

Tatu Peiponen

HIILINEUTRAALIN KIINTEISTÖPORTFOLION SAAVUTTAMINEN

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastajat:
Professori Arto Saari
Tutkijatohtori Ulrika Uotila
Marraskuu 2022

TIIVISTELMÄ

Tatu Peiponen:
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma
Marraskuu 2022

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kannattavia toimenpiteitä kiinteistöportfolion ohjaamiseksi hiilineutraaliksi, ja samalla tutkia kuinka toimintaympäristön ajurit vaikuttavat hiilineutraaliin kiinteistöportfolioon sekä hiilineutraalia kiinteistöportfoliota edistäviin toimenpiteisiin. Hiilineutraaliudella tarkoitetaan tilannetta, jolloin kiinteistö ei tuota lainkaan hiilidioksidipäästöjä korjauksien, energiankäytön tai purkujen osalta.

Opinnäytetyön tavoitteiden saavuttamiseksi teoriaosuudessa suoritettiin kirjallisuuskatsaus, jossa perehdyttiin hiilineutraaliuteen, hiilineutraaleihin kiinteistöihin ja toimenpiteisiin, joita hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi voidaan toteuttaa. Opinnäytetyön empiirisessä osuudessa ensimmäisessä vaiheessa tutkittiin rakenneteknisiä korjaustoimenpiteitä ja niiden kannattavuutta esimerkkikohteen kautta. Esimerkkikohteen osalta laskettiin viidenkymmenen vuoden tarkastelujakson ajalla kustannuksia ja hiilijalanjälkiä energiankulutukseen vaikuttavien rakenteiden osalta. Empiirisen osuuden toisessa vaiheessa suoritettiin kiinteistösijoitus-, konsultti- ja rakennusosalalla toimivien henkilöiden haastattelut. Haastatteluissa käytiin läpi heidän toteuttamia toimenpiteitä hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi, tulevaisuudessa toteutettavia toimenpiteitä, kannattavimpia toimenpiteitä ja lainsäädännön sekä ohjauskeinojen vaikutusta toimenpiteisiin.

Teoreettisen ja empiirisen osuuden perusteella hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi voidaan toteuttaa useita eri toimenpiteitä, jotka ulottuvat suunnittelusta purkamiseen. Kannattavimmat toimenpiteet liittyvät yleensä energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen ja kannattamattomat toimenpiteet liittyvät yleensä rakenteellisiin korjaustoimenpiteisiin. Kannattavia toimenpiteitä hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi ovat muun muassa lämpöpumpujen sekä aurinkosähkön käyttöön ottaminen, päästöttömän energian käyttäminen, automatiikan tehostaminen ja ikkunoiden tiivistyskorjaukset. Kannattavat toimenpiteet eroavat eri kiinteistöjen välillä ja toimenpiteiden osalta on aina toteutettava elinkaarilaskentaa kannattavuuden selvittämiseksi. Elinkaarilaskennassa on huomioitava niin kustannukset kuin hiilidioksidipäästötkin.

Avainsanat: kiinteistö, kiinteistöportfolio, hiilineutraalius, vähähiilisyys, lainsäädäntö ja ohjauskeinot, energiasaneeraus, energiatehokkuus

ABSTRACT

Tatu Peiponen:
Master's thesis
Tampere University
Master of Science in Civil Engineering
November 2022

The goal of this thesis was to examine cost-efficient ways to guide a real estate portfolio to carbon neutrality and at the same time examine how operational environment effects carbon neutral portfolio and the ways to achieve a carbon neutral portfolio. Carbon neutrality means a state when a property does not produce any carbon during renovations, energy usage or demolition.

A literature review was conducted in the theoretical part of the thesis to achieve goals of the thesis. Examined areas in the literature review were carbon neutrality, carbon neutral properties and the ways to achieve carbon neutrality. Empirical part of the thesis consists of life-cycle analysis of an example property and of a semi-structured interview. In the life-cycle analysis structural parts of an example property were analyzed over a 50-year period of consideration. Analyzed areas of the life-cycle analysis of the example property were costs and carbon footprint. In the semi-structured interview people from property investment, consulting and construction companies were interviewed. The people were interviewed about implemented actions to achieve carbon neutrality in properties, planned actions to achieve carbon neutrality in properties, the most cost-efficient ways to achieve carbon neutral properties and the effects of legislation and guidance instruments on ways to achieve carbon neutral properties.

With the results from the theoretical and the empirical part of the thesis many ways to achieve carbon neutrality in properties were found and they range from planning to the demolition. Usually, the most cost-effective ways to achieve carbon neutral properties have something to do with energy efficiency or energy usage and the most not cost-effective actions have something to do with structural improvements. Cost-effective ways to achieve carbon neutrality in properties are for example installation of solar energy and heat pumps, usage of carbon neutral energy, enhancement of the automation of the property, and caulking of the windows. Cost efficient ways to achieve carbon neutrality in properties will vary between properties and the actions need to be analyzed by life-cycle analysis. Costs and carbon footprint needs to be taken into consideration during life-cycle analysis.

Keywords: real estate, real estate portfolio, carbon neutrality, low carbon, legislation and guidance instruments, energy renovation, energy efficiency

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Äyräväinen Rakennuttaminen Oy:lle, jossa olen ollut töissä syksyllä 2022 työn kirjoittamisen aikana.

Haluan esittää erityiset kiitokset Äyräväinen Rakennuttaminen Oy:n varatoimitusjohtaja Toni Sor-salle tämän diplomityön aiheen antamisesta sekä työn ohjauksesta. Haluan myös kiittää muita Äyräväinen Rakennuttaminen Oy:n työntekijöitä, jotka ovat olleet mukana mahdollistamassa dip-lomityön toteuttamista.

Lisäksi haluan esittää kiitoksen Tampereen yliopiston opinnäytetyöni ohjaajille Ulrika Uotilalle sekä Arto Saarelle. Kiitokset myös muille, jotka ovat olleet tukenani diplomityön kirjoitusprosessin aikana.

Helsingissä, 29.11.2022

Tatu Veikka Feodor Peiponen

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuksen rajaus	2
1.3 Tutkimusmenetelmät	2
1.4 Tutkimuksen rakenne	2
2. HIILINEUTRAALI KIINTEISTÖ	4
2.1 Hiilineutraaliuden määritelmä	4
2.2 Hiilineutraaliuden edistäminen kiinteistössä	5
3. TOIMINTAYMPÄRISTÖN AJURIT HIILINEUTRAALIN KIINTEISTÖN SAAVUTTAMISEKSI	11
3.1 Kansainvälisen toimintaympäristön ajurit	11
3.2 Kansalliset toimintaympäristön ajurit	13
3.3 Maakunta- ja kuntatason toimintaympäristön ajurit	15
3.4 Standardit, sertifikaatit ja informaatio-ohjaus	17
4. TOIMENPITEET HIILINEUTRAALIN KIINTEISTÖPORTFOLION SAAVUTTAMISEKSI	20
4.1 Kiinteistöportfolion hallinta	24
4.2 Kustannustehokkaat toimenpiteet hiilineutraalin kiinteistön saavuttamiseksi	27
4.2.1 Perustukset ja alapohja	29
4.2.2 Ulkoseinät	29
4.2.3 Ikkunat	30
4.2.4 Yläpohja	31
4.2.5 Ilmanvaihto	32
4.2.6 Lämmitysjärjestelmä	33
4.2.7 Sähköjärjestelmä	34
4.2.8 Käyttövesi	35
4.2.9 Uusiutuvat energialähteet	36
5. ESIMERKKIKOHTTEEN TOIMENPITEET	37
5.1 Hiilidioksidipäästöjen kompensointi	39
5.2 Perustukset ja alapohja	40
5.3 Ulkoseinät	43
5.4 Ikkunat	46
5.5 Yläpohja	50
5.6 Esimerkkikohteen toimenpiteiden yhteenveto	53
6. HAASTATTELUTUTKIMUS	57
6.1 Haastatteluiden tavoite ja toteutus	57
6.2 Haastattelujen tulokset	58

6.2.1 Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi tehdyt toimenpiteet	58
6.2.2 Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi suunnitellut toimenpiteet	59
6.2.3 Toimenpiteiden kannattavuus kustannusten ja hiilijalanjäljen osalta	60
6.2.4 Lainsäädännön ja ohjauskeinojen vaikutus toimenpiteisiin	62
7. TULOKSET	64
8. YHTEENVETO	67
LÄHTEET	68

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Ekologinen jälleenrakentaminen on yksi Suomen itsenäisyyden juhlarahaston Sitran määrittelemistä megatrendeistä, joita maailmassa on ollut vuonna 2020. Ekologinen jälleenrakentaminen on määritetty erityisen tärkeäksi, koska 1,5 asteen lämpötilannousu tulee esimerkiksi kiihdyttämään lajien monimuotoisuuden häviämistä, lisäämään äärimmäisiä sääoloja ja köyhdyttämään maaperää entisestään. Ekologisella jälleenrakentamisella pyritään lyhyen ajan sisällä siirtymään uusiutuvan energian käyttöön, vähentämään kulutusta, lisäämään omavaraisuutta ja siirtymään kiertotalouteen. (Dufva 2020 s. 13–48; Valtioneuvosto 2019)

Suomi on monien muiden maiden tapaan sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjaan, jonka mukaan Euroopan Unioni pyrkii hiilineutraaliksi vuoteen 2050 mennessä. Suomen tavoitteena on tällä hetkellä saavuttaa hiilineutraalius Euroopan Unionia nopeammin vuonna 2035. Yhtenä keinona hiilineutraaliuden saavuttamiseksi Valtioneuvosto on asettanut tavoitteeksi vähentää asumisen ja rakentamisen hiilijalanjälkeä, jonka keinoiksi on esitetty esimerkiksi taloyhtiöille suunnattuja energia-avustusjärjestelmiä, sähköautojen latausinfrastruktuurin kasvattamista sekä energiaremonttien osuuksien lisäämistä kotitalousvähennysten piiriin. (Valtioneuvosto 2019)

Edellä mainittuihin tavoitteisiin pääseminen vaatii sitä, että rakennetun ympäristön päästöjä onnistuttaisiin vähentämään 66 prosenttia vuoteen 2035 mennessä. Tällä hetkellä 76 % rakennetun ympäristön hiilidioksidipäästöistä tulee kiinteistön elinkaaren käytön aikana. Käytönaikainen suurin päästölähde on energiankulutus. (Rakennusteollisuus RT ry 2020)

Vähähiilinen rakentaminen on tulossa vasta lainsäädännön alaiseksi, koska Ympäristöministeriö on toisessa vaiheessa vähähiilisen rakentamisen tiekartassa, jossa laaditaan ohjausjärjestelmää. Ohjauksen käyttöönotto on tarkoitus tehdä vuoteen 2025 mennessä. (Ympäristöministeriö 2017a)

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuksen rajaus

Diplomityön päätavoitteena on selvittää taloudellisesti kannattavia metodeja kiinteistöportfolion ohjaamiseksi hiilineutraaliksi olemassa olevien kiinteistöjen osalta. Kiinteistöportfoliolla tarkoitetaan kiinteistöjä, joita jokin taho hallinnoi. Kiinteistöportfolion ohjaamiseen liittyy läheisesti toimintaympäristön ajurit, joihin kuuluu niin kansallinen kuin kansainvälinenkin lainsäädäntö sekä esimerkiksi julkisen rahan ohjaaminen hiilineutraaleihin hankkeisiin. Päätavoitteen selvittämisen tueksi eritellään myös hiilineutraaliin kiinteistöön liittyviä perusteita.

Tutkimus rajataan menetelmiin, joita institutionaaliset pääomasijoittajat voivat käyttää oman kiinteistöportfolion hallinnassaan. Tutkimuksessa ei perehdytä uudisrakennusten hiilineutraaliustavoitteisiin vaan ainoastaan olemassa oleviin eli saneerattaviin kohteisiin. Kiinteistöjen hallintaan liittyvään infrarakentamiseen ei tulla perehtymään. Institutionaalisen sijoittajan kiinteistöportfoliossa voi olla sekä asunto- että toimitilakohteita.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Diplomityön tutkimuskysymysten vastaamiseksi työssä toteutetaan kirjallisuuskatsaus, laskenta esimerkkikohteen osalta sekä haastattelututkimus. Kirjallisuuskatsauksessa perehdytään erityisesti alan julkaisuihin, jotka on julkaistu viranomaisten tai rakennusalaan ohjaavien isoimpien instituutioiden toimesta. Katsauksessa hyödynnetään muitakin kansallisia ja kansainvälisiä julkaisuja.

Esimerkkikohteen laskennassa tutkitaan rakenneteknisiä korjaustoimenpiteitä hiilineutraalin kiinteistön saavuttamiseksi. Haastattelututkimuksessa haastatellaan toimijoita rakentamisen-, konsultoinnin- ja kiinteistösijoittamisen aloilta. Haastattelut on toteutettu Microsoft Teamsin välityksellä ja jokaiselle haastateltavalle on toimitettu kysymykset etukäteen. Haastatteloille toimitettavat kysymykset on pidetty samassa linjassa kirjallisuuskatsauksessa tutkittujen teemojen ympärillä.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus jaetaan kuuteen osaan, jotka ovat johdanto, kirjallisuuskatsaus, esimerkkikohteen laskenta, haastattelututkimus, tulokset ja yhteenveto. Toisen, kolmannen ja neljännen luvun kirjallisuuskatsauksessa perehdytään olemassa oleviin tutkimuksiin ja raportteihin sekä lainsäädäntöön. Viidennessä luvussa esitetään esimerkkikohteen rakenneteknisten toimenpiteiden laskentaa kustannusten ja hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta.

Kuudennessa luvussa esitetään haastattelututkimus ja sen tulokset. Seitsemännessä luvussa esitetään teoreettisen- ja empiirisen osuuden pohjalta kootut tulokset ja kahdeksannessa luvussa on koko työn yhteenveto.

2. HIILINEUTRAALI KIINTEISTÖ

2.1 Hiilineutraaliuden määritelmä

Hiilineutraaliudella tarkoitetaan tilannetta, jossa hiilidioksidipäästöjen nettopäästöjä ei ole. Kaikkia toiminnan aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä ei ole tarkoitus poistaa, mutta poistamattomat päästöt on sidottava hiilinieluihin tai kompensoitava. Hiilinieluilla tarkoitetaan asiaa, joka sitoo enemmän hiilidioksidia kuin päästää sitä itse ilmakehään. Päästöjä voidaan kompensoida investoimalla uusiutuviin energialähteisiin, energiatehokkuuteen tai muihin vähähiilisiin teknologioihin, joista esimerkkinä toimii Euroopan Unionin päästökauppajärjestelmä tai hiilitullit. Mikäli toiminnasta ei aiheutuisi ollenkaan hiilidioksidipäästöjä, olisi kyseessä nollapäästötason kiinteistö. (Seppälä 2014 s. 8–12, Euroopan parlamentti 2021)

Hiilineutraaliuden tavoitteeseen liittyy läheisesti myös vähähiilisyys, joka tarkoittaa hiilidioksidipäästöjen vähentämistä mahdollisimman matalalle tasolle. Vähähiilisyyden tavoitteita voidaan saavuttaa rakentamisen osalta käyttämällä hiilijalanjäljeltään pieniä ja pitkäikäisiä rakennusmateriaaleja ja ratkaisuja, edistämällä kiertotaloutta ja suunnittelemalla tilat muuntojoustavaksi. (Seppälä 2014 s. 8, Ympäristöministeriö 2017b)

Vähähiilisen kiinteistön ominaisuuksia voidaan eritellä rakennuspaikan, energian, toimivuuden ja materiaalien osalta. Rakennuspaikan osalta tontin on oltava tehokas sekä rakennuspaikalla tulee olla hiilikiertoa. Näiden lisäksi perustusolosuhteiden tulee olla kunnossa. Vähähiilisen kiinteistön on toimivuuden osalta oltava muuntojoustava ja muunneltava, monikäyttöinen sekä tehokas, kestävyuden ja käyttöiän osalta pitkä sekä purettavissa ja kierrätettävissä oleva. Materiaalien käyttämisen on oltava tehokasta, materiaalien on varastoitava hiiltä sekä materiaalien on oltava vähähiilisiä ja osan materiaaleista uudelleenkäytettyjä tai kierrätettyjä. Energiankäytön osalta vähähiilisen kiinteistön on oltava ilmanpitävä, lämpöä eristävä, käytettävä uusiutuvaa energiaa sekä teknisten järjestelmien osalta tehokas. (Häkkinen et al. 2020 s. 99)

World Green Building Council on asettanut vuoden 2030 tavoitteeksi, että olemassa olevien kiinteistöjen energiankulutusta on vähennettävä ja päästöjä on poistettava energiankulutuksen ja fossiilisten polttoaineiden osalta. Näiden lisäksi uudet rakennukset ja saneeraukset on tehtävä tehokkaasti uusiutuvia energianlähteitä hyödyntäen ja minimoiden rakennusmateriaaleihin sidotun hiilidioksidin sekä kompensoiden kaikki poistamattomissa olevat hiilidioksidipäästöt. (World Green Building Council 2021)

Yleisellä tasolla vähähiilisyiden tavoitteet voidaan jakaa hierarkkisesti neljälle tasolle, joista ensimmäinen on vähähiilisyiden edistämisen kannalta paras vaihtoehto ja neljäs huonoin vaihtoehto. Ensimmäisenä toimenpiteenä on rakentamisen välttäminen kokonaisuudessaan ja sen myötä olemassa olevien tilojen hyödyntäminen. Hyödyntämällä vajaakäyttöisiä tiloja voidaan lisätä koko rakennuskannan tehokkuutta. Toisena toimenpiteenä olemassa olevat tilat voidaan kunnostaa vastaamaan käyttäjien tarpeita. Tilat voidaan kunnostaa myös useammalle käyttäjälle tai useisiin eri käyttötarkoituksiin muuntojoustavasti. Kolmantena toimenpiteenä koko kiinteistö voidaan peruskorjata tilantarpeen täyttämiseksi. Peruskorjauksien yhteydessä on tärkeää parantaa koko rakennuksen energiatehokkuutta, sisäilman laatua ja lämpövihiytyvyyttä. Neljäntenä toimenpiteenä on uudisrakentaminen, johon olisi syytä turvautua ainoastaan, jos olemassa olevia tiloja ei voida käyttää tarvittaviin toimintoihin. Jokainen toimenpide on kuitenkin suhteutettava elinkaari päästöihin, koska rakennuksien osalta on pystyttävä arvioimaan niin suorat kuin välillisetkin päästöt. (Häkkinen et al. 2020 s. 178–179)

2.2 Hiilineutraaliuden edistäminen kiinteistössä

Kansainvälinen ilmastopaneeli on asettanut neljä periaatetta, joiden avulla yksittäisen rakennuksen hiilineutraaliustavoitteet voitaisiin saavuttaa. Nämä periaatteet on esitetty seuraavassa luettelossa. (Hunziker & Carroll 2020 s. 15)

1. Rakennukset suunnitellaan tehokkaammiksi, samalla vähentäen materiaalin ja energian kulutusta.
2. Hyödynnetään kiertotalouden periaatteita, eli käytetään materiaaleja uudelleen sekä suunnitellaan materiaalit purkamisen jälkeen käytettäväksi muissa rakennuksissa tai toiminnoissa.
3. Käytetään uusiutuvia energianlähteitä ja vähäpäästöisiä materiaaleja.
4. Kompensoidaan jäljelle jääneet hiilidioksidipäästöt.

