

Opinnäytetyö AMK

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma
Rakennusmestari, AMK

2021

Katariina Kynäslahti

HIILINEUTRAALI RAKENTAMINEN

TURKU AMK 
TURKU UNIVERSITY OF
APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutusohjelma | Rakennusmestari

2021 | 39 sivua

Ohjaaja: Sirpa Erkkilä-Häkkinen

Katariina Kynäslähti

HIILINEUTRAALI RAKENTAMINEN

Opinnäytetyön tavoitteena oli koota tietoa, mistä rakennuksen hiilidioksidipäästöt muodostuvat. Tähän on pyritty löytämään vastauksia huomioimalla rakennuksen koko elinkaari. Työn perustana toimii Suomen hallitusohjelman Hiilineutraali Suomi 2035 -tavoitteen vaikutus rakentamiseen.

Käsitteellä hiilineutraali tarkoitetaan tasapainoa hiilikäden- ja hiilijalanjäljen välillä, toisin sanoen pyrkimys on sitoa päästöjä vähintään yhtä paljon kuin tuottaa niitä. Hiilineutraaliuden määritelmää voidaan käyttää yritykselle, tapahtumalle, organisaatiolle, toiminnalle tai tuotteelle. Hiilineutraalissa rakennuksessa koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki on nolla.

Opinnäytetyössä selvitettiin rakennuksen hiilidioksidipäästöistä tarkastelemalla rakennuksen elinkaaren kaikkia vaiheita. Elinkaarella tarkoitetaan olemassaolon kokonaisuutta alusta loppuun saakka. Rakennuksen elinkaari alkaa suunnittelupöydältä, jossa määräytyy tavoiteltu käyttöikä, käytettävät rakennusmateriaalit sekä talotekniset ratkaisut. Rakennusvaiheen jälkeen siirrytään elinkaaren pisimpään vaiheeseen eli käyttövaiheeseen. Elinkaari päättyy purkamisesta erilaisiin loppusijoituspaikkoihin.

Rakennuksen hiilidioksidipäästöjen tarkastelussa todettiin rakennusalan tarvitsevan yhtenäisen hiilidioksidipäästöjen laskentatyökalun. Työkalun on sovelluttava rakennuksen elinkaaren kaikkiin vaiheisiin. Päästöistä saataisiin epätodellinen kuva, jollei pystyittäisi huomioimaan rakennuksen elinkaaren kaikkia vaiheita ja täten hiilineutraalin rakennuksen määrittäminen olisi haastavaa. Rakennusten hiilijalanjälkeä on tarkoitus alkaa säännellä Suomen rakentamismääräyksissä vuoteen 2025 mennessä.

ASIASANAT:

hiilineutraali, hiilidioksidipäästöt, rakennuksen elinkaari

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Construction Management

2021 | number of pages 39

Instructor: Sirpa Erkkilä-Häkkinen

Katariina Kynäslähti

CARBON-NEUTRAL CONSTRUCTION

The aim of the thesis was to gather information about carbon dioxide emissions of a building and what they consist of. Efforts were placed on finding answers to this by considering the entire life cycle of the building. The thesis is based on the effects of the Carbon Neutral Finland 2035 program in construction by the Finnish government.

The purpose of carbon-neutrality is to strike a balance between the carbon hand and the carbon footprint, in other words, the aim is to sequester emissions at least as much as to produce them. The definition of carbon neutrality can be applied to a company, an event, an organization or-, activity, or a product. In a carbon-neutral building, the carbon footprint is zero throughout its entire life cycle.

In the thesis, a research about carbon dioxide emissions of the building was completed by addressing all the stages of the life cycle. Life cycle refers to the totality of existence from the beginning to the end. The life cycle of a building begins at the designer's table. The designer determines the desired age of life circulation, the main building materials, and the HVAC-systems of the building. After the construction phase comes the longest phase of the life cycle, the use phase. The life cycle ends from dismantling to various disposal sites.

The review of CO₂ emissions from buildings identified the need for a standard CO₂ calculation tool for the construction industry. The tool must be suitable for all life cycle stages of a building. An unrealistic picture of emissions would be obtained if all life cycle stages of a building could not be considered and thus defining a carbon-neutral building would be challenging. The carbon footprint of buildings will be regulated in the Finnish building regulations in 2025.

KEYWORDS:

carbon-neutral, carbon dioxide emission, life cycle of the building

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 HIILINEUTRAALIUS	8
2.1 Hiilijalanjälki	8
2.2 Hiilikädenjälki	9
3 ILMASTOPOLITIIKKA	10
3.1 Tavoitteen saavuttaminen	10
3.2 Rakentaminen	11
3.3 Hinku-verkosto	11
4 RAKENTAMISEN HIILIJALANJÄLKI	12
4.1 Hiilijalanjäljen muodostuminen	12
4.2 Päästöt	13
4.2.1 Energiankäyttö	14
4.2.2 Materiaalien valmistus	14
4.2.3 Rakentaminen	15
4.2.4 Purku	16
4.3 Energiatehokas rakentaminen	16
5 ENERGIA	18
5.1 Polttoaineiden vaikutus energiantuotannossa	18
5.1.1 Puunpoltto	19
5.1.2 Biomassa	19
5.2 Sähköntuotanto	19
5.2.1 Ydinvoima	21
6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	23
6.1 Kaukolämpö	23
6.2 Lämpöpumput	24
6.3 Sähkölämmitys	25
6.4 Öljylämmitys	25
7 MATERIAALIT	26
7.1 Puu	26

7.2 Betoni	27
7.3 Teräs	28
7.4 Materiaalien vertailu	29
7.5 Rakennusmateriaalien kierrätys	31
8 HIILINEUTRAALIN RAKENNUKSEN VAATIMUKSET	32
8.1 Päästöihin vaikuttaminen	32
8.2 Olemassa oleva rakennuskanta	33
9 POHDINTA	34
LÄHTEET	36

1 JOHDANTO

Ihmiskunnan vakavimpia haasteita ovat ilmastonmuutos, luonnon monimuotoisuuden heikentyminen ja luonnonvarojen ylikulutus. Uusimpien arvioiden mukaan Suomessa lähes puolet luontotyypeistä ovat uhanalaisia ja reilu kymmenes eliölaji on uhanalainen. Ilmaston tilanne edellyttää nopeita toimia ja systemaattista muutosta. Suomella on hyvät mahdollisuudet olla edelläkävijä ja toimia ilmasto- ja kestävyysaasteen ratkaisijana, sillä Suomi on saavuttanut vuoden 2020 EU:n ilmastotavoitteet etuajassa. (Valtioneuvosto 2019.)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset todennäköisesti ilmenevät rakennuksissa lisääntyvillä kosteus- ja homeongelmina. Tähän vaikuttaa sateiden lisääntyvyys ja talviajan lumien muuttuminen vedeksi, ilman suhteellisen kosteuden kasvu sekä voimakkaan tuulen aiheuttamat vinosateet. Rakennuksien kosteusongelmista seuraa rakenteiden pilaantuminen, joka lisää homesientien sekä muiden mikrobien kasvua, mikä aiheuttaa ihmiselle riskin hengitystieoireilulle ja astman syntyemiselle. (Ilmastonmuutos 2020.)

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi Euroopan unioni on sitoutunut kunnianhimoiseen ilmastopolitiikkaan. Tavoitteena on nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä, toisin sanoen poistaa ilmakehästä yhtä paljon kasvihuonepäästöjä kuin tuottaa niitä. Euroopan parlamentti on hyväksynyt uuden ilmastolain, jonka mukaan tavoitteesta tulee laillisesti sitova. Lain sisältö voi vielä muuttua, sillä EU:n toimielinten yhteiset neuvottelut ovat käynnissä. (Euroopan parlamentti 2020.)

Euroopassa arvioidaan rakennusten käyttävän energian kokonaiskulutuksesta 40 % ja aiheuttavan 36 % kasvihuonekaasupäästöistä. Suomessa rakennuksien aiheuttamat päästöt ovat samaa suuruusluokkaa. Rakennusten hiilijalanjälkeä on tarkoitus alkaa säännellä Suomen rakentamismääräyksissä vuoteen 2025 mennessä. (Sankelo & Ahola 2020.) Muutamissa Euroopan maissa on jo säännelty rakennusten elinkaaren aikaisia päästöjä tai rakennusmateriaaleista johtuvia päästöjä. Esimerkiksi Alankomaissa päästöohjaus astui voimaan vuoden 2018 alussa ja Ranskassa sitova päästöohjaus astui voimaan 2020. (Ympäristöministeriö 2020d.)

Ilmastonmuutoksen torjumiseksi ja systemaattisen muutoksen aikaansaamiseksi yksi tärkeimmistä työkaluista on hiilineutraalius. Opinnäytetyössä avataan käsite hiilineutraali sekä esitetään Suomen asettamia tavoitteita ja toimia olla hiilineutraali. Hiilineutraalin

rakentamisen käsitteitä avataan tutkimalla, mistä rakennuksen hiilidioksidipäästöt muodostuvat. Opinnäytetyöhön on koottu tietoa rakennuksen elinkaaren eri osaluokkien tuottamista hiilidioksidipäästöistä.

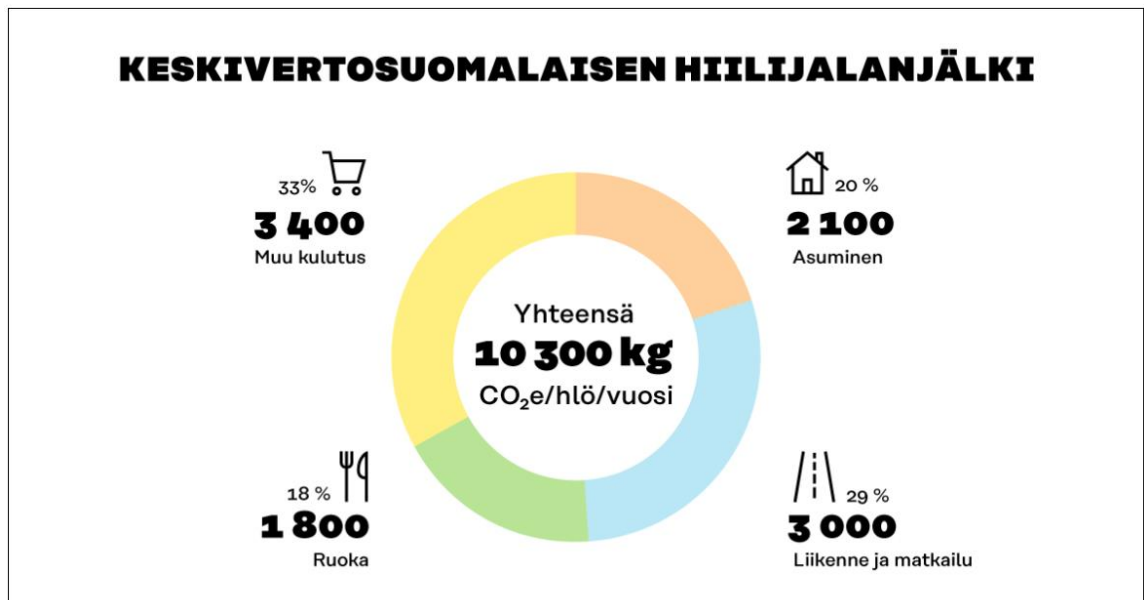
Opinnäytetyö on toteutettu erilaisten lähteiden, kuten tilastojen, tutkimuskirjallisuuden sekä nettiautarkielien pohjalta. Työn lopputuloksena syntyi kattava tietopaketti hiilineutraalista rakentamisesta, joka auttaa sisäistämään rakennuksen hiilidioksidipäästöjen syntymisen elinkaariajattelun pohjalta sekä nyt että tulevaisuudessa.

