

Marle Kivimäki

## KOHTI VÄHÄHIILISTÄ RAKENTAMISTA

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2019

# KOHTI VÄHÄHIILISTÄ RAKENTAMISTA

Kivimäki, Marle  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Kesäkuu 2019  
Sivumäärä: 96

Asiasanat: hiilijalanjälki, ilmastonmuutos, rakentaminen, vähähiilinen

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ilmastonmuutokseen vaikuttavia tekijöitä rakentamisen ja rakennusten näkökulmasta.

Kiihtyvä ilmaston lämpeneminen kasvihuonekaasujen vaikutuksesta aiheuttaa globaaleja haasteita. Kasvihuoneilmiötä aiheuttavien kaasujen määrää on rajoitettava ilmakehässä. Erityisesti fossiilista alkuperää olevien energialähteiden käyttöä on vähennettävä. Kaikilla elämän osa-alueilla on pyrittävä kohti vähähiilisempää elämäntapaa. Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin vähähiilisuuden tavoitetta rakentamisen näkökulmasta. Rakentaminen ja rakennukset ovat merkittävä kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttava toimiala. Työ toteutettiin kirjallisuustutkimuksena.

Työn alkuosassa käsiteltiin ilmastonmuutosta ilmiönä sekä hiilidioksidipitoisuuden ja maapallon keskilämpötilan kohoamista teollistumisen myötä. Työssä tutustuttiin kansainväliseen ilmastopoliittikkaan, jossa kasvihuonekaasupäästöjä pyritään hillitsemään sopimusten ja yhteisten velvoitteiden kautta. Kansainväliset velvoitteet ovat pohjana Euroopan Unionissa (EU) säädetyille direktiiveille, kuten direktiiveille päästökau-pasta, taakanjaosta ja energiatehokkuudesta.

Vähähiilisyys sekä kestävä kehitys on otettava tulevaisuudessa yhä enemmän huomioon rakentamisen toimialalla. EU:n säädösten ohella standardeilla ohjataan eri toimialoja kohti vähähiilisempää toimintaa. Työssä tutustuttiin kestävän rakentamisen standardeihin sekä CEN-standardipakettiin että ISO 14000 -standardeihin. Kestävän rakentamisen periaatteet ja koko hankkeen elinkaaren tarkastelu muodostavat vähähiilisen rakentamisen lähtökohdat. Työssä tutustuttiin rakentamisen vaiheisiin koko rakennuksen elinkaaren ajalta sekä kasvihuonekaasupäästöjen suuruuteen eri hankkeen vaiheissa. Rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnilla saadaan käsitys rakentamishankkeen kasvihuonekaasupäästöjen suuruudesta. Hiilijalanjäljen arviointi suoritetaan sekä uudisrakentamisessa että korjausrakentamisessa. Rakentamisen suunnitteluvaihe todettiin tärkeimmäksi vaiheeksi vaikuttaan rakentamisen ja rakennuksen hiilijalanjälkeen.

# TOWARDS LOW CARBON CONSTRUCTION

Kivimäki, Marle

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

June 2019

Number of pages: 96

Keywords: carbon footprint, climate change, construction, low carbon

---

The purpose of this thesis was to study those elements of climate change from the angle of view construction and buildings.

The increasing global warming effect of greenhouse gases is causing global challenges. The amount of gases that cause the greenhouse effect in the atmosphere should be limited. Especially the use of fossil energy sources must be reduced. At the low carbon way to act should be aimed in all sectors of life. This thesis examined the goal of low carbon in building construction. Construction and buildings are a notable greenhouse gas emitting sector. The thesis was carried out as a literary study.

In the first part of the thesis, climate change was studied as a phenomenon and the rise in carbon dioxide and mean global temperatures due to industrialization. In the thesis was explored the international climate policy, which aims to mitigate greenhouse gas emissions through agreements and joint commitments. International commitments are the basis for the directives laid down in the European Union (EU), such as directives on emissions trading, effort sharing and energy efficiency.

Low carbon and sustainable development must be increasingly taken into account in the building construction in the future. In addition to EU regulations, standards lead different branch towards low carbon operations. The standards of sustainable construction were acquainted with both the CEN standard package and the ISO 14000 standards in this thesis. The principles of sustainable construction and the life cycle of the building project create the basis for low carbon construction. In this thesis were handled the stages of construction during the entire life cycle of the building and the magnitude of greenhouse gas emissions at different stages of the project. Evaluating the carbon footprint of a building indicates the magnitude of greenhouse gas emissions in a construction project. Evaluation of the carbon footprint is carried out both in new construction and renovation. The design phase of construction was proved to be significant part in influencing carbon footprint of the construction and building.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ILMASTONMUUTOS .....	7
2.1	Ilmastonmuutos ja kasvihuoneilmiö .....	7
2.2	Kestävä kehitys .....	10
2.2.1	Hiilijalanjälki ja kasvihuonekaasujen ilmaston lämmityspotentiaali .	12
2.2.2	Hiilikädenjälki .....	13
3	KANSAINVÄLINEN ILMASTOPOLITIIKKA.....	14
3.1	Hallitusten välinen ilmastopaneeli (IPCC) kerää tietoa ja raportoi ilmastonmuutoksesta .....	18
3.2	Euroopan Unionin ohjaustoimet .....	22
3.2.1	Kasvihuonekaasupäästöt.....	23
3.2.2	Uusiutuva energia .....	24
3.2.3	Energiatehokkuus .....	27
3.3	Ilmasto- ja energiapaketin direktiiveistä ja niiden vaikutuksista Suomessa	29
3.3.1	Päästökauppa .....	29
3.3.2	Taakanjako-asiakirja.....	30
3.3.3	Maankäyttöä, maankäytön muutoksia ja metsätaloutta koskeva LULUCF (Land Use and Land Use Change and Forestry) -asetus....	32
3.4	Kestävän rakentamisen standardit.....	34
3.4.1	CEN-standardipaketti .....	34
3.4.2	Ympäristöjohtamisen ISO 14000 -standardit .....	37
3.4.3	Rakennustuotteiden CE-merkintä.....	39
3.5	Level(s) .....	39
3.6	Kansalliset toimenpiteet.....	42
3.6.1	Suomen hiilidioksidipäästöt .....	44
4	KESTÄVÄ RAKENTAMINEN .....	46
4.1	Vähähiilinen rakentaminen .....	49
4.2	Rakentamisen elinkaarimalli (LCA) ja elinkaariajattelu .....	50
4.3	Resurssitehokkuus.....	54
4.4	Hankintakriteerit koskien vähähiilistä rakentamista .....	56
4.5	Rakentamisen ilmasto- ja kuormittava vaikutus .....	58
4.6	Ympäristöministeriön luonnos rakennuksen hiilijalanjäljen laskentaan.....	66
4.6.1	Uudisrakentamisen hiilijalanjälki .....	67
4.6.2	Korjausrakentamisen hiilijalanjälki.....	75
4.7	Maankäyttö ja ilmastonmuutos .....	78
5	POHDINTA.....	81

LÄHTEET.....	85
LIIKTEET	

## 1 JOHDANTO

Huoli ilmastomme muuttumisesta on saanut päättäjät laatimaan ilmastostrategioita. Tarkoituksena on säilyttää maapallo elinkelpoisena myös tulevia sukupolvia ajatellen. Viime aikojen luonnossa esiintyneiden ääri-ilmiöiden on arveltu johtuvan osittain ihmisen toimien seurauksena muuttuneesta ilmastosta. Esimerkiksi hirmumyrskyjen esiintymistiheys, metsäpalot ja kuivuus ovat lisääntyneet (CO<sub>2</sub>-raportin www-sivut 2012). Ilmastonmuutoksen taustalla ajatellaan olevan kasvihuoneilmiön voimistumisen. Kasvihuoneilmiössä ilmakehän kaasut estävät lämpöä karkaamasta maapalloa ympäröivään avaruuteen. Toisaalta kasvihuoneilmiö on tarpeellinen elämän kannalla maapallolla. Teollisuuden, liikenteen ja energian teollisuuden päästöjen sekä muun ihmisen toiminnan myötä kasvihuoneilmiötä yllä pitävien kaasujen määrät ilmakehässä ovat kasvussa. Voimistunut kasvihuoneilmiö vaikuttaa maapallon keskilämpötilaan nostavasti. Hiilidioksidi on kasvihuonekaasuista kvantitatiivisesti merkittävin.

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena selvittää ilmastonmuutokseen liittyviä tekijöitä rakentamisen ja rakennusten näkökulmasta. Työssä tarkastellaan keinoja, joilla on mahdollista vähentää kasvihuonepäästöjä ja tarkastellaan ilmaston tilaa kasvihuonekaasujen osalta sekä millaisia haasteita ja vaikutuksia ilmaston lämpeneminen saa aikaan globaalisti. Työn alussa kartoitetaan ilmastonmuutosta ilmiönä. Kansainvälisen ilmastopolitiikan lähtökohtana ovat sopimukset, joilla koko maapallon väestö pyritään sitouttamaan ilmastonmuutoksen hillitsemiseen ja jotka luovat puitteet lainsäädännölle allekirjoittaneissa tahoissa.

Työn loppuosassa tarkastellaan kestävä ja vähähiilistä rakentamista. EU:n tasolla laaditut rakentamisen ohjauskeinot, joilla EU:n jäsenmaita ohjataan kohti vähäpäästöisempää rakentamista, ovat direktiivit sekä standardit. Suomi on muokkaamassa parhaillaan omia kansallisia säädöksiään direktiivien vaatimusten mukaisiksi. Yhteistä ja vertailukelpoista vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmää ollaan luomassa EU:n alueella. Suomessa on luonnosteltu rakentamisen ja rakennuksen hiilijalanjäljen arviointiin perustuvaa menetelmää. Hiilijalanjäljen arvioinnin lähtökohtana on rakentamisen osalta koko rakennuksen elinkaari rakennusmateriaalien valmistuksesta ja ra-

kennuksen purkamiseen asti. Menetelmässä huomioidaan hankkeen hyödylliset vaikutuksen hiilikädenjäljen arvioinnilla. Opinnäytetyö toteutettiin kirjallisuustutkimuksena.

## 2 ILMASTONMUUTOS

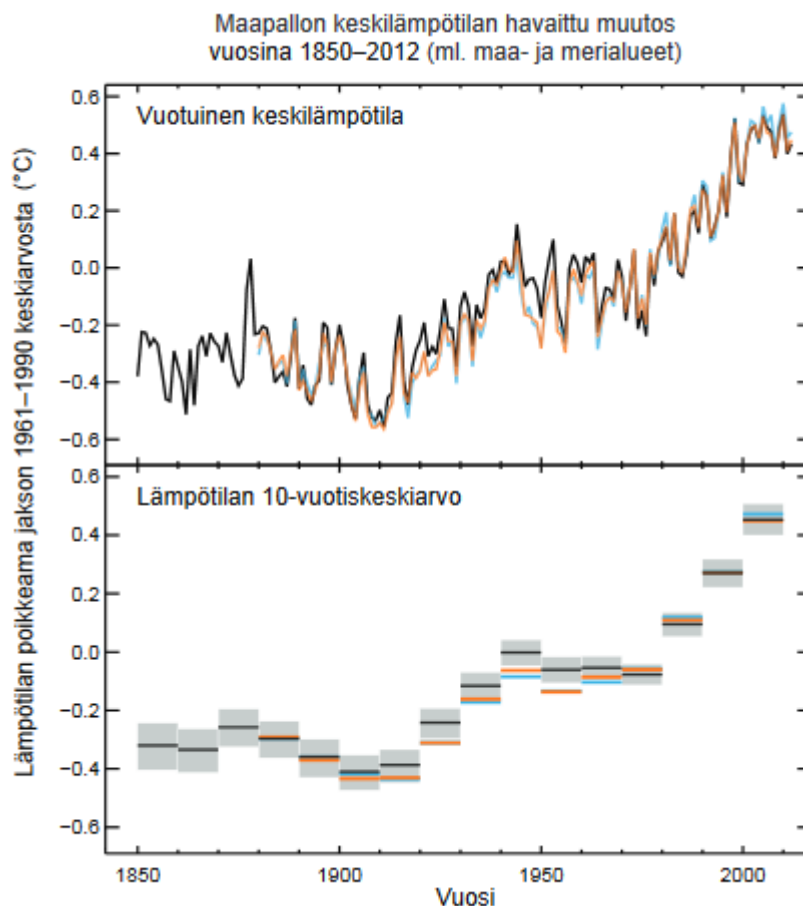
### 2.1 Ilmastonmuutos ja kasvihuoneilmiö

Maapallon historian aikana ilmasto ei ole koskaan pysynyt vakaana. Viimeisimmän jääkauden vallitessa maapallon keskilämpötilan arvioidaan olleen kylmimmillään jopa noin 6 °C alempi kuin nykyisin. Myös ilmakehän koostumus, kuten metaanin ja hiilidioksidin määrät ilmakehässä, on vaihdellut. Kasvihuonekaasujen aiheuttamaa maapallon keskilämpötilan nousua on esiintynyt tutkijoiden mukaan useasti maapallon historiassa. Hiilidioksidipitoisuuksien alentumisesta vuosituhansien aikana on selitetty luonnon omilla ilmiöillä, kuten mannerlaattojen liikkeiden seurauksena tapahtuvan vuoristojen poimuttumisen yhteydessä maankuoresta paljastuneiden mineraalien reagoimisella hiilidioksidin kanssa. (Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut 2019)

Nykyisen ilmastonlämpenemisen seurauksena maapallon lämpötila on kohonnut 1800-luvun lopulta noin 0,85 °C 2010-luvun alkuun mennessä. (Hallitusten välinen ilmastopaneeli IPCC 2014, 3) Lämpeneminen ei ole ollut lineaarista vaan vuosien 1910 - 1940 kohoamisen jälkeen lämpötilan nousu pysähtyi. Vuosina 1975 - 2000 lämpeneminen jälleen kiihtyi. Näiden vuosien jälkeen lämpeneminen hidastui. Kuviossa 1 on kuvattu maapallon keskilämpötilan muutoksia verrattuna vuosien 1961 - 1990 keskiarvolämpötilaan. Havaitaan, että maapallon keskilämpötila on selkeästi kohonnut teollistumisen myötä. Teollistumien alkoi 1700-luvun loppupuolella Iso-Britanniassa (Valtonen A. 2019).

Lämpöenergian sitoutumisilla ilmasta vesistöihin, etenkin meriveteen, jonka pintaosan lämpötila on kohonnut n. puoli astetta neljässä kymmenessä vuodessa, selittyy osittain lämpötilan nousun hidastuminen. Myös muita selityksiä on esitetty, kuten tulivuorien

aktivoituminen ja ihmisen aiheuttamien pienhiukkasten lisääntyminen ilmassa. (Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut 2013)



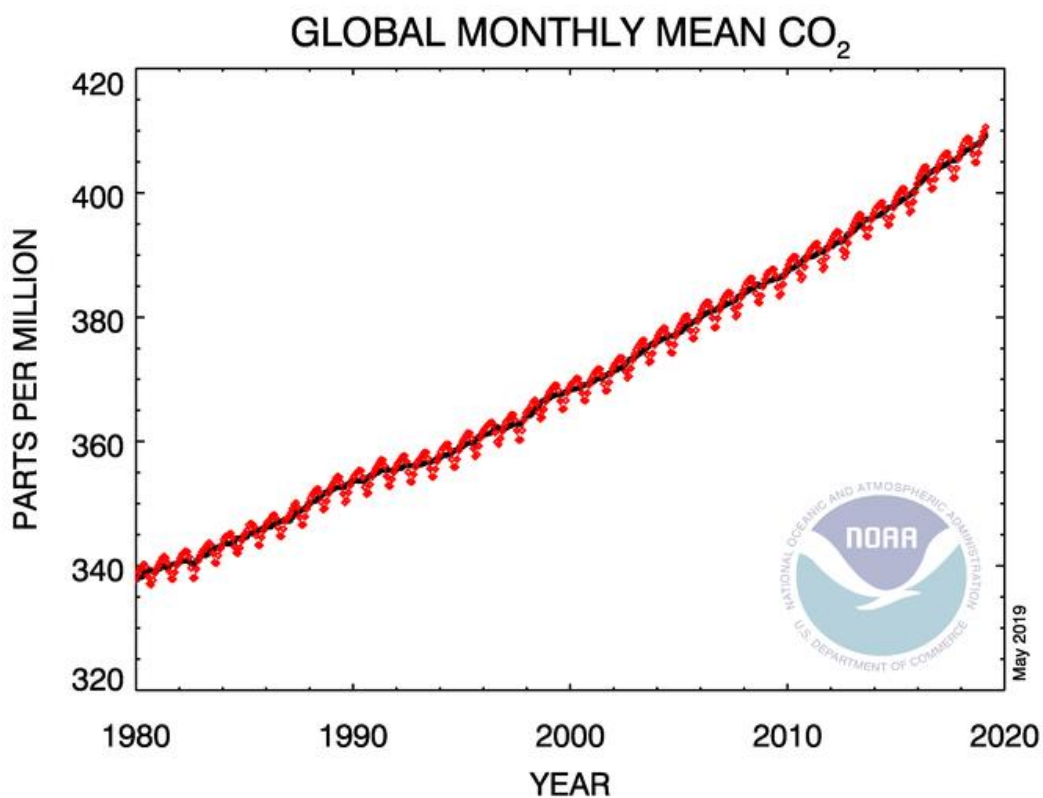
Kuvio 1. Kuvion ylemmässä osassa vuosittaiset keskilämpötilan muutokset esiteollisesta ajasta alkaen vuoteen 2012 ja alemmassa osassa vuosittaisista arvoista lasketut keskilämpötilat kymmenvuosittain poikkeamina vuosien 1961 - 1990 keskiarvolämpötiloista. (IPCC:n viides arviointiraportti suomenkielinen perustayhteenveto 2014, 5)

Toisaalta ilmaston hiilidioksidipitoisuus jatkaa nousuaan (kuvio 2). Kuviosta 2 nähdään, miten hiilidioksidipitoisuus on melko tasaisesti kasvanut 1950-luvun loppupuolelta alkaen. Havaijin Mauna Loalla (punainen kuvaaja) mitatuissa arvoissa näkyy vuodenaikavaihtelu. Lisääntynyt hiilidioksidi aiheuttaa merien happamoitumista, joka tuhoaa mm. koralliriuttoja. Noin 30 % nykyisin tuotetusta hiilidioksidista liukenee meriveteen. Onkin mitattu, että meriveden pintakerroksen happamuus on laskenut 0,1 pH-yksiköllä eli vetyioni-konsentraatio on kasvanut 26 % verrattuna aikaan ennen teollistumista. Tällä hetkellä ilmakehän hiilidioksidi-, metaani- ja dityppioksidi-pitoisuudet



ovat suurempia kuin koskaan viimeisen 800 000 vuoden aikana ja samalla näiden kaasu-  
sujen määrän keskimääräinen kasvuvauhti on suurimmillaan 22 000 vuoteen. (IPCC:n  
viides arviointiraportti suomenkielinen perustayhteenveto 2014, 13)

Ennen esiteollisista aikaa ilmakehän hiilidioksidipitoisuus oli 278 ppm (miljoonas-  
osaa) (Virtanen 2011, 49). Hiilidioksidipitoisuus kohoaa vuosittain noin 2 ppm (Ilma-  
tieteenlaitos 2018). Ilmakehän hiilidioksidi on lähtöisin luonnollisesta kasvien ja maa-  
perän soluhengityksestä ja ihmisen aiheuttamasta energiantuotannon palamisreakti-  
oista sekä sementin tuotantoprosesseista. (Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-  
sivut 2013)



Kuvio 2. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuuden kehitys vuodesta 1980 alkaen. Punainen  
kuvaaja osoittaa kuukausittaisia keskiarvopitoisuuksia ja musta kuvaaja samaa kausi-  
vaihtelukorjauksen jälkeen Yhdysvaltain liittovaltion sää- ja valtamerentutkimusorga-  
nisaation (National Oceanic and Atmospheric Administration NOAA 2019) mukaan.

Suomessa vuotuinen keskilämpötila on kohonnut jo nyt yli 2 °C Hannele Korhosen Ilmatieteenlaitokselta mukaan (Ilmastopaneelin www-sivut 2018).

## 2.2 Kestävä kehitys

Kestävällä kehityksen toimenpiteillä pyritään varmistamaan, että maapallo on elinkelpoinen myös tulevaisuudessa. Tarkoituksena on toteuttaa yhteiskunnallinen muutoksen kaikilla tasoilla maailmanlaajuisesta kansalliseen ja paikalliseen tasoon, jotta hyvät elinolot turvataan nyt ja tulevaisuudessa. Päämäärä on mahdollista saavuttaa, kun toiminnassa ja päätöksenteossa kestävän kehityksen näkökulmat: luonto, ihminen ja talous, ovat tasa-arvoisessa asemassa. Globaalisti kasvihuonekaasupäästöistä 30 % tuottaa rakentaminen ja rakennukset sekä primäärienergiankulutuksesta 40 % ja raaka-aineiden kulutuksesta puolet on rakennetun ympäristön kuluttamaa. (Ympäristöministeriön www-sivut 2019)

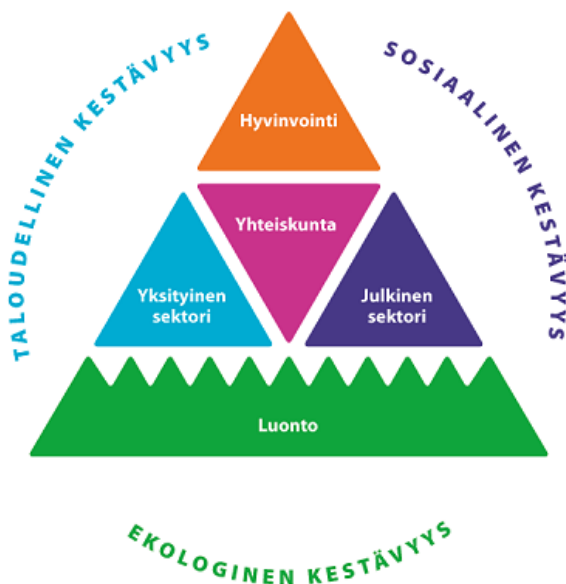
Maailmanlaajuinen vastuukantaminen, yli sukupolvirajojen ulottuva toiminnan seurausten arviointi, luonnonvarojen riittävyyden huomioiminen tulevaisuudessa, avoin ja rehellinen yhteistyö kaikkien parhaaksi ovat kestävän kehityksen peruseriaatteita.

Suomessa kansallisesti kestävän kehityksen koordinointi on Valtioneuvoston kanslian vastuulla (Valtioneuvoston kanslian www-sivut 2019). YK:n jäsenmaita sitova Agenda2030 sisältää kestävän kehityksen toimintaohjelman, jossa esitetään 17 kestävän kehityksen tavoitetta, jotka jakautuvat edelleen tarkentaviin alitavoitteisiin (169 kpl). Suomen kansalliseen yhteiskuntasitoumukseen (päivitetty 2016) on kirjattu kahdeksan tavoitetta. Yhteiskuntasopimus on kansallinen näkemys kestävän kehityksen maailmanlaajuisista tavoitteista. (Ympäristöministeriön www-sivut 2019)

Kestävä kehitys jaetaan perinteisesti neljään ulottuvuuteen: ekologinen kestävyys, taloudellinen kestävyys, sosiaalinen kestävyys ja kulttuurisen kestävyys. Kulttuurinen kestävyys yhdistetään usein sosiaaliseen kestävyteen. Ulottuvuudet ovat kytköksissä toisiinsa ja toiminta on kestävä, kun kaikki kestävän kehityksen ulottuvuudet toteutuvat samanaikaisesti. Ekologinen kestävyys sisältää luonnonvarojen kestävän käytön

siten, että luonnonlajien monimuotoisuus säilyy sekä toiminnassa huomioidaan luonnon kanto- ja uudistumiskyky. Taloudellinen kestävä kehitys on arvopohjaltaan kestävä talouden hoitoa ja kasvua, mikä toteutetaan eko-, energia- ja materiaalitehokkuutta lisäämällä sekä välttämällä velkaantumista ja luonnonvarantojen hävittämistä. Ihmisten välinen tasa-arvoisuus kansallisuuteen tai alkuperään katsomatta on tärkeimpiä sosiaalisen kestävyuden osatekijöitä. Muita sosiaalisen kestävyuden periaatteita ovat ihmisten perusoikeuksien noudattaminen, elämän perusedellytykset ja merkityksellisen elämän mahdollisuus kaikkialla ja kaikille sekä yhdenvertaiset vaikutus- ja osallistumismahdollisuudet. Erilaisten kulttuurien arvostaminen tukee kulttuurien säilymistä ja kehittymistä, mikä on kulttuurista kestävyyttä. (Lundgren, Laininen, Hannukkala & al. 2006)

Eläminen maapallolla edellyttää luonnonvarojen hyödyntämistä. Kuvio 3 havainnollistaa, kuinka luonnon resurssien käyttö mahdollistaa hyvinvoivan yhteiskunnan, johon kuuluvat yhteiskunnan sekä julkinen että yksityinen osa-alue. Yhteiskunnan rakenteet huomioiden ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen (sisältäen kulttuurisen ulottuvuuden) kestävyys luovat pohjan hyvälle elämälle.



Kuvio 3. Kestävän kehityksen ulottuvuuksien huomioiminen toiminnassa mahdollistaa hyvän elämän (Kaskinen 2013).

### 2.2.1 Hiilijalanjälki ja kasvihuonekaasujen ilmaston lämmityspotentiaali

Ilmastokuormaa, jonka jokin tuote palvelu, henkilö, paikkakunta tai organisaatio, tuottaa kutsutaan hiilijalanjäljeksi. Hiilijalanjäljen määrittäminen auttaa tunnistamaan kasvihuonekaasupäästölähteitä, jolloin niihin voidaan vaikuttaa (Rinne 2011, 315). Hiilidioksidiekvivalenttikilo (kg CO<sub>2</sub>-ekv) on hiilijalanjäljen yhteydessä käytetty yksikkö. Hiilidioksidiekvivalenttikilo huomioi myös hiilidioksidin lisäksi muut kasvihuoneilmiötä voimistavat kaasut. Kunkin kasvihuonekaasun ilmaston lämmityspotentiaali (GWP) on erisuuruinen. (Berninger 2012, 31). Eri kasvihuonekaasut pysyvät erimitaisia aikoja ilmakehässä, kuten taulukosta 1 voidaan todeta. Niiden elinikä vaihtelee muutamista vuosista tuhansiin (Euroopan parlamentti 2018). Ilmaston lämmityspotentiaali arvolla tarkoitetaan kaasun ilmastoa lämmittävää vaikutusta verrattuna eri tarkastelujakson pituuteen ja hiilidioksiidiin, jonka GWP-arvo on 1. Esimerkiksi dityppioksidin (N<sub>2</sub>O) ilmaston lämmityspotentiaali on 310-kertainen verrattuna hiilidioksiidiin, kun tarkastelujakso on 20 vuotta.

Taulukko 1. Kasvihuoneilmiötä aiheuttavien kaasujen elinaika ja ilmastoa lämmittäväpotentiaali (global warming potential GWP) (The IPCC Fifth Assessment Report (AR5) 2014).

Kaasu	Elinaika (v)	GWP 20 v	GWP 100 v
Hiilidioksidi CO <sub>2</sub>	50 – 200	1	1
Metaani	12	72	25
Dityppioksidi	114	310	298
HFC:t	1,04 – 270	437- 12 000	124 – 14 800
PFC:t	2 600 – 50 000	5 210 – 8 630	7 390 – 12 200
SF <sub>6</sub>	3 200	16 300	22 800
CFC:t	45 – 1 700	5 310 – 11 000	4 750 – 14 400
HFC:t	1,3 – 17,9	273 – 5 490	77 – 2 310
Halonit	16 – 65	3 680 – 8 480	1 640 – 7 140

Hiilijalanjäljen arvioinnissa lähtökohtana on tuotteen tai palvelun elinkaari. Ongelmia syntyy, kun elinkaaritarkastelun piiriin valitut seikat ja rajaukset ovat erilaiset, jolloin hiilijalanjälkien vertailusta tulee hankalaa. (Berninger 2012, 31)

## 2.2.2 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjäljen arvioinnin avulla ilmaistaan tuotteen, prosessin tai palvelun aiheuttamia positiivisia ja hyödyllisiä vaikutuksia ilmaston kannalta eli päästövähennyspotentiaalia (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran [www-sivut](http://www.sitra.fi) 2019). Hiilikädenjälkeä ei yhdistetä hiilijalanjälkeen tai vähennetä siitä (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 28). Rakentamisessa ilmaston kannalta hyödyllisiä vaikutuksia syntyy, kun hiiltä on varastoituneena puurakenteisiin, hiilidioksidin hitaassa sitoutumisessa betonituotteisiin (karbonoituminen) sekä purettavien rakennustuotteiden uudelleen käytössä.

