



Eetu Mallat

Toimenpiteitä hiilipäästöjen alentamiseksi rakennustyömailla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tuotantotalous

Insinöörityö

6.4.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Eetu Mallat
Otsikko:	Toimenpiteitä hiilipäästöjen alentamiseksi rakennustyömailla
Sivumäärä:	56 sivua + 1 liitettä
Aika:	6.4.2022
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Tuotantotalous
Ammatillinen pääaine:	Kansainvälinen ICT-Liiketoiminta
Ohjaajat:	Lehtori Thomas Rohweder Työpäällikkö Riikka Mattila

Tämä insinöörityö tutkii rakennusalalla aiheutuvia hiilipäästöjä sekä niiden aiheuttajia. Nykyisin monet rakennusalan yritykset ovat asettaneet tiukat tavoitteet hiilineutraaliuden saavuttamiseksi lähitulevaisuudessa. Ilmastonmuutos on huolestuttava ilmiö kautta maailman ja rakentamisen ollessa yksi suurimmista kasvihuonekaasupäästöjen yksittäisistä lähteistä on erittäin tarpeellista löytää ympäristöystävällisempiä toimintatapoja rakennusalalle.

Työssä käsitellään ilmastonmuutosta ja hiilineutraaliutta yleisellä tasolla sekä rakentamisen näkökulmasta. Työssä käytetään lähteinä kirjallisuutta, verkkoaineistoja ja haastatteluja. Nykytila-analyysissä käytetään apuna haastatteluja, sekä Skanskan asettamia hiilineutraaliustavoitteita.

Hiilineutraaliustavoitteiden saavuttaminen edellyttää lukuisia tiukkoja toimenpiteitä. Rakennusprojekteissa on nykyisin pystytty hyödyntämään uusia ympäristöystävällisempiä materiaaleja, mutta kokonaiskuvassa kehityskohteita on vielä monia.

Tämän työn lopputulos käsittää parannusehdotuksia rakennustyömaiden hiilipäästöjen alentamiseksi. Ehdotuksissa huomioidaan toimenpiteiden vaikutukset rakennusprojektin tuottavuus- sekä tehokkuusnäkökulmiin. Ehdotusten tarkoituksena on edistää Skanskan hiilineutraaliustavoitteen saavuttamista vuoteen 2045 mennessä.

Avainsanat:

Hiilipäästöt, hiilineutraalius, ilmastonmuutos

Abstract

Author: Eetu Mallat
Title: Operations in Reducing Carbon Emissions at Construction Sites
Number of Pages: 56 pages + 1 appendices
Date: 6 April 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Industrial Engineering & Management
Professional Major: International ICT-Business
Supervisors: Thomas Rohweder D.Sc (Econ.) Principal lecturer
Riikka Mattila. Work Manager at Skanska

This thesis examines carbon emissions caused at construction sites and the sources of the emissions. Nowadays many companies in the field of construction have established strict targets to achieve carbon neutrality in near future. Climate change is an alarming worldwide phenomenon and since constructing is among the biggest factors contributing to carbon emissions, it is necessary to find more environment-friendly operating models for the field of construction.

Climate change and carbon neutrality are considered in general as well from the perspective of constructing. The sources used in this thesis include literature, online materials and interviews. Interviews and Skanska's carbon neutrality goals were used at the current state analysis of the thesis.

Reaching the carbon neutrality goals requires multiple strict measures. New environment-friendly materials have been used in many construction projects nowadays, but in the big picture, there are many areas to improve.

The outcome of the thesis comprises proposals in order to reduce carbon emissions caused at construction sites. Both productivity and efficiency perspectives are considered in the proposals.

The purpose of these proposals is to advance Skanska in achieving its carbon neutrality goals by the year 2045.

Keywords: Carbon emissions, carbon neutrality, climate change

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Opinnäytteen tavoite	2
1.3	Projektisuunnitelma	3
2	Ilmastonmuutos ja hiilineutraalius alan kirjallisuudessa	4
2.1	Ilmastonmuutos	5
2.2	Hiilineutraalius	6
2.2.1	Hiilineutraalius maailmanlaajuisesti	7
2.2.2	Hiilineutraalius yrityksissä	9
2.2.3	Sopimuksia ja menetelmiä	10
2.3	Hiilijalanjälki	13
2.4	Hiilikädenjälki	15
3	Skanskan arvot ja ympäristösuunnitelmat	15
3.1	Yritysesittely	16
3.2	Skanskan hiilineutraaliustavoitteet	21
3.3	Yhteenveto Skanskan toimenpiteistä hiilipäästöjen alentamiseksi	22
4	Hiilijalanjäljen pienentäminen rakennusalalla alan kirjallisuudessa	23
4.1	Rakennuksen hiilijalanjälki	25
4.1.1	Rakennuksen hiilijalanjäljen laskenta	27
4.1.2	Standardeja laskennan helpottamiseksi	30
4.2	Rakennustyömailla syntyvät päästöt ja materiaalivalintojen vaikutus	30
4.3	Syventymistä Skanskalle suoritetun kehittämistyön poimintoihin	32
4.4	Yhteenveto keskeisistä kirjallisuuspoiminnoista	39
5	Toimenpide-ehdotuksia hiilineutraaliuden saavuttamiseksi työmailla	40
5.1	Työmaan energiatehokkuuden parantaminen	40
5.2	Sähkökäyttöisten työkoneiden hankinta	41
5.3	Jätteen kierrätyksen tehostaminen	42
5.4	Materiaalivalinnat	43
5.5	Työmaan sisäisen logistiikan tehostaminen	44

5.6	Toimenpiteiden yhteenveto	47
6	Johtopäätökset	48
6.1	Opinnäytteen yhteenveto vaihe vaiheelta	48
6.2	Jatkotoimenpide-ehdotuksia rakennusalalle	50
	Lähteet	52

Liitteet

Liite 1: Ympäristöministeriön raportti rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Hiilineutraalius on tila, jossa esimerkiksi rakentaminen tapahtuu siten, että toiminnoista aiheutuva nettohiilijalanjälki on nolla. Yksinkertaistettuna silloin tapahtuva toiminta ei muuta ilmakehän hiilipitoisuutta.

Hiilineutraaliuden saavuttaminen on tärkeä tavoite, joka koskee monia eri aloja, sillä monet eri ilmastopöytäkirjojen tavoitteet jäävät toteutumatta, jos nämä eri alat eivät saavuta hiilineutraaliuspyrkimyksiään.

Asuin- sekä infrarakentaminen lisääntyy maailmanlaajuisesti kaupungistumisen ja väestönkasvun seurauksena, mutta samanaikaisesti siitä aiheutuvat päästöt ovat edelleen merkittäviä. Siksi on tärkeää, että rakennusala sopeudutaan uusiin ilmastoystävällisempiin toimintamalleihin sekä kansainvälisten että suomalaisten ilmastopöytäkirjojen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Nykyään monet yritykset ovat asettaneet tavoitteekseen saavuttaa hiilineutraalius lähitulevaisuudessa. Rakennusala hyvin tunnettu ja alan suurimpien toimijoiden joukkoon lukeutuva Skanska on myös yksi heistä. Skanskan maailmanlaajuisena tavoitteena on saavuttaa hiilineutraalius kaikilla eri liiketoiminta-alueilla vuoteen 2045 mennessä. Tavoitteeseen sisältyvät myös yhtiön toimitusketjussa aiheutuvat päästöt.

Rakennustyömailla on monia isoja päästölähteitä, kuten työkoneet, työmaan lämmitys ja betonin kuivatuksesta aiheutuvat päästöt.

On selvää, että hiilipäästöjen alentamiseksi tarvittavien muutosten on tapahduttava kokonaisvaltaisesti ja monilla eri osa-alueilla. Tiettyjen osa-alueiden kehittäminen helpottuu tulevaisuudessa, esimerkiksi sähkökäyttöisten työkalujen tekniikan kehittyessä.

1.2 Opinnäytteen tavoite

Tämä insinöörityö tehtiin Skanska Talonrakennus Oy:lle. Työn tavoitteena oli löytää keinoja Skanskan hiilipäästöjen alentamiseksi. Siksi työ rajattiin käsittelemään pääosin rakennustyömailla tapahtuvaa toimintaa. Työssä käsitellään myös hiilineutraaliutta yleisellä tasolla ja siihen liittyviä käsitteitä.

Työn tavoitetta lähestyttiin etsimällä tapoja kasvihuonekaasupäästöjen alentamiseksi, jotka aiheutuvat Skanskan rakennusprosessien seurauksena. Erityisesti työmaan toiminnasta ja logistiikasta aiheutuvien päästöjen alentaminen on työn keskiössä.

Työssä huomioitiin myös toimien vaikutukset niin tuottavuuden- kuin tehokkuuden näkökulmasta niin, ettei kumpikaan edellä mainituista saa laskea merkittävästi toimien seurauksena.

Tutkimustyö toteutettiin etsimällä tietoa kirjallisuudesta, eri internet-lähteistä, sekä keskustelemalla Skanskalla työskentelevien henkilöiden kanssa Teamsin ja sähköpostin välityksellä, sekä yhdessä tapauksessa henkilökohtaisesti.

Yhdessä työn loppuvaiheen osioista käsitellään Lotta Kamusen Tampereen Ammattikorkeakoululle suorittaman kehittämistehtävän kohtia. Kyseinen työ on tsekkilistä työmaan vähähiilisyyden edistämiseksi, jonka kohtia poimitaan esille ja niihin syvennyttään hieman tarkemmin tässä opinnäytetyössä.

Tähän työhön valittuja niin Kamusen tsekkilistan kuin omakohtaisten poimintojen vaikutuksia tullaan käsittelemään pääosin yleisellä tasolla, joskin osa kohdista sisältää jonkinasteisia numeerisia arvoja. Työn lopputuotos sisältää niin yleisiä hiilineutraaliuteen liittyviä käsitteitä, mutta tärkeimpänä toimia ja tapoja työmaan hiilipäästöjen alentamiseksi.

1.3 Projektisuunnitelma

Projektin vaiheisiin kuuluivat Data 1 -osion osalta Skanskan hiilineutraaliustavoitteiden läpikäyntiä, hiilineutraaliuspyrkimyksiä edistävien sopimusten ja menetelmien käsittelyä, osuus ja poimintoja Lotta Kamusen Tampereen ammattikorkeakoululle tekemästä kehittämistehtävästä.

Data 2 -osioon kuului rakennustyömaiden hiilipäästöjen alentamiseksi tarvittavia toimenpiteitä, toimenpiteiden vaikutusta tuottavuuteen sekä tehokkuuteen ehdotettavien konkreettisten toimenpiteiden käsittelyä ja analysointia, kehittämistehtävän poimintojen ”jalostamista” edelleen sekä viimeisimpänä palauteosuuden ja johtopäätökset työstä.

Data 1:n kohdalla lähteinä käytettiin niin määrällisiä kuin laadullisia tiedonlähteitä. Lähteenä käytetty määrällinen tieto sisälsi melko vähän numeerista dataa ja oli peräisin suurilta osin internetlähteistä. Laadullisen datan osuus jäi määrällistä vähäisemmäksi Data yhdessä samoin kuten työssä kokonaisuudessaan. Tässä osiossa lähinnä Skanskan nykytilanteen analysoinnissa lähteenä käytettiin muutaman Skanskalla työskentelevän henkilön kanssa käytyjä keskusteluja, jotka ajoittuivat projektin alku- ja loppuvaiheeseen.

Data 2:n kohdalla lähteinä käytettiin lähestulkoon kokonaisuudessaan määrällistä tietoa, mikä oli Data 1:stä poiketen enimmäkseen kirjallisuuteen painottuvaa. Laadullisena tiedonlähteenä käytettiin aiemmin mainitun Kamusen

kehittämistehtävän tuotoksia, mitä ei suunnitelmasta poiketen toteutettu vielä Data 1:ssä.

INSINOORITYÖN VAIHEET

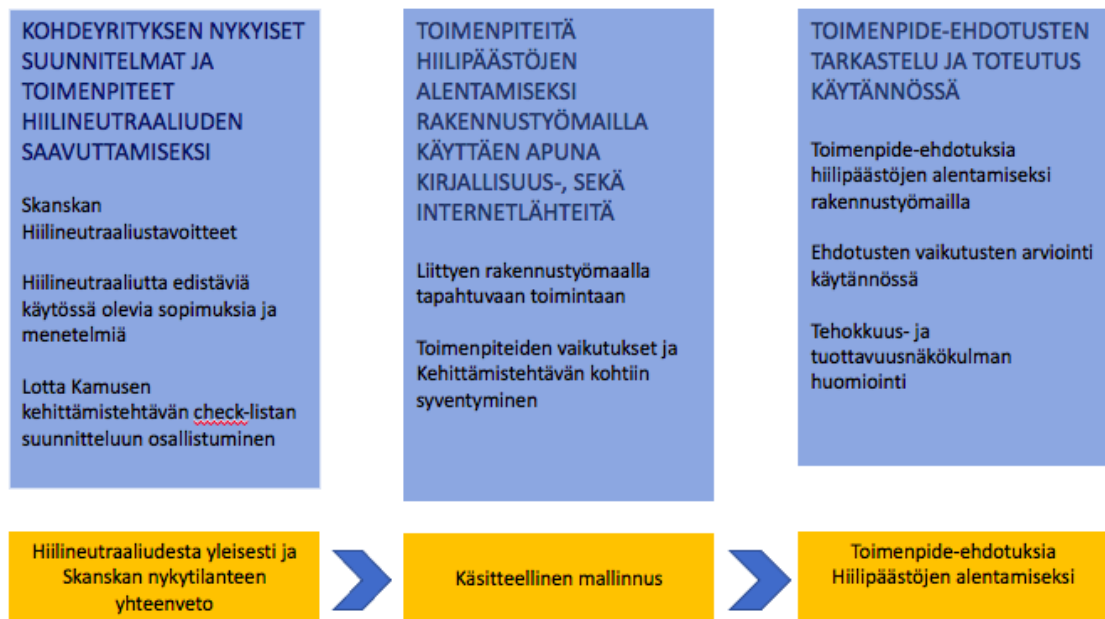
- **TAVOITE:** Hankkeen rakennusvaiheessa syntyvien päästöjen pienentäminen eri toimenpiteiden avulla

DATA 1

Dokumentoidut lähteet ja haastattelut

DATA 2

Haastattelut ja lähdetieto



Kuva 1. Projektisuunnitelma. Kuvasta ilmenee tämän insinööriyön vaiheet.

2 Ilmastonmuutos ja hiilineutraalius alan kirjallisuudessa

Tässä luvussa käsitellään aluksi ilmastonmuutosta ja sen aiheuttajia, minkä jälkeen siirrytään tämän opinnäytetyön kannalta oleellisiin käsitteisiin, kuten

hiilineutraaliuteen, hiilijalanjälkeen sekä hiilikädenjälkeen. Luvussa avataan tarkemmin hiilineutraaliustavoitteita eri maissa ja yrityksissä.

2.1 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos on iso tekijä maailmanlaajuisessa ympäristökriisissä luonnon monimuotoisuuden ja luonnonvarojen vähenemisen lisäksi (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 1).

Ilmaston lämpeneminen on pitkälti ihmisen aiheuttamaa ja syntyy niin sanotun ”kasvihuoneilmiön” seurauksena. Ilmakehässä olevat kaasut laskevat auringon säteet lävitse, mutta samaan aikaan hillitsevät lämmön karkaamista avaruuteen. Koska ihmisen toiminta tuottaa näitä kaasuja kiihtyvällä tahdilla, johtaa tämä lämmön karkaamista estävien kaasujen lisääntymiseen ja sen kautta maapallon lämpötilan nousuun. Esiteolliseen aikaan verrattuna ilmasto on nykyisin keskimäärin noin asteen lämpimämpi, mutta napa-alueiden lähellä lämpeneminen on ollut voimakkaampaa. Tämä aiheuttaa napa-alueiden sulamista ja siten merenpintojen nousua (Uhat: Ilmastonmuutos: 1.)