2 HIILINEUTRAALIUS

Käsitteellä hiilineutraali tarkoitetaan ideaalitulannetta, jossa yhteiskunta tuottaisi ainoastaan sen verran kasvihuonepäästöjä, mitä se pystyisi myös sitomaan. Hiilineutraaliustavoitteen toteutuessa jäljelle jäävät päästöt kompensoitaisiin esimerkiksi lisäämällä hiilinieluja. Hiilinielulla tarkoitetaan kasvavaa hiilivarastoa, joka sitoo ilmakehästä poistunutta hiiltä. Suurimpina hiilinieluinä maapallolla toimivat metsät ja meret. (Berninger 2012, 17–22.)

2.1 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki (CO₂e) tarkoittaa kasvihuonekaasujen ilmastopäästöjä. Hiilijalanjäljen tarkoitus on mitata kasvihuonekaasuja, jotka syntyvät erilaisista palveluista, tuotteista sekä toiminnoista. Hiilijalanjälki voidaan laskea yksittäiselle ihmiselle, yritykselle, tapahtumalle, organisaatiolle, toiminnalle tai tuotteelle. Keski-vertosuomalaisen hiilijalanjälki muodostuu liikenteestä, ruuasta, asumisesta sekä muusta kulutuksesta (kuva 1). (Sitra 2018.)



Kuva 1. Keski-vertosuomalaisen hiilijalanjälki vuositasona (Sitra 2018).

2.2 Hiilikädenjälki

Käsitteellä hiilikädenjälki tarkoitetaan muiden toimijoiden hiilijalanjäljen pienentämistä. Termillä hiilikädenjälki viitataan ympäristöhyötyihin ja sitä käytetään esimerkiksi tuotteen positiivisten ilmastovaikutusten tunnistamiseen. Organisaatiot voivat mahdollisesti hyötyä tuotekehittelyssä tai kaupankäyntitilanteessa tarjoamalla tuotteita tai palveluita, jotka pienentävät muiden organisaatioiden hiilijalanjälkeä. (Krabbe 2019.)

Hiilikädenjälkeä ei voida suoranaisesti vähentää hiilijalanjäljestä. Hiilikädenjälkeä voidaan hyödyntää suunnittelun ohjauksessa tai esimerkiksi julkisissa hankinnoissa, joissa tarkoituksena on korostaa hankkeen vihreyttä. Konkreettinen esimerkki hiilikädenjäljestä on rakennus, jonka tuottamisessa on käytetty kierrätysmateriaaleja tai rakennus, joka tuottaa ylijäävää uusiutuvaa energiaa (kuva 2). (Ympäristöministeriö 2020a.)



Kuva 2. Hiilikäden- ja hiilijalanjäljen tuottajia (Hoivatilat 2020).

3 ILMASTOPOLITIikka

Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastopöimukseen, jonka tavoitteena on pitää maapallon keskilämpötilan nousu alle kahdessa celsiusasteessa kuitenkin pyrkien rajaamaan nousu alle 1,5 celsiusasteeseen sekä tavoittamaan nettonollapäästöt vuoteen 2050 mennessä. Sitoutumisen ensimmäinen kokonaistarkastelu tulee tapahtumaan vuonna 2023. (Valtioneuvosto 2019.)

Suomen tavoitteena on olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen hallitusohjelmaan on asettanut pääministeri Sanna Marin. Ilmastolakia tullaan päivittämään siten, että *Hiilineutraali Suomi 2035* -tavoite toteutuu. Lakiin on tarkoitus ottaa mukaan maankäyttösektori sekä hiilinielujen vahvistamista koskeva tavoite. Hiilineutraaliuden saavuttamisen jälkeen tavoitteena on olla hiilinegatiivinen eli päästöjen tulee olla pienemmät kuin hiilinielut. (Valtioneuvosto 2019.)

3.1 Tavoitteen saavuttaminen

Hiilineutraalin yhteiskunnan saavuttaminen edellyttää toimia valtiotasolla, kunnissa, maakunnissa, yrityksissä sekä kotitalouksissa. Tarvitaan pitkäjänteistä ja ennakoivaa ilmastopöitiikkaa, kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä kaikilla eri sektoreilla, (energia-, teollisuus-, maatalous- ja jätesektorilla), energiatehokkaita ratkaisuja ja uusiutuvan energian osuuden kasvattamista. (TEM 2014.)

Sitran kansainvälisen selvityksen mukaan keskivertosuomalaisen hiilijalanjäljen tulisi pienentyä 93 prosenttia vuoteen 2050 mennessä, jotta ilmaston lämpeneminen rajoittuisi enintään 1,5 celsiusasteeseen Pariisin ilmastopöimuksen tavoitteiden mukaisesti. Kulutuksen määrällinen vähentäminen, tehokkuuden parantaminen ja kulutusmuodon muutokset ovat hiilijalanjäljen pienentämisen kolme keskeisintä lähestymistapaa. Kulutusmuodon muutos tarkoittaa esimerkiksi yksityisautoilun vaihtamista joukkoliikenteeseen. (Mänty 2019.)

Vuonna 2014 laadittu Energia- ja ilmastotiekartta 2050 on ohjeistus hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Ilmastotiekartan tavoitteena on vähentää kasvihuonepäästöjä 80–95 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Ilmastokartassa esitetään

erilaisia vaihtoehtoja päästövähennystoimiksi ja arvioidaan niiden kustannustehokkuutta. (TEM 2014.)

3.2 Rakentaminen

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU, EPBD) päivitys pantiin käytäntöön muuttamalla maankäyttö- ja rakennuslakia. Vuoden 2020 loppuun mennessä kaikkien uudisrakennusten tuli olla lähes nollaenergiarakennuksia eli rakennuksen tuli tuottaa lähes yhtä paljon energiaa kuin kuluttaa. Julkisten rakennusten tuli olla nollaenergiarakennuksia vuoden 2019 alusta lähtien. Nollaenergiavaatimus ei koske alle 50 m²:n kerrosalan rakennusta tai loma-asumiseen tarkoitettua asuinrakennusta, jota on tarkoitus käyttää vuoden aikana alle neljä kuukautta. (Ympäristöministeriö 2020c.)

Uusien rakennusten lämmitysenergiatarpeen tulee Suomessa pienentyä vuoteen 2030 mennessä keskimäärin noin 9–24 % ja olemassa olevan rakennuskannan 12–23 % riippuen rakennustyypistä, jotta päästäisiin Pariisin ilmastopimuksen tavoiteuralle. (Ahola & Sankelo 2020.)

3.3 Hinku-verkosto

Hinku-verkosto on ilmastonmuutoksen hillinnän verkosto. Verkosto on luotu päästövähennyksiin sitoutuville kunnille ja maakunnille, joiden tavoitteena on 80 % päästövähennys vuoden 2007 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Hinku-verkosto sai alkunsa Suomen ympäristökeskuksen hankkeesta ”Kohti hiilineutraalia kuntaa” ja jatkaa toimintaansa edistääkseen päästövähennyksiä, paikallisten hyvinvointia ja elinkeinoelämän parantamista. (Hiilineutraalisuomi 2020.)

Suomen ympäristökeskuksen selvityksen mukaan Hinku-verkoston liittyminen on alentanut kuntien ilmastopäästöjä keskimäärin 3,1 % ja edistänyt konkreettisia päästövähennystoimenpiteitä noin 60 %:ssa kunnista. Tärkeimmiksi päästövähennystoimiksi Hinku-kuntien edustajat nostivat liikenteen, energiatuotannon, rakennusten energiatehokkuuden ja aurinkosähkön lisäämisen. (SYKE 2020.)

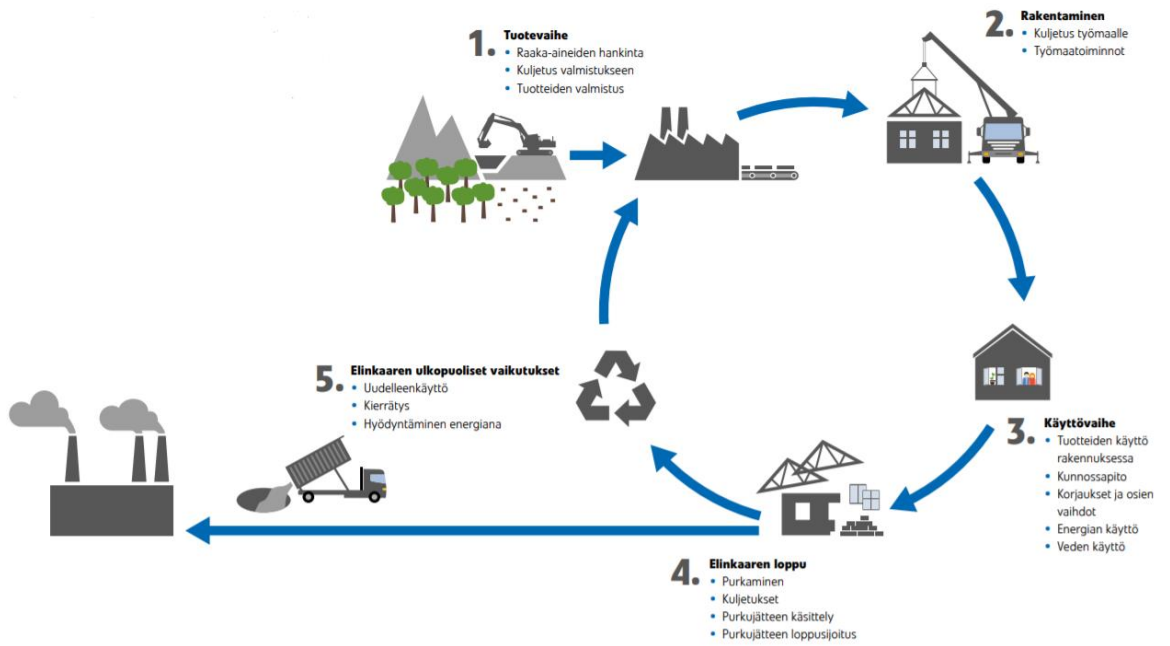
4 RAKENTAMISEN HIILIJALANJÄLKI

Ympäristöministeriö ja Green Building Council Finland ovat kehittäneet rakennusten hiilijalanjäljen arviointityökalun, jotta rakennusten hiilijalanjälkeä voidaan alkaa säännellä Suomen rakentamismääräyksissä vuoteen 2025 mennessä. Arviointimenetelmän pohjana toimii Euroopan komission Level(s)-menetelmä sekä EN-standardit. Arviointityökalu otettiin pilottivaihetestaukseen syksyllä 2019. Arviointityökalu on tarkoitettu uudisrakennuksille ja sen laskentamenetelmä perustuu rakennuksen määräluetteloon sekä yleisiin päästökertoimiin. Vuoden 2021 aikana arviointityökalusta julkaistaan toinen versio, jonka jälkeen pilotointia jatketaan. (Elinkaarilaskenta 2019.)

4.1 Hiilijalanjäljen muodostuminen

Hiilijalanjälki alkaa muodostua jo rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa. Suunnittelussa tehdyillä valinnoilla on pitkät vaikutukset rakennushankkeen elinkaareen. Rakennushankkeen tilaaja määrittelee tavoitellun käyttöiän, mikä ohjaa eri valintoja suunnitteluvaiheessa. (Rakennusteollisuus 2019.)