Hiilen poistumista tai poistamista ilmakehästä kutsutaan hiilinieluksi. Yhteyttämisreaktiossa kasvit sitovat luonnollisella tavalla hiilidioksidia, kun hiilidioksidista ja vedestä Auringon valon avulla muodostuu sokeria. Kasvaessaan kasvit toimivat siten hiilinieluinä. Kun hiilidioksidin hiili sitoutuu kasviin sokereina, kasvi muodostaa hiilivaraston. Kasvava kasvi toimii sekä hiilinieluna että -varastona. Suomen metsät ovat sekä tärkeitä hiilinieluja että -varastoja. Toinen tärkeä hiilivarasto on maapallon merissä. Kun hiili on varastoituna kasveihin tai mereen, se ei kuormita ilmakehää. Hiilivarasto säilyy puuraaka-aineesta valmistetuissa rakennusmateriaaleissa ja muissa puutuotteissa koko tuotteen elinkaaren ajan. (Maa- ja metsätalousministeriön [www-sivut](http://www.mtm.fi) 2018; Virtanen A. 2011, 34)

Hiilikädenjäljen arvioinnilla pyritään kannustamaan suunnittelijoita, rakennusliikkeitä ja eri tuotevalmistajia kehittämään innovatiivisia ratkaisuja ja teknologiaa, jotka ovat samalla hyödyllistä ilmaston kannalta (Ympäristöministeriön [www-sivut](http://www.ymparisto.fi) 2018). Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n mukaan hiilikädenjälkeen on mahdollista vaikuttaa energiatehokkuutta kohentamalla, materiaalien käyttöä vähentämällä, valitsemalla ”ilmastoystävällisiä” raaka-aineita, minimoimalla materiaalihukkaa, tuotteiden tuotekehityksellä, tuotteiden käyttöaikaa ja monikäyttöisyyttä lisäämällä. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n [www-sivut](http://www.vtt.fi) 2018)

### 3 KANSAINVÄLINEN ILMASTOPOLITIIKKA

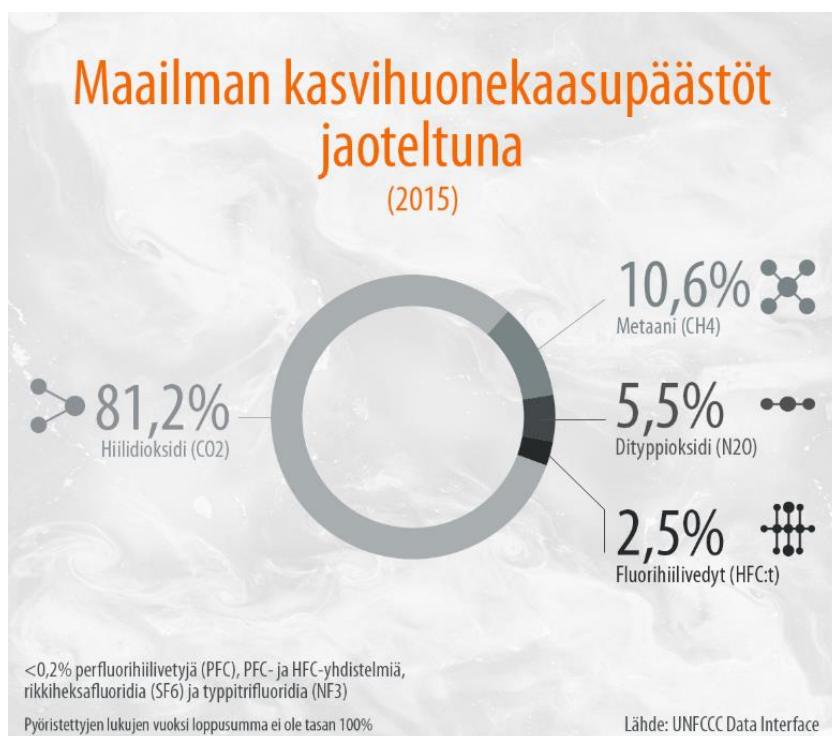
Ilmatoon liittyvät haasteet vaativat kansainvälisesti yhteisiä toimia, koska ilmanliikkeitä ei pystytä rajoittamaan vain jollekin tietylle alueelle. Ilmavirtausten mukana mm. kaasumaiset epäpuhtaudet kulkeutuvat valtiosta toiseen. Ilmastomuutokseen ei katso valtioiden rajoja. Ilmastomuutoksen vaikutukset eivät jää ainoastaan maapallon keskilämpötilan nousuun. Seurannaisvaikutuksia on alueiden kuivuminen eli makean veden saatavuuden ja ruoan tuotannon vaikeutuminen, jäätiköiden sulaminen ja elinolosuhteiden muutos, joka voi lisätä ihmisten ilmastoperäistä muuttoliikettä. Kaikkia vaikutuksia ei välttämättä kyetä edes ennakoimaan. Siksi koko maapallon valtioita koskevat yhteiset sopimukset ja pelisäännöt tasapuolisuus huomioiden ilmastoasioissa ovat välttämättömiä. (Virtanen 2011, 19 - 21)

Ilmastomuutosasioissa Yhdistyneillä kansakunnilla on kansainvälisesti tärkeä rooli ja juuri YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssi (UN Conference on Environment and Development, UNCED) vuonna 1992 Rio de Janeirossa toi yleiseen tietoisuuteen ilmastomuutoksen yhtenä maapalloa uhkaavista ympäristöongelmista. Ennen Rion konferenssiakin tutkijat olivat ilmaisseet huolensa hiilidioksidipitoisuuksien kasvusta ilmakehässä ja sen yhteydestä kasvihuoneilmiöön. Siksi oli jo aiemmin perustettu hallitustenvälinen ilmastopaneeli IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) YK:n tuella. IPCC:n arvion mukaan 1990-luvun puolivälin jälkeinen ilmastonlämpeneminen on lähinnä ihmisen toiminnan aiheuttamaa. (Ilmasto.org-sivuston www-sivut 2019) Rion konferenssin myötä saatiin aikaan YK:n ilmastomuutoksen yleissopimus. Seuraava merkittävä askel kansainvälisen ilmastonsuojelussa tapahtui, kun riittävä määrä valtioita oli allekirjoittanut Rion ilmastopöytäkirjan vuoteen 2005 mennessä. Suomi ratifioi Kioton pöytäkirjan vuonna 2002. Pöytäkirjan allekirjoittaneet valtiot sitoutuivat vähentämään kasvihuoneilmiötä aiheuttavien kaasujen päästöjä. (Ilmasto.org-sivuston www-sivut 2019; Ympäristöministeriön www-sivut 2019)

Kioton pöytäkirjan tärkeimpiä ”saavutuksia” on, että siinä esitetään ensimmäisen kerran velvoitteita, jotka ovat oikeudellisesti sitovia. Teollisuusmaiden päästöjen vähennystavoitteeksi sovittiin, että kasvihuonekaasujen päästömäärän tulisi olla 5,2 %

alempi kuin vuoden 1990 päästötaso. (CO<sub>2</sub> raportti 2012) Tavoite koskee kuutta kaasua: hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>), dityppioksidi (N<sub>2</sub>O), fluorihilivedyt (HFC), perfluorihilivedyt (PFC) ja rikkiheksafluoridi (SF<sub>6</sub>). Suomen ensimmäisen velvoitekauden (vuodet 2008 - 2012) tavoitteena oli saavuttaa vuoden 1990 päästötaso. Pöytäkirjan laskentasäännöissä huomioidaan myös hiilinielut, kuten metsien ja maaperän vaikutus. (HE 200/2016, 2.2.1)

Pariisissa vuonna 2015 saatiin aikaan ilmastopöytäkirja, jossa on sitoumuksia koskien Kioton pöytäkirjan toisen velvoitekauden jälkeistä aikaa eli aikaa vuoden 2020 jälkeen. Tosin toinen velvoitekausi vuosille 2013 - 2020, Dohan muutos, on jäänyt kansainvälisesti hyväksymättä ja siten toteutumatta. Siitä huolimatta EU:n alueella on voimassa ilmasto- ja energialainsäädäntö, joka toteuttaa Dohan muutoksessa esitetyn velvoitteen mukaista päästöjen vähentämistä, joka käytännössä tarkoittaa vähintään 20 % kasvihuonepäästöjen vähentämistä vuoden 1990 tasosta. (HE 200/2016, 2.2.1)



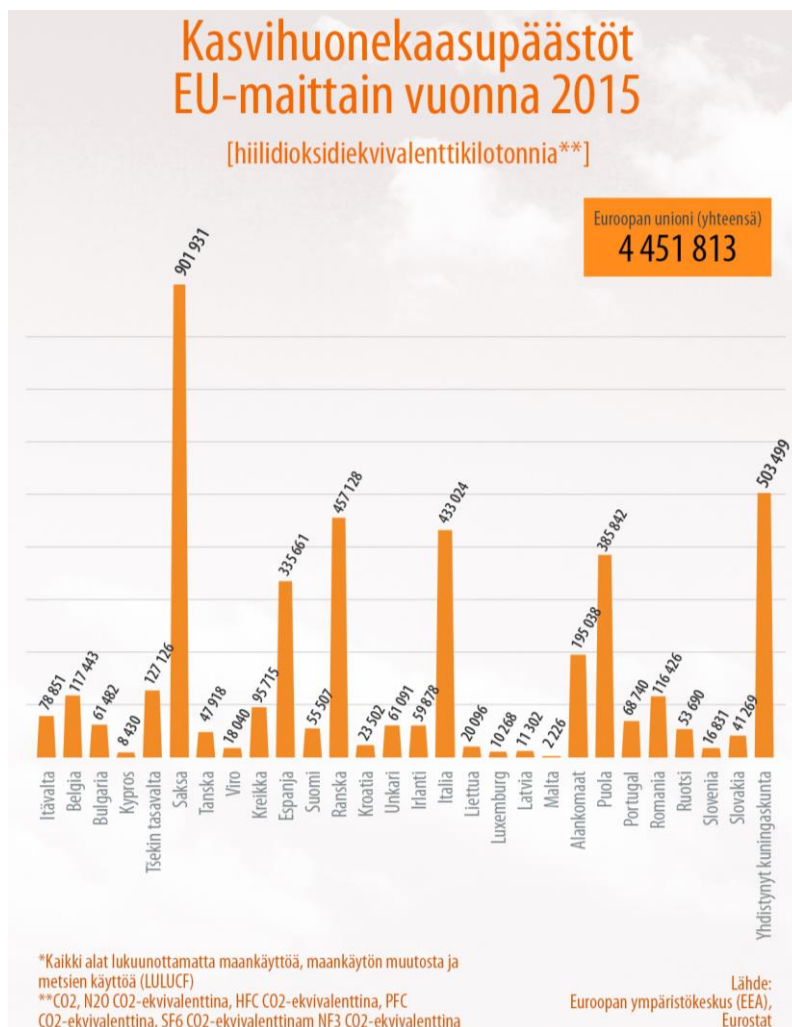
Kuvio 4. Maapallon kasvihuonekaasupäästöjen prosentuaaliset osuudet vuonna 2015 (Euroopan parlamentin www-sivut 2018).

Kuvion 4 perusteella havaitaan, että suurin osa globaaleista kasvihuonepäästöistä on hiilidioksidia. Metaanipäästöt ovat hieman yli 10 %. Metaanin on viipymä (12 vuotta) melko lyhyt verrattuna hiilidioksidin viipymään (50 - 200 vuotta) ilmakehässä.

Pariisin ilmastopöytäkirja on vuoden 1992 Yhdistyneiden kansakuntien puitesopimuksen alainen asiakirja. Kun ainakin 55 sopimusosapuolta yhteenlasketulta osuudeltaan 55 % maapallon kasvihuonekaasupäästöiltään oli allekirjoittanut, Pariisin sopimus tuli voimaan. Sopimuksen tärkeimpänä pyrkimyksenä on vaikuttaa maapallon keskilämpötilan nousun kehitykseen siten, että lämpötilan nousu jäisi alle 1,5 celsiusasteen tai ainakin reilusti alle kahden asteen, kun vertailutasona on maapallon keskilämpötila ennen esiteollista aikaa. Ilmastonmuutokseen sopeutuminen ja ilmastokestävyyden parantaminen sekä vähähiilinen kehitys rahoituksen perusteeksi ovat sopimuksen muita teemoja. Kasvihuonekaasupäästöjen huippu on tarkoitus saavuttaa mahdollisimman pian, minkä jälkeen kasvihuonekaasupäästöt ja kasvihuonekaasujen nielut pyritään saamaan tasapainotilaan. (HE 200/2016, 2.1.2)

EU:n jäsenvaltioiden tuottamat kasvihuonekaasumäärät on esitetty kuviossa 5. Kuviossa 5 voidaan nähdä, että Saksassa, Yhdistyneessä kuningaskunnassa, Ranskassa, Italiassa, Puolassa ja Espanjassa tuotetaan runsaasti kasvihuonekaasupäästöjä. Syitä ovat näiden valtioiden suuret asukasmäärät ja raskaan teollisuuden iso määrä.



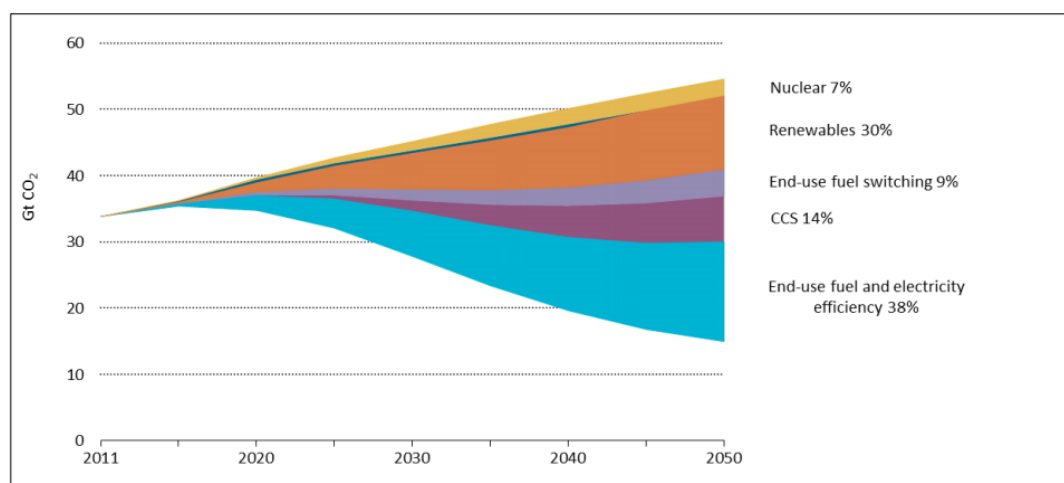


Kuvio 5. EU:n jäsenvaltioiden kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2015 (Euroopan parlamentin www-sivut 2018).

Yhteisesti alustavasti sovittu EU:n ja sen jäsenvaltioiden päästövähennystavoite (INDC) liittyen Pariisin sopimukseen on kasvihuonekaasupäästöjen pienentäminen ainakin 40 % vuoden 1990 päästötasosta ennen vuotta 2030. Sopimuksen velvoitteet on tarkoitus toteuttaa EU:n alueella sekä EU:n antamien määräyksien sekä jäsenvaltioiden oman kansallisen lainsäädännön avulla. Tilannetta arvioidaan viiden vuoden välein. (HE 200/2016, 2.2.1)

Kuvassa 6 on esitetty graafisesti ennusteet hiilidioksidipäästöjen vuosittaista kasvamisesta ilman päästöjen hillitsemistoimenpiteitä ja kuvassa 6 esitetyillä toimenpiteillä. Vuonna 2050 päästöt olisivat noin 55 Gt CO<sub>2</sub>, ellei toimenpiteisiin ryhdytä päästöjen vähentämiseksi. Tällöin keskimääräinen lämpötila globaalisti kohoaisi ennusteen mu-

kaan 6 °C verrattuna esiteolliseen aikaan. Jos kuvan mukaisiin toimenpiteisiin ryhdytään, on mahdollisuus vähentää päästöjen määrää 80 % varmuustasolla siten, että keskimääräinen lämpötilan nousu maapallolla jäisi 2 °C:een. Kuvan mukaan energiasektorin osuus päästövähennyksistä kattaisi puolet ja eri teollisuuden alat vastaisivat toisesta puolesta päästövähennyksistä vuonna 2050. Hiilidioksidin talteenotto- ja varastointitekniikan (carbon dioxide capture and storage CCS) avulla arvioidaan vähennettävän noin 14 % päästöjen määrästä vuonna 2050. (United Nations 2014, 5)



Kuvio 6. Kasvihuonepäästöjen määrän kehitys vuoteen 2050 mennessä sekä käytettävissä olevat teknologiat ja niiden prosentuaaliset vaikutuspotentiaalit kasvihuonekaasupäästöjen hillinnässä (United Nations 2014, 5).

### 3.1 Hallitusten välinen ilmastopaneeli (IPCC) kerää tietoa ja raportoi ilmastonmuutoksesta

Vuonna 1988 perustetun IPCC:n työryhmät laativat raportteja ilmaston tilasta, sen muuttumisesta, muuttumisen vaikutuksista ja ilmastonmuutoksen hillitsemiskeinoista. IPCC tarjoaa tieteellistä materiaalia päätöksenteon tueksi. Hiilidioksidikaasupäästöjen määrän tulee rajoittua tasolle, jolla maapallon keskilämpötilan kohoaminen jää alle 2 °C:een, oli hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n alkuperäinen tavoite. IPCC on julkaissut tähän mennessä viisi arviointiraporttia. Viidennen raportisarjan (AR5) viimeisin kolmas osa julkaistiin huhtikuussa 2014. AR5-sarjan kolmas osa koskee ilmastonmuutoksen hillintää. Parhailaan on valmisteilla kuudes arviointikertomus (AR6).

Erityiskertomus maailmanlaajuisista lämpenemisestä (Global Warming of 1,5 °C), joka osa AR6-raporttien sarjaa, julkaistiin syksyllä 2018. (Ilmatieteenlaitoksen www-sivut 2019)

Tämän raportin mukaan nykyiset kansalliset päästövähennystavoitteet, jotka ovat esitetty Pariisin sopimuksen vastuiden toteuttamiseksi eli lämpötilannousu rajoittuisi selvästi alle kahteen asteeseen, eivät riitä, vaan nykyisillä päästövähennyssitoumuksilla maapallon keskilämpötila tulee nousemaan 3 astetta vuosisadan loppuun mennessä. Jo saavutettaessa 1,5 °C korkeampi lämpötilataso verrattuna esiteolliseen aikaan, vaikutukset ovat maapallon elinolosuhteisiin merkittävät, kuten kuvioista 7 nähdään.

### Maapallon keskilämpötilan väliaikainenkin nousu yli 1,5 asteen aiheuttaa muutoksia, joista osa on pysyviä.

#### VÄLIAIKAISTA VAHINKOJA

Sään ääri-ilmiöt yleistyvät



Kuumuuden terveyshaitat lisääntyvät



Maatalous ja kalastus vaikeutuvat



#### PERUUTTAMATONTA VAHINKOJA

Koralliriuttoja tuhoutuu



Lajeja kuolee sukupuuttoon



Jäätiköt sulavat, rannikotulvat yleistyvät



Pohjautuu IPCC:n 1,5 asteen raportin tuloksiin. © Ilmatieteen laitos ja ympäristöministeriö, 2018. Ilmasto-opas.fi.

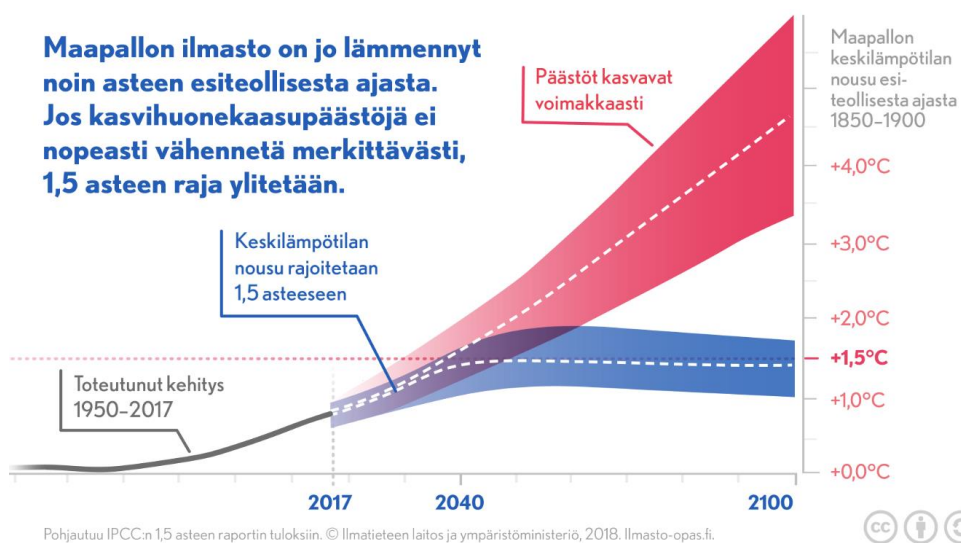


Kuvio 7. Globaaleja muutoksia, kun lämpötila nousee yli 1,5 °C esiteollisen ajan lämpötilaan verrattuna (Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut 2018).

Viime syksyllä julkaistussa raportissa verrataan lämpötilojen 1,5 °C ja 2 °C nousun vaikutuksien eroja. Seurauksien erot joko 1,5 °C:n tai 2 °C:n noususkenaariolla ovat huomattava. Maltillisemmän maapallon keskilämpötilan nousun seurauksena inhimillinen kärsimys on pienempi: vedenpuute ei koske yhtä suurta osaa väestöstä, lämpötilojen terveysvaikutukset ihmisiin vähäisemmät, hyönteisten levittämät taudit eivät leviä yhtä laajalle. Pienempi lämpötilan kohoaminen suojelee luontoa, erityisesti tundraa ja havumetsävyöhykettä (Suomen lähiluontoa), estää ikirouta-alueen sulamista 2 milj. km<sup>2</sup> ja vähentää merien happamoitumista. Tällöin voidaan välttää kymmenen senttimetrin merenpinnannousu. Samalla voitaneen estää Etelämantereen ja Grönlannin

mantereen peruuttamaton sulaminen, joka lisää merenpinnan nousua, jolloin pienet saaret ja alavat alueet ovat uhattuina. (Ilmastopaneelin www-sivut 2018)

Erikoisraportissa on esitetty mahdollisuuksia sekä toimintatapoja ja kaikkiaan tutkittiin 90 erilaista toimintamallia, joissa lämpötilan nousu jäisi toivotuksi (noin 1,5 °C). Ilmaston lämpenemiseen on toistaiseksi mahdollisuus vaikuttaa, mutta vaaditaan voimakkaita ja nopeita toimenpiteitä, todetaan raportissa. (Ilmastopaneelin www-sivut 2018)



Kuvio 8. Maapallon ilmaston keskilämpötilan kehitys vuoteen 2017 mennessä sekä tulevaisuuden visiot kahdella eri päästötasoilla (Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut 2018).

Kuviossa 8 on esitetty IPCC:n keräämien tietojen perusteella muodostettu kuvaaja maapallon ilmaston keskilämpötilan kehityksestä vuoteen 2017 mennessä sekä tulevaisuuden visio kahdella eri päästötasoilla. Kuten kuviosta 9 voidaan todeta, 1,5 asteen nousun raja ollaan mahdollisesti saavuttamassa tämän vuosisadan puoliväliin mennessä, mikä tarkoittaa noin 0,2 asteen lämpenemistä kunakin tulevana vuosikymmenenä. Ilmaston lämpötila kohoaa eri tavalla eri osissa maapalloa. Eniten lämpötila kohoaa arktisilla alueilla ja manneralueilla enemmän kuin merialueilla. (Ilmastopaneelin www-sivut 2018)

**Useimpien laskelmien mukaan 1,5 asteen tavoite voidaan saavuttaa lämpötilarajan väliaikaisen ylityksen jälkeen.**



Kuvio 9. Kahden 1,5 °C:n lämpötilan nousu -ilmastoskenaarion havainnollistaminen graafisesti (Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut 2018).

Tavoitteena korkeintaan 1,5 °C:n lämpötilan nousu -ilmastoskenaariot voidaan jakaa kahteen tapaukseen: tilanne, jossa lämpötilan nousu ei missään vaiheessa ylitä 1,5 astetta ja tilanne, jossa ylittyminen tapahtuu väliaikaisesti, mutta jonkin ajan kuluttua lämpötila laskee ns. overshoot-tilanne (kuvi 9). Overshoot-tilanteessa tulisi olla käytössä hiilidioksidia ilmakehästä poistava taloudellisesti kannattava teknologia kehitettynä. Itsestään hiilidioksidin ei oleteta häviävän. (Ilmastopaneelin www-sivut 2018)

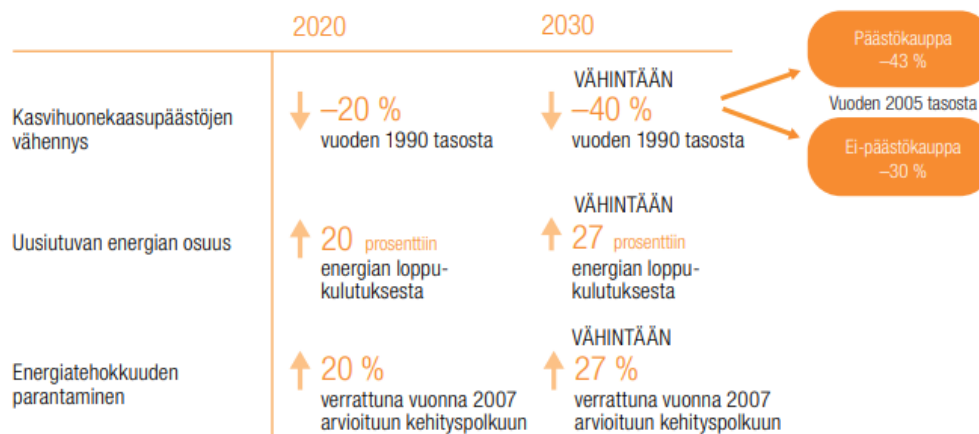
IPCC:n raportissa käytetään polku-nimitystä ja 1,5 °C -polussa raportin mukaan CO<sub>2</sub>-päästöjä on vähennettävä 45 % vuoteen 2030 mennessä raportin vertailuvuoden 2010 päästötasosta. Ihmisten tuottamat nettopäästöt on vähennyttävä nolnaan tai sitä pienemmäksi vuoteen 2050 mennessä. Tämä tarkoittaa, että ihmisperäiset päästöt ja ihmisperäiset nielut oltava yhtä suuret tai pienemmät. Hiilidioksidin lisäksi on vähennettävä metaani-, typpioksiduuli- ja nokipäästöjä. Fossiilisia polttoaineita vähentämällä CO<sub>2</sub>-päästöjen ohella muutkin päästöt vähenevät. Metaanipäästöjä CH<sub>4</sub> syntyy erityisesti karjatalouden ja riisinviljelyn yhteydessä. Puolet energiasta tuotettava päästöttömästi, jolloin mahdolliset energialähteet ovat uusiutuvat energialähteet tai ydinenergia. Mikäli tulevaisuudessa pystytään sitomaan hiilidioksidia ilmakehästä, se voidaan varastoida geologisesti esimerkiksi vanhoihin tyhjiin öljylähteisiin. (Ilmastopaneelin www-sivut 2018)

### 3.2 Euroopan Unionin ohjaustoimet

Sekä Euroopan Unionin että Suomen ilmastopolitiikka nojaa Kioton pöytäkirjaan vuoteen 2020 asti. Ilmastomuutoksen torjumiseksi EU-alueelle luotiin lisäksi sisäinen Ilmasto- ja energiapaketti vuonna 2007. Tällä hetkellä voimassa on Ilmasto- ja energiapaketti 2020 sisältäen uudistetun päästökauppadirektiivin (ETS) (2003/87/EY ja 2009/29/EY), taakanjakopäätöksen (ESD) (406/2009/EY), direktiivin hiilen talteenotosta ja varastoinnista (2009/31/EY) sekä direktiivin uusiutuvan energian edistämisestä (2009/28/EY). (Ympäristöministeriön www-sivut 2018) Paketilla on kolme pää tavoitetta: lisätä uusiutuvien energialähteiden osuutta 20 % EU:n energian loppukulutuksesta ja vähentää fossiilisten energialähteiden käyttöä, vähentää 20 % kasvihuonekaasupäästöjä vuoden 1990 vertailutasosta sekä energiatehokkuuden parantaminen 20 prosentilla (Euroopan Komission www-sivut 2017).

Vuonna 2014 hyväksytty tuleva ilmasto- ja energiapaketti 2030 astuu voimaan 2021. Tässä säädöspaketissa on päivitetty päästökauppadirektiiviä (ETS) (2018/410/EU) ja taakanjakoasetusta (ESR) (2018/842/EU). Uutena mukana on Land Use and Land Use Change and Forestry LULUCF-asetus (EU) 2018/841, joka koskee maankäyttöä, maankäytön muutoksia ja metsätaloutta. Vuoteen 2020 asti LULUCF-sektorin kasvihuonepäästöjen alentamistavoitteet kuuluvat Kioton pöytäkirjan alaisuuteen. (Lamminmäki & Kaipainen 2017) Vuosia 2021 - 2030 koskevia paketin säädöksiä ovat lisäksi energiaunionin hallintomalliasetus, uusiutuvan energian direktiivi ja energiatehokkuusdirektiivi. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

Kuviossa 10 on vertailtu Euroopan Unionin ilmasto- ja energiavoititteita vuoteen 2020 ja 2030 mennessä eli tällä hetkellä voimassa olevan paketin ja tulevan paketin tavoitteita. Voidaan todeta, että Ilmasto- ja energiapaketin 2030 tavoitteet vaativat suurempia ponnisteluja toteutuakseen. Kuten kuvasta 11 voidaan havaita, koko EU:n alueella uusi tuleva kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistavoite on 40 % verrattaessa vuoden 1990 tasoon, mikä mukailee EU:lle asetettua Pariisin sopimuksen tavoitetta. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018; Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut 2018)



Kuvio 10. Vuosien 2020 ja 2030 EU:n tavoitteet ilmaston ja energian osalta (Suomen kasvihuone-kaasupäästöt 1990 - 2017 2018, 48).

### 3.2.1 Kasvihuonekaasupäästöt

Euroopan unionin alueella kasvihuonekaasupäästöjen määrä on pienentynyt vuodesta 1990 alkaen, kuten kuviosta 11 voidaan todeta. (Huom. y-akseli alkaa lukemasta 2 500 milj.t CO<sub>2</sub>-ekv). Kuviosta 11 nähdään, että nykyiset toimet eivät kuitenkaan ennusteen (sininen yhtenäinen viiva) mukaan riittäviä ja vuoden 2030 tavoitetta ei saavuteta.



Kuvio 11. EU-alueella toteutuneet kasvihuonekaasumäärät vuoteen 2016 mennessä sekä Ilmasto- ja energiapakettien tavoitteet vuoteen 2020 ja vuoteen 2030 mennessä (Euroopan parlamentin www-sivut 2018).

EU on jo vuonna 2011 ilmaissut tavoitteensa ns. tiekartassa vähähiiliseen talouteen 2050 kasvihuonepäästöjen vähentämisestä 80 % vuosisadan puoliväliin mennessä, kun verrataan vuoden 2005 päästötasoon. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

### 3.2.2 Uusiutuva energia

Voimassa vuodelta 2009 oleva uusiutuvaa energiaa ja sen käytön lisäämistä koskeva direktiivi Uusiutuvan energian direktiivi RES (Renewable Energy Sources Directive 2009/28/EC) sisältää määräyksiä kestävyyskriteereistä nestemäisille ja kaasumaisille liikenteen biopoltoaineille sekä lämmityksen ja sähköntuotannon käyttämille bioperäisille nesteille. Tavoitteena on, että EU-tasolla jäsenvaltioiden energialähteistä olisi uusiutuvien energialähteiden osuus 20 % ja liikenteen toimialalla 10 % käyttöenergiasta oli peräisin uusiutuvista energialähteistä vuoteen 2020 mennessä. Suomen kansallisena uusiutuvan energian osuuden tavoitteena on 38 %. (Työ- ja elinkeinoministeriön

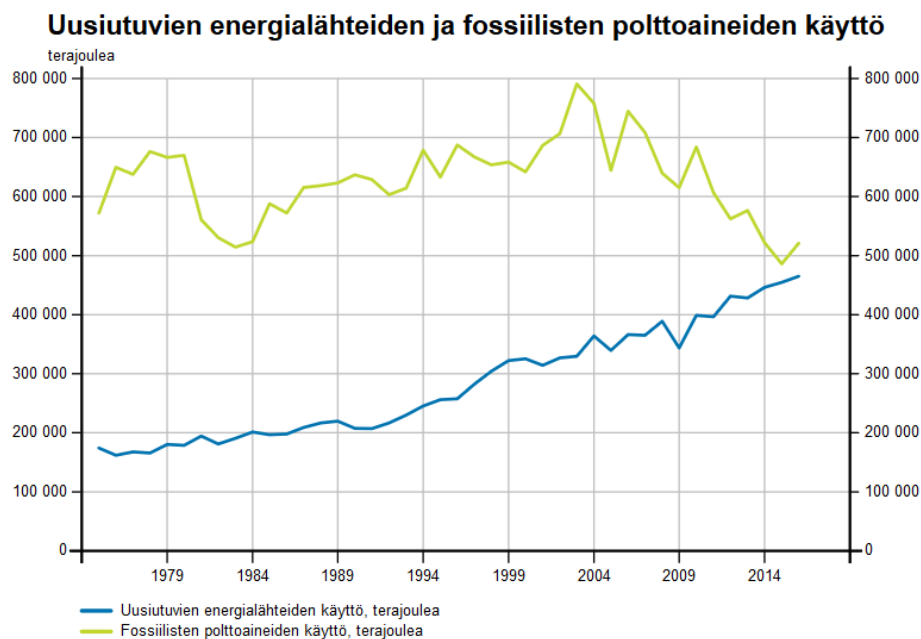


www-sivut 2019) Tämä vähimmäistavoitteen Suomi on ylittänyt vuonna 2016, kun energian loppukulutuksesta 38,7 % oli uusiutuvaa alkuperää olevaa energiaa, joka vastaa 129 TWh:n energiamäärää. (Suomen kasvihuone-kaasupäästöt 1990 - 2017 2018, 49).

