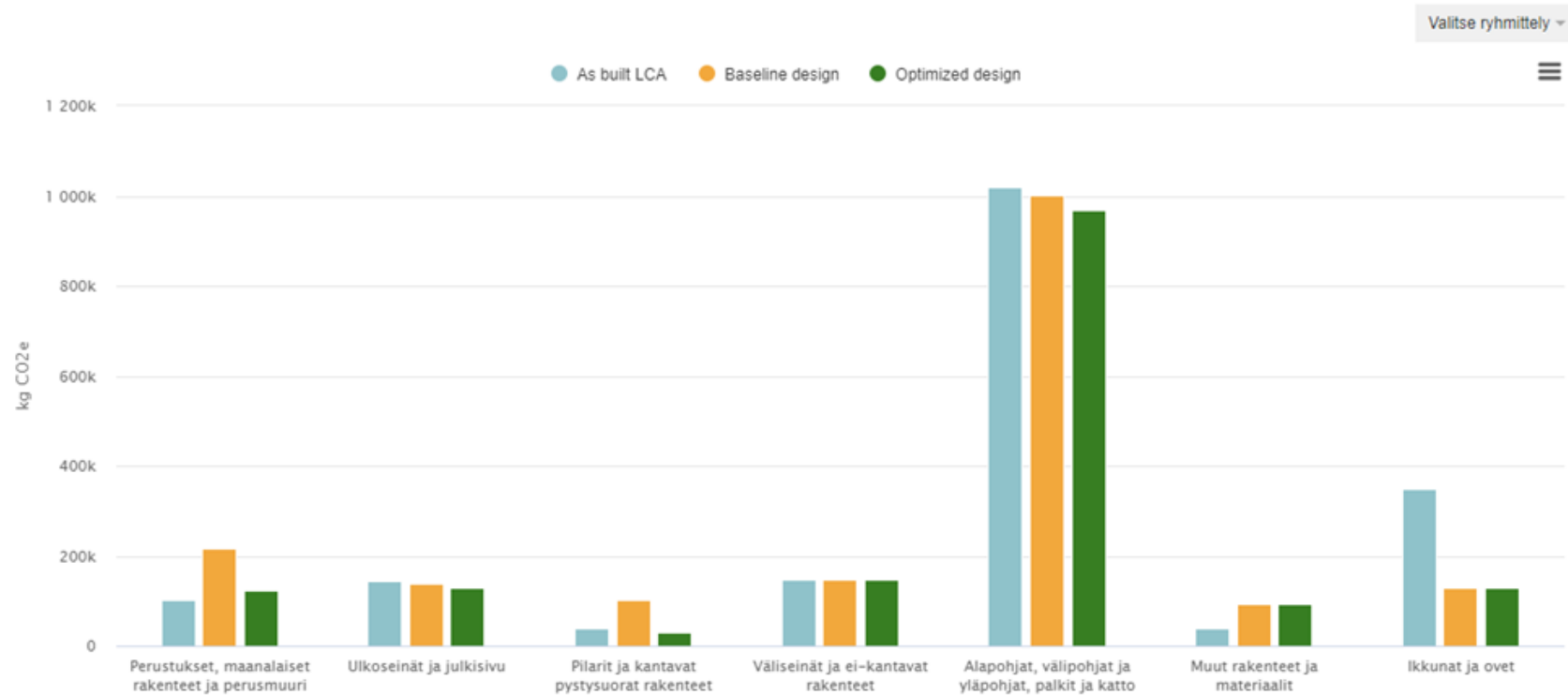
LCA LEEDille, kansainvälinen (CML) - Ilmaston lämpeneminen, kg CO₂e - Elementit



▼ Kaaviot - LCA LEEDille, kansainvälinen (CML), Ilmaston lämpe... Näytä: 3 / 3 suunnitelmat Luokitus Vaihda työkalua ja vaikutuskategoriaa

Kaikki vaikutuskategoriat Elinkaaren vaiheet Elementit **Vertaa elementtejä** Elementit ja elinkaarivaiheet Kaikki kuvaajat

LCA LEEDille, kansainvälinen (CML) - Ilmaston lämpeneminen, kg CO₂e - Vertaa elementtejä

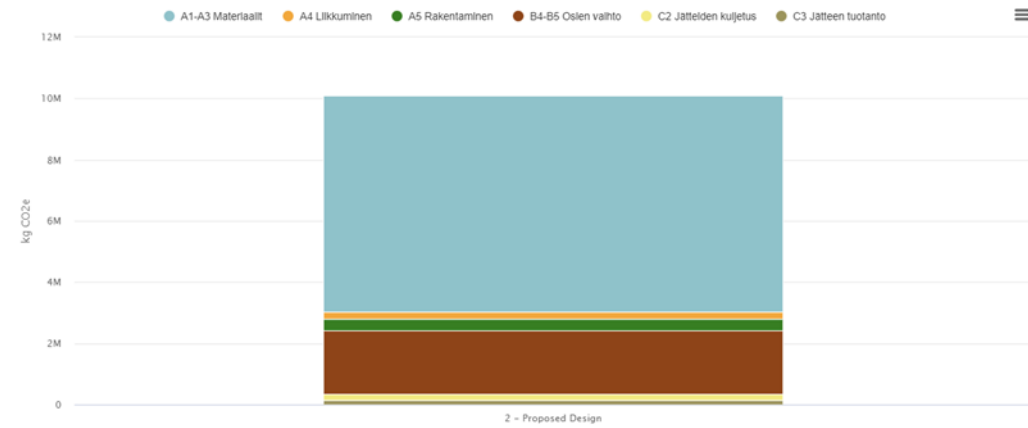


▼ Kaaviot - Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen, ilm... Näytä: 1 / 1 suunnitelmaa Luokitus Vaihda hyökalua ja vaikutuskategoriaa