Tyypilliset ilmastohaitat aiheutuvat rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa (kuva 3), kuten materiaalien valmistuksesta, rakentamisvaiheen päästöistä, rakennuksen käytettävästä energiasta, korjauksista sekä rakennuksen purkamisesta. Päästöhyödyt voivat olla esimerkiksi rakennusmateriaaleihin syntyviä pysyviä hiilivarastoja ja uusiutuvan energian tuottamista. (Bruce-Hyrkäs 2020.)

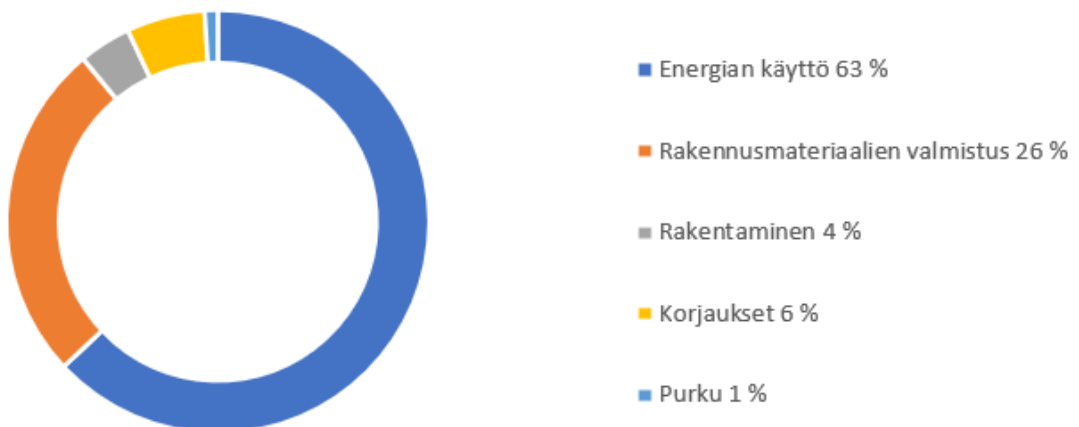


Kuva 3. Rakennuksen elinkaaren tyypilliset vaiheet (Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin 2016).

4.2 Päästöt

Tyypillisen asuinkerrostalon päästöistä suurin osa muodostuu rakennuksen energian käytöstä 63 % ja loput 37 % muodostuvat rakennusmateriaalien valmistuksessa, rakentamisesta, korjaamisesta ja purkamisen aiheuttamista päästöistä (kuva 4).

Asuinkerrostalon päästöjen jakauma



Kuva 4. Laskelmat, keskimääräisen asuinkerrostalon päästöjen jakauma (Häkkinen & Ruuska 2014).

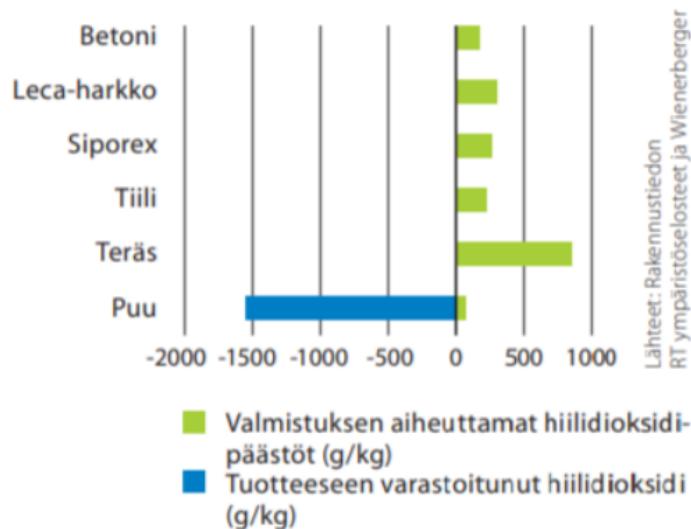
4.2.1 Energiankäyttö

Energiankulutuksen vaikutus rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen on merkittävä. Suunnittelutoimisto Optiplan teki Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskukselle ARA:lle tutkimuksen asuinrakennuksien hiilijalanjäljen muodostumisesta. Tutkimuksessa käytettiin vertailun kohteena neljää eri asuinrakennusta, joista yksi oli joutsenmerkitty kerrostalo, yksi matalaenergiakerrostalo sekä kaksi muuta tavanomaisia kerrostaloja. Tutkimuksen lopputulema oli seuraava: noin 65 prosenttia rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä muodostuu energiankulutuksesta. (Rakennuslehti 2018.)

Energiaa kuluu eniten käyttövaiheessa rakennuksen lämmitykseen, mikä kuormittaa eniten ilmastoa. Lämmityksen päästöt riippuvat lämmitysmuodosta, esimerkiksi maalämpö ei välttämättä kuormita luontoa lainkaan, mikäli maalämmön tarvittava sähkö tuotetaan uusiutuvalla energialla. Seuraavaksi eniten päästöjä aiheuttaa vedenkulutus ja sähkön käyttö. (YIT 2020.)

4.2.2 Materiaalien valmistus

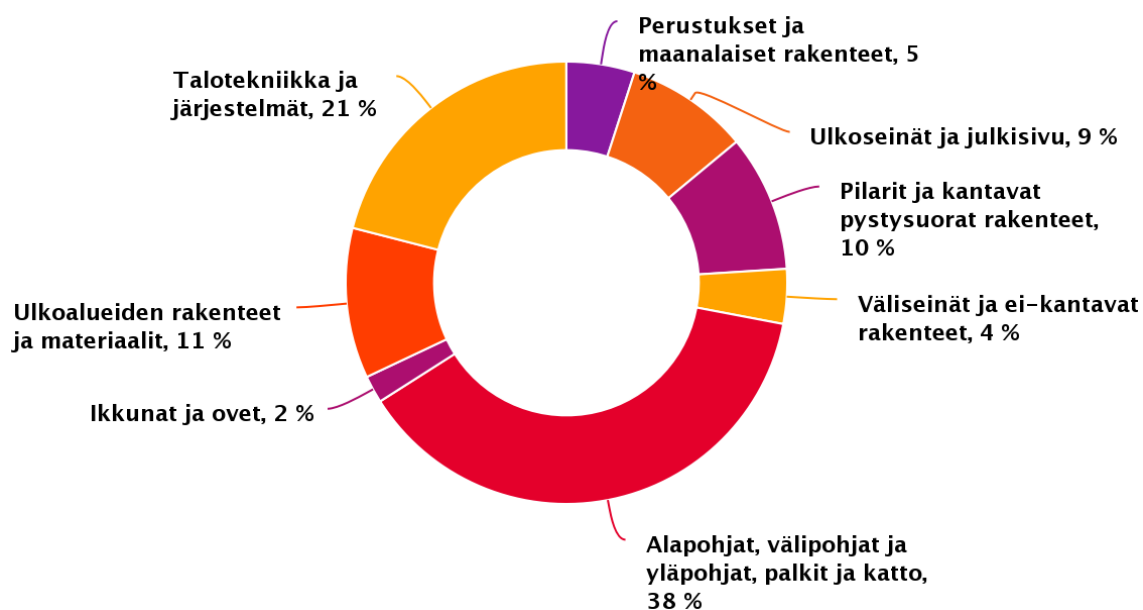
Suomessa energiaa rakentamiseen ja rakennusmateriaalien valmistukseen kuluu vuosittain noin 15,4 terawattituntia. Tämä aiheuttaa noin 4,3 miljoonan CO₂-ekv (hiilidioksidiekvivalenttitonni) kasvihuonekaasupäästöt, mikä on noin 5 % kaikista Suomen päästöistä. Puutuotteiden valmistuksen hiilidioksidipäästöt ovat negatiiviset, kun taas terästuotteiden hiilidioksidipäästöt ovat kaikkein suurimmat, seuraavaksi eniten ilmastoa kuormittaa betonin valmistus (kuva 5). (Metsäteollisuus 2010a.)



Kuva 5. Eri rakennustuotteiden valmistuksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt RT-ympäristöselosteiden mukaisesti (Puurakentaminen on ratkaisu 2010).

4.2.3 Rakentaminen

Senaatti-kiinteistöjen laskennallinen esimerkki koulurakennuksen rakennusosien hiilidioksidipäästöjen jakautumisesta kuvan 6 mukaisesti. Eniten päästöjä aiheuttavat suuri massaiset rakenteet: alapohjat, välipohjat, yläpohjat, palkit sekä katto. (Senaatti 2020.)



Kuva 6. Koulurakennuksen rakennusmateriaaleista johtuvien päästöjen jakautuminen eri rakennusosille (Senaatti 2020).

4.2.4 Purku

Rakennuksen purkaminen aiheuttaa hiilipiikin. Hiilipiikillä tarkoitetaan mittavia kasvihuonepäästöjä, jotka syntyvät rakennuksen elinkaaren alussa, kuten vanhan materiaalin louhiminen, kuljettaminen ja itse uuden rakentaminen. Hiilipiikkejä voidaan hillitä hyödyntämällä esimerkiksi vanhaa betonirunkoa ja uudelleen käyttämällä rakenteita. Suuret korjaustyöt katsotaan ekologisemmiksi kuin uuden rakentaminen. Päästöjä voitaisiin vähentää myös rakennukselle asetetulla hiilibudjetilla, joka määrittäisi kokonaispäästöjen määrän. (Sevimli 2019.)

4.3 Energiatehokas rakentaminen

Energiatehokkaalla rakentamisella tarkoitetaan matala-, passiivi- sekä nollaenergiarakentamista. Energiatehokas rakentaminen hillitsee ilmastonmuutosta ja uusiutuva energia on tehokas keino vähentää kasvihuonepäästöjä ja säästää luonnonvaroja. Energiatehokkuutta on pyritty lisäämään rakentamisessa muun muassa energiatehokkuusdirektiivillä, energiatodistusten, ympäristölupien ja vapaaehtoisten energiasäästösopimusten kautta. (Ympäristö 2020.)

Matalaenergiatalo kuluttaa lämmitysenergiaa puolet verrattuna taloon, joka täyttää rakentamismääräysten minimivaatimukset. Suomessa matalaenergiatalot ovat yleistyneet huomattavasti ja talotehtailta löytyy jo valmiita matalaenergiataloratkaisuja. Matalaenergiatalossa huonetilojen lämmitysenergiatarve on noin 40–60 kWh/brm² kilowattituntia bruttoalaa kohti vuodessa. (Energiatehokas koti 2020a.)

Passiivitalon rakennuskustannukset ilman tonttia ovat 5–10 % suuremmat kuin tyyppillisen suomalaisen omakotitalon kustannukset. Passiivitalon lämmitystarve on noin viidesosa normaaliin taloon verrattuna. Passiivitalon arkkitehtuurin suunnittelu on erittäin tärkeää ja olennaista, jotta rakennusprojektissa pystyttäisiin hyödyntämään esimerkiksi räystäitä taikka markiiseja jäähdytykseen. Liian suurien ikkunapintojen ja liiallisen monimuotoisuuden tulisi puolestaan välttää. Passiivitalon huonetilojen lämmitysenergiatarve maanosasta riippuen on 20–30 kWh/m² vuodessa. (Energiatehokas koti 2020a.)