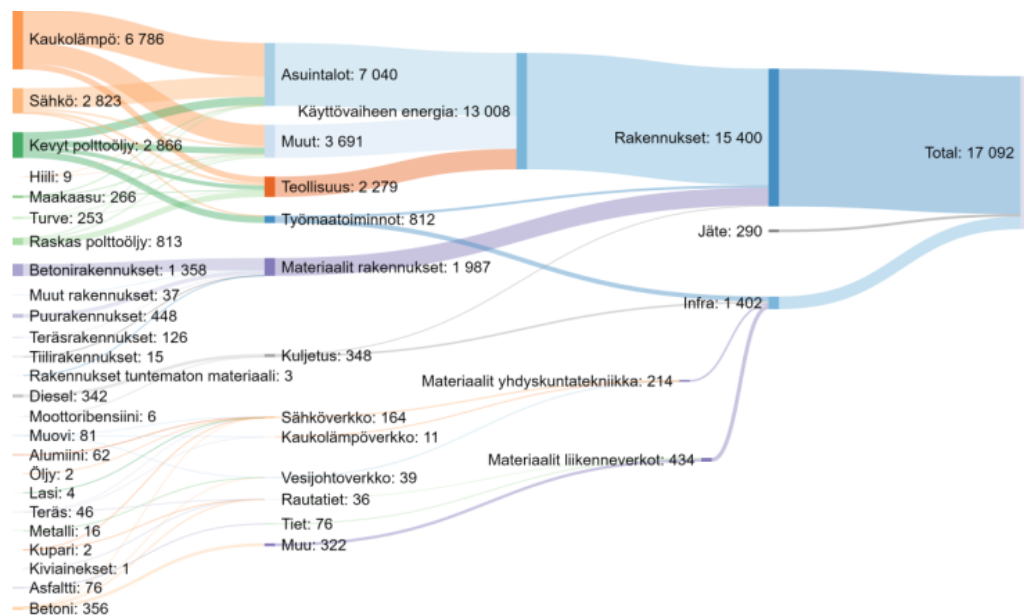
Rakennuksiin sidottuja hiilidioksidipäästöjä voidaan edelleen hallita muuntamalla rakennuksien käyttötarkoituksia, rakentamalla ainoastaan tarveperustaisesti, uudelleenkäyttämällä materiaaleja, suunnittelemalla tehokkaita rakennuksia ja vähentämällä jätteiden määrää. Hiilineutraaliutta voidaan edistää Suomen ilmastopaneelin esittämällä tavalla kolmivaiheisesti seuraavien toimenpiteiden avulla. (Hunziker & Carroll 2020 s. 15, Sepäälä 2014 s. 12)

1. Lasketaan toiminnalla aiheutetut kasvihuonepäästöt.
2. Lisätään toiminnan ympäristötehokkuutta ja vähennetään päästöjä.

3. Kompensoidaan jäljelle jäävät päästöt.

Rakentamisen kasvihuonepäästöillä tarkoitetaan yleisesti rakennuksen elinkaaren aikana muodostuneita hiilidioksidipäästöjä. Elinkaaren aikana muodostuneet hiilidioksidipäästöt syntyvät rakennusmateriaalien valmistamisesta, kuljetuksista, rakentamisen aikaisista työmaatoiminnoista, kunnossapidosta, korjaustoimenpiteistä, resurssien käyttämisestä sekä rakennuksen purkamisesta ja loppusijoittamisesta. (Bionova Oy 2017 s.11)

Suomen kokonaishiilidioksidipäästöt ovat olleet vuonna 2020 yhteensä 48,3 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia, josta 72 %:a on peräisin energiasektorilta. Rakentamisen kokonaishiilijalanjälki Suomessa on noin 17,1 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Suurin osa rakennuksen elinkaaren aikaisista hiilidioksidipäästöistä syntyy käytönaikaisesta energiankulutuksesta ja sen osuus kokonaishiilijalanjäljestä on noin 13 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia, joka vastaa 76 %:a kaikista päästöistä. Rakennusmateriaalit vastaavat 15 %:a, kuljetukset ja työmaatoiminnot 7 %:a ja purkaminen sekä jätteet 2 %:a rakennetun ympäristön päästöistä. Yhden vuoden aikana syntyneet rakennusalan kokonaishiilidioksidipäästöt on esitetty kuvassa yksi. (Tilastokeskus 2021a, Bionova Oy 2017 s.11, Gaia Consulting Oy 2020 s.8, s.71)



Kuva 1 Yhden vuoden aikana syntyneet rakentamisen hiilidioksidipäästöt Suomessa (Gaia Consulting Oy 2020 s.3)

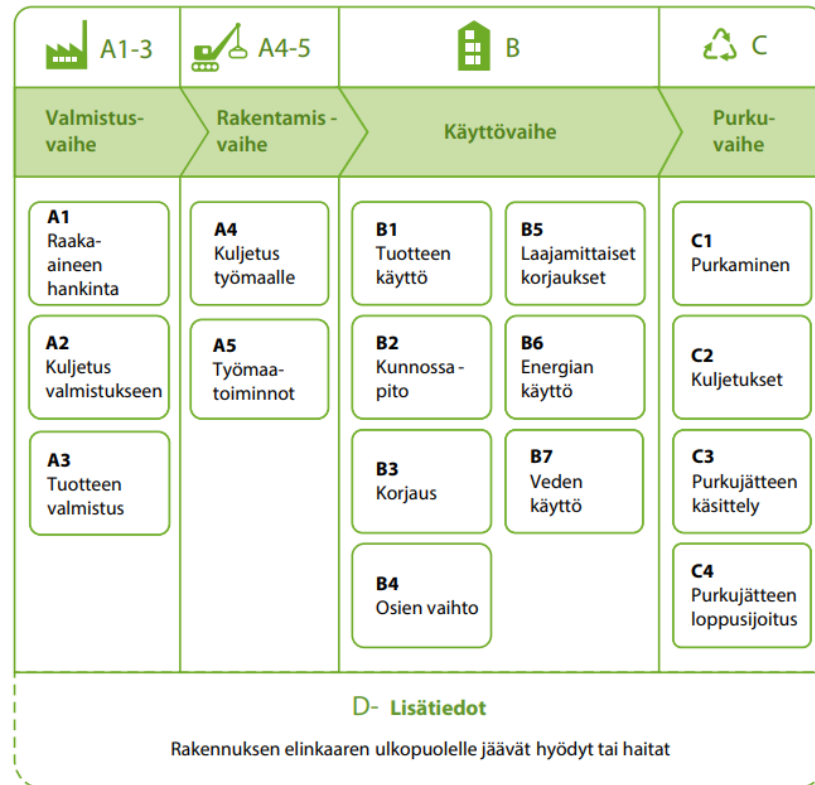
Kuvasta yksi nähdään, että suurin osa rakentamisen hiilijalanjäljestä aiheutuu energiankulutuksesta. Käytönaikaisesta energiankulutuksesta kaukolämmön osuus on yli puolet, erillislämmityksen noin neljännes ja sähkön noin viidennes. Rakennusaikana suurin osa

hiilidioksidipäästöistä syntyy taas betonirakenteista, puurakenteista sekä teräsrakenteista. Suomen rakennuskannasta kaukolämpöverkoston kuuluu noin 48 % kaikista rakennuksista. (Gaia Consulting Oy 2020 s.3, Tilastokeskus 2021b)

Rakennuksen elinkaarivaikutuksia arvioidaan yleensä kolmen kestävä kehityksen peruseriaatteen kautta, jotka ovat ekologinen-, sosiaalinen- ja taloudellinen kestävyys. Rakennusalalla ekologisella kestävyydellä pyritään suojaamaan ekosysteemiä, parantamaan ilman ja veden laatua, vähentämään päästöjä sekä suojelemaan luontoa ja uusiutuvia luonnonvaroja. Sosiaalisella kestävyydellä tarkoitetaan kiinteistön käyttäjien yleisen mukavuuden, hyvinvoinnin ja elämänlaadun parantamista sekä paikallisen infrastruktuurin haittojen minimointia. Taloudellisen kestävyden kautta halutaan vähentää käyttökustannuksia, luoda markkinoita hiilineutraaleille materiaaleille ja palveluille, parantaa tuottavuutta sekä optimoida elinkaarikustannusten vaikutukset. (Kuittinen & le Roux 2017 s. 30, Khoshnava et al. 2016 s. 3)

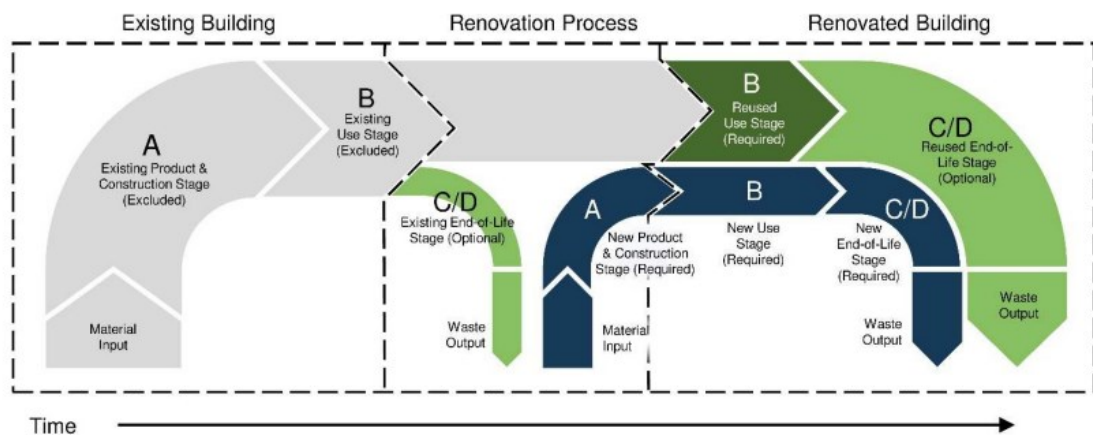
Elinkaarivaikutuksia voidaan laskea elinkaarikustannusten tai elinkaariarvioinnin kautta. Elinkaarikustannuksien laskennassa huomioidaan rakennuksen kaikki kustannukset koko elinkaaren ajalta. Laskettavia asioita ovat suunnittelu, hankinnat, rakentaminen, tilojen käyttö, ylläpito, korjaukset, purkamisen sekä tuotot. Elinkaariarvioinnissa lasketaan yleisesti rakennuksen hiilijalanjälkeä, mutta myös muita ympäristövaikutuksia voidaan laskea. (Kuittinen & le Roux 2017 s. 31–32)

Elinkaarivaikutusten laskennan kautta pystytään arvioimaan rakennukseen käytettävien rakennusmateriaalien ja sovellettavien suunnitteluratkaisujen elinkaarivaikutuksia kestävä kehityksen kolmen peruseriaatteen kautta. Elinkaarivaikutuksien suurimmat muutoshetköt ovat suunnitteluvaiheen aikana, koska silloin luodaan edellytykset rakennuksen pitkälle käytölle. Käyttöikäen eniten vaikuttavia asioita ovat rakennuksen hyvä toiminnallisuus, tarkoituksenmukainen ja energiatehokas käyttö, ennakoiva ylläpito ja huolto, teknisten järjestelmien ymmärrys sekä suunnitteluratkaisujen muuntojoustavuus ja viansietokyky. Elinkaarivaikutusten arvioinnissa käytetty standardinmukainen (EN 15978) rakennuksen elinkaari on esitetty kuvassa kaksi. (Kuittinen & le Roux 2017 s. 30–31)



Kuva 2 Standardinmukaiset rakennuksen elinkaaren vaiheet (Kuittinen & le Roux 2017 s. 30–31)

Laajamittaisten korjausten yhteydessä rakennuksessa saneerattavalta alueelta on huomioitava purkuvaiheen ja lisätietojen elinkaarivaikutukset. Saneerattavalla alueella tapahtuu edelleen uusien materiaalien osalta standardinmukainen valmistus- ja rakentamisvaihe. Saneeratun kiinteistön käyttövaihe jakaantuu saneerauksen valmistumisen jälkeen vanhaan kiinteistöön ja saneerattuun osaan. Elinkaarivaikutusten arviointi laajamittaisten korjausten osalta on esitetty kuvassa kolme. (Hasik et al. 2019 s. 5)



Kuva 3 Elinkaarivaikutusten arviointi laajamittaisten korjausten yhteydessä (Hasik et al. 2019 s. 5)

Kiinteistöjen saneerauksien yhteydessä elinkaarivaikutukset on arvioitava ainoastaan saneeraushankkeen sekä sen jälkeisen osan ajalta. Saneeraushanke voisi näyttää kannattamattomalta, mikäli huomiointi tehtäisiin myös olemassa olevan rakennuksen edeltävältä ajalta. Saneeraushankkeiden elinkaarivaikutuksiin on kuitenkin arvioitava vanhojen materiaalien poistaminen, loppusijoittaminen sekä niistä syntyvä jäte. (Hasik et al. 2019 s. 9–10)

Hiilijalanjäljen vastakohtana on hiilikädenjälki, eli kiinteistön positiivinen ilmastovaikutus, joka tarkoittaa hiilijalanjäljen minimointia tuotteen tai palvelun kautta. Toisin kuin hiilijalanjäljen laskennassa, hiilikädenjälkeen ei ole olemassa mitään yleistä standardia, jota voitaisiin hyödyntää. Standardin puuttumisesta ja rakennusteollisuuden sekä rakennetun ympäristön pirstaloituneesta kentästä johtuen hiilikädenjäljen kokonaislaskenta on miltei mahdotonta. Yleisesti ottaen puhuttaessa rakentamisen hiilikädenjäljestä, tarkoitetaan ilmastohyötyjä, joita ei saavutettaisi ilman rakennushanketta. Hyödyiksi on määritetty muun muassa uudelleenkäyttö rakennusosien osalta, kierrätysten kautta vältetyt kasvihuonepäästöt, ylimääräinen energia, joka tuotetaan rakennetulla alueella ja rakennusmateriaaleissa oleva eloperäinen hiili sekä materiaaleihin elinkaaren aikana sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi. (Gaia Consulting Oy 2020b, s. 9–10)

Rakennetun ympäristön elinkaaren aikana muodostuvaan hiilikädenjälkeen voidaan vaikuttaa elinkaaren eri vaiheissa aina rakennuksen alkuperäisestä suunnittelusta elinkaaren loppuun asti. Hiilikädenjäljen vaikutuskeinoja on esitetty taulukossa yksi. (Gaia Consulting Oy 2020b, s. 10)

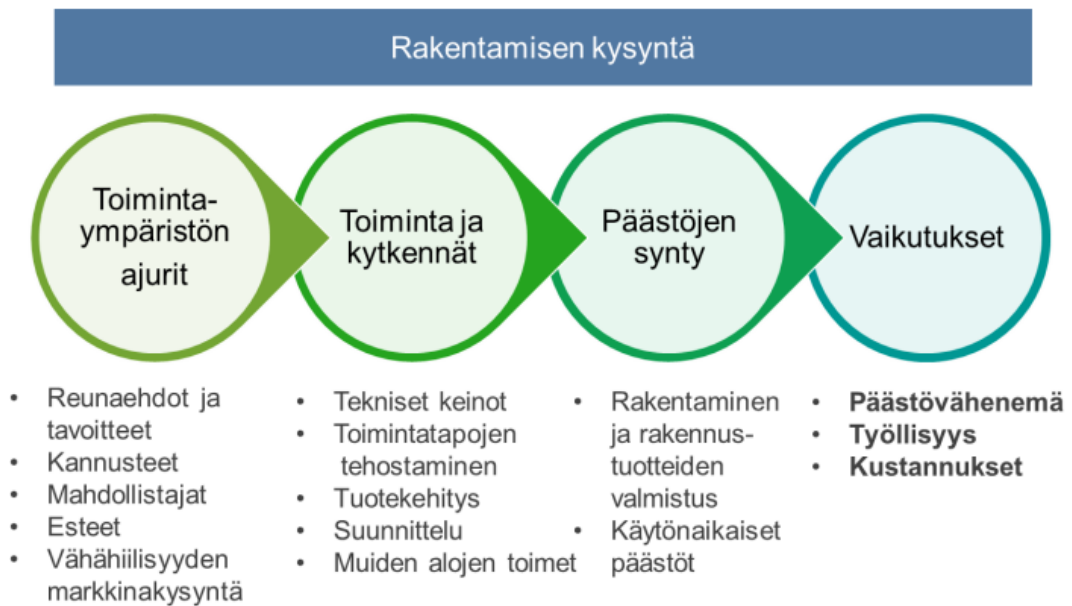
Taulukko 1 Vaikutuskeinot hiilikädenjälkeen eri elinkaaren vaiheissa (Gaia Consulting Oy 2020b, s. 10–11)

Elinkaaren vaihe	Työ elinkaaren vaiheen aikana	Hiilikädenjäljen vahvistamiskeino
Suunnittelu	Maankäyttö	Maankäytön suunnittelua voidaan tehostaa.
Rakennusmateriaalit	Sementti/betoni	Sementtipohjaisten tuotteiden hyödyntäminen hiilen sidonnassa.
	Teräs	Teräsrakenteiden kierrätettävyyden lisääminen suunnittelemalla rakenteet

		purettaviksi ja uudelleen- käytettäväiksi.
	Puu	Hiilivaraston vahvistami- nen rakenteissa.
Rakennusaika		Uudistuvan energian käyt- täminen ja ostoenergian vähentäminen.
Kiinteistön käyttö		Infran ylläpitäminen ja vah- vistaminen.
Elinkaaren loppu		Kierrätysmateriaalien hyö- dyntäminen muilla sekto- reilla ja maankäytön pääs- töjen optimointi.

3. TOIMINTAYMPÄRISTÖN AJURIT HIILINEUTRAALIN KIINTEISTÖN SAAVUTTAMISEKSI

Hiilineutraalin kiinteistön saavuttaminen voidaan jakaa yhteensä neljään osaan, jotka ovat kronologisessa järjestyksessä toimintaympäristön ajurit, toiminnot ja kytkennät, päästöjen synty sekä vaikutukset. Toimintajärjestys on esitetty tarkemmin kuvassa neljä.