Uusiutuviin energialähteisiin luetaan kuuluvaksi ei-fossiilista alkuperää olevat energiamuodot esimerkiksi tuulivoima, aurinkoenergia, geoterminen energia, vesivoima, biomassa sekä jätteiden muodostamaa kaasua, kuten metaani. Vuonna 2015 RES-direktiiviä (Direktiivi (EU) 2015/1513) tarkistettiin bensiini ja dieselpolttoaineen laadun osalta ja siihen tuli tavoitteita perinteisten (ns. ensimmäisen sukupolven) biopolttoaineiden korvaamisesta kehittyneillä (ns. toisen sukupolven) biopolttoaineilla, jotta kasvihuonekaasupäästöt pienenisivät. Perinteisille biopolttoaineille asetettiin seitsemän prosentin enimmäisosuus. Perinteiset biopolttoaineet ovat valmistettu ravinto- tai rehukasveista, kuten sokerista, tärkkelyksestä tai kasviöljyistä. Kehittyneillä biopolttoaineilla tarkoitetaan biopolttoaineita, jotka ovat suoraan ravinnoksi tai rehuksi kelpaamattomia. Kehittyneitä biopolttoaineita voidaan valmistaa biojätteistä. (Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistäminen, direktiivi 2009/28/EC muutoksineen)

Tuorein ns. Puhtaan energian pakettiin kuuluva on uusiutuvan energian direktiivi REDII (Renewable Energy Directive II (EU) 2018/2001), jota koskevan kansallisen lainsäädännön on oltava voimassa kussakin jäsenmaassa kesäkuun 2021 loppuun mennessä. Direktiivi on päivitetty ja täydennetty versio RES-direktiivistä. Direktiivin tarkoituksena on ohjata tehostetummin uusiutuvien energialähteiden käyttöön energiantuotannossa ja liikenteessä. REDII-direktiivissä sitovaksi koko EU:n alueen kattavaksi uusiutuvan energian osuuden tavoitteeksi asetetaan 32 % energian kokonaismäärästä vuoteen 2030 mennessä. Jäsenmaita velvoittavia tavoitteita ei määritellä, mutta kunkin jäsenmaan tulee säilyttää ainakin nykyinen vuoden 2020 taso. Kansallisena tavoitteenaan Suomi pitää, että loppukulutuksen energiasta vähintään 50 % olisi alkuperältään uusiutuvaa sekä uusituvan energian omavaraisuus olisi yli 55 %. Jokaisen jäsenmaan on pitänyt esittää EU-komissiolle omat kansalliset suunnitelmansa energia- ja ilmastostrategioidensa tavoitteista ja toteutuksesta. (Suomen kasvihuone-kaasupäästöt 1990–2017 2018, 50; Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistäminen, direktiivi 2009/28/EC muutoksineen).

Kuvion 12 perusteella voidaan todeta, että uusiutuvien energialähteiden käyttö on kasvanut 1990-luvun loppupuolelta lähtien ja fossiilisten energiamuotojen käyttö on käännytynyt laskuun vuoden 2003 huippukulutuksen jälkeen.



Tilastokeskus / Ympäristötilinpidon avainluvut

Kuvio 12. Uusiutuvien ja fossiilista alkuperää olevien energialähteiden käyttö vuosina 1975 - 2016 (Tilastokeskuksen www-sivut 2018).

REDII-direktiiviin sisältyvät määräykset kiinteän biomassan ja biokaasulla tuotetun energian (sähkö-, lämpö ja jäähdytysenergia) tuotannon eli ns. biomassapolttoaineilla tuotetun energian sekä liikenteen biopolttoaineiden kestävyyskriteerit. Kestävyyskriteerit ovat laadullisia ja määrällisiä sekä niiden piirissä on koko bioperäisen energian tuotanto- ja käyttöketju. Suomessa uusiutuvan energiandirektiivien määräysten toteutumista valvoo Energiavirasto. (Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut 2019)

### 3.2.3 Energiatehokkuus

EU:n jäsenvaltioita koskeva energiatehokkuusdirektiivi EED (2012/27/EU) astui voimaan joulukuussa 2012. Energiatehokkuusdirektiivillä tähdätään energiansäästämiseen, jolloin samalla kasvuhuonekaasupäästöt ja kustannukset pienenevät. (Energiaviraston www-sivut 2019) Vahvistaessaan energiatehokkuusdirektiiviä Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto mainitsee ilmastonmuutoksen yhdeksi tulevaisuuden merkittävimmistä haasteista. Direktiivin 2012/27/EU mukaan jokaisen jäsenmaan tulee määritellä energiatehokkuustavoitteensa vuodelle 2020, joka perustuu joko primäärienergian määrään tai energian loppukulutukseen. Suomessa päätettiin tavoitteeksi vähentää energian loppukulutusta siten, että kulutus on alle 310 TWh vuonna 2020, mikä primäärienergiaksi muutettuna on 417 TWh. (Motivan www-sivut 2016)

Direktiivi velvoittaa jäsenmaat toimenpiteisiin, joiden avulla vuoteen 2020 mennessä olisi mahdollista toteuttaa 20 prosentin energiatehokkuustavoite. Energiaa säästävä näkökulma tulee ottaa pyrkimään huomioon kaikessa toiminnassa sekä yksityisessä että julkisessa. Kansalliset energiatehokkuuden toimintasuunnitelmat (NEEAP), joissa esitetään kunkin jäsenmaan arvioita energiankulutuksesta, energiatehokkuustoimenpiteitä ja mahdollisia energiaa säästäviä parannuksia, laaditaan kolmen vuoden välein. Raportointivelvollisuus on vuosittainen. (Euroopan komission www-sivut 2019; Motivan www-sivut 2016)

Suomessa EED-direktiivin velvoitteisiin on vastattu säätämällä Energiatehokkuuslaki (1429/2014). Käytännössä energiatehokkuutta Suomessa pyritään lisäämään laatimalla vapaaehtoisia energiatehokkuussopimuksia (nykyinen sopimuskausi 2017 - 2025), suorittamalla energiakatselmuksia ja tarjoamalla alueellista energianeuvontapalvelua. Näitä toimenpiteitä hallinnoi ja ohjaa Energiavirasto. (Energiaviraston www-sivut 2019)

Energiakatselmuksia on vapaaehtoisia ja tuettuja pk-sektorin yrityksille sekä kunnille ja lakisääteisiä neljän vuoden välein suurissa yrityksissä, jotka kuuluvat energiatehokkuuslain piiriin. Suureksi yritys katsotaan, kun työntekijöitä on yli 250, liikevaihto ylittää 50 M€ ja tase on yli 43 M€.

Energiavirasto myös vastaa asioiden valmistelusta energiaan liittyvien tuotteiden ekologisen suunnittelun ja tuoteryhmittäisten energiamerkintöjen osalta, mitkä energiatehokkuusdirektiiviin ovat asettamia vaatimuksia. Ekosuunnittelun vaatimuksia täyttämätön tuote ei saa myyntilupaa EU:n alueella. Energiamerkinnän tarkoituksena on informoida kuluttajaa energiamerkkiasetuksen alaisen laitteen tai tuotteen energiankulutuksesta ja muista ilmoitettavaksi vaadituista ominaisuuksista. Energiaviraston alaisuuteen ei kuulu rakennustuotteiden valvonta. Ympäristöministeriön vastuulla on rakennustuotteisiin liittyvät asetukset ja niiden valvonta kuuluu Turvallisuus- ja kemikaalivirastolle (Tukes). (Energiaviraston www-sivut 2019)

Puolueettoman tiedon lisääminen ja jakaminen energiatehokkuuteen ja uusiutuvan energian käyttöönnottoon liittyvistä seikoista on alueellisen energianeuvonnan tehtävä. Kustannus-hyötyanalyysi vaaditaan energiantehokkuuslain mukaisesti, kun suunnitellaan tai tehdään huomattavia muutoksia sähkön lauhdetuotantolaitoksessa, suunnitellaan uutta teollisuuslaitosta tai sitä huomattavasti muutetaan sekä suunniteltaessa uutta kaukolämmitys- tai kaukojäähdytysverkkoa tai verkkoon suunnitellaan uutta energiantuotantoyksikköä. Lakivelvoitteen taustalla on pyrkimys sähkön ja lämmön yhteistuotannon tehostaminen ja teollisuudessa syntyvän käyttökelpoisen ylijäävän lämmön hyötykäyttö. Motiva Oy toteuttaa energiatehokkuuteen ja uusiutuvan energian käyttöön liittyviä Energiaviraston toimeksiantoja. (Energiaviraston www-sivut 2019)

Vuoden 2018 lopulla astui voimaan tarkistettu Energiatehokkuusdirektiivi ((EU) 2018/2002 30.5.2018), jossa määrillään uudet energiatehokkuustavoitteet vuodelle 2030 ja energiatehokkuuden tehostamiseksi uusia vaatimuksia. Direktiivi sisältää velvoitteita energiatehokkuuden ja vähähiilisyyden lisäämiseksi peruskorjauksessa vuoteen 2050 mennessä. On luotava pitkän aikavälin peruskorjausstrategia. Edelleen direktiivissä on vaatimuksia energiatehokkuuden arvioinnin, dokumentoinnin ja tietokannan osalta. Sähköautojen käyttöönoton huomioiminen rakentamisessa, älykkäiden innovaatioiden käyttöönotto, energiatodistuksiin yhdistettävä taloudellinen näkökulma sekä talotekniikan tehostaminen ovat uuden energiatehokkuusdirektiivin teemoja. (Rakli ry:n www-sivut 2018; Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

### 3.3 Ilmasto- ja energiapaketin direktiiveistä ja niiden vaikutuksista Suomessa

Energiatuotannon ja kasvihuonekaasupäästöjen valvonnan toteuttamisesta säädetään hallintomallia koskevassa asetuksessa. Hallintomallia toteutettaessa edellä mainitut kunkin jäsenmaan EU-komissiolle toimittamat suunnitelmat ilmasto- ja energiastратe-gioistaan ovat keskeisesti mukana. Kansallinen ilmasto- ja energiastратe-gia tehdään kymmeneksi vuodeksi kerrallaan ja sen toteutumisen etenemisestä raportoidaan EU-komissiolle kahden vuoden välein. Hallintomalliasetuksessa jäsenmaat velvoitetaan luomaan myös pitkän aikavälin vähähiilinen suunnitelma tai tiekartta, joka ulottuu ainakin vuoteen 2050. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

#### 3.3.1 Päästökauppa

Päästökappadirektiivin (ETS) (uusin 2018/410/EU) tavoitteena on, että kasvihuonekaasupäästöjen määrä jää alle päästökauppakaton niillä toimialoilla, joilla on päästökauppavelvoite. Euroopan komissio päättää päästökauppakausittaisen päästöjen enimmäismäärän ja sitä vastaavan päästöoikeuksien kokonaismäärän. EU:n päästökauppa käsittää yli 40 % EU-alueella tuotetuista kasvihuonepäästöistä. Suomessa päästökauppasäädösten piirissä on vähän alle 50 % kasvihuonepäästöistä. Laitoksilla, jotka ovat päästökauppajärjestelmässä mukana, on oltava kasvihuonekaasujen päästöön lupa/oikeus. Päästöoikeuksien jaossa yhtä hiilidioksiditonnia kohden tarvitaan yksi päästöoikeus. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut 2019). Suuret energiatoimijat, joiden yhteenlaskettu nimellisteho on yli 20 MW, ja raskas teollisuus, kuten raudan jalostus ja betoninvalmistus, sekä lentoliikenne vuodesta 2012 EU-alueella ovat päästökauppavelvollisia. Suomessa mukana on myös kaukolämpölaitoksia, joiden nimellisteho on 20 MW tai sitä vähemmän. Muut Suomen päästökauppavelvolliset toimialat on listattuna päästökauppalaissa (Päästökauppalaki muutoksineen 8.4.2011/311, 2§).

Päästöoikeuksia päästökauppasektorin laitokset saavat ilmaiseksi tai ostamalla huutokaupalla. Uusin ilmaisjakoa koskeva asetus (FAR-asetus eli komission delegoitu asetus (EU) 2019/331) astui voimaan alkuvuodesta 2019. Ilmaiset päästöoikeudet ovat voimassa viisi vuotta eli yhden päästökauppakauden. Maksutta päästöoikeuksia saaneita laitoksia oli Suomessa yhteensä 305 vuonna 2017, kun tulevalla vuonna 2021

alkavalla kaudella EU-komission alustavan hiilivuotolistan mukaan tämä määrä on vähentymässä 236 laitokseen. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut 2019). Saksalainen European Energy Exchange (EXX) on valittu EU:n yhteiseksi huutokaupan pitäjäksi. Huutokaupassa päästöoikeuden hinta muodostuu markkinatilanteen mukaan. (Energiaviraston www-sivut 2019)

Päästökaupassa hiilidioksidipäästöjä tuottavan laitoksen tulee pysyä saatujen päästöoikeuskiintiöiden mukaisina. Mikäli päästöt ylittävät lupaehtojen päästömäärät, ylijäännät päästöoikeudet voidaan Energiaviraston toimesta myydä huutokaupassa. (Energiaviraston www-sivut 2019) Kun päästöt ylittävät lupaehdot, päästöoikeuksia on ostettava. Jos päästöoikeuksien markkinahinta kohoaa korkeaksi, sen toivotaan ohjaavan laitosta panostamaan päästöjä vähentävään teknologiaan. (Maailmantalous.net-sivuston www-sivut 2013). Suomen päästökauppaviranomainen on Energiavirasto, poikkeuksena on lentoliikenne, joka on Liikenne- ja viestintäviraston vastuulla (Traficom). Energiavirasto huolehtii lupa-, rekisteri- ja valvonta-asioista sekä päästöoikeuksien huutokaupasta EU:n yhteisessä huutokaupassa. (Energiaviraston www-sivut 2019) Tärkeä osa päästökauppajärjestelmässä on mukana olevien laitosten tietojen ja päästöjen oikeellisuus ja todentaminen (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut 2019).

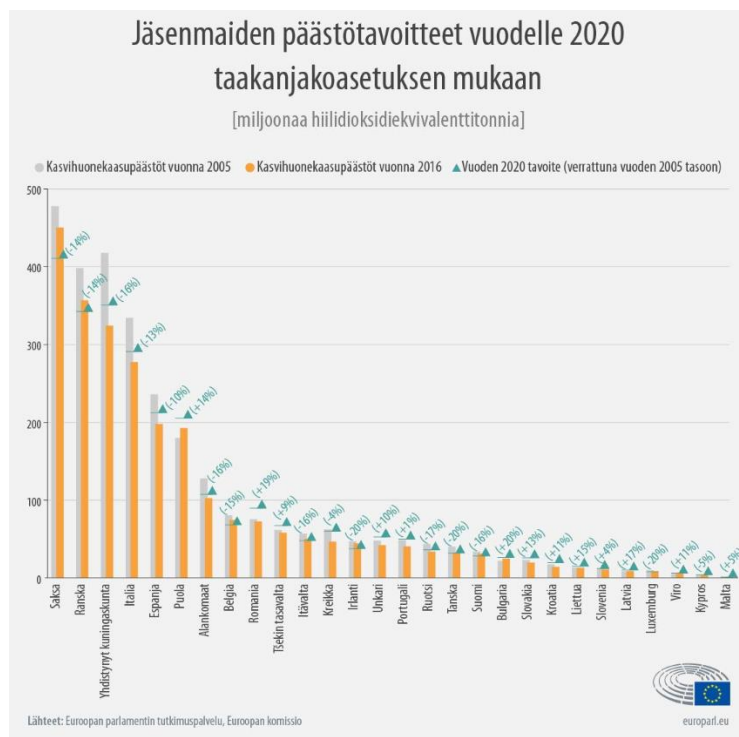
Neljännellä EU:n päästökauppakaudella (vuodet 2021-2030) lainsäädäntö kiristyy edelleen. Päästöoikeuksien kokonaismäärää vähennetään 2,2 % /vuosi, kun nykyinen vuosittainen kokonaismäärän vähennys on 1,74 %. Osa päästökauppajärjestelmän kuluista hyvitetään Suomessa tietyille toimialoille ns. kompensaatiotukijärjestelmällä. (Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut 2019; Ympäristöministeriön www-sivut 2017)

### 3.3.2 Taakanjako-asiakirja

Päästökauppadirektiivin piiriin kuulumattomiin toimialoihin, joita ovat rakentaminen, rakennusten lämmitys ja asuminen, maanviljely, jätehuolto ja liikennesektori ilman lentoliikennettä, sovelletaan taakanjakopäätös-asiakirjaa (ESD) (Ympäristöministeriön www-sivut 2018). Taakanjakosektorin toimialat tuottivat vuonna 2014 noin 60 %

kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä EU-alueella (Euroopan parlamentin www-sivut 2018).

EU:n jäsenmaiden kasvihuonekaasujen vähennystavoitteet taakanjakotoimialojen suhteen maittain on esitetty kuviossa 13. Kuten kuvioista 13 voidaan todeta, Suomen kasvihuonepäästöjen tulisi vähentyä 16 % taakanjakotoimialoilla, joihin rakentaminenkin kuuluu, vuoteen 2020 mennessä. EU-maiden yhteinen taakanjakoasetuksen tavoite on 10 %:n päästövähennys verrattuna vuoteen 2005 vuoteen 2020 mennessä. Taakanjakotoimialojen päästöt saavuttivat tavoitteen jo vuonna 2016, jolloin päästövähennys oli 11 %. (Euroopan parlamentin www-sivut 2018)



Kuvio 13. EU:n jäsenmaiden kasvihuonepäästötavoitteet taakanjakoasetuksen toimialoilla (Euroopan parlamentin www-sivut 2018).

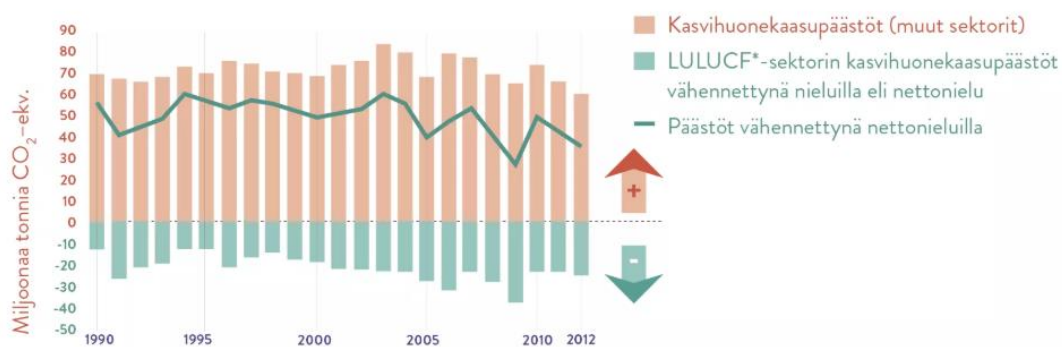
Neljännellä kaudella EU:n asettama Suomen päästövähennystavoite nousee 39 prosenttiin vuoden 2005 tasoon verrattuna. EU:n päästövähennystavoitteet vaihtelevat maittain ollen välillä 0 - 40 %. Suurimmat vähennystavoitteet, 40 %, ovat Ruotsilla ja Luxemburgilla. Tavoitteet on laadittu pohjautuen kunkin maan asukkaiden bruttokansantuotteen suuruuteen. Heikossa taloudellisessa tilanteessa olevia EU:n jäsenmaita

varten ollaan toteuttamassa turvavarantoa, jonka suuruus olisi 105 milj.t. CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä varanto on käytettävissä vuonna 2032. (Euroopan parlamentin www-sivut 2018)

Päästökaupparektorilta ja LULUCF-asetuksen piiristä on lupa siirtää pieniä määriä päästövähennyksiä taakanjakosektorille, mikäli vähennystavoitteiden saavuttaminen sitä vaatii. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

### 3.3.3 Maankäyttöä, maankäytön muutoksia ja metsätaloutta koskeva LULUCF (Land Use and Land Use Change and Forestry) -asetus

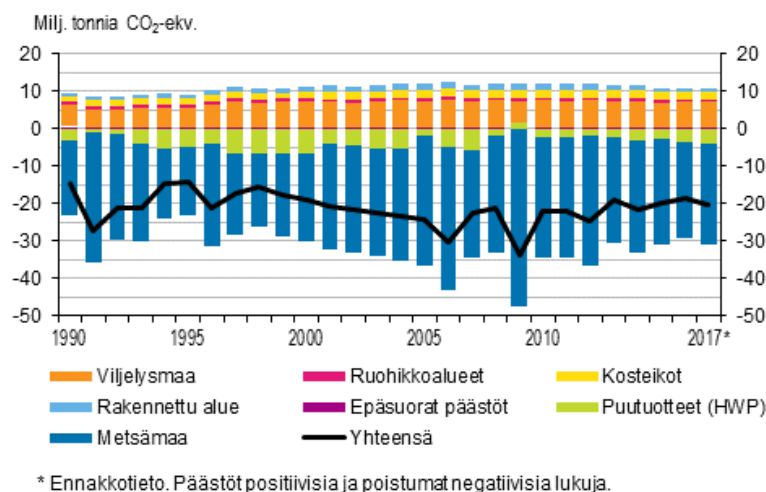
LULUCF-asetuksen piirissä olevien maankäytön, maankäytön muutoksen ja metsätalouden laskennalliset kokonaispäästöt eivät saa ylittää laskennallisia hiilinieluja (Maa- ja metsätalousministeriö 2018). Kuviossa 14 on esitetty graafisesti kasvihuonepäästöt ja LULUCF-sektorin nettohiilinielu. Kuvion 14 perusteella voidaan päätellä, miten paljon LULUCF-sektori kykenee kompensoimaan muiden toimialojen kasvihuonepäästövaikutusta. Varsinkin metsämaa on huomattava hiilinielu. Havaitaan, että kompensoinnin suuruus vaihtelee melkoisesti vuosittain ja sillä on merkittävä vaikutus kasvihuonekaasujen määrään ilmakehässä. Kuvioon 14 piirretty yhtenäinen murtoviiva kuvaa kasvihuonekaasujen päästöjen nettomäärää, kun LULUCF-sektorin hiilinielu on huomioitu.



Kuvio 14. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen määrä kompensoituna LULUCF-sektorin hiilinielulla vuosittain vuosina 1990 - 2012 (Lamminmäki & Kaipainen 2017).



Kuviossa 15 on esitetty LULUCF-asetuksen kaikki kuusi maankäyttöluokkaa: metsämaa, viljelysmaa, ruohikkoalueet, kosteikot, rakennettu alue ja muu maa sekä niiden kunkin aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen nettovaikutus, kun on laskettu sekä kasvihuonekaasujen päästöjen että poistumien summa (milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv) vuodesta 1990 alkaen.



Kuvio 15. Pelkästään LULUCF-sektorin kasvihuonekaasupäästöt ja -poistumat sekä niiden yhteisvaikutus (milj.t CO<sub>2</sub>-ekv)(Tilastokeskuksen www-sivut 2019).

Negatiiviset lukuarvot kuvaavat hiilinielua eli hiilen sitoutumista pois ilmakehästä ja positiiviset lukuarvot kasvihuonekaasupäästöä ilmakehään. Kuten kuvioista 15 voidaan todeta, vuonna 2017 kasvihuonekaasupäästöjen nettohiilinielun suuruus oli 20,4 milj.t CO<sub>2</sub>-ekv. Tämä määrä on 38 % suurempi kuin vuonna 1990. Vuoden 1990 hiilinieluksi on määritetty 5,6 milj.t CO<sub>2</sub>-ekv. Nettonielun suuruuteen vaikuttavat puuston kasvu sekä erityisesti puuston hakkuumäärät. (Tilastokeskuksen www-sivut 2019) Vuosittain metsät kykenevät sitomaan 30 - 60 % Suomen kasvihuonekaasupäästöistä, mikä on määrällisesti 22 - 50 milj.t CO<sub>2</sub>-ekv. Koko LULUCF-sektori sitoo keskimäärin 30 % Suomen päästöistä. (Lamminmäki & Kaipainen 2017). Euroopan kasvihuonepäästöistä metsät sitovat noin kymmenen prosenttia (Maa- ja metsätalousministeriö 2018).

Vuoteen 2020 asti Suomen Kioton pöytäkirjan mukainen velvoite LULUCF-sektorilla on vuosittain 19 milj.t CO<sub>2</sub>-ekv. Vuoden 2018 lopussa julkistetun raporttiluonnoksen mukaan Suomen metsien hiilinielun vertailutasoksi ehdotetaan puutuotteet mukaan

laskettuna -34,77 milj.t CO<sub>2</sub>ekv, ja -27.88 milj.t CO<sub>2</sub>ekv, kun puutuotteita ei oteta mukaan laskelmiin. Laskelmat perustuvat vuosien 2000 - 2009 tilastotietoihin metsien käytöstä ja oletukseen, että metsien hoidon taso jatkuu samanlaisena. Hankaluutena on, että tarkasteltavana ajanjaksona, varsinkin taantuman aikana, metsiä hakattiin vähän. Maakohtaisena joustovarana Suomelle myönnettäisiin vuosille 2021 - 2030 44 milj.t CO<sub>2</sub>ekv. eli vuotta kohden 4.4 milj. t CO<sub>2</sub>ekv. Lisäksi, koska Suomi on Euroopan metsäisin maa (¾ pinta-alasta), Suomi saisi erillisjoustona enintään 10 milj.t CO<sub>2</sub>ekv esimerkiksi maankäytön muutosten aiheuttamien päästöjen kattamiseen. EU-komissio päättää vertailutason suuruudesta vuonna 2020. (Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut 2018; Lamminmäki & Kaipainen 2017)

### 3.4 Kestävän rakentamisen standardit

Kansainväliset ja eurooppalaiset kestävän kehityksen standardit vaikuttavat yhä enemmän rakentamisen toimialalla. Eurooppalaisen standardisointijärjestön CEN tekninen komitea CEN/TC 350 on luonut laajan standardikokoelman koskien kestävästä rakentamisesta (Sustainable of construction works). Standardisarjaan ISO 14 000 kuuluvissa standardeissa on esitetty ohjeita ja toimintamalleja ympäristönäkökohdat ja resurssitehokkuudet huomioivaan suunnitteluun ja toimintaan. Standardien kautta organisaatioiden on mahdollisuus ohjautua tehostamaan ympäristöasioidensa hoidon tasoa sekä kehittämään toimintaansa ja havaitsemaan riskinsä. ( RIL 216 - 2013 2013, 12 & 16; Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut 2019) Yhteisten eurooppalaisten standardien käytöllä varmistetaan arviointien vertailukelpoisuus (CEN AFNOR Normalisation www-sivut 2017).

#### 3.4.1 CEN-standardipaketti

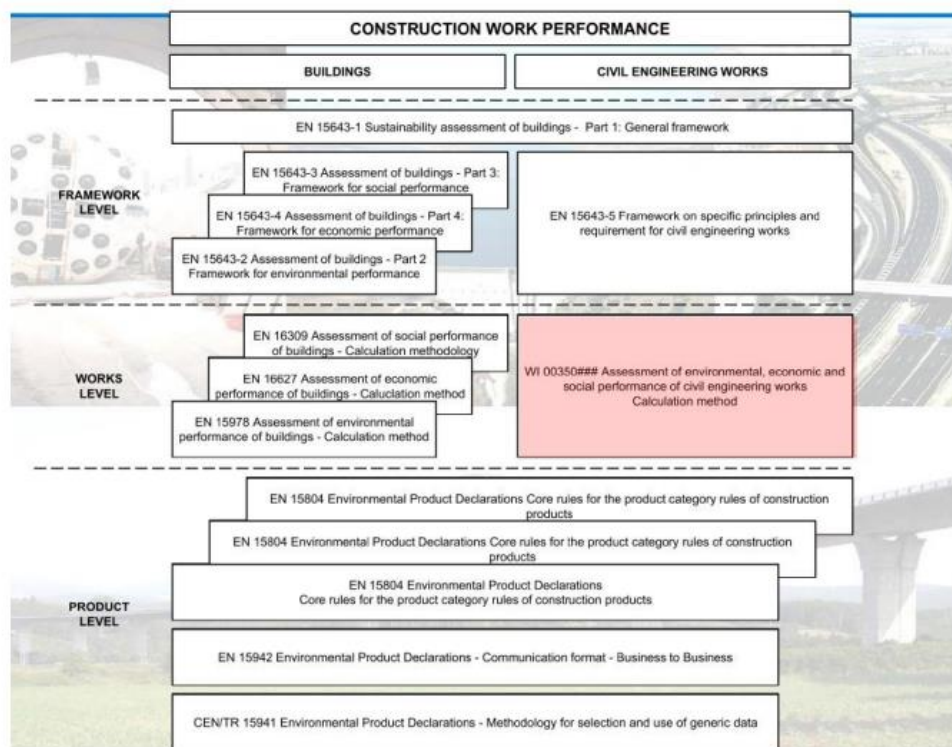
Yhtenäistä rakentamisen vaikutusten arviointia koskevien säännösten luomiseksi EU:n alueella eurooppalaisen standardisointijärjestö CEN (Comité Européen de Normalisation tai European Committee for 11 Standardization) on teknisessä komiteassaan TC350 Sustainability of Construction Works luonut standardikokoelman. Pyrkimyksenä on ollut luoda harmonisoitu eli yhdenmukainen standardikokoelma. Harmonisoi-

dulla standardilla tarkoitetaan EU:n virallisessa lehdessä julkaistuihin säännöksiin liittyviä eurooppalaisia standardeja, jolloin standardeille tulee virallinen asema liittyen direktiiveihin (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut 2016). Standardikokoelmaan kuuluu rakentamisen ympäristövaikutuksiin, taloudellisiin ja sosiaalisiin vaikutuksiin liittyviä standardeja. Standardointi alkoi rakennustuotteiden ympäristöselosteiden laadinnan ja selosteita lähtötietoinaan käytävien rakennusten ympäristövaikutusten arviointityön tarpeista. Myöhemmin standardikokoelma on laajentunut ja sisältää muitakin kestävästä rakentamisesta koskevia arviointistandardeja sekä vaikutusarvioinnin infrarakentamisen osalta. Standardien laadinnassa on ollut perusajatuksena huomioida koko rakennuksen elinkaari, joka arvioidaan määrällisillä mittareilla. Rakennusteollisuus RT ry on Suomessa teknisen komitean CEN/TC 350 yhteistyöelin. (Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut 2019)

Rakentamista voidaan tarkastella ympäristövaikutusten, sosiaalisten vaikutusten, taloudellisten vaikutusten sekä teknisten ja toiminnallisten ominaisuuksien näkökulmasta. Rakentamisen eri näkökulmiin liittyvät standardit voidaan jakaa kolmeen tasoon: puitetason, rakentamisen tason ja rakennustuotetason standardit (kuvio 16). Puitetason standardit, EN 15643-sarja, sisältävät kestävästä rakentamisesta ja rakennusten kestävyden arvioinnin osan 1: Yleiskehys (EN 15643-1), osan 2: Ympäristösuoritus-tason arvioinnin kehys (EN 15643-2), osan 3: Sosiaalisen suoritus-tason arvioinnin kehys (EN 15643-3), osan 4: Taloudellisen suoritus-tason arvioinnin kehys (EN 15643-4) (RIL 216 - 2013 2013, 14) sekä osan 5 (EN 15643-5): Rakennusten ja infrarakentamisen kestävyden arviointi (CEN AFNOR Normalisation www-sivut 2017).

Rakennusten ympäristövaikutuksia koskevia standardeja ovat EN 15978 Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method, joka on rakennushankkeiden elinkaaren arviointiin liittyvä standardi sekä EN 15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products, joka sisältää tuoteryhmittäiset ohjeet rakennustuotteiden ympäristöselosteiden osalta ja standardin. (Ympäristöministeriön www-sivut 2019; Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut 2019) Kestävästä rakentamisesta rakennustuotteiden ympäristöselosteiden B2B-käytön selostemalli on esitetty standardissa EN 159442 ja standardissa CEN/TR 15941 keskiarvotiedon valintaan ja käyttöön tarkoitettu menetelmä (RIL 216 - 2013 2013, 14).