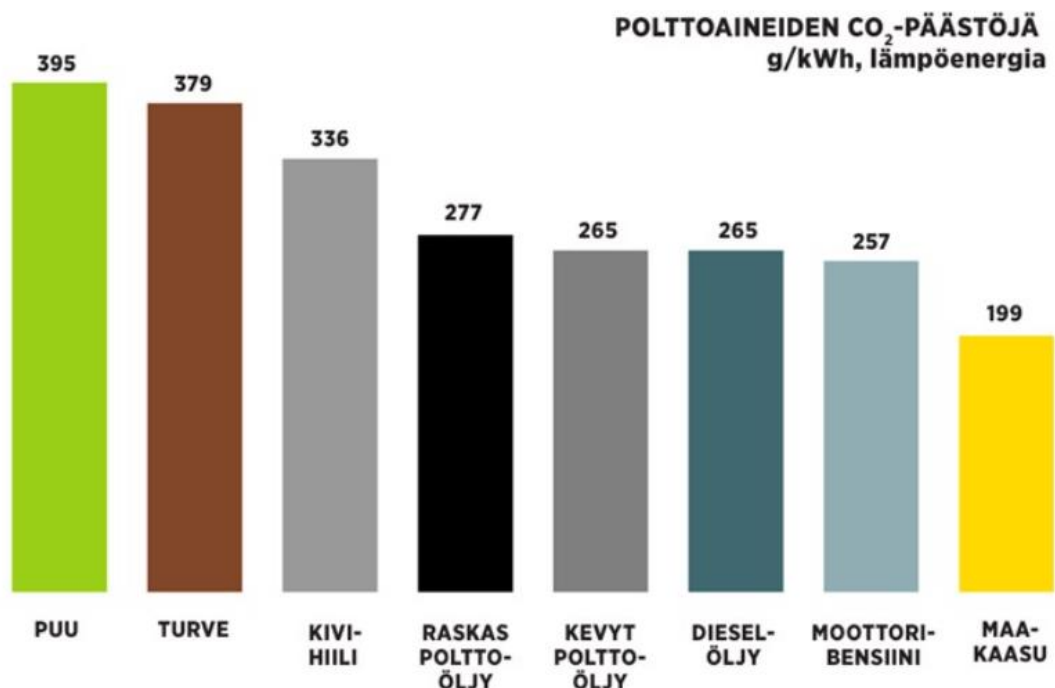
Nollaenergiatalo tuottaa vuositasolla saman verran energiaa kuin se kuluttaa. Sähköenergiaa voidaan tuottaa aurinkopaneeleilla tai pienillä tuulivoimaloilla. (Energiatehokas koti 2020a.)

5 ENERGIA

Energiaa voidaan tuottaa sekä uusiutumattomilla että uusiutuvilla energialähteillä. Uusiutumattomat energialähteet, kuten fossiiliset polttoaineet sekä ydinvoima loppuvat aikanaan, sillä uusia varantoja ei enää synny. Nykyään myös turve voidaan luokitella uusiutumattomiin energianlähteisiin, sillä turvesuo uusiutuu ainoastaan noin yhden millimetrin vuodessa. Kestävästi käytettyinä uusiutuvat energianlähteet, kuten aurinko-, vesi-, tuuli- sekä aaltovoima eivät lopu. (Energiapolitiikka 2019.)

5.1 Polttoaineiden vaikutus energiantuotannossa

Energiamuotoja voidaan ryhmitellä jakamalla ne kahteen eri ryhmään: niihin, joissa polttoainetta poltetaan ja niihin, joissa ei tapahdu lainkaan polttamisprosessia. Esimerkiksi hiiltä polttaessa, hiili muuttuu hiilidioksidiksi ja vety vedeksi. Yksi kilo hiilen polttoa vastaa neljää kiloa hiilidioksidia. Eri polttoaineiden ominaispäästöt riippuvat siitä, kuinka paljon hiiltä ne sisältävät (kuva 7). (Luukko 2019.)



Kuva 7. Polttoaineiden hiilidioksidipäästöt grammoina kilowattituntia kohden (Luukko 2019).

5.1.1 Puunpoltto

Puulämmitys on lisääntynyt 2000-luvulla, sen lisääntymiseen ovat vaikuttaneet puuenergian edullisuus ja muun lämmitysenergian kallistuminen. On yleinen harhaluulo, että pienpuun poltto olisi hiilineutraali ympäristöteko, joka hillitsisi ilmaston lämpenemistä. Tosiasiassa puun polttaminen aiheuttaa 40 % Suomen pienhiukkaspäästöstä, 55 % mustan hiilen päästöstä, yli 80 % PAH-yhdisteiden päästöstä sekä 25 % hiilimonoksidi- eli häkäpäästöstä. (THL 2020a.)

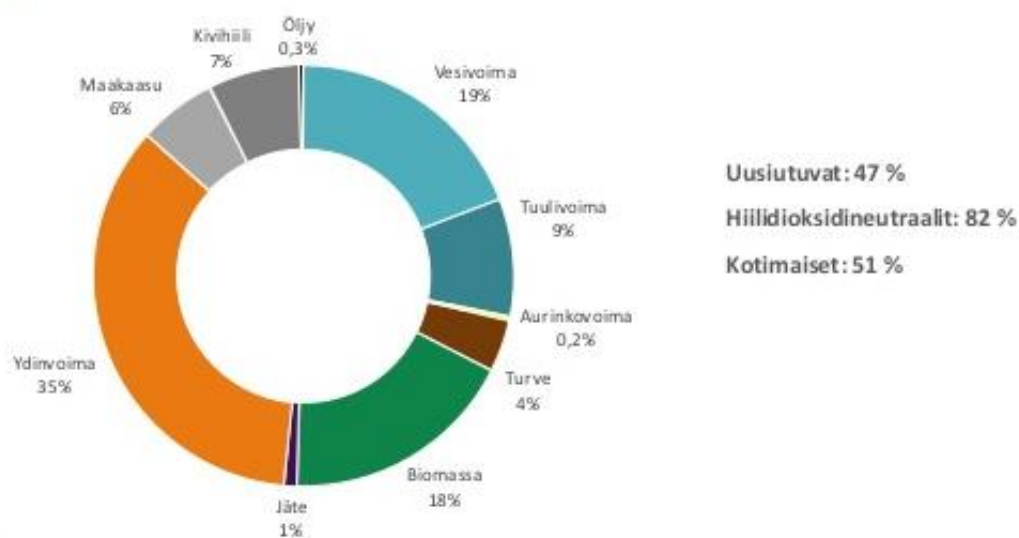
5.1.2 Biomassa

Bioenergia määritellään päästöttömäksi, vaikka biomassaa poltettaessa vapautuu hiilidioksidia yhtä lailla kuin fossiilisia polttoaineita polttaessa, jopa enemmän. Biomassan nollapäästöisyys perustuu EU:n lainsäädäntöön. Kestävästi tuotettua bioenergiaa määritellään hiilineutraaliksi, koska sitä poltettaessa ilmaan vapautuu saman verran hiilidioksidia kuin biomassassa on kasvaessaan itseensä sitonut. Vaikka bioenergia katsotaan hiilineutraaliksi energiamuodoksi, sen käyttö vaikuttaa hiilinieluihin: mitä enemmän biomassaa käytetään, sitä enemmän hiilinielut pienenevät. (Jantunen 2018.)

5.2 Sähköntuotanto

Siirtyminen kokonaan hiilineutraaliin sähköntuotantoon ei ole kaukana, sillä parhaillaan Suomen sähköntarjonnasta 82 % on hiilineutraalia (kuva 9). Tulevaisuudessa tuuli- ja aurinkovoimasta on tulossa merkittävä sähköntuotannon lähde. Tampereen yliopiston sähköenergiatekniikan professori Seppo Valkealahden laskujen mukaan vuonna 2035 tuulivoiman osuus sähköntuotannosta olisi lähes 60 % ja aurinkovoiman osuus 25 %. (Sevänen 2020.)

Sähkön tuotanto energialähteittäin 2019 66 TWh



Kuva 9. Sähkön tuotanto energialähteittäin 2019 (Energiateollisuus 2020).

Vaikka tuulisähkö ei varsinaisesti aiheuta hiilidioksidipäästöjä, löytyy sen tuotannosta haittapuolia. Jotta tuulivoimalla voidaan tuottaa suuri määrä sähköä, tarvitaan kymmeniä tuulipuistoja ja satoja voimaloita. Nämä aiheuttavat ympäristölle sekä maisemahaittaa että meluhaittoja ihmisille (Sevänen 2020.). Terveystieteiden tutkimuksen mukaan tuulivoiman tuotantoalueiden lähellä asuvat asukkaat altistuvat infraäänille, jotka aiheuttavat päänsärkyä, pahoinvointia, huimausta, uupumusta, paineen tunnetta korvissa, tinnitusta, korkeaa verenpainetta sekä rytmihäiriöitä. (THL 2020b.)

Aurinkosähkö puolestaan ei aiheuta ilmastovaikutuksia, vaan päästöt koostuvat kennojen valmistuksesta, kuljetuksesta sekä asennuksesta. Aurinkokennon virran tuottaminen on kuitenkin täysin riippuvainen auringonsäteilystä. 90 % Etelä-Suomen säteilyenergiasta saadaan maalisi-syyskuun välisenä aikana. Aurinkopaneelin tuottamaa sähköä voidaan varastoida akkuun. Varastointi on kuitenkin suuressa mittakaavassa haasteellista. (Energiateollisuus 2020a.)

Uutta innovatiivista nollaE:n suunnittelemaa aurinkoenergian talteenottoa hyödynnetään muun muassa Turun Toriparkissa, jossa auringon lämpöä kerätään keräysputkistoon. Putkisto on sijoitettu Kauppatorin kivetyksen alle, mistä putkisto kuljettaa auringon

lämmittämää nestettä 40 metrin syvyyteen pysäköintitilojen alapuolelle savimaahan sijoitettuihin energiapaaluihin. Energiapaalut luovuttavat lämpöä niitä ympäröivään maamassaan, kokonaan lämmentyään savimassan lämpöteho on noin 6,6 MW. Jotta järjestelmä saavuttaisi täyden tehonsa arvioidaan lämmön varastoinnin kestävän viisi vuotta. Kesän aikana lämpöä saataisiin varastoitua 11,2 GWh, mikä vastaa noin 560 omakotitalon vuosittaista lämmönkulutusta. Arvioiden mukaan uusi energiajärjestelmä vähentäisi hiilidioksidipäästöjä noin 950 tonnia vuosittain verrattuna tavanomaiseen lämpöpumppuratkaisuun. (NollaE 2020.)

Tuuli- ja aurinkosähkön tuotanto on täysin riippuvainen säästä, mikä tekee tehotasapainon ylläpitämisestä haastavaa. Sähköntuotannon ja -kulutuksen tulee olla jatkuvasti tehotasapainossa. Sähkön ylituotanto voi aiheuttaa vaihteluja sähkön laadussa aiheuttaen herkempien sähkölaitteiden vaurioitumista. Yksi tehotasapainon ylläpitämisen keino on säätövoima. Säätövoima tarkoittaa energianlähdettä, jonka tuotantomäärää voidaan säännellä. Pitkällä tähtäimellä hiilineutraaliuuden näkökulmasta säätövoimaksi jää vesivoima. Vesivoiman huonoja puolia ovat kuitenkin sen vaikutukset ympäristöön. Vesivoimaloiden rakentaminen rikkoo luontoarvoja, kun luonnonvesiä valjastetaan ihmisten käyttöä varten. (Sevänen 2020.)