Kuva 4 Toimintajärjestys päästöjen vähentämiseksi rakennuksessa (Gaia Consulting 2020b s. 17)

Toimintaympäristön ajurit hiilineutraalin kiinteistön saavuttamiseksi voidaan jakaa neljälle eri tasolle, jotka ovat kansainvälinen-, kansallinen- sekä maakunta- ja kuntataso ja standardit, sertifikaatit ja informaatio-ohjaus. Toimintaympäristön ajurit painottuvat standardeihin ja informaatio-ohjaukseen muiden osa-alueiden kuin energiankulutuksen osalta. (Tähkänen & Tähtinen 2021)

3.1 Kansainvälisen toimintaympäristön ajurit

Suomea koskeva maailmanlaajuisesti sitova toimintaympäristön ajuri on Pariisin ilmastopöytäkirja, joka sovittiin vuonna 2015. Pariisin ilmastopöytäkirjan mukaan ilmastolämpeneminen on pysäytettävä kahteen celsiusasteeseen ja mieluiten alle puoleentoista asteeseen. Ilmastopöytäkirjaan kuuluvien valtioiden on toimitettava viiden vuoden välein kansalliset toimintasuunnitelmat ilmastomuutoksen torjumiseksi. Yhdistyneiden

kansakuntien ilmastonmuutoskonferenssi arvioi kansalliset toimintasuunnitelmat ja arvioi niiden vaikuttavuutta ilmastonmuutoksen torjumiseksi. (Nugent et al. 2022 s. 14)

Euroopan Unionin jäsenvaltioiden osalta kansallinen toimintasuunnitelma on annettu Euroopan Unionin tasolla. Kyseistä kansallista toimintasuunnitelmaa on päivitetty jo kerran ja nykyisen toimintasuunnitelman tavoitteena on vähentää 1990-vuoden kasvihuonepäästöjä 55 % vuoteen 2030 mennessä. Toimintasuunnitelma ottaa rakentamiseen kantaa energiankäytön, teollisten prosessien, jätteiden, maankäytön ja polttoaineiden osalta. (Council of the European Union 2020 s. 1–10)

Muita Euroopan Unionin jäsenvaltioita sitovat toimintaympäristön ajurit ovat muun muassa Euroopan vihreän kehityksen ohjelma sekä -ilmastolaki, taksonomia, kiertotalouden suunnitelmat sekä rakennusten energiatehokkuuden direktiivi (Nugent et al. 2022 s.14–15). Euroopan vihreän kehityksen ohjelma ei sisällä velvoittavia määräyksiä jäsenvaltioille ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi, koska sen tarkoituksena on ohjata Unionin jäsenvaltioita ja lainsäätäjiä tavoitteisiin pääsemiseksi. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma on osana rakentamisen toimialaa energian, kiertotalouden, rakentamisen sekä korjausrakentamisen, rahoituksen ja biodiversiteetin osalta. Euroopan ilmastolaki on kuitenkin muuttanut Euroopan vihreän kehityksen ohjelman poliittiset tavoitteet sitovaksi jäsenvaltioiden vuoden 2050 hiilineutraaliustavoitteiden osalta. (European Commission 2019, European commission 2021)

Rakennusalalla vihreän kehityksen ohjelmassa esitettyjä tavoitteita pyritään saavuttamaan uudistamalla rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä, jota on uudistettu viimeisimmän kerran vuonna 2018. Uudistuksessa käytäntöön pantavia keinoja tulevat esityksen mukaan olemaan muun muassa seuraavat tavoitteet. (European Commission)

- Vähimmäisvaatimusten asettaminen energiatehokkuuden osalta energiasaneerausten aloittamiseksi.
- Energiasertifikaattien luotettavuutta, laatua ja digitalisaatiota on edistettävä ja tuotava yleisemmälle tasolle.
- Standardit rakennuksien osalta sekä tavoitteet nollaenergiarakennuksille.
- Rakennusten ja niihin kuuluvien järjestelmien modernisaatio sekä energiajärjestelmän integraatio taloteknisten ja ympäristöystävällisten järjestelmien osalta.

Tämänhetkinen rakennusten energiatehokkuusdirektiivi asettaa vaatimuksen, että rakennusten on oltava lähes energiaa kuluttamattomia rakennuksia, eli rakennusten on oltava energiatehokkaita ja suurimman osan käytetystä energiasta on oltava uusiutuvaa, josta osa tulee lähettyviltä tai samalta kiinteistöltä. (European Commission)

Investointien ohjaamiseksi Euroopan Unionissa on luotu taksonomiajärjestelmä, jolla voidaan luokitella ympäristöystävällisiä hankkeita. Taksonomiajärjestelmän mukaisesti ympäristöystävällisten rakennusten saneeraushankkeiden on oltava joko energiatehokkuusdirektiivin määrittelemän merkittävän saneerauksen mukaisia tai niiden on vähennettävä rakennusten energiankäyttöä 30 %. Energiatehokkuusdirektiivin mukaisella merkittävällä saneerauksella tarkoitetaan jäsenvaltiosta riippuen joko rakennuksen 25 % arvon ylittävää saneerausta tai rakennuksen 25 % pinta-alaa koskevaa saneerausta. Mikäli saneeraushanke ei ole energiatehokkuusdirektiivin mukainen merkittävä saneeraus, on hankkeen lopputulos varmistettava energia-auditoinilla tai -sertifikaatilla. (Schütze & Stede 2021 s.13–14)

Euroopan Unioni pyrkii myös ohjaamaan investointeja vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden saavuttamiseksi useamman eri investointiohjelman kautta. Suoraan mainittujen tavoitteiden saavuttamiseksi on luotu muun muassa InvestEU ohjelma, joka tukee ympäristöystävällisiä hankkeita niin yksityisten- kuin julkistenkin toimijoiden osalta. Rakennusten saneeraamiseen ohjataan rahaa myös Euroopan rakenne- ja investointirahastosta, -strategisten investointien rahastosta sekä Horisontti 2020-ohjelmasta. (European Commission)

3.2 Kansalliset toimintaympäristön ajurit

Kansalliset toimintaympäristön ajurit politiikan ja lainsäädännön osalta ovat tällä hetkellä Suomessa valmistelussa hallitusohjelmaa lukuun ottamatta, jossa Suomen hiilineutraaliustavoite on kirjattu vuodelle 2035. Valmistelussa oleva kansallinen energia- ja ilmastostrategia tulee ohjaamaan Suomen Euroopan Unionin tasolla sovittuihin tavoitteisiin vuoden 2030 ja 2050 osalta. Kyseisen strategian tärkeimmät keinot tulevat liittymään energiantuotantoon sekä -käyttöön, joista erityisesti kiinteistöjen energiankäyttö tulee vähentämään rakennetun ympäristön päästöjä. (Gaia Consulting 2020b s. 18)

Suomessa rakentamisen ohjaus on Ympäristöministeriön vastuulla ja heidän valmisteleman rakentamisen säädösohjauksen tiekartta ohjaa rakentamista Suomessa vuoteen 2025 asti (Gaia Consulting 2020b s. 18). Tiekartta on jaettu kolmeen vaiheeseen seuraavasti (Ympäristöministeriö 2017a).

- Ensimmäinen vaihe – ohjausjärjestelmän vaikutusarvioinnit, hiilijalanjalan laskentamallin ja päästötietokannan kehittäminen, osaaminen ja työkalut sekä testaus julkisissa rakennushankkeissa ja yksityisellä sektorilla.

- Toinen vaihe – Säädosohjauksen ja mahdollisten kannusteiden valmistelu, kyt- kentä kaavoitukseen ja energiaohjaukseen, pilottihankkeiden lisääminen sekä ra- kennusten päästötietojen seurannan ja tilastoinnin valmistelu.
- Kolmas vaihe – mahdollinen ilmoitusvelvollisuus ennen sitovien raja-arvojen käyttöönottoja, rakennuskannan kytKentä ohjaukseen vaiheittain ja rakennuskannan päästötietojen seuranta.

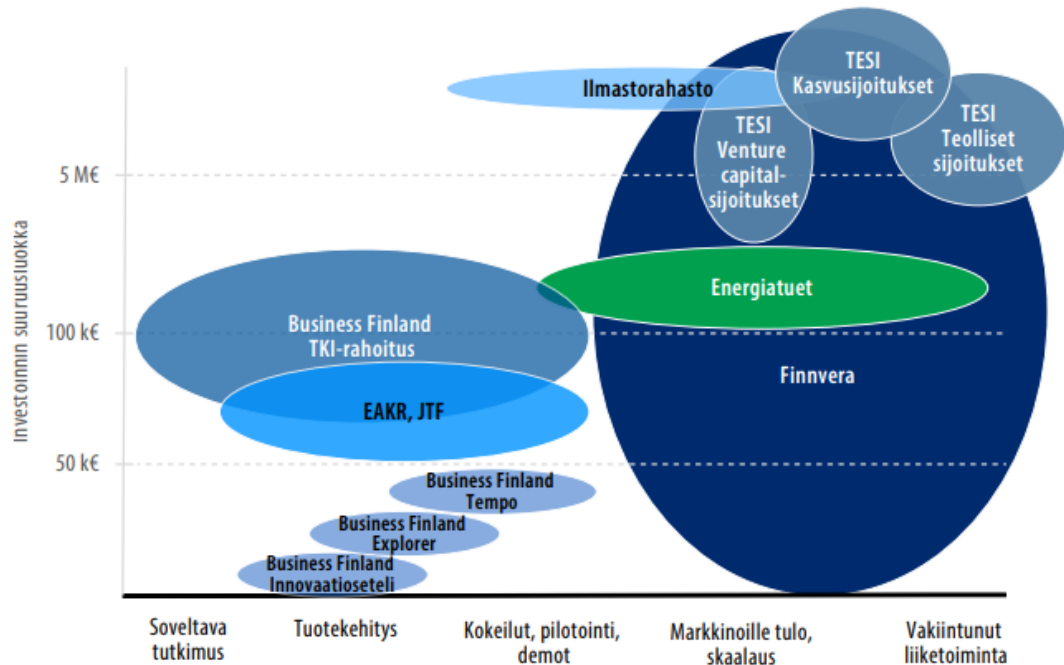
Ympäristöministeriö on päivittämässä maankäyttö- ja rakennuslakia uusien kannusteiden sekä kaavoituksen ja energiaohjauksen yhteyden luomiseksi ja päästötietojen seu- rannan sekä tilastoinnin kehittämiseksi (Gaia Consulting 2020b s. 18). Luonnoksessa hallituksen esityksestä rakentamislaista on muun muassa seuraavia määräyksiä, joita ei ole ollut voimassa olevassa maankäyttö- ja rakennuslaissa (Ympäristöministeriö 2022 s. 295–296).

- Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennuksen suunnittelusta ja rakentamisesta vähähiiliseksi. Rakennuslupaa edellyttävien korjaushankkeiden hiilijalanjälki sekä hiilikädenjälki on raportoitava rakennuslupan hakuvaiheessa il- mastoselvityksellä. Hiilijalanjälki sekä -kädenjälki on arvioitava korjausrakennus- hankkeissa korjaamisen sekä sen jälkeisten elinkaaren vaiheiden osalta.
- Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava rakennuksen suunnittelusta ja rakentamisesta elinkaariominaisuuksiltaan ekologiseksi sekä tekniseltä käyttöiäl- tään pitkäikäiseksi. Erityistä huomiota on kiinnitettävä myös rakennus- ja teknis- ten osien huollettavuuteen, muunneltavuuteen sekä korjattavuuteen. Rakennus- osat on lisäksi suunniteltava purettavaksi ja uudelleenkäytettäväksi. Rakennus- lupaa edellyttävien korjausrakennushankkeiden yhteydessä on laadittava säh- köisesti luettava materiaaliseloste.

Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen lisäksi Ympäristöministeriö on valmistellut kor- jausrakentamisen strategian 2050, jonka on tarkoitus edistää Euroopan Unionin ener- giatehokkuusdirektiivin käyttöönottoa kansallisella tasolla. Kansallisella tasolla investoin- teja ohjataan vähähiiliseen rakentamiseen Ympäristöministeriön- ja valtioneuvoston ke- hittämishjelmien sekä asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen energia-avustuksien kautta. Näiden lisäksi ympäristöystävällisiin hankkeisiin myönnetään rahoitusta myös Business Finlandin sekä Sitran toimesta, jotka määrittelevät omat ohjelma-alueet sekä teemat ja hankkeet, jotka täyttävät kelpoisuudet. (Gaia Consulting 2020b s. 19–20)

Valtiollisella tasolla Suomessa vihreää siirtymää rahoitetaan työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan toimijoiden avulla, jotka myöntävä yrityksille suoraan tukia, lainoja sekä takauksia ja myös pääomasijoituksia. Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan toimijat

ovat muun muassa Business Finland, Finnvera, Ilmastorahasto, Teollisuussijoitus sekä työ- ja elinkeinoministeriön energia- sekä alueet ja kasvupalvelun osastot. Vihreää siirtymää edistetään työ- ja elinkeinoministeriön lisäksi esimerkiksi valtion omistajanohjauksella sekä Finnfundin avulla. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022 s. 41-42)



Kuva 5 Työ- ja elinkeinoministeriön hallinnonalan toimijat vihreässä rahoituksessa (Työ- ja elinkeinoministeriö 2022 s. 43)

Kuten kuvasta viisi nähdään, on vihreän rahoituksen ala jakautunut usean eri toimijan ja kohteen välillä. Kohteita on jaoteltu erikseen soveltavaan tutkimukseen, tuotekehitykseen, kokeiluun, markkinoille tuloon ja vakiintuneeseen liiketoimintaan. Vihreän rahoituksen kokoluokat eroavat myös rahoitustahon sekä rahoitettavan kohteen välillä. Soveltavaan tutkimukseen, sekä tuotekehitykseen myönnetään pienempiä rahoituksia Business Finlandin toimesta, kun taas suurimmat rahoitukset myönnetään markkinoille tulemiseen ja vakiintuneeseen liiketoimintaan Ilmastorahaston sekä Suomen Teollisuussijoituksen eri pääomarahastojen toimesta.

3.3 Maakunta- ja kuntatason toimintaympäristön ajurit

Suomessa kuntien rooli rakentamisessa ja osaltaan myös hiilineutraaliuden saavuttamisessa on suuri, koska kunnat ohjaavat maankäyttöä kaavoituksen ja rakennusvalvonnan avulla. Useilla kunnilla on omia hiilineutraaliustavoitteita ja osa kunnista on liittynyt erilliseen Hiilineutraalit kunnat-verkoston, joka tukee kunta muun muassa asiantuntijaneuvonnalla ja tarjoamalla työkaluja ilmastotavoitteiden saavuttamiseen. Kunnat ohjaavat

myös rahoitusta hiilineutraaleihin hankkeisiin. (Gaia Consulting 2020b s. 20–21, Suomen ympäristökeskus 2022)

Muun muassa Helsingin kaupunki tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä ja yhtenä suurimmista osatekijöistä hiilineutraaliustavoitteiden saavuttamiseksi oli energiatehokkaampien rakennuksien toteuttaminen. Tavoitteiksi ja toimenpiteiksi rakennuksien energiatehokkuuden osalta on asetettu seuraavassa luettelossa esitettyjä asioita. (Helsingin kaupunki)

- Lisätään uusiutuvan energian, lämmön ja sähkön paikallista tuotantoa.
- Sitoutetaan organisaatiot mukaan päästövähennyksiin.
- Ohjataan kaupunginosien suunnittelua hiilineutraaliuden mukaisesti.
- Rakennusvalvonnan kautta ohjataan käyttämään energiatehokkaita ratkaisuja sekä uusiutuvaa energiaa.
- Huomioidaan rakentamisen koko hiilijalanjälki ja edistetään puurakentamista.

Helsingin kaupunki on myös asettamassa vaatimuksia kiertotalouteen rakentamisen osalta. Kaupungin tarkoituksena on edistää kiertotaloutta rakentamisessa portaittain, jossa lopullisena päämääränä on pystyä toteuttamaan maankäytön ja rakentamisen osalta kiertotaloutta hiilineutraalisti elinkaariajattelun kautta. Välitavoitteita tämän lisäksi ovat muun muassa rakennushankkeiden elinkaaren aikaisten kustannusten huomioiminen päätöksenteossa sekä kiertotalouden vaatimusten käyttöönotto myös vapaarahoitteisissa hankkeissa. (Helsingin kaupunki)

Maakunta- ja kuntatasolla on myös vihreään rahoitukseen erikoistuneita toimijoita, jotka pyrkivät tukemaan ympäristön hyvinvointia. Osa kunta-alalla toimivista rahoittajista julkaisee myös muun muassa hankkeiden avulla vältettyjä tai vähennettyjä päästöjä, jotka olisivat ilman hanketta syntyneet. Vihreällä rahoituksella lainanottajat voivat myös saada perinteisiä lainoja tai leasingia edullisempia rahoitusvaihtoehtoja ympäristöystävällisyyttä tukeviin hankkeisiin. Yksi merkittävästä vihreän rahoituksen tarjoajista kuntatasolla Suomessa on Kuntarahoitus, joka tarjoaa lainaa ympäristöystävällisten investointien rahoittamiseen, jotka tuottavat selkeitä ja mittavia hyötyjä ympäristöä kohtaan. Kuntarahoituksen kriteerien perusteella rahoitettavat hankkeet voivat liittyä muun muassa uusiutuvaan energiaan, kestävään joukkoliikenteeseen, kestävään rakentamiseen, vesi- ja jätevesihuoltoon, energiatehokkuuteen, jätehuoltoon sekä ympäristönhoitoon. Suuri osa Kuntarahoituksen vuoden 2020 hankkeista on liittynyt kestävään rakentamiseen peruskorjaus- ja uudiskohdehankkeissa. (Kuntarahoitus)

3.4 Standardit, sertifikaatit ja informaatio-ohjaus

Eurooppalainen standardisointijärjestö CEN on laatinut TC 350 standardipaketin yhdenmukaistamaan toimintatavat Unionin jäsenvaltioiden kestävän rakentamisen osalta. Standardipaketin tarkoituksena on huomioida kestävän rakentamisen kolme pääpilaria, rakennuksen koko elinkaari sekä myös kansainvälisen toimintaympäristön ohjeistukset ja toiminnanrajoitukset. Standardipaketti käsittelee erikseen yleisen viitekehyksen, kestävän rakentamisen kolme pääpilaria, ympäristövaikutusten laskentatapaa sekä rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksia. (Rakennusteollisuus RT ry)

Rakentamista ohjataan muillakin standardeilla muun muassa rakennusten energiatehokkuuden osalta energiatehokkuusstandardien avulla. Energiatehokkuusstandardit kattavat muun muassa rakennusten termodynaamisen toiminnan, ilmanvaihdon, lämmityksen, automaation, eristyksen sekä valaistuksen osalta. (Suomen Standardisoimisliitto SFS ry 2017 s. 3–4)

Kiinteistöjä ja rakennuksia voidaan luokitella esimerkiksi erilaisten ympäristömerkintöjen ja sertifikaattien kautta. Ympäristömerkinnät sekä sertifikaatit ovat välineitä, joita voidaan hyödyntää erikseen rakennuksen tai kiinteistön ympäristövaikutusten ja ilmastopäästöjen arvioinnissa. Ympäristömerkinnät jaetaan yleisesti kolmeen eri luokkaan seuraavan taulukon mukaisesti. (Häkkinen et al. 2020 s. 63)

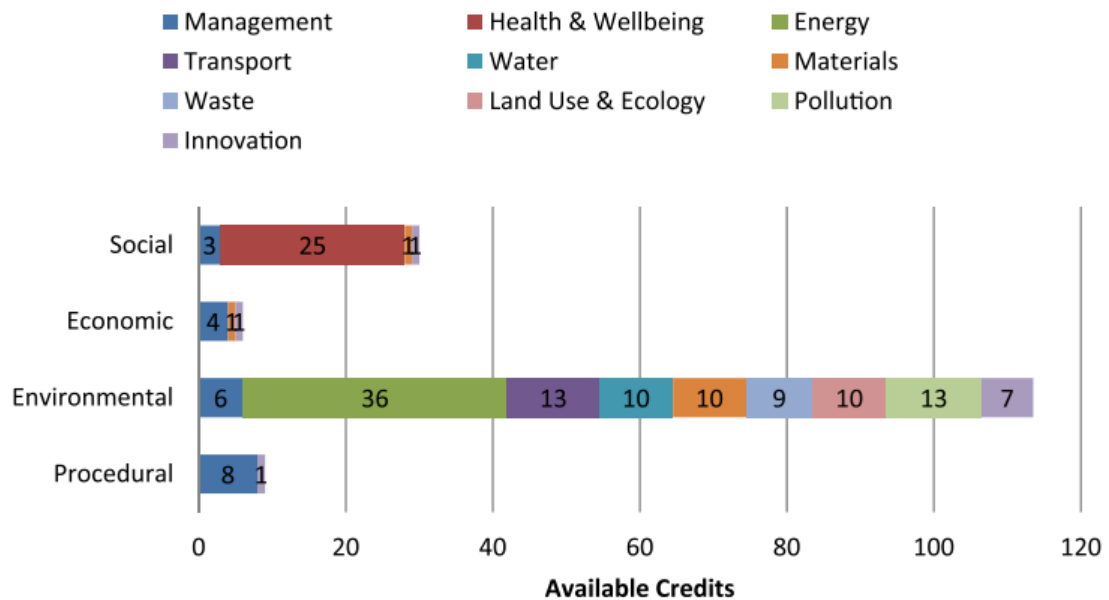
Taulukko 2 Ympäristömerkintöjen tyypit (Häkkinen et al. 2020 s. 63–64)

Tyyppi 1	Kolmannen osapuolen varmentamat ympäristömerkit, jotka perustuvat standardiin ISO 14024:2018. Esimerkkinä tyyppiryhmän merkinnästä on Joutsenmerkki, LEED, BREEAM, EU Levels ja RTS Ympäristöluokitus.
Tyyppi 2	Yksinkertaistetut tuottajan omaan ilmoitukseen perustuvat ympäristövälittämät, jotka perustuvat standardiin ISO 14021:2016.
Tyyppi 3	Elinkaariarvioon perustuvat ympäristöselosteet, jotka huomioivat kvantitatiivisesti tuotteen ympäristövaikutukset koko elinkaaren ajalta. Tyypin ympäristömerkinnät perustuvat standardiin ISO 14025.