Kestävää rakentamista koskeva standardipaketti on esitetty kuviossa 16.



Pekka Vuorinen 20.3.2019

Kuvio 16. Kestävän rakentamisen CEN/TC 350 -standardikokoelma (Vuorinen 2019).

Standardeissa on useita ympäristövaikutuksia kuvaavia indikaattoreita (yhteensä 7 kpl), kuten hiilijalanjälki, ja resurssitehokkuutta kuvaavia indikaattoreita (yhteensä 10 kpl) (Pasanen & Miilumäki 2017, liite 1). Kuviossa 17 on esitetty kaikki CEN/TC 350 mukaiset ympäristöindikaattorit.

<p>Standardien mukaiset ympäristöindikaattorit ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Global warming potential (GWP)</li> <li>- Destruction of the stratospheric ozone layer</li> <li>- Acidification of land and water resources</li> <li>- Eutrophication</li> <li>- Formation of ground level ozone</li> <li>- Abiotic depletion potential (fossil fuels)</li> <li>- Abiotic depletion potential (ADP-elements)</li> </ul> <p>Standardien mukaiset resurssitehokkuuden indikaattorit ovat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Use of non-renewable primary energy</li> <li>- Use of renewable primary energy</li> <li>- Use of non-renewable primary energy resources used as raw materials</li> <li>- Use of renewable primary energy resources used as raw materials</li> <li>- Total use of non-renewable primary energy resources</li> <li>- Total use of renewable primary energy resources</li> <li>- Use of secondary materials (USM)</li> <li>- Use of non-renewable secondary fuels</li> <li>- Use of renewable secondary fuels</li> <li>- Net use of freshwater resources</li> </ul> <p>Muu standardien tuottama ympäristötieto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Components for re-use (CRU)</li> <li>- Materials for recycling (MFR)</li> <li>- Materials for energy recovery</li> <li>- Non-hazardous waste to disposal</li> <li>- Hazardous waste to disposal</li> <li>- Radioactive waste to disposal</li> <li>- Exported energy</li> </ul>
---

Kuvio 17. Ympäristöindikaattorit CEN/TR 350 -standardeissa (Pasanen & Miilumäki 2017, liite 1).

Elinkaaren käsite on kaikissa julkaistuissa CEN/TR 350 -standardeissa yhtenevä sisältäen hankkeen kaikki vaiheet tuotteiden valmistuksesta A purkuvaiheeseen C ja ulkopuolisiin elinkaaren vaikutuksiin D asti. Standardissa EN 15804 on esitetty tarkka määritelmä jokaiselle rakennushankkeen vaiheelle. (Pasanen & Miilumäki 2017, 10 - 11 & 13 - 14) Standardien laatimisen elinkaariajatteluun perustuva ympäristövaikutusarviointi on ISO 14040 -standardien elinkaariarviointiin (LCA) pohjautuva (RIL 216 - 2013 2013, 16).

### 3.4.2 Ympäristöjohtamisen ISO 14000 -standardit

Teknisen komitean ISO /TC 207 Environmental management toteuttama ISO 14000 -sarja tarjoaa laajan valikoiman ympäristöalan standardeja. Standardit pohjautuvat kansainvälisesti hyväksi todettuihin toimintatapoihin ja ovat linjassa kestävän kehityksen tavoitteiden kanssa. Standardit ohjaavat resurssitehokkuuden parantamiseen, prosessien optimoimiseen ja materiaalien kierrättämiseen. Samalla saavutetaan kustannussäästöjä ja syntyvät jätemäärät vähenevät. Standardit ohjaavat organisaatioita aktiiviseen toimintaan ympäristöasioiden huomioimisessa. Kuviossa 18 on esitetty ISO 14000 -sarjan standardeja, joiden avulla organisaatio voi hoitaa ympäristöasioitaan

kestäviksi todetulla tavalla ja sisällyttää ne kiinteästi strategioihinsa. Kuten kuviosta 18 havaitaan standardisarja sisältää ympäristöjärjestelmiin ja niiden arviointiin, kasvihuonekaasupäästöjen laskentaan, hiilijalan- ja vesijalanjälkeen, tuotteiden ja palveluiden elinkaariarviointiin, ympäristömerkkeihin ja -selosteisiin, viestintään ja kustannusten arviointiin liittyviä standardeja. Lähtökohtana on riskien ja mahdollisuuksien tunnistaminen. Ympäristöjärjestelmämalleista ISO 14001 on maailman tunnetuimpia ja käytetyimpiä. Myös tuotteen tai palvelun elinkaariarviointiin (LCA) määrittelyyn liittyvät ISO 14040 -sarjan standardit, ovat tunnettuja. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut 2019; Ympäristöjohtamisen standardisarja ISO 14000 2019)



Kuvio 18. ISO 14000 -sarjan standardit (Ympäristöjohtamisen standardisarja ISO 14000 2019, 3).

Hiilijalanjäljen laskemiseen ja siitä viestimistä varten on laadittu oma standardinsa ISO/TS 14067. Standardisoitu on myös kasvihuonepäästöjen määrittäminen sekä niistä raportointi organisaatiotasolla (ISO/TS 14069). (Pajula 2014)

### 3.4.3 Rakennustuotteiden CE-merkintä

Kun rakennustuotteiden ympäristöselosteet on yhteisesti sovittujen sääntöjen pohjalta laadittu ja läpinäkyviä, voidaan rakennustuotteita vapaasti ilman lisäselvityksiä myydä maasta toiseen, mikä on merkittävä asia suomalaiselle rakennustuoteteollisuudelle. Suomi on asukasta kohden Euroopan suurin rakennustuotteiden viejä. (Bionova 2015)

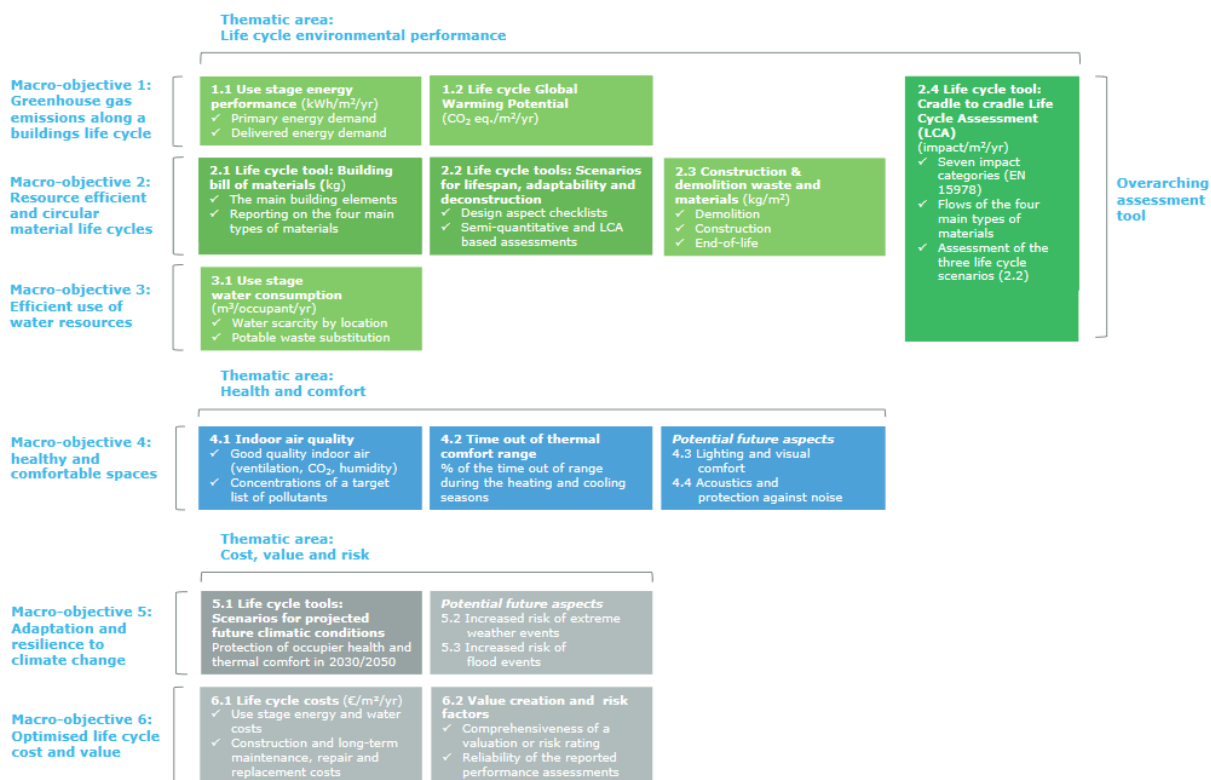
Kaikissa niissä rakennustuotteissa, jotka tuodaan myyntiin ja joiden velvoitetaan olevan eurooppalaisten harmonisoitujen standardien mukaisia, on oltava CE-merkintä. Rakennusasetuksen CE-merkintä ja sitä koskeva standardi tuli pakolliseksi vuodesta 2013 alkaen korvaten rakennustuotedirektiivin. CE-merkintä siis rakennustuotteessa kertoo, että tuote on tuotteeseen kohdistuvan harmonisoidun standardin mukainen keskeisiltä ominaisuuksiltaan. CE-merkintä on valmistajan vakuutus. Rakennustuotteiden CE-merkinnän osalta on huomattava, että vaikka tuote olisikin CE-merkitty, se ei välttämättä ole kansallisesti määräysten mukainen. Tuotteen luvataan täyttävän määräyksien mukaisen vähimmäisvaatimustason. Esim. rakennustuotteen pakkasenkestävyys ei ehkä täytä suomalaisia viranomaismääräyksiä, vaikka tuote olisikin CE-merkitty. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES) on CE-merkinnän käyttöä valvova elin Suomessa. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut 2019; Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut 2019)

### 3.5 Level(s)

Erilaisten mittareiden vertailu on haastavaa ja aiheuttaa epäselvyyttä. EU:n komissio onkin luomassa yhteistä mittaristoa kestävän rakentamisen arviointiin. Työkalu hallita kestävän kehityksen tavoitteita on EU-komission yhdessä alan toimijoiden kanssa kehittämä Level(s)-raportointijärjestelmä, jonka käyttökelpoisuutta testataan vuosina

2018 - 2019 EU-maissa. Level(s)-järjestelmän perimmäisenä tarkoituksena on helpottaa rakennusalaa sidosryhmineen huomioimaan ympäristöseikat ja ohjaamaan rakennusalaa kohti vähemmän ympäristöä kuormittavia ratkaisuja kaikissa rakentamisen sidosryhmissä, kuten rahoitus, suunnittelu, alan viranomaistoiminta, rakennusliikkeet, talotekniikkayritykset, rakennusmateriaalien valmistajat, energiantuotanto ja huolto kaikki rakennuksen vaiheet huomioiden aina rakennuksen purkuun asti. Tärkeä tavoite on lisätä resurssitehokkuutta rakennusalalla. Testauksen jälkeen todennäköisesti vapaaehtoiseen käyttöön otettava Level(s)-menetelmä muodostuu useista rakennuksen ympäristövaikutuksien indikaattoreista ja mittareista huomioiden rakennuksen koko elinkaari. Kuviossa 19 on esitetty Level(s)-menetelmän kuusi keskeistä osa-aluetta (macro-objektives) ja niiden alakohtia. Näistä kuudesta pääkohdasta Suomessa testaan erityisesti rakentamisen hiilijalanjälkeen ja materiaalien resurssitehokkuuteen liittyviä asioita (luokat 1 ja 2). Ympäristöministeriön kannalta kiinnostavat mittarit ovat 1.1 Use stage energy performance, 1.2 Life cycle global warming potential sekä 2.1 Bill of materials (Green Building Council Finland [www-sivut 2018](#)). Veden kulutus, tilojen terveellisyys ja viihtyisyys, ilmastomuutokseen varautuminen ja elinkaaren kustannuksiin liittyvät asiat ovat muiden indikaattoriluokkien painopisteet. Suomessa testaus on liitetty Ympäristöministeriön vähähiilisen rakentamisen tiekartan osaksi. (Euroopan komission [www-sivut 2019](#); Ympäristöministeriön [www-sivut 2017](#))





Kuvio 19. Level(s)-menetelmän tavoitteet (Euroopan komissio 2019)

On olemassa kolme arviointitasoa, jolla elinkaaritarkastelu voidaan suorittaa, kuten taulukossa 2 on esitetty. Arvioinnin ensimmäinen taso, Level 1, sisältää yleisen tason arvioinnin. Seuraavalla tasolla (Level 2) on mahdollisuus referenssimittareiden käyttöön ja kolmas taso (Level 3) on yksityiskohtaisen arvioinnin taso sisältäen esimerkiksi hiilijalanjäljen arvioinnin. (Taustamuistio rakennusten elinkaariarvioinnin menetelmäohjeeseen 2018, 14: Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

Taulukko 2. Level(s)-menetelmän elinkaariarvioinnin tarkkuustasot ja tason sisältö (Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

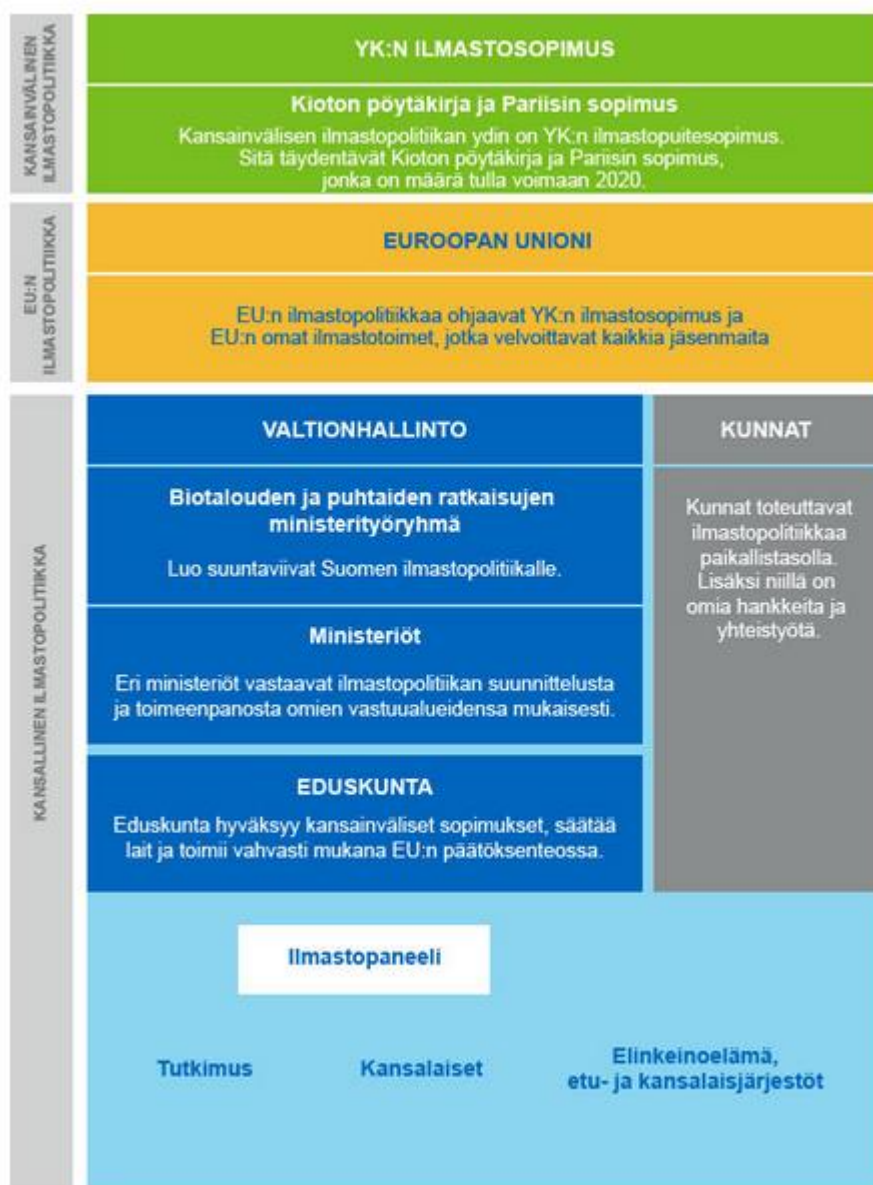
Arvioinnin tarkkuustaso	Sisältö
Level 1 Yksinkertaistettu arviointi	Yhteinen lähtötaso EU:n rakennusten arviointiin, yksinkertaistettu elinkaariarviointi
Level 2 Vertaileva arviointi	Toiminnallisesti samanlaisten rakennusten vertailu
Level 3 Yksityiskohtainen optimointi	Ympäristöindikaattorien laaja käyttö

Level(s)-menetelmän tarkoituksena on luoda koko Euroopan Unionin kattavalle alueelle yhtenäinen ja helppokäyttöinen standardien EN 15978 ja 15804 mukainen mittaristo, joka myös on sovellettavissa markkinoilla olemassa olevien ympäristösertifiikaattien yhteydessä, kuten RTS Ympäristöluokitus, LEED tai BREEAM. Level(s) pyrkii osaltaan tukemaan kestävä kehityksen päämäärien mukaista rakentamisen toteutumista, helpottamaan päätöksentekoa, tuottamaan luotettavaa tietoa ja luomaan työkalun rakennusten vertailuun (Green Building Council Finland www-sivut 2018). Samalla alan viestintään toivotaan vakiintuvan yhteinen kieli ja käsitteistö. Tarvittaessa Level(s) voi olla pohjana uusien resurssitehokkuuden arviointimenetelmien kehityksessä. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018; Euroopan Komission www-sivut 2019)

### 3.6 Kansalliset toimenpiteet

Kansainvälisten sopimusten ja EU:n asettamien velvoitteiden toteuttamiseksi Suomessa astui voimaan 2015 Ilmastolaki (609/2015). Lain keskeinen tavoite on ihmisen toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen määrän vähentäminen 80 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Ilmastolaissa esitetään tulevaisuuden suuntaviivat maamme ilmastopolitiikalle, pyrkimykset viranomaistoiminnan tehostamisesta ja yhteensovittamisesta, jotta ilmastomuutoksen hillinnässä ja sen muutoksiin varautumisessa onnistutaan ja päätetään ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmästä, jonka tehtävänä on varmistaa, että EU:n vaatimat ja muut Suomen lupaamat kansainväliset sitoumukset toteutuvat. (Ilmastolaki 609/2015 22.5.19, 1§) Suomen pyrkimys hiilineutraaliuteen on pitkän aikavälin päämäärä, mahdollisesti jo vuoteen 2045 mennessä. Tavoite on mahdollista toteuttaa vähentämällä päästöjä kaikilla yhteiskunnan alueilla kaikessa ja kaikkialla. Kun pyritään hiilineutraaliin kokonaisuuteen, kokonaisuudessa syntyy yhtä paljon kasvihuonekaasupäästöjä kuin kokonaisuus kykenee sitomaan niitä eli kokonaisuuden vaikutuksesta kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä ei muutu. Hiilineutraalius voi koskea pelkästään hiilidioksidipäästöjä tai laajemmin kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä. (Ympäristöministeriön www-sivut 2019; Berninger 2012, 17)

Ympäristöministeriö vastaa ilmastolain vaatimista keskipitkän aikavälin ilmastopoliittikkaan liittyvien tavoitteiden koordinoinnista ja valmistelee oman hallinnoimansa alan asiat. Ympäristöministeriö on mukana YK:n ilmastopöytäkirjaan sekä Euroopan Unionin ilmastoasioihin liittyvissä neuvotteluissa sekä opastaa ilmastomuutosasioissa elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksia ja Suomen ympäristökeskusta (SYKE). (Ympäristöministeriön www-sivut 2019) Kuviossa 20 on havainnollistettu Suomen ilmastopoliittikkaan vaikuttavia tahoja ja sopimuksia, jotka asettavat velvoitteita Suomen ilmastopoliittikkaan sekä näiden tahojen ja sopimusten keskinäistä suhdetta.



Kuvio 20. Suomen ilmastopoliittikan toimijat sekä niiden välinen hierarkia (Ympäristö.fi -sivuston www-sivut 2016).

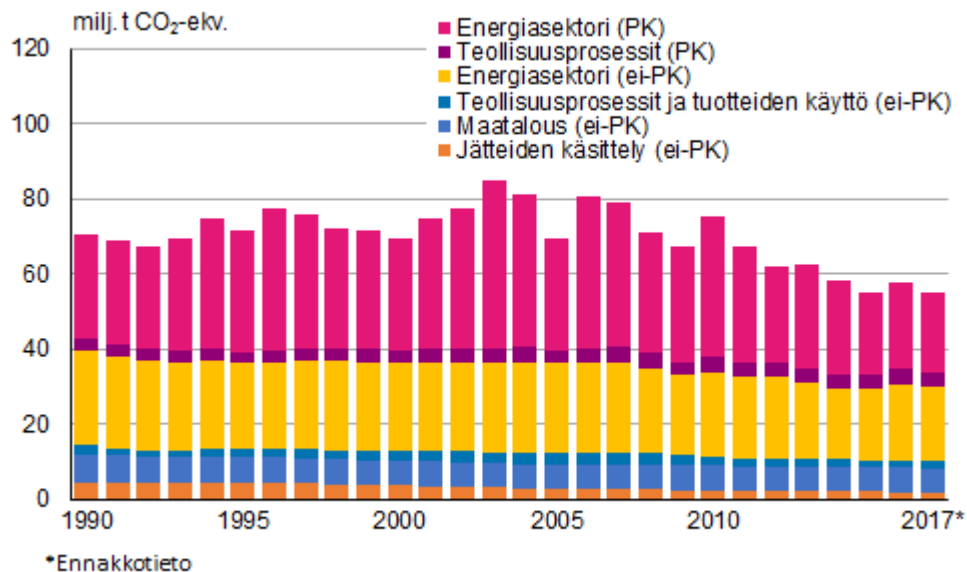
Suomen kansallisen ilmastopaneelin tehtäväksi on ilmastolaissamme määrätty kansallisen ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmän tieteellisenä asiantutijaelimenä toimiminen. Ilmastopaneelia tulee kuulla, kun maassamme luodaan ilmastopoliittisia suunnitelmia. Ilmastopaneelin valtioneuvoston asettama ensimmäinen toimikausi on käynnissä vuoteen 2019 asti. (Suomen Ilmastopaneelin www-sivut 2019)

Esimerkki kuntien omatoimisesta toiminnasta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä on Kohti hiilineutraalit kuntaa -hanke (Hinku). Hinku-hanke oli alun perin viiden kunnan ideoima kunnissa toteutettava projekti tarkoituksenaan saavuttaa 80 % päästöjen vähennys vuoden 2007 päästötasosta vuoteen 2030 mennessä. (Berninger 2012, 14 & 15) Hinku-hankkeen kunnat onnistuneet vähentämään kokonaispäästöjään on vuosien 2007 - 2016 aikana 26 % vuoden 2007 tasosta. Sitran mukaan Hinku-hankkeen tietoja ei voi suoraan verrata CO<sub>2</sub>-raportteihin, koska päästölaskentamallit ovat erilaisia. (HINKU-foorumien www-sivut 2018: Kuntien ilmastotavoitteet ja -toimenpiteet 2018)

### 3.6.1 Suomen hiilidioksidipäästöt

Suomen energian kulutuksesta ja kasvihuonepäästöistä on merkittävä osa peräisin rakennetusta ympäristöstä, joten ilmastonmuutokseen vaikuttaminen vaatii erityisesti rakennetun ympäristön energian kulutuksen ja päästöjen vähentämistä. Kiinteistöjen sekä lämmitys että kesäajan viilennys tuottavat päästöjä, joihin eniten vaikuttavat valittu polttoaine sekä rakennuksen kunto. Energiatohokkuuteen vaikuttaminen on tähän asti ollut helppo tapa vähentää tarvittavan resurssin (polttoaineen) ja kasvihuonepäästöjen määrää. (Tamminen 2018) Kuviossa 20 on esitetty kasvihuonekaasupäästöjen määrien kehitys vuosina 1990 - 2017 (vuoden 2017 tiedot ennakkotietona) toimialoitain. Kuvion 21 perusteella havaitaan, että viime vuosina kasvihuonekaasujen kokonaispäästöjen osalta on päästy pienempiin päästömääriin kuin vertailuvuonna 1990. Kokonaispäästöjen määrä on vähentynyt 21 % vuoden 1990 tasosta, kun mukaan ei lasketa LULUCF-sektorin päästöjä ja nieluja. Päästöjen väheneminen on tapahtunut lähinnä päästökaupan alaisella energiasektorilla. Myös päästökaupan ulkopuolisella

energiasektorilla ja jätteenkäsittelyn päästöt ovat alentuneet. Suomen kasvihuonekaasujen kokonaispäästöt olivat vuonna 2017 56,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalentttonnia (milj. t CO<sub>2</sub>-ekv). (Tilastokeskus 2018) Suurimmat yksittäiset hiilidioksidipäästöt Suomessa tuottavat terästeollisuus, öljynjalostamot ja voimalaitokset sekä isot teollisuuslaitokset (Laatikainen 2019).

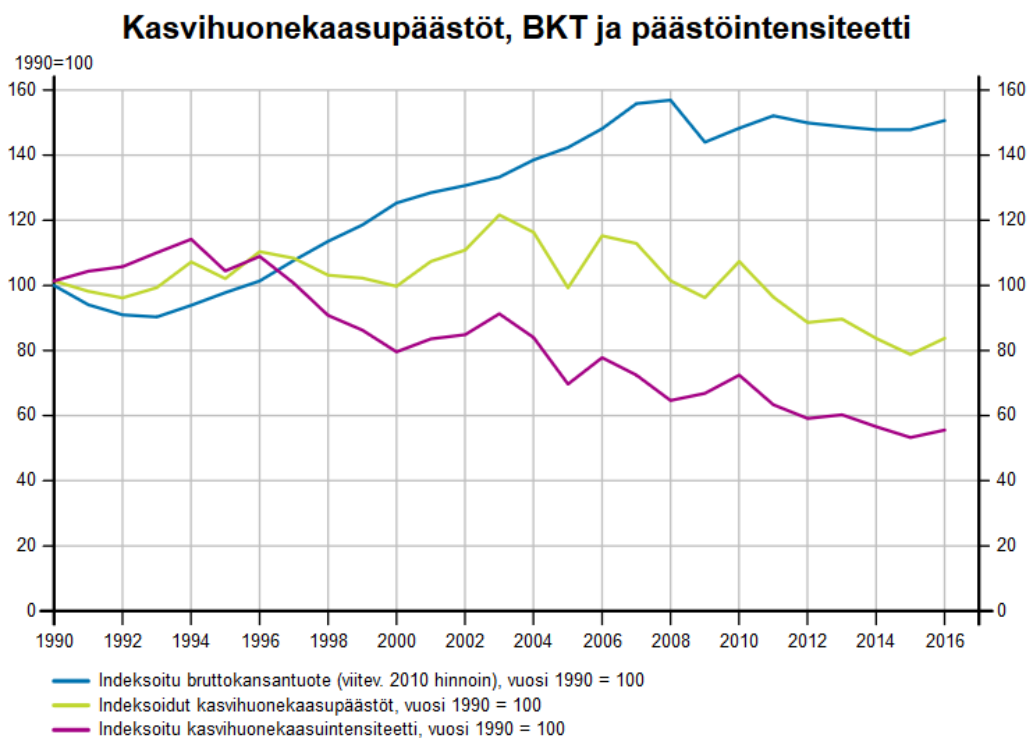


Kuvio 21. Kasvihuonekaasupäästöt Suomessa vuosina 1990 - 2017 sekä päästökaupasektorin (PK) että päästökaupan ulkopuolisten toimijoiden (ei-PK) osalta. (Tilastokeskus 2018)

Keskipitkän aikavälin ilmastopolitiikan suunnitelmassa esitetään, että kunkin suomalaisen tulisi puolittaa hiilijalanjälkensä ennen vuotta 2030. Hiilijalanjäljen vuosittainen keskiarvo kansalaista kohden nykyään on noin 10 000 kg CO<sub>2</sub>-ekv. Jotta ilmaston lämpötilan nousu rajoittuisi 1,5 asteeseen kunkin suomalaisen hiilijalanjälki tulisi olla noin 3 000 kg CO<sub>2</sub>-ekv vuoteen 2030 mennessä. (Ympäristöministeriön www-sivut 2018)

Kuviossa 22 on esitetty kasvihuonekaasupäästöjen määrän kehitys suhteessa bruttokansantuotteeseen (BKT) vuosina 1990 - 2016. Kasvihuonepäästöjen määrän ja BKT:n suhde on talouden kasvihuoneintensiteetiksi, joka myös esitetty kuviossa 22. Vuoden 1990 päästöt ovat vertailutasona. Suomen BKT on kasvanut vuoden 1990 tasosta vuoteen 2016 mennessä 51 % ja kokonaispäästöt ovat pienentyneet 17 % samana ajanjaksona. (Tilastokeskus 2018) Suomen kasvihuonekaasuintensiteetin kehitys on

ollut viime vuosina saman suunnaista kuin koko EU:n alueen kasvihuonekaasuintensiteetin kehitys. EU-alueen kokonais-BKT on kasvanut 58 % ja kokonaiskasvihuonekaasupäästöjen vähennys on 22 prosenttia vuodesta 1990 vuoteen 2017 mennessä. (Euroopan komissio 2018)



Kuvio 22. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen, bruttokansantuotteen (BKT) ja päästöintensiteetin kehitys vuosina 1990 - 2016, kun vuosi 1990 vastaa tasoa 100 (Tilastokeskuksen www-sivut 2018).

## 4 KESTÄVÄ RAKENTAMINEN

Kestävässä rakentamisessa huomioidaan myös kestävä kehityksen neljä näkökulmaa. Kestävää rakentamiseen on helppo liittää resurssitehokkuus ja ekologisuus. Kestävä rakentaminen on käsitteenä kuitenkin laajempi. Siinä pyritään kestävyyskoko rakennuksen elinkaaren ajalla. Rakentamisen lopputuloksen tulee olla laadukas, talotek-

nisesti luotettava, energia- ja materiaalitehokkaasti rakennettu ja käyttäjälleen viihtyisä, terveellinen sekä tiloiltaan toimiva ja muunneltava. Luonnonvaroja säästävä, uusiutuvia energialähteitä käyttävä, päästöt minimoiva ja luonnon biodiversiteettiä tukeva toiminta kuuluvat ympäristöarvot huomioivaan kestävyys. Taloudellisen kestävyys tavoitteisiin kuuluvat optimoidut elinkaarikustannukset, arvonsa ja käytettävyytensä säilyttävä rakennus. Raaka-aineiden ja rakennusmateriaalien osalta huolelliseen varastointi ja materiaalihukkaa vähentävä työskentelytapa ja oikeat materiaalit oikeaan paikkaan -ajattelu ovat kestäviä toimintatapoja. Myös rakentamisessa käytettävien kemikaalien huolellinen käsittely ja oikeat työtavat kuuluvat rakentamisen ekologiseen kestävyys. Jos rakentaminen ei ole kestävä, voi rakennuksissa ilmetä kosteus- ja homevaurioita, jotka aiheuttavat terveydellisiä haittoja ja lisäävät korjauksen ja purkamisen tarvetta. Kestämätön rakentaminen kuluttaa turhaan luonnonvaroja, jolloin jätemäärät kasvavat. Ympäristön ja asumisen epäviihtyisyys kertovat kestävästä rakentamisesta. (Ympäristöosaava.fi www-sivut 2019; Suomen ympäristöopisto SYKLI 2013)

Kuviossa 23 on esitetty kestävä kehityksen periaatteet rakentamisessa ja miten kestävä kehitys voidaan huomioida rakentamisessa kullakin kestävä kehityksen osa-alueella. Havaitaan, että monet kestävä kehityksen tavoitteet ovat yhteneväisiä yleisten olemassa olevien rakentamisen tavoitteiden kanssa, mikä helpottaa kestävä kehityksen näkökulman huomioimista rakennusalalla. Kustannus-, materiaali- ja energiatehokkuus ovat sekä liiketoiminnan kannattavuuden että ympäristötavoitteiden kannalta tärkeitä.