Kaikki vaikutuskategoriat Elinkaaren vaiheet Elementit Vertaa elementtejä **Elementit ja elinkaarivaiheet** Kaikki kuvaajat

Elinkaaren aikainen hiili - maailmanlaajuinen - Ilmaston lämpeneminen, kg CO₂e - Elementit ja elinkaarivaiheet

Valitse näytettävät elementit: Poista valinnat / Valitse kaikki
 Luokittelemattomia/muu



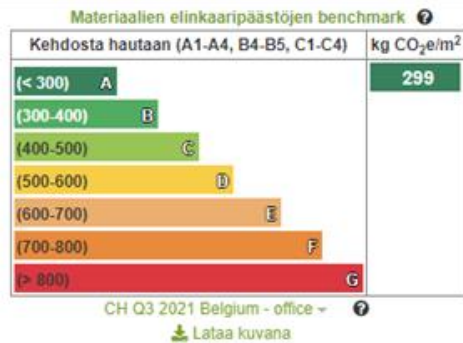
Ohje ja tuki



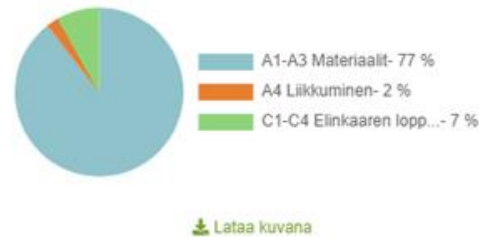
Lisenssit	One Click LCA PUBLIC DEMO projects DEMO
Osoite	This is a read only demo project. Create your own project to edit data, Belgium
Tyyppi	Toimistorakennukset
Bruttoala (m ²)	6 000

▼ Tulokset ja vertailuarvon visualisointi - Design: As built LCA

Valitse suunnitelma ▼



Materiaalien hiilijalanjälki kgCO₂e elinkaaren aikana



Sitoutunut hiili per rakenne A1-A3



Palvelun käyttö vaatii lisenssin:

[Osta verkossa](#)

tai

[Pyydä tarjous](#)

Kuullaksesi lisää, ilmoittaudu webinaariin tai puhu asiantuntijan kanssa

Suunnitteluvaihe: 3 suunnitteluvaihtoehtoa

Parametrit ▼

Työkalu	Yksikkö	As built LCA	Baseline design	Optimized design
LCA LEEDille, kansainvälinen (CML)		1,84E6 ▼	1,83E6 ▼	1,62E6 ▼
Level(s) elinkaaren hiilijalanjälki		1,25E7 ▼	1,33E7 ▼	1,22E7 ▼
Level(s) elinkaariarviointi		1,25E7 ▼	1,33E7 ▼	1,22E7 ▼
Kiertokulun rakentaminen		92 ▼	24 ▼	26 ▼

Kysely; hiilineutraalius ja vähähiilisyys yritysten strategisen kilpailukyvyyn lähteenä

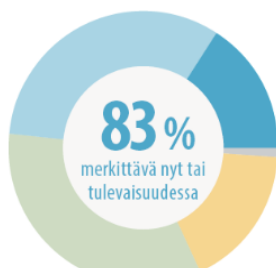
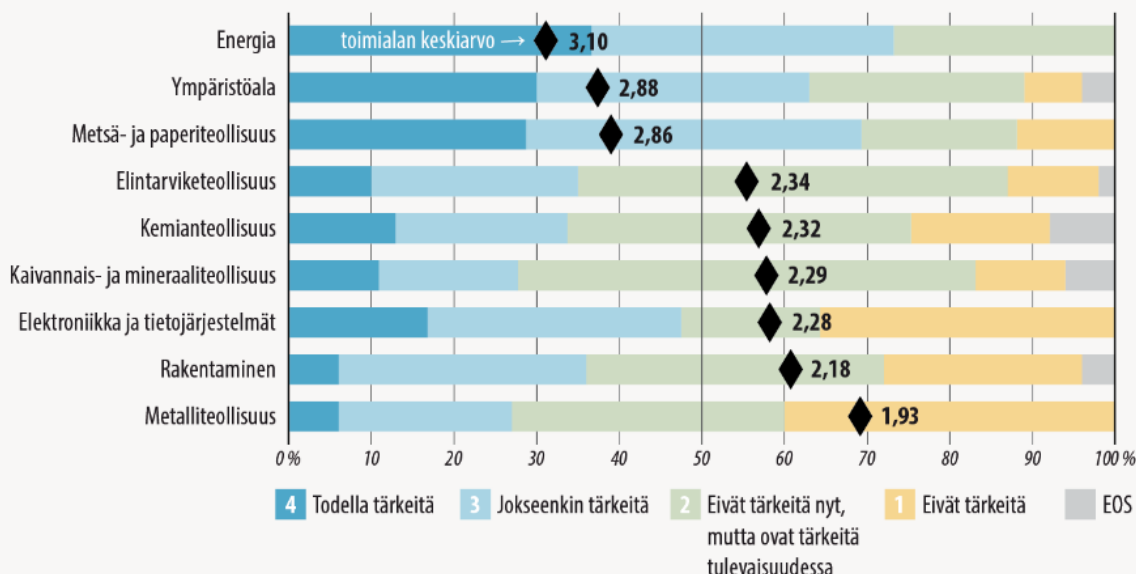


Hiilineutraalius ja vähähiilisyys yritysten strategisen kilpailukyvyyn lähteenä

75% suomalaisyrityksistä pitää hiilineutraaliutta ja vähähiilisyyttä tärkeinä strategisen kilpailukyvyyn lähteinä nyt tai tulevaisuudessa.