Ilmastonmuutoksen suurin yksittäinen aiheuttaja on fossiiliset polttoaineet, joihin lukeutuu muun muassa öljy, maakaasu, sekä kivihili. Fossiilisten polttoaineiden osuus kasvihuonekaasupäästöistä on peräti kolme neljäsosaa (Uhat: Ilmastonmuutos: 1.)

Maailmanlaajuisesti suurimpia kasvihuonekaasujen lähteitä ovat sähkön ja lämmön tuotanto noin 24 %:n, maankäyttö noin 18 %:n, maatalous noin 14 %:n sekä liikenne noin 14 %:n osuuksilla. Suomessa suurimmat kasvihuonekaasujen lähteet ovat rakennukset noin 32 %:n, teollisuus noin 30 %:n sekä liikenne noin 19 %:n osuuksilla. Itse rakentamisen osuus päästöistä jää noin kuuteen prosenttiin ja siten muiden päästönlähteiden osuudeksi jää 13

prosenttia (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 3.)

Aiemmin mainitun merenpintojen nousun ohella ilmastonmuutos on jo ehtinyt vaikuttaa luontoon monilla tavoin. Arktisten alueiden jääpeitteestä merkittävä osa on sulanut, tuholaishyönteiset sekä kasvitaudit ovat levinneet pohjoisemmaksi, pohjoisten alueiden eläinten elinolot ovat kaventuneet huomattavasti ja sään ääri-ilmiöiden kasvua on havaittu maailmanlaajuisesti (Uhat: Ilmastonmuutos: 1.)

Havaittujen muutosten johdosta toimia ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi on tiukennettava. Merkittävimpiä keinoja hillitä ilmastonmuutosta ovat fossiilisten polttoaineiden käytön lopettaminen, uusiutuvan energian käytön lisääminen ja metsäkadon pysäyttäminen, mikä lisää samalla uusien hiilinielujen määrää (Uhat: Ilmastonmuutos: 1.)

2.2 Hiilineutraalius

Hiilineutraalius käsitteenä tarkoittaa tilannetta, jossa toiminta, kuten esimerkiksi rakentaminen tapahtuu siten, että siitä seuraava nettohiilijalanjälki on nolla. Yksinkertaistettuna toiminta ei silloin muuta ilmakehän hiilipitoisuutta.

Esimerkiksi hiilineutraali kaupunki tuottaa ilmakehään saman määrän hiilipäästöjä kuin se pystyy sitomaan (Hiilineutraalius 2021: 1.)

Hiilineutraalius ei automaattisesti käsitä kasvihuonekaasujen vähentämistä, mutta toisinaan käsitteeseen liitetään myös kasvihuonekaasujen vähentäminen nollaan tai niiden tasapainottaminen. Tällöin kuitenkin voidaan puhua hiilineutraaliuden sijasta ilmastoneutraaliudesta, jossa ilmakehän kasvihuonekaasujen pitoisuudet eivät nouse ja sitä kautta ilmasto lämpenee kyseisen toiminnan osalta (Hiilineutraalius 2021: 1.)

Millä tavoin hiilineutraalius voidaan saavuttaa? On olemassa kaksi tapaa, joilla hiilineutraalius voidaan saavuttaa. Ensimmäinen tapa on siirtyä täysin hiilivapaaseen toimintamalliin, mutta tämä on usein hankala saavuttaa monissa olosuhteissa. Toinen ja samalla helpompi tapa saavuttaa hiilineutraalius on tasapainottaa toiminnasta syntyvät hiilipäästöt siten, että ilmakehästä sidotaan hiiltä toiminnasta syntynyttä hiiltä vastaava määrä (Hiilineutraalius 2021: 1.)

Hiilineutraaliutta tavoittelevat yhteisöt sekä yritykset käyttävät usein päästökompensaatioita saavuttaakseen hiilineutraaliuden, eli toisin sanoen rahoittavat päästövähennyksiä muualla kumotakseen toiminnasta aiheutuneet päästöt (Vapaaehtoiset päästökompensaatiot: 1.)

Päästökompensaatiot ovat vapaaehtoisia, ja ne on tarkoitettu matkustamisesta tai tuotteen valmistuksesta syntyneiden kasvihuonepäästöjen hyvittämisen mahdollistamiseksi. Päästökompensaatioita käytetään silloin, kun yrityksen oman toiminnan tehostamisella ei pystytä saavuttamaan hiilineutraaliuden tilaa. Kompensaatiot ovat maksullisia, ja ne ovat hiilineutraaliutta tavoittelevien ihmisten sekä yritysten, kuin organisaatioiden ostettavissa. Kompensaationa voi toimia esimerkiksi päästöjä välttävän tai niitä poistavan hankkeen rahoittaminen (Vapaaehtoiset päästökompensaatiot: 1).

Hiilineutraalius on hyvin voimakkaasti nouseva trendi monen alan toiminnassa ja myös joidenkin kaupunkien, esimerkiksi Helsingin kaupunkistrategiassa 2021-2025 tavoitellaan Helsingin hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä (Helsinki hiilineutraaliksi 2021: 1).

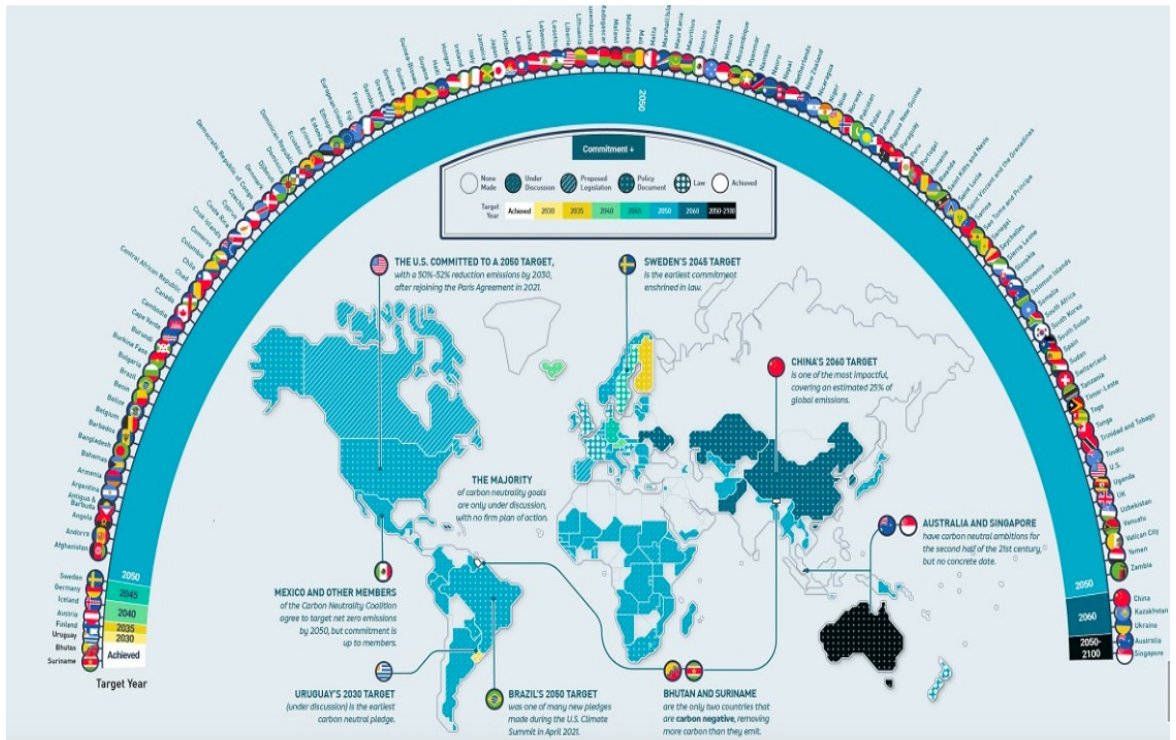
Myös monet muut kunnat tavoittelevat radikaaleja päästönvähennyksiä: esimerkiksi laajassa Hinku-hankkeessa siihen osallistuvat kunnat sitoutuvat tavoittelemaan 80 prosentin päästönvähennyksiä vuodesta 2007 vuoteen 2030 mennessä. Hankkeessa on mukana tällä hetkellä 79 kuntaa, kuten esimerkiksi Vantaa, Turku, Tampere, Kouvola ja Lahti (Hinku-kunnat 2019: 1).

2.2.1 Hiilineutraalius maailmanlaajuisesti

Maailmassa on nykyään lukuisia eri maita, jotka ovat asettaneet itselleen tavoitteen päästä hiilineutraaliksi. Suurin osa hiilineutraaliutta tavoittelevista maista on asettanut tavoitteensa takarajaksi vuoden 2050, kuten kuvasta 2 ilmenee (Wallach 2021: 1).

Vuonna 2021 kaksi maata, Bhutan ja Suriname, olivat saavuttaneet tavoitteensa ja ovat maailman ensimmäiset hiilineutraalit maat. Suomen vuoden 2035 tavoitteen edellä on ainoastaan Uruguay, jonka tavoite on vuodessa 2030. Aiemmin mainittujen lisäksi neljä maata tavoittelee hiilineutraaliutta ennen vuotta 2050. Näistä maista Itävallan sekä Islannin tavoitteet ovat vuodessa 2040 ja kahden muun, Saksan ja Ruotsin tavoitteet, vuodessa 2045 (Wallach 2021: 1).

Myöhäisimmäksi tavoitteensa ovat asettaneet Kiina, Ukraina ja Kazakstan, joiden tavoite on vuodessa 2060. Australian sekä Singaporen tavoitteet on asetettu vuosien 2050 ja 2100 välille (Wallach 2021: 1).



Kuva 2. Hiilineutraaliustavoitteen asettaneet maat maailmassa. Kuvassa on kaksi maata, Bhutan ja Suriname, jotka ovat jo saavuttaneet hiilineutraaliuden. Kuten kuvasta ilmenee, valtaosa maista on asettanut tavoitteensa vuoteen 2050 (Wallach 2021: 1).

2.2.2 Hiilineutraalius yrityksissä

Tänä päivänä yhä useampi yritys on lähtenyt tavoittelemaan hiilineutraaliutta. Niin kuluttajien kuin yritysten eri sidosryhmien kiinnostus ilmastoasioita kohtaan on noussut. Tämä on nostanut kuluttajien ympäristötietämystä, mikä heijastuukin yhä useampien kuluttajien päivittäisissä valinnoissa. Seurauksena monet, erityisesti suuryritykset ovat alkaneet etsiä eri tapoja, joiden avulla yrityksen vastuullisuus välittyy kuluttajille mahdollisimman tehokkaasti.

Suomessa keskuskauppakamarin myöntämä ilmastositoumustunnus on tehokas tapa viestiä yrityksen sitoutuneisuudesta ilmastonmuutoksen hillitsemiseen (Rantanen 2020: 13).

Ilmastositoumus

Keskuskauppakamari on lanseerannut ilmastositoumustunnuksen, jota hakemalla yritys pystyy näyttämään sitoutuneisuutensa hiilineutraaliuden tavoitteluun. Ilmastositoumus tavoittelee suomalaisten yritysten hiilineutraaliutta vuoteen 2035, tai viimeistään vuoteen 2040 mennessä. Järjestelmän perusteena on GHG-Protokolla-standardiin perustuva hiilijalanjälkilaskenta. GHG-protokollasta on lisää Hiilijalanjäljen laskenta -luvussa (Rantanen 2020: 13.)

Ilmastositoumus keskittyy erityisesti yrityksen toiminnasta syntyviin suoriin, tavarankuljetuksista aiheutuviin ja henkilöliikkumisen päästöihin. Tunnuksen saa yritys, joka toimii Suomessa, sitoutuu kasvihuonekaasupäästöjen alentamiseen sekä laatii päästövähennystavoitteet pyrkiessään hiilineutraaliuteen vuoteen 2035 mennessä. Ilmastositoumustunnusta haettaessa yritys toimittaa vastuullisuuslautakunnalle toimenpidesuunnitelman, joka koskee päästöjen vähentämistä ja tiedottaa vuosittain toimistaan. Tunnus myönnetään vuodeksi (Rantanen 2020: 14; Keskuskauppakamari: ilmastositoumus: 1.)

Hiilineutraaliutta ja samalla kestävyttä kohti mentäessä tulee monia työpaikkoja väistämättä katoamaan vanhoilta aloilta, kun siirrytään uusiin toimintamalleihin. Asian kääntopuolena kansainvälinen työjärjestö (ILO) arvioi puhtaaseen energiaan siirtymisen tuovan 18 miljoonaa uutta työpaikkaa vuoteen 2030 mennessä (Hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä 2020: maailman tärkein tehtävä: 1).

2.2.3 Sopimuksia ja menetelmiä

Hiilineutraalius on monen niin kaupungin, maan kuin yrityksen tavoitteena. Sen saavuttamista edistetään monien sopimusten ja standardien avulla, joista monet käsittävät kansainvälisiä tavoitteita.

Pariisin Ilmastopimus:

Pariisin ilmastokokouksessa vuonna 2015 laadittiin kansainvälinen Pariisin ilmastopimus, joka astui voimaan 4.11.2016. Sopimus sitoo sen allekirjoittaneet maat juridisesti sopimuksen ilmastonmuutosta hillitseviin tavoitteisiin.

Sopimuksessa maat pyrkivät ilmastotoimien avulla rajoittamaan maapallon keskilämpötilan nousun enintään kahteen asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Sopimuksessa tavoitellaan saavuttamaan tasapaino ihmisen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen ja päästöjä sitovien hiilinielujen välille tämän vuosisadan loppupuolen aikana. Mainittujen asioiden lisäksi sopimus pyrkii muun muassa lisäämään vähähiiliseen ja ilmastokestävään kehitykseen suuntautuvaa rahoitusta, tukemaan oleellisen teknologian kehitystä ja parantamaan toiminnan läpinäkyvyyttä (Pariisin ilmastopimus: 1).

GHG-PROTOKOLLA:

GHG-Protokolla, alkuperäiseltä nimeltään Greenhouse Gas Protocol, on hiilijalanjäljen laskemista tukeva standardi. Protokollan tarkoituksena on auttaa niin yksityisiä kuin julkisia toimijoita hallitsemaan heidän toiminnastaan aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä (What is GHG Protocol: 1).

GHG-Protokolla toimii yhteistyössä maailman luonnonvarainstituutin (World Resources Institute) sekä WBCSD-yritysvastuuverkoston (World Business Council for Sustainable Development) kanssa, ja se tukee maailman käytetyimpiä kasvihuonekaasupäästöjen laskentastandardeja. Protokollaan perustuvan ohjelman kerrottiin olevan käytössä vuonna 2016 joko suorasti tai epäsuorasti 92:lla prosentilla Fortune 500 -listauksen suurimmista yrityksistä bruttokansantuotteen mukaan (What is GHG Protocol: 1).

Protokollan työkalujen sekä standardien oppimisen tueksi on saatavilla online-koulutusta, webinaareja kuten myös WRI asiantuntijoiden tarjoamaa henkilökohtaista koulutusta (Online Training: 1).

GHG-Protokollan jakautuminen:

Protokolla on jaettu kolmeen eri osaan. Osia kutsutaan Scopeiksi.

Scope 1 käsittää yrityksen suorat päästöt. Siten yrityksen on kaikista helpoin vaikuttaa niihin omaa toimintaansa muuttamalla. Oman toiminnan seurauksena syntyvien päästöjen esimerkkinä voidaan mainita ajoneuvojen polttoainepäästöt.

Scope 2 käsittää epäsuorat toimintaan liittyvät päästöt, jotka syntyvät ostoenergian seurauksena, esimerkiksi sähkön ja lämmön kulutus.