5.2.1 Ydinvoima

Sähköntuotannosta kolmasosa tuotetaan ydinvoimalla. Ydinvoimaloiden tuotantoprosessissa ei aiheudu kasvihuonepäästöjä, vaan päästöjä aiheuttaa materiaalien ja polttoaineiden hankinta, laitevalmistukset, kuljetukset sekä laitosten rakentaminen ja purkaminen. Ydinvoimaloissa käytettävää polttoainetta valmistetaan uraanimalmista, joka on uusiutumaton luonnonvara. Nykykulutuksella uraanivarannot arvioidaan riittävän vielä 85 vuodeksi, mutta moninkertainen määrä hyödyntämättömiä uraanivarantoja voidaan ennakoida piilevän maankuoressa. (Vattenfall 2020.)

Lappeenrannan-Lahden teknillisessä yliopistossa on kehitteillä pienydinvoimala, joka tuottaisi pelkästään kaukolämpöä, toisin sanoen modulaarinen pieni kaukolämpöreaktori (SMR). Lämpöteholtaan pienydinvoima olisi noin 20 megawattia, jolla voitaisiin tuottaa suomalaisen keskisuuren kaupungin kaukolämmön tarve. Pienydinvoimalassa on 100–200 kertaa vähemmän radioaktiivista ainetta verrattuna isoon sähköntuotantoreaktoriin. Pienydinvoimala voidaan kokonsa ansiosta sijoittaa osittain maan alle, vaikka keskelle asuinalueita. Voimala ei tarvitse miehitystä eikä suurta suoja-alueita ympärilleen.

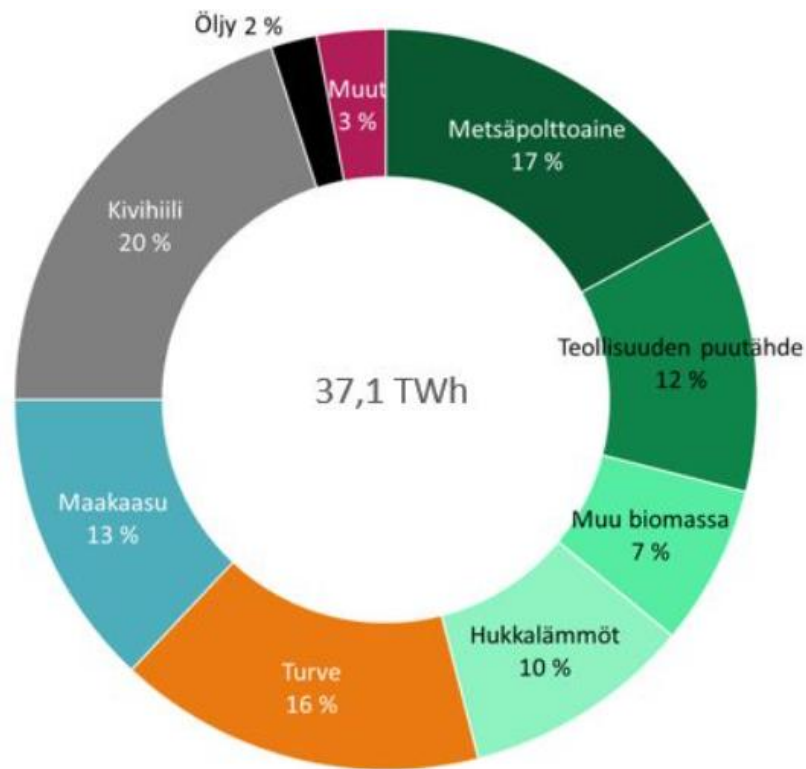
Pienydinvoimalat voisivat vähentää kaukolämmön hiilidioksidipäästöjä merkittävästi, mutta kaukolämmön fossiiliton tuotanto vaatisi sata muutaman kymmenen megawatin pienvoimalaa eri puolille Suomea. (LUT University 2019.)

6 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT

Lämmityksen tuottama lämpöenergia on yksi tärkeimmistä fysikaalisista vaikuttajista rakennusten ja rakenteiden toimintaan (Siikanen 2012.). Sisäilmastotutkiuksessa on todettu ihmisten viihtyvän oleskelutiloissa, kun huonelämpötila on hieman yli 21 celsiusastetta. Muiden kodin tilojen huonelämpötila on pienempi, esimerkiksi makuuhuoneessa keskimäärin 18–20 celsiusastetta – vaikka ero ei ole kovinkaan suuri, on sillä havaittavissa oleva merkitys lämmityskuluissa. Yksi celsiusaste huonelämpötilassa vastaa viittä prosenttia lämmityskuluista. (Motiva 2021.)

6.1 Kaukolämpö

Kaukolämmön ympäristövaikutukset riippuvat siitä, millaisessa voimalaitoksessa sitä tuotetaan ja mitä polttoainetta voimalaitos käyttää. Vuonna 2018 fossiilisten polttoaineiden osuus kaukolämmöntuotannossa oli 35 prosenttia ja uusiutuvan energian osuus 46 prosenttia. Kaukolämmön tuotannon polttoaineena käytettiin eniten kivihiiltä (kuva 8). (Motiva 2020a.)



Kuva 8. Kaukolämmön tuotannossa käytettävien energialähteiden osuus Suomessa vuonna 2018 (Motiva 2019).

6.2 Lämpöpumput

Lämpöpumput hyödyntävät lämpöenergiaa, jota saadaan ulkoilmasta, talon ilmanvaihtoputkiston poistoilmasta, vedestä, maasta tai kalliosta. Ilmalämpöpumppu ei yksinään pysty ylläpitämään vuoden ympäri koko rakennuksen lämmöntarvetta, vaan se tarvitsee rinnalleen lämmitysjärjestelmän, esimerkiksi sähkölämmityksen. Ilmalämpöpumppu vähentää lämmityskuluja eniten keväisin sekä syksyisin. Ilma-vesilämpöpumppu tarvitsee varajärjestelmän, sillä kovilla pakkasilla laitteen hyötysuhde laskee. (Motiva 2020b.)

Maalämmön käyttökustannukset ovat alhaiset, mutta investointikustannukset merkittävän suuret: 2/3 lämmöntuotannosta on maahan sitoutunutta uusiutuvaa energiaa ja 1/3 on tuotettu sähköllä. (Ilmasto-opas 2018.)

6.3 Sähkölämmitys

Merkittävä osuus rakennuskannasta lämpiää sähköllä – sähkölämmitys on kuitenkin laskussa uudisrakennuksissa. Sähkölämmityksen päästöt ovat riippuvaisia sähköntuotannon tavasta (Ilmasto-opas 2018). Suorassa huonekohtaisessa sähkölämmityksessä on pienet investointikulut, mutta energiakustannukset ovat suuret. Suoran sähkölämmityksen hyviä puolia on sen tarkkuus lämpötilojensäädöissä, nopea reagointi sekä lämmönjakamisen energiatehokkuus. (Energiatehokas koti 2020b.)

Vesikiertoinen sähkölämmitys ei ole tänä päivänä kannattavaa sähkön hintojen perusteella. Vesikiertoinen lämmitystapa oli suosittua 1990-lukua vanhemmissa talouksissa. Vesikiertoista sähkölämmitystä voidaan täydentää tai sen voi kokonaan vaihtaa toiseen lämmitysmuotoon. (Energiatehokas koti 2020.)

6.4 Öljylämmitys

Hallitusohjelman mukaisesti Suomessa tullaan luopumaan fossiilisen öljyn käytöstä lämmityksessä. Luopuminen tulee tapahtumaan porrastetusti 2030-luvun alkuun mennessä (Honkamaa 2020.). Tällä hetkellä noin 150 000 suomalaiskodissa öljylämmitys toimii ensisijaisena lämmitysjärjestelmänä, arvioi Lämmitysenergia Yhdistys. Toimenpideohjelman avulla öljylämmitteisiä rakennuksia kannustetaan siirtymään toisenlaisiin lämmitysmuotoihin. Toimenpideohjelman valmistui vuoden 2020 lopussa. (Honkamaa 2020.)

Öljylämmitteisien kiinteistöjen määrä on pienentynyt 10 vuoden aikana noin 5 000 kiinteistöä vuodessa. Jos eteneminen pysyy nykyvauhdissa, viimeinen öljykattila sammuisi vuonna 2045. Öljylämmitysjärjestelmän vaihtamista hankaloittavat pienet tekniset tilat ja suuret investointikustannukset, jotka koituvat esimerkiksi maalämpöön siirtyessä. (Ortonen 2020.)

7 MATERIAALIT

Rakennusten käytönaikaisia päästöjä on saatu pienennettyä energiantuotannon puhdistumisen ja energiatehokkaiden ratkaisujen myötä. Tämän seurauksena rakennusmateriaalien päästöt ovat käytönaikaisien päästöjen sijaan nousseet merkittäväksi osuudeksi koko elinkaaren päästöjä. Nykyisissä energiatehokkaissa uudisrakennuksissa rakennusmateriaalien osuus koko elinkaaren hiilijalanjäljestä voi olla jopa yli 50 %. (Ahola & Sankelo 2020.)

7.1 Puu

Puu on materiaalina pitkäkestoisesti hiilidioksidia rakenteisiinsa sitova. Puun käyttö alentaa rakentamisen hiilijalanjälkeä, kun punnitaan rakennuksen koko elinkaarta materiaalin valmistuksesta, rakentamiseen, käyttöön ja kierrätykseen. Teollisen puurakentamisen ratkaisut mahdollistavat materiaali- ja tuotantotehokkuuden kehittämisen sekä laadun ja kustannustehokkuuden parantamisen. (Ympäristöministeriö 2020b.)

Puu on rakennusmateriaaleista ainoa, jonka kestävä tuotanto voidaan osoittaa sertifioidusti. Puu on myös ainoa rakennusmateriaali, jonka määrä kasvaa jatkuvasti. Suomen ja koko Euroopan metsissä kasvaa enemmän puuta kuin sille on käyttöä. Metsien vuotuinen kasvu on runsaasti suurempaa kuin sen poistuma. (Metsäteollisuus 2010.)