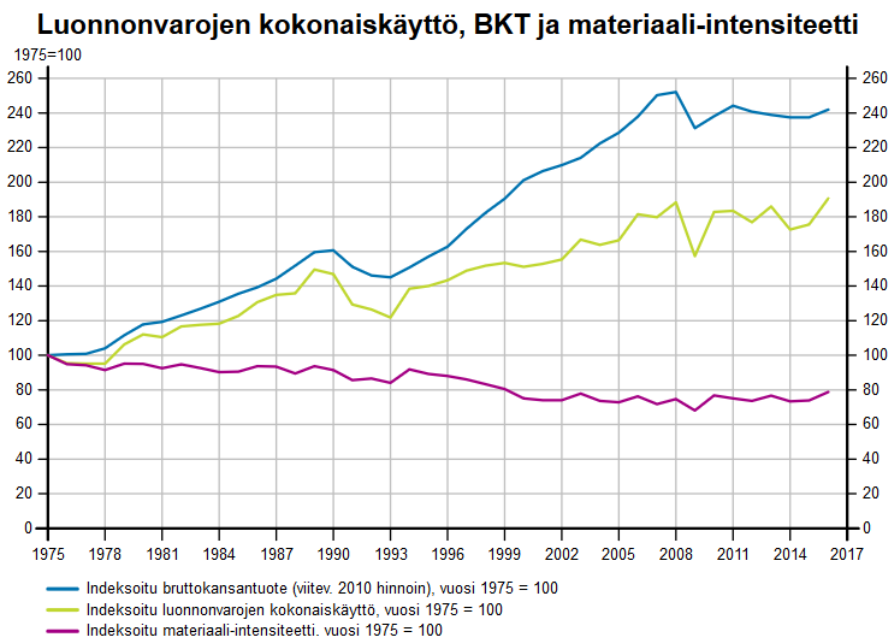


Kuvio 23. Kestävän kehityksen periaatteet rakentamisen alalla (Rakennustyömaan kestävät käytännöt 2014, 7).

Kestävän kehityksen näkökulman avulla rakennusala voi merkittävästi vaikuttaa kestävien tavoitteiden toteutumisessa sekä paikallisesti että maailmanlaajuisesti. Euroopan komissiossa kestävä kehitys haasteisiin on vastattu tekemällä kiertotalouden käyttöön ottoon pohjautuvia suunnitelmia sekä laatimalla energia- ja ilmastotavoitteet vuoteen 2030 ja 2050 mennessä. (Green Building Council Finland www-sivut 2018)



Kuviossa 24 on havainnollistettu luonnonvarojen käytön kehittymistä Suomessa. Kuvion 24 perusteella voidaan todeta, että bruttokansantuotteen kasvaessa luonnonvarojen käyttö on kasvanut maltillisemmin. Materiaali-indeksi on ollut hieman alle 80 % vuoden 1975 tasosta 1990-luvun lopulta alkaen.



Tilastokeskus / Ympäristötilinpidon avainluvut

Kuvio 24. Materiaali-indeksi, joka on luonnonvarojen kokonaiskäytön ja BKT:n välinen suhde, kun vertailuvuosi on 1975 (Tilastokeskuksen www-sivut 2018)

#### 4.1 Vähähiilinen rakentaminen

EU-komission tavoitteena on pienentää 37 - 53 % vuosittain rakentamisen takia syntyvistä kasvihuonekaasupäästöistä vuoteen 2030 ja 88 - 91 % päästövähennys vuoteen 2050 mennessä, kun verrataan vuoden 1990 tasoon (Ympäristöministeriön www-sivut 2018). Suomen kokonaispäästövähennystavoite on ilmastolain mukaisesti 80 % vuoteen 2050 (vertailuvuosi 1990) (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä 2018). Tarkoituksena on, että rakentamisen osalta vuoteen 2025 mennessä otetaan käyttöön lainsäädäntö, joka koskee rakennusten hiilijalanjäljen arviointia sekä päästörajoituksia rakennustyyppikohtaisesti. (Ruuska, Häkkinen, Vares, Korhonen & Myllymaa 2012, 7)

Vähähiilisellä rakentamisella pyritään vähentämään rakentamisen ja rakennusten kasvihuonepäästöjä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Tarkoituksena on koko rakennuksen elinkaaren päästöjen vähentäminen. Suurin osa päästöistä syntyy käyttövaiheen energiakulutuksesta. Rakennusmateriaalit ovat rakentamisen ajan merkittävä päästölähde. Tarkastelussa huomioidaan myös rakennustuotteiden valmistamisen ja purkamisen vaikutukset ilmastonmuutoksen voimistamisessa. Kasvihuonepäästöjä kuvaava mittari, elinkaaren hiilijalanjälki, on vähähiilisessä rakennuksessa arvoltaan mahdollisimman alhainen. Säädökset on tarkoitus ottaa käyttöön ensin uusissa rakennuksissa. Tällä hetkellä rakennusten kasvihuonepäästöjen arvioinnissa käytetään Green Building Council Finlandin Rakennusten elinkaarimittareita tai BREEAM ympäristöluokitusta (Ympäristöministeriön [www-sivut 2017](#)).

Ympäristöministeriö julkaisi syksyllä 2017 vähähiilisen rakentamisen tiekartan. Julkaistussa tiekartassa esitetään rakennuksen kokonaispäästöjen kuvaamiseen hiilijalanjäljen arviointia. Vähähiilisyys on merkittävä osa myös Level(s)-mittaristoa. (Ympäristöministeriön [www-sivut 2017](#))

Vähähiilisestä rakentamisesta on tarkoitus siirtyä edelleen kohti hiilineutraalia rakentamista. Hiilineutraalista toiminnasta ei synny lainkaan kasvihuonekaasupäästöjä. Hiilineutraaliuden tavoite voidaan saavuttaa hyödyntämällä suunnittelussa passiivisia ratkaisuja, joita ovat päivänvalon hyödyntämisen lisääminen, ilmavaihdon perustuminen painovoimaan, aurinkoenergian monipuolinen käyttö ja aurinkosuojaukset, energiatehokkuuden lisääminen rakenteissa ja teknisissä järjestelmissä sekä uusiutuvien energialähteiden käyttö. Hiilineutraaliuden tavoite on vaikea saavuttaa ja todennäköisesti osa päästöistä joudutaan jatkossakin kompensoimaan esimerkiksi uusiutuvan energian tuotannolla ja sen myymisellä. (Ahola & Liljeström 2018, 62)

#### 4.2 Rakentamisen elinkaarimalli (LCA) ja elinkaariajattelu

Tuotteen raaka-aineiden hankinnasta ja tuottamisesta alkaen tuotteesta aiheutuvien jätteen prosessointiin asti muodostuu tuotteen elinkaari. Kun selvitetään jonkin tuotteen tai toiminnan ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta puhutaan tuotteen tai

toiminnan elinkaariarvioinnista. Tuotteen tai toiminnan ympäristövaikutuksilla tarkoitetaan tuotteen, toiminnan, niiden jonkin osatekijän tai joidenkin osatekijöiden aiheuttamia ympäristön muutoksia, jotka voivat olla hyödyllisiä, merkityksettömiä tai haitallisia. (Saari A. 2000, 34 - 35)

Rakentamisen elinkaariajattelussa huomioidaan kaikki rakennuksen vaiheiden vaikutukset alkaen materiaalien valmistuksesta rakennuksen purkamiseen ja purkutuotteiden lajitteluun asti. Kiinteistöt ja muu yhdyskuntarakentaminen tuottavat pitkäikäisiä rakenteita ja sen vuoksi niiden elinkaaren tarkka arviointi on vaikeaa. Rakentamisessa elinkaariajattelun teemoja ovat: kustannustehokkuus, rakennuksen käytönaikainen energiantarve ja energianlähde, ympäristövaikutusten hallinta ja optimointi sekä materiaalitehokkuus. Rakentamisvaihe muodostaa ainoastaan osan rakennuksen elinkaaresta. (Ympäristöministeriön www-sivut 2017; Rakennusteollisuus RT ry 2019). Rakentamisen elinkaareen vaikuttavat ammattitaitoisen rakentamisen ja toteuttamisen lisäksi sen suunnittelun aikana tehdyt valinnat. Tarkoituksena on suunnitella laadukas, pitkäikäinen, helposti huollettava ja muunneltava rakennus. Joskus se, että rakentamisen rahoittaja on eri kuin käytön aikaisten kustannuksien maksaja, hankaloittaa tehokkaan elinkaariajattelun toteutumista (Ympäristösaava.fi www-sivut 2019; Punkki 2003, 508)



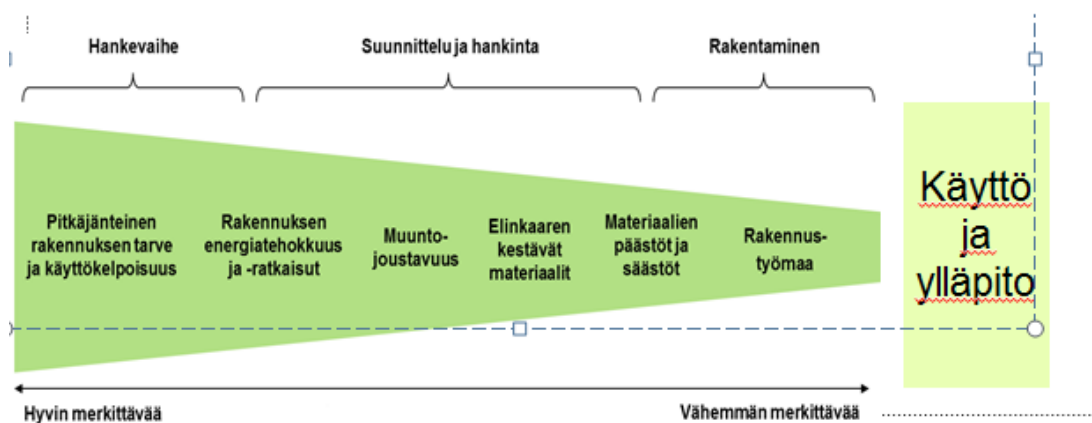
Kuvio 25. Rakennuksen elinkaaren osa-alueet karkeasti jaoteltuna (Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut 2019).

Rakennuksen elinkaaren osa-alueet ja osa-alueiden ajallisia pituuksia on havainnollistettu kuviossa 25. Karkeasti rakennuksen elinkaari ja sen ympäristövaikutukset voidaan jakaa neljään osaan: rakentaminen, rakennuksen käyttö, käytön aikaiset korjaukset ja purku, kuten kuvassa 25 on esitetty. Kaikissa rakennuksen elinkaaren vaiheissa syntyy ympäristövaikutuksia. Rakennusvaiheen seurauksena syntyy ympäristövaikutuksia luonnonvarojen käytöstä rakennusmateriaalinen raaka-aineena kuljetuksineen ja rakennustuotteiden varsinaisista valmistusprosesseista energiantarve huomioiden (kaikissa tuotantovaiheissaan) sekä rakennusmateriaalien kuljetuksesta rakennuspai- kalle. (Saari A. 2000, 35 - 36)

Esimerkiksi asuinkerrostalon rakentamisvaiheen materiaalit muodostavat 81 % elinkaaren kaikesta materiaalien kulutuksesta, kun tarkasteluajan pituus on 50 vuotta. Rakentamisen aikana ympäristövaikutuksia aiheutuu työkoneiden ja -laitteiden käytöstä ja erilaisten työvaiheiden vaatimuksista esimerkiksi rakennusaikaisesta lämmityksestä. Ajallisesti kiinteistön tai rakennuskohteen pitkäikäisin vaihe on rakennuksen käyttö ja ylläpito. Suurin ympäristöä kuormittava tekijä liittyy rakennuksen energian kulutukseen, johon eniten vaikuttavat koneellisen ilmanvaihdon poistoilman aiheuttama lämpöhäviö, rakennuksen ulkovaipan lämpöhäviöt ja käyttöveden lämmitys. Elinkaaren energiasta 92 % käytetään rakennuksen käyttövaiheessa rakentamisvaiheen energiankulutuksen ollessa 6 % kaikesta käytetystä energiasta (asuinkerrostalo 50 v). (Saari A. 2000, 36)

Rakennusmateriaalien valmistus on merkittävin energiaa ja raaka-aineita kuluttava tekijä rakentamisvaiheessa. Käytön aikana kiinteistössä on tehtävä erilaisia huolto- ja korjaustoimenpiteitä. Osa taloteknisistä komponenteista, esimerkiksi vesikalusteet tai rakennusosista esimerkiksi ikkunat, voivat saavuttavat teknisen käyttöikänsä ja ovat vaihdettava. Jotkut korjaustoimista eivät taloteknisesti ole välttämättömiä, mutta vaikuttavat asumisviihtyvyyteen esimerkiksi pintojen uudelleenkäsittelyt. Myös rakennuksen käyttötarkoitus tai huonejärjestys voi muuttua. Kaikista huolto- ja korjaustoimenpiteistä syntyy ympäristövaikutuksia. Asuinkerrostalon, jonka tarkastelu-aika on 50 vuotta, käyttövaiheen kasvihuonepäästöt ovat 92 % asuinkerrostalon kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. (Saari A. 2000, 36 - 37)

Rakennuksen ympäristövaikutuksiin voidaan merkittävästi vaikuttaa suunnitteluvaiheessa, kuten kuvista 26 nähdään. Rakennushankkeen alkuvaiheessa erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen kirjo rakennuksen toteuttamiseksi on laaja. Tässä vaiheessa voidaan helposti minimoida ympäristövaikutuksia sopivilla valinnoilla muiden vaikutusten, kuten kustannusvaikutusten, ohella. Tarveselvitysvaiheessa, kun pohditaan hankkeen tarpeellisuutta, edellytyksiä, toteuttamistapoja ja muita hankkeen päälinjauksia, vaikuttaa jo tulevan hankkeen aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin ja myös syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Kun suunnittelussa edetään hankesuunnitteluvaiheeseen ja rakennussuunnitteluvaiheisiin, on useat kasvihuonekaasupäästöihin vaikuttavat päätökset samalla tehty. Kasvihuonekaasupäästöihin ja muihin ympäristövaikutuksiin vaikuttamisen mahdollisuudet vähenevät hankkeen edetessä, kuten kuvasta 26 on todettavissa. Ainakin muutokset tuovat lisäkustannuksia, mitä pidemmälle hankkeen toteuttaminen on edennyt. Rakennuksen käyttötavoilla ja ylläpidon huolellisuudella vaikuttaa käytönaikaisiin ympäristövaikutuksiin. Esimerkiksi ilmanvaihdon säätöjen optimointi, esimerkiksi ilmamäärien ja käyttöaikojen osalta, ja lämpimän käyttöveden käytön säästötoimilla voidaan merkittävästi vaikuttaa alentavasti kasvihuonekaasupäästöihin käyttövaiheessa. (Rajala 2005; Saari A. 2000, 38 - 39)



Kuvio 26. Rakennuksen elinkaaren vaiheiden merkitys ympäristövaikutusten kannalta (Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut 2019).

### 4.3 Resurssitehokkuus

Materiaalitehokkuuden merkitys on kasvanut rakentamisessa ympäristönäkökohtien ja luonnonvarojen riittävyyden vuoksi. Rakentamiseen Suomessa kuluu noin 10 miljoonaa tonnia rakennusmateriaaleja ja -tuotteita vuosittain ja rakennusala onkin luonnonvarojen suurkuluttaja. Rakennustoiminta tuottaa samalla runsaasti jätettä esimerkiksi 2,2 miljoonaa tonnia vuonna 2011. Materiaalitehokkaassa rakentamisessa pyritään kaikissa rakentamisen vaiheissa minimoimaan käytetyt resurssit: materiaalit, raaka-aineet ja energia huomioiden ympäristöseikat. Materiaalitehokkuusajattelu kattaa koko rakennuksenelinkaaren. Materiaalitehokas tuote on kestävä, monikäyttöinen ja helposti huollettava. (Ympäristö.fi www-sivut 2013 & 2016)

Rakentamisen ammattitaito ilmenee raaka-aineiden ja kustannusten resurssitehokkuutena rakennusaikana. Hyvän suunnittelun ja toteutuksen avulla voidaan vaikuttaa myös tulevaan korjausten tarpeeseen. Resurssitehokkuudella tarkoitetaan huolellista ja suunnitelmallista resurssien käyttöä. Materiaalitehokkuus tähtää luonnonvarojen ja materiaalien tehokkaaseen käyttöön rakentamisen kaikissa elinkaaren vaiheissa. Vähemmästä materiaalista saadaan aikaan enemmän tuotteita, on materiaalitehokkuuden idea. Energiatehokkuus ilmenee energian käytön minimoimisena. Sekä materiaalitehokkuuden että energiaterhokkuuden avulla saavutetaan taloudellinen tehokkuus eli kustannukset minimoituvat. Kun resurssien käyttö vähenee, vähenevät ympäristövaikutukset. Resurssitehokas rakentaminen on kestävää rakentamista. Taulukossa 3 on esitetty tekijöitä, jotka ohjaavat resurssitehokkaaseen rakentamiseen. (Ympäristöosaava.fi www-sivut 2019)

Taulukko 3. Rakentamisen resurssitehokkuus energiatehokkuuden ja materiaalitehokkuuden osalta (Ympäristöosaava.fi www-sivut 2019).

<b>Resurssitehokkuus rakentamisessa</b>	
<b>Energiatehokkuus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lämmitys- ja kuivatusjärjestelmien oikeat valinnat energiankulutuksen minimoimiseksi</li> <li>• rakentamisesta aiheutuvan liikenteen minimointi: esimerkiksi tehtävien ketjuttaminen ja logistiikan suunnittelu</li> <li>• ajoneuvojen, koneiden ja laitteiden taloudellinen ajo- ja käyttötapa</li> </ul>	<b>Materiaalitehokkuus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• materiaalien ja aineiden tarkoituksenmukainen ja suunnitelmallinen käyttö: käytetään juuri sen verran kuin on tarpeen laadukkaan lopputuloksen kannalta, ei enempää eikä vähempää</li> <li>• työmaalla materiaalien sääsuojaus ja hukan pienentäminen</li> <li>• ajoneuvojen, koneiden ja laitteiden oikea käyttö sekä huolto</li> </ul>

Rakennusten ja rakentamisen energiatehokkuutta koskevat määräykset on kirjattu Suomen rakentamismääräyskokoelmaan. Yli kolmasosa Suomen kasvihuonekaasupäästöistä aiheutuu rakentamisen ja rakennusten energiakulutuksesta (Ympäristöministeriön www-sivut 2019). Sekä uudis- että korjausrakentamisessa on mahdollista siirtyä yhä vähemmän energiaa tarvitseviin ratkaisuihin, kuten lähes nollaenergia tai nollaenergia rakennuksiin nykyaikaisen teknologian avulla. Energian säästön lisäämiseen rakentamisessa on tähdätty energiatodistusten, ympäristölupien ja energiansäästö-sopimusten avulla. (Ympäristöosaava.fi www-sivut 2019)

Materiaalitehokkuutta lisäävä tekijä on rakennustuotteiden kierrätettävyys. Vuonna 2014 EU:ssa hyväksyttiin tiedonanto, joka koski rakennusalan resurssitehokkuutta, ja vuonna 2015 kiertotalouden toimintasuunnitelma. EU:n tiedonanto tähtäsi ympäristövaikutusten vähentämiseen resurssitehokkuutta lisäämällä ja siten samalla kohentamaan alan yritysten taloudellista tilaa eli kilpailukykyä. Kiertotalouden toimintasuunnitelma sisälsi myös vaatimuksia rakennustensuunnitteluun ja rakennustuotteiden ja -

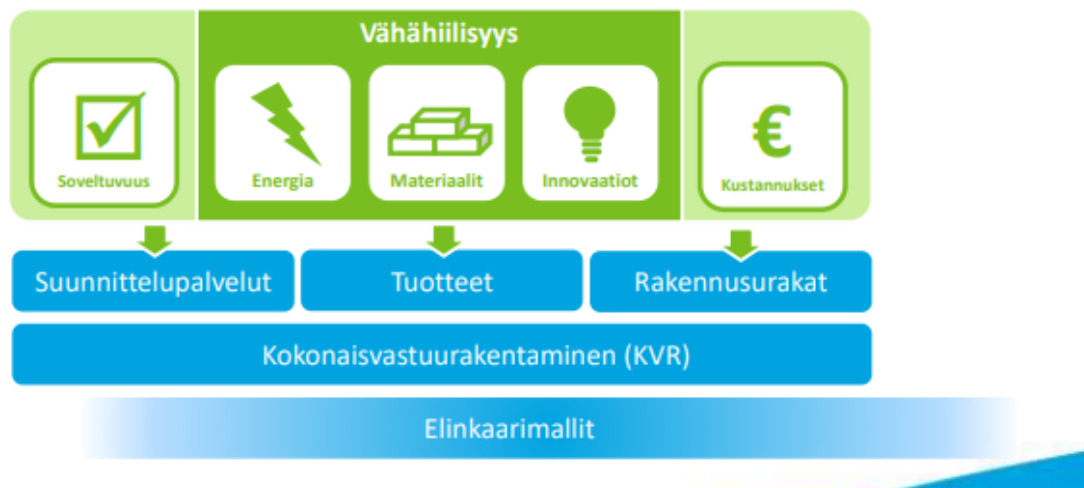
osien kestävyys ja kierrätettävyyden. Esimerkiksi noin 2,5 milj.t mineraalivillajätettä päätyy vuosittain kaatopaikoille Euroopan alueella, minkä aiheuttama kustannus rakennusallalle noin 250 milj. euroa. (Ympäristöministeriön www-sivut 2017; Green Building Council 2019)

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitra määrittelee kiertotalouden talousmalliksi, joka perustuu ajatukseen, jossa materiaali ja sen jalostukseen käytetyt panokset ovat mahdollisimman pitkään hyödynnettävissä. Omistamisen sijaan materiaalia voidaan jakaa, kierrättää tai vuokrata, jolloin kulutuksesta siirrytään palveluiden käyttöön. Taloudellinen kasvu kiertotaloudessa ei vaadi välttämättä luonnonvarojen lisäkäyttöä. (Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran www-sivut 2018)

#### 4.4 Hankintakriteerit koskien vähähiilistä rakentamista

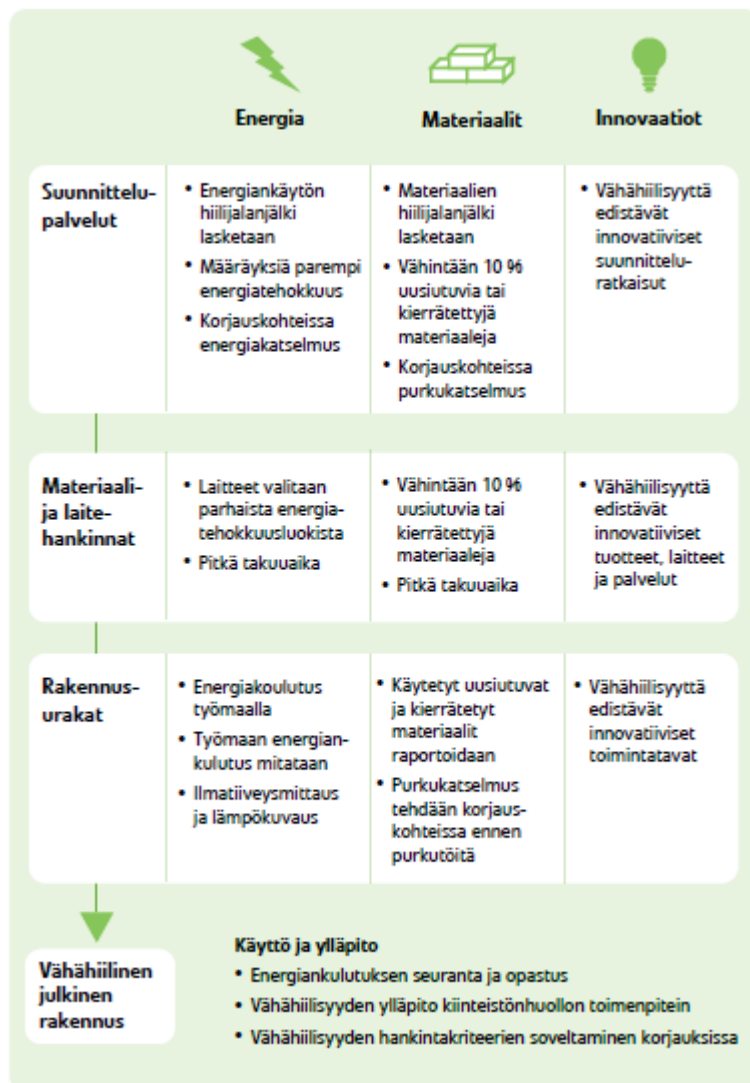
Vähähiilisen rakentaminen käsittää kriteerejä koskien rakentamiseen liittyviä hankintoja. Kriteerit ovat toistaiseksi vapaaehtoisia. Tarkastelun lähtökohtana on tuotteen tai muun rakentamiseen kuuluvan palvelun elinkaaren hiilijalanjälki. Energian, materiaalien ja innovaatioiden sekä soveltuvuuden ja kustannusten arviointi ovat kriteeristön piirissä. Suosituksena on, että hankintakriteeristö huomioidaan hankkeen suunnitteluvaiheesta koko rakentamisen elinkaari kattaen. Samalla edellytetään luonnollisesti, että rakennuksen terveellisyyden, pitkäikäisyyden ja muu kestävyys vaatimukset sekä voimassa olevien säädösten ja ohjeiden noudattamisen ovat toteutettava vähähiilisessä rakentamisessa. (Kuittinen & le Roux 2017, 1-15) Omalta osaltaan rakentamista säätelevät voimassa olevat mm. Hankintalaki, Jätelaki ja Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kuviossa 27 on esitetty vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. Hankkeen soveltuvuusarviot on tehtävä suunnitteluvaiheessa sekä yksittäisten tuotteiden että koko rakennuksen osalta. On arvioitava energiaan, materiaaleihin ja innovaatioihin liittyvät ominaisuudet huomioiden kustannustehokkuus toteutustavasta riippumatta (kokonaisvastuurakentaminen tai erilliset rakennusurakat).





Kuvio 27. Hankintakriteerit vähähiiliselle rakentamiselle (Kuittinen 2018, 6).

Kuviossa 28 on esitetty keinoja, jotka ottamalla käyttöön päästään yhä vähemmän päästöjä tuottavaan rakentamistapaan. Kuten kuviosta 27 on todettavissa, keinoja ovat energiatehokkuuteen vaikuttaminen (10 - 20 % määräysten tasoa alempi energiankulutus), materiaalien kasvihuonepäästöjen tunteminen, pitkien takuuajojen edellyttäminen, uusiutuvien ja kierrätettyjen materiaalien käyttö, vaipan lämpökamerakuvaus ja ilmatiiveyden toteaminen sekä purkukatselmukset korjausrakentamisessa. Lisäksi valitaan kustannuksiltaan edullisin laatuvaatimukset täyttävä tarjous. (Kuittinen 2018, 6 - 7)



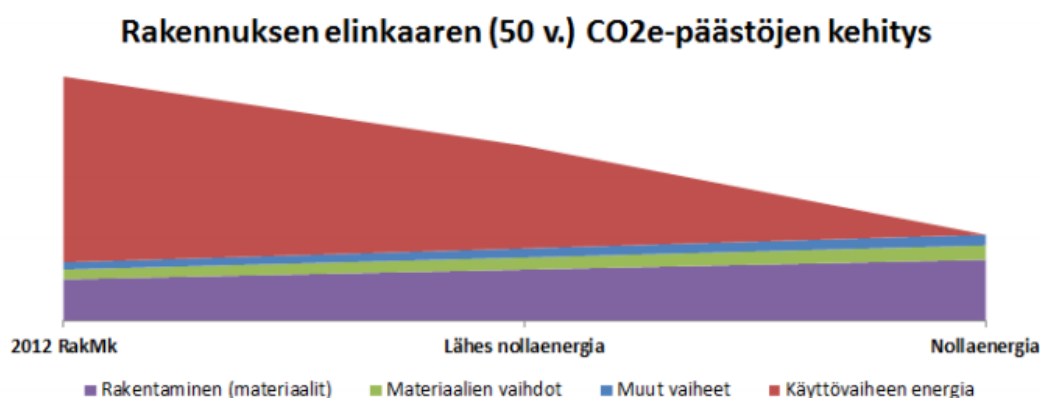
Kuvio 28. Vähähiilisten kriteerien soveltaminen julkisen rakentamisen eri rakennusvaiheissa (Kuittinen & le Roux 2017, 19).

Euroopan komission vihreän julkisen rakentamisen suosituksen perusteella toteutetut hankintakriteerit koskien suunnittelupalveluja, materiaalien ja laitteiden hankintaa sekä rakennusurakoita on esitetty kuviossa 28. (Kuittinen & le Roux 2017, 19)

#### 4.5 Rakentamisen ilmastoa kuormittava vaikutus

Hiilijalanjäljen arviointi on usein käytetty menetelmä arvioida rakentamisen vaikutuksia ympäristöön. Suomessakin keskeinen rakentamisen kestävyyttä kuvaava indikaattori on hiilijalanjälki. (Ecobio Oy:n www-sivut 2018) Ympäristöministeriön tiedotteen mukaan rakennuksen hiilijalanjäljen laskenta tulisi ottaa rakentamisen säädöksissä

huomioon 2020-luvun puoliväliin mennessä. Rakennuksen hiilijalanjälki muodostuu useasta tekijästä: rakennuksen energian kulutuksesta, käytetyn energian hiilijalanjäljestä sekä rakennusmateriaalien hiilijalanjäljestä. Energiatehokkuuden parantuessa ja rakennuksen energiatarpeen pienentyessä ja pyrittäessä nollaenergiarakentamiseen, rakennusmateriaalien hiilijalanjälki korostuu. Tarkasteltaessa koko rakennuksen elinkaarta, hiilijalanjälkeen vaikuttavat lisäksi rakennusmateriaalien tuotanto, rakennusvaihe, tarvittavat korjaus- ja muutostyöt sekä viimeksi rakennuksen purku ja mahdollinen kierrätys. (Ympäristöministeriön www-sivut 2017)



Kuvio 29. Energiatarpeeltaan erityyppisten rakennusten vaikutus kasvihuonekaasupäästöjen määrään, kun rakennuksen elinkaari 50 vuotta (Bionova Oy 2015, 4)

Kuten kuvasta 29 havaitaan käyttövaiheen energian tarpeen vähentyessä rakennuksen elinkaaren aikana aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt vähenevät merkittävästi. Mitä energiapihimpi rakennus on sitä enemmän rakentamisen että ylläpidon materiaalit vaikuttavat päästöihin sekä suhteellisesti että absoluuttisesti. (Bionova Oy 2015, 4) Rakentamisen materiaalien kasvu sekä lähes nollaenergiatalossa että nollaenergiatalossa johtuu eristepaksuuden kasvusta (Sepponen, Nieminen, Tuominen, Kouhia, She-meikka, Viikari, Hemmilä & Nykänen 2013, 21).