Toimialoista etenkin energia, ympäristöala sekä metsä- ja paperiteollisuus pitävät niitä tärkeinä. Vähiten tärkeäksi asia koetaan metalliteollisuudessa.

Kysymys: Kuinka tärkeitä hiilineutraalius ja vähähiiliset tuotteet ja ratkaisut ovat yrityksenne strategisen kilpailukyvyyn lähteenä? (1–4)



Kaikki yritykset



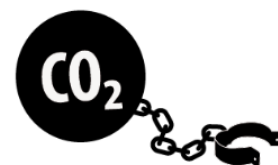
Energia

Ilmastonmuutoksen merkitys yritysten toimintaan

Kysymys: Kuinka merkittävänä yrityksenne toimintaympäristöön vaikuttavana tekijänä pidätte ilmastonmuutosta? (1–4)



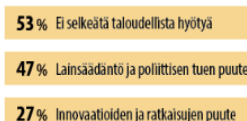
Suurimmat esteet hiilineutraaliuden tavoittelemiselle



Kaikki yritykset



Energia



Hitsattujen ja maalattujen rakenneterästen EPD-ympäristöseloste



Nordec Oy





Environmental Product Declaration

23.6.2020

Welded and painted structural steel products

Based on European steel material



Program operator, publisher:	The Building Information Foundation RTS Malminkatu 16 A 00100 Helsinki http://cer.rts.fi
Owner of the declaration	Nordec Oy
Name of the product:	Welded and painted structural steel products
Declaration number:	RTS-67-20
Registration number:	RTS-67-20
ECO Platform reference number:	00001262
Issue date:	29.6.2020
Valid:	23.6.2020-23.6.2025
Scope of the declaration	This environmental product declaration covers the environmental impacts of Steel structure. The declaration has been prepared in accordance with EN 15804:2012+A1:2013 and ISO 14025 standards and the additional requirements stated in the RTS PCR (English version, 14.6.2018). This declaration covers the life cycle stages from cradle-to-gate
 	 Laura Sariola Committee Secretary
	 Markku Hedman RTS General Director
Verified according to the requirements of EN 15804+A1 (product group rules)	
Independent verification of the declaration and data, according to ISO14025:2010	
<input type="checkbox"/> Internal	<input checked="" type="checkbox"/> External
Third party verifier:	
Anastasia Sipari Bionova Ltd	



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

General information, declaration scope and verification (7.1)

1. Owner of the declaration, manufacturer

Nordec Oy
Eteläinen Makasiinikatu 4
FI-00130 Helsinki, Finland
Timo Alanko
+358 50 3091 375
timo.alanko@nordec.com

2. Product name and number

Welded and painted steel structures:

- Structures made of hot-rolled plate, sheet and coil. Calculation represent general steel structures and following brand names: Easy Bridge, Easy Beam, WQ-beam and CWQ-beam
- Structures made of cold-formed structural hollow sections (CFSHS). Calculation represent general steel structures and following brand names: Easy Truss
- Structures made of hot finished structural hollow sections (HFSHS). Calculation represent general steel structures
- Structures made of hot-rolled sections. Calculation represent general steel structures

3. Place of production

Peräseinäjoki and Ylivieska (Finland), Gargzdai (Lithuania) and Oborniki (Poland)

4. Additional information

<https://www.nordec.com>

5. Product Category Rules and the scope of the declaration

The declaration has been prepared in accordance with EN 15804:2012+A1:2013 and ISO 14025 standards and the additional requirements stated in the RTS PCR (English version,14.6.2018)

6. Author of the life-cycle assessment and declaration

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.,
P.O Box 210 60, S-100 31 Stockholm, Sweden
Phone +46-(0)10-788 65 00 // www.ivl.se
Authors: Karin Lindeberg, Diego Peñaloza, Josefin Gunnarsson

7. Verification

This EPD has been verified according to the requirements of EN 15804+A1 and RTS PCR by a third party. The verification has been carried out by Anastasia Sipari at Bionova Ltd

8. Declaration issue date and validity

Declaration issue date 23.6.2020. The declaration is valid 5 years.



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

9. Product description

This EPD represents steel structures such as columns, beams, trusses and braces using steel supplied from European steel mills. There are four product categories presented based on the type of raw material used:

- Category A: Structures made of hot-rolled plate, sheet and coil
- Category B: Structures made of cold-formed structural hollow sections (CFSHS)
- Category C: Structures made of hot finished structural hollow sections (HFSHS)
- Category D: Structures made of hot-rolled sections

The main variation of the products is in the raw materials and taken into account there. The production process is similar to all products and categories.