Scope 3 käsittää kaikki ostoenergian ulkopuoliset epäsuorat päästöt, kuten tavaroiden ja palveluiden hankinnan aiheuttamat päästöt. Yleistäen voidaan puhua arvoketjussa tapahtuvista päästöistä, esimerkiksi logistiikan ja jätehuollon aiheuttamat päästöt. Scope 3 -luokka on jaettu viiteentoista eri kategoriaan. Tähän luokkaan kuuluvien päästöjen laskeminen on kaikkein monimutkaisinta, jos yrityksellä on laajat alihankintaverkostot (Mikä ihmeen scope 1, 2, 3?: 1.)

Scope 3 Standard Contents

Part 2: Guidance for Specific Scope 3 Categories

1. Purchased Goods & Services – Direct Supplier Emissions
2. Purchased Goods & Services – Cradle-to-Gate Emissions
3. Energy-Related Activities Not Included in Scope 2
4. Capital Equipment
5. Transportation & Distribution (Upstream / Inbound)
6. Business Travel
7. Waste Generated in Operations
8. Franchises (Not Included In Scope 1 and 2) – Upstream
9. Leased Assets (Not Included In Scope 1 and 2) – Upstream
10. Investments (Not Included In Scope 1 and 2)
11. Franchises (Not Included In Scope 1 and 2) – Downstream
12. Leased Assets (Not Included In Scope 1 and 2) – Downstream
13. Transportation & Distribution (Downstream / Outbound)
14. Use of Sold Products
15. Disposal of Sold Products at the End of Life
16. Employee Commuting



The Greenhouse Gas Protocol Initiative
The Foundation for sound and accurate climate strategy

11

Kuva 3. Kuvassa 3 näkyy, miten GHG-protokollan osa Scope 3 jakautuu tarkemmin eri kategorioihin (Using biogas to reduce natural gas consumption and greenhouse gas emissions at a large distillery. 2020: 1)

ISO 14067 -standardi

ISO 14067 -standardi määrittää ohjeet, vaatimukset sekä periaatteet tuotteiden hiilijalanjäljen laskentaa varten. Standardin tarkoituksena on ilmaista tuotteen elinkaaren eri vaiheisiin liittyvät kasvihuonekaasupäästöt (ISO 14067: 1.)

Green Deal -sopimus

Green Deal -sopimukseen liittyivät vuoden 2020 syyskuussa mukaan Helsingin, Espoon, Vantaan ja Turun kaupungit, Ympäristöministeriö sekä Senaatti-kiinteistöt. Sopimuksen tavoitteena on tehdä siinä mukana olevien osapuolten työmaista fossiilittomia vuoden 2025 loppuun mennessä. Fossiilittomuudella tarkoitetaan sitä, että sopimuksessa mukana olevien osapuolten työmailla ei käytetä lainkaan fossiilisia polttoaineita.

Fossiilisten polttoaineiden käytön kieltämisen lisäksi sopimuksessa luvataan, että työmaiden työkoneista sekä kuljetuksista vähintään 50 prosenttia toimii joko sähköllä, vedyllä tai biokaasulla. Sopimuksen piirissä oleviin päästöihin luetaan mukaan sähkön, lämmityksen, työkoneiden sekä kuljetuksen päästöt vaiheittain. Sopimuksen on ilmoitettu olevan voimassa vuoden 2030 loppuun (Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus: 1.)

2.3 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki kuvaa tietyn asian tai kokonaisuuden synnyttämää ilmastoa kuormittavaa vaikutusta, josta puhuttaessa voidaan puhua yksinkertaisemmin ilmastokuormasta. Ilmastokuorma syntyy ilmakehään päätyvistä kasvihuonekaasuista. Eri kasvihuonekaasuja ovat muun muassa hiilidioksidi CO₂, metaani CH₄ ja typpioksiduuli N₂O (Mitä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan: 1).

Hiilijalanjälki soveltuu tuotteen, toiminnan tai palveluiden elinkaaren aikana aiheutuneiden päästöjen tarkasteluun. Käytöstä aiheutuneiden päästöjen lisäksi tuotantoprosessista aiheutuneet päästöt lasketaan hiilijalanjälkeen, kuten myös mahdolliset ulkomailla syntyneet valmistamisen päästöt (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 2).

Hiilijalanjäljen ilmoittamisessa käytetään aiheutuvien päästöjen massaa tonneina, kilogrammoina tai grammoina (Mitä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan: 1.)

Määriteltäessä hiilijalanjälkeä tulee tarkasteltavaan kohteeseen liittyvät päästöt huomioida koko elinkaaren ajalta. Joissain tapauksissa, esimerkiksi kunnan hiilijalanjälkeä laskettaessa, voidaan hiilijalanjälki laskea aikajakson, kuten esimerkiksi vuoden ajalta (Mitä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan: 1.)

Hiilijalanjäljen määrittämiseksi on olemassa monia eri standardeja ja ohjeistuksia, kuten **päästökertoimet**.

Päästökerroin ilmaisee aiheutuvien päästöjen suhdetta lopputuloksena saadun tuotteen tai palvelun määrään. Päästökertoimet voivat olla erilaisia, riippuen niiden rajauksista. Rajauksilla voidaan kuvata pelkästään käytön aikana syntyneitä päästöjä tai koko elinkaaren aikaisia päästöjä. Ne voivat sisältää pelkästään hiilidioksidipäästöt tai koskea kaikkia kasvihuonekaasupäästöjä (Mitä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan: 1).

Eri päästökerroinluokkia sekä niiden mittayksiköitä ovat muun muassa seuraavat: Sähkö (grammaa/ kilowattitunti), palvelut (kilogrammaa/ kappale) ja henkilöautot (grammaa/ kilometri) (Tutustu erilaisiin päästökertoimiin: 1.)

Hiilijalanjäljen laskemiseksi on olemassa erilaisia laskureita. Esimerkiksi Ilmastodietti-työkalun avulla on mahdollista seurata omia kasvihuonekaasupäästöjä. Kohti hiilineutraalia kuntaa -hankkeen laskuri sopii puolestaan hyvin yrityksille (Laske hiilijalanjälkesi: 1)

2.4 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjäljen kehittäminen alkoi suomalaisten yritysten aloitteesta. Koska ympäristövaikutukset ilmaistiin aiemmin mittareilla, jotka kuvaavat ainoastaan negatiivisia vaikutuksia, syntyi tarve positiiviset vaikutukset esiin tuovalle mittarille (Hiilikädenjälki: Uusi ympäristömittari positiivisten ilmastovaikutusten arviointiin: 1.)

Hiilikädenjälki kuvaa joko yksittäisen teon, osan tai koko tuotteen aikaansaamia ilmastolle positiivisia vaikutuksia (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 2).

Hiilikädenjälki on sidoksissa hiilijalanjälkeen. Esimerkiksi hiilikädenjälkeä tuottava yritys pystyy alentamaan yrityksen tuotteita tai palveluita ostavan asiakkaan hiilijalanjälkeä yrityksen ympäristöystävällisyyden avulla (Hiilikädenjälki: 1.)

Hiilikädenjälki voi olla erilainen eri markkinoilla, vaikka itse tuote tai palvelu olisikin sama. Tästä johtuen hiilikädenjäljen määrittelyyn valitaan aina tietty vertailukohta.

Teknologian tutkimuskeskus VTT:n ja LUT-yliopiston yhteistyössä kehittämän hiilikädenjäljen laskentametodologiaa käsittelevän oppaan mukaan positiiviseen hiilikädenjälkeen voivat johtaa muun muassa materiaali- sekä energiatehokkuuden parantaminen, tuotteen käyttöiän pidentäminen, syntyvän jätteen vähentäminen sekä hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (Mitä hiilikädenjälki kuvaa: 1.)

3 Skanskan arvot ja ympäristösuunnitelmat

3.1 Yritysesittely

Skanska on alun perin perustettu jo vuonna 1887 Ruotsissa. Yritys toimi alkujaan nimellä Aktiebolaget Skånska Cementgjuteriet. Skanskan perusti insinööri Rudolf Fredrik Berg. Alkujaan Skanska valmisti koristeellisia betonituotteita rakennuksiin, mutta yrityksen liiketoiminta siirtyi pian rakentamiseen (Skanska: 1.)

Skanska toimii Euroopassa Suomen lisäksi Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Iso-Britanniassa, Skotlannissa, Pohjois-Irlannissa, Tsekissä, Puolassa, Slovakiassa, Unkarissa ja Romaniassa. Euroopan ulkopuolella Skanskalla on toimintaa Yhdysvalloissa. Skanskalla oli toimintaa myös Venäjällä, joka kuitenkin loppui vuonna 2007. Skanskalla työskenteli yhteensä noin 38 000 työntekijää vuonna 2018 (Skanska: 1.)

Skanskan merkittäviä hankkeita maailmalla ovat olleet muun muassa Juutinrauman silta (oik. Öresundsbron) Tanskan ja Ruotsin välillä sekä yhteistyössä Bombardierin kanssa toteutettu pikajunarata John F. Kennedyn lentoasemalle New Yorkissa, Yhdysvalloissa (Skanska: 1.)

Suomessa Skanska on rakentanut muun muassa monitoimiareena Hartwall Areenan (nyk. Hartwall Arena), 21-kerroksisen Leppävaaran Tornin Espoossa sekä tehnyt Helsingin Olympiastadionin laajan peruskorjauksen (Skanska: 1).

Skanska Oy:stä ja tuotannosta:

Suomessa Skanskan toiminnasta vastaa konsernin tytäryhtiö Skanska Oy, jonka toimitusjohtajana toimii Tuomas Särkilahti (Skanska lyhyesti: 1.)

Yhtiö on jaettu seuraaviin eri yhtiöihin, joihin kuuluvat Skanska Talonrakennus Oy, joka vastaa talonrakennuksesta sekä talotekniikkapalveluista, Skanska Infra Oy sekä Skanska Industrial Solutions Oy, jotka vastaavat maa- ja ympäristörakentamisesta, Skanska Konevuorkaus Oy, joka nimensä mukaisesti vastaa konevuokrauksesta, Skanska Kodit, jonka vastuualueena on asuntojen projektikehitys sekä Skanska CDF Oy, mikä vastaa puolestaan toimitilojen projektikehityksestä (Skanska lyhyesti: 1.)

Suomessa Skanskan alaisuudessa työskenteli 2177 työntekijää vuoden 2020 lopussa. Sen toiminta-alue käsittää pääosin suuret kaupungit sekä niiden kehysalueet (Skanska lyhyesti: 1.)

Skanska Oy:n tilauksista ja tuotannosta:

Taulukko 1. Taulukossa on kolme eri osaa. 1. osassa ilmenee tietoja Skanskan omaperusteisesta tuotannosta ja sen muutoksista vuosilta 2019 ja 2020. Toisessa osassa on Skanskan rakenteilla olevan oman tuotannon lisäksi myös muut urakat. Kolmas osa käsittelee samoja tietoja kuin 2. osa, mutta valmistuneiden osalta (Skanska lyhyesti: 1).

Oma- perustain en tuotant o	2020	2019	Muuto s, kpl	Muutos, %
Aloitukset	530	541	-11	-2 %
Valmistuneet	640	831	-191	-23 %
Valmiit myymätömät	37	54	-17	-31 %

Rakenteilla	31.12.2020	31.12.2019	Muutos, kpl	Muutos, %
Omaperustei- nen tuotanto	975	1 085	-110	-10 %
Neuvottelu- urakat	375	682	-307	-45 %
Muu urakkatuotan- to	1 818	1 445	+373	+26 %
Yhteensä	3 168	3 212	-44	-1 %

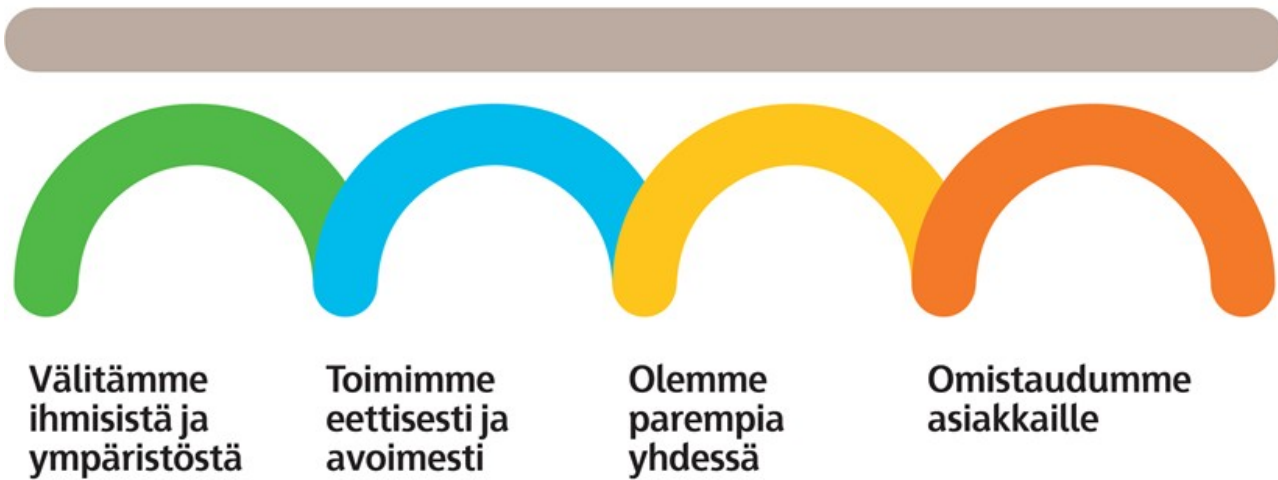
Valmistuneet	31.12.2020	31.12.2019	Muutos, kpl	Muutos, %
Omaperusteinen tuotanto	640	831	-191	-23 %

Valmistuneet	31.12.2020	31.12.2019	Muutos, kpl	Muut os, %
Neuvottelu-urakat	682	145	+537	+370 %
Muu urakkatuotanto	403	335	+68	+20 %
Yhteensä	1 725	1 311		

Taulukosta voidaan huomata omaperusteisen tuotannon laskeneen vuosien 2019 ja 2020 välillä. Tämän osatekijänä on isolla todennäköisyydellä koronapandemian maailmanlaajuiset vaikutukset rakennusteollisuuteen. Muun urakkatuotannon kasvu kertoo siitä, miten Skanska on vahvan asemansa myötä saanut urakoita itselleen huolimatta pandemian vaikutuksista rakennusteollisuuteen.

Skanskan Arvot:

Skanskan arvot



Kuva 4. Skanskan arvot (Arvot: 1)

Välitämme ihmisistä ja ympäristöstä: Turvallisuus on Skanskan prioriteetti. Skanska työskentelee turvallisesti tai ei ollenkaan. Skanska panostaa terveyteen ja hyvinvointiin. Skanska pyrkii mahdollisimman ympäristötehokkaisiin ratkaisuihin.

Toimimme eettisesti ja avoimesti: Skanskalla noudatetaan eettistä ohjeistoa sekä vaalitaan avointa työilmapiiriä.

Olemme parempia yhdessä: Skanska pyrkii kehittymään jatkuvasti.

Omistaudumme asiakkaillemme: Skanskalle on tärkeää ymmärtää asiakkaidensa tarpeet ja auttaa asiakkaita saavuttamaan heidän visionsa (Arvot: 1).

3.2 Skanskan hiilineutraaliustavoitteet

Skanskan toimintaa ohjaavat seuraavat ympäristöperiaatteet:

- pyrkimys hankkeiden hiilijalanjäljen pienentämiseen
- energian tehokas käyttö
- pyrkimys jätteen synnyn ehkäisemiseen vähentämällä materiaalihukkaa sekä kierrätystä suosimalla
- ympäristön ja ihmisen kannalta hyvien vaihtoehtojen valinnat materiaaleiksi, joka siten lieventää eliöihin ja ekosysteemiin kohdistuvaa vaikutusta
- veden käytön vähentäminen ja vesivarantojen suojeleminen
- hankkeiden, koneiden, laitteiden, ajoneuvojen sekä prosessien tuottamien haitallisten päästöjen vähentäminen
- pyrkimys siihen, että toiminnan veteen, maahan ja maaperään kohdistuvat haittavaikutukset ovat minimaalisia
- henkilöstön jatkuva koulutus ympäristöasioihin liittyen.