Kiinteistöjen omat ympäristömerkinnät huomioivat yleensä muun muassa elinkaaren hiilijalanjälkeä, taloteknistä toimintavarmuutta, lämpöolosuhteita, sisäilman laatua, materiaalien emissioita, energiankulutusta, vedenkäytön tehokkuutta ja lämpötiiviyyttä. Näiden

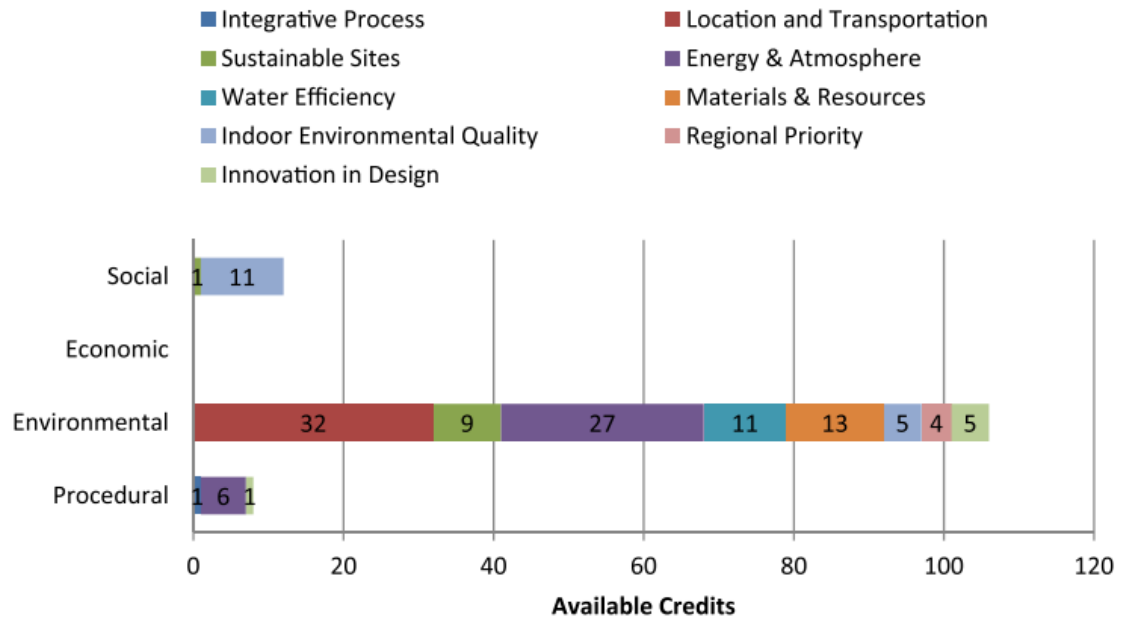
tavoitteiden avulla pyritään parantamaan kiinteistöjen operatiivista toimintaa, vähentämään ympäristövaikutuksia sekä arvioimaan rakennuksen toimintaa kokonaisvaltaisesti. (Häkkinen et al. 2020 s. 65–67, Awadh 2017 s. 1)

Euroopan Unioni pyrkii energiatehokkuussertifikaattien avulla edistämään rakennusten energiatehokkuusstandardin toimintaa. Unioni pyrkii tämän lisäksi uudistamaan energiatehokkuussertifikaatteja laadun, harmonisoinnin sekä saavutettavuuden osalta. Sertifikaattien uudistamisella pyritään yhtenäistämään sertifikaatteja, koska tällä hetkellä sertifikaatit eivät ole täysin verrattavissa toisiinsa, sillä niiden painoarvot ja luokitukset eivät ole samat. Voidaan myös todeta, että ympäristö- ja energiasertifikaatit vaativat jatkuvaa päivittämistä ja niiden pitää myös osittain perustua oletuksiin tietyistä ympäristövaikutuksista. Kansainvälisesti käytetyn BREEAM-ympäristömerkin arviointiasteikon painoarvot on esitetty kuvassa kuusi. (European Commission, Awadh 2017 s. 1–2)



Kuva 6 BREEAM-luokituksessa jaettavat pisteet (Awadh 2017 s. 2)

Kuvasta kuusi nähdään, että BREEAM-luokituksessa suurin painoarvo on ympäristövaikutuksilla. Toiseksi suurin painoarvo on sosiaalisilla vaikutuksilla, johon kuuluu muun muassa hyvinvointi, hallinta sekä maankäyttö. Kansainvälisesti käytetyn LEED-ympäristömerkin arviointiasteikon painoarvon on esitetty kuvassa seitsemän.



Kuva 7 LEED-ympäristöluokituksessa jaettavat pisteet (Awadh 2017 s. 2)

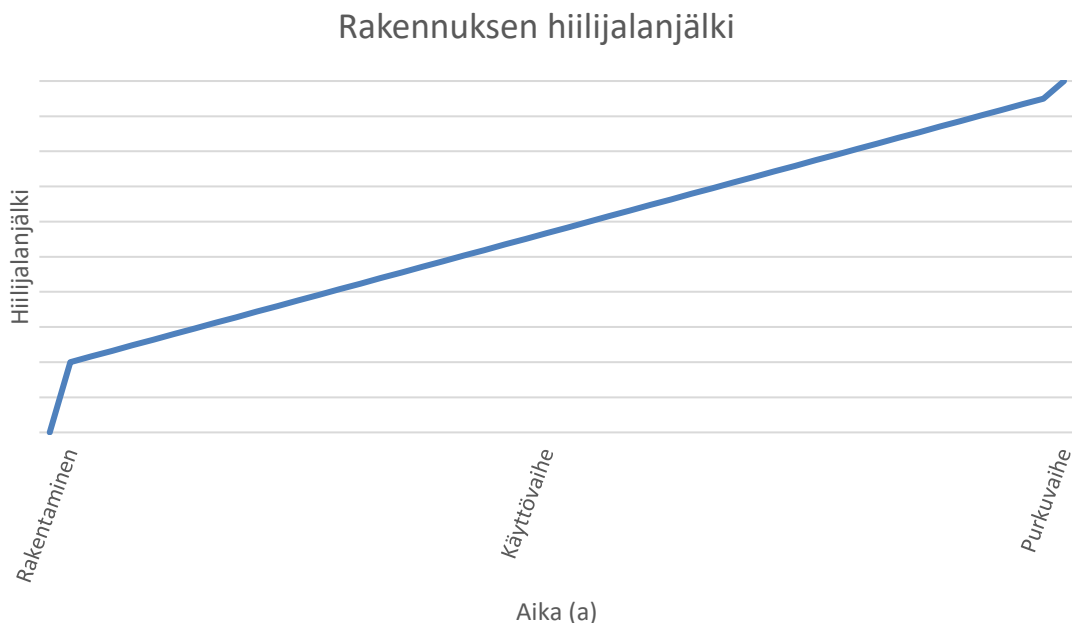
Kuvan seitsemän perusteella nähdään, että LEED-ympäristöluokituksessa suurin painoarvo on ympäristöön vaikuttavilla toimenpiteillä, joiden osalta suurin painoarvo on ympäristöllä sekä liikenteellä. BREEAM- ja LEED-ympäristöluokitusten välillä nähdään olevan useita eroavaisuuksia esimerkiksi energiatehokkuudesta saatavien pisteiden perusteella. BREEAM-luokitus huomioi LEED-luokituksesta poiketen myös muun muassa taloudellisia vaikutuksia sekä antaa suuremman painoarvon terveydelle ja yleiselle hyvinvoinnille.

Informaatio-ohjauksella on onnistuttu laskemaan erityisesti käytönaikaisia päästöjä ja useat eri yhdistykset ja kaupalliset toimijat tarjoavat konsultaatiota eri toimialoihin liittyen. Korjausrakentamisen neuvonta on Suomessa Ympäristöministeriön vastuulla ja energiatehokkuuden neuvonta on osaltaan Motiva Oy:n tehtävänä. Muita neuvontaa tarjoavia tahoja ovat muun muassa Kiinteistöliitto ry, RAKLI ry, Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus sekä energiavirasto. (Tähkänen & Tähtinen 2021 s. 15, Motiva Oy 2020 s. 62–63)

4. TOIMENPITEET HIILINEUTRAALIN KIINTEIS- TÖPORTFOLION SAAVUTTAMISEKSI

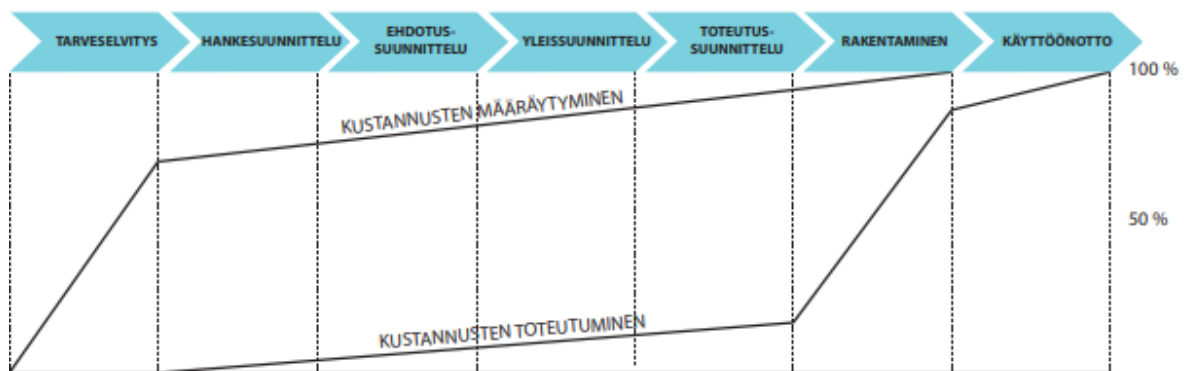
Rakennuksen vähähiilisyys riippuu sen elinkaaren aikana tehdyistä valinnoista, joita ovat muun muassa päästöt rakentamisesta, korjaamisen suunnittelu, käytettävien materiaalien sekä tuotteiden valinta, rakentamistapa, rakennuksen ylläpidon ja huollon toteutus, käyttö sekä käytöstä poistaminen. Vähähiilisyiden ja edelleen hiilineutraaliuden edistämiseksi yrityksiä on suunniteltava ja toteutettava toimenpiteet itsenäisesti lainsäädännön puitteissa. Yrityksiä on edistettävä ratkaisuja johdonmukaisilla ratkaisuilla ja tuotava hiilineutraaliustavoitteet osaksi yrityksen strategisen toiminnan tavoitteita sekä raportoitava tavoitteiden edistämisestä avoimuuden edistämiseksi. (Gaia Consulting 2020b s. 33–34)

Yksittäisen rakennuksen hiilijalanjälkeen tulee merkittävä määrä päästöjä lyhyellä aikavälillä tarkasteltuna hankkeen alussa, koska rakennusmateriaalien valmistaminen tuottaa noin 90 % rakennusvaiheen päästöistä, kun taas rakennustyö aiheuttaa rakennusvaiheen päästöistä ainoastaan noin 10 %. Rakennusmateriaalien valmistamisen sekä rakennustyömaan jälkeen rakennus aiheuttaa päästöjä käyttövaiheessa muun muassa energiakulutuksen takia. Lopulta rakennuksen elinkaaren päässä päästöjä aiheutuu rakennuksen purkamisesta. Yksittäisen rakennuksen hiilijalanjäljen syntyminen on esitetty kuvassa kahdeksan. (Huuhka et al. 2019 s. 22)



Kuva 8 Rakennuksen hiilijalanjäljen syntyminen (Huuhka et al. 2019 s. 22)

Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi rakennuksessa voidaan joutua toteuttamaan korjaustoimenpiteitä, joita voi olla muun muassa lisälämmöneristyksen toteuttaminen ulkoseinään ja yläpohjaan, ikkunoiden uusiminen, ilmanvaihdon älykkääksi tekeminen, lämmöntalteenoton asentaminen ja energian käyttömuodon vaihtaminen. Rakennushankkeiden kustannukset realisoituvat pääsääntöisesti rakentamisaikana, mutta suurin osa kustannuksista sidotaan hankkeeseen jo hankkeen alkuvaiheessa tarveselvitysvaiheessa. Tarveselvitysvaiheessa rakennushankkeen kustannuksista sidotaan noin 65 %, kun taas hanke-, ehdotus-, yleis- ja toteutussuunnittelun aikana noin 25 % ja rakentamisaikana noin 10 %. Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen on esitetty kuvassa yhdeksän. (Motiva Oy 2020 s. 32, Koskenvesa et al. 2018 s. 8)



Kuva 9 Rakennushankkeen kustannusten määräytyminen (Koskenvesa et al. 2018 s. 8)

Jotta korjausrakennushanke olisi vähäpäästöisempi kuin uudisrakennus, on korjattavan rakennuksen käytettävä saman verran tai vähemmän energiaa kuin uusi rakennus käyttäisi. Mikäli saneerattu rakennus kuluttaa enemmän energiaa kuin uudisrakennus, tulee uudisrakennus vähähiilisemmäksi tietyssä vaiheessa rakennuksen elinkaaren aikana. Olemassa olevien rakennusten hiilidioksidipäästöt tulevat korjausrakennushankkeiden aikana rakennusmateriaalien valmistamisesta ja rakennustyön päästöistä. (Huuhka et al. 2019 s. 26–27) Korjausrakennushankkeet voivat kohdistua rakennuksen perustukseen ja alapohjaan, rakennuksen runkoon, julkisivuun, yläpohjaan ja vesikattoon, sisätiloihin ja talotekniikkaan (Palomäki et al. 2010 s. 3–4). Edelleen energiatehokkuutta parantavat ja palvelevat korjausrakennushankkeet voidaan jakaa neljään pääryhmään, jotka ovat tilankäytön tehokkuuden parantaminen, lämmöneristävyyden parantaminen, ilmatiiveyden parantaminen sekä talotekniikan tehokkuuden parantaminen (Lindberg et al. 2022 s. 19). Rakennuksen kokonaisenergiantarve vaikuttaa rakennuksen aiheuttamiin päästöihin kolmella eri tavalla seuraavan luettelon mukaisesti. (Häkkinen et al. 2020 s. 104)

- Ostoenergian aiheuttamien päästöjen kautta.
- Energiatehokkuuden vaikutuksesta energiankulutukseen.

- Hajautetusti tuotetun uusiutuvan energian vähentävästä vaikutuksesta haitalliseen energiaan.

Rakennusten energiankäyttöä voidaan arvioida rakentamisen energiatehokkuuden säännöksissä määritetyn E-luvun kautta, joka kuvaa laskennallista energiatehokkuutta. E-luku huomioi muun muassa rakennuksessa käytetyn pääsääntöisen energiamuodon sekä lämmitettävän nettoalan. (Häkkinen et al. 2020 s. 104–105)

Energiaremonttien toteuttamisen yleinen aloitusperuste on teknisen käyttöiän päättyminen, järjestelmän vaurioituminen, vikaantuminen tai käyttäjän muut tarpeet esimerkiksi ominaisuuksien parantamisesta. Saneerausmenetelmien valinnan on syytä perustua rakennuksen kunnossapitosuunnitelmaan sekä rakennuksen merkittävien rakenteiden kunnossapitosuunnitelmiin. Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa muun muassa seuraavassa taulukossa esitetyillä toimenpiteillä. (Häkkinen et al. 2020 s. 111–112)

Taulukko 3 Energiatehokkuuden lisääminen rakennuksissa (Motiva Oy 2020 s. 31–32)

Rakennuksen osa tai järjestelmä	Toimenpiteet asuinkerrostoiloissa	Toimenpiteet muissa rakennuksissa
Ilmanvaihto	Lämmöntalteenoton vaihtaminen tehokkaampaan ja poistoilmalämpöpumpun asentaminen.	Ilmanvaihto uusitaan ohjautumaan älykkäästi ja lämmöntalteenottoa tehostetaan.
Sähkö	Vaihdetaan valaisimet ja kodinkoneet energiatehokkaiksi. Aurinkopaneelien asentaminen rakennukseen.	
Lämmitysjärjestelmä	Lämmitysjärjestelmän tasapainottaminen sekä älykäs ilmanvaihdon ja lämmityksen ohjaus.	
Ulkoseinät	Lisälämmöneristys ulkoverhouksen uusimisen yhteydessä. Samalla läpimenojen tiivistäminen.	
Yläpohja	Lisälämmöneristys, jos mahdollista.	
Ikkunat	Heikkokuntoisten ikkunoiden vaihtaminen.	
Alapohja	Lisälämmöneristys kylmien kattojen osalta.	Kokonaisvaltainen uusiminen tai eristyksen lisääminen.

Käyttövesi	Vedenpaineen säätäminen sekä vesikalusteiden vaihto vettä säästäviksi. Huoneistokohtaisen vesimittarin asentaminen.	Vedenpaineen säätäminen sekä vesikalusteiden vaihto vettä säästäviksi. Tarvittaessa kohdekohtaisen harkinnan perusteella lämmöntalteenotto jätevedestä.
Vähähiilinen lämmitys ja jäähdytys	Fossiilisten energiamuotojen vaihtaminen esimerkiksi maalämpöön tai muuhun päästöttömään energiamuotoon.	