These steel structures are welded and painted at Nordec's factories in Ylivieska (Finland), Peräseinäjoki (Finland), Obomiki (Poland) and Gargzdai (Lithuania).

The yearly production values 2018 for the factories were used to allocate the material and energy flows for the product categories.

10. Technical specifications

Steel structures are used as building frame structures, machinery and equipment supports, bridges and as various supplementary structures. This EPD presents the average products and is not a project specific declaration.

11. Product standards

The products are fabricated according to EN 1090-2 and CE-marked according to EN 1090-1.

12. Physical properties

Dimensions of the products vary based on customer and project needs. There are no single typical products and the dimensions vary as follows:

- Length of beams, columns and braces: 4 - 22m
- Length of trusses and welded beams: 13 - 38m
- Weight of beams, columns, braces and trusses: 100kg - 10tons
- Weight of welded beams: 500kg – 50tons

Detailed technical data is delivered with every delivery on CE-mark (declaration of compliance)

13. Raw-materials of the product

Raw materials are shown on table below

Raw material	Amounts in categories			
	A	B	C	D
EU hot rolled plate	67%			
EU hot rolled coil	23%			
European Cold formed structural hollow sections (CFSHS)		90%		
European Hot finished structural hollow sections (HFSHS)			90%	
European hot-rolled section				90%
Outfitting parts (steel)	8%	8%	8%	8%
Welding consumables	1%	1%	1%	1%



Nordtec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

Paint	1%	1%	1%	1%
-------	----	----	----	----

Share of recycled raw material varies from couple of percentage up to 100%. This is including pre- and post-consumer scrap. Share of post-consumer scrap (secondary material) used in calculation in product categories A: 2.1%, B: 1.5%, C: 1,5% and D: 13.7%

14. Substances under European Chemicals Agency's REACH, SVHC restrictions

Name	EC number	CAS number
The products don't contain REACH SVHC substances.		

15. Functional / declared unit

1 kg of steel structures

16. System boundary

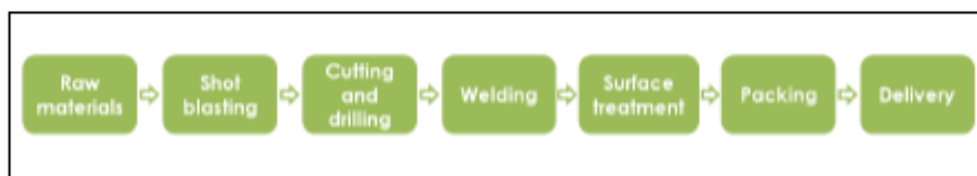
This EPD covers the following modules; A1 (Raw material supply), A2 (Transport), A3 (Manufacturing), A4 (Transport to the site), C1 (Deconstruction), C2 (Transport at end-of-life), C3 (Waster processing), C4 (Disposal) and D (Reuse, recovery, recycling) Benefits and loads beyond the system boundary.

17. Cut-off criteria

Close to 100% of all material and energy flows have been included in the model calculations. The study applies a cut-off criterion of maximum 1%, which complies with the maximum cut-off criteria established by the PCR and EN 15804 standards.

18. Production process

Steel plates and profiles are first cut by flame cutting or sawing to the required length and then welded together, shot blasted and coated with paint.





Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

Scope of the Life-Cycle Assessment (7.2.1-2)

An "X" means that the stage is included and MND (Module Not Declared) means it is not.

Life cycle stage	Information module	Cradle to gate with options, modules C1-C4 and module D	Included in this study (X)
A1) Raw material supply	Product stage	Mandatory	X
A2) Transport			X
A3) Manufacturing			X
A4) Transport	Construction process stage	Mandatory for RTS PCR 14.6.2018 and optional for EN 15804:2012+A1:2013	X
A5) Construction installation		Optional	MND
B1) Use	Use stage	Optional	MND
B2) Maintenance			MND
B3) Repair			MND
B4) Replacement			MND
B5) Refurbishment			MND
B6) Operational energy use			MND
B7) Operational water use			MND
C1) Deconstruction, demolition	End of life stage	Mandatory for RTS PCR 14.6.2018 and optional for EN 15804:2012+A1:2013	X
C2) Transport			X
C3) Waste processing			X
C4) Disposal			X
D) Reuse, recovery, recycling potential	Benefits and loads beyond the system boundary	Mandatory for RTS PCR 14.6.2018 and optional for EN 15804:2012+A1:2013	X