(One.Skanska: Ympäristö: Skanskan sisäinen materiaali).

Skanskan maailmanlaajuinen tavoite on olla hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä kaikilla liiketoiminta-alueilla. Skanskan liiketoiminta-alueet käsittävät niin rakentamispalvelut kuin asuntoprojekti- sekä toimitilaprojektikehityksen. Hankkeiden toimitusketjuissa syntyvät päästöt kuuluvat myös Skanskan tavoitteeseen.

Skanskalla on välitavoitteena vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vuoden 2015 tasosta 50 ja vähentää ostoenergiasta aiheutuvia kasvihuonekaasupäästöjä 70 prosentilla. Tavoite koskee Skanskan omia asunto- sekä toimitilakehityshankkeita vuoteen 2030 mennessä (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 6.)

Jo nykyään osa Skanskan asiakkaiden tarjouksista sisältää vähähiilisyyteen liittyviä kriteereitä (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 7).

3.3 Yhteenveto Skanskan toimenpiteistä hiilipäästöjen alentamiseksi

Tässä luvussa tarkastellaan Skanskan nykyisiä toimintamalleja vuoden 2045 hiilineutraaliustavoitteen kannalta. Tavoitteena on käsitys Skanskan hiilineutraaliustavoitteen saavuttamista hidastavista ongelmakohdista. Luvussa käsitellään vahvuuksia sekä heikkouksia tavoitetta koskien. Kuten aiemmin mainittiin tietoina käytetään muutaman Skanskalla työskentelevän henkilön kanssa käytyjä keskusteluja. Vastanneiden henkilöiden vähäisestä määrästä huolimatta tietoja voidaan pitää luotettavina henkilöiden työtehtävien erilaisuuden vuoksi.

Vastausten perusteella työmaan toiminnassa ei ole havaittu kovin merkittäviä muutoksia hiilineutraaliustavoitteiden asettamisen jälkeen. Vähähiilisyystavoitteet eivät myöskään näy merkittävästi Skanskan urakkasopimuksissa tällä hetkellä. Vastauksissa korostui suunnitteluvaiheen merkitys tavoitteiden kannalta, jonka myös minä havaitsin lukemieni materiaalien perusteella.

Merkittävämpinä kehittämiskohteina havaittiin jätteiden lajittelun tehostaminen, materiaalihukan pienentäminen sekä työmaan tilojen ja rakennusten turhan lämmittämisen karsiminen. Työmaan ajojärjestelyiden, ajoneuvojen tyhjäkäynnin vähentämisen ja lämmitysenergian vaihtamisessa ympäristöystävälliseen energiamuotoon nähtiin myös parantamisen varaa.

Skanskan vahvuus sekä samalla heikkous hiilineutraaliuspyrkimyksiä kohti mentäessä on yrityksen suuri koko. Suuren yrityksen tuoma vakavaraisuus on etuna hiilipäästöjen leikkaamisessa, sillä resurssit vähähiilisyttä edistävien hankintojen tekoon ovat paremmat kuin pienemmillä toimijoilla. Suuri koko tuo kuitenkin haasteita laajan niin työntekijä- kuin alihankintaverkoston osalta, sillä

uusiin toimintamalleihin sopeutuminen tapahtuu suuryrityksissä usein huomattavasti hitaammin kuin pienemmissä yrityksissä.

Lähtökohtaisesti vahvuutena voidaan pitää kunnianhimoisia hiilineutraaliustavoitteita sekä selvästi määriteltyä välitavoitetta. Julkisesti ilmoitetut tiukat ja selkeät tavoitteet luovat paineen tavoitteiden saavuttamiselle määräajassa.

Heikkoutena voidaan pitää aliurakoitsijoiden suurta osuutta työmailla. Tämä liittyy yrityksen suureen kokoon, mutta eri näkökulmasta katsottuna haasteina nähdään aliurakoitsijoiden käyttämien työkoneiden valvonta sekä aliurakoitsijoiden pysyvä sitoutuminen Skanskan arvoihin.

Taulukko 2. Skanskan nykytilanteen vahvuudet ja heikkoudet.

VAHVUUDET	HEIKKOUEDET
+Yrityksen suuri koko	-Yrityksen suuri koko
+Julkiset, kunnianhimoiset tavoitteet	-Aliurakoitsijoiden toiminnan valvonta

4 Hiilijalanjäljen pienentäminen rakennusalalla alan kirjallisuudessa

Maailmalla väestönkasvu ja elintason nousu luovat painetta rakentamiselle. Suomessa tarve uudisrakentamiselle syntyy pitkälti kaupungistumisen aiheuttamana.

Rakentamisella on suuri negatiivinen vaikutus ilmastoon. On arvioitu, että maapallon raaka-aineista yli puolet kuluu rakentamiseen, vaikka ainoastaan

noin yksi prosentti maapallon maan osuudesta on rakennusten peittämää. Euroopassa on arvioitu rakennusten osuuden olevan jopa 40 prosenttia kokonaisenergian kulutuksesta ja yli 30 prosenttia hiilidioksidipäästöistä (Häkkinen & Kuittinen 2020: 18) sekä noin kolmasosa veden kulutuksesta ja jätteestä (Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa: 12.)

Monet rakennushankkeet ovat vaiheiltaan melko samoja. Tämä pätee niin uudis- kuin korjaushankkeissa. Vaiheet hankkeen alusta loppuun ovat tyypillisesti tarpeen selvittäminen, hankesuunnittelu, ehdokassuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, itse rakentaminen sekä viimeisenä takuu-aika. Jokaisessa näistä vaiheista on mahdollista asettaa rakennuksen vähähiilisyyttä tukevia tavoitteita. Hankkeessa mukana olevien osapuolten, kuten suunnittelijoiden, rakentajan sekä loppukäyttäjien vaikutusmahdollisuuden hankkeen vähähiilisyyteen vaihtelevat (Häkkinen & Kuittinen 2020: 146).

Suunnitteluvaiheessa rakennushankkeen aiheuttamiin päästöihin pystytään vaikuttamaan eniten tontin valinnalla. Tontin valinnalla on iso merkitys rakentamisen aiheuttamille kokonaispäästöille. Mitä enemmän rakennuspaikalla joudutaan tekemään muutostöitä, sitä suuremmat ovat päästöt. Esimerkiksi asuinkerrostaloa rakennettaessa pelkästään tontin paalutus- ja stabilointityöt voivat aiheuttaa rakennuksen kaikkien muiden osien päästöjen suuruiset päästöt, eli toisin sanoen olla jopa puolet rakentamisen päästöistä (Häkkinen & Kuittinen 2020: 24).

Työmaan sijainnin takia joudutaan toisinaan tekemään räjäytyksiä tai louhintatöitä, joiden seurauksena syntyy ilmastolle haitallisia kaasuja. Räjäytykset synnyttävät ilmaan hiilidioksidia, hiilimonoksidia sekä typen oksideja. Lisäksi louhintatyöt aiheuttavat runsaasti pöly- sekä muita hiukkasia (Kaarinan läntinen ohikulkutie: 7.)

Suunnitteluvaiheen lisäksi rakennuksen hiilijalanjäljen pienentämiseen voidaan vaikuttaa paljon rakennus- sekä käyttövaiheen aikana. Näissä vaiheissa

aiheutuvia päästöjä käydään läpi tarkemmin Rakennuksen Hiilijalanjälki - osiossa.

Tulevaisuudessa vähähiilinen rakentaminen tulee olemaan uusi normaali niin asiakkaiden- kuten lainsäädännön kannalta. Euroopan komission vihreän julkisen rakentamisen kriteerisuositukseen pohjautuvia vähähiilisen julkisen rakennuksen hankintakriteereitä käytetään Suomessa laajalti. Kriteerit huomioivat soveltuvuuden, energian, materiaalit, innovaatiot sekä kustannukset. Kriteereitä toteutetaan käytännössä mm. työmaan energiankulutusta mittaamalla, laskemalla materiaalien hiilijalanjälki, kiinnittämällä huomiota energiatehokkuusluokkiin laitevalinnoissa ja pyrkimällä vaadittua parempaan energiatehokkuuteen (Kuittinen & le Roux 2017: 17, 19.)

Uuden maankäyttö ja rakennuslupauudistuksen tullessa voimaan ilmastaselvitys tulee olemaan pakollinen osa rakennuslupaa vuoteen 2025 mennessä. Hiilijalan- sekä hiilikädenjälki on ilmoitettava selvityksessä. Näistä hiilijalanjäljelle tullaan muodostamaan raja-arvoja rakennustyyppikohtaisesti (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 7).

4.1 Rakennuksen hiilijalanjälki

Rakennuksen hiilijalanjälki muodostuu monesta eri tekijästä ja sisältää rakennuksen aiheuttamat päästöt koko elinkaaren ajalta. Tavallisen asuinkerrostalon hiilijalanjäljestä aiheutuu tyypillisesti 40% rakentamisvaiheen ja 60% käyttövaiheen aikana (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 12).

Rakennuksen elinkaaren aikaiset päästöt ovat jaettavissa kahteen eri luokkaan:

Käyttösidonnaisiin- sekä tuotesidonnaisiin päästöihin. Käyttösidonnaiset päästöt syntyvät yksinkertaistettuna rakennuksen halutun toimivuuden seurauksena syntyvästä energiantarpeesta (Häkkinen & Kuittinen 2020: 40.)

Rakennuksen käytönaikainen energiantarve voidaan tarkemmin jakaa neljään eri osaan, jotka ovat sähkönkulutus, lämmitys, jäähdytys sekä lämmin käyttövesi. Korjaus- ja huoltotyöt kuuluvat käyttösidonnaisiin päästöihin.

Rakennuksen käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuudella ja rakennuksen energiaratkaisulla. Hiilijalanjälkeä pienentäviä energiaratkaisuja ovat esimerkiksi uusiutuvan energian sekä ympäristöystävällisesti tuotetun ostoenergian käyttö (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 10.)

Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa rakentamisen ratkaisuilla, kuten rakennuksen ilmatiiviydellä ja lämmöneristyskyvyllä. Etenkin talon ulkovaipan, ikkunoiden sekä ovien lämmöneristyskyvyllä ja ilmatiiviydellä on suuri vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 12.)

Energiatehokkuuteen panostaminen vähentää tuottavuutta aiheuttamalla isommat rakennuskustannukset, mutta sillä saavutetaan hyötyjä kuten pienemmät lämmityskulut sekä hiilidioksidipäästöt. Tiiviiksi rakennetun passiivitalon lämmitysenergian tarve on ainoastaan 15-30 prosenttia verrattuna normaaliin nykyiset rakennusmääräykset täyttävään vastaavaan taloon (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 12.)

Tuotesidonnaiset päästöt syntyvät rakennuksen rakentamisesta, ylläpidosta ja purkamisesta (Häkkinen ja Kuittinen 2020: 40.)

Tuotesidonnaisiin päästöihin pystytään vaikuttamaan muun muassa:

- pienentämällä rakennustuotteiden päästöjä: vähähiiliset tuotteet ja resurssitehokkuus.
- rakentamisen päästöt alemmaksi: kaluston sähköistys ja uusiutuvat energianlähteet.
- purkamisesta aiheutuvat päästöt pienemmäksi: kierrätysmateriaalien käyttö, sekä helppo purettavuus.
- materiaalien kierrättäminen
- suosimalla pitkäikäisiä tuotteita, jotta pystytään pienentämään huollon ja kunnossapidon päästöjä. (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 11.)

Kokonaisuudessaan käyttösidonnaisia päästöjä syntyy enemmän kuin tuotesidonnaisia. Kuitenkin tuotesidonnaisten päästöjen merkitys kasvaa tulevaisuudessa rakennusten energiatehokkuuden parantuessa ja ympäristöystävällisen käyttöenergian käytön yleistyessä. (Häkkinen & Kuittinen 2020: 41.)

4.1.1 Rakennuksen hiilijalanjäljen laskenta

Rakennuksen hiilijalanjälki lasketaan tyypillisesti neliömetrien mukaan. Neliömetripohjaisen laskentatavan haittapuolena se ei huomioi tilatehokkuuden tai asumisväljyyden vaikutuksia hiilijalanjälkeen. Neliömetripohjaisen laskennan avulla on mahdollista laskea hiilijalanjälki asukaskohtaisesti (Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä: 14).

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen laskemista varten käytetään eurooppalaisen standardin EN 15978 mukaista elinkaaren vaiheiden jaottelua. Arvioinnissa elinkaaren vaiheet jakautuvat moduuleihin A-D, jotka jakautuvat tarkempiin alamoduuleihin.

1. Moduuli käsittää **tuotevaiheen**, joka jakautuu seuraaviin: Raaka-aineiden hankinta (A1), kuljetus valmistukseen (A2) sekä tuotteen valmistus (A3).
2. Moduuli käsittää **rakentamisvaiheen**, joka jakautuu seuraaviin: Kuljetus työmaalle (A4) ja työmaatoiminnot (A5).
3. Moduuli käsittää **käyttövaiheen**, joka jakautuu seuraaviin: Tuotteen käyttö rakennuksessa (B1), kunnossapito (B2), korjaukset (B3), osien vaihto (B4), laajamittaiset korjaukset (B5), energian käyttö (B6), sekä veden käyttö (B7).
4. Moduuli käsittää **elinkaaren loppu -vaiheen**, joka jakautuu seuraaviin: Purkaminen (C1), kuljetus jatkokäsittelyyn (C2), purkujätteen käsittely (C3), sekä purkujätteen loppusijoitus (C4).
5. Moduuli käsittää **hyödyt ja kuormat järjestelmärajan ulkopuolella -vaiheen**, joka sisältää alamoduulin: uudelleenkäyttö, hyödyntäminen ja kierrätys (D).

Riippuen asiayhteydestä rakennuksen hiilijalanjäljen arvolla voi olla eri merkitys. Arvon suhteen voidaan tarkoittaa esimerkiksi raja-arvoa, tavoitearvoa tai suunnitteluarvoa (Häkkinen & Kuittinen 2020: 88.)

Kuvassa 2 havainnollistetaan rakennuksen hiilijalanjäljen luokittelua eri asiayhteyksissä.

Hiilijalanjäljen asteikko	Sisältö	Esimerkki
Tyyppi-arvo	Keskimääräinen tai tyypillinen arvo tietyn käyttötarkoituksen mukaiselle rakennukselle	Esimerkiksi tyypillisen asuinkerrostalon, päiväkodin tai toimiston hiilijalanjälki.
Raja-arvo	Säännökseen ⁷ pohjautuvan raja-arvon ja rakennuksen laajuuden pohjalta rakennukselle laskettu enimmäisarvo	Asuinkerrostalon, päiväkodin, toimiston tai muun käyttötarkoitukseluokan rakennuksen suurin sallittu hiilijalanjälki rakennuslupaa haettaessa.
Tavoitearvo	Tyyppiarvon tai raja-arvon avulla asetettu tavoite	Hankkeelle asetettu tavoite, joka on raja-arvoa parempi.
Suunnittelu-arvo I	Arvo, joka on laskettu suunnitelmalle tyyppi- tai ohjerakenteilla ja geneerisillä materiaali-arvoilla	Esimerkiksi asuinkerrostalon alustavan luonnosvaiheen suunnitelmalle laskettu hiilijalanjälki.
Suunnittelu-arvo II	Arvo, joka on laskettu määritellyillä rakenteilla ja geneerisillä materiaali-arvoilla	Esimerkiksi asuinkerrostalon lupavaiheen suunnitelmalle laskettu hiilijalanjälki.
Suunnittelu-arvo III	Arvo, joka on laskettu määritellyillä rakenteilla ja spesifisillä (valmistajakohtaisilla) materiaali-arvoilla	Esimerkiksi asuinkerrostalon toteutusvaiheen suunnitelman pohjalta laskettu hiilijalanjälki.