Energiasaneerausten hankesuunnitteluvaiheessa saneeraustoimenpiteitä harkittaessa on tärkeää tarkastella ilmanvaihtojärjestelmän vaikutus energiatehokkuuteen ja mahdolliseen säästöpotentiaaliin. Hankesuunnitteluvaiheessa saneerauskustannusten arviointi on tehtävä elinkaarikustannuksien kautta, koska saneeraus, jossa parannetaan rakennuksen ulkovaippaa, ikkunoita, ilmanvaihtoa tai lämmitysjärjestelmää ei ole välttämättä elinkaarikustannuksiltaan kalliimpi kuin lainsäädännön edellyttämien vähimmäisvaatimusten mukaan suoritettu saneeraus. (Häkkinen et al. 2020 s. 112)

Taloudellisesti kannattavimmat toimenpiteet hiilineutraalin kiinteistön saavuttamiseksi voidaan eritellä rakennuksen käyttötavan perustella, koska esimerkiksi asuin- ja toimistorakennukset on rakennettu eri tavoilla. Jokaisen rakennuksen energiasaneerauksien toimenpiteet on kuitenkin arvioitava tapauskohtaisesti. Vanhoissa asuinkerrostaloissa kustannuksiltaan tehokkaimmat ratkaisut energiatehokkuuden parantamiseen liittyvät poistoilman lämmön hyödyntämiseen asuinkerrostalon lämmityksessä, käyttöiän loppussa olevien ikkunoiden vaihtamiseen U-arvoltaan parempiin ja ulkovaipan lisäeristämiseen julkisivusaneerauksen yhteydessä. Energiankulutusta voidaan vähentää myös lisäämällä automaatiota ohjaamaan sisäilmastoa, alentamalla vedenpainetta ja lisäämällä vesimittarit. Vanhoissa toimistorakennuksissa kustannustehokkaimmat toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi ovat ilmanvaihdon parantaminen, valaistuksen muuttaminen LED-valaistukseksi sekä läsnäolo-ohjaukselliseksi sekä rakenteiden U-arvojen parantaminen. Saneerauksissa on huomioitava, että esimerkiksi ulkovaipan lämmöneristävyyden parantaminen vähentää lämmitystarvetta, jolloin energian säästämiseksi on tehtävä parannuksia lämmitysjärjestelmään. Saneeraukset on myös tästä syystä suunniteltava kokonaisuuksina, eikä yksittäisinä saneerattavina asioina. (Motiva Oy 2020 s. 30–33)

Kustannustehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden lisäämiseksi rakennuksien energia-saneerauksia rakennuksen käyttötarkoituksesta riippumatta suositellaan tehtäväksi rakennuksen muiden saneeraustoimenpiteiden yhteydessä. Kustannustehokkuutta voidaan lisätä myös suorittamalla saneerauksia samanaikaisesti useammalle kiinteistöportfoliossa olevalle rakennukselle. Muiden kuin asuinrakennusten osalta saneerauksia on kiinteistön käytön tehostamiseksi syytä harkita toteutettavaksi vuokralaisten vaihtumisen yhteydessä. Erillisiä järjestelmähankintoja esimerkiksi aurinkopaneelien osalta voidaan toteuttaa itsenäisinä toimenpiteinä riippumatta rakennuksen korjausstrategiasta. (Motiva Oy 2020 s. 30–32)

ESCO-liiketoimintamallilla tarkoitetaan yhden tai useamman rakennuksen yhden tai useamman laitteen tai kokonaisuuden energiatehokkuuden parantamista laitteistoihin tehtävien säästötoimenpiteiden myötä. Toteutettava energiatehokkuuden parantaminen tehdään erillisen palveluntuottajan kautta, joka yleisesti vastaa hankkeen toteutuksesta, käyttöönotosta ja tarvittaessa myös kunnossapidosta, huollosta sekä säästöjen todentamisesta yhteistyössä tilaajan kanssa. Liiketoimintamallissa energiatehokkuutta on mahdollista parantaa kolmannen osapuolen rahoituksen avulla, saada takuu kustannussäästöille ja hyödyntää kolmansien osapuolien osaamista. Yksityisten yritysten tekemissä ESCO projekteissa energiakustannuksissa on onnistuttu säästämään vuositasolla keskimäärin 19 % ja takaisinmaksuajat ovat olleet keskimäärin 8 vuotta. (Mikkola & Ryyänen 2007 s. 24, Carvalho et al 2019 s.18)

4.1 Kiinteistöportfolion hallinta

Kiinteistöportfoliolla tarkoitetaan investointien sarjaa ja kiinteistöportfolion hallinta tarkoittaa yksinkertaisimmillaan omistettujen kiinteistöjen hallintaa sijoitusnäkökulmasta. Yritykset pyrkivät yleisesti ottaen kasvattamaan oman yrityksensä arvoa mahdollisimman paljon, jolloin kiinteistöportfolion hallinnassa on tärkeää ymmärtää kuinka kiinteistöjen arvo vaikuttaa yrityksen arvoon. Hallinnassa on myös huomioitava erityisesti markkinoiden reaktiot yrityksen toteuttamiin päätöksiin. (Hishamuddin 2006 s.21)

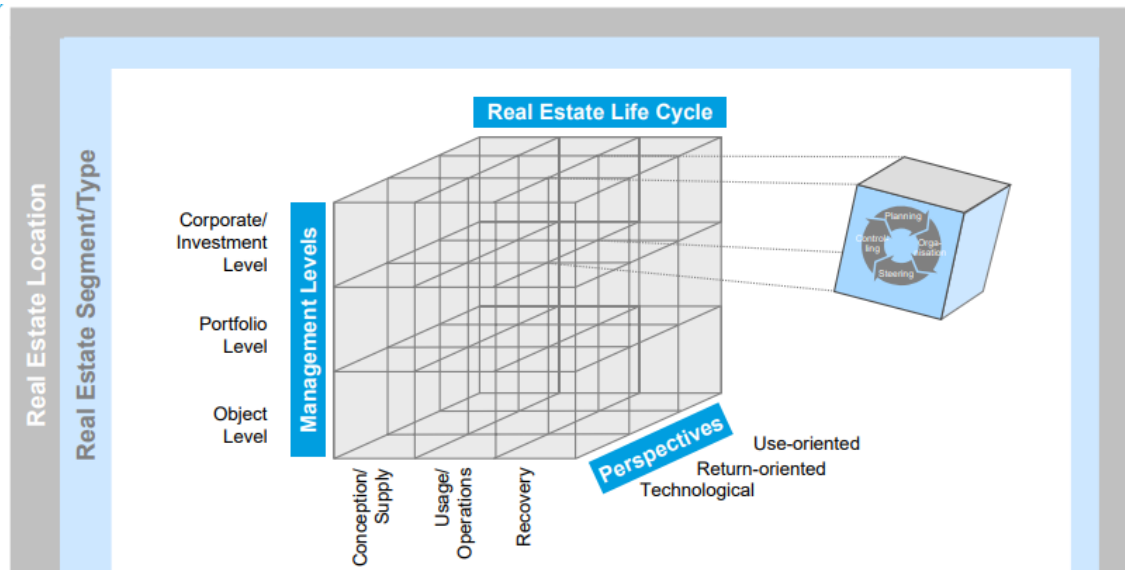
Yksittäisen kiinteistön tilannetta markkinalla voidaan tarkastella sisäisten- ja ulkoisten tekijöiden avulla. Sisäiset tekijät ovat kiinteistön laadullisia ominaisuuksia sekä ominaispiirteitä ja ulkoiset tekijät ovat kiinteistöön vaikuttavia markkinatekijöitä. Sisäisiä tekijöitä ovat muun muassa kiinteistön olemassa olevat vuokralaiset ja niiden ominaispiirteet kuten vuokrasopimukset, palvelujen laatu ja taso, tekninen kunto, maa-alueen ominaisuudet sekä kiinteistön vaihtoehtoiset käyttötavat. Ulkoisia tekijöitä ovat muun muassa kilpailijoiden määrä, markkinatilanteen vaihtelut esimerkiksi lainojen tai alueen taloudellisen kehityksen osalta, olemassa olevien vuokralaisten taloudellinen tilanne, kaavoittajan

suunnittelema maankäyttöpolitiikka ja vuokramarkkinoiden muutokset. (Kołodziejczyk et al. 2019 s. 306)

Kiinteistöportfolion hallinnan toimintatavat ovat kehittyneet ajan kanssa, sillä pitkän aikaa kiinteistöjä käsiteltiin kohteina, jotka mahdollistivat tuotannon, säilytyksen, myynnin tai kulutuksen kiinteistöön kuuluvien osien, eli huoneistojen avulla. Nykyajatus kiinteistöjen ja kiinteistöportfolion hallinnasta on proaktiivinen, kattavasti asioita huomioon ottava ja strateginen. Näillä lähestymistavoilla pyritään huomioimaan kiinteistöjen pitkän aikavälin tavoitteet elinkaaren ja markkinatilanteen mukaisesti. Kiinteistöportfolion yksittäisten kiinteistöjen arvoa on tarpeen myös säilyttää ja kasvattaa kiinteistön omistajan toimesta. Kiinteistöjen hallinta voidaan jakaa kolmelle eri tasolle seuraavan luettelon mukaisesti. (Muczyński 2015 s. 2)

- Kiinteistöportfolion hallinta, jonka osa-alueena on kiinteistöportfolion investointipolitiikka, portfolion suorituskyvyn analysointi sekä investointisuunnitelma.
- Kiinteistön varallisuuden hallinta, jonka osa-alueena on yksittäisen kiinteistön käytännöt, suoritusten analysointi, markkinointi ja sen strategia, yhteyksien hallinta sekä organisaatio.
- Kiinteistön hallinta, jonka osa-alueena ovat päivittäiset hallinnolliset, tekniset, taloudelliset ja yleiset asiat.

Kiinteistön varallisuuden hallintaan on useita eri lähestymistapoja, joidenka toimenpiteet riippuvat yrityksen strategiasta. Yleisesti ottaen kiinteistön varallisuuden hallintana voidaan pitää päätöksiä kiinteistöjen hankinnasta, pitämisestä ja myynnistä investoijien tavoitteiden täyttämiseksi. Kiinteistöjen investointien hallinnalla pyritään kasvattamaan kiinteistöjen arvoa mahdollisimman paljon tai tuottamaan kiinteistöjen avulla tuottoa yritykselle. Yrityksien kiinteistöportfolion hallinnassa on ehdottoman tärkeää, että sen omistamat maa-alueet ja kiinteistöt ovat linjassa yrityksen päästrategian kanssa, jotta kilpailukyky muita yrityksiä kohtaan on mahdollisimman hyvä. (Muczyński 2015 s. 6–7) Kuvassa kymmenen on esitettyä kiinteistöportfolion hallintaan liittyvät osa-alueet.



Kuva 10 Kiinteistöportfolion hallinnan ulottuvuudet (Kämpf-Dern & Pfnür 2010 s. 7)

Kuten kuvasta käyminen nähdään, kiinteistöportfolion hallintaan vaikuttaa hallittavan kiinteistön sijainti sekä sen tyyppi eli käyttötarkoitus, joka voi olla esimerkiksi asuin- tai toimistorakennus. Edelleen kiinteistöportfolion hallintaan kuuluu elinkaareen, kiinteistöhallintaan ja hallinnollisiin toimenpiteisiin liittyviä tehtäviä. Kiinteistön elinkaari on jaettu edelleen kolmeen eri vaiheeseen seuraavan luettelon mukaisesti. (Muczyński 2015 s. 8–9)

- Hankintavaihe, jossa kiinteistöön liittyvät sijoittajien ja käyttäjien tarpeet käydään läpi due diligencen muodossa, eli asianmukaisella ja huolellisella läpikäynnillä. (BDO Oy 2020)
- Käyttövaiheessa kiinteistö on suunnitellun mukaisessa käytössä ja siihen toteutetaan samanaikaisesti suunnitelmien mukaisia huoltotoimenpiteitä.
- Tarkastelujakson päättyminen voi tarkoittaa esimerkiksi kiinteistön teknisen käyttöön päättymistä tai investointijakson päättämistä, jolloin kiinteistö voidaan myydä, kierrättää tai kehittää uudelleen strategian mukaiseksi.

Kiinteistöhallinnan eri lähestymistavat ovat teknologisuuteen, taloudellisuuteen ja käyttöön painottuvia. Teknologisessa lähestymistavassa keskitytään kiinteistöjen hankintaan, ylläpitoon ja elinkaaren päättymiseen optimoiden laatuun, kustannuksiin ja aika-tilaan liittyvät tavoitteet. Taloudellisen lähestymistavan päätavoitteena on optimoida pääomasijoituksen tuotto, vähentää sijoituksen riskejä ja lisätä kiinteistöstä saatavaa kassavirtaa. Käyttöön erikoistuneella lähestymistavalla tavoitellaan operatiivista toimintakykyä, jolla pyritään parantamaan elintasoja, sekä lisätä yksityistä varallisuutta ja toimenpiteiden taloudellisuutta. (Muczyński 2015 s. 9–10)

Kiinteistöportfolion osalta riskejä voivat olla taloudellisuuteen-, kiinteistömarkkina- sekä yritystoimintaan liittyvät riskit. Taloudelliset riskit voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin, sillä tapahtumat voivat vaikuttaa suoraan kassavirtaan tai kiinteistön tai yrityksen pitkäaikaiseen arvoon. Taloudellisia riskejä ovat esimerkiksi korkoympäristön muutokset tai vaikutukset yrityksen arvoon. Kiinteistömarkkinaan liittyvät riskit voivat liittyä muun muassa vuokratilustannusten nousuun, kiinteistön alueen laadun heikkenemiseen, kiinteistöä luopumiseen alle markkinahinnan tai veroseuraamuksiin. Yritystoimintaan liittyvät riskit voivat realisoitua, mikäli yritys ei toimi tehokkaasti tai suunnitelmien mukaisesti, jolloin yritykselle voi aiheutua kustannusseuraamuksia tai mahdollisesti häiriöitä kiinteistön toiminnassa. (Gibson & Louargand 2002 s.8–10)

4.2 Kustannustehokkaat toimenpiteet hiilineutraalin kiinteistön saavuttamiseksi

Hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi, on suunniteltavien ja toteutettavien toimenpiteiden oltava yrityksen strategian mukaisia. Tavoitteita kiinteistöportfolion ohjauksessa voi olla esimerkiksi asiakkaiden kiinteistöjen vastuullinen ylläpito ja kehittäminen, tekninen kiinteistöjohtaminen sekä energiatehokkuus, energiaprojektit sekä vastuullisuusjohtaminen. Yritykset voivat määrittää myös esimerkiksi erilaisia vastuullisuusnäkökohtia omalle toiminnalleen, jotka voivat olla muun muassa kestäviä ratkaisuja tai liiketoiminnan eettisyyttä. Kestäviä ratkaisuja ovat muun muassa energiatehokkuus, hiilineutraalius, kiertotalous, kestävä liikkuminen, tiedolla johdettu kiinteistökanta sekä materiaalien ympäristövaikutusten huomioiminen. Liiketoiminnan eettisyydellä tarkoitetaan vastuullisuuden perustaa, eli esimerkiksi lakien ja säädösten mukaista toimintaa, kumppaneiden vastuullisuuden todentamista sekä hallintoa ja tapaa toimia. (Newsec 2021 s. 6–10)

Kiinteistöjen vastuullisella ylläpidolla ja kehittämisellä tarkoitetaan yrityksen oman toiminnan vastuullisuusperiaatteiden toteutumista jokaiselle osa-alueelle soveltuvalla tavalla, joka voi tarkoittaa esimerkiksi kiinteistöpäälliköiden tilanteessa toimenpiteitä energiansäästöjen tai kiinteistön elinkaaren pidentämisen osalta. Tekniseen kiinteistöjohtamiseen voi liittyä toimenpiteenä esimerkiksi kiinteistöjen energiankulutuksen seuranta ja poikkeamien korjaaminen, energiatehokkuus- ja hiilineutraalius selvitysten toteuttaminen, hiilineutraaliustavoitteiden edistäminen sekä uusiutuvan energiatuotannon käyttöönotto. Energiaprojektit ovat projekteja, joita suunnitellaan ja toteutetaan teknisen kiinteistöjohtamisen kautta saaduista selvityksistä ja joilla voidaan saavuttaa energiansäästöjä sekä hiilineutraaliutta. Jokainen energiaprojekti on harkittava tapauskohtaisesti investointi- ja

kannattavuuslaskennan avulla. Vastuullisuusjohtamisella tarkoitetaan esimerkiksi vastuullisuuteen liittyvien kehityskohteiden ja tavoitteiden tunnistamista, joidenka osa-alueina voivat olla muun muassa hiilineutraalius, uusiutuvan energian tuotanto, biodiversiteetti sekä kiertotalous. Vastuullisuusjohtamisen osa-alueena on yleensä myös erilaiset kiinteistöjen sertifiointit ja raportointistandardit, joita ovat BREEAM ja LEED. (Newsec 2021 s. 8–10)

Energiasaneerauksilla voidaan vaikuttaa kiinteistöjen energiankulutukseen eniten ja niissä rakenteiden osien valmistamisesta aiheutuu päästöjä jo ennen saneeraushankkeen valmistumista. Rakenteiden osien aiheuttamiin päästöihin voidaan vaikuttaa tehokkaimmin suunnitteluvaiheessa, koska samoja rakenteita voidaan suunnitella toteutettavaksi usealla eri tavalla ilman että rakenteen toiminnallinen tai tekninen suorituskyky heikkenee. Merkittävimmät rakenteet hiilidioksidipäästöjen kannalta ovat kerrostalohankkeissa yleensä ulkoseinät, välipohjat sekä väliseinät. (Häkkinen et al. 2020 s. 122–123)

Rakenteiden vähähiilisyiden optimointia on kannattavinta tehdä toteuttamalla tarkastelu rakenteille asetettavien toimivuusominaisuuksien suhteen, joita voi olla muun muassa lämmöneristävyys, ääneneristävyys tai paloluokka. Rakenteiden optimoinnin yhteydessä voidaan parantaa myös tilatehokkuutta, eli kasvattaa esimerkiksi rakennuksen hyötyalaa ja tilavuutta. Rakenteiden vähähiilisyiden optimointia suoritettaessa on myös tarkasteltava kyseistä materiaalia käyttämällä saavutettava rakenteen tekninen käyttöikä. Yksittäinen huonokuntoinen ja paljon huoltoa vaativa rakenne tai rakennuksen osa voidaan joutua vaihtamaan suunnitellun käyttöiän puitteissa useita kertoja, jolloin rakennuksen ja sen korjaustoimenpiteistä aiheutuvat kustannukset sekä hiilijalanjälki kasvavat merkittävästi. (Häkkinen et al. 2020 s. 123–124)

Rakennuksen hiilijalanjäljen optimoimisen lisäksi materiaalivalintoja muokkaamalla voidaan vaikuttaa myös rakennuksen eloperäiseen hiilivarastoon, joista merkittävimmät ovat kantavissa rakenteissa sekä lämmöneristeissä. Eloperäisten materiaalien lisäksi sementtipohjaiset tuotteet voivat sitoa hiilidioksidia itseensä karbonatisoitumisen avulla, aiheuttaen kuitenkin betoniterästen korroosiota. Mahdollisimman pienen hiilijalanjäljen saavuttamiseksi rakennuksessa on tarkasteltava materiaaliyhdistelmiä, joilla saadaan aikaan pitkäaikaisia, huollettavia, purettavia ja kierrätettäviä rakenteita. (Häkkinen et al. 2020 s. 124)

Korjausrakennushankkeissa tehokkain tapa vähentää hiilijalanjälkeä on säästää mahdollisimman paljon olemassa olevia rakenteita, koska tällöin uusien materiaalien valmis-

tamisesta ja kuljetuksesta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt sekä vanhojen materiaalien jätteenkäsittelystä aiheutuvat hiilidioksidipäästöt jäävät syntymättä. Materiaalitehokkuuden optimoinnin kautta säästämällä rakenteita on kuitenkin huomioitava tavoitteet rakenteiden toiminnallisten, teknisten ja rakennusperintöä suojelevien ominaisuuksien osalta. (Häkkinen et al. 2020 s. 126)

4.2.1 Perustukset ja alapohja

Perustuksiin ja alapohjiin liittyvät korjaustoimenpiteet voivat olla muun muassa yleisiä korjaustoimenpiteitä, vedeneristyksen, salaojituksen tai routasuojauksen korjaamista tai ryömintätilallisen tai maanvaraisen alapohjan kokonaisvaltaista uusimista. Alapohjiin liittyvä kokonaisvaltainen uusiminen ei tule kuitenkaan rakennuksen käyttöiän puitteissa todennäköiseksi, koska alapohjien tekninen käyttöikä on yleisesti mitoitettu rakennuksen teknisen käyttöiän mukaiseksi, mutta tiettyjen alapohjarakenteiden käyttöikä on lyhimillään kaksikymmentä vuotta. (Palomäki et al. 2010 s. 3, Rakennustietosäätiö RTS & LVI-Keskusliitto 2008 s. 5)