Nordtec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

19. Environmental impacts

Category A: Structures made of hot-rolled plate, sheet and coil

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
GWP Global warming potential	kg CO ₂ equiv	2,56 E+00	2,81 E-02	1,77 E-01	2,76 E+00	3,83 E-02	2,82 E-02	1,67 E-02	2,43 E-03	7,81 E-04	-1,42 E+00
ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer	kg CFC-11 equiv	3,59 E-16	3,52 E-17	1,12 E-12	1,12 E-12	6,15 E-18	5,09 E-09	2,73 E-18	7,89 E-18	4,32 E-18	-8,67 E-08
AP Acidification potential of soil and water sources	kg SO ₂ equiv	6,18 E-03	1,58 E-04	4,82 E-04	6,80 E-03	1,17 E-04	2,14 E-04	4,41 E-05	1,71 E-05	4,42 E-06	-6,15 E-03
EP Eutrophication potential	kg (PO ₄) ³⁻ equiv	5,71 E-04	3,83 E-05	5,50 E-05	6,64 E-04	2,83 E-05	5,10 E-05	1,08 E-05	4,10 E-06	5,00 E-07	-2,47 E-03
POCP Formation potential of tropospheric ozone	kg ethene equiv	8,29 E-04	-2,07 E-06	6,84 E-04	1,51 E-03	-1,83 E-05	2,23 E-05	-1,58 E-05	1,89 E-06	3,42 E-07	-1,42 E-03
ADP-elements Abiotic depletion potential of tropospheric ozone	kg Sb equiv	8,87 E-06	1,70 E-09	1,50 E-08	8,89 E-06	2,54 E-09	9,46 E-09	1,18 E-09	2,72 E-09	7,41 E-11	-1,09 E-06
ADP-fossil fuels Abiotic depletion potential	MJ, net calorific value	2,80 E+01	3,53 E-01	2,50 E+00	2,89 E+01	5,15 E-01	4,06 E-01	2,24 E-01	4,88 E-02	1,04 E-02	-2,03 E+01

Category B: Structures made of cold-formed structural hollow sections (CFSHS)

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
GWP Global warming potential	kg CO ₂ equiv	2,79 E+00	1,86 E-02	1,90 E-01	3,00 E+00	5,28 E-02	2,82 E-02	1,67 E-02	2,43 E-03	7,81 E-04	-1,43 E+00
ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer	kg CFC-11 equiv	1,54 E-15	3,03 E-18	2,95 E-12	2,95 E-12	8,44 E-18	5,09 E-09	2,73 E-18	7,89 E-18	4,32 E-18	-8,73 E-08
AP Acidification potential of soil and water sources	kg SO ₂ equiv	6,24 E-03	5,32 E-05	5,40 E-04	6,83 E-03	1,66 E-04	2,14 E-04	4,41 E-05	1,71 E-05	4,42 E-06	-6,19 E-03
EP Eutrophication potential	kg (PO ₄) ³⁻ equiv	5,94 E-04	1,29 E-05	5,85 E-05	6,65 E-04	4,02 E-05	5,10 E-05	1,08 E-05	4,10 E-06	5,00 E-07	-2,48 E-03
POCP Formation potential of tropospheric ozone	kg ethene equiv	9,48 E-04	-1,12 E-05	9,58 E-04	1,89 E-03	-1,97 E-05	2,23 E-05	-1,58 E-05	1,89 E-06	3,42 E-07	-1,43 E-03
ADP-elements Abiotic depletion potential of tropospheric ozone	kg Sb equiv	1,89 E-05	1,27 E-09	1,86 E-08	1,89 E-05	3,46 E-09	9,46 E-09	1,18 E-09	2,72 E-09	7,41 E-11	-1,10 E-06
ADP-fossil fuels Abiotic depletion potential	MJ, net calorific value	2,98 E+01	2,53 E-01	2,99 E+00	3,30 E+01	7,11 E-01	4,06 E-01	2,24 E-01	4,88 E-02	1,04 E-02	-2,05 E+01



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

Category C: Structures made of hot finished structural hollow sections (HFSHS)

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
GWP Global warming potential	kg CO ₂ equiv	2,79 E+00	2,14 E-02	1,81 E-01	2,99 E+00	4,52 E-02	2,82 E-02	1,87 E-02	2,43 E-03	7,81 E-04	-1,43 E+00
ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer	kg CFC-11 equiv	1,54 E-15	1,89 E-17	2,78 E-12	2,78 E-12	7,24 E-18	5,09 E-09	2,73 E-18	7,89 E-18	4,32 E-18	-8,73 E-08
AP Acidification potential of soil and water sources	kg SO ₂ equiv	6,24 E-03	1,08 E-04	4,91 E-04	6,84 E-03	1,38 E-04	2,14 E-04	4,41 E-05	1,71 E-05	4,42 E-06	-8,19 E-03
EP Eutrophication potential	kg (PO ₄) ³⁻ equiv	5,94 E-04	2,62 E-05	5,58 E-05	6,76 E-04	3,33 E-05	5,10 E-05	1,08 E-05	4,10 E-06	5,00 E-07	-2,48 E-03
POCP Formation potential of tropospheric ozone	kg ethene equiv	9,48 E-04	-4,38 E-06	7,00 E-04	1,64 E-03	-1,80 E-05	2,23 E-05	-1,58 E-05	1,89 E-06	3,42 E-07	-1,43 E-03
ADP-elements Abiotic depletion potential of tropospheric ozone	kg Sb equiv	1,89 E-05	1,40 E-09	1,52 E-08	1,89 E-05	2,98 E-09	9,46 E-09	1,18 E-09	2,72 E-09	7,41 E-11	-1,10 E-06
ADP-fossil fuels Abiotic depletion potential	MJ, net calorific value	2,98 E+01	2,90 E-01	2,58 E+00	3,27 E+01	6,08 E-01	4,06 E-01	2,24 E-01	4,88 E-02	1,04 E-02	-2,05 E+01