Taulukossa 4 on esitetty VTT Oy:n tutkimuksiin perustuvia rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia, kun rakennuksen elinkaaren vaiheet A1 – A5 on huomioitu. Vaiheen A5 tiedoissa on arvioitu pelkästään hukka. Nämä tiedot on esitetty Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalu -luonnoksessa. (VTT Oy 2018)

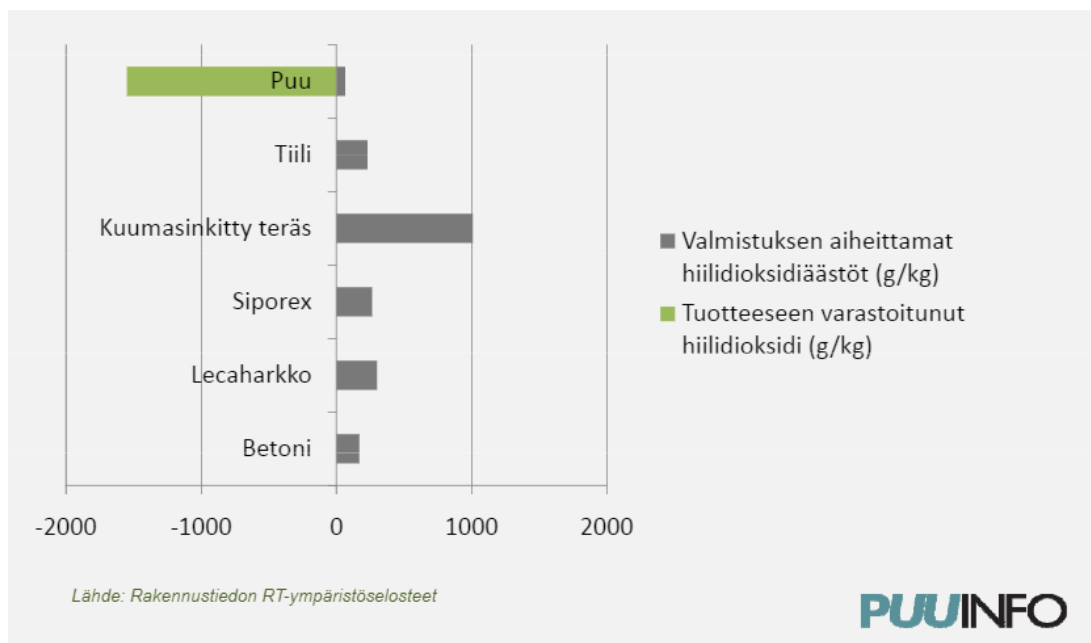
Tarkasteltaessa taulukkoa 4 havaitaan, että eristeiden (pl. kierrätyspaperipohjainen puhalluseriste) ja metallien ilmastokuormat ovat suuria verrattuna muihin rakennusmateriaaleihin. Toisaalta eristeiden tiheydet ovat pieniä verrattuna metallien ja betonin sekä muurattavien rakennustuotteiden tiheyksiin. Esimerkiksi lasivillan tiheys on 16 tai 50 kg/m<sup>3</sup> ja sementin 3 100 kg/m<sup>3</sup>. Tiheydet huomioon ottaen betonin ja muiden muurattavien rakennustuotteiden ilmastoa lämmittävä vaikutus on huomattavasti suurempi. (Häkkinen, Vares, Vesikari, Saarela, Tattari & Säteri 1997) Tarkasteltaessa taulukkoa 4 havaitaan, että puutuotteilla tai paljon puuta sisältävillä tuotteilla on myös hiilikädenjälki arvioitu.

Taulukko 4. Rakennustuotteiden ilmastokuorma VTT Oy:n eri lähteiden perusteella arvioimana (VTT Oy 2018).

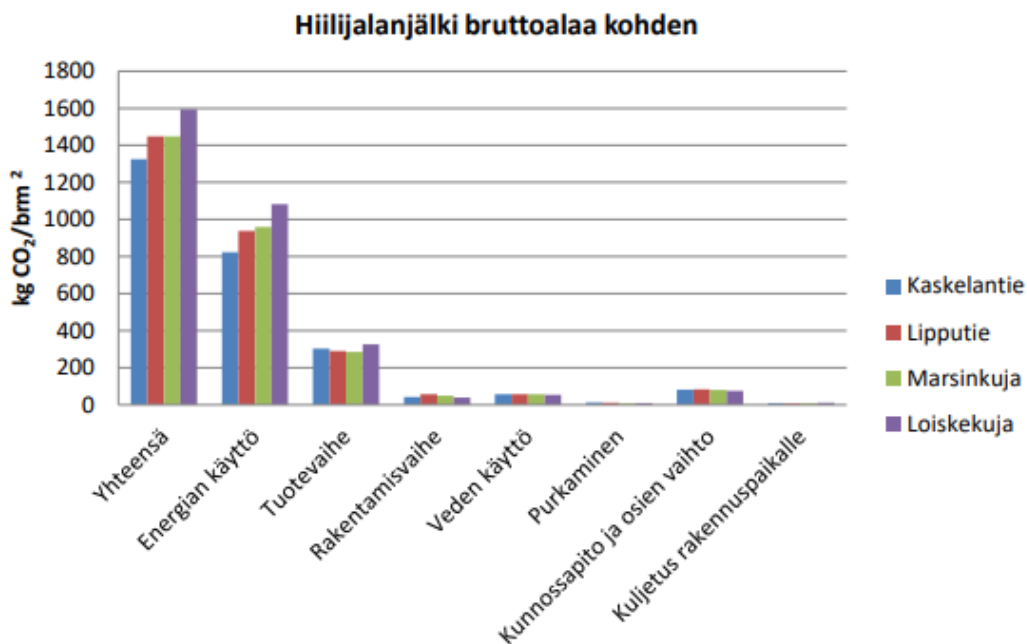
<b>Rakennustuote</b>	<b>Ilmastokuorma kg CO<sub>2</sub> ekv/kg</b>
Lasivilla	1,530
Vuorivilla	1,026
Puhallusvilla	0,218
kierrätyspaperi	(35 kg/m <sup>3</sup> )
XPS	3,407 (50 kg/ m <sup>3</sup> )
Lattiabetoni (35)	0,155
Betoniteräs	0,474
Elementti betoniväliseinä	0,202
Ontelolaatta, 200	0,178
Runkosahatavara	0,092 (Hiilikädenjälki -1,55)
Vaneri	0,283 (Hiilikädenjälki -1,64)
Kipsilevy	0,419
Kuitulevy tuulensuojalevy	0,457

Lastulevy	0,614
Kahiharkko, 130 + laasti	0,154
Poltettu tiili 130 + laasti	0,241
Kevytsoraharkko + laasti	0,298
Bitumi	0,334
PE-HD	1,838
Polystyreenieriste	3,430
Polyuretaanieriste	2,938
Sisämaali	1,64
Ulkomaali	1,84
Ruostumaton teräs	4,758
Rakennusalumiini	2,338
Puuikkuna	87,206 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Puu-alumiini-ikkuna	114,112 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
Ovi, ulko, puu	61,044
Lattiapäällyste muovimatto	1,396
Lattiapäällyste parketti + alusrak.	0,643
Kate teräs, sinkitty ja maali	2,910
LVI-putki muovi	2,168
Pesuallas keraaminen	1,648
Sähkökaapeli sisä	2,100

Kuvio 30 havainnollistaa puumateriaalin hiilidioksidia varastoivaa ominaisuutta. Kuvio 30 nähdään, että puun hiilivarasto on merkittävä seikka, kun valitaan rakennusmateriaaleja vähähiilisessä rakentamisessa. Myös betonin karbonoituminen aiheuttaa hiilinielun.



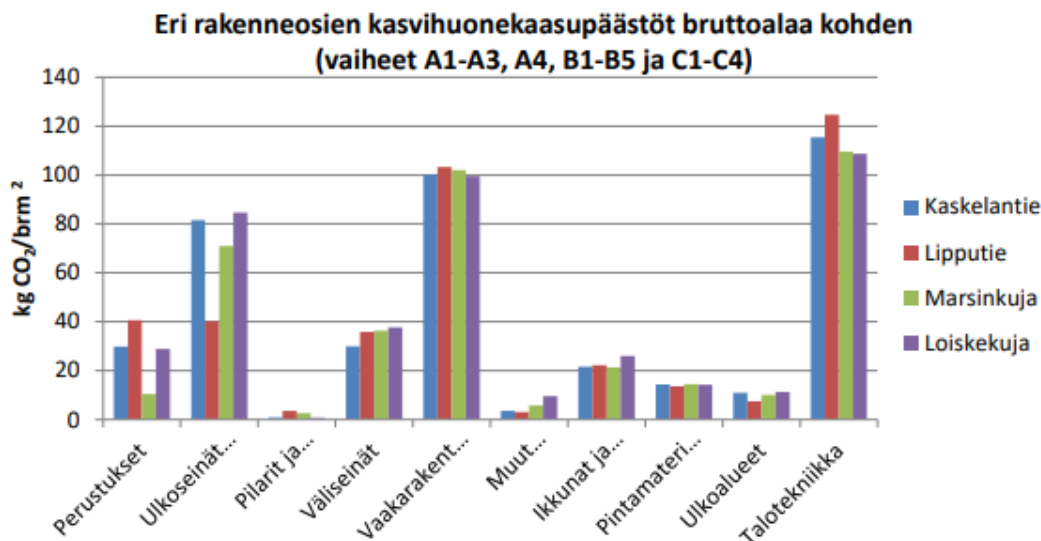
Kuvio 30. Rakennustuotteiden valmistuksen aiheuttama CO<sub>2</sub>-kuorma g CO<sub>2</sub>/kg rakennustuotetta (Puuinfo 2010).



Kuvio 31. Neljän vuokratalo-kohteen elinkaaren hiilijalanjälki bruttopinta-alaa kohden (kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup>) (Ahola R. & Liljeström K. 2018, 23)

Kuviossa 31 on esitetty neljän kerrostalokohteen hiilijalanjäljen osatekijöitä, myös veden käyttö on huomioitu. Kuvion 31 perusteella voidaan todeta käyttövaiheen energian kulutus (B6) muodostaa suurimman hiilijalanjäljen (62 - 68 %). Tuotevaihe A1 - A3 on toinen merkittävä hiilijalanjäljen aiheuttaja (20 - 23 %). Muiden elinkaaren vaiheiden hiilijalanjäljet näyttävät olevan melko alhaisia (kuvio 34). Kohteiden energian kulutuksen kasvihuonekaasupäästöistä noin 25 % sähköenergian tuotannon aiheuttamia ja loput (75 %) syntyvät kaukolämmön tuotannosta. (Ahola & Liljeström 2018, 23 - 25)

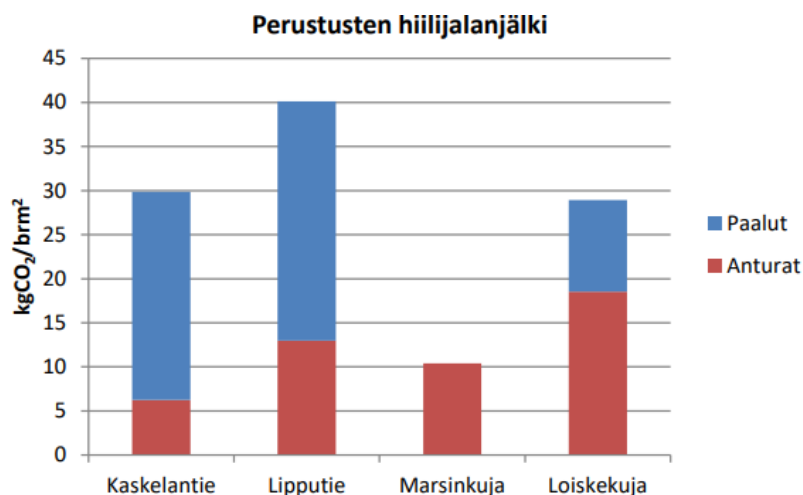
Kuviossa 32 on esitetty kasvihuonekaasujen määrä rakenneosittain sisältäen elinkaaren vaiheet A1 - A3, A4, B1 - B5 ja C1 - C4 eli tuotevaiheet, kuljetukset työmaalle, käyttövaiheet ja purkuvaiheet edellisen kuvion kerrostalo kohteille. Tarkasteltaessa kuviota 32 havaitaan että rakennusosista talotekniikka (25 - 31 % kasvihuonekaasupäästöistä) ja vaakarakenteet aiheuttavat suurimmat päästöt. Vaakarakenteiden välipohjat ovat kaikissa kohteissa paksuudeltaan samanlaisia ontelolaattoja. Alapohjien päästövaikutukset ovat lähes samat. Sen sijaan erilaisilla yläpohjan ja kattorakenteiden yhdistelmissä on poikkeavuutta päästöissä. Pienimmät kasvihuonepäästövaikutukset ovat vinon peltiverhoilun katon ja puhallusvillan yhdistelmällä verrattuna kevytsoraeristettyihin ja kermi- tai kivipintaisten kattojen yhdistelmiin. Kevytsora aiheuttaa merkittävät päästöt. Lisäksi yläpohja aiheuttaa suuremmat päästöt kuin alapohja. Ulkoseinissä kantavat rakenteet aiheuttavat suuremmat hiilijalanjäljet kuin ei-kantavat rakenteet. Puuverhous verrattuna betonijulkisivuun tuottaa pienemmän hiilijalanjäljen. Talotekniikan arvioinnissa on epävarmuutta. Talotekniikan päästöjä lisäävät hissit ja aurinkopaneelit. (Ahola & Liljeström 2018, 24 - 34)



Kuvio 32. Kasvihuonekaasujen määrä rakenneosittain sisältäen elinkaaren vaiheet A1 - A3, A4, B1 - B5 ja C1 - C4 bruttopinta-alaa kohden (kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup>) (Ahola & Liljeström 2018, 27)

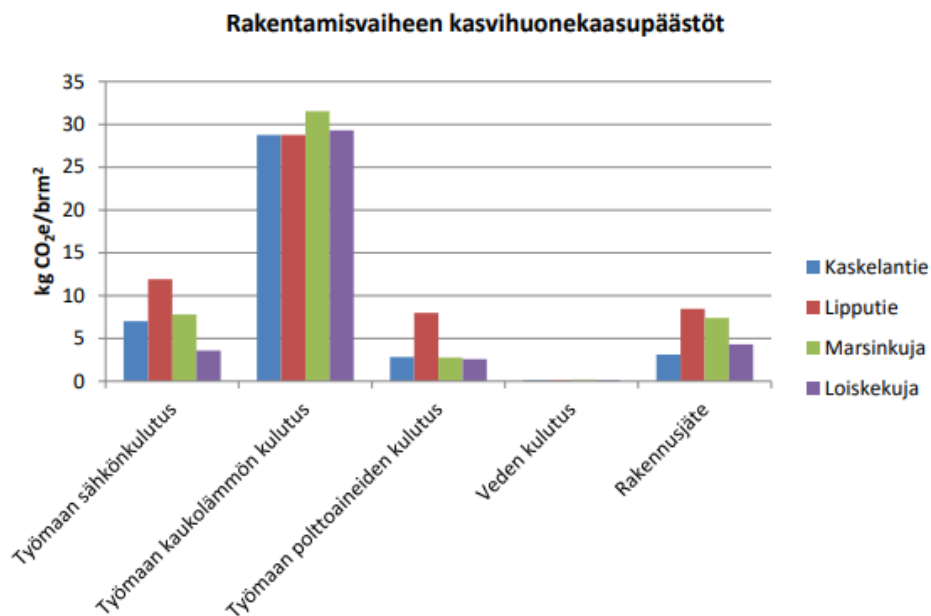
Marsinkujan kohteen perustusten hiilijalanjälki on pienempi kuin muissa kohteissa, koska Marsinkujan kohdetta ei ole paalutettu. Kuviossa 33 on tarkemmin havainnollistettu perustusten aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Huomataan, että paalutus lisää merkittävästi rakennuksen hiilijalanjälkeä. Ero Marsinkujan ja Lipputien kohteiden kasvihuonepäästöjen osalta on noin 30 kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup>. Ero 30 kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup> on suurempi kuin rakennusmateriaalien erot tuotevaiheessa, kun huomioidaan kaikki kohteiden rakennusmateriaalit yhteensä. Tonttimaaksi kannattaa kaavoittaa alueita, joita ei tarvitse paaluttaa. (Ahola & Liljeström 2018, 28 - 29)





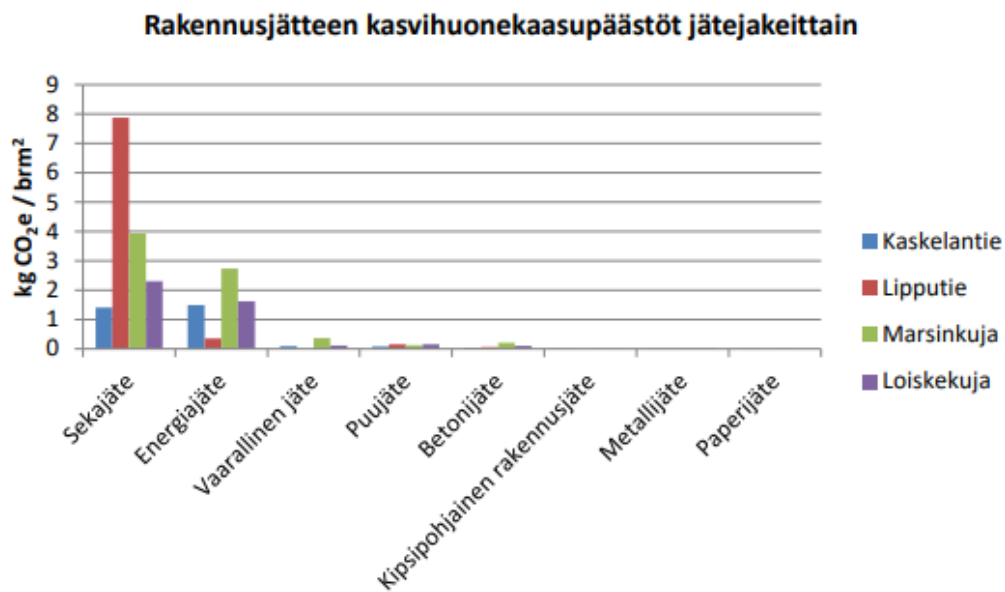
Kuvio 33. Kasvihuonekaasujen määrä perustusten osalta elinkaaren vaiheissa A1 - A3, A4 ja C1 - C4 bruttopinta-alaa kohden (kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup>) (Ahola & Liljeström 2018, 27)

Kasvihuonepäästöjen määrää rakentamisvaiheessa on havainnollistettu kuviossa 34. Koko rakennuksen elinkaaren aikana aiheutuneista kasvihuonepäästöistä 3 % syntyy rakentamisvaiheen aikana. Ne ovat peräisin käytetystä energiasta, vedestä ja rakentamisen jätteistä.



Kuvio 34. Kasvihuonekaasujen määrä rakentamisvaiheessa kerrostalokohteiden bruttopinta-alaa kohden (kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup>) (Ahola & Liljeström 2018, 36)

Kuviosta 34 voidaan todeta, että työmaan kaukolämmön kulutus on tärkein kasvihuonekaasuja aiheuttava tekijä rakentamisvaiheessa näissä kohteissa. Työmaan energiatarpeeseen vaikuttavat rakentamisen vuodenaika ja vallitsevat sääolosuhteet. (Ahola & Liljeström 2018, 36)



Kuvio 35. Kasvihuonekaasujen määrä rakennusjätteen osalta kerrostalokohteiden bruttopinta-alaa kohden (kg CO<sub>2</sub>-ekv/bm<sup>2</sup>) (Ahola & Liljeström 2018, 37)

Seka- ja energiajättejakeet muodostavat rakennusjätteiden suurimmat päästölähteet jättejakeita tarkasteltaessa (kuvio 35). Lajittelulla voidaan vaikuttaa jätekertymään. Hyvällä lajittelulla voidaan lisätä rakennusmateriaalien kierrätystä ja uudelleenkäyttöä. (Ahola & Liljeström 2018, 36)

#### 4.6 Ympäristöministeriön luonnos rakennuksen hiilijalanjäljen laskentaan

Ympäristöministeriö on julkaissut rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmää koskevan luonnoksen, jonka lausumien antoaika päättyi alkuvuodesta 2019. Tämän luonnoksen hiilijalanjäljen laskenta perustuu edellä esiteltyyn kestäväen kehityksen standardipakettiin ja alan tutkimusaineistoon. (Ympäristöministeriö 2018)

Annettujen lausuntojen perusteella luonnosta ollaan päivittämässä. Kuviossa 36 on esitetty päivityksiä, jotka koskevat arviointijakson pituutta, energian päästökertoimia ja hiilikädenjälkeä. (Kuittinen 2019)



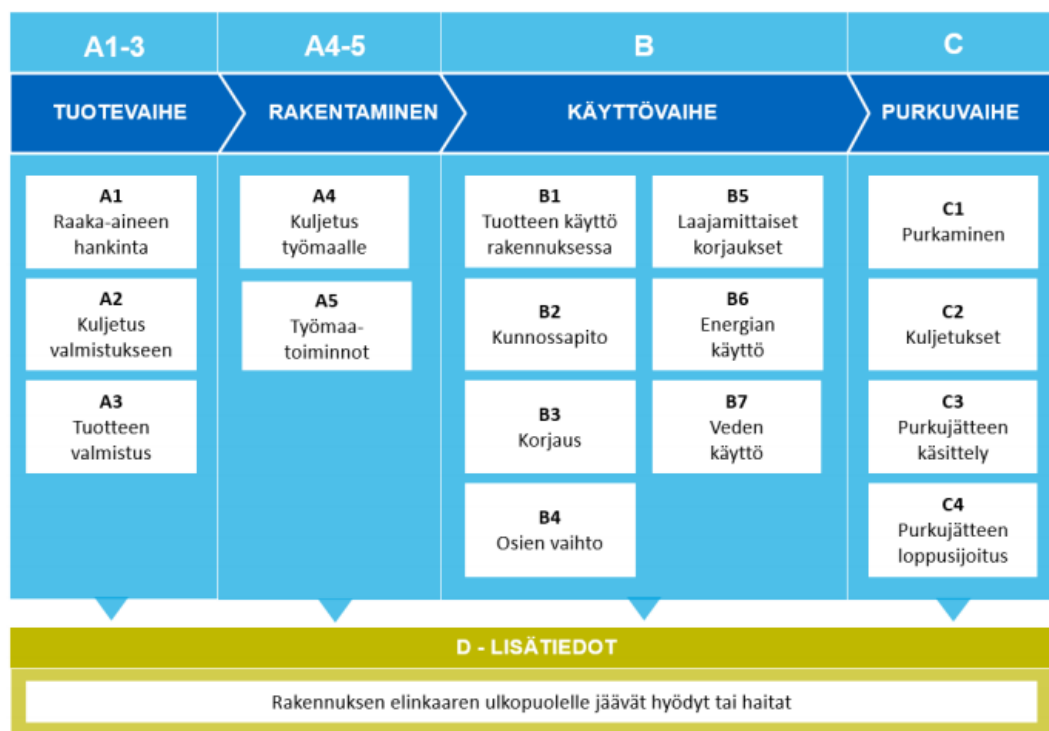
Kuvio 36. Rakennuksen hiilijalanjäljen laskenta -luonnokseen esitettyjä päivityksiä (Kuittinen 2019).

Luonnoksessa esitetty arviointimenetelmä on kohdennettu erityisesti suunnittelijoille, koska suunnitteluvaiheessa päätetään hankkeen toteuttamisen kannalta tärkeimmät tekijät, kuten materiaalit, joiden kasvihuonepäästöt lähes nollaenergiarakennuksissa muodostavat yhä merkittävämmän osan rakennuksen aiheuttamista kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä. Materiaalien aiheuttama kasvihuonekaasupäästö on suurin materiaalien valmistuksen yhteydessä. (Ympäristöministeriö 2018)

#### 4.6.1 Uudisrakentamisen hiilijalanjälki

Kun rakennuksen hiilijalanjälkeä arvioidaan, tarkastelu sisältää koko rakennuksen, tontin rakenteet ja pääosan talotekniikkaan kuuluvista järjestelmistä. Tontin kasvillisuus, maaperä sekä tilapäiset rakennusaikaiset telineet ja suojaukset eivät ole mukana arvioinnissa. Luonnoksen menetelmässä rakennuksen elinkaari jaetaan hiilijalanjäljen

osalta kolmeen vaiheeseen: hiilijalanjälki ennen käyttöä (A), käytön aikana (B) ja käytön jälkeen (C). Hiilikädenjäljen osalta arvioidaan elinkaareen liittyvät ulkopuoliset vaikutukset, kuten mahdollinen uudelleenkäyttö ja kierrätys (D) sekä rakennuksen rakenteisiin varastoituva hiili ja rakennuksen hiilinielu. Elinkaari on vaiheistettu standardin EN 15643-2 mukaisesti. Kuviossa 37 on esitetty standardin mukainen rakennuksen elinkaarimalli vaiheineen. Hankkeen rakennustuotteita koskevien tarkkojen tietojen on perustuttava standardin EN 15804 mukaiseen ympäristöselosteeseen. Kaikkien laskennan perustana olevien tietojen on oltava luotettavasti ja läpinäkyvästi todenettuja niin kuljetusten kuin toiminnan energiankulutuksen ja päästöjen osalta. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 7)



Kuvio 37. Rakennushakkeen vaiheet standardin EN 15804 mukaisesti (Bionova 2017, 13).

Arviointi voidaan toteuttaa joko yksinkertaistettuna tai tarkennettuna laskentana. Kun tiedossa ei ole kaikkia hankkeen vaiheiden arviointiin vaikuttavia tietoja tai kun muita elinkaareen liittyviä oletuksia on vaikea tehdä, on mahdollista suorittaa yksinkertaistettu arviointi, kuten alussa hanketta luonnosteltaessa tai rakennuslupavaiheessa. Jos arviointi suoritetaan yksinkertaisella menetelmällä, mukaan otetaan hankkeen

materiaalien valmistamisen (A1 - A3) ja ostoenergian (B6) osalta tehdyt laskelmat. Loput elinkaaren vaiheet huomioidaan käyttäen tyypillisiä valmiiksi taulukoituja hiilijalanjälkiarvoja epävarmuuskertoimella lisättyinä. Rakennuksen käyttöönottovaiheessa, kun hankkeen tiedot ovat tarkentuneet, voidaan laatia uusi tarkennettu laskelma. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 9)

Tarkennettussa menettelyssä tiedot, jotka yksinkertaisessa menettelyssä ovat lähtöisin valmiina olevista taulukoista, perustuvat hankkeen tarkentuneisiin tietoihin. Tarkennetun menetelmän avulla on mahdollista saada selkeämpi käsitys hankkeen ilmastovaikutuksista. Myös tarkennetun ja yksinkertaistetun menettelyn yhdistelmää voidaan elinkaariarvioinnissa käyttää kunhan selkeästi ilmoitetaan, mitkä vaiheet ovat laskettu käyttäen tarkennettua menetelmää ja mitkä on huomioitu yksinkertaistetulla menetelmällä. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 9)

Arviointijakson pituus vaihtelee rakennustyyppistä riippuen. Jos hankkeen kohteena on asuinrakennus, tarkastelujakson pituus on 75 vuotta, muiden rakennusten tarkastelujakson ollessa 50 vuotta. Mikäli tarkasteltavassa rakennuksessa on asuintilojen lisäksi muita tiloja, arviointijakson pituus määräytyy pinta-alaltaan suuremman tilan mukaan. Jos asuintilojen ja muiden tilojen pinta-alat ovat yhtä suuret, tarkastelujakso on pidempi, 75 vuotta. Jotta voidaan verrata erilaisia rakennuksia, jotka toiminnallisesti ovat samanlaisia, hiilijalanjäljen arvioinnin laskentatulokset esitetään toiminnallisena yksikkönä. Rakennuksen toiminnallinen yksikkö on arvionnin tulos jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 9) Kuviossa 38 on esitetty hiilijalanjäljen laskennassa huomioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet.



Kuvio 38. Rakennuksen elinkaaren vaiheet, joiden hiilijalanjälki selvitetään (Kuittinen 2019).

Hiilijalanjäljen laskennassa tuotevaiheessa eli ennen käyttöä (A) jokaista hanketta kohden huomioidaan materiaalien ja rakennustuotteiden valmistuksesta aiheutunut hiilijalanjälki, joka sisältää raaka-aineen hankinnan (A1), raaka-aineen toimituksen tuotantolaitokseen (A2) ja varsinaisen valmistuksen (A3) päästövaikutukset. Laskentaan otetaan mukaan rakentamiseen käytettyjen rakennustuotteiden lisäksi rakennustyömaalla ylijääneet rakennustuotteet. Laskenta pohjautuu määrälaskennan tietoihin. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 7) Taulukossa 5 on esitetty luettelo rakennusosista, jotka on otettava arvioinnissa huomioon.