Alapohjaan liittyvät korjaustoimenpiteet ovat yleensä haastavia, mutta korjaustoimenpiteiden suorittaminen muiden korjausrakennushankkeiden yhteydessä on kannattavaa. Alapohjiin liittyvät korjaustoimenpiteet liittyvät yleensä rakenteessa ilmenneisiin ongelmiin, koska alapohjan aiheuttamat lämpöhäviöt ovat pieniä muihin rakenteisiin verrattuna, jolloin alapohjan korjaaminen energiatehokkuuden parantamiseksi ei ole ensisijainen korjaustoimenpide. Vanhoissa asuinkerrostaloissa alapohjan lämpöhäviö on koko energiankulutuksesta 5–6 % ja muissa kuin asuinrakennuksissa eli esimerkiksi toimistorakennuksissa alapohjan lämpöhäviö on 1 % koko energiankulutuksesta. Vanhojen alapohjarakenteiden lämmöneristävyysominaisuuksien vaatimukset eroavat merkittävästi ajantasaisista vaatimuksista, jolloin alapohjan lämmöneristävyttä parantamalla voidaan kuitenkin saavuttaa parempaa energiatehokkuutta rakennuksessa. (Ojanen et al. 2017 s. 98–99, Motiva Oy 2020 s. 18–22)

4.2.2 Ulkoseinät

Ulkoseiniin liittyvät korjaustoimenpiteet liittyvät yleensä lisälämmöneristämiseen tai julkisivun kuoren korjaamiseen. Korjaustoimenpiteet vaihtelevat julkisivutyypin perusteella, sillä tehtävät työt voivat olla muun muassa rappauskorjausta, eristerappausta tai betoni-julkisivun korjaamista. Ulkoseinien kantaviin osiin ei kohdisteta raskaita korjaustoimenpiteitä, koska rakennusten kantavat seinät mitoitetaan rakennusten käyttöiän mukaiseksi. Ulkoseinien ulkopuolisten pintakerroksien käyttöiät vaihtelevat kuitenkin julkisivumateriaalin perusteella, koska esimerkiksi normaaliolosuhteissa tiiliverhouksen käyttöikä on rakennuksen elinkaaren mukainen, kun taas pinnoitetun betonijulkisivun sekä

eri rappaustyyppien käyttöikä on 50 vuotta. (Ojanen et al. 2017 s. 66, Rakennustietosäätiö RTS & LVI-Keskusliitto 2008 s. 6–7)

Rakennuksen vaipan, eli myös ulkoseinän, lisäeristäminen parantaa rakennuksen energiatehokkuuden lisäksi muun muassa termodynamiikkaa ja viihtyvyyttä. Rakennuksen sisäpintojen lämpötilat pysyvät lähellä sisäilman lämpötilaa, akustiset ominaisuudet parantuvat ja vedon tunne vähenee ilmatiiveyden parantuessa. Eristämällä rakenteita ulkoa päin voidaan myös parantaa rakenteen sisäpuolisten kerrosten kosteusteknistä toimintaa, vähentää kylmäsiltojen määrää ja merkitystä sekä parantaa rakenteen kosteusteknistä toimivuutta ulkopuolisilta säärasituksilta. Asuinkerrostaloissa ulkoseinät aiheuttavat noin 13–17 % koko rakennuksen lämpöhäviöstä ja muissa kuin asuinkerrostaloissa noin 10 % koko rakennuksen lämpöhäviöstä. Kannattavimmiksi energiatehokkuuden parantamistoimenpiteiksi asuinkerrostalojen ja muiden kuin asuinkerrostalojen ulkoseinissä on esitetty lisälämmöneristystä ulkoverhouksen uusimisen yhteydessä. (Ojanen et al. 2017 s. 12–60, Motiva Oy s. 18–32)

4.2.3 Ikkunat

Ikkunat ja ikkunaovet eroavat merkittävästi rakennusten muista rakenneosista, koska ne päästävät valoa sekä auringon lämpösäteilyä rakenteensa läpi. Ikkunat ovat myös rakennuksen heikoin kohta lämmöneristävyyden sekä ilman- ja sateenpitävyyden kannalta. Vaikka ikkunoiden tekniset ominaisuudet ovat parantuneet viimeisien vuosikymmenten aikana, ovat ne silti pysyneet heikoimpana rakenneosana. Ikkunat vaativat myös muita rakenneosia enemmän huoltoa ja niiden käyttöikä on yleensä 30–50 vuotta. Lyhyt käyttöikä toisaalta mahdollistaa ikkunoiden uusimisen ja sen myötä niiden termodynaamisen toimivuuden ja ääneneristävyyden parantamisen. (Ojanen et al. 2017 s. 100)

Ikkunoiden pääasiallisena tarkoituksena on päästää sisään mahdollisimman paljon valoa ja samanaikaisesti estää kesäisin auringonvalosta aiheutuva tilan lämpeneminen sekä talviaikaan maksimoida auringonvalosta saatava lämpöenergia ilman lämmön karkaamista. Edellä mainittujen toimintojen aikaansaamiseksi Suomessa käytettävissä ikkunoissa käytetään useampia lasikerroksia, selektiivilaseja, puisia karmeja ja täytekaasuja eristyslaseissa. Tällä hetkellä lämmöneristävyyden ja aurinkoenergian läpäisyn parantamiseksi ikkunoissa käytetään triplalaseja, kaksinkertaisia selektiivipinnoitteita, kehittyneitä karmeja, automatisoitua auringonsuojausta, ulkopuolista varjostusta ja arkkitehtuurillisia ominaisuuksia. Suurin hiilijalanjäljen aiheuttaja ikkunoiden valmistuksessa on käytettävän lasin määrä. (Ahola & Liljeström 2018 s. 47–48)

Ikkunoiden suurimmat rasitukset johtuvat ulkoilmasta tulevista räsitusmekanismista, jotka ovat sade ja auringonsäteily, jotka aiheuttavat eniten räsitusta etelä- ja länsijulkisivuun.

Ulkopuoliset rasitukset kuluttavat ja vanhentavat ikkunassa olevia materiaaleja ja aiheuttavat myös tarpeeksi pitkän ajan kuluessa vaurioita. Yleisimmin kerrostaloissa käytetyissä puuikkunoissa sateen ja auringonsäteilyn yhteisvaikutus aiheuttaa vaurioita maalipintaan, puun halkeilua, homehtumista ja lahovaurioita. Korjausrakennushankkeissa on tapauskohtaisesti tarkasteltava ikkunoihin liittyvät rakenteet, sillä ikkunoiden tiivisteet voivat toimia korvausilmareittinä. Ikkunoiden korjausrakennusratkaisuja valittaessa on tutkittava ikkunoiden sateenpitävyyttä, ilmanpitävyyttä, avattavuutta, palonkestävyyttä, termodynaamisia ominaisuuksia, ääneneristävyyttä, valonläpäisevyyttä, auringonsäteilyn kokonaisläpäisyä, UV-säteilyn läpäisyä, henkilöturvallisuutta sekä murronkestävyyttä. (Ojanen et al. 2017 s. 103–113)

Asuinkerrostaloissa ikkunat aiheuttavat noin 19–21 % lämpöhäviöstä ja muissa kuin asuinrakennuksissa keskimäärin 10 % lämpöhäviöstä. Energiategohokkuuden osalta kerrostaloissa ja muissa kuin asuinkerrostaloissa tärkeimpänä toimenpiteenä on vaihtaa heikkokuntoiset ikkunat. Ikkunoiden vaihtaminen uudempiin on kannattavaa tehdä muiden korjausrakennushankkeiden yhteydessä, esimerkiksi julkisivukorjauksen aikana. (Motiva Oy 2020 s. 18–32)

4.2.4 Yläpohja

Yläpohjan merkitys rakennuksen aiheuttamien lämpöhäviöiden osalta on merkittävä, koska se vastaa suurta osaa rakennuksen ulkovaipasta. Rakennuksien yläpohjarakenteet voidaan jakaa kahteen eri luokkaan, jotka ovat tuuletetut ja tuulettumattomat yläpohjat. (Ojanen et al. 2017 s. 91) Asuinkerrostaloissa yläpohjat vastaavat noin 4–6 % energiankulutuksesta ja muissa kuin asuinrakennuksissa edelleen noin 7 % kokonaisenergiankulutuksesta. Asuinkerrostalojen ja muiden kuin asuinkerrostalojen osalta energiategohokkuuden parantaminen on kannattavaa tehdä yläpohjan lisälämmöneristämällä, joka on kannattavinta tehdä muun vesikattoremontin yhteydessä. (Motiva Oy 2020 s. 18–32)

Yläpohjan lisälämmöneristämisen toimenpiteet riippuvat rakennuksessa olevasta yläpohjarakenteesta, esimerkiksi lisälämmöneristys voidaan asentaa vanhan eristekerroksen päälle, mikäli se on riittävän hyväkuntoinen. Yläpohjan lisälämmöneristämisessä on myös huomioitava höyrynsulkukerroksen toimivuus, IV-putkien lämmöneristystarpeet, muiden rakenteiden kunto sekä tuulettuvissa yläpohjarakenteissa tuulettutilan riittävyys teknisen toimivuuden varmistamiseksi. Jos lisälämmöneristäminen toteutetaan yläpuolelta, on eristemateriaalin oltava harvempaa kuin alkuperäisen eristeen, jotta kosteus ei kerääntä eristekerrosten rajapintaan. Yläpuolelta tehtävä lisälämmöneristäminen mahdollistaa myös alkuperäisen lämmöneristekerroksen paremman kosteusteknisen toimi-

vuuden, koska kyseinen eristekerros pysyy lämpimämpänä. Yläpohjaan alapuolelta tehtävä lisälämmöneristäminen on kannattavaa yläpohjissa, joissa eristys tehdään kattolapteen suuntaiseen yläpohjaan tai matalan tuuletustilan omaaviin kattorakenteisiin. Vanhan lämmöneristeen uusiminen kokonaan on kannattavaa tehdä tilanteissa, joissa eristämistä ei voida tehdä ylä- eikä alapuolelle, uusitaan yläpohjarakenne kokonaisvaltaisesti tai vanhat eristeet ovat käyttökelvottomia. (Oulun Rakennusvalvonta 2013b s. 1–2)

Rakennusten yläpohja mitoitetaan käyttöiän osalta rakennuksen käyttöiän mukaiseksi. Vesikatemateriaalien mitoitettu käyttöikä vaihtelee merkittäväksi, sillä kumibitumikermitatteiden käyttöikä on 30 vuotta, sinkityn ja maalatun rivipeltikatteen 60 vuotta, profiilipeltikatteen 40 vuotta ja tiilikatteen 45 vuotta. (Rakennustietosäätiö RTS & LVI-Keskusliitto 2008 s. 6–9)

4.2.5 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtojärjestelmät vaihtelevat rakennusten mukaan ja yleisimmät ilmanvaihtojärjestelmät ovat painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä, koneellinen poistoilmajärjestelmä sekä koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä. Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ilma poistetaan erillisen hormin kautta ulkoilmaan yleensä vesikaton yläpuolelle ja korvausilma hankitaan erillisen ulkoilmareitin kautta. Painovoimaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä järjestelmän toimivuus riippuu ulkolämpötilasta sekä tuulen määrästä rakennuksen läheisyydessä. Koneellisessa poistoilmajärjestelmässä vesikatolle on sijoitettuna tarvittava määrä huippuimureita tai puhaltimia, joiden avulla poistetaan ilma. Korvausilmaa saadaan sisätiloihin ulkoilmasta erillisten ulkoilmaventtiilien kautta, jotka palvelevat yleensä ainoastaan yhtä tilaa. Koneellisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä ilmanvaihto hoidetaan joko keskitetysti tai hajautetusti ilmanvaihtokoneilla. Kun ilmanvaihtoa hoidetaan koneellisesti tulo- ja poistoilman osalta, on järjestelmään yleensä liitetty poistoilman lämmöntalteenottojärjestelmä. (Rakennustietosäätiö RTS 2004 s. 3)

Perusparantamalla rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää, voidaan parantaa sisäilman laatua, lisätä asumisviihtyvyyttä sekä samanaikaisesti alentaa energiankulutusta. Ilmanvaihtojärjestelmän perusparannusvaihtoehdot riippuvat rakennuksessa olemassa olevasta ilmanvaihtojärjestelmästä. Painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä voidaan muuttaa koneelliseksi poistoilmajärjestelmäksi tai koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi. Koneellinen poistoilmajärjestelmä voidaan muuttaa koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi ja osaksi ilmanvaihtojärjestelmää voidaan lisätä lämmöntalteenottoa tai jäähdytystä. Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen koneelliseksi poistoilmajärjestelmäksi edellyttää yleensä ainoastaan hormien ja laitteistojen kunnostamista

sekä poistoilma-aukkoihin puhaltimien asentamista. Kun painovoimaista ilmanvaihtojärjestelmää uusitaan koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi, kuuluu saneeraukseen hormien tai kanavien laitteiden kunnostus tai uusiminen, yhdistäminen ja puhaltimien asentaminen, tuloilmakanavien lisääminen, tuloilmakoneiden asentaminen sekä ulkoilmareittien rakentaminen. Koneellisen poistoilmajärjestelmän uusiminen koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi edellyttää yleensä koko järjestelmän uusimista. Lämmöntalteenotto voidaan lisätä koneelliseen poistoilmanvaihtojärjestelmään tai koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään. Koneellisesta poistoilmanvaihtojärjestelmästä talteen otettua lämpöä voidaan hyödyntää käyttöveden ja lämmitysverkoston lämmittämässä, ja koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmästä talteen otettua lämpöä voidaan käyttää tuloilman lämmittämiseen. Järjestelmään, jossa on erilliset tuloilmalaitteet ja huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet voidaan tapauskohtaisesti liittää myös tuloilman jäähdytysjärjestelmä. Ilmanvaihtojärjestelmään voidaan myös toteuttaa erillinen mittaus ja säätö, jonka toimenpiteet eroavat ilmanvaihtojärjestelmän mukaan. (Rakennustietosäätiö RTS 2004 s. 6–8, Talotekniikkateollisuus 2021)

Lämmöntalteenotto on kannattavinta toteuttaa keskitettyyn järjestelmään, jossa on ainoastaan yksi ilmanvaihtoon tarkoitettu koneisto. Mikäli rakennuksessa on olemassa oleva hajautettu järjestelmä, on kannattavaa harkita järjestelmän koneiden yhdistämistä. Lämmöntalteenottojärjestelmien hyötysuhteen eroavat merkittävästi toisistaan, sillä esimerkiksi levylämmönsiirtiminen hyötysuhde tuloilmalle on 50–60 %, vesi-glykoli-järjestelmän 40–50 % ja pyörivät kennon 60–75 %. Lämmöntalteenotto on myös mahdollista tehdä poistoilmalämpöpumpun avulla. (Holopainen et al. 2007 s. 55)

4.2.6 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän energiankulutukseen voidaan vaikuttaa ilmanvaihdon säädön tai saneerauksen aikana sekä muiden energiakorjaustoimenpiteiden yhteydessä säätämällä linja- ja patteriventtiilien esiasetuksia ja säätämällä koko verkoston menoveden lämpötilaa vastaamaan loivemmin lämmitystarvetta. Säädön yhteydessä ei ole yleisesti kannattavaa uusia lämpöpattereita, ellei niille ole teknisen käyttöiän puolesta tarvetta. Vanhat lämpöpatterit voivat olla ylimitoitettuja lisäeristetyin rakennuksen lämmöntarpeeseen nähden, jolloin pattereiden menoveden lämpötila voidaan säätää pienemmäksi ja aiheuttaa samalla vähemmän muun muassa putkiston lämpöhäviötä. Lämpöpattereiden säätöjen yhteydessä voidaan joutua vaihtamaan patteritermostaatit. Energiasaneerattujen rakenteiden matalammat lämpöhäviöt tulevat ajankohtaiseksi vasta silloin, kun lämmitysjärjestelmä säädetään. (Ojanen et al. 2017 s. 131)

Kun rakennuksen lämmitysjärjestelmä tulee käyttöikänsä päähän, on myös kannattavaa harkita suuremman hiilijalanjäljen omaavan lämmitysjärjestelmän vaihtamista vähähiiliseen. Käytännössä tämä tarkoittaa lämmityksen tuottotavan vaihtoa esimerkiksi öljylämmityksestä kaukolämpöön, lämpöpumppuun tai biopolttoaineeseen. (Motiva Oy 2020 s. 33)

Kaukolämpöjärjestelmä voidaan myös saneerata maalämpöjärjestelmäksi, jolloin energiankulutuksen kustannuksia voidaan madaltaa sekä vakauttaa. Kaukolämmön kustannukset kiinteistö- tai asunto-osakeyhtiölle voivat myös nousta merkittäviä määriä kaukolämpöyhtiön päätöksestä, koska jakeluverkossa alkaa olemaan korjausvelkaa. Maalämpöpumpun hyötysuhde on merkittävä, sillä sen käyttäjä saa 3–4 kertaa enemmän energiaa kuin mistä maksetaan. Maalämpö voi parhaimmillaan kattaa 65–75 % rakennuksen lämmitystehotarpeesta, jolloin lämmityskuluista voidaan säästää 50–70 %. Maalämmön ohelle voidaan kuitenkin jättää esimerkiksi kaukolämpöjärjestelmä. (Tec Heat Ab Oy)

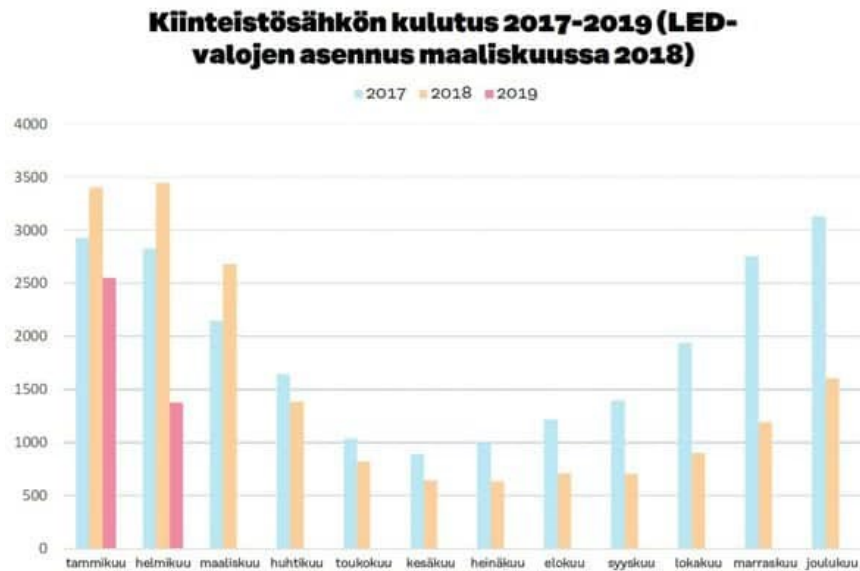
Lämmitysjärjestelmään voidaan tehdä säästöjä myös laskemalla käytettävien tilojen lämpötilaa, ohjaamalla ilmanvaihtoa älykkäästi tarveperustaisesti, vaihtamalla huonokuntoisia termostaatteja ja säätämällä niitä tarvittaessa ja tekemällä oikeaoppisia huoltotoimenpiteitä muun muassa ikkunoiden tiivistyksiin sekä ilmanvaihtojärjestelmään. Laskemalla käytettävien tilojen lämpötilaa yhdellä asteella, voidaan lämmityskustannuksista säästää noin 5 prosenttia. (Ekosähkö Oy 2022)

4.2.7 Sähköjärjestelmä

Asuinkerrostaloissa sähkönkulutus vastaa noin neljää prosenttia taloyhtiöiden kokonaisuhoitokuluista ja sen määrään vaikuttaa taloyhtiökohtaisesti valitut toimintatavat muun muassa asuntokohtaisen ilmanvaihdon laskutusperusteista sekä siitä, onko taloyhtiössä hissiä tai autotallia. Sähköjärjestelmään tehtäviä tärkeimpiä säästökohteita ovat valaistuksen, taloteknisen järjestelmän puhaltimien ja pumppujen uusiminen sekä muut asukkaille tai kiinteistön käyttäjille tarjottavat palvelut, kuten pesutupa tai talosauna. Kannattavuusjärjestyksessä sähköjärjestelmien toimenpiteet voidaan jakaa seuraavan listauksen mukaisesti. (Ympäristöministeriö 2018)

1. Asukkaille ja kiinteistön käyttäjille tarjottavien palveluiden käyttötarpeen tarkastelu.
2. Valaistuksen ohjelmoiminen energiaa säästäväksi ulko- ja sisätiloissa. Valaistus voidaan kytkeä pois, kun sille ei ole erityistä tarvetta.
3. Käytössä olevien lamppujen vaihtaminen energiatehokkaiksi.