Category D: Structures made of hot-rolled sections

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
GWP Global warming potential	kg CO ₂ equiv	1,49 E+00	1,94 E-02	1,94 E-01	1,70 E+00	3,24 E-02	2,82 E-02	1,87 E-02	2,43 E-03	7,81 E-04	-1,26 E+00
ODP Depletion potential of the stratospheric ozone layer	kg CFC-11 equiv	5,53 E-15	3,14 E-18	2,99 E-12	3,00 E-12	5,21 E-18	5,09 E-09	2,73 E-18	7,89 E-18	4,32 E-18	-7,68 E-08
AP Acidification potential of soil and water sources	kg SO ₂ equiv	3,66 E-03	6,25 E-05	5,60 E-04	4,28 E-03	9,32 E-05	2,14 E-04	4,41 E-05	1,71 E-05	4,42 E-06	-5,45 E-03
EP Eutrophication potential	kg (PO ₄) ³⁻ equiv	3,44 E-04	1,52 E-05	6,01 E-05	4,19 E-04	2,24 E-05	5,10 E-05	1,08 E-05	4,10 E-06	5,00 E-07	-2,18 E-03
POCP Formation potential of tropospheric ozone	kg ethene equiv	6,95 E-04	-1,07 E-05	1,09 E-03	1,77 E-03	-1,44 E-05	2,23 E-05	-1,58 E-05	1,89 E-06	3,42 E-07	-1,26 E-03
ADP-elements Abiotic depletion potential of tropospheric ozone	kg Sb equiv	-1,65 E-05	1,30 E-09	2,06 E-08	-1,65 E-05	2,16 E-09	9,46 E-09	1,18 E-09	2,72 E-09	7,41 E-11	-9,69 E-07
ADP-fossil fuels Abiotic depletion potential	MJ, net calorific value	1,57 E+01	2,64 E-01	3,18 E+00	1,91 E+01	4,36 E-01	4,06 E-01	2,24 E-01	4,88 E-02	1,04 E-02	-1,80 E+01



20. Use of natural resources (7.2.4)

Category A: Structures made of hot-rolled plate, sheet and coil

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Use of renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	8,34 E-01	2,10 E-02	4,96 E-01	1,35 E+00	2,73 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-9,26 E-01
Use of renewable primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	2,05 E-10	0	0	0	0	0
Total use of renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	8,34 E-01	2,10 E-02	4,96 E-01	1,35 E+00	2,73 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-9,26 E-01
Use of non-renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	2,66 E+01	3,62 E-01	2,78 E+00	2,97 E+01	5,17 E-01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-2,25 E+01
Use of non-renewable primary energy used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	2,46 E-05	2,07 E-08	1,18 E-05	1,77 E-06	3,99 E-07	-3,25 E-06
Total use of non-renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	2,66 E+01	3,62 E-01	2,78 E+00	2,97 E+01	5,17 E+01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-2,25 E+01
Use of secondary material	kg	2,09 E-02	0	0	2,09 E-02	0	0	0	0	0	0
Use of renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Use of non-renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Net use of fresh water	m³	1,70 E-03	3,14 E-05	7,63 E-04	2,49 E-03	4,62 E-05	5,55 E-05	2,21 E-05	1,45 E-05	2,72 E-06	-8,26 E-03

Category B: Structures made of cold-formed structural hollow sections (CFSHS)

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Use of renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	8,42 E-01	1,38 E-02	5,45 E-01	1,40 E+00	3,69 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-9,31 E-01
Use of renewable primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	2,82 E-10	0	0	0	0	0
Total use of renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	8,42 E-01	1,38 E-02	5,45 E-01	1,40 E+00	3,69 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-9,31 E-01
Use of non-renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	3,03 E+01	2,53 E-01	3,20 E+00	3,38 E+01	7,14 E-01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-2,26 E+01
Use of non-renewable primary energy used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	3,20 E-06	2,07 E-08	1,18 E-05	1,77 E-06	3,99 E-07	-3,27 E-06
Total use of non-renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	3,03 E+01	2,53 E-01	3,20 E+00	3,38 E+01	7,14 E+01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-2,26 E+01
Use of secondary material	kg	1,46 E-02	0	0	1,46 E-02	0	0	0	0	0	0
Use of renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Use of non-renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Net use of fresh water	m³	-8,67 E-03	2,34 E-05	7,67 E-04	-7,88 E-03	6,24 E-05	5,55 E-05	2,21 E-05	1,45 E-05	2,72 E-06	-8,31 E-03



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

Category C: Structures made of hot finished structural hollow sections (HFSHS)

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Use of renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	8,42 E-01	1,63 E-02	5,10 E-01	1,37 E+00	3,19 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-9,31 E-01
Use of renewable primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	2,42 E-10	0	0	0	0	0
Total use of renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	8,42 E-01	1,63 E-02	5,10 E-01	1,37 E+00	3,19 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-9,31 E-01
Use of non-renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	3,03 E+01	2,95 E-01	2,86 E+00	3,35 E+01	6,11 E-01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-2,26 E+01
Use of non-renewable primary energy used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	2,87 E-05	2,07 E-08	1,18 E-05	1,77 E-06	3,99 E-07	-3,27 E-06
Total use of non-renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	3,03 E+01	2,95 E-01	2,86 E+00	3,35 E+01	6,11 E+01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-2,26 E+01
Use of secondary material	kg	1,46 E-02	0	0	1,46 E-02	0	0	0	0	0	0
Use of renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Use of non-renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Net use of fresh water	m ³	-8,67 E-03	2,55 E-05	7,63 E-04	-7,88 E-03	5,40 E-05	5,55 E-05	2,21 E-05	1,45 E-05	2,72 E-06	-8,31 E-03