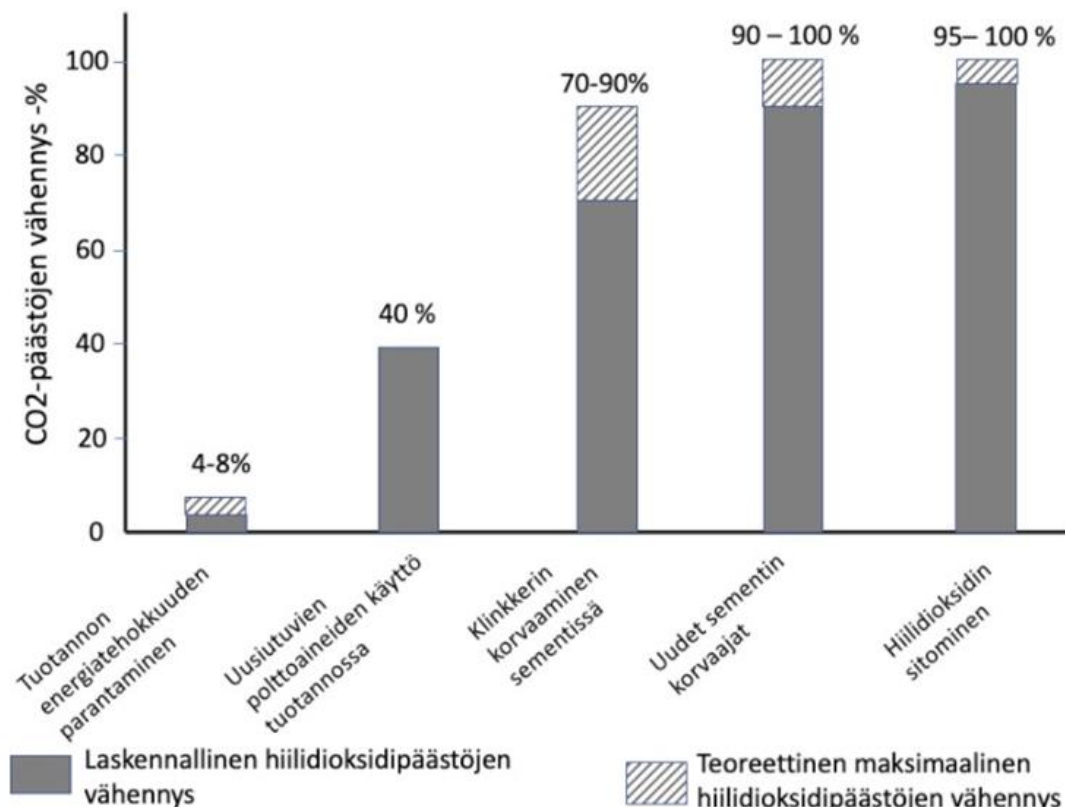
Puutuotteiden valmistuksesta syntyy kohtalaisen vähän hiilidioksidipäästöjä. Hiilidioksidin määrä, joka on varastoitunut puuhun, on moninkertainen verrattuna puutuotteiden valmistuksen aiheuttamiin päästöihin. Elinkaaren lopussa puutuotteet muutetaan energiaksi, jolloin niistä ei vapaudu ilmakehään enempää hiilidioksidia, kuin puuhun kasvun yhteydessä on varastoitunut. (Metsäteollisuus 2010b.)

Puurakentamiselle ympäristöministeriö asetti tavoitteeksi kaksinkertaistaa puun käytön julkisissa rakennuksissa. Tavoite asetettiin syyskuussa 2020. Seuraavan kahden vuoden aikana puurakentaminen tavoitteen mukaisesti kasvaa julkisessa uudisrakentamisessa 14 prosentista 31 prosenttiin, ja 45 prosenttiin vuoteen 2025 mennessä. (Stora Enso 2020.)

7.2 Betoni

Betonin päästöt syntyvät pääosin sideaineen eli sementin valmistuksesta. Myös rauditusmateriaalin valmistuksessa syntyy merkittäviä päästöjä. (Betoni ja ympäristö 2014.) Sementin kasvihuonepäästöt syntyvät kiviaineksen kuumentamiseen tarvittavan energian tuottamisesta ja kalkkikiven kalsinaatiosta, jolloin hiilipitoinen karbonaatti muuttuu kuumentaessa oksidiksi, mikä vapauttaa hiilidioksidia. Kalkkikivestä vapautuu hiilidioksidia noin 400 kg/klinkkeritonni. (Mattila 2014.)

Sementin valmistuksen päästöjä voidaan vähentää erilaisilla keinoilla kuvan 9 mukaisesti. Suurin vaikutus päästöihin olisi sitoa hiilidioksidia tai korvata klinkkerin koostumus muilla materiaaleilla. (Hirvelä 2020.)



Kuva 9. Sementin valmistuksen hiilidioksidipäästöjen vähennykset erilaisilla keinoilla (Hirvelä 2020).

Betoninvalmistukseen hyödynnetään vuosittain 260 000 tonnia erilaisia teollisuuden jätteitä ja sivuvirtoja. Sementin valmistuksessa sementtiuunin kuumentamiseen voidaan käyttää siihen soveltuvia kierrätyspolttoaineita, kuten kierrätysöljyä, auton renkaista saatavaa rengasrouhetta, PPAF-nestekartonkia sekä SRF-pakkausmateriaalia. Kierrätyspolttoaineiden lisäksi tarvitaan hiiltä ja petrokoksia. Uunin kuumentamiseen käytettävien kierrätyspolttoaineiden osuus olisi 40 % ja hiilen ja petrokoksin osuus 60 %. (Ahlberg 2020, 74–81)

Oulun yliopistossa on kehitetty betoni, joka ei sisällä lainkaan sementtiä. Sideaineena on hyödynnetty raudan valmistuksessa syntyviä geopolymeerejä eli masuunikuonaa. Tässä geopolymeeribetonissa natriumsilikaatti ja kiviaines toimivat raaka-aineina masuunikuonan lisäksi. Geopolymeeribetoni kestää jopa 107 MPa puristuslujuuden neljän viikon lujittumisajan jälkeen, kun taas tavallinen korkealujuusbetoni kestää vähintään 55 MPa puristuslujuuden. (Rautiainen & Törmänen 2019.) Geopolymeeribetonin sideaineena voidaan käyttää myös mineraalivillaa, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi purkutaloista. Sementin tapaan mineraalivillaa ja masuunikuonaa on käsitelty korkeissa lämpötiloissa valmistusprosessin aikana. Hienoksi jauhettuina ne ovat sopivassa muodossa ja kovettuvat sementin tavoin. (Törmänen 2019.)

Muita vaihtoehtoja sementin päästöjen vähennykseen on esimerkiksi hiilidioksidin talteenotto ja varastointi. Hiilidioksidin talteenottotekniikka käyttää uusi teknologinen innovaatio Power-to-X. Uusi teknologia valmistaa sementin tuotannossa syntyvästä hiilidioksidista polttoainetta. (Hirvelä 2020.)

7.3 Teräs

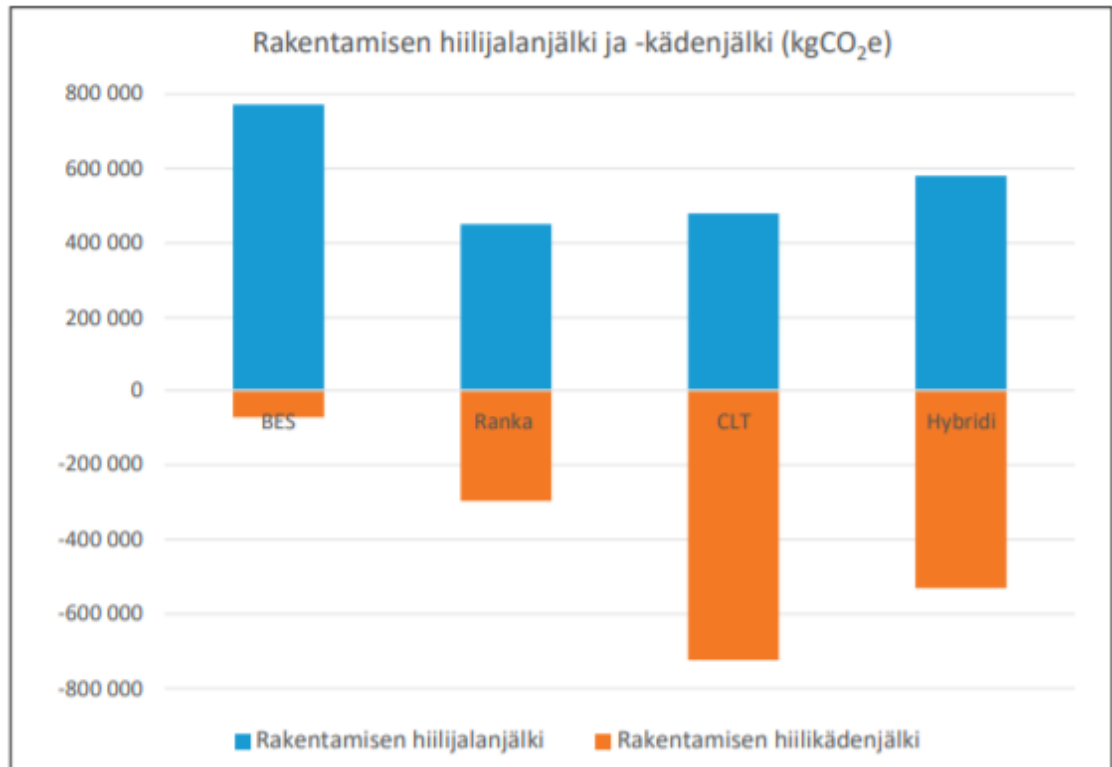
Romupohjaisen harjateräksen kasvihuonekaasupäästöt ovat noin 400 kg-CO₂/tn. Jänneteräksen valmistuksen aiheuttamat päästöt ovat noin 1 000 kg-CO₂/tn. (Mattila 2014.) Masuunireitti on perinteisen teräksen tuotantotapa. Rautamalmi pelkistetään ja sulatetaan masuunissa koksia käyttäen. Masuuni on rauta- ja terästeollisuuden käyttämä reaktori ja koksi on kivihielestä kuivatislaamalla valmistettua hiiltä. Koksin palaminen tuottaa energiaa ja rautamalmi pelkistyy, kun hiili ja hiilimonoksidi sitovat rautaoksidien hapen. Masuunireittiprosessissa syntyy suuri määrä hiilidioksidia. (Oulun yliopisto 2020.)

Raahen rautatehdas SSAB aiheuttaa 7,5 prosenttia koko Suomen hiilijalanjäljestä. SSAB:llä on kuitenkin kehitteillä uusi teknologiahanke, jolla terästuotanto saataisiin kokonaan fossiilivapaaksi. Uusi valmistustapa hyödyntää vetyä, sillä innovaatiossa terästä valmistetaan vetypelkistyksellä. Valmistustekniikka tarvitsee sähköä 6–7 kertaa enemmän nykyiseen tuotantoon verrattuna, on siis tärkeää, että sähkö on hiilidioksidivapaasti tuotettua. (Ollikainen 2020.)

SSAB:n tavoitteena oli saada markkinoille fossiilivapaata terästä vuonna 2035, mutta tahtia on päätetty kiristää. Fossiilivapaata terästä tullaan näkemään Euroopan ja Pohjois-Amerikan markkinoilla vuonna 2029, lupaa SSAB:n ympäristöjohtaja Harri Leppänen. Fossiilivapaalla teräksellä päästöjä saataisiin vähennettyä 10 miljoonaa tonnia globaalisti sekä 9 miljoonaa tonnia Pohjoismaissa. Tämä tarkoittaisi seitsemän prosentin vähennystä koko Suomen hiilidioksidipäästöistä. (Ollikainen 2020.)

7.4 Materiaalien vertailu

Puu-lehti selvitti eri rakentamistapojen vaikutusta hiilijalanjälkeen. Hiilijalanjäljen laskenta perustui ympäristöministeriön lausunnossa esiintyneeseen kansalliseen hiilijalanjäljen laskentamenetelmään ja sen taustatietoihin. Kaikkien eri rakennustapojen tiedot syötettiin laskuriin erikseen. Vertailun kohteeksi valikoitui viisikerroksinen pistetalo, jossa on 27 asuntoa. Vaihtoehtoina tutkittiin betoni-, puuranka-, massiivipuu- ja hybridirakennetta modulaariseen tilaelementtijärjestelmään. Tutkimuksessa ei otettu kantaa rakennusosien esivalmistusasteeseen. Määrälaskenta tehtiin rakennusosapohjaisesti ja huomioon otettiin kunkin eri rakennustavan erityispiirteet. Esimerkiksi betonirakenteisessa talossa ontelolaattavälipohjilla saavutetuilla jännemitoilla sisäseinät oletettiin ei-kantaviksi, kun taas puuranka- ja CLT-rakenteissa kantaviksi. Myös perusratkaisuissa on eroavaisuuksia, mutta talotekniikkaan sovellettiin periaatteiltaan yhdenmukaisia ratkaisuja. Tuloksissa huomattavin päästönlähde materiaalien osalta oli betoni (kuva 10). Betonin päästöjä korostaa myös sen rakenteiden suuri massa. Suurella massalla on kuitenkin myös myönteisiä vaikutuksia, kuten hyvä äänieristys. (Lahtela & Viljakainen 2019, 64–69.)