Mikäli kiinteistössä on käytössä merkittävä määrä ulkovalaistusta, korostuu valaistuksen uusiminen energiatehokkaaksi entistä enemmän. Kuvassa yksitoista on esitettyä esimerkki rivitalokohteen kiinteistösähkönkulutus valaisimien energiasaneerauksen jälkeen. (Sand 2019)



Kuva 11 LED-valojen vaikutus energiankulutukseen rivitalokohteessa (Sand 2019)

Kuvassa yksitoista olevasta taulukosta nähdään selvästi, että energiankulutus on lämmityskaudella saatu jopa puolitettua. Lämmityskauden aikana on kuitenkin myös nähtävissä se, että lämmitystarve vaikuttaa sähkönkulutukseen enemmän kuin valaistus.

4.2.8 Käyttövesi

Käyttöveden kulutus voi vastata jopa 30 % kodin lämmityskustannuksista ja keskimääräinen vedenkulutus on yhden henkilön osalta noin 110 litraa vuorokaudessa (HSY 2019 s. 36). Lämmin käyttövesi vastaa yleisesti noin 40 % kokonaisvedenkulutuksesta, joka tarkoittaa sitä, että 110 litran asukaskohtaisella vuorokausikulutuksella vuositasolla veden lämmittämiseen tarvitaan lämpöenergiaa yhteensä 931 kWh (Ympäristöministeriö 2009 s. 8). Suurimmat käyttöveden kulutuskohteet ovat peseytyminen, keittiökalusteet, WC ja pyykinpesu. Peseytyminen vastaa noin 45 % vedenkulutuksesta, keittiökalusteiden kulutus on noin 17,5 % vedenkulutuksesta ja WC:n sekä pyykinpesun osuus on molempien osalta noin 15 % vedenkulutuksesta. (Motiva Oy 2021)

Veden kulutukseen sekä veden tarvitseman lämmitysenergian määrään voidaan vaikuttaa parhaiten mitoittamalla vesijohtoverkosto oikein, säätämällä vesilaitteiston painetta

ja virtaamaa, säätämällä käyttöveden lämpötilaa, eristämällä käyttöveden putket, varmistamalla vesikalusteiden vesitiiveyden sekä vuotojen havaittavuuden, huoltamalla märkätilojen vesikalusteet, seuraamalla vedenkulutusta ja laskuttamalla vedenkulutuksen huoneistokohtaisesti. Saneerauksen yhteydessä on myös kannattavaa vaihtaa vanhat vesikalusteet uusiin vähemmän vettä kuluttaviin. Asentamalla huoneistokohtaiset vesimittarit asuinkerrostalokohteessa, voidaan veden kulutusta vähentää keskimäärin 20 prosenttia. (Ympäristöministeriö 2009 s.9–10) (Motiva Oy 2021)

4.2.9 Uusiutuvat energialähteet

Uusiutuviksi energianlähteiksi luetaan aurinko-, tuuli-, vesi- ja bioenergia, maalämpö sekä veden liikkeistä saatava energia. Rakennuksissa yleisimmin on kannattavinta hyödyntää aurinkoenergiaa keräinten tai aurinkopaneelien avulla sekä käyttää lämpöpumppuja energian keräämiseen maasta, vedestä tai ilmasta. Tietyissä rakennuksissa ja kiinteistöissä voi olla kannattavaa harkita myös tuulivoiman käyttöä uusiutuvana paikallisena energianlähteenä. Uusiutuvia energianlähteitä voidaan käyttää rakennuksissa niin hajautetussa, kuin keskitetyssäkin energiantuotannossa ja paikallisen uusiutuvan energianlähteen takaisinmaksuaika riippuu merkittävästi rakennuksessa käytettävästä primäärienergianlähteestä, joka voi olla esimerkiksi kaukolämpö tai suora sähkölämmitys. (Häkkinen et al. 2020 s. 116)

Hyödyntämällä aurinkoenergiaa rakennuksen energiantuotannossa, voidaan päästöjä vähentää huomattavasti. Aurinkoenergiaa suunniteltaessa ja sen kannattavuutta laskeessa on huomioitava päästöt ja kustannukset, jotka aiheutuvat laitteiston valmistamisesta, huollosta ja kierrätyksestä. Erityyppisten aurinkopaneelien ja keräimien päästöt vaihtelevat myös suuresti tyyppien välillä sillä esimerkiksi ohutkalvotyyppinen aurinkopaneeli tuottaa 70 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia valmistettua neliötä kohden, kun taas yksikiteinen piiteknologia aiheuttaa 240 kilogrammaa hiilidioksidiekvivalenttia valmistettua neliötä kohden. (Häkkinen et al. 2020 s.117)

5. ESIMERKKIKOHTEN TOIMENPITEET

Toimenpiteitä hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi tarkastellaan esimerkki-kohteen kautta, jonka osalta rakenneteknisiä toimenpiteitä käydään läpi neljännessä luvussa esitetyn mukaisesti. Esimerkkikohteena on tyypillinen 1970-luvun betoninen kerrostalo, jonka tarkemmat tiedot on esitetty taulukossa neljä.

Taulukko 4 Esimerkkikohteen ominaisuudet, 1970-luvun kerrostalon piirteet (Ympäristöministeriö 2018b s. 46)

Ominaisuus	Arvo
RAK. pinta-ala	582 m ²
Tilavuus	11 480 m ³
Kerrosala	4 080 m ²
Huoneistoala	2 925 m ²
Ikkuna-ala	292,50 m ²
Lämmitysjärjestelmä	Kaukolämpö
Ilmanvaihto	Koneellinen poistoilmanvaihto
Perustus	Teräsbetoni
Ulkoseinä	60 mm betoni, 90 mm vuorivilla, 70 mm betoni U-arvo = 0,41 W/m ² K
Välipohja	Muovihuopamatto, tasoite, 265 mm ontelolaatta
Yläpohja	Kolminkertainen huopakate, ruoteet, tuuletettu ilmatila, 100 + 100 mm mineraalivilla ja 265 mm ontelolaatta U-arvo = 0,15 W/m ² K
Alapohja	Pintamateriaali, 60 mm betoni, bitumi, 50 mm eristekerros, höyrinsulkumuovi, maakerrokset Reuna-alueilla U-arvo = 0,30 W/m ² K Keskellä U-arvo = 0,59 W/m ² K

Väliseinät	Kantava 180 mm teräsbetoni Kevyt 11 mm kipsilevy ja 45 x 75 puurunko
Parvekkeet	Sivuilta tuettu betonielementti

Korjausrakennustoimenpiteiden sekä käytönaikaisen energiatehokkuuden parantamisen kannattavuutta voidaan tarkastella tutkimalla korjaustoimenpiteiden aiheuttamaa hiilijalanjälkeä ja investointikustannusta sekä käytönaikaisia säästöjä lämmitysenergian hiilijalanjäljessä ja käyttökustannuksissa. Kannattavuuden laskennassa käytetyt muuttujat on esitetty taulukossa viisi.

Taulukko 5 Kannattavuuden laskennassa huomioidut muuttujat

Muuttuja	Arvo
Lämmitystarveluku	3 873 °C vrk (Ilmatieteen laitos 2022)
Sisäilman keskimääräinen lämpötila	+ 17 °C (Ojanen et al. 2017 s. 95)
Sähkön hiilijalanjälki	0,000068 tonnia CO ₂ /kWh (Tilastokeskus 2020)
Kaukolämmön hiilijalanjälki	0,000155 tonnia CO ₂ /kWh (Tilastokeskus 2020)
Sähkön keskihinta (alv. 0 %)	0,0722 €/kWh (Omavoima Oy 2022)
Kaukolämmön keskihinta (alv. 0 %)	0,0653 €/kWh (Motiva Oy 2022)
Tarkastelujakso sijoituksille	50 vuotta

Edellä esitetyssä taulukossa viisi lämmitystarvelukuna on käytetty Helsingin keskimääräistä lämmitystarvelukua ja lämmitystarveluvun vaihtelu eri paikkojen välillä vaikuttaisi myös siihen, mitkä toimenpiteet ovat kannattavia. Lämmitystarveluvulla tarkoitetaan koko vuoden aikana yhteenlaskettua sisä- ja ulkolämpötilan erotuslukua, kun sisälämpötilan oletetaan olevan + 17 celsiusta (Motiva Oy 2022b). Sähkön keskihinnaksi on valittu vuoden 2021 keskiarvo, kaukolämmön keskihinnaksi vuoden 2019 keskiarvo ja energiamuotojen aiheuttamien hiilijalanjälkien osalta on huomioitu vuoden 2020 taso. Lämmitystarveluvun määrittämispaikkana on käytetty Helsinkiä, koska työn toimeksiantaja toimii ensisijaisesti pääkaupunkiseudulla. Sähkön keskihinta on valittu vuodelta 2021, koska vuonna 2022 sähkön hinnassa on tapahtunut merkittävää heilahtelua, joka ei aikaisem-

pien tilastotietojen perusteella ole normaalia. Sähkön ja kaukolämmön hiilidioksidipäästöt on huomioitu Tilastokeskuksen uusimman tilaston mukaisesti. Esimerkkitoimenpiteiden lämmitystarvetta laskettaessa lämpöhäviön laskentaan käytetään seuraavaa kaavaa.

$$Q' = \text{°Cvrk} * 24 \frac{h}{d} * \Delta U, (1)$$

jossa Q' on lämpöhäviön kokonaisarvo, °Cvrk on lämmitystarveluku ja ΔU on lämmönläpäisykerroin tai uuden rakenteen ja vanhan rakenteen lämmönläpäisykertoimien erotus. Lämpöhäviön avulla voidaan edelleen arvioida menetetyt energian hiilijalanjälkeä sekä kustannuksia. Kustannuksien arvioimisessa käytetään seuraavaa kaavaa.

$$\epsilon_{tot} = Q' * \epsilon_{ka}, (2)$$

jossa ε_{tot} on kokonaiskustannukset, jotka aiheutuvat lämpöhäviöstä ja lämmitystavasta ja ε_{ka} on energiamuodon keskihinta taulukon viisi mukaisesti. Hiilijalanjäljen arvioinnissa käytetään seuraavaa kaavaa.

$$CO_{2tot} = Q' * CO_{2ka}, (3)$$

jossa CO_{2tot} on kokonaishiilijalanjälki, joka aiheutuu lämpöhäviöstä ja lämmitystavasta ja CO_{2ka} on energiamuodon keskiarvoinen hiilijalanjälki taulukon viisi mukaisesti.

5.1 Hiilidioksidipäästöjen kompensointi

Korjausrakennushankkeissa käytettävät materiaalit tulevat aiheuttamaan hiilidioksidipäästöjä riippumatta käytettävästä materiaalista, koska valmistus, kuljetus, asentaminen, huolto ja purkaminen aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä. Aiheutuneiden hiilidioksidipäästöjen kompensointi voidaan toteuttaa ostamalla toteutettuja päästöjä vastaava määrä jostain muualta, joka voi tarkoittaa esimerkiksi päästöyksiköiden ostamista tai mittäöimistä jonkun palveluntarjoajan kautta. Esimerkkejä hiilidioksidipäästöjen kompensoinnista ja niiden euromääräisestä kompensoinnista on esitetty seuraavassa taulukossa. (Häkkinen et al. 2020 s. 58–59, Landström 2020)

Taulukko 6 Hiilikompensaation kustannukset (Compensate 2022, Hiilipörssi Oy 2022)

Palvelu	Kustannus / tonnia CO ₂ e (alv. 0 %)
Compensate	35,00 €
Hiilipörssi	40,00 €

Taulukossa kuusi esitetyn mukaiset yritykset kohdistavat hiilidioksidipäästöjen kompensointia eri kohteisiin, sillä esimerkiksi Hiilipörssi tekee kompensoinnin suokompensaatina. Hiilidioksidipäästöjen kompensointi voidaan myydä eri pituisten hiililyötyjen mukaisesti, jolloin vaikutukset voidaan tarvittaessa suojata reilullakin kertoimella. Hiilidioksidipäästöjen kompensointi voidaan käyttää myös muita projekteja, jotka täyttävät ympäristön, luonnon monimuotoisuuden, yhteiskunnallisen- ja ihmisoikeuksien vaatimukset. (Compensate 2022, Hiilipörssi Oy 2022)

5.2 Perustukset ja alapohja

Esimerkkikohteen kohdalla alapohjan U-arvot ovat eriarvoiset reuna-alueilla ja keskellä rakennusta, joten lämpöhäviöt ja energiatehokkuus eroavat myös alapohjan eri kohdissa. Seuraavassa taulukossa on esitettyä kohteen olemassa olevan alapohjan lämpöhäviöt, kustannukset sekä alapohjan tuottama hiilijalanjälki.

Taulukko 7 Esimerkkirakennuksen alapohjan kustannukset ja hiilijalanjälki vuosittain

Parametri	Reuna-alueilla	Keskialueilla	Yhteensä
U-arvo	0,30 W/(K*m ²)	0,59 W/(K*m ²)	-
Ala	291,00 m ²	291,00 m ²	582,00 m ²
Vuosittainen lämpöhäviö	8 114,71 kWh	15 958,93 kWh	24 073,64 kWh
Vuosittaiset kustannukset	530,07 €	1 042,48 €	1 572,55 €
Vuosittainen hiilijalanjälki	1,26 t CO ₂	2,47 t CO ₂	3,73 t CO ₂

Kohteen kokonaisvaltaisena korjaustoimenpiteenä energiatehokkuuden parantamiseksi alapohja pitää purkaa piikkaamalla, vahvistaa perusmaata sekä asentaa edelleen uusi suodatinkangas, lämmöneriste ja valaa uusi teräsbetonilaatta. Tavoitteellisena U-arvona korjaustoimenpiteen jälkeen voidaan pitää uudisrakennusten määräyksiä lämpimän tilan maata vastaan olevasta rakennusosasta, joka on 0,16 W/(K*m²). Maanvaraisen alapohjan kokonaisvaltaisen uusimisen kustannukset ovat 184,21 €/m², jossa on huomioitu

myös mahdollinen lattiatasoite sekä pintamateriaali (Lindberg et al. 2022 s. 102). Alapohjan korjaustoimenpiteiden aiheuttamat hiilidioksidipäästöt on esitetty seuraavassa luettelossa (One Click LCA Ltd 2022).

- Materiaalit 44,80 kg CO₂e/m².
- Kuljetus 3,28 kg CO₂e/m².
- Jätteen poiskuljettaminen 0,78 kg CO₂e/m².
- Jätteen hävittäminen 6,94 kg CO₂e/m².

Korjausrakentamistoimenpiteiden hiilijalanjälki on 55,80 kg CO₂e/m². Alapohjan kokonaisvaltaisen uusimisen myötä aikaansaadun rakenteen vuosittaiset lämpöhäviöt, vuosittaiset kustannukset, vuosittainen hiilijalanjälki sekä korjausrakentamisen aiheuttamat kustannukset, hiilijalanjälki ja sen myötä saatu kustannussäästö ja matalampi hiilijalanjälki on esitetty seuraavassa taulukossa. (Ympäristöministeriö 2018b s. 10, Lindberg et al. 2022 s. 102, One Click LCA Ltd 2022)

Taulukko 8 Alapohjan energiasaneerauksen kokonaissäästöjen nykyarvot sekä hiilidioksidipäästöjen säästöaika

Parametri	Reuna-alueilla	Keskialueilla	Yhteensä
U-arvo	0,16 W/(K*m ²)	0,16 W/(K*m ²)	0,16 W/(K*m ²)
Ala	291,00 m ²	291,00 m ²	582,00 m ²
Vuosittainen lämpöhäviö	4 327,85 kWh	4 327,85 kWh	8 655,69 kWh
Vuosittaiset kustannukset	282,71 €	282,71 €	565,41 €
Korjausrakentamisen kustannukset	53 605,11 €	53 605,11 €	107 210,22 €
Kokonaissäästöt 0 % reaalikorolla	12 368,39 €	37 988,62 €	50 357,01 €
Kokonaissäästöt 2 % reaalikorolla	7 773,28 €	23 875,09 €	31 648,37 €
Kokonaissäästöt 4 % reaalikorolla	5 313,95 €	16 321,43 €	21 635,39 €

Kokonaissäästöt 6 % reaalikorolla	3 899,01 €	11 975,53 €	15 874,54 €
Alkuperäisen rakenteen vuosittainen hiilijalanjälki	0,67 t CO ₂	0,67 t CO ₂	0,67 t CO ₂
Korjausrakentamisen hiilijalanjälki	16,59 t CO ₂	16,59 t CO ₂	33,17 t CO ₂
Vuosittain matalampi hiilijalanjälki	0,59 t CO ₂	1,80 t CO ₂	2,39 t CO ₂
Hiilidioksidipäästöjen säästöaika	28,26 vuotta	9,20 vuotta	13,88 vuotta

Energiasaneeraamalla alapohja uudisrakennuksien energiatehokkuusmääräysten tasoiseksi voidaan säästää vuosittain lämmityskustannuksista matalimmalla reaalikorolla 1 007,14 € ja aiheutetaan vuosittain 2,39 t CO₂ vähemmän päästöjä. Saneerauksen kustannukset ovat taas 107 210,22 € ja siitä aiheutuu yhteensä 33,17 t CO₂ päästöjä.

Alapohjan korjaaminen energiatehokkuuden parantamiseksi ja hiilineutraaliuden saavuttamiseksi on näiden laskelmien perusteella taloudellisesti kannattamatonta, koska 50 vuoden tarkasteluajalla ei saavuteta investointikustannusten tasoisia säästöjä. Hiilineutraaliuden saavuttamisen näkökulmasta korjaustoimenpiteen voidaan todeta olevan kannattava, koska korjausrakentamisesta aiheutuneiden päästöjen neutraloimiseen menee aikaa 13,88 vuotta. Alapohjaan liittyvä korjaustoimenpide ja energiasaneeraus on kannattavaa tehdä silloin, kun alapohjan tekninen käyttöikä on saavuttanut päätepisteensä. Energiahintojen vaikutukset investoinnin kannattavuuteen on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 9 Alapohjan energiasaneerauksien herkkyyštarkastelu

Parametri	Reuna-alueilla	Keskialueilla	Yhteensä
Herkkyys energian hinnalle 0 % reaalikorolla	4,33	1,41	2,13
Herkkyys energian hinnalle 2 % reaalikorolla	6,90	2,25	3,39

Herkkyys energian hinnalle 4 % reaalikorolla	10,09	3,28	4,96
Herkkyys energian hinnalle 6 % reaalikorolla	13,75	4,48	6,75

Taulukon yhdeksän mukaisesti energian hinnan pitäisi kasvaa vähintään 2,13 kertaiseksi 0 % reaalikorolla ja 6,75 kertaiseksi 6 % reaalikorolla, jotta korjaustoimenpide olisi kannattava. Investointien osalta voidaan todeta, että ne eivät ole herkkiä energian hinnalle, koska energian hintojen kasvamisen pitäisi olla merkittävää.