⁷ Rakennusten hiilijalanjäljen säännösohjaus on tulossa Suomessa voimaan ennen vuotta 2025. Tällöin rakentamisen päästöjä ohjataan säännöksin määrittelemällä enimmäisarvo muodossa kgCO₂e/m².

Taulukko 19. Rakennuksen ilmastovaikutuksen laskenta geneerisillä ja tuotekohtaisilla arvoilla.

Kuva 2. Rakennuksen hiilijalanjäljen eri arvoja. Kuvassa kerrotaan hiilijalanjäljen asteikon seuraavat arvot: tyyppi-arvo, raja-arvo, tavoitearvo, suunnittelu-arvo 1, suunnittelu-arvo 2 ja suunnittelu-arvo 3. (Häkkinen & Kuittinen 2020: 88. Kuvakaappaus.)

Toimintokohtaisia hiilijalanjäljen laskentakaavoja:

rakennustyön hiilijalanjälki = kulutettu energia kerrottuna energiamuotokohtaisella päästökertoimella.

energian hiilijalanjälki = ostoenergian määrä kerrottuna energiamuotokohtaisella päästökertoimella.

kuljetuksen hiilijalanjälki = rahtietäisyys kerrottuna kuljetusmuodon kilometrikohtaisella päästökertoimella.

(Häkkinen & Kuittinen 2020: 82.)

Rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnissa voidaan käyttää apuna ympäristömerkintöjä.

Ympäristömerkintöjä on olemassa kolmea eri tyyppiä:

- Tyypin 1 merkinnät ovat varmistettuja kolmannen osapuolen toimesta.
- Tyypin 2 merkinnät perustuvat valmistajan tai tuottajan ilmoittamaan tietoon.
- Tyypin 3 merkinnät ovat elinkaariarvioon perustuvia, joissa huomioidaan tuotteen koko elinkaaren aikana syntyneet päästöt. Tähän kategoriaan luokitellaan myös **Rakennustuotteen ympäristöseloste (EPD)**.

Rakennustuotteen ympäristöseloste EPD eli Environmental Product Declaration huomioi kaikki eri prosessit, jotka ovat yhteydessä tuotteen valmistukseen. EPD ottaa huomioon hiilijalanjäljen lisäksi monet muut ympäristövaikutukset. Tuoteryhmäkohtaiset säännöt auttavat säilyttämään vertailukelpoisuuden eri ryhmien tietojen välillä.

Tuoteryhmäkohtaisia sääntöjä on muodostettu esimerkiksi rakennuksille, koneille, ajoneuvoille, polttoaineille ja sähkölle. Nämä ryhmät ovat tämän työn kannalta oleellisempia (Häkkinen & Kuittinen 2020: 63).

4.1.2 Standardeja laskennan helpottamiseksi

Rakennuksen hiilijalanjäljen laskennan tueksi on olemassa eri standardeja sekä käytäntöjä, jotka tukevat laskennan luotettavuutta. Esimerkiksi EU-LEVELS JA EN 157978 (Poikajärvi 2019: 3.)

LEVELS on eurooppalainen malli, joka soveltuu rakennusten ekologisen kestävyuden arviointiin ja seurantaan. LEVELS on oiva työkalu mittaamaan sekä tukemaan eri kehitysaskelia rakennuksen elinkaaren vaiheissa. Se soveltuu niin asunto- kuin toimitilarakennuksiin (Level(s): 1.)

LEVELS perustuu kuuteen niin kutsuttuun makro-objektiin sekä 16:ta niitä tarkemmin seuraavaan mittariin. Nämä makro-objektit ovat seuraavat:

kasvihuonekaasupäästöt rakennuksen elinkaaren aikana, resurssitehokkuuden ja kierrätysmateriaalien elinkaaret, vesiresurssien tehokas käyttö, terveelliset ja viihtyisät sisätilat, sopeutuvuus ja joustavuus ilmastonmuutokseen, elinkaaren aikaisten kulujen ja arvon kokonaiskuva (How does Level(s) work?: 1.)

4.2 Rakennustyömailla syntyvät päästöt ja materiaalivalintojen vaikutus

Rakennustyömailla syntyvien päästöjen aiheuttajia ovat useat eri lähteet. Keskeisimpiä päästöjen aiheuttajia ovat muun muassa seuraavat

- rakennuksen lämmityksestä aiheutuvat päästöt
- työkoneiden käytöstä aiheutuvat päästöt
- betonin kuivatuksesta syntyvät päästöt
- kuljetuksista aiheutuvat päästöt.

Kuljetuksista aiheutuvat päästöt voidaan jakaa seuraaviin

- työkoneiden kuljetus työmaalle ja sieltä pois
- materiaalien kuljetus työmaalle
- työmaan sisäiset kuljetukset.

(Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus: 1).

Materiaalivalintojen merkitys rakennuksen päästöihin:

Materiaalivalinnoilla on iso vaikutus hiilijalanjälkeen. Paljon päästöjä aiheuttavia materiaaleja ovat muun muassa sementti, muovi, alumiini ja teräs. Näitä käytetään paljon rakentamisessa (Häkkinen & Kuittinen 2020: 19.)

Käyttämällä vähähiilisiä materiaaleja, sekä toisaalta käyttämällä vähemmän materiaaleja, voidaan täten vaikuttaa rakennuksen hiilijalanjälkeen. Materiaalivalintojen merkitys korostuu tulevaisuudessa entisestään energiantuotannon päästöjen laskiessa. Kivihiilen käyttö energiantuotannossa loppuu kokonaan vuonna 2029, mikä todennäköisesti aiheuttaa jonkinasteisen laskun käyttöenergian hiilijalanjälkeen rakentamisessa (Häkkinen & Kuittinen 2020: 122.)

Vähähiilisten tuotteiden rinnalla on olemassa myös tuotteita, jotka ovat ilmastokompensoituja. Ilmastokompensoidut tuotteet ovat yhtä lailla hiilineutraaleja, mutta niiden hiilineutraalius on saavutettu esimerkiksi niiden valmistajien investoinneilla hankkeisiin, jotka vähentävät päästöjä muualla. Tämän takia ilmastokompensoitujen tuotteiden käytöllä ei ole vaikutusta hankkeen laskennalliseen hiilijalanjälkeen, vaikka niiden valinnalla saavutetaan ilmastohyötyjä muualla (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 58).

Ilmastokompensaation luotettavuuden takaamiseksi on olemassa erilaisia kompensointistandardeja, mitkä ovat kolmannen osapuolen myöntämiä, esimerkiksi Verified Carbon Standard (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 58.)

Ympäristöministeriön laatima raportti vuodelta 2013 (liite 1) havainnollistaa materiaalivalintojen vaikutusta rakennuskohteen hiilijalanjälkeen. Raportissa tarkastelun kohteena oli kuusikerroksinen betonielementtikerrostalo, joka valmistui vuonna 2011. Tapauksessa arvioitiin rakennuksen minimi- sekä maksimimassa eri rakennevaihtoehtoja käyttämällä. Arviossa huomioitiin materiaalien ja tuotteiden valmistuksen päästöjen lisäksi niiden kuljetuksesta sekä hukasta aiheutunut hiilijalanjälki.

Tiivistettynä arvioinnissa huomioitiin rakentamisen, korjaamisen, purkamisen, materiaalien ja korjausmateriaalien, lämmityksen sekä sähkön aiheuttamat päästöt. Tulokset olivat suurimmat päästöt aiheuttaneiden osa-alueiden osalta odotuksien mukaiset: korjaukset, välipohjat, ulko- ja väliseinät olivat merkittävimmät päästölähteet. Näiden osalta erot hiilijalanjäljessä vaihtelivat vähähiilisimmän ja suuripäästöisimmän mallin välillä noin 1,5-kertaisesta noin 3,2-kertaiseen. Kuitenkin joidenkin osa-alueiden kohdalla vähähiilisimmällä mallilla päästöt olivat 0 tonnia, kuten paalutuksen, jonka vaihteluväli oli 0-75 tonnia eri mallien välillä.

On huomioitavaa, että tutkimuksen tulokset ovat jo lähes kymmenen vuoden takaa, joten nykyään vastaavanlaisen tutkimuksen tulokset olisivat todennäköisesti etenkin vähähiilisimmän mallin osalta paremmat useiden eri tekijöiden ansiosta. Toisaalta on huomioitavaa, että rakennusteollisuuden päästöjen alentamiseen on alettu kiinnittää huomiota vasta viime vuosina ja monet päästötavoitteet sekä sitoumukset ovatkin kohtuullisen tuoreita. Tämän seikan nojalla on uskottavaa, että erot vähäpäästöisimmän ja suuripäästöisimmän mallin välillä eivät ole muuttuneet vuoden 2011 tilanteesta vielä kovin merkittävästi ja tutkimuksen tietoja voidaan pitää vertailukelpoisina vielä nykyäänkin.

4.3 Syventymistä Skanskalle suoritetun kehittämistyön poimintoihin

Tässä kohdassa käydään läpi muutamia poimintoja Lotta Kamusen Tampereen ammattikorkeakoululle suorittamasta kehittämistehtävästä. Listan kohtien käytöstä tässä työssä on sovittu ja tarkoituksena on poimintojen laajempi käsittely. Tehtävän luonteesta johtuen työ on luettelon kaltainen, eikä poimintoihin ole syvennytty. Seuraavaksi syvennytään poimintoihin tarkemmin.

Tavoitteiden asetanta -kohdasta on hyvä poimia seuraavat tarkempaan käsittelyyn:

- jätteen kierrätysaste
- työmaan koneiden käyttövoima.

Rakennusjätteen hyödyntämisaste Suomessa on alhaisempi kuin Euroopassa keskimäärin. Etenkin rakennusten niin korjaamis- kuin purkuvaiheen jätteen uusiokäyttöön ja kierrätykseen kiinnitetään tulevaisuudessa yhä enemmän huomiota (Jättedirektiivi ja jätelainsäädäntö: 1).

Jätteen kierrättämisestä rakennushankkeissa on säädetty jätelain 8:n pykälän mukaisesti seuraavaa:

”Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava hankkeen suunnittelusta ja toteuttamisesta siten, että jätelain 8 §:n mukaisesti otetaan talteen ja käytetään uudelleen käyttökelpoiset esineet ja aineet ja että toiminnassa syntyy mahdollisimman vähän ja mahdollisimman haitatonta rakennus- ja purkujätettä.”

Jätelaissa on asetettu erilliskeräyksen järjestäminen pakolliseksi vähintään seuraaville jätelajeille: betoni, tiili ja vastaavat, kipsipohjaiset, muovi, metalli, lasi, paperi, kartonki, kyllästämätön puu sekä maa- ja kiviaines (Valtioneuvoston asetus jätteistä 2012: 1).

Jätteen kierrätysasteen mittaamista varten tarvitaan monenlaisia tietoja.

Esimerkiksi yhdyskuntajätteen laskemiseen tarvitaan laajalti eri tietoja, kuten jätteen syntyä koskien mitattava ajanjakso, jätteen tuottajan sijainti- ja tunnistetiedot, tuottajaan liittyviä luokittelutietoja, kuten toimiala. Itse jätteen tiedoiksi tarvitaan muun muassa tarkka jäteluokka, jätteen tyyppi, alkuperä ja määrä (Espo 2019: 1).

Jotkut yhdyskuntajätteen kierrätysasteen laskemiseen liittyvät ongelmat pätevät myös työmaajätteen kohdalla, kuten lisätiedon tarve esikäsittelyvaiheessa tapahtuvasta hävikistä sekä jätevirrasta ja jätteenkäsittelylaitosten toiminnasta (Espo 2019: 1).

Jätteen kierrätysastetta on mahdollista seurata, mutta luotettavien tietojen saamiseksi on seurannan oltava hyvin tarkkaa ja huomioitava, että käsittelylaitoksesta riippuen kaikki kierrätettäväksi tarkoitettu jäte ei välttämättä päädy esikäsittelyvaiheesta kierrätykseen. Kierrätysasteen mittaamista oleellisempaa olisi mielestäni kiinnittää huomiota siihen, miten tehokkaasti kierrätys työmaalla käytännön tasolla onnistuu ja estää kierrätyskelpoisten materiaalien päätyminen sekajätteeseen.

Työmaan koneiden käyttövoima

Työkoneet aiheuttavat merkittävän määrän päästöjä. Työkoneiden päästöjen vähentämiseen on viime aikoina kiinnitetty huomiota yhä enemmän Suomen ilmasto- ja energiapolitiikassa (Markkanen & Lauhkonen. 26.3.2021: 1).

Vuonna 2019 viisi suuripäästöisintä työkoneriityhmää Suomessa olivat maataloustraktorit, pyöräkuormaajat, tela-alustaiset kaivinkoneet, hakkuukoneet ja dieselkäyttöiset haarukkatrukit. Nämä viisi konetyyppiä aiheuttivat jopa 63 % työkoneiden kokonaispäästöistä (Markkanen & Lauhkonen. 26.3.2021: 5). Näistä viidestä työmaalla usein käytettäviä koneita ovat pyöräkuormaajat, kaivinkoneet sekä haarukkatrukit.

Nykyisin yritykset voivat hankkia monet pienet työkoneet sähkökäyttöisinä, kuten esimerkiksi trukit. Kuitenkin monet isoimman kokoluokan sähkökäyttöiset työkoneet ovat vielä toistaiseksi prototyyppivaiheessa, eikä niitä vielä ole käytännössä markkinoilla.

Vähäpäästöisten työkoneiden yksi hankintaa haittaava tekijä on niiden hinta. Akkukäyttöisten raskaampien työkoneiden hinta on nykyisin kaksin- tai jopa kolminkertainen vastaavaan dieselkäyttöiseen koneeseen verrattuna, mikä näkyy niiden kysynnässä. Myös monien rakennusalan urakoitsijan melko vanha työkonekanta aiheuttaa hankaluuksia. Koska uusien päästövaatimusten aikataulu on tiukka, monien alan pienten yritysten varat eivät mahdollista työkonekannan nopeaa uudistamista (Lisää sähköisiä työkoneita työmaille. 26.4.2021: 1.)

Tiedonkulku ja perehdytys -kohdasta poimitaan:

”Käy läpi aloituspalaverissa keskeisimmät työmaata koskevat ympäristövaatimukset”

Perehdyttämällä huolellisesti työmaan henkilöstö ympäristötavoitteisiin sekä toimivan sisäisen viestinnän ylläpitäminen välttää yrityksen monilta negatiivisilta vaikutuksilta.

Sisäinen viestintä ohjaa yrityksen päivittäistä toimintaa, mutta viestii myös organisaation taloudesta, strategiasta ja tapahtuvista muutoksista. Toimiva viestintä saa aikaan työntekijöissä motivaatiota, sitoutuneisuutta, sekä on yhteishengen kannalta tärkeää. Riittämätön sisäinen tiedottaminen aiheuttaa stressiä ja epävarmuutta, hankkeen aikataulujen lipsumista sekä heijastuu niin asiakas-, kuin sidosryhmiin.

Aktiivinen, avoin, ennakoiva sekä palautteeseen ja keskusteluun kannustava organisaatiokulttuuri antaa hyvät edellytykset toimivalle sisäiselle viestinnälle (Hiltunen: 1).