Taulukko 5. Hiilijalanjäljen arvioinnissa huomioitavat rakennusosat (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, liite 1)

Arvioitavat rakennusosat	Vastaavuus eri nimikkeistöjen kanssa	
	Talo 2000	Muut nimikkeistöt
<b>Tontti</b>		
Tontin maatyöt, kaivut, tuennat ja täytöt	111 Maaosat 112 Tuennat ja vahvistukset	(vastaavuudet täydennetään)
Tontin päällysteet	113 Päällysteet	
Tontilla olevat ulkopuoliset rakenteet ja varusteet perustuksineen	114 Alueen varusteet 115 Alueen rakenteet	
<b>Kantavat rakenteet</b>		
Rakennusten perustukset ja vedenpoisto	121 Perustukset	
Alapohjat	122 Alapohjat	
Runko ja julkisivut	123 Runko, 124 Julkisivut, 125 Ulkotasot	
Kattorakenteet	126 Vesikatot	
<b>Kevyet rakenteet</b>		
Väliseinät	131 Tilan jako-osat	
Pintamateriaalit	132 Tilapinnat	
Kiintokalusteet	133 Tilavarusteet	
Hormit ja tulisijat	134 Hormit ja tulisijat	
<b>Talotekniikka</b>		
Energiajärjestelmät	Lämmitysjärjestelmät Jäähdytysjärjestelmät Sähkön tuotantojärjestelmät	
Vesi- ja viemärijärjestelmät	Vesi- ja viemäriputket Tontin sade- ja pintavesijärjestelmät	
Ilmastointijärjestelmät	Ilmanvaihtokoneet Ilmanvaihtokanavat Säleiköt	
Sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmät	Sähköjohdot Pistorasiat Jakorasiat Lattialämmitykset	

Rakentamista varten tarvittavien kaikkien materiaalien ja rakennusosien siirrosta työmaalle sekä maamassojen kuljetuksista (A4) ja työmaatoimintojen (A5) vaikutuksista syntyvät hiilijalanjäljet luetaan kuuluvaksi elinkaaren rakentamisen vaiheeseen. Kuljetukset työmaalla (A4) käsittää myös rakentamisen yhteydessä muodostuneiden jätteiden kuljetukset jätteenkäsittelylaitoksiin tai väliaikaisiin varastoihin. Mikäli kyse on

yksinkertaisesta menettelystä, käytetään keskimääräisiin etäisyyksiin ja eri kuljetusmuotojen päästötietoihin perustuvia taulukoituja arvoja. Tarkennetussa menettelyssä kuljetusten hiilijalanjäljen laskennassa lasketaan kuljetuksien päästöt jokaiselle kuljetusmuodolle ja käyttäen kullekin polttoaineelle ominaisia päästökertoimia. Matkat huomioidaan edestakaisesti. Menomatkan täyttöasteeksi oletetaan 80 % ja paluumatkan 0 %. Maamassoja kuljetettaessa täyttöasteoletus on 100 %:n kuormalla. Rakentamisen jätteiden kuljetuksien etäisyyksien osalta arviointi suoritetaan samalla tavoin kuin elinkaaren vaiheessa C käytön jälkeisten päästöjen osalta. Hiilijalanjäljen arvioinnissa rakennustyömaan (A5) osalta tarkasteluun kuuluvat työkoneiden ja rakentamisen vuoksi tarvittavien tilojen käytöstä syntyvät päästöt. Vaiheeseen A5 kuuluvat rakentamisessa ylijääneet rakennustuotteet, rakentamisen seurauksena syntyneet jätteet, kierrätettävät ja uudelleenkäytettävät rakennustuotteet lasketaan purkuvaiheen (C) tavoin. Päästöt, jotka aiheutuvat ylijääneiden ja jätteeksi menevien rakennustuotteiden valmistuksesta ja jätteiden käsittelyprosesseista luetaan kuuluviksi vaiheen A5 hiilijalanjäljen laskentaan. Tilapäiset rakenteet, telineet, suojaukset ja muut vain rakennusaikaiset rakenteet, jotka eivät ole osa valmista rakennusta tai tonttia, jätetään huomioimatta vaiheen A5 hiilijalanjäljen laskennassa. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 16 - 18)

Elinkaaren hiilijalanjäljen arviointiin käyttövaiheen (B) aikana otetaan mukaan rakennuksen energiankulutus (B6), korjaukset (B3) sekä materiaalien ja osien vaihdot (B4). Muiden kohtien päästöjä, rakennustuotteiden käytön seurauksena syntyviä päästöjä (B1), kunnossapidon (B2) ja vedenkäytön päästöjä (B7), ei huomioida ympäristöministeriön hiilijalanjälki arviointimenetelmäluonnoksen mukaisessa laskennassa. Sen sijaan käyttöveden lämmityksen tai jäädytyksen aiheuttaman energiantuotannon päästöt lasketaan osaksi käyttövaiheen energiankulutuksen päästöjä. Laajamittaisille korjauksille (B5) suoritetaan erillinen arviointi. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 7-9 & 19)

Rakennusten energiankäytön hiilijalanjälki on aina laskettava sekä yksinkertaisessa että tarkennetussa menettelyssä. Energiatsehokkuusasetuksen (1010/2017) mukaisesti määritetyn rakennuksen laskennallisten ostoenergiankulutuksen määrästä saadaan käytettävän energian määrä (B6). Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energian

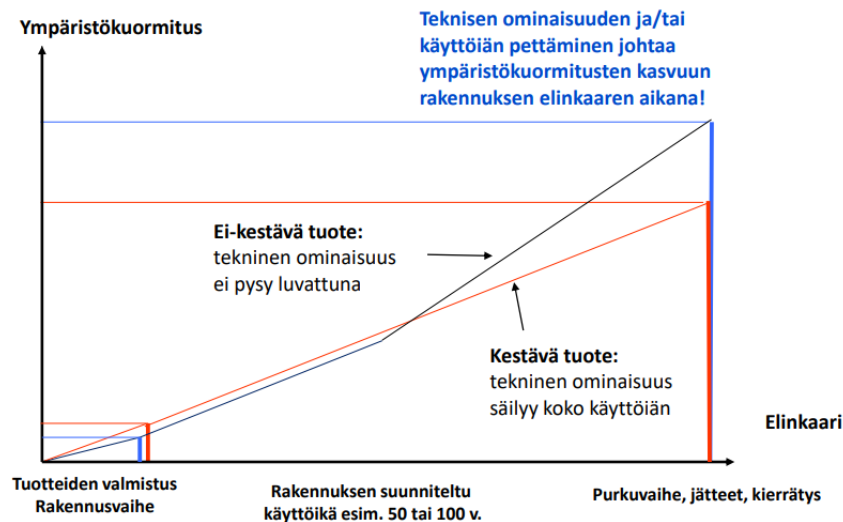


päästökertoimet huomioiden muodostuu elinkaaren aikainen käyttöenergian hiilijalanjälki. Laitesähköä ja niitä teknisiä järjestelmiä, joita ei ole mainittu energiatehokkuusasetuksessa, ei huomioida hiilijalanjäljenlaskennassa. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 19)

Oletettavat pienehköt korjaukset ja yksittäiset rakennustuotteiden ja -osien vaihtotyöt (B3 ja B4) kuuluvat uudisrakennuksen käyttövaiheen hiilijalanjäljenarviointiin. Yksinkertaistetussa menettelyssä käytetään olemassa olevia taulukkoarvoja koskien tulevia korjauksia ja vaihtotyitä. Tarkennetussa menettelyssä hiilijalanjäljen laskennassa vaihdettavien rakennusosien valmistuksen ympäristövaikutuksia tarkastellaan vaiheiden A1 - A3 tavoin, varsinaiset korjaustyöt ja kuljetukset rakentamisvaiheen vastaavien vaiheiden A4 ja A5 arvioinnin mukaisesti sekä vaihdettavien rakennusosien tai korjauksen yhdessä tapahtuvan purkamisen ja muodostuvan jätteen käsittelyn osalta ympäristövaikutukset arvioidaan purkuvaiheen (C) tavoin. Vaikka laskenta tapahtuu-kin muiden vaiheiden laskennan mukaisesti, päästövaikutukset ilmoitetaan käyttövaiheen korjaus- ja vaihtovaiheen kohdalla (B3 ja B4). Oletukset korjaus- ja vaihtotyön tarpeista tehdään lähinnä rakennusosan tai -tuotteen teknisen käyttöiän perusteella. Käyttöikä määräytyy rakennusosan tai -tuotteen käyttöolosuhteiden ja erilaisten standardisoitujen kestävyysluokkien sekä huollon perusteella. Tuotteen vaihtovälin arviointiin on olemassa laskentakaava

$$Vaihtoväli = \left[ \left( \frac{\text{Rakennuksen käyttöikä vuosina}}{\text{Tuotteen käyttöikä vuosina}} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

Laskennallinen vaihtoväli pyöritetään kokonaisluvuksi eli kokonaisiksi vuosiksi (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 20 & 38). Kuviossa 39 on havainnollistettu tuotteen ympäristövaikutuksia, kun laatuvaatimukset eivät toteudu. Huonolaatuinen tuote aiheuttaa vaihdon tai huonon toimintansa vuoksi lopulta suuremmat ympäristövaikutukset kuin laadukas tuote, joka säilyttää ominaisuutensa koko arvioidun teknisen käyttöiän. Vaihtotyö aiheuttaa ylimääräisiä ympäristövaikutuksia. Rakennuksen elinkaaren alkuvaiheessa huonolaatuinen tuote on ilmastokuormaltaan pienempi kuin laadukas tuote.



Kuvio 39. Rakennustuotteiden käyttöiän vaikutus ympäristökuormitukseen rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa (Vuorinen P. 2019)

Hiilijalanjäljen arviointi käyttövaiheen jälkeen on haastavaa, koska rakennuksen suunniteltu elinkaari on tavallisesti pitkä. Rakennuksen purkamisen ja kaikkien tonttimaalta pois kuljettujen rakennusmateriaalien jälkeen sekä, kun tontilla voidaan aloittaa uuden rakennuksen rakennustyöt, ajatellaan edellisen rakennuksen elinkaari päättyneeksi. Yksinkertaistettua menetelmää käyttäessä purkuvaiheen C hiilijalanjälki voidaan arvioida taulukoitujen arvojen perusteella. Mikäli käytetään tarkennettua menetelmää, arvioidaan hankkeen purkutyöt (C1), purkutuotteiden poiskuljetukset (C2), jätteen käsittely (C3) ja loppusijoitus erikseen. Purkutöiden päästöihin huomioidaan kaikki purkutöistä aiheutuvat energiankäytön päästöt, kuten mm. työkoneiden, lisävalaistuksen tai tarvittavien tilapaisten tilojen energiankäytöstä muodostuneet päästöt. Purkuvaiheen kuljetuksien tuottamia päästöjä arvioidaan laskenta-ajankohdan mukaisesti jätelaitosten tai kierrätys- ja uudelleenkäyttöpaikkojen sijaintien perusteella. Myös kuljetukset mahdollisiin väliaikaisiin varastoihin huomioidaan. Matkat lasketaan kuljetusmuodoittain edestakaisina ja täyttöasteeksi noudettaessa oletetaan 0 % ja paluumatkalla 80 % käyttäen polttoaineille tyypillisiä päästökertoimia. Vaiheen C3 jätteen käsittelyn päästöt sisältävät kaiken purkamisen jätteenkäsittelyn, mahdollisen rakennustuotteiden uudelleenkäytön tai muun hyödyntämisen sekä energian talteenoton. Elinkaariarvioinnissa vaiheen C3 osalta käytetään rakennustuotteiden päästökannan materiaalikohtaisia oletuksia, jotka tarkentuvat vasta, kun menetelmä on lopullinen.

Myös loppusijoituksen C4 päästöjen osalta käytetään näitä myöhemmin. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 22 - 23)

Luonnos ottaa huomioon hiilijalanjäljen ohella hiilikädenjäljen. Hiilikädenjäljen arvioinnissa olevia hyödyllisiä vaikutuksia muodostuu esimerkiksi rakennusosien uudelleenkäytöstä ja materiaalien kierrätyksestä (vaihe D elinkaareissa). Kuviossa 40 on lueteltu hiilikädenjäljen arvioinnissa huomioitavia ilmaston kannalta hyödyllisiä tekijöitä. (Ympäristöministeriö 2018)



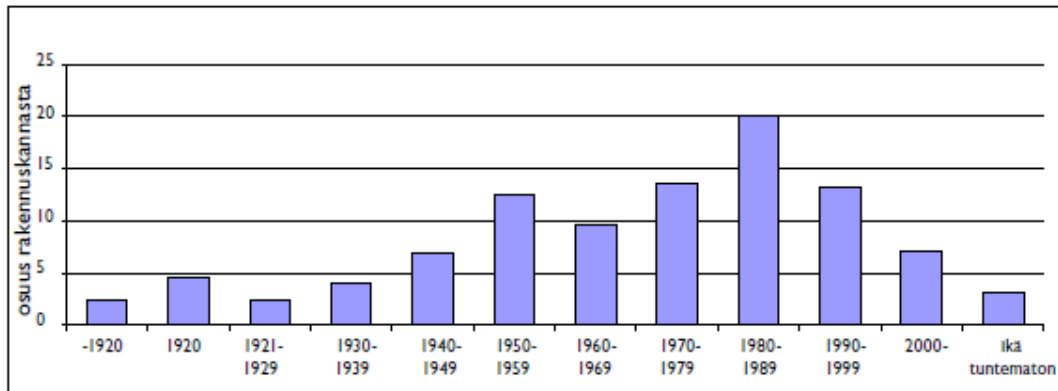
Kuvio 40. Hiilikädenjäljen arviointiin vaikuttavia asioita (Kuittinen 2019).

Varastoitunut orgaaninen hiili rakennusmateriaaleissa ja elinkaaren aikana rakennusmateriaaleihin ilmakehästä sitoutunut hiilidioksidi, karbonoitumisen ansiosta sitoutuva hiilidioksidi sekä uudelleen käytettävät ja kierrätettävät materiaalit huomioidaan rakentamisen hiilikädenjäljen arvioinnissa. Hiilikädenjälki ilmoitetaan omana erillisenä tietona nettomääräisenä. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 27 - 28)

#### 4.6.2 Korjausrakentamisen hiilijalanjälki

Kuten kuviossa 41 nähdään, Suomessa peruskorjausvaiheessa olevan rakennuskannan osuus on suuri. Vanhan rakennuskannan päästövaikutuksiin voidaan yleensä vaikuttaa korjausten yhteydessä. Tällöin suurin mahdollisuus päästövähennyksiin on energiate-

hokkuuden lisäämisessä. Laajamittaiset korjaukset ovat Ympäristöministeriön asetuksen YMa 2/17 2 § mukaista rakennuksen energiatehokkuuden parantamista korjauksissa ja muutostöissä.



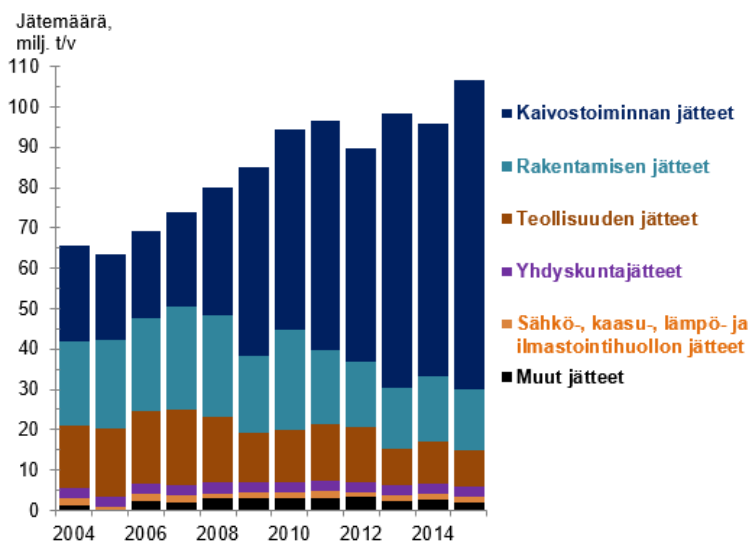
Kuvio 41. Suomalaisen rakennuskannan ikä (Ympäristöministeriö 2007)

Vaiheen (B5) laajamittaiset korjaukset arvioidaan hiilijalanjäljen osalta omana kokonaisutenaan. Kun korjausrakentamisen kustannusten arvo ylittää 25 % rakennuksen arvosta ilman tonttimaata ja korjauksen kohteena ovat rakennuksen vaippa tai tekniset järjestelmät. Hiilijalanjäljen arviointi suoritetaan vastaavalla tavalla kuin uudisrakentamisen hiilijalanjäljen arviointi. Hiilijalanjäljen arviointiin ei oteta mukaan aikaisempia korjauksen kohteena olevan rakennuksen rakennus-, korjaus- tai käyttövaiheita. Arviointi koskee vain korjausta ja arviointi voidaan suorittaa joko yksinkertaisena tai tarkennettuna menettelynä. (Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos 2018, 24)

Arvioidaan, että rakennuskanta on korjattu energiatehokkaaksi vuosikymmenen 2050 tienoilla (Ympäristöministeriön www-sivut) Korjausrakentamisessa päästöjä voidaan hillitä myös pyrkimällä säästävään korjaamiseen ja täydennysrakentamiseen purkamista välttämällä. Purkaminen toteutettava suunnitelmallisesti ja varmistettava että terveiden rakennusosien uudelleen käytettävyys on mahdollista huolellisen purkutyön ansiosta, jotta kiertotalouden tavoitteet toteutuvat. Koska purkuhanke katsotaan Maanrakennuslain mukaiseksi rakennushankkeeksi, toimintatavat ja työn laadun tulee olla säädöksen mukaisia ja suunnitelmallisia kaikkien purkuhankkeen osapuolien osalta. Lajitteleva purkuteknikka mahdollistaa tehokkaan materiaalien kierrätyksen. Jätteitä

ja niiden kuljetusta koskevia asioita käsitellään useissa laeissa, joita ovat mm. uudistettu jätelaki ja asbestinpurkutyötä koskevat erityissäännökset. EU-komissio on julkaissut rakennus- ja purkujätteitä koskevan pöytäkirjan syyskuussa 2018. Tämä asiakirja esittelee vapaaehtoisen esityksen koskien ohjeita purkukatselmuksen suorittamiseen. (Outinen & Hakaste 2019; Euroopan Komission www-sivut 2018)

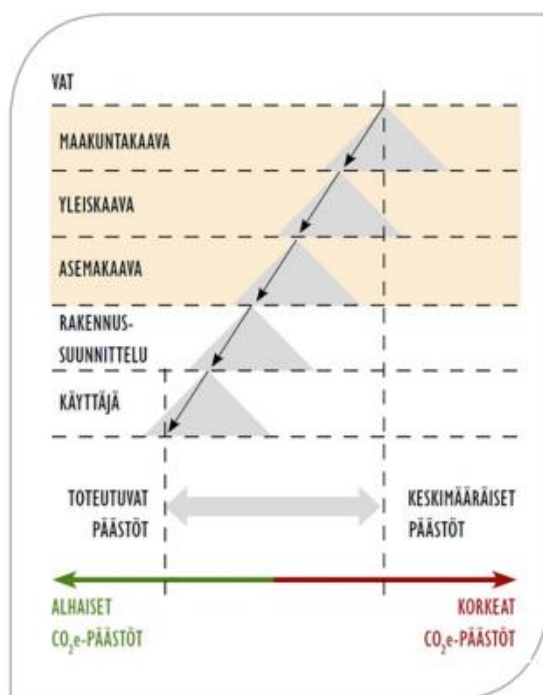
Rakennusjätettä voidaan käyttää infrarakentamisen raaka-aineena. Mm. betonimurskeella, jolla on hyvät lujuusominaisuudet, voidaan korvata väylien ja kenttien pohjarakenteissa tarvittavaa luonnonkiveä tai käyttää korvaamaan sora- ja kalliomursketta. Luonnonkiveen verrattuna betonimursketta tarvitaan vain puolet luonnonkiven määrästä. Uuden betonin valmistukseen murske on käyttökelpoista. Purkubetonin kierrätysprosentti Suomessa on 70 - 80 %. Kaikesta rakennuksilla muodostuvasta jätteestä pyritään kierrättämään 70 % vuoteen 2020 mennessä. Kuten kuviosta 42 havaitaan Suomessa kaivostoiminnan jätteiden jälkeen rakentamisen jätteet muodostavat seuraavaksi suurimman jäteljakeen. Rakentamisen vuosittaiset jättekertymät ovat pienentyneet. Jättemäärään ja siitä kaatopaikalle päätyvän jätteen määrään vaikuttavat sekä vuosittainen rakentamisen volyyymi sekä kierrätys. (Ympäristö.fi -sivuston www-sivut 2016; Rakennusteollisuus RT ry 2019)



Kuvio 42. Eri toimialojen jättemäärät vuosina 2004 - 2015 (Ympäristö.fi -sivuston www-sivut 2015).

#### 4.7 Maankäyttö ja ilmastomuutos

Rakentamisen hiilijalanjäljen muodostuminen alkaa jo suunnitteluvaiheessa. Kaavoituksella on merkittävä rooli ilmastomuutoksen vaikuttamisessa, koska alueiden rakentamisen raamit määräytyvät tässä vaiheessa. Kaavoituksella päätetään alueen käytöstä pitkäksi ajaksi. Kaavoitukseen kuuluu useita tasoja (kuvio 43) ja, jotta ilmastoon vaikuttavat tekijät voidaan huomioida tehokkaasti, tarvitaan laajaa eri toimijoiden ja alueen käyttäjien yhteistyötä. Harkitulla kaavoituksella voidaan vähentää kasvihuonekaasupäästöjen määrää. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 7)



Kuvio 43. Kaavoituksen avulla ohjataan kohti pienempiä kasvihuonepäästöjä. (Uusi-maa-kaava 2050 Kehityskuvat 2018,13)

Alueiden käytön suunnittelu on luonnollisesti erilaista kaupunkiolosuhteissa ja haja-asutusalueella. Kaavoituksessa on mietittävä rakentamisen ja jo valmiin infran tehokasta yhdistämistä sekä huomioitava mahdolliset tulevat ilmastomuutoksen seuraukset. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 8)

Taulukossa 6 on arvioitu ilmastovaikutukseen liittyviä asioita yleiskaavan ja asemakaavan osalta. Yleiskaavassa esitetään yhdyskuntarakenteen, liikkumisen ja viherrakentamisen päälinjaukset. Asemakaavalla vaikutetaan täydennysrakentamisen toteutumiseen, hulevesien poisjohtamisen ratkaisuihin, pienilmastoon ja energiaratkaisuihin. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 12)

Taulukko 6. Yleiskaavan ja asemakaavan vaikutukset ilmastovaikutuksiin. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 70)

	Yleiskaavoitus	Asemakaavoitus
Yhdyskuntarakenne	xxx	x
Liikkuminen	xxx	xx
Viherrakenne	xxx	xx
Täydennysrakentaminen	xx	xxx
Hulevedet	xx	xxx
Pienilmasto	x	xxx
Energiaratkaisut	xx	xxx

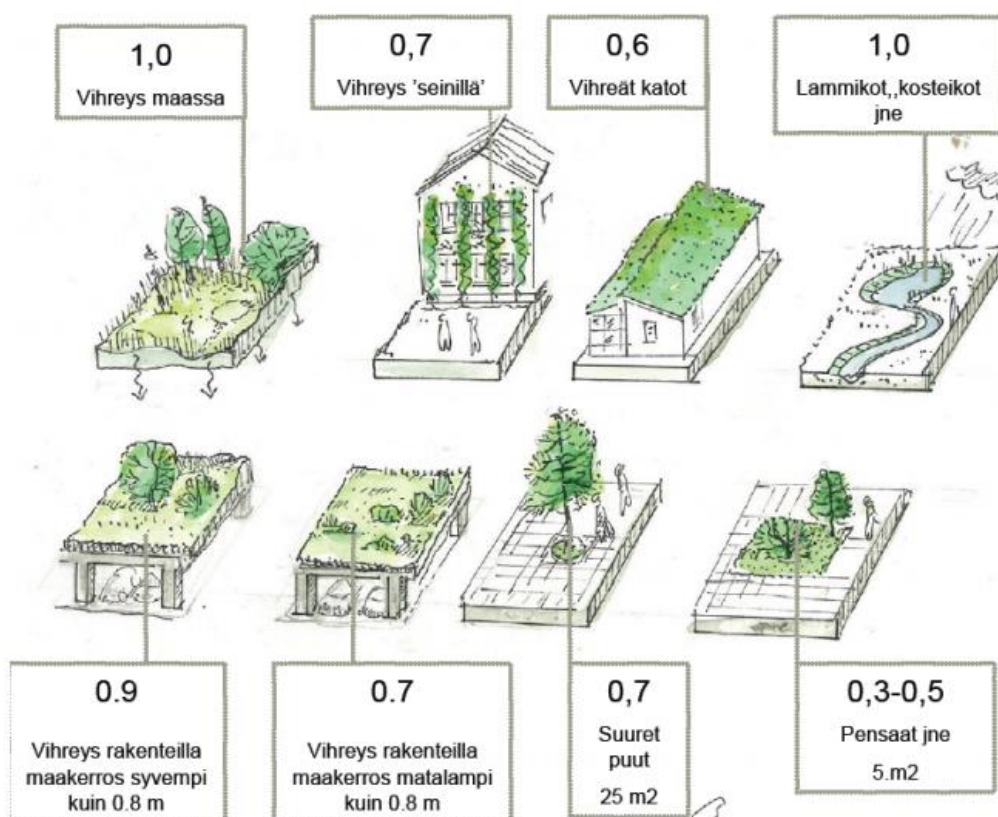
xxx=erittäin tärkeä, xx=tärkeä ja x=vähemmän tärkeä

Olemassa olevien rakennettujen yhteiskuntarakenteiden hyödyntäminen vähentää ilmastokuormaa. Uuden tie- ja katuverkon sekä kunnallistekniikan rakentaminen lisää kuntatalouden menoja sekä päästöjä. Kaavoituksessa tulee mahdollistaa rakennusten käyttötarkoituksen muuttumisen mahdollisuus esim. muutos päiväkodista vanhuspalvelukeskukseksi alueen ikärakenteen muuttuessa. Lisäkerrosten rakentaminen on otettava täydennysrakentamisen keinoksi kaupunkialueilla. Pienilmastoon ja asuinympäristön viihtyvyyteen voidaan vaikuttaa viherkatoilla tai -seinillä ja ympäristön viherrakentamisella. Viherrakentamisen keinoin voidaan myös vaikuttaa hulevesin ja tulvavesien hallittuun ohjaamiseen pois alueelta. Viherrakentaminen ehkäisee taajamien ja pienilmaston lämpötilan kohoamista. Erityisen tulva-alttiin alueen kaavoitusta kannattanee välttää kokonaan. Mikäli alueen rakentamiseksi vaaditaan runsaasti pohjaita, suurenee hiilijalanjälkikin. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 46 & 58)

Kaavoituksella vaikutetaan alueen energialähteen valinnan mahdollisuuteen, kuten kaukolämmön käyttö tai aurinkoenergian hyödyntämiseen määräyksillä kattojen kaltevuudesta, lappeen suunnasta ja sen väristä. Kaavaan merkitään maalämpökenttien ja

aurinkovoimaloiden tilavaraukset. Alueen kasvillisuus vaikuttaa tuuliolosuhteisiin ja siten rakennusten energiatalouteen. Maamme merkittävin hiilinielu on metsä ja metsämaan hakkaaminen rakennusmaaksi tuottaa kertaluontoisen hiilipäästön. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 32)

Joukkoliikenteen käyttö tehtävä helpoksi ja realistiseksi vaihtoehdoksi, jolloin henkilöautoliikenne vähenee. Turvalliset, sujuvat ja kattavat kevyenliikenteen reitit lisäävät polkupyörien käyttöä ja jalankulkua viihtyisyys huomioiden. Liikenteen sujuvuuskin on oltava kaavoituksen lähtökohtana. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 19)



Kuvio 44. Erilaisten viherrakenteiden vihertehokkuuslukuja Malmössä (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 37).

Vihertehokkuusluku on peräisin Berliinistä, jossa vihertehokkuutta lisäämällä haluttiin vaikuttaa vettä läpäisemättömän kaupunkialueen hankaluuksiin, kohentaa pienilmastoa ja ilmanlaatua, maaperän toimintaa ja vesitasapainoa, turvata kasvien ja eläinten



elinalueita ja lisätä erilaisten viherrakenteiden kirjoa. Kasvillisuuden ja muiden viherrakenteiden suhdetta tarkasteltavan alueen pinta-alaan kutsutaan vihertehokkuudeksi. Kaikki kaavan mukaiset pinnat, jotka parantavat ekosysteemien toimivuutta, lasketaan mukaan vihertehokkuuden määrittämissä. Kuviossa 44 on esitetty Malmössä käytössä olevat vihertehokkuuskertoimet. Jyväskylässä on menossa kokeilu vihertehokkuusluvun käytöstä ja Helsingissä on kehitysprojekti koskien vihertehokkuuslukua. (Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus 2015, 36)

## 5 POHDINTA

Ilmastonmuutos on todettu globaalisti lähes yksimielisesti merkittäväksi haasteeksi. On havahduttu kasvihuonekaasujen pitoisuuden jatkuvaan kasvuun ilmakehässä. Selkeä kasvun trendi kasvihuonekaasujen määrässä alkoi teollistumisen alkaessa lähes 300 vuotta sitten. Kasvihuonekaasujen määrän kasvaessa maapallon keskilämpötilakin on lähtenyt nousuun, koska kasvihuonekaasut saavat aikaan ns. kasvihuoneilmaston. Kasvihuoneilmastossa pidempiaaltainen lämpösäteily sitoutuu kasvihuonekaasumolekyyleihin eikä säteile avaruuteen. Lyhytaaltoisempi Auringosta tuleva säteily läpäisee ilmakehän. (Ilmatieteenlaitos 2019)

Koska ilmakehän kaasut leviävät kaikkialle ja osa niistä ovat varsin pitkäikäisiä, liialliset kasvihuonekaasupäästöt ovat yhteinen maailmanlaajuinen ongelma. Varsinkin mahdollinen useiden asteiden suuruinen ilmaston lämpeneminen, aiheuttaa merkittäviä ongelmia. Tieteellisissä julkaisuissa ilmastonmuutoksesta on oltu huolestuneita ainakin 30 vuotta, mutta Rion ilmastokokouksen myötä vuonna 1992 myös ”suuri” yleisö tiedosti ilmiön. Kansainvälisten sopimusten kautta erityisesti YK on pyrkinyt sitouttamaan kansakuntia ilmastonmuutosta hillitseviin toimiin. On päädytty arvioon, että 1,5 °C:n (aiemman noin 2 °C:n sijaan) lämpötilan nousu maapallon keskilämpötilassa verrattuna esiteolliseen aikaan, olisi vielä kestävä taso ihmiskunnan kannalta. Jo 1,5 celsiusasteenkin nousu aiheuttaa muutoksia, kuten jäätiköiden pienenemistä ja äärimmäisiä sääilmiöitä.

Ihmiskunta on siis haasteen edessä ja ongelma on tiedostettu. Esimerkiksi otsonikato aiheutti huolta 1980-luvulla, mutta kansainvälisten sopimusten avulla on saatu aikaan toimia, jotka ovat vähentäneet otsonia tuhoavien kemikaalien päästöjä ilmakehään ja ilmakehä on otsonikadon osalta toipumassa. (Ilmatieteenlaitos 2019) Yhteiset maailmanlaajuiset ponnistelut otsonikadon pysäyttämisessä antavat toivoa siitä, että ihmiskunta on mahdollista saada puhaltamaan yhteen hiileen myös ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Kaikki kansakunnat on saatava tasapuolisesti kantokykynsä mukaan osallistumaan hillintätoimiin. Se, joka sotkee, siivoaa -ajattelu, kuten Intia on esittänyt, ei oikein ilmastonmuutokseen suhtautumisessa toimi. Viime aikoina tosin on herätelty keskustelua, mikä maa on aiheuttanut kumulatiivisesti suurimmat kasvihuonepäästöt aikaperspektiivillä tarkasteltuna. (Helsingin Sanomat 2019)

EU:n jäsenvaltiot ovat erilaisten direktiivien kautta velvoitettuja ryhtymään lainsäädäntönsä muuttamiseen kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. EU-alue on merkittävä kasvihuonekaasujen tuottaja. Energiantuotanto, teollisuus ja liikenne käyttävät fossiilista alkuperää olevia polttoaineita sekä tuottavat runsaasti kasvihuonepäästöjä. Päästöjen vähentämiseksi on EU:ssa luotu päästökauppajärjestelmä, taakanjakosektorin päästövähennystavoitteet ja energiatehokkuuteen liittyviä vaatimuksia on kiristetty. Lisäksi fossiilista alkuperää olevia polttoaineita on korvattava uusiutuvilla energialähteillä teollisuudessa, liikenteessä ja energian tuotannossa. Suomessakin lainsäädäntötoimiin on ryhdytty. EU:n velvoittamiin kasvihuonekaasupäästöjen määrien vähennystavoitteisiin on Suomessa toistaiseksi päästy. Toisaalta laskelmien mukaan vuoteen 2020 voimassa olevan velvoitteilla ei todennäköisesti saavuteta tavoitetta siitä, että maapallon keskilämpötilan nousu jäisi 1,5 celsiusasteeseen. Päästövähennystavoitteita on siksi tarkistettu. Suomessa on kasvihuonekaasupäästöjä kompensoiva hiilinielu. Metsät muodostavat tärkeän hiilidioksidia ilmakehästä kuluttavan tahon. EU on esittänyt Suomelle LULUCF-asetuksessa laskennallisia tavoitteita metsien vuositaisesta hiilinielun määrästä. Tämä on aiheuttanut huolta metsien ja maan käyttöä ajatellen.

Rakentaminen ja rakennukset muodostavan toimialan, josta aiheutuu runsaasti kasvihuonekaasupäästöjä. EU:n tasolla rakentamisen ja rakennusten kasvihuonepäästöjä pyritään vähentämään säätämällä direktiivejä ja antamalla asetuksia, joiden kanssa jäsenmaiden kansalliset säädökset tulee olla yhteneväisiä. Standardit ovat säädösten

ohella toinen merkittävä ohjauskeino, mitkä ohjaavat tulevaisuuden rakentamista kohti vähähiilisempää rakentamista.

Suomessa noin kolmannes kasvihuonepäästöistä on peräisin rakentamisen toimialalta. Merkittävin päästölähde tarkasteltaessa rakennuksen koko elinkaarta on rakennuksen käyttövaiheen energiankulutus. Käyttövaiheessa energiaa erityisesti kuluu käyttöveden ja rakennuksen lämmittämiseen sekä talotekniikkaan. Rakennusten energiantarpeen pienentämiseen on pitkään kiinnitetty erityishuomiota ja uudisrakennusten energiatehokkuutta on pyritty parantamaan kehittämällä erilaisia energiapihejä ratkaisuja, kuten ns. passiivitaloja ja lähes nollaenergiarakennuksia tai talotekniikan toimintaa optimoimalla. Kasvihuonekaasujen määrään vaikuttaa käytetty polttoaine, jolla rakennuksen energiantarve katetaan. Aurinkoenergia ja maalämpö ovat hyviä vaihtoehtoja fossiilisille polttoaineille.