Kuva 10. Hiilikäden ja -jalanjäljen vertailu eri päärakennusmateriaalien välillä (Viljakainen 2019).

Puurakenteisissa taloissa betonia tarvitaan perustuksiin ja askeläänieristeeksi välipohjiin, edellä mainittujen seikkojen takia betoni nousi myös puurakenteisissa taloissa merkittäväksi päästölähteeksi. Lisäksi kipsilevyjen käyttö aiheutti ison osan päästöistä. Kipsilevyjä tarvitaan, jotta puurakenteisesta talosta saadaan paloturvallinen ja saavutetaan tarvittava ääneneristys. Erilaisten kipsilevyjen välillä on kuitenkin eroavaisuuksia päästöjen osalta. Puutalot olisivat vertailussa ylivoimaiset, jos puun hiilikädenjälki laskettaisiin mukaan. CLT-rakenteisen talon hiilivarasto on päästöjä suurempi, mikä tekisi rakennuksesta hiilineutraalin 12,7 vuoden jälkeen, jos lämmitysmuoto olisi kaukolämpö. Jos lämmitys tehtäisiin uusiutuvalla energialla, olisi rakennus hiilineutraali vielä 55 vuoden jälkeen. Hybriditalo pärjäsikin vertailussa hyvin massiivipuulevyn hiilivaraston ansiosta ja sen takia hybriditalo on käytännössä hiilineutraali. Hybriditalon suurimmat päästöt tulevat rakenteissa käytettävästä teräksestä. (Lahtela & Viljakainen 2019, 64–69.)

7.5 Rakennusmateriaalien kierrätys

Uuden jätedirektiivin tavoitteena oli hyödyntää 70 % rakennus- ja purkujätteestä vuoden 2020 loppuun mennessä (Ympäristö 2017.). Tavoitteeseen ei päästy, vaan rakennusjätteestä noin 50 % saatiin hyödynnettyä. Hyödyntämisen tekee vaikeaksi sekalainen pienirakenteinen rakennusjäte, joka kattaa noin kolmasosan rakennusjätevuoresta (Tolpo 2020.). Tuotantoprosessin aiheuttaman ympäristökuorman välttämiseksi jätteen uudelleenkäyttö on ensisijainen vaihtoehto. Käytettyä rakennusosaa tai materiaalia voidaan hyödyntää itse, myydä tai toimittaa esimerkiksi rakennusmateriaalia vastaanottavaan kierrätyskeskukseen. Rakennus-, purku- tai korjaushankkeessa saadaan mahdollisimman suuri osa jätteistä hyötykäyttöön järjestämällä erilliskeräys (Ympäristö 2017).

8 HIILINEUTRAALIN RAKENNUKSEN VAATIMUKSET

Hiilineutraaliuuden määritelmä on eroteltu toisistaan eri hankkeille soveltuvaksi: hiilineutraalin rakennuksen määritelmä ja hiilineutraalin rakennuksen käytön määritelmä. Hiilineutraalin käytön määritelmällä viitataan rakennuksen käytön aikana syntyviin päästöihin, kuten vuotuinen energian käyttö, kun taas hiilineutraalin rakennuksen määritelmässä koko elinkaaren hiilijalanjälki on nolla. (Council Finland 2020.)

8.1 Päästöihin vaikuttaminen

Rakennushankkeessa on mahdollista vaikuttaa rakennuksen elinkaaren päästöihin huomioimalla tuotevalinnat sekä rakentamisen ja rakennuksen käytön aikana syntyvät päästöt. Jäljelle jääviä päästöjä on mahdollista vähentää tai kompensoida myymällä ylijäämäuusiutuvaa energiaa, ostamalla sertifioitua uusiutuvaa energiaa tai määriteltyjen ulkoisten kompensatioiden kautta (kuva 11). (Bruce-Hyrkäs 2020.)



Kuva 11. Rakentamisesta aiheutuvien päästöjen kompensointi ilmastohyödyillä (Hiilineutraalin rakennuksen määritelmä).

8.2 Olemassa oleva rakennuskanta

Olemassa olevan rakennuskannan hyödyntäminen on ilmastovaikutuksiltaan yleisesti parempi ratkaisu kuin uuden rakentaminen – varsinkin tilanteessa, jossa uudet rakennukset tulevat alueelle, jonne pitää rakentaa alusta asti tiet, vesi- ja viemäriputket sekä muu perusinfrastruktuuri. Vanhojen alueiden täydennysrakentaminen hyödyntää alueelle jo rakennettuja palveluita (Berninger 2012, 88.).

Toistaiseksi hiilineutraaliuden määritelmä ei sovellu olemassa olevaan rakennuskantaan vaan ainoastaan hankkeisiin, joissa on mahdollista vaikuttaa rakennuksen koko elinkaareen, kuten uudisrakennushankkeisiin sekä suurille korjaushankkeille. Olemassa olevan rakennuksen hiilineutraali käyttö vuositasona on rajattu Green Building Council Finlandin luomasta luonnoksesta ”Hiilineutraalin rakennuksen määritelmä” -ohjeen ulkopuolelle ja tullaan tulevaisuudessa toteuttamaan erilliseksi ohjeeksi (Council Finland 2020.).

9 POHDINTA

Opinnäytetyönaihe syntyi kiinnostuksesta ilmastonmuutoksen torjumiseen. Tutkimuksen perustana oli *Hiilineutraali Suomi 2035* -tavoitteen vaikutus rakentamiseen. Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella, mistä rakennuksen hiilidioksidipäästöt muodostuvat. Lisäksi työssä haluttiin esittää tutkimuksia, jotka tukevat uusia innovaatioita sekä tuoda esiin erilaisia vertailuja valintojen vaikutuksia korostavien toimintatapojen välillä.

Opinnäytetyössä haluttiin nostaa esille ilmastopolitiikkaa, jotta välittyisi käsitys siitä, kuinka ajankohtaista hiilineutraaliuden tavoittelu on – jopa kiireellistä, jos tavoitteet halutaan saavuttaa asetetussa aikataulussa. Selvitystyötä on rajattu rakennusmateriaalien osalta päärakenteisiin, joten puu, betoni ja teräs olivat lähemmän tarkastelun kohteena. Energiantuotannossa lähempään tarkasteluun rajautuivat uusiutuvat energiamuodot sekä ydinvoima.

Selvityksessä käy perusteellisesti ilmi se, että rakennuksen hiilidioksidipäästöjen tarkastelussa täytyy ottaa huomioon rakennuksen koko elinkaari. Päästöistä saataisiin epätodellinen kuva, jos tarkasteltaisiin vain itse rakentamista huomioimatta rakennuksen elinkaarta, joka alkaa suunnittelupöydältä ja päättyy purkamisesta erilaisiin loppusijoituspaikkoihin. Selvityksen johtopäätöksenä rakennusala tarvitsee yhtenäisen hiilidioksidipäästöjen laskentatyökalun, joka soveltuu elinkaaren kaikkiin vaiheisiin.

Positiivinen yllätys oli huomata sähköntuotannon hiilineutraalin osuuden määrä. Opinnäytetyön aineistossa on paljon materiaalia, joissa painotettiin materiaalien valmistuksien aiheuttamien päästöjen muodostuvan valmistusprosessissa käytettävästä energiasta, mutta energiantuotannon ollessa jo lähes kokonaan hiilineutraalia, materiaalien valmistukseen pitäisi kiinnittää enemmän huomiota. Useat rakennusmateriaalit ovat uusiutumattomia ja niiden sekä valmistusprosessiin että kuljettamiseen kuluu paljon energiaa. Ympäristön kannalta on tärkeää käyttää rakentamiseen uusiutuvia materiaaleja.

Yleinen ilmastotietoisuus on kasvussa ja yksilöt haluavat vaikuttaa omiin päästöihinsä aiempaa enemmän. Rakennuksissa päästöihin voi vaikuttaa merkittävästi energiaremonteilla, mutta myös pienillä teoilla on merkitystä, esimerkiksi omaa vedenkulutustaan voi seurata vesimittarista ja sitä kautta päästä itse vaikuttamaan

omaan kulutukseensa. Sähkön päästöihin voi vaikuttaa tekemällä sähkösovimus sellaiseen yhtiöön, joka tuottaa sähköä uusiutuvilla luonnonvaroilla.

Tulevaisuudessa rakennuksissa tullaan painottamaan uusiutuvaa energiaa sekä materiaalien hiilikädenjälkeä ja sitä kautta vihreyttä – se tulee olemaan kaupankäynnin myyntivaltti. Vihreyteen panostaessa rakennushankkeiden suunnitteluvaiheeseen voisi syntyä laskennallinen arvio rakennushankkeen hiilijalanjäljestä ja -kädenjäljestä.

Vuonna 2025 Suomen rakentamismääräyksiin tullaan lisäämään pakollinen hiilijalanjäljen arviointi. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää rakennuksen päästöjen hahmottamiseksi, sisäistämällä elinkaariajattelu. Vaikka Hiilineutraali Suomi -tavoite on toistaiseksi yli vuosikymmenen päässä, on oleellista kiinnittää huomiota rakennusten päästöjen muodostumiseen ja niiden laskennalliseen arviointiin myös nykyhetkessä.

Opinnäytetyö keskittyi rakennuksen elinkaaren päästöjen seurantaan. Jatkotutkimuksessa voitaisiin syventyä päärakennusmateriaalien lisäksi muihin rakennusmateriaaleihin, jotta materiaalien vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen tulisi tarkemmin esille. Esimerkiksi erilaisilla pintamateriaalivaihtoehdoilla on huomattava merkitys hiilijalanjäljen syntymiseen. Elinkaaren päästöjen seuranta ja hiilineutraaliuden tavoittelu tulee tulevaisuudessa olemaan arkipäivää.