Budjetti ja aikataulu -kohdasta käsitellään tutkimusesimerkin avulla seuraava:

”Tarkista, että hankkeen lopullisessa kustannusarviossa ja tavoitebudjetissa on huomioitu mahdolliset vähähiilisydestä johtuvat lisäkustannukset”

Pyrkimys vähähiilisyteen aiheuttaa usein lisäkustannuksia, mitkä eivät usein kuitenkaan ole merkittävän suuria. Tästä esimerkkinä Iso-Britanniassa UK Green Building Councilin toteuttama tutkimus.

Tutkimuksen tarkoituksena oli suunnitella sama rakennus, joka täytti ennestään vaatimukset, mutta muuttamalla sen tiettyjä seikkoja, kuten rakennetta ja lämmitys- sekä ilmanvaihtojärjestelmää niin, että rakennus saavuttaisi, tai lähestulkoon saavuttaisi hiilineutraaliustavoitteet. Tavoitteisiin luettiin niin rakennuksen materiaalien kuin rakentamisen päästöt. Tutkijat kehittivät kaksi mallia, joista ensimmäinen täyttäisi vuoden 2025 ja toinen vuoden 2030 hiilineutraaliustavoitteet. Rakennusten ratkaisumalleilla nähtiin huomattavasti alemmat hiilidioksidipäästöt vertailukohteena olevaan rakennukseen verrattuna.

Rakennusten kustannukset laskettiin neliömetreittäin. Asuinrakennusten osalta kulut kasvoivat 3,5 prosenttia per neliömetri vuoden 2025 tavoitteet täyttävän ja 5,3 prosenttia vuoden 2030 tavoitteen täyttävän talon osalta. Toimistorakennuksien vastaavat lisäkulut olivat 6,2 prosenttia vuoden 2025 ja 8-17 prosenttia vuoden 2030 tavoitteen osalta (How much extra does it cost to make a building net zero carbon: 1.)

Kuten edellinen tutkimus osoittaa, vähähiilisyys aiheuttaa maltillisia lisäkustannuksia, jotka kuitenkin pystytään arvioimaan melko tarkasti ja siten huomioimaan tavoitebudjetissa.

Työssä on toisinaan muutamia samankaltaisiin asioihin liittyviä kohtia, joten käsittelen Energiatehokkuus ja kulutuksen minimointi kohdan ”Minimoidaan lämpö- ja energiahäviöt” hieman moninaisemmin. Yleisellä tasolla työmaan niin

energian- kuin sähkönkulutus vaihtelee paljon riippuen vuodenaikasta ja rakennuskohteesta.

Poimitaan esimerkkinä eräässä opinnäytetyössä tarkasteltavan rakennustyömaan tietoja energian- ja sähkönkulutuksesta. Työssä esimerkkinä käytetystä kohteesta kerrottiin sen sijaitsevan Tampereella ja käsittäneen rakennuksen vanhan tilan muuttamista uutta käyttötarkoitusta varten ja myös uuden lisätilan rakentamista. Töiden seuranta aloitettiin 2016 helmikuussa.

Kohteen sähkönkulutuksesta jopa yli puolet aiheutui lämpöpuhaltimien käytöstä. Tätä selittää paljon työn tapahtuminen talviaikana. Energiankulutuksesta lähes puolet aiheutui kaukolämmöstä. Sähkönkulutusta tarkasteltaessa ilman lämpöpuhaltimia, se aiheutui enimmäkseen työmaatoimistojen (41%) ja yleisvalaistuksen (34%) kulutuksesta. Loput 25% kulutuksesta oli pääasiassa erilaisten koneiden aiheuttamaa (Rintamäki 2016: 19, 25.)

Myös muut vastaavat tutkimukset antavat samansuuntaisia tuloksia; työmaatoimistot sekä valaistus ovat monesti työmaan isoimpia sähkönkuluttajia. Kuitenkin on huomioitava mittaustulosten mahdolliset epätarkkuudet, kuten työssä mainittiin. Tuloksia voidaan kuitenkin pitää todenmukaisia, huomioiden työmaan ajoittuminen talviaikaan, jolloin lämmityksen ja valaistuksen tarve on suuri.

Työmaatoimistojen energiankulutusta voidaan vähentää lämmitysratkaisuilla, konttien paremmalla tiiviydellä sekä pitämällä ovet ja ikkunat kiinni talviaikaan. Energiatehokkuus ja kulutuksen minimointi -kohdasta on hyvä käsitellä myös työmaan ajojhteyksiä yleisesti sekä toimitusten, purkupaikkojen ja vastaavien sijoittamista työmaalla.

Varastointi-, lastaus- ja purkupaikat on oltava tiedossa jo etukäteen. Paikkojen läheisyyteen on syytä varata riittävästi liikkumatilaa, jotta koneet pääsevät niille helposti. Paikkojen suunnittelun tärkeys korostuu ahtaassa

kaupunkiympäristössä. Paikkojen kulkureittien on hyvä välttää työmaan muita työpisteitä toimivuuden kannalta. Paikkojen sijainteja joudutaan toisinaan vaihtamaan töiden edetessä (Rakennustyömaan aluesuunnittelu 2019: 18.)

Varastointipaikkojen sijainnissa on huomioitava materiaalien erityisvaatimukset, kuten riittävä kosteudelta suojaaminen. Purku- ja lastauspaikkojen sijainnissa on tärkeää kiinnittää huomiota niiden helppokulkuisuuteen. Esimerkiksi läpiajomahdollisuus helpottaa kuorman purun sujuvuutta huomattavasti. Turvallisuusvaatimukset ovat ensisijaisen tärkeitä. Ne koskevat kaikkia edellä mainittuja Rakennustyömaan aluesuunnittelu 2019: 19.)

Seuraavana käsitellään ”Tue vähähiilistä työmatkaliikennettä” -kohtaa.

Koska työmaan sijainti riippuu aina rakennuskohteesta, se ei välttämättä aina sijaitse hyvien julkisten kulkuyhteyksien lähellä. Huonojen julkisten kulkuyhteyksien päässä sijaitsevien työmaiden osalta kestävän liikkumisen edistäminen on hankalaa, sillä on epätodennäköistä, että monet työntekijät asuisivat pyöräilymatkan päässä työmaasta. Kamusen työstä ilmenee, että sähköautojen latausta ei ole mahdollista tehdä yrityksen varoin. Kuitenkin latauspisteitä voidaan järjestää työmaalle sopien kustannuksista sähköautoja käyttävien työntekijöiden kanssa.

Julkisten latauspisteiden työmaan läheisyyteen vaikuttaa latausmahdollisuutta tarjoavien yritysten sijainti sekä eri kaupunkien latauspaikkojen sijainti. Latauspisteiden sijoitteluun yleisesti taas vaikuttavat alueen väestötiheys ja niiden läheltä kulkevan liikenteen määrä.

Huolimatta työmaan sijainnista vähähiiliseen työmatkaliikenteeseen voidaan kannustaa sijoittamalla työmaan viereen pyöräparkkeja, tiedottamalla julkisen liikenteen yhteyksistä työmaan sisäisesti sekä kannustamalla työntekijöitä kimpakyyteihin.

Kimppakyytejä varten on olemassa joitain ratkaisuja, esimerkiksi kyydit.net-sivusto, sekä Tampereella Kaupin alueella käynnissä oleva kimppakyyti-pilottihanke (kimppakyyti-pilotti).

4.4 Yhteenveto keskeisistä kirjallisuuspoiminnoista

Lukuisat niin kirja- kuin internetlähteet viestivät rakentamisen seurauksena syntyvien hiilipäästöjen merkittävästä suuruudesta. Ympäristömerkintöjä käyttämällä saavutetaan kattava näkemys rakennuksen sekä sen rakentamiseen osallistuvien tuoteryhmien, kuten koneiden aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Rakentamisen hiilipäästöjen alentaminen on helpottunut huomattavasti viime vuosina uusien ympäristöystävällisten rakennusmateriaalien sekä -tuotteiden saavuttua markkinoille.

Isoina alan kehityskohteina esille nousivat jätteen kierrätyksen tehostaminen ja lämmön sekä energian turhan kulutuksen vähentäminen työmaalla. Rakennusjätteen kierrätysaste Suomessa on yhä alhaisempi kuin muualla Euroopassa keskimäärin. Työmaa-alueella lämpöä ja sähköä kuluu yhä turhaan työmaakonttien ovien ollessa auki turhaan ja valaistuksen ollessa päällä aikoina, jolloin sitä ei tarvita.

Poimintoihin tehdyt laajennukset löydettiin enimmäkseen kirjallisuushaun avulla. Kuitenkin haastatteluissa esille tulleet asiat auttoivat kokonais kuvan hahmottamisessa, esimerkiksi työmaan jätteen kierrätyksen osalta.

Seuraavassa kappaleessa käsitellään työmaan hiilipäästöjen alentamiseksi tarvittavia muutoksia konkreettisemmin toimenpide-ehdotuksien muodossa.

5 Toimenpide-ehdotuksia hiilineutraaliuden saavuttamiseksi työmailla

Tässä luvussa nostetaan esille oleellisimpia aiemmassa luvussa läpikäytyjä tapoja pyrittäessä kohti hiilineutraalia rakennustyömaata sekä tarkastellaan niiden vaikutuksia käytännössä. Osa esille nostetuista ehdotuksista ei mainittu edellisessä luvussa, sillä osa ehdotuksista lisättiin työhön vasta myöhemmässä vaiheessa. Toimenpiteiden tarkastelussa kiinnitetään huomiota niiden vaikutuksiin tuottavuuden sekä tehokkuuden suhteen.

5.1 Työmaan energiatehokkuuden parantaminen

Työmaan energiankulutukseen ja siitä aiheutuviin kustannuksiin ja päästöihin voidaan vaikuttaa seuraavilla tavoilla:

- suunnittelemalla työmaan energiantarve hyvissä ajoin ennen työn aloittamista
- teettämällä työmaalle sähköistysuunnitelma
- asettamalla aliurakoitsijaoille vaatimuksia toimia energiataloudellisesti ja valvomalla niiden toteutumista
- huolehtimalla rakennusmateriaalien ja rakennusten pysymisestä kuivana
- katkaisemalla virta laitteista, jotka eivät ole käytössä
- huolehtimalla, että lämmitetyistä tiloista lämpö ei ”karkaa harakoille”
- sammuttamalla työkohteelaisimet, kun kohteessa ei työskennellä
- hyödyntämällä rakennuksen lopullinen kaukolämmitys työmaa-aikaisessa lämmityksessä, heti kun se on mahdollista
- tekemällä yhdessä kalustoammattilaisten kanssa kalustosuunnitelma työmaalle
- oikeanlaisten laitteiden valinta olosuhteisiin
- noudattamalla taloudellista ajotapaa
- käyttämällä Skanskan valtakunnallista ekosähkö sopimusta: työmaalle toimitetaan vain uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä.

(Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 6).

Suunnitteluvaiheen merkitystä käsiteltiin aiemmin työssä, mutta työmaavaiheen ollessa käynnissä suunnitteluvaiheella ei ole vaikutusta. Aliurakoitsijoiden toiminnan valvominen on melko haasteellista, kuten Skanskan nykytilannetta analysoidessa ilmeni. Tämän asian suhteen on tärkeää parantaa tehostamalla aliurakoitsijoiden toiminnan valvontaa sekä kiinnittämällä huomiota perehdytykseen.

Rakennusmateriaalien säilytykseen liittyviä vaatimuksia käsiteltiin aiemmassa vaiheessa. Listan kolme seuraavaa mainintaa ovat melko ilmeisiä, mutta silti yksittäisten työntekijöiden huolimattomuutta tapahtuu, mikä vaikuttaa myös kokonaiskuvaan.

Kaukolämmityksen hyödyntämisellä rakennusaikana voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä sähkönkulutuksessa, kuten jo aiemmin tuli ilmi. Etenkin talviaikaan lämpöpuhaltimien aiheuttama energiankulutus muodostaa todella merkittävän osan työmaatilojen kokonaisenergiankulutuksesta.

Oikeanlaisten laitteiden valinta sekä kalustosuunnitelman teettäminen ovat ilmeisiä kohtia. Taloudellisen ajotavan noudattamista on haastavaa seurata yksittäisen työntekijän kohdalla, mutta konekohtaista seurantaa on mahdollista toteuttaa. Ekosähkön käyttäminen on hiilipäästöjen vähentämisen kannalta merkittävää ja sen varmistamiseksi tarvitaan sertifioidut sähkön alkuperätodistukset sähköntoimittajalta.

5.2 Sähkökäyttöisten työkoneneiden hankinta

Kuten edellisessä luvussa mainittiin, dieselkäyttöiset työkoneet aiheuttavat merkittävän määrän päästöjä työmaalla. Vaikka ladattavien työkoneiden hankintahinta on tavallisia työkoneita korkeampi, niiden hankkiminen tuo mukanaan lukuisia hyötyjä. Tuottavuusnäkökulmasta koneiden korkeampi hinta aiheuttaa negatiivisen vaikutuksen niitä hankittaessa, mutta niiden vaikutus tuottavuuteen pitkällä aikavälillä on positiivinen niiden alempien käyttö- sekä huoltokulujen ansiosta. Esimerkiksi koneiden litiumakut kestävät niiden koko eliniän ilman erillisiä huoltotoimenpiteitä, joita tarvitaan dieselmoottorien kohdalla. Lisäksi Skanskan hiilineutraaliustavoitteen saavuttaminen ilman sähkökäyttöisen konekannan yleistämistä on vaikeampaa.

Sähkökäyttöiset työkoneet vaikuttavat positiivisesti myös tehokkuuteen eri tavoin. Esimerkiksi monien Volvon pienempien sähkökäyttöisten pyöräkuormaaja- ja kaivinkonemallien teho on parempi kuin vastaavilla dieselkäyttöisillä malleilla. Volvon sähkökäyttöisten mallien käyttämisen ohjelmiston avulla koneet voidaan optimoida käyttäjien tottumuksien mukaan, kuten se miten herkästi kone reagoi sitä ohjattaessa. Tehokkuuden sekä työn jatkuvuuden varmistamiseksi on tärkeää varata työmaalle riittävästi latauspisteitä koneiden akuille (ELECTRIC CONSTRUCTION EQUIPMENT VS DIESEL PERFORMANCE COMPARISONS: 1).

Sähkökäyttöisten koneiden hankinta alentaa myöskin työmaan melutasoa, jolla on positiivisia vaikutuksia työntekijöiden viihtyvyyteen työssä. Tämä parantaa epäsuorasti tehokkuutta työntekijöiden paremman viihtyvyyden ja työmaalla tapahtuvien virheiden määrän alenemisen kautta.

Jatkuvan melun vaikutuksista kerrotaan esimerkiksi Kuuloliiton sivuilla. Sen on tutkitusti todettu aiheuttavan muun muassa päänsärkyä, väsymystä, stressiä ja unihäiriöitä. Melu aiheuttaa lisäksi verenpaineen nousua, mikä saattaa olla vanhemmille työntekijöille hyvin vaarallista (Kuulolla työssä: Melun vaikutukset: 1).

5.3 Jätteen kierrätyksen tehostaminen

Aiemmassa luvussa käsiteltiin jätteen kierrätysastetta. Kierrätyksen käytännön toteutumisessa työmaalla havaittiin haasteita jo haastattelujen perusteella.

Jätteen kierrätyksen tehostaminen työmaalla vaikuttaa olevan teoriassa yksi helpoimmin kehitettävistä aihealueista. Paremman kierrätysasteen saavuttamisessa tärkein merkitys on niin Skanskan omien – ja alihankintayrityksen työntekijöiden asenteella ja sitoutumisella.

Kierrätyksen toteutumisessa iso painoarvo on myös lajitteluohjeiden selkeydellä sekä käytännön opastuksella. Johtuen työmaan työntekijöiden lukuisista eri kansalaisuuksista lajitteluohjeiden on hyvä olla saatavilla kaikilla niillä kielillä, joita työmaalla puhutaan.