Koska energiatehokkuuden parantaminen alkaa uudisrakentamisessa olla hankalaa, on tarkasteltava muita rakennuksen elinkaaren vaiheita, jotta saataisiin rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen määrää vähennettyä. Tuotevaihe muodostaa rakennuksen elinkaareissa paljon luonnonvaroja ja energiaa kuluttavan vaiheen. Tuotevaiheeseen kuuluu rakennusmateriaalien ja rakennusosien valmistus. Materiaalien valinnalla voidaan merkittävästi vaikuttaa rakennuksen ympäristövaikutuksiin. Sementtiteollisuus tuottaa paljon hiilidioksidipäästöjä, jotka tosin hitaasti kompensoituvat betonituotteiden karbonoitumisen myötä. Puuainekseen sitoutuu fotosynteesin yhteydessä hiilidioksidia. Puuaine ja puurakenteet muodostavat hiilivaraston. Puun käyttö rakentamisessa vähentää kasvihuonekaasupäästöjä. Rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjen osalta suunnitteluvaihe on merkittävä, koska tällöin valitaan rakennusmateriaalit ja energian lähde rakennuksen energiantarpeen kattamiseksi. Muutoinkin vaiheet ennen varsinaista rakentamista on hankkeen kasvihuonekaasupäästöjen osalta tärkeitä. Kaavoituksessa päätetään tonttimaasta. Mikäli rakentaminen vaatii paljon maansiirtotöitä, syntyy myös paljon kasvihuonepäästöjä. Rakennuksen perustan paaluttaminen on huomattava lisäys päästöihin.

Suomessa on paljon vanhaa rakennuskantaa, joka alkaa olla peruskorjausvaiheessa. Purkukatselmuksien ja korjaustoimien tekeminen korjauksista suunnitelmallisempia.

Purkukatselmuksen tuloksena purkamisen tarve tarkentuu ja purkaminen voidaan suorittaa säästävästi, jolloin rakennusosia on mahdollista kierrättää tai käyttää uudelleen ja samalla ympäristökuorma vähenee.

Rakentamisen koko elinkaaren hiilijalanjäljen arvioinnilla saadaan käsitys rakennuksen aiheuttamasta ilmastokuormasta, vaikka rakennukset ovat pitkäikäisiä rakenteita. Hiilijalanjäljen laskenta sisältää rakentamisen vaiheet alkaen materiaalien valmistuksesta rakennuksen purkuun asti. Hiilijalanjäljen arviointimenetelmä perustuu standardeihin, jolloin erilaisten rakennusten hiilijalanjälkien vertailu on mahdollista myös muiden valtioiden rakennuksien kanssa. Koska vähähiilisyys on materiaali- ja energia- tehokasta, syntyy usein samalla kustannussäästöjä.

Hankkeen suunnitteluvaiheen tärkeyden vuoksi, rakennusalan suunnittelijoiden ammattitaitoon tulee panostaa. Lisäksi suunnittelun perustana olevat materiaalitiedot on oltava helposti saatavia ja todennettuja. Valmiit hiilijalanjäljen laskentaohjelmat on tehtävä mahdollisimman helppokäyttöisiksi ja selkeiksi. Kun hankkeen kaikessa toiminnassa otetaan huomioon mahdollisimman vähähiiliset ja kestävät toimintatavat sekä ratkaisut, voidaan rakentamisen ympäristövaikutuksia pienentää.

## LÄHTEET

Ahola R. & Liljeström K. 2018. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokralokohteessa. ASUMISEN RAHOITUS- JA KEHITTÄMISKESKUKSEN RAPORTTEJA 08/2018. Viitattu 25.5.2019.

[https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hiilijalanj%C3%A4ljen-pienent%C3%A4minen-kustannustehokkaasti\\_2018.pdf](https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hiilijalanj%C3%A4ljen-pienent%C3%A4minen-kustannustehokkaasti_2018.pdf)

Berninger, K. 2012. Hiilineutraali Suomi. Miten luodaan ilmastoystävällinen yhteiskunta?. Helsinki: Gaudeamus.

Bionova Oy. 2015. Rakennusmateriaalien kasvihuonekaasupäästöjen ohjaukseen käytettävät järjestelmät ja sääntely. Viitattu 3.5.2019. [https://www.oneclick-lca.com/wp-content/uploads/2017/11/Bionova\\_YM\\_materiaalien\\_ymparistoohjaus\\_20loka2015\\_FINAL.pdf](https://www.oneclick-lca.com/wp-content/uploads/2017/11/Bionova_YM_materiaalien_ymparistoohjaus_20loka2015_FINAL.pdf)

CEN AFNOR Normalisation www-sivut. 2017. Standards overview. Viitattu 21.5.2019. [http://portailgroupe.afnor.fr/public\\_espacenormalisation/CENTC350/standards\\_overview.html](http://portailgroupe.afnor.fr/public_espacenormalisation/CENTC350/standards_overview.html)

CO<sub>2</sub> raportin www-sivut. 2012. ”Äärisäät johtuvat ilmastonmuutoksesta”. Viitattu 13.2.2019. <http://www.co2-raportti.fi>

Ecobio Oy:n www-sivut. 2018. KeKri, eli ”kestävän rakentamisen kriteerit” -hanke käynnistynyt. Viitattu 24.5.2019. <https://www.ecobio.fi/kekri-eli-kestavan-rakentamisen-kriteerit/>

Energiaviraston www-sivut. 2019. Energiatehokkuus. Viitattu 1.5.2019. <https://energiavirasto.fi/energiatehokkuus>

Energiaviraston www-sivut 2019. Päästökauppa. Viitattu 23.4.2019. <https://energiavirasto.fi/paastokauppa>

Energiaviraston www-sivut. 2019. Päästöoikeuksien huutokauppa. Viitattu 23.4.19. <https://energiavirasto.fi/huutokauppa>

Euroopan komission www-sivut. 2017. 2020 Climate & energy package. Viitattu 25.4.2019. [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_fi](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_fi)

www-sivut. 2019. Energy Efficiency Directive. 1.5.2019. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>

Euroopan komission www-sivut. 2018. Komission kertomus Euroopan parlamentille ja neuvostolle. EU ja Pariisin ilmastopöytäkirja: tilannekatsaus Katowicen osapuolikonferenssiin liittyvästä edistyksestä. Viitattu 12.5.2019. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0716&from=IT>

Euroopan komission www-sivut. 2019. Level(s). Building sustainability performance. Viitattu 21.4.2019. <http://ec.europa.eu/environment/eussd/buildings.htm#toolkit>

Euroopan komissio. 2019. Level(s): a guide to europe's new reporting framework for sustainable buildings. Viitattu 21.5.2019. [http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Level\\_publication\\_EN.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/Level_publication_EN.pdf)

Euroopan komission www-sivut. 2015. Rakennusten purku- ja kunnostustöitä edeltäviä jätetuoltotarkastuksia koskevat ohjeet. Viitattu 26.5.2019. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/31527?locale=en>

Euroopan parlamentin www-sivut. 2018. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen: kansalliset tavoitteet vuodeksi 2030. Viitattu 24.4.19. <http://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180208STO97442/kasvihuonekaasupaastojen-vahentaminen>

Euroopan parlamentin www-sivut. 2018. Kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa ja maailmalla. Viitattu 10.3.2019. <http://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180301STO98928/kasvihuonekaasupaastot-eu-ssa-ja-maailmalla-infografiikka>

Euroopan parlamentin www-sivut. 2018. Kehitys kohti EU:n ilmastotavoitteita (infografiikka). Viitattu 23.4.2019. <http://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20180706STO07407/kehitys-kohti-eu-n-ilmastotavoitteita-infografiikka>

Green Building Council Finland www-sivut. 2018. Suomen Level(s)-pilotointi löi komission edustajan ällikällä. Viitattu 21.4. 2019. <https://figbc.fi/suomen-levels-pilotointi-loi-komission-edustajan-allikalla/>

Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli (IPCC) ilmastonmuutos v. 2013: luonnontieteellinen perusta yhteenveto päätöksentekijöille suomeksi. 2014. Suom. Ruosteenoja, K. Ensimmäisen työryhmän osuus IPCC:n 5. arviointiraportissa. Viitattu 13.3.2019. <https://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenveto-suomennos.pdf/4332dffb-da72-41c9-a23d-24215c5cbbac>

Hallituksen esitys eduskunnalle Pariisin sopimuksen hyväksymisestä ja sopimuksen lainsäädännön alaan kuuluvien määräysten voimaansaattamisesta. HE 200/2016.

Helsingin Sanomat. 2019. Kuka päästi kaiken hiilen ilmaan? Kuva suurimmasta päästäjästä muuttuu, kun katsotaan historiallisia hiilidioksidipäästöjä. Viitattu 30.5.2019. <https://www.hs.fi/ulkomaat/art-2000006125192.html>

HINKU-foorumin www-sivut. 2018. Päästökehitys. Viitattu 22.5.2019. <http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Paastokehitys>

Ilmastolaki 609/2015

Ilmasto.org-sivuston www-sivut. 2019. Kansainvälinen ilmastopolitiikka. Viitattu 10.3.2019. <http://ilmasto.org/ilmastonmuutos/ilmastopolitiikka/kansainvalinen-ilmastopolitiikka>

Ilmastopaneelin www-sivut. 2019. Ilmastopaneeli tuo tieteen lähemmäs päätöksentekoa. Viitattu 21.4.2019. <https://www.ilmastopaneeli.fi/>

Ilmastopaneelin www-sivut. 2018. Suomen ilmastopolitiikalle lisää kunnianhimoa 1,5 asteen tavoitteeseen – Suomen Ilmastopaneelin seminaari 9.11.2018. Viitattu 10.3.2019. <https://www.ilmastopaneeli.fi/aineistot-ja-raportit/>

Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus. 2015. Suomen ympäristö 3/2015. Viitattu 21.4.2019. <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/154436>

Ilmatieteenlaitos. 2019. Kasvihuoneilmiö. Viitattu 30.5.2019. <http://www.ava.fmi.fi/oppimateriaali/envisat/otsoni/kasvihuone.html>

Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut. 2018. IPCC infografiikat. Viitattu 13.3.2019. [http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/videot-ja-visualisoinnit/-/artikkeli/721d3a24-7aba-43da-9b63-6add5dc74e5d/ipcc\\_infografiikat.html](http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/videot-ja-visualisoinnit/-/artikkeli/721d3a24-7aba-43da-9b63-6add5dc74e5d/ipcc_infografiikat.html)

Ilmatieteenlaitoksen Ilmasto-opas.fi www-sivut. 2013. Maapallon ilmastohistoria. Viitattu 13.2.2019. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/b0b91934-12d1-49cd-88dd-7e08250a4e88/maapallon-ilmastohistoria.html>

Kaskinen, T. 2013. Kolme kestävän kehityksen polkua yrityksen menestykseen. Viitattu 23.4.2019. <https://www.sitra.fi/artikkelit/kolme-kestavan-kehityksen-polkua-yrityksen-menestykseen/>

Kuittinen M. 2019. Hiilijalanjäljen arviointimenetelmä Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaari 20.3.2019. Viitattu 26.5.2019. [https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Vahahiilisen\\_rakentamisen\\_vuosiseminaari\(49551\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Vahahiilisen_rakentamisen_vuosiseminaari(49551))

Kuittinen M. & le Roux S. 2017. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. Ympäristöopas 2017. Viitattu 26.5.2019. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80654/YO\\_2017\\_Vahahiilisen\\_rakentamisen\\_hankintakriteerit.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80654/YO_2017_Vahahiilisen_rakentamisen_hankintakriteerit.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kuittinen M. 2018. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit Fiksun rakentamisen kuntakiertue. Viitattu 23.5.2019. [http://ssty.fi/wp-content/uploads/2018/02/YmparistoministerionOpasVahahiiliseenJulkiseenRakentamiseen\\_MattiKuittinen.pdf](http://ssty.fi/wp-content/uploads/2018/02/YmparistoministerionOpasVahahiiliseenJulkiseenRakentamiseen_MattiKuittinen.pdf)

Kuntien ilmastotavoitteet ja –toimenpiteet. 2018. Deloitte. Viitattu 22.5.2019. <https://media.sitra.fi/2018/10/30151716/kuntien-ilmastotavoitteet-ja-toimenpiteet1.pdf>

Laatikainen, T. 2019. Tässä Suomen 30 suurinta yksittäistä CO<sub>2</sub>-päästölähdettä – laitosten osuus hieman alle puolet kaikista päästöistä. Viitattu 23.5.2019. <https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/tassa-suomen-30-suurinta-yksittaista-co2-paastolahdetta-laitosten-osuus-hieman-alle-puolet-kaikista-paastoista-6762529>



- Lamminmäki R. & Kaipainen J. 2017. 10 x mikä LULUCF? Klimaatti. Viitattu 25.4.2019. <http://www.klimaatti.fi/10-x-mika-lulucf/>
- Lundgren, K., Laininen, E., Hannukkala, T. & al. 2006. Opetushallituksen Kestävän kehityksen malli -sivuston www-sivut. Viitattu 22.4.2019. <http://www03.edu.fi/aineistot/keke/index.htm>
- Maailmantalous.net –sivuston www-sivut. 2013. Maailmantalouden ABC. Viitattu 23.4.2019. <http://maailmantalous.net/fi/abc/paastokauppa>
- Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut. 2019. Biomassan kestävyyskriteerit. Viitattu 01.05.2019. <https://mmm.fi/metsat/puun-kaytto/biomassojen-kestavyys>
- Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut. 2018. EU:n energia- ja ilmastopolitiikka. Viitattu 25.4.19. <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/eu-energia-ja-ilmastopolitiikka>
- Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut. 2018. EU:n LULUCF-asetuksen mukainen arvio Suomen metsien hiilinielutasosta 2021–2025 on valmistunut. Viitattu 25.4.2019 [https://mmm.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/eu-n-lulucf-asetuksen-mukainen-arvio-suomen-metsien-hiilinielutasosta-2021-2025-on-valmistunut](https://mmm.fi/artikkeli/-/asset_publisher/eu-n-lulucf-asetuksen-mukainen-arvio-suomen-metsien-hiilinielutasosta-2021-2025-on-valmistunut)
- Maa- ja metsätalousministeriön www-sivut. 2018. Metsien hiilinielut. Viitattu 14.4.2019. <https://mmm.fi/luonto-ja-ilmasto/energia-ja-ilmastopolitiikka/eu-energia-ja-ilmastopolitiikka/metsien-hiilinielut>
- Motivan www-sivut. 2016. Energiategokkuusdirektiivi. Viitattu 1.5.2019 <https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/direktiivit/energiategokkuusdirektiivi>
- Outinen K. & Hakaste H. Korjausrakentamisen viranomaisohjaus ja muuta ajankoh- taista. Viranomaisvalvonta korjausrakentamisessa, ohjaustyökalut onnistuneeseen korjaukseen –Oulun rakennusvalvonnan tilaisuus 18.1.2019. Viitattu 26.5.2019. [https://www.ouka.fi/documents/486338/18299164/20190118+Viranomaisoh- jaus+korjausrakentamisessa\\_Katja+Outinen.pdf/07590f9f-109f-46c2-8390-12a83e96f9a6](https://www.ouka.fi/documents/486338/18299164/20190118+Viranomaisoh- jaus+korjausrakentamisessa_Katja+Outinen.pdf/07590f9f-109f-46c2-8390-12a83e96f9a6)

Pajula, T. 2014. Tuotteen hiilijalanjäljen laskenta ja viestiminen ISO/TS 14067. Organisaation kasvihuonekaasupäästöjen määrittäminen ISO/TR 14069. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Viitattu 3.5.2019. [https://www.sfs.fi/fi-les/5245/1\\_ISO\\_TS\\_14067\\_ja\\_ISO\\_TR\\_14069\\_Pajula.pdf](https://www.sfs.fi/fi-les/5245/1_ISO_TS_14067_ja_ISO_TR_14069_Pajula.pdf)

Pasanen P. & Miilumäki N. 2017. Infrahankkeiden EN-standardeja noudattava hiilijalanjälki- ja elinkaariarviointi. Hankkeiden hiilijalanjäljen ohjaus- ja optimointimahdollisuudet suunnittelu- ja rakennuttamistoiminnassa. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 20/2017. Viitattu 21.5.2019. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134744/lts\\_2017-20\\_978-952-317-386-6.pdf?sequence=2](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/134744/lts_2017-20_978-952-317-386-6.pdf?sequence=2)

Punkki, J. 2003. Rakentamisen ekologisuus. Rakennustieto. Rakentajain kalenterin artikkelit. Viitattu 11.5.2019. <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK030305.pdf>

Puuinfo. 2010. Rakentamisen hiilijalanjälki. Kunnat portinvartijoina. Viitattu 25.5.2019. <https://docplayer.fi/1439593-Rakentamisen-hiilijalanjalki.html>

Päästökauppalaki muutoksineen 8.4.2011/311, 2§. Viitattu 24.4.2019 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110311>

Rajala, M. 2005. Rakennushankkeen vaiheet ja osapuolet. Viitattu 21.4.2019. [http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/rakennushankkeen\\_vaiheet.htm](http://arkit.tkk.fi/kurssit/A91181/rakennushankkeen_vaiheet.htm)

Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden ympäristövaikutukset ja niiden arviointiperusteet Häkkinen T., Vares S., Vesikari E., Saarela K., Tattari K. & Säteri J. VTT Tiedotteita 1836 Espoo 1997 VTT Offsetpaine, Espoo 1997

Rakennusten hiilijalanjäljen arviointimenetelmä -luonnos. 2018. Ympäristöministeriö. Viitattu 3.3.2019. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=57846e74-8072-4c16-a191-176aebbbd3a>

Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut. 2019. Kestävän rakentamisen standardit luovat yhdenmukaiset pelisäännöt. Viitattu 3.5.2019. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentaminen-ja-vaaralliset-aiheet/CENCT-350-Kestava-rakentaminen/>

Rakennusteollisuus RT ry. 2019. Purku ja kierrätys. Viitattu 9.5.2019. <https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/Tietoa-alasta/Purku-ja-kierratys/>

Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut. 2019. Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana. Viitattu 2.5.2019. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>

Rakennusteollisuus RT ry:n www-sivut. 2019. Rakennustuotteiden CE-merkintä. Viitattu 3.5.2019. <https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Maaraykset-ja-standardisointi/Rakennustuotteiden-CE-merkinta/>

Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. 2013. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 216-2013. Helsinki: Tammerprint Oy

Rakli ry:n www-sivut. 2018. Energiatohokkuusdirektiivin muutos voimaan 9.7.2018, kansallinen toimeenpano alkaa. Viitattu 21.5.20219 <https://www.rakli.fi/rakennuttaminen/ajankohtaista/energiatohokkuusdirektiivin-muutos-voimaan-9.7.2018-kansallinen-toimeenpano-alkaa.html>

Rinne, P. 2011. Mitä ilmastonmuutos merkitsee ja mitä tulisi tehdä? Teoksessa A., Virtanen ja L., Rohweder (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä, Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus.

Ruuska, A., Häkkinen, T., Vares S., Korhonen M-R. & Myllymaa T. 2012 Ympäristöministeriön raportteja 8/2013, Rakennettu ympäristö, s. 39. URN: ISBN: 978-952-11-4154-6. ISBN: 978-952-11-4154-6 (PDF). Viitattu 11.5.2019. [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra\\_82013\\_Rakennusmateriaalien\\_ymparist\(9056\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_82013_Rakennusmateriaalien_ymparist(9056))

Saari, A. 2000. Rakentajan ekotieto. Uudisrakentaminen. Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki: Rakennustieto Oy

Sepponen M., Nieminen J., Tuominen P., Kouhia I., Shemeikka J., Viikari M., Hemmilä K. & Nykänen V. 2013, 21). Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 2/2013 PDF-dokumentti. Viitattu 25.5.2019. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41558/ARARA\\_2\\_2013\\_Lahes\\_nolla-energiatalon\\_suunnittelu.PDF?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41558/ARARA_2_2013_Lahes_nolla-energiatalon_suunnittelu.PDF?sequence=1)

Suomen Ilmastopaneelin www-sivut. 2019. Ilmastopaneeli tuo tieteen lähemmäs päätöksentekoa. Viitattu 24.4.2019. <https://www.ilmastopaneeli.fi/esittely/>

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran www-sivut. 2019. Hiilikädenjälki. Viitattu 23.5.2019. <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/hiilikadenjalki/>

Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran www-sivut. 2018. Mistä on kyse? Viitattu 21.4.2019. <https://www.sitra.fi/aiheet/kiertotalous/#mista-on-kyse>

Suomen kasvihuone-kaasupäästöt 1990–2017. 2018. Helsinki: Tilastokeskus. Ympäristö ja luonnonvarat 2018. Viitattu 13.2.2019. [http://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp\\_kahup\\_1990-2017\\_2018\\_19735\\_net.pdf](http://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/khkinv/yymp_kahup_1990-2017_2018_19735_net.pdf)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut. 2016. EU ja standardisointi. Viitattu 3.5.2019. [https://www.sfs.fi/standardien\\_laadinta/mita\\_standardisointi\\_on/standardisoinnin\\_maailmankartta/eurooppalainen\\_standardisointi/eu\\_ja\\_standardisointi](https://www.sfs.fi/standardien_laadinta/mita_standardisointi_on/standardisoinnin_maailmankartta/eurooppalainen_standardisointi/eu_ja_standardisointi)

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n www-sivut. 2019. Standardien suhde direktiiveihin ja muihin asiakirjoihin. Viitattu 3.5.2019 [https://www.sfs.fi/julkaisut\\_ja\\_palvelut/standardi\\_tutuksi/standardit\\_direktiivit\\_ja\\_ce-merkinta](https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/standardi_tutuksi/standardit_direktiivit_ja_ce-merkinta)

Suomen ympäristöopisto SYKLI. 2014. Rakennustyömaan kestävät käytännöt. Viitattu 24.5. 2019. <https://docplayer.fi/2003947-Kestava-kehitys-rakennusalalla.html>

Tamminen, V. 2018. Miten Suomesta tehdään hiilineutraali? Viitattu 22.5.2019. <https://www.talouselama.fi/kumppaniblogit/caverion/miten-suomesta-tehdaan-hiilineutraali/6abf7b2c-57d4-347a-a00a-6b5e31271388>

Taustamuistio rakennusten elinkaariarvioinnin menetelmäohjeeseen. Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018. 2018. Ympäristöministeriö. Viitattu 3.3.2019 <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=57846e74-8072-4c16-a191-176aebbbd3a>

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n www-sivut. 2018. Hiilikädenjälki: Uusi ympäristömittari tuotteiden positiivisten ilmastovaikutusten arviointiin. Viitattu 23.5.2019. <https://www.vtt.fi/medialle/uutiset/hiilik%C3%A4denj%C3%A4lki-uusi-ymp%C3%A4rist%C3%B6mittari-tuotteiden-positiivisten-ilmastovaikutusten-arviointiin>

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. 2018. Rakennuksen hiilijalanjäljen arviointityökalun luonnos. Luonnos lausuntokierrosta varten 16.11.2018. Viitattu 2.6.2019. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=57846e74-8072-4c16-a191-176aebbbd3a>

The IPCC Fifth Assessment Report (AR5). 2014. Global Warming Potential Value. Viitattu 13.3.2019. [https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://www.ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf)

Tilastokeskuksen www-sivut. 2019. Maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsätalous -sektorin nielu 20 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Viitattu 28.4.2019. [http://www.stat.fi/til/khki/2017/01/khki\\_2017\\_01\\_2019-01-15\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/khki/2017/01/khki_2017_01_2019-01-15_tie_001_fi.html)

Tilastokeskuksen www-sivut. 2018. Ympäristötilinpito. Viitattu 3.3.2019. <http://www.stat.fi/tup/ymparistotilinpidon-teemasivut/index.html>

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. 2019. Päästökauppa. Viitattu 24.4.2019. <https://tem.fi/paastokauppa>

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. 2019. Selvitys: Päästökauppa uudistuu, vaikutukset Suomeen hahmottumassa. Viitattu 23.4.2019. [https://tem.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/10616/selvitys-paastokauppa-uudistuu-vaikutukset-suomeen-hahmottumassa](https://tem.fi/artikkeli/-/asset_publisher/10616/selvitys-paastokauppa-uudistuu-vaikutukset-suomeen-hahmottumassa)

Työ- ja elinkeinoministeriön www-sivut. 2019. Uusiutuva energia Suomessa. Viitattu 13.2.2019. <https://tem.fi/uusiutuva-energia>

United Nations. 2014. Updated compilation of information on the mitigation benefits of actions, initiatives and options to enhance mitigation ambition. Viitattu 14.04.2019. <http://unfccc.int/resource/climateaction2020/media/1171/13a03.pdf>

Uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistäminen. 21.02.2017. Directive 2009/28/EC muutoksineen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=LEGISSUM:en0009>

Valtioneuvostonkanslian kestavakehitys.fi -sivuston www-sivut. 2019. Kestävän kehityksen periaatteet. Viitattu 22.4.2019. <https://kestavakehitys.fi/kestava-kehitys/periaatteet>

Valtonen, A. 2019. Teollinen vallankumous alkaa. Viitattu 24.5.2019. <http://www.hi3.fi/2-teollinen-vallankumous/2-1-teollinen-vallankumous-alkaaisosta-britanniasta/>

Virtanen, A. 2011. Mitä ilmastonmuutos merkitsee ja mitä tulisi tehdä? Teoksessa A., Virtanen ja L., Rohweder (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä, Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus.

Vuorinen, P. 2019. Kestävän rakentamisen kriteerit –hanke. Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaari 20.3.19. Viitattu 24.5.2019. [https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vahahiilisen\\_rakentamisen\\_vuosiseminaari\(49551\)](https://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Vahahiilisen_rakentamisen_vuosiseminaari(49551))

Yhdysvaltain liittovaltion sää- ja valtamerentutkimusorganisaation (NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration) www-sivut. 2019. Recent Monthly Average Mauna Loa CO<sub>2</sub>. Viitattu 23.5.2019.

<https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

Ympäristö.fi –sivuston www-sivut. 2016. Teollisuuden ja rakentamisen jätteet ja hyötykäyttö. Viitattu 12.5.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat\\_ja\\_tilastot/Vihrean\\_kasvun\\_indikaattorit/Vahahiilisyys\\_ja\\_resurssitehokkuus/Teollisuuden\\_ja\\_rakentamisen\\_jatteet\\_ja\\_\(40899\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kartat_ja_tilastot/Vihrean_kasvun_indikaattorit/Vahahiilisyys_ja_resurssitehokkuus/Teollisuuden_ja_rakentamisen_jatteet_ja_(40899))

Ympäristö.fi www-sivut 2018. Valtakunnallisen jättesuunnitelman seuranta. Viitattu 13.5.2019 <https://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Jatteet\\_ja\\_jatehuolto/Jatesuunnittelu/Valtakunnallisen\\_jatesuunnitelman\\_seuranta](#)

Ympäristöjohtamisen standardisarja ISO 14000. 2019. Viitattu 23.5.2019.

[https://www.sfs.fi/files/8091/14001-sarja\\_web.pdf](https://www.sfs.fi/files/8091/14001-sarja_web.pdf)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2019. Ilmastomuutoksen hillitseminen. Viitattu 23.5.2019. <https://www.ym.fi/fi->

[FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastomuutoksen\\_hillitseminen](#)

Ympäristö.fi -sivuston www-sivut. 2016. Ilmastopolitiikan toimijat. Viitattu 22.5.2019. <https://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastomuutoksen\\_hillinta/Ilmastopolitiikan\\_toimijat/Ilmastopolitiikan\\_toimijat\(25427\)](#)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2018. Euroopan unionin ilmastopolitiikka. Viitattu 23.4.2019. [https://www.ym.fi/fiFI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastomuutoksen\\_hillitseminen/Euroopan\\_unionin\\_ilmastopolitiikka](https://www.ym.fi/fiFI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastomuutoksen_hillitseminen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2018. EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutos julkaistu. Viitattu 21.5.20219. <https://www.ym.fi/fi->

[FI/Ajankohtaista/Uutiset/EUn\\_rakennusten\\_energiatehokkuusdirektii\(47179\)](#)

Ympäristöministeriön www-sivut . 2017. EU:n ympäristöministerit sopuun päästökauppadirektiivin uudistamisesta. Viitattu 23.4.2019. <https://www.ym.fi/fi->

[FI/Ajankohtaista/EUn\\_ymparistoministerit\\_sopuun\\_paastokau\(42290\)](#)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2015. Ilmastolainsäädäntö. Viitattu 22.5.2019

[https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Ilmastolainsaadanto](https://www.ym.fi/fi-FI/Ymparisto/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Ilmastolainsaadanto)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2019. Kioton pöytäkirja. Viitattu 10.3.2019.

<https://www.ym.fi/fi->

[FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastomuutoksen\\_hillitseminen/Kansainvaliset\\_ilmastoneuvottelut/Kioton\\_poytakirja](#)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2018. Level(s) – Rakennusten resurssitehokkuuden yhteiset EU-mittarit. Viitattu 21.4.2019 <https://www.ym.fi/fi->

[FI/Maankaytto ja rakentaminen/Kansainvalinen yhteistyö/Levels Rakennusten resurssitehokkuuden yhteiset EUmittarit](#)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2018. Miten puolittaa kansalaisten hiilijalanjälki vuoteen 2030 mennessä? Viitattu 18.5.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto\\_ja\\_ilma/Ilmastonmuutoksen\\_hillitseminen/Kohti\\_nollapaastoj\\_a\\_blogi\\_ilmastonmuutoksesta/Miten\\_puolittaa\\_kansalaisten\\_hiilijalanj\(48222\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitseminen/Kohti_nollapaastoj_a_blogi_ilmastonmuutoksesta/Miten_puolittaa_kansalaisten_hiilijalanj(48222))

Ympäristöministeriön www-sivut. 2017. Mitä on kestävä kehitys. Viitattu 22.4.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/ymparisto/kestava\\_kehitys/mita\\_on\\_kestava\\_kehitys](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kestava_kehitys)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2017. Rakentamisen resurssitehokkuuden EU-mittarien testaus alkaa. Viitattu 21.4.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Rakentamisen\\_resurssitehokkuuden\\_EUmitta\(45486\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uutiset/Rakentamisen_resurssitehokkuuden_EUmitta(45486))

Ympäristöministeriön www-sivut. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Viitattu 11.5.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Tiekartta\\_rakennuksen\\_elinkaaren\\_hiilijalanjaljen\\_huomioimiseksi](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Tiekartta_rakennuksen_elinkaaren_hiilijalanjaljen_huomioimiseksi)

Ympäristöministeriön www-sivut. 2018. Vähähiilisessä rakentamisessa on potentiaalia merkittäviin päästövähennyksiin. Viitattu 23.5.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Rakentamisen\\_ohjaus/Vahahiilinen\\_rakentaminen/Vahahiilisessa\\_rakentamisessa\\_on\\_potenti\(48543\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Rakentamisen_ohjaus/Vahahiilinen_rakentaminen/Vahahiilisessa_rakentamisessa_on_potenti(48543))

Ympäristöosaava.fi www-sivut. 2019. Materiaalitehokkuus. Viitattu 21.4.2019. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus\\_ja\\_tuotanto/Resurssitehokkuus/Materiaalitehokkuus](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Materiaalitehokkuus)

Ympäristöosaava.fi www-sivut. 2019. Rakennusala ja ympäristö. Viitattu 23.5.19. <https://www.ymparistoosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22765>