Category D: Structures made of hot-rolled sections

Parameters describing environmental impacts	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Use of renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	1,68 E+00	1,40 E-02	6,12 E-01	2,31 E+00	2,33 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-8,20 E-01
Use of renewable primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	1,74 E-10	0	0	0	0	0
Total use of renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	1,68 E+00	1,40 E-02	6,12 E-01	2,31 E+00	2,33 E-02	2,37 E-03	1,31 E-02	3,46 E-03	1,37 E-03	-8,20 E-01
Use of non-renewable primary energy used as energy carrier	MJ, net calorific value	1,67 E+01	2,65 E-01	3,43 E+00	2,04 E+01	4,37 E-01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-1,99 E+01
Use of non-renewable primary energy used as raw material	MJ, net calorific value	0	0	0	0	2,10 E-05	2,07 E-08	1,18 E-05	1,77 E-06	3,99 E-07	-2,88 E-06
Total use of non-renewable primary energy resources	MJ, net calorific value	1,67 E+01	2,65 E-01	3,43 E+00	2,04 E+01	4,37 E+01	4,10 E-01	2,25 E-01	4,86 E-02	1,08 E-02	-1,99 E+01
Use of secondary material	kg	1,37 E-01	0	0	1,37 E-01	0	0	0	0	0	0
Use of renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Use of non-renewable secondary fuels	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Net use of fresh water	m ³	3,23 E-03	2,36 E-05	8,41 E-04	4,09 E-03	3,94 E-05	5,55 E-05	2,21 E-05	1,45 E-05	2,72 E-06	-7,31 E-03



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

Category C: Structures made of hot finished structural hollow sections (HFSHS)

Other environmental information describing waste categories	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Hazardous waste disposed	kg	4,91 E-06	1,16 E-08	1,34 E-03	1,34 E-03	3,06 E-08	0	1,26 E-08	1,52 E-09	1,84 E-10	0
Non-hazardous waste disposed	kg	3,70 E-01	2,46 E-05	4,98 E-02	4,20 E-01	4,48 E-05	0	1,83 E-05	9,85 E-06	5,01 E-02	0
Radioactive waste disposed	kg	1,05 E-06	1,99 E-06	1,11 E-04	1,14 E-04	0	0	0	0	0	0
Other environmental information describing output flows	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Components for re-use	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materials for recycling	kg	0	0	4,50 E-02	4,50 E-02	0	9,50 E-01	0	0	0	0
Materials for energy recovery	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exported electrical energy	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exported thermal energy	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Category D: Structures made of hot-rolled sections

Other environmental information describing waste categories	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Hazardous waste disposed	kg	6,62 E-07	1,34 E-08	1,22 E-03	1,22 E-03	2,23 E-08	0	1,26 E-08	1,52 E-09	1,84 E-10	0
Non-hazardous waste disposed	kg	2,70 E-01	1,96 E-05	5,99 E-02	3,30 E-01	3,27 E-05	0	1,83 E-05	9,85 E-06	5,01 E-02	0
Radioactive waste disposed	kg	7,74 E-07	3,54 E-07	9,66 E-05	9,77 E-05	0	0	0	0	0	0
Other environmental information describing output flows	Unit	A1	A2	A3	A1-A3	A4	C1	C2	C3	C4	D
Components for re-use	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Materials for recycling	kg	0	0	5,94 E-02	5,94 E-02	0	9,50 E-01	0	0	0	0
Materials for energy recovery	kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exported electrical energy	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Exported thermal energy	MJ, net calorific value	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Scenarios and additional technical information (7.3)



Nordtec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

22. Energy in the manufacturing phase (7.3. A3)

Parameter	Value	Data quality
A3 Electricity information and CO ₂ emission kg CO ₂ ekv. /kWh for Finnish production	0.171	Thinkstep (2016) FI: Electricity grid mix 1kV-60kV
A3 Electricity information and CO ₂ emission kg CO ₂ ekv. /kWh for Lithuanian production	0.612	Thinkstep (2016) LT: Electricity grid mix 1kV-60kV
A3 Electricity information and CO ₂ emission kg CO ₂ ekv. /kWh for Polish production	0.916	Thinkstep (2016) PL: Electricity grid mix 1kV-60kV

23. Additional technical information, transport to the building site (7.3.2, A4)

Transportation to the building site (A4 module) has been modelled so that six cities were chosen as the destination (Helsinki, Stockholm, Oslo, Vilnius, Warsaw and Prague). Deliveries to these destinations were divided based on the market share that each site has in specific destination. This was done separately for each product category (A-D).

Parameter	Value & Data quality
Fuel type and consumption of vehicle used for transport	Truck average diesel consumption 0.34 l/km and average emissions 0.02 kg CO ₂ /tkm Ship average LFO consumption 69.2 l/km and average emissions 0.014 kg kg CO ₂ /tkm
Distance	Average transport distance 739 km
Capacity utilization	86% for truck and 70% for boat
Bulk density of transported products	Bulk density varies depending on product type and thickness
Volume capacity utilization factor	1



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

24. End-of-life process description (7.3.4)

Process flow	Unit	Amount kg/kg
Collection process specified by type	kg collected separately	1
	kg collected with mixed construction waste	
Recovery system specified by type	kg for re-use	
	kg for recycling	0.95
	kg for energy recovery	
Disposal specified by type	kg product or material for final deposition	0.05
Assumptions for scenario development	units as appropriate	Transportation with 20 ton EURO5 truck with load factor 45% (empty returns included) from site to recycling facility 150km (estimated).