Huolimattomasti toteutetun jätteen kierrätyksen vaikutukset tehokkuuteen saattavat ilmetä positiivisina, mikä johtuu nopean lajittelun tuomista aikasäästöistä. Kuitenkin huolimattomuudella on isompi negatiivinen vaikutus tuottavuuteen, mikä johtuu sekajätteen huomattavasti korkeammasta tonnihinnasta. Lisäksi jätteiden lajittelusta vastaava taho veloittaa väärin lajitelluista jätteistä lajittelupalkkion yritykseltä, jonka jätteet ovat kuorman päällimmäisenä (Skanskan sisäinen tieto).

Työntekijöihin kohdistuvat sanktiot puutteellisen lajittelun seurauksena eivät todennäköisesti toisi lajitteluun oleellista parannusta, mutta sen sijaan sekajätteen suhteen olisi mahdollista asettaa sidonnaisia tavoitemääriä, joista työntekijät saisivat kannustinpalkkion tavoitteeseen päästyään tai sen alitettuaan.

5.4 Materiaalivalinnat

Päätökset materiaalivalinnoissa tehdään jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Kuitenkin materiaalien käyttäminen tapahtuu työmaalla, joten sen mainitseminen toimenpide-ehdotuksissa on kirjoittajan mielestä oleellista. Toisena syynä mainittakoon vähähiilisillä materiaalivalinnoilla saavutettavan hyödyn merkityksellisyys.

Vähähiilisten materiaalien valintaan liittyen on huomioitava, että valinnat täyttävät kaikki tekniset, taloudelliset sekä toiminnalliset vaatimukset. Valitulla materiaalilla saavutettava rakenteen käyttöikä ja huollettavuus ovat tärkeitä kriteerejä, joita on tarkasteltava huolellisesti ennen valintaa. Vähähiilisten tuotteiden ja materiaalien mahdollisesti pidemmällä toimitusajoilla voi olla huomattava vaikutus työmaan aikatauluihin ja siten toiminnan tehokkuuteen (Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja: 53).

Merkittävimpiä hyötyjä saavutetaan kiinnittämällä huomiota betoni- sekä teräsvalintoihin. Betonin runsaasta hiilipitoisuudesta johtuen, sen vaihtamisella vähähiiliseen betoniin saavutetaan merkittäviä vaikutuksia materiaalien hiilijalanjäljessä.

Esimerkiksi kotimaisen Lujabetoni Oy:n valmistamalla Luja-Vähähiilibetonilla on puolet pienempi hiilijalanjälki verrattuna tavalliseen valmisbetoniin. Valmistuksen päästöjen kerrotaan olevan jopa 70 prosenttia alhaisemmat, kuin perinteisten sementtien. Päästövähennys saavutetaan kiertotaloutta sekä eurooppalaisia terästeollisuuden sivuvirtoja hyödyntämällä (Lujabetoni näyttää tietä kohti hiilineutraaliutta – uusi vähähiilinen betoni leikkaa CO₂-päästöt puoleen: 1.)

5.5 Työmaan sisäisen logistiikan tehostaminen

Rakennustyömaan logistiikan toimimattomuus heijastuu ensisijaisesti työmaan tehokkuuteen sekä tuottavuuteen. Kuitenkin pitkät odotusajat kuorman purkamisen tai lastaamisen aikana aiheuttavat päästöjä rekkojen, dumperien tai muiden koneiden seisoessa tyhjäkäynnillä.

Rakennustyömaan toimitusketju käsittää kolme osa-aluetta: materiaalit, tarvikkeet, sekä työntekijät. Työmaalogistiikan tehokkuutta määriteltäessä tulee kiinnittää huomiota työmaan kuljetusten läpimenoaikaan, mikä syntyy kokonaisuudessaan siitä aikavälistä, kun materiaali- tai tarvikekuljetus saapuu työmaan portista sisään ja lähtee portista ulos lastin purettuaan (Sezer & Fredriksson 2021: 2.)

Kuljetusten suunnittelulla on havaittu olevan suora yhteys rakennusprojektin tuottavuuteen. Eräässä tutkimuksessa havaittiin neljän eri rakennusprojektin yksittäisen kuljetuksen keskimääräisen läpimenoajan vaihtelevan reilusta puolesta tunnista tuntiin aikavälillä. Tuosta aikavälistä hukka-aikaa havaittiin keskimäärin 18-36 minuuttia per kuljetus. Hukka-ajaksi määriteltiin aika, jolloin kuljetus seiso työmaalla odottamassa purkua (Sezer & Fredriksson 2021: 3).

Josephsonin ja Saukkoriiven tutkimus osoittaa, että ruotsalaisten rakennustyöntekijöiden työajasta keskimäärin yli puolet kuluu eri materiaalien odottamiseen sekä niiden käsittelyyn. Toisen tutkimuksen mukaan ainoastaan 38 % työmaan toimituksista ovat ajallaan sisältäen oikean määrän tarvittavia materiaaleja (Sezer & Fredriksson 2021: 4.)

Tarkasteltaessa Sezerin ja Fredrikssonin oman tutkimuksen tuloksia löydetään tietoa niin hukka-ajan suhteesta kuljetusmuotoon, kuljetusten ajoituksista kuin työmaalogistiikan tehottomuuden syistä.

Tutkimuksessa tarkasteltiin 13 tapausta, joista 6 olivat asunto-, 2 toimisto-, 2 laajaa- sekä 3 sairaalaprosjektia. Tutkimuksessa tarkasteltavat työmaat sijaitsivat

Etelä-Ruotsissa. Kaikki tutkimuksen data kerättiin saman logistiikkayrityksen tiedoista, jonka palveluja kaikki esimerkkikohteet käyttivät. Tutkimuksen kohteista suurimmalla osalla oli samanlaiset rakennusmenetelmät, jotka sisälsivät esivalmistetut runkorakenteet, esivalmistetut seinärakenteet sekä valmiit lattialaatat. Ainoastaan yhdessä projektissa käytettiin teräsrunkorakennetta (Sezer & Fredriksson 2021: 5).

Johtuen eri rakennusprojektien vaihtelevuudesta niiden logistisiin kuljetuksiin vaikuttavat lukuisat eri tekijät. Tutkimuksen tulokset osoittavat kuitenkin monia yhtäläisyyksiä kuljetusten välillä. Kuljetuksista havaittiin niiden ajoittuvan usein viikolle, erityisesti maanantain ja torstain välille. Ainoastaan yhdessä projektissa toimituksia oli viikonloppuisin. Lähes kaikissa tapauksissa kuljetukset alkoivat kello viiden aikaan aamulla. Ne saavuttivat ruuhkaisimman hetken kello viiden ja yhdeksän välillä ja vähentyivät loppupäivää kohden. Ruuhka-aikojen kuljetukset olivat useimmiten maansiirto-, betoni-, tai jätekuljetuksia (Sezer & Fredriksson 2021: 6: 13.)

Kuljetuksissa käytettävistä ajoneuvoista rekat olivat yleisimpiä, käsittäen 43% tutkimuksen kaikkien projektien kuljetuksista. Seuraavaksi yleisimpiä olivat pakettiautot, tuntemattomat ajoneuvot, puoliperävaunurekat ja perävaunulliset rekat.

Projektien läpimenoaikoja mitattiin tunneissa sekä per neliometri. Kuljetuksissa käytettyjen eri ajoneuvojen läpimenoaikoja tarkasteltaessa huomattiin aikojen olevan pisimmät tuntemattomien tai tilastoimattomien ajoneuvojen kohdalla (3,13 tuntia per ajoneuvo), toiseksi pisimmät pakettiautoilla (1,64), kolmanneksi pisimmät rekoilla (1,62), neljänneksi pisimmät puoliperävaunurekoilla (1,39) ja lyhimmät perävaunullisilla rekoilla (1,28). Lähetysten painon mukaan mitattuna pisimmät läpimenoajat olivat pienillä (0-500 kg) lähetyksillä.

Pakettiautot olivat yleisimmin käytettyjä pienten lähetysten kuljetuksissa, jotka ajoittuivat useimmiten projektin viimeistelyvaiheeseen. Pakettiautokuljetusten tulosten tulkinnan kohdalla vaikeuksia aiheutti erottelun hankaluus tavarantoimittajien sekä työmaan työntekijöiden autojen välillä (Sezer & Fredriksson 2021: 8; 9; 11: 12.)

Huolimatta logistiikkakalenterin yleisyydestä ja siten mahdollisuudesta vaikuttaa lähetysten sekä kuljetuksien ajoitukseen huomattiin projektien toimivan usein samojen perinteisten toimintamallien mukaan. Tavarantoimittajat ovat usein vähäisen tiedon varassa, eivätkä siten ole useimmiten tietoisia mahdollisuuksistaan vaikuttaa kuljetusten ajoitukseen ja täten ehkäistä samanaikaisista toimituksista johtuvien ruuhkien syntymistä niin kaupungissa kuin työmaalla. Sezerin ja Fredrikssonin tutkimuksessa lainatun tutkimuksen mukaan monet tavarantoimittajat arvostaisivat mahdollisuutta vaikuttaa toimitusten ajoitukseen ja siten käyttää myös heidän aikansa tehokkaasti. Yleisellä tasolla kuljetusten määrissä sekä läpimenoajoissa havaittiin suuria vaihteluja. Yhden työmaan kohdalla kuljetuksia tarvittiin vain 0,04 kappaletta per rakennettu neliömetri, kun tämän suhteen huonoimmassa tapauksessa niitä tarvittiin 1,99 per rakennettu neliömetri. Kyseiset projektit olivat asuinrakennustyömaita (Sezer & Fredriksson 2021: 11: 12.)

Läpimenoaika voi muodostaa merkittävän osan projektin kokonaistyötunneista. Lisäksi se on aikaa, jonka määrää voidaan supistaa paremman organisoinnin avulla. Läpimenoajaksi mitattiin vähimmillään 0,42 tuntia per toimitus ja enimmillään 2,79 tuntia per toimitus. Tutkimuksen eräällä työmaalla läpimenoaikaa havaittiin yhteensä 55 369 tuntia projektin ajalta. Määrä vastaa jopa 31,5 keskimääräistä henkilötyövuotta, joka kuluu pelkästään materiaalien vastaanottoon (Sezer & Fredriksson 2021: 12: 13.)

Tarkastellun tutkimusesimerkin pohjalta voidaan todeta, että etenkin pienten kuljetusten ajoitusten tehokkuudessa on parannettavaa. Käytännön kannalta pakettiautokuljetusten läpimenoajan tulisi olla lyhyin, mikä johtuu niiden pienestä koosta. Kuitenkin sen havaittiin olevan suhteessa pisin useilla tutkimuksen työmailla. Johtuen ruuhkahuippujen syntymisestä aamuille kuljetuksia olisi syytä ajoittaa tasaisemmin pitkin päivää, mahdollisuuksien mukaan. Logistiikkakalenterin tehokkaammalla käytöllä edistetään kuljetusten

sujuvuutta. Suunnittelulla on suuri merkitys kuljetusten hukka-ajan vähentämisessä, mutta työmaan toimintaa tehostamalla pystytään vaikuttamaan merkittävästi hukka-ajan vähenemiseen. Kuten tutkimusesimerkki osoittaa, työmaalogistiikan hukka-aika aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia projekteissa, mutta tämän lisäksi se aiheuttaa turhia päästöjä työmaalla ajoneuvojen seisoessa tyhjäkäynnillä.

5.6 Toimenpiteiden yhteenveto

Muodostetuista toimenpide-ehdotuksista päällimmäisenä esille nousi niiden käytännön toteuttamiseksi vaadittavien muutosten erilainen luonne.

Jätteen kierrätyksen käytännön toteutumisen havaittiin olevan merkittävästi sidoksissa työmaalla työskenteleviin urakoitsijoihin, käytettävien materiaalivalintojen riippuvan ylemmän tahon sekä suunnittelupuolen toiminnasta ja työmaan logistiikan tehostamisen riippuvan lukuisista eri tekijöistä, eikä pelkästään työmaan ajojärjestelijöistä.

Työmaan aliurakoitsijoiden toiminnan valvonnassa löydettiin haasteita, sähköisten työkoneiden havaittiin niin sähkö- kuin dieselkäyttöisiä koneita valmistavan yrityksen mukaan jopa nostavan työmaan tehokkuutta pienten koneryhmien osalta, materiaalivalintojen tuovan merkittävän hyödyn suuripäästöisten materiaalien vaihtamisella vähähiilisiin vaihtoehtoihin sekä työmaan sisäisen logistiikan olevan tehotonta myös Pohjoismaissa.

6 Johtopäätökset

Tämän insinööriyön oli tarkoitus rajautua käsittelemään hiilineutraaliutta rakennustyömaan näkökulmasta. Työn lähtökohdat olivat haastavat, sillä tuotantotalouden opinnot eivät olleet keskittyneet ympäristöasioihin samassa mittakaavassa kuin mitä esimerkiksi ympäristötekniikan insinöörin opinnot. Työtä aloittaessa minun oli perehdyttävä ensin hiilineutraaliuteen ja muihin ympäristöön liittyviin käsitteisiin huolellisesti ja vasta tämän jälkeen projekti pääsi ottamaan ensiaskeleensa.

6.1 Opinnäytteen yhteenveto vaihe vaiheelta

Tämän insinööriyön tarkoitus oli ensimmäisessä luvussa mainittujen seikkojen mukaisesti löytää keinoja rakennustyömailla syntyvien hiilipäästöjen alentamiseksi ja auttaa Skanskaa saavuttamaan sen vuodelle 2045 asettama hiilineutraaliustavoite.

Työn toisessa luvussa käsiteltiin ilmastonmuutosta ja hiilipäästöihin liittyviä aiheita yleisellä tasolla. Tämä luo lukijalle paremman käsityksen työn käsitteistä sekä auttaa ymmärtämään työn tarkoitusta laajemmin. Tänä päivänä hiilineutraaliutta tavoittelevat niin eri yritykset, yhteisöt, kuin maat. Luvussa tämä tuotiin esille yhdessä muiden hiilineutraaliuteen liittyvien käsitteiden sekä aihealueiden ohessa.

Seuraavaksi työssä luotiin katsaus Skanskaan, jolle tämä työ tehtiin. Skanskan yleiskatsauksen jälkeen Skanskan nykytilannetta tarkasteltiin heidän hiilineutraaliustavoitteen kannalta ja suoritettiin nykytila-analyysi, jossa apuna käytettiin Skanskalla työmaalla työskentelevien henkilöiden kanssa käytyjä haastatteluja, julkista tietoa sekä pieniltä osin Skanskan sisäistä tietoa.

Nykytila-analyysin jälkeen työssä siirryttiin tarkastelemaan rakentamisen vaikutusta hiilipäästöihin, rakennushankkeiden eri vaiheita ja niiden vaikutuksia hiilipäästöihin, rakennuksen hiilijalanjälkeä ja siihen vaikuttavia tekijöitä, erilaisia

laskentamalleja hiilijalanjäljelle, hiilineutraalisyöpyrkimyksiä edistäviä standardeja sekä materiaalien vaikutuksia rakennuksen hiilipäästöihin.

Seuraavassa osiossa syvennyttiin erään kehittämistehtävän kohtiin ja näistä tehtyjä poimintoja käsiteltiin syvällisemmin. Osa tämän osion poiminnoista nostettiin seuraavaan kappaleeseen, jossa niistä luotiin konkreettisia toimenpide-ehdotuksia. Näiden poimintojen lisäksi kappaleessa käsiteltiin muita konkreettisia toimenpide-ehdotuksia työmaan päästöjen alentamiseksi. Toimenpiteiden tarkastelussa huomioitiin niiden vaikutukset työmaan tuottavuuteen sekä tehokkuuteen. Toimenpide-ehdotukset muodostettiin perustuen kirjallisuuslähteisiin, tutkimusesimerkkeihin sekä haastatteluihin.