LÄHTEET

- Aarni, Milja 2020. Tuulivoima. Motiva. Viitattu 26.10.2020
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/tuulivoima.
- Ahlberg, Tommi 2020. Kiertotalous keventää sementin hiilidioksidipäästöjä. Betoni 1/2020.
- Berninger, Kati 2012. Hiilineutraali Suomi. Helsinki. Gaudeamus.
- Bruce-Hyrkäs, Tytti 2020. Hiilineutraalin rakennuksen määritelmä. Green building council Finland. Viitattu 15.9.2020 <https://figbc.fi/tulossa-syksylla-2020-hiilineutraalin-rakennuksen-maaritelma/>.
- Elinkaarilaskenta 2019. Vähähiilisen rakentamisen neuvontapalvelu. Viitattu 26.2.2020
<https://elinkaarilaskenta.fi/>.
- Energiapolitiikka 2019. Energian Tuotanto Ja Siirto. Viitattu 25.2.2021
<https://energiapolitiikka.fi/energian-tuotanto-ja-siirto/>.
- Energiatehokas koti 2020a. Hyvä tietää. Viitattu 19.9.2020
https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa.
- Energiatehokas koti 2020b. Sähkölämmitys. Viitattu 14.12.2020
https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/sahkolammitys.
- Energiateollisuus 2020. Aurinkovoima. Viitattu 26.10.2020
<https://energia.fi/energiasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima>.
- Euroopan parlamentti 2020. EU:n ilmastolaki: mepit haluavat vuoden 2030 päästövähennystavoitteeksi 60 %. Viitattu 16.4.2021
<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-mennessa>.
- Green Building Council Finland 2020. Hiilineutraalin rakennuksen määritelmä, Luonnos. Saatavissa: https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2020/11/Hiilineutraalin-rakennuksen-maaritelma_Lausuntoversio-19.11.2020.pdf.
- Gynther, Lea 2020. Sähkön hankinta ja kulutus. Motiva. Viitattu 26.10.2020
https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/sahkon_hankinta_ja_kulutus.
- Hiilineutraalisuomi 2020. Hinku-verkosto. Viitattu 12.9.2020 <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Hinku>.
- Hirvelä, Jussi 2020. Betonin hiilineutraali tulevaisuus. Lujabetoni. Viitattu 2.10.2020
<https://www.lujabetoni.fi/2020/05/15/betonin-hiilineutraali-tulevaisuus/>.
- Hoivatilat 2020. Hiilijalanjälki, hiilikädenjälki? Viitattu 19.11.2020
<https://hoivatilat.fi/nakemyksia/artikkelit/hiilijalanjalki-hiilikadenjalki/>.
- Honkamaa, Antti 2020. Yli 100 000 kodinomistajan lompakkoon voi tulla iso lovi öljylämmityksen takia – ”monella varat eivät tule riittämään vaadittuun remontiin”. Tekniikka & Talous. Viitattu 14.12.2020 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/yli-100000-kodinomistajan-lompakkoon-voitulla-iso-lovi-oljylammituksen-takia-monella-varat-eivat-tule-riittamaan-vaadittuun-remontiin/c7d3ec7e-181e-4838-8e1d-c544ad571bf2>.
- Ilmasto-opas 2018. Rakennusten lämmitys kuluttaa runsaasti energiaa. Viitattu 26.10.2020
https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/73fa2827-42d1-4fd7-a757-175aca58b441/rakennusten-lammitys-kuluttaa-runsaasti-energiaa.html#ref_MOT12.

- Jantunen, Pirjo 2018. Helen. Viitattu 5.12.2020 <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2018/nollapaastoisyys>.
- Krabbe, Katariina 2019. Mitä tarkoittaa hiilikädenjälki? Jäteplus. Viitattu 9.11.2020 <https://jatehuoltoyhdistys.fi/mita-tarkoittaa-hiilikadenjalki/>.
- Lahtela, Tero & Viljakainen, Mikko 2019. Hiilijalanjäljen laskenta – rakentamistapojen vertailu. Puulehti 3/2019.
- Luukko, Kaj 2019. Päästöissä on eroja. Helen. Viitattu 15.2.2020 <https://www.helen.fi/helen-oy/vastuullisuus/ajankohtaista/blogi/2019/p%C3%A4st%C3%A4st%C3%B6iss%C3%A4-on-eroja>.
- Lämmitysenergia Yhdistys 2020. Öljylämmityksen ympäristövaikutukset. Viitattu 5.4.2021 <https://oljylammitus.fi/ymparisto/oljylammituksen-ymparistovaikutukset/>.
- Mattila, Jussi 2014. Betoni ja ympäristö. Rakennustieto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK150303.pdf>.
- Metsäteollisuus 2010a. Kestävä rakentaminen luo hyvinvointia. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/478.pdf>.
- Metsäteollisuus 2010b. Puurakentaminen on ratkaisu. Saatavissa: <https://www.metsateollisuus.fi/mediabank/477.pdf>.
- Motiva 2020a. Kaukolämpö. Viitattu 26.10.2020 https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo.
- Motiva 2020b. Lämpöpumpputeknologiat. Viitattu 11.12.2020 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat.
- Motiva 2021. Hallitse huonelämpötiloja. Viitattu 9.2.2021 https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/hyva_arki_kotona/hallitse_huonelampotiloja.
- Mänty, Anu 2019. Millaisia ovat 1,5 asteen elämäntavat? Ja miten niihin päästään? Sitra. Viitattu 5.12.2020 <https://www.sitra.fi/artikkelit/millaisia-ovat-15-asteen-elamantavat-ja-miten-niihin-paastaan/>.
- NollaE 2020. Turun Toriparkki edustaa tulevaisuuden energiaratkaisuja. Viitattu 5.1.2020 <https://www.nollae.fi/turun-toriparkki-edustaa-tulevaisuuden-energiaratkaisuja/>.
- Ollikainen, Marjo 2020. Jätti-investointi vähentää 7 prosenttia Suomen hiilidioksidipäästöistä – SSAB:n investointi ja bisnes ovat mallikappale teknologiateollisuuden kädenjäljestä. Teknologiateollisuus. Viitattu 16.12.2020 <https://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/artikkeli/jatti-investointi-vahentaa-7-prosenttia-suomen-hiilidioksidipaastoista>.
- Ortonen, Eero 2020. Lämmitysenergia Yhdistys. Viitattu 14.12.2020 <https://oljylammitus.fi/2020/06/09/kannattaisiko-valtion-panostaa-voimakkaammin-uusiutuvaan-biopolttooljyyn/>.
- Oulun yliopisto 2020. Vähähiilisempää terästuotantoa valokaariuunilla. Viitattu 17.12.2020 <https://www oulu.fi/yliopisto/uutiset/valokaariuunilla-vahahiilisempaa-terasta>.
- Rakennuslehti 2018. Tutkimus: Energiaratkaisut vaikuttavat eniten rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. Viitattu 16.11.2020 <https://www.rakennuslehti.fi/2018/10/tutkimus-energiaratkaisut-vaikuttavat-eniten-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjalkeen/>.

Rakennusteollisuus 2019. Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana. Viitattu 5.12.2020 <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/>.

Rautiainen, Miina & Törmänen, Eeva 2019. Oulussa kehitettiin maailman lujin betoni, joka ei sisällä sementtiä – puristuslujuus huimat 107 MPa. Viitattu 11.12.2020 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/oulussa-kehitettiin-maailman-lujin-betoni-joka-ei-sisalla-sementtia-puristuslujuus-huimat-107-mpa/6fb7f216-5a33-35d9-8dfb-1fdfdbf4e9dd>.

Sankelo, Paula & Ahola, Katriina 2020. Kohti vähäpäästöistä rakennuskantaa. Suomen ympäristökeskus. Saatavissa: file:///C:/Users/katax/Desktop/ekopro/Kohti%20vahapaastoista%20rakennuskantaa_12062020.pdf.

Sevimli, Timo 2019. Rakennusten purkubuumi aiheuttaa hiilipiikkejä – "Mittavakin korjaaminen on ekologisempaa kuin uuden rakentaminen". Yle Uutiset 26.8.2019. Viitattu 15.9.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-10938712>.

Sevänen, Sanna 2020. Tuuli ja aurinko valtaavat markkinat, kun sähköstä tulee ilmastoystävällistä. Unit. Viitattu 26.2.2020 <https://www.tuni.fi/unit-magazine/artikkelit/tuuli-ja-aurinko-valtaavat-markkinat-kun-sahkosta-tulee-ilmastoystavallista>.

Siikanen, Unto 2012. Rakennusten lämpö- ja kosteusfysikaalisia näkökohtia. Rakennustieto. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120401.pdf>.

Sipola, Timo 2019. Ruotsissa testataan ratkaisua, joka mullistaisi yhteiskunnan ja romauttaisi päästöt – ja idea voi tulla käyttöön ensimmäisenä suomessa. Yle Uutiset 8.9.2019. Viitattu 10.10.2020 <https://yle.fi/uutiset/3-10942131>.

Sitra 2018. Keskivertosuomalaisen hiilijalanjälki Viitattu 9.9.2020 <https://www.sitra.fi/artikkelit/keskivertosuomalaisen-hiilijalanjalki/>.

Stora Enso 2020. Puurakentaminen lisää hyvinvointia ja pienentää hiilijalanjälkeä. 2020. Viitattu 15.12.2020 <https://www.storaenso.com/fi-fi/newsroom/news/2020/9/better-wellbeing-and-less-carbon-footprint-when-building-from-wood>.

SYKE 2020. Hinku-verkostolla on positiivinen vaikutus kuntien ilmastotyöhön. Viitattu 22.11.2020 [https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_tutkimus_Hinkuverkostolla_on_positi\(57352\)](https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Uusi_tutkimus_Hinkuverkostolla_on_positi(57352)).

TEM 2014. Energia- ja ilmastotiekartta 2050. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2628105/Energia-+ja+ilmastotiekartta+2050.pdf/1584025f-c5c7-456c-a912-aba0ee3e5052>.

THL 2020a. Puunpoltto. Viitattu 5.12.2020 <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/ilmansaasteet/puunpoltto>.

THL 2020b. Tuulivoima ja melu. Viitattu 5.1.2021 <https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu/tuulivoima-ja-melu>.

Tolpo, Antje 2020. Suomi pulassa rakennusjätteen kanssa – neljän vuoden päästä alkaa aika kierrätyksen mallimaana, mutta omakin tavoite on liian kaukana. Yle. Viitattu 30.3.2021 <https://yle.fi/uutiset/3-11341859>.

Törmänen, Eeva 2020. Purkutilan eritysvillasta voi tehdä ekobetonia – teollisuuden kuonasta tehdyn betonin kestävyys jopa 2-kertainen tavalliseen verrattuna. Viitattu 11.12.2020 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/purkutilan-eritysvillasta-voi-tehda-ekobetonia-teollisuuden-kuonasta-tehdyn-betonin-kestavyys-jopa-2-kertainen-tavalliseen-verrattuna/94740393-5b33-4d65-aca1-ddabde9b68ea>.

Valtioneuvosto 2019. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Viitattu 9.9.2020 <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>.

Vattenfall 2020. Ydinvoima. Viitattu 26.10.2020 <https://www.vattenfall.fi/sahkosopimukset/tuotantomuodot/ydinvoima/>.

Viljakainen, Mikko 2020. Onko hiilineutraali rakentaminen mahdollinen? Rakentaja. Viitattu 20.10.2020 https://www.rakentaja.fi/pro/artikkelit/16801/onko_hiilineutraali_rakentaminen.htm.

YIT 2020. Vaikuta asumisen hiilijalanjälkeesi. Viitattu 20.10.2020 <https://www.yit.fi/asunnot/kestava-asuminen/asumisen-hiilijalanjalki>.

Ympäristö 2017. Rakennusmateriaalien uudelleenkäyttö, kierrätys ja jätehuolto. Viitattu 15.11.2020 [https://www.ymparisto.fi/fi-fi-rakentaminen/korjaustieto/Rakennusmateriaalien_tietopankki/Uudelleenkayttö_kierratys_ja_jatehuolto](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/Rakennusmateriaalien_tietopankki/Uudelleenkayttö_kierratys_ja_jatehuolto).

Ympäristö 2020. Rakennuksen energia- ja ekotehokkuus. Viitattu 19.9.2020 https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus.

Ympäristöministeriö 2020a. Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta. Viitattu 22.11.2020 <https://ym.fi/kysymyksiä-ja-vastauksia-vähähiilisestä-rakentamisesta>.

Ympäristöministeriö 2020b. Puurakentaminen. Viitattu 27.9.2020 <https://ym.fi/puurakentaminen>.

Ympäristöministeriö 2020c. Rakennusten energiatehokkuus. Viitattu 9.9.2020 <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>.

Ympäristöministeriö 2020d. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Viitattu 17.12.2020 <https://ym.fi/vähähiilisen-rakentamisen-tiekartta>.