25. Additional information related to transports to Oslo

As an example the table below shows information for

- Transport from Oborniki to Oslo
- Transport from Gargzdai to Oslo

Parameter	Value for transport from Oborniki to Oslo	Value for transport from Gargzdai to Oslo
Fuel type and consumption of vehicle used for transport	Truck-trailer 20 ton, EURO5 Boat = Ro-Ro ferry 10000 ton	Truck-trailer 20 ton, EURO5 50% and EURO6 50% Boat = Ro-Ro ferry 10000 ton
Distance	Average 850 km on truck and 300 km on boat	600 km on truck and 413 km on boat
Capacity utilization	86% for truck and 70% for boat	
Bulk density of transported products (kg/m ³)	Bulk density varies depending on product type and thickness	
Volume capacity utilization factor	1	



Nordec Oy

Environmental Product Declaration

23.6.2020

26. References

- BIR (Bureau of International Recycling) (2018). BIR global facts and figures: World steel recycling in figures 2014-2018 (10th edition). Available at: https://www.bdsv.org/fileadmin/user_upload/World-Steel-Recycling-in-Figures-2014-2018.pdf
- CEN European Committee for Standardisation (2013). EN 15804:2012+A1:2013, Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Core rules for the product category of construction products.
- CEN European Committee for Standardisation (2019). Final draft EN 15804+A1:2013/FprA2:2019
- Environdec (2018b). PCR 2012:01 CONSTRUCTION PRODUCTS AND CONSTRUCTION SERVICES; ver.2.2 of 2017-05-30. The international EPD system, <http://www.environdec.com/>.
- Erlandsson, M. & Petterson, D. (2015). Klimatpåverkan för byggnader med olika energiprestanda Underlagsrapport till kontrollstation 2015 (In Swedish). NR U 5176. Available at: <https://www.boverket.se/contentassets/4599afc689cd43f0892ad72bf133dad0/klimatpaverkan-for-byggnader-med-olika-energi-prestanda.pdf>
- ISO (2006a). ISO 14025:2006, Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures.
- ISO (2006b). ISO 14040:2006, Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.
- ISO (2006c). ISO 14044: 2006, Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines.
- RTS (2018). RTS PCR protocol: EPDs published by the Building Information Foundation RTS sr

Laskentataulukko; teräksen valmistuksessa ja kuljetuksessa syntyvät hiilidioksidipäästöt

Päästökertoimet: OneClickLCA		
Teräslajit	Päästökerroin kgCO ₂ /kg kgCO ₂ /t	
Rakenneteräs, yleinen, 0% recycled	3,2	3200
Rakenneteräs, yleinen, 15% recycled	2,7	2700
Rakenneteräs, yleinen, 20% recycled	2,5	2500
Rakenneteräs, yleinen, 40% recycled	2,3	2300
Rakenneteräs, yleinen, 60% recycled	2,1	2100
Rakenneteräs, yleinen, 80% recycled	1,4	1400
Rakenneteräs, yleinen, 90% recycled	0,74	740
Rakenneteräs, yleinen, 100% recycled	0,67	670
Teräsrakenne, kantava rakenne pinnoitettu tai COR-TEN pinta	3	3000
Rakenneteräs, kuumavalsattut (RUUKKI)	2,8	2800
Rakenneteräs, kylmämuokattut (RUUKKI)	2,8	2800

Kuljetus, konttialus, 1 000 TEU (co2data.fi)

Matkan vaikutus	
Matka (km)	Päästöt (kg)
1000	45
3000	135
5000	225
10000	450
15000	675

Esimerkiksi: Kuljetuksessa ja valmistuksessa syntynyt määrä prosentuaalisesti			
Päästökerroin:		0,045 kgCO ₂ /ton,km	
Määrä:		1 t	
Matka:		10000 km	
Kuljetuksessa syntyvät päästöt		450 kgCO ₂	
Teräs, kantava(yleinen 0% recycled)		3,2 kgCO ₂ /kg päästökerroin	
Valmistuksessa syntyvät päästöt		3200 kgCO ₂	
Päästöt yhteensä Teräs, kantava			
Valmistus		3200 kgCO ₂	88 %
Kuljetus Kiina-Suomi		450 kgCO ₂	12 %
Yhteensä		3650 kgCO ₂	

Esimerkiksi: Kuljetuksessa ja valmistuksessa syntynyt määrä prosentuaalisesti

Päästökerroin:	0,045 kgCO ₂ /ton,km	
Määrä:	1 t	
Matka:	2500 km	
Kuljetuksessa syntyvät päästöt	112,5 kgCO ₂	
Teräs, kantava(yleinen 0% recycled)	3,2 kgCO ₂ /kg päästökerroin	
Valmistuksessa synvytvät päästöt	3200 kgCO ₂	
Päästöt yhteensä Teräs, kantava		
Valmistus	3200 kgCO ₂	97 %
Kuljetus Saksa-Suomi	112,5 kgCO ₂	3 %
Yhteensä	3312,5 kgCO₂	