6.2 Jatkotoimenpide-ehdotuksia rakennusalalle

Työmaan energiankulutusta voidaan vähentää, kun työaikainen valaistus hoidetaan vähemmän sähköä kuluttavilla LED-valaisimilla ja mahdollisia liiketunnistimia käyttämällä.

Aliurakoitsijoiden sähköisten maanrakennuskoneiden ja kuljetuskaluston käyttöön työmaalla on vielä vaikea vaikuttaa niiden vähäisyyden vuoksi, mutta biopolttoaineiden käyttöön urakoitsijat tulisi sitouttaa jo urakkakyselyvaiheessa.

Jätteiden lajittelun työmaalla tulee olla tehokkaasti toteutettua niin lajitteluastioiden riittävän määrän, oikean sijoittelun kuin työntekijöiden ohjeistuksen, sitouttamisen ja valvonnan osalta. Materiaalihukan määrää työmaalla tulee myös vähentää tehokkaammin, jotta niin hiilijalanjälki kuin jätekustannukset saadaan alenemaan.

Työmailla, joilla logistiikkakalenteri on käytössä, tulee tavarantoimittajat ohjeistaa sekä sitouttaa tehokkaammin kalenterin käyttöön, jotta odotusajat sekä kuljetusten läpimenoajat saadaan optimoitua mahdollisimman lyhyiksi.

Lähteet

Arvot. 2019. Verkkoaineisto. skanska.fi. <<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/arvot/>>. Luettu 25.11.2021.

ELECTRIC CONSTRUCTION EQUIPMENT VS DIESEL PERFORMANCE COMPARISONS. 2021. Verkkoaineisto. volvoceblog.com. <<https://volvoceblog.com/electric-construction-equipment-vs-diesel-performance-comparisons/>>. Luettu 20.2.2022.

Espo, Juha. 2019. Miten tilastoidaan kierrätysaste. Verkkoaineisto. <<https://jatehuoltoyhdistys.fi/wp-content/uploads/2019/10/Miten-tilastoidaan-kierrätysaste.pptx.pdf>>. 30.9.2019. Luettu 27.1.2022.

Helsinki hiilineutraaliksi. 2021. Verkkoaineisto. <[myhelsinki.fi. https://www.myhelsinki.fi/fi/valitse-vastuullisemmin/helsinki-hiilineutraaliksi](https://www.myhelsinki.fi/fi/valitse-vastuullisemmin/helsinki-hiilineutraaliksi)>. Luettu 28.10.2021.

Hiilikädenjälki: Uusi ympäristömittari tuotteiden positiivisten ilmastovaikutusten arviointiin. 2018. Verkkoaineisto. vttresearch.com. <<https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/hiilikadenjalki-uusi-ymparistomittari-tuotteiden-positiivisten>>. Luettu 9.1.2022.

Hiilikädenjälki. Verkkoaineisto. Sitra.fi. <<https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/hiilikadenjalki/>>. Luettu 29.12.2021.

Hiilineutraalius. 2021. Verkkoaineisto. Wikipedia.fi. <fi.wikipedia.org/wiki/Hiilineutraalius#cite_note-2>. Luettu 4.10.2021.

Hiilineutraaliustavoite. 2021. Verkkoaineisto. skanska.fi
<<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/vastuullisuus/ymparisto/hiilineutraaliustavoite/>>. Luettu 25.11.2021.

Hiilineutraalius vuoteen 2050 mennessä: maailman tärkein tehtävä. 2020. Verkkoaineisto. unric.org. <<https://unric.org/fi/hiilineutraalius-vuoteen-2050-menessa-maailman-tarkein-tehtava/>>. Luettu 29.12.2021.

Hiltunen, Pipsa. 2021. Blogi: Kissat pöydällä – puhetta sisäisestä viestinnästä. Verkkoaineisto. <<https://www.lvi-tu.fi/kissat-poydalla-puhetta-sisaisesta-viestinnasta/>>. 6.2021. Luettu 13.2.2022.

Hinku-kunnat. 2019. Verkkoaineisto. Hiilineutraalisuomi.fi:
<<https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Hinku/Hinkukunnat>>. Luettu 27.11.2021.

How does Level(s) work? Verkkoaineisto. ec.europa.eu.
<https://ec.europa.eu/environment/levels/lets-meet-levels/how-does-levels-work_en>. Luettu 18.1.2022.

How much extra does it cost to make a building net zero carbon. 2020. Verkkoaineisto. thefifthestate.com.au.
<<https://thefifthestate.com.au/innovation/building-construction/how-much-extra-does-it-cost-to-make-a-building-net-zero-carbon/>>. Luettu 1.2.2022.

Häkkinen, Tarja & Kuittinen Matti. 2020. Kohti vähähiilistä rakentamista. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Ilmastonmuutos: Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä. 2020. Ohjekortti. Rakennustietosäätiö.

Ilmastositoumus. Verkkoaineisto. Kauppakamari.fi
<<https://kauppakamari.fi/palvelut/ilmastositoumus/>>. Luettu 20.12.2021.

ISO 14067. Verkkoaineisto. Sphera.com.
<<https://gabi.sphera.com/support/gabi/gabi-licia-documentation/iso-14067/>>.
Luettu 10.1.2022.

Jätedirektiivi ja jätelainsäädäntö. 2008. Verkkoaineisto. rakennusteollisuus.fi.
<<https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentamisen-materiaalitehokkuus/Jatedirektiivi-ja-lainsaadannon-kokonaisuudistus/>>. Luettu 27.1.2022.

Kaarinan läntinen ohikulkutie: Rakentamisen aikaiset vaikutukset. 2008. Verkkoaineisto. Tiehallinto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf2/1000189-v-kaarinan_ohikulkutie_yva-selostus.pdf>. Luettu 7.11.2021.

Kamunen, Lotta. 2021. Vähähiilisen työmaan tsekkilista. Kehittämistehtävä. 2021. Luettu 8.12.2021.

Kimppakyyti-pilotti. Verkkoviittaus. businessstampere.com.
<https://businessstampere.com/wp-content/uploads/2020/04/digia_kimppakyyti_konsepti_122019v2.pdf>. Viitattu 20.2.2022.

Kuittinen, Matti & le Roux, Simon. 2017. Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Kuulolla työssä -viestintäkampanja: Melun vaikutukset. 2017. Verkkoaineisto. Kuuloliitto.fi. <<https://www.kuuloliitto.fi/wp-content/uploads/2017/09/Melun-vaikutukset.pdf>>. Viitattu 20.2.2022).

Laske hiilijalanjälkesi. 2019. Verkkoaineisto. Ymparisto.fi.
<https://www.ymparisto.fi/fi-fi/ilmasto_ja_ilma/ilmastonmuutoksen_hillinta/laske_hiilijalanjalki>. Luettu 10.1.2022.

Level(s). Verkkoaineisto. ec.europa.eu.
<https://ec.europa.eu/environment/levels_fi>. Luettu 18.1.2022.

Lisää sähköisiä työkoneita työmaille. 2021. Verkkoaineisto. Rakennustaito.fi:
<<https://rakennustaito.fi/lisaa-sahkoisia-tyokoneita-tyomaille/>>. Luettu
31.1.2022.

Lujabetoni näyttää tietä kohti hiilineutraaliutta – uusi vähähiilinen betoni leikkaa
CO₂-päästöt puoleen. 2021. Verkkoaineisto. luja.fi.
<<https://www.luja.fi/2021/06/04/lujabetoni-nayttaa-tieta-kohti-hiilineutraaliutta-uusi-vahahiilinen-betoni-leikkaa-co2-paastot-puoleen/>>. Luettu 10.11.2021.

Markkanen & Lauhkonen. 2021. Työkoneiden päästöjen perusennuste ja
sähköistymisen vaikutus päästöihin. Verkkoaineisto.
<https://cris.vtt.fi/ws/portalfiles/portal/45373802/VTT_CR_00245_21.pdf>.
26.3.2021. Luettu 31.1.2022.

Mikä ihmeen scope 1, 2, 3? Verkkoaineisto. greencarbon.fi.
<<https://greencarbon.fi/mika-ihmeen-scope-1-2-3/>>. Luettu 2.11.2021.

Mitä hiilijalanjäljellä tarkoitetaan. 2021. Verkkoaineisto. Openco2.net.
<<https://www.openco2.net/fi/taustaa>>. Luettu 30.12.2021.

Mitä hiilikädenjälki kuvaa. 2021. Verkkoaineisto. Openco2.net.
<<https://www.openco2.net/fi/taustaa>>. Luettu 4.1.2022.

Omri Wallach. 2021. Race to Net Zero: Carbon Neutral Goals by Country.
Verkkoaineisto. <<https://www.visualcapitalist.com/race-to-net-zero-carbon-neutral-goals-by-country/html>>. 08.06.2021. Luettu 23.12.2021.

One.Skanska: Ympäristö: Skanskan sisäinen materiaali

Online Training. Verkkoaineisto. ghgprotocol.org.
<<https://ghgprotocol.org/training-capacity-building>>. Luettu 28.10.2021.

Pariisin ilmastosopimus. Verkkoaineisto. ym.fi. <<https://ym.fi/pariisin-ilmastosopimus>>. Luettu 19.1.2022.

Poikajärvi, Miika. 2019. Rakentamisen vähähiilisyystavoitteet. Verkkoaineisto.
<<https://www.lapinamk.fi/loader.aspx?id=6323e330-dd8a-4ab2-90e9-2ca13dda590d>>. 1.2019. Luettu 18.1.2022.

Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus.
Verkkoaineisto. sitoumus2050.fi. <https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#>/.
Luettu 30.12.2021.

Rakennustyömaan aluesuunnittelu. 2019. Verkkoaineisto. ttk.fi.
<https://ttk.fi/files/6729/Rakennustyomaan_aluesuunnittelu_201901.pdf>. Luettu
8.2.2022.

Rantanen, Annika. 2020. Rakennusteollisuuden hiilijalanjälki ja vähähiilisyys
kiinteistösijoittajan rakennushankkeessa. Opinnäytetyö.
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/347738/Rantanen_Annika.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. 2020. Luettu 20.12.2021.

Rintamäki, Emilia. 2016. Rakennusten rakennusvaiheen energiankulutus-case
hypermarketin saneeraus ja laajennus. Kandidaatintyö.
<<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/129928/Emilia%20Rintamäki%20-%20Kandidaatintyö.pdf?sequence=3>>. 3.11.2016. Luettu 2.2.2022.

Sezer & Fredriksson. 2021. Paving the Path towards Efficient Construction
Logistics by Revealing the Current Practice and Issues. Verkkoaineisto.
<<https://www.mdpi.com/2305-6290/5/3/53>>. 06.08.2021. Luettu 07.03.2022.

Skanska. 2021. Verkkoaineisto. Wikipedia.fi.
<<https://fi.wikipedia.org/wiki/Skanska>>. Luettu 3.10.2021.

Skanska lyhyesti. 2019. Verkkoaineisto. Skanska.fi.
<<https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>>. Luettu 2.10.2021.

Skanska Vähähiilisen suunnittelun ohjekirja. Skanskan sisäinen materiaali.

Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. 2017. Verkkoaineisto. ym.fi.
<https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602>. Luettu 11.1.2022.

Tutustu erilaisiin päästökertoimiin. 2021. Openco2.net. Verkkoaineisto.
<<https://www.openco2.net/fi/paastokertoimien-yksikot>>. Luettu 4.1.2022.

Uhat: Ilmastonmuutos. Verkkoaineisto. WWF Suomi.
<<https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>>. Luettu 29.12.2021.

Using biogas to reduce natural gas consumption and greenhouse gas emissions at a large distillery. 2020. Verkkoaineisto.
<https://www.researchgate.net/figure/Scope-3-Categories-and-Relevance_tbl3_347627404>. Luettu 2.11.2021.

Valtioneuvoston asetus jätteistä. 2012. Verkkoaineisto. Finlex.fi.
<<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2012/20120179>>. Luettu 27.1.2022.

Vapaaehtoiset päästökompensaatiot. Verkkoaineisto. Ym.fi.
<<https://ym.fi/vapaaehtoiset-paastokompensaatiot>>. Luettu 29.12.2021.

What is GHG Protocol. Verkkoaineisto. ghgprotocol.org.
<<https://ghgprotocol.org/about-us>>. Luettu 28.10.2021.

Ympäristöministeriön raportti rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksista

Liitteessä tarkastellaan eri rakennusosien vaikutuksia rakennuksen hiilijalanjälkeen.

Taulukko 1. Lähtökohtana tarkastellun kohteen perustiedot

Rakennustyyppi	Asuinkerrostalo
Kerrosten lukumäärä	6 asuinkerrosta +kellari
Kerrosala	2454,5 m ²
Bruttoala	3056 brm ²
Asuntojen lukumäärä	28 kpl
Huoneistoala	2082 hum ²

2.2

Arviointitulokset

Rakentamisen ja korjaamisen materiaalit

Taulukossa 2 esitetään arviointitulokset rakennuksen massoista ja arvioiduista vaihteluväleistä sekä arvio vastaavasta vaihteluvälistä rakennuksen hiilijalanjäljen suhteen.

Tuloksen mukaan rakennuksen massa voi vaihdella suuresti. Vastaavasti myös rakenteista ja materiaaleista aiheutuva hiilijalanjälki voi vaihdella, ei kuitenkaan yhtä paljon kuin massa. Tämä johtuu siitä, että osa eniten painoon vaikuttavista massaosista, kuten maa-ainekset, vaikuttaa hiilijalanjälkeen verrattain vähän.

Perustapauksen perusteella suurin merkitys materiaalien hiilijalanjälkeen on ulkoseinillä, väliseinillä, välipohjilla, yläpohjilla ja parvekkeilla. Suuri merkitys on myös ikkunoilla, ovilla ja lasituksilla sekä kalusteilla, varusteilla ja pintamateriaaleilla, jos näitä tarkastellaan ryhminä. Näistä kunkin osuus lopputuloksesta on n. 5 % tai enemmän. Talotekniikan merkitys on vähäinen. Korjausmateriaalien yhteenlaskettu vaikutus taas on suuri.

Vähimmäis- ja enimmäisvaihtoehtojen hiilijalanjälkien suhde on noin 2,2-kertainen.

Taulukko 2. Rakennuksen arvioitu kokonaismassa ja kasvihuonekaasupäästöt rakennusosittain jaettuna

	Massa Perustapaus (tn)	Vaihteluväli, min... max, (tn)	CO ₂ -ekv Perustapaus (tn)	Vaihteluväli min... max (tn)
Maa-ainekset	252	0... 1508	1	0... 7
Paalutus	146	0... 518	21	0... 75
Perustukset	292	164... 460	34	19... 54
Alapohjat	286	232... 407	23	21... 45
Erillinen, kantava rakennusrunko	0	60... 0	0	21... 0
Ulkoseinät	664	302... 1028	185	83... 267
Väliseinät	624	213... 624	126	59... 126
Välipohjat	1143	529... 1611	212	121... 256
Yläpohjat	204	51... 358	58	24... 82
Parvekkeet	461	130... 461	93	35... 93
Hormit	78	9... 78	16	4... 16
Portaat	6	1... 6	1	0... 1
Ei-kantavat väliseinät	48	39... 77	17	14... 30
Ikkunat, ovet, lasitukset	30	23... 38	54	42... 69
Kalusteet, varusteet, pintamateriaalit	99	75... 125	65	49... 82
Rakenteisiin kiinnittämättömät materiaalimäärät	35	26... 44	18	13... 22
Talotekniset järjestelmät	22	14... 29	31	23... 38
Korjaukset, 50 vuoden elinkaari	322	238... 408	281	211... 354
Korjaukset, 100 vuoden elinkaari	886	604... 1291	713	489... 918
Yhteensä, 50 vuoden elinkaari	4712	2106... 7780	1235	741... 1617
Yhteensä, 100 vuoden elinkaari	5276	2472... 8663	1667	1020... 2181