5.3 Ulkoseinät

Esimerkkikohteessa ulkoseinärakenteen U-arvo on 0,41 W/(K*m²) ja rakenteena on 60 mm ulkoverhous, 90 mm vuorivilla sekä kantava 70 mm betonirakenne. Esitetyn betoni-sandwich-rakenteen lisäeristyksen toteuttaminen on mahdollista toteuttamalla lisäeristys ulkoa päin ja rappaamalla tai purkamalla ulkokuoren pois, asentamalla uuden lämmöneristekerroksen ja rappaamalla eristeiden pinnan. Molempien toteutustapojen vaikutuksen energiatehokkuuteen ja sen myötä kustannuksiin ja hiilijalanjälkeen käsitellään erikseen. Mikäli eriste asennetaan suoraan ulkoseinän ulkokuoren päälle, on varmistettava erikseen, että ulkokuoren tekninen toimivuus ja käyttöikä on vielä hyvällä tasolla. Seuraavassa taulukossa on esitettyä kohteen olemassa olevan ulkoseinän lämpöhäviöt, kustannukset sekä rakenteen aiheuttama hiilijalanjälki. (Ojanen et al. 2017 s. 66–68)

Taulukko 10 Esimerkkirakennuksen ulkoseinän kustannukset ja hiilijalanjälki vuosittain

Parametri	Arvo
U-arvo	0,41 W/(K*m ²)
Ala	1371,50 m ²
Vuosittainen lämpöhäviö	52 268,30 kWh
Vuosittaiset kustannukset	3 414,30 €
Vuosittainen hiilijalanjälki	8,40 t CO ₂

Kun julkisivuun toteutetaan esitetyt korjaustoimenpiteet, voidaan tavoitteellisena U-arvona rakenteille pitää $0,17 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$. Ulkoseinän betoni-sandwich-elementin ulkokuoren ja eristeen purkamisen, uuden eristeen asentamisen ja kolmikerrosrappauksen kustannukset ovat $124,49 \text{ €/m}^2$ ja betoni-sandwich-elementin lisäeristäminen ulkokuoren päälle ja uuden rappauserroksen tekemisen kustannukset ovat $94,50 \text{ €/m}^2$ (Lindberg et al. 2022 s. 44–103). Ulkokuoren purkamisen, eristyksen ja rappauksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt on esitetty seuraavassa luettelossa (One Click LCA Ltd 2022).

- Materiaalit $16,22 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Kuljetus $0,70 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Jätteen poiskuljettaminen $1,54 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Jätteen hävittäminen $0,18 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.

Ulkokuoren uudelleeneristämisen ja rappauksen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt on esitetty seuraavassa luettelossa (One Click LCA Ltd 2022).

- Materiaalit $11,22 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Kuljetus $0,70 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Jätteen poiskuljettaminen $0,77 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.
- Jätteen hävittäminen $0,09 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$.

Ulkokuoren purku, eristys ja rappaus aiheuttaa yhteensä $18,64 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$ ja ulkokuoren uudelleeneristäminen ja rappaus aiheuttaa yhteensä $12,78 \text{ kg CO}_2\text{e}/\text{m}^2$. Korjaustoimenpiteiden myötä uuden eristekerroksen ja ulkokuoren aiheuttamat lämpöhäviöt, vuosittaiset kustannukset, vuosittaiset hiilijalanjäljet sekä korjausrakennustoimenpiteiden aiheuttamat kustannukset, hiilijalanjälki ja niiden myötä saadut kustannussäästöt ja matalammat hiilijalanjäljet ovat esitettyinä seuraavassa taulukossa. (Ympäristöministeriö 2018b s. 7, Lindberg et al. 2022 s. 44–103, One Click LCA Ltd 2022).

Taulukko 11 Ulkoseinän energiasaneerauksen kokonaissäästöjen nykyarvot sekä hiilidioksidipäästöjen säästöaika

Parametri	Ulkokuoren purku, eristys ja rappaus	Eristys ja rappaus
U-arvo	$0,17 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$	
Ala	$1\,371,50 \text{ m}^2$	
Vuosittainen lämpöhäviö	$21\,672,22 \text{ kWh}$	

Vuosittaiset kustannukset	1 415,69 €	
Korjausrakentamisen kustannukset	170 738,04 €	129 606,75 €
Kokonaissäästöt 0 % reaalkorolla	99 930,75 €	
Kokonaissäästöt 2 % reaalkorolla	62 804,48 €	
Kokonaissäästöt 4 % reaalkorolla	42 934,25 €	
Kokonaissäästöt 6 % reaalkorolla	31 502,17 €	
Alkuperäisen rakenteen vuosittainen hiilijalanjälki	3,36 t CO ₂	
Korjausrakentamisen hiilijalanjälki	25,56 t CO ₂	17,53 t CO ₂
Vuosittain matalampi hiilijalanjälki	4,74 t CO ₂	
Hiilidioksidipäästöjen säästöaika	4,20 vuotta	3,70 vuotta

Korjaamalla ulkoseinää rakennuksessa energiatehokkaammaksi uudisrakennusten määräysten mukaiseksi voidaan vuosittain säästää matalimmalla reaalkorkotasolla lämmityskustannuksista yhteensä 1998,61 €. Lämpöhäviöstä aiheutuneita hiilidioksidipäästöjä voidaan edelleen vähentää vuositasolla 4,74 t CO₂. Korjausrakennushankkeiden investointikustannukset eroavat kuitenkin merkittävästi toisistaan, sillä raskaamman korjaustoimenpiteen investointikustannukset ovat 170 738,04 € ja kevyemmän korjaustoimenpiteen investointikustannukset ovat 129 606,75 €. Raskaampi korjaustoimenpide aiheuttaa kokonaisuudessaan 19,90 t CO₂ hiilidioksidipäästöjä, kun taas kevyemmän korjaustoimenpiteen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ovat ainoastaan 17,56 t CO₂.

Ulkoseinän lisälämmöneristämisen ja rappauksen voidaan todeta olevan taloudellisesti kannattamatonta, koska energiasaneeraustoimenpiteet eivät tuota tarkastelujakson aikana investointikustannusten verran säästöjä. Korjaustoimenpiteet voivat kuitenkin pe-

rustua välttämättömyyteen, jolloin investointi on pakko tehdä. Korjaustoimenpidettä valittaessa on kuitenkin syytä tutkia, onko ulkoseinän ulkokuori teknisen käyttöiän puolesta käytettävissä, koska kevyemmän korjaustoimenpiteen säästöjen suhde investointikustannuksiin on kannattavammalla tasolla. Hiilineutraaliuden saavuttamisen näkökulmasta energiasaneerauksen voidaan todeta olevan kannattavaa, sillä energiasaneerauksen hiilidioksidipäästöt säästetään viimeistään 4,20 vuodessa. Energiahintojen vaikutukset investoinnin kannattavuuteen on esitetty seuraavassa taulukossa. (Rakennustietosäätiö RTS & LVI-Keskusliitto 2008 s. 6–7)

Taulukko 12 Ulkoseinän energiasaneerauksien herkkyytarkastelu

Parametri	Ulkokuoren purku, eristys ja rappaus	Eristys ja rappaus
Herkkyys energian hinnalle 0 % reaalkorolla	1,71	1,30
Herkkyys energian hinnalle 2 % reaalkorolla	2,72	2,06
Herkkyys energian hinnalle 4 % reaalkorolla	3,98	3,02
Herkkyys energian hinnalle 6 % reaalkorolla	5,42	4,11

Taulukon kaksitoista mukaisesti energian hinnan pitäisi kasvaa raskaamman energiasaneerauksen yhteydessä 0 % reaalkorolla 1,71 kertaiseksi ja 6 % reaalkorolla 5,42 kertaiseksi investoinnin kannattavuuden lisäämiseksi. Kevyemmän energiasaneerauksen yhteydessä 0 % reaalkorolla energian hinnan pitäisi kasvaa 1,30 kertaiseksi ja 6 % reaalkorolla 4,11 kertaiseksi, jotta investointi olisi kannattava.

5.4 Ikkunat

Esimerkkikohteen ikkunoiden oletetaan olevan 70- ja 80-luvulla käytettyjä kolmilasisia MSE-ikkunoita, joiden U-arvo on $1,8 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$. Nykyaikaiset ikkunat vaihtelevat U-arvoiltaan välillä $0,8\text{--}1,0 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$ ja samanaikaisesti korjaustoimenpiteen yhteydessä uusittaisiin myös ikkunoiden saumavaahdot, jolloin ilmatiiveyskin parantuisi. Ikkunoiden vaihtamisen lisäksi ikkunoiden tiivistystä voidaan parantaa, jolloin vähentyneen vedon myötä sisäilman lämpötilaa voidaan laskea, kunhan huolehditaan riittävästä korvausil-

man saannista. Esimerkkikohteen laskennassa oletetaan, että tiivistyskorjauksilla lämmitysenergian kulutus laskee lämpöhäviön pienentymisen myötä 15 prosenttia. Seuraavassa taulukossa on esitettyä esimerkkikohteen olemassa olevien ikkunoiden lämpöhäviöt, kustannukset ja niiden aiheuttamat hiilijalanjäljet. (Ikkunawiki, Lindberg et al. 2022 s. 106–107, Oulun Rakennusvalvonta 2013 s. 4)

Taulukko 13 Esimerkkirakennuksen ikkunoiden kustannukset ja hiilijalanjälki vuosittain

Parametri	Arvo
U-arvo	1,80 W/(K*m ²)
Ikkunoita yhteensä ja uusittava tiivistemäärä	139 kappaletta (tiivistettä 806,20 juoksumetriä)
Vuosittainen lämpöhäviö	48 939,23 kWh
Vuosittaiset kustannukset	3 196,84 €
Vuosittainen hiilijalanjälki	7,59 t CO ₂

Ikkunoiden vaihtamisen kustannukset eroavat merkittävästi riippuen ikkunan U-arvosta. $U = 0,8 \text{ W/(K*m}^2\text{)}$ ikkunan vaihtokustannukset ovat kappaleelta 667,78 € kun taas $U = 1,0 \text{ W/(K*m}^2\text{)}$ ikkunan vaihtokustannukset ovat kappaleelta 520,78 € (Lindberg et al. 2022 s. 52, 106–107). Ikkunan puitteiden vanhojen tiivisteiden poiston ja uuden tiivistysnauhan asentamisen kustannukset ovat 9,21 €/jm (Lindberg et al. 2022 s. 52). Hiilidioksidipäästöt, jotka aiheutuvat ikkunoiden vaihtamisesta on esitetty seuraavassa luettelossa (One Click LCA Ltd 2022).

- Materiaalit 159,59 kg CO₂e/m².
- Kuljetus 3,86 kg CO₂e/m².
- Jätteen poiskuljettaminen 5,51 kg CO₂e/m².
- Jätteen hävittäminen 0,10 kg CO₂e/m².

Hiilidioksidipäästöt, jotka aiheutuvat ikkunoiden tiivisteiden uusimisesta on esitetty seuraavassa luettelossa (One Click LCA Ltd 2022).

- Materiaalit 1,4 kg CO₂e/m.
- Kuljetus 0,0018 kg CO₂e/m.
- Jätteen poiskuljettaminen 0,0016 kg CO₂e/m.

- Jätteen hävittäminen 0,89 kg CO₂e/m.

Ikkunoiden korjaamiseen liittyvät hiilidioksidipäästöt ovat uusien ikkunoiden osalta per kappale yhteensä 169,06 kg CO₂e/m² ja yhden juoksumetrin tiivistenauhan uusiminen aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä yhteensä 2,29 kg CO₂e/m. Ikkunoiden korjaustoimenpiteiden myötä korjatun rakenteen aiheuttamat lämpöhäviöt, vuosittaiset kustannukset, vuosittaiset hiilijalanjäljet sekä korjausrakennustoimenpiteiden aiheuttamat kustannukset, hiilijalanjäljet ja niiden myötä saadut kustannussäästöt ja matalammat hiilijalanjäljet ovat esitettyinä seuraavassa taulukossa. (Lindberg et al. 2022 s. 52, 106–107, One Click LCA Ltd 2022).

Taulukko 14 Ikkunoiden energiasaneerauksien kokonaissäästöjen nykyarvot sekä hiilidioksidipäästöjen säästöajat

Parametri	Ikkunoiden vaihto U = 0,80 W/(K*m ²)	Ikkunoiden vaihto U = 1,00 W/(K*m ²)	Ikkunoiden tiivistys- korjaukset
U-arvo	0,80 W/(K*m ²)	1,00 W/(K*m ²)	1,80 W/(K*m ²)
Ikkunoita yhteensä ja uusittava tiivistemäärä	139 kappaletta (ikkunatiivisteitä 806,20 juoksumetriä)		
Alkuperäisen rakenteen vuosittainen lämpöhäviö	23 382,08 kWh	27 188,46 kWh	41 598,34 kWh
Alkuperäisen rakenteen vuosittaiset kustannukset	1 527,38 €	1 776,02 €	2 717,31 €
Korjausrakentamisen kustannukset	93 012,21 €	72 537,21 €	7 425,10 €
Kokonaissäästöt 0 % reaalikorolla	83 472,96 €	71 040,81 €	23 976,28 €
Kokonaissäästöt 2 % reaalikorolla	52 461,08 €	44 647,73 €	15 068,61 €
Kokonaissäästöt 4 % reaalikorolla	35 863,32 €	30 521,98 €	10 301,17 €

Kokonaissäästöt 6 % reaalikorolla	26 314,02 €	22 394,91 €	7 558,28 €
Alkuperäisen rakenteen vuosittainen hiilijalanjälki	3,62 t CO ₂	4,21 t CO ₂	6,45 t CO ₂
Korjausrakentamisen hiilijalanjälki	23,55 t CO ₂	23,55 t CO ₂	1,85 t CO ₂
Matalampi hiilijalanjälki	3,96 t CO ₂	3,37 t CO ₂	1,14 t CO ₂
Hiilidioksidipäästöjen säästöaika	5,94 vuotta	6,98 vuotta	1,62 vuotta

Lämmityksestä aiheutuneita hiilidioksidipäästöjä voidaan säästää energiasaneerauksen myötä vähintään 1,14 t CO₂ ja enintään 3,96 t CO₂ saneeraustavasta riippuen. Ikkunoiden vaihtokustannukset eivät eroa paljoakaan toisistaan, vaikka ikkunan U-arvo olisi eri, koska kokonaiskustannusten ero U-arvojen 1,00 ja 0,80 välillä on 20 475,00 €.

Ikkunoiden vaihtamisen voidaan todeta taulukon neljätolista mukaisesti olevan kannattava toimenpide tarkastelujakson aikana, mikäli reaalikorko on 0 % ja ikkunat vaihdetaan $U = 1,00 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ arvoisiin ikkunoihin. Tiivistyskorjausten tekeminen ikkunoihin voidaan todeta olevan kannattavaa reaalikorosta riippumatta, koska säästöt ylittävät investointikustannukset jokaisessa tilanteessa. Ikkunoiden vaihtamisen ja tiivistämisen voidaan todeta olevan kannattavaa hiilidioksidipäästöjen vähentämisen kannalta, koska tarkastelujakson aikana hiilidioksidipäästöjä vähennetään moninkertaisesti energiasaneerauksen aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin verrattuna. Energiahintojen vaikutukset investoinnin kannattavuuteen on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 15 Ikkunoiden energiasaneerauksien herkkyystarkastelu

Parametri	Ikkunoiden vaihto $U = 0,80 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	Ikkunoiden vaihto $U = 1,00 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$	Ikkunoiden tiivistyskorjaukset
Herkkyys energian hinnalle 0 % reaalikorolla	1,11	1,02	0,31
Herkkyys energian hinnalle 2 % reaalikorolla	1,77	1,62	0,49

Herkkyys energian hinnalle 4 % reaalkorolla	2,59	2,38	0,72
Herkkyys energian hinnalle 6 % reaalkorolla	3,53	3,24	0,98

Taulukon viisitoista mukaisesti jo pieni energiahinnan nousu lisää ikkunoiden vaihtamisen kannattavuutta, koska nollan prosentin reaalkorkotasolla kahden prosentin energian hinnan nousu tekee ikkunoiden vaihdosta $U = 1,00 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ ikkunoihin taloudellisesti kannattavan. Ikkunoiden tiivistyskorjaukset ovat kannattavat, vaikka energian hinta las kisikin merkittävästi.

5.5 Yläpohja

Esimerkkirakennuksessa on kyseessä tuuletettu vaakaeristeinen yläpohja, joka on yleisesti ottaen helpoin kohde lisälämmöneristyksen toteuttamiselle. Tuuletettuun tilaan on mahdollista asentaa vanhan eristekerroksen päälle uusi lämmöneristekerros esimerkiksi puhalluseristämällä, jolloin lämmöneriste täyttää haastavatkin tilat onnistuneesti. Korjaustoimenpiteiden yhteydessä lisälämmöneristämällä ei kuitenkaan paranneta yläpohjan ilmatiiveyttä eikä poisteta sisäilman tai tuuletustilan välisten ilmavuotojen aiheuttamaa kosteusriskiä. (Ojanen et al. 2017 s. 91–92) Seuraavassa taulukossa on esitettyä kohteen olemassa olevan yläpohjan lämpöhäviöt, kustannukset sekä sen tuottama hiilijalanjälki.

Taulukko 16 Esimerkkirakennuksen yläpohjan kustannukset ja hiilijalanjälki vuosittain

Parametri	Arvo
U-arvo	0,15 $\text{W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$
Ala	582 m^2
Vuosittainen lämpöhäviö	8 114,71 kWh
Vuosittaiset kustannukset	530,07 €
Vuosittainen hiilijalanjälki	1,26 t CO_2

Yläpohjan lisälämmöneristämisen kustannuksiin vaikuttaa eristekerroksen paksuus ja vanhan yläpohjan eristekerroksen hyödynnettävyys uusitussa rakenteessa. Mikäli yläpohjaan ei tehdä mitään rakenteellisia muutoksia ja asennetaan ainoastaan villaeristettä, on sen kustannukset 100 mm kerrokselta 7 €/m² (Hahtela Oy 2022). Vanhan eristekerroksen purkukustannukset riippuvat myös purettavan kerroksen paksuudesta, sillä 100 mm eristekerroksen purkamisen kustannukset ovat 5,33 €/m² (Lindberg et al. 2022 s. 105). Hiilidioksidipäästöt, jotka aiheutuvat 200 mm eristekerroksen tekemisestä ovat seuraavan luettelon mukaiset (One Click LCA Ltd 2022).

- Materiaalit 8,55 kg CO₂e/m²
- Kuljetus 0,02 kg CO₂e/m²
- Jätteen poiskuljettaminen 0,02 kg CO₂e/m²
- Jätteen hävittäminen 0,02 kg CO₂e/m²

200 mm lisäeristyskerroksen toteuttamisesta aiheutuva hiilijalanjälki on 8,61 kg/m² ja vanhan 200 mm eristekerroksen purusta aiheutuva hiilijalanjälki on edelleen 0,04 kg/m². Seuraavassa taulukossa on esitettyä yläpohjan 200 mm lisäeristämisen sekä vanhan eristekerroksen purkamisen ja 400 mm eristekerroksen toteuttamisen korjaustoimenpiteiden kustannukset sekä hiilijalanjälki ja niiden myötä toteutuvat käytönaikaiset lämpöhäviöt sekä kustannukset. Vanhan eristekerroksen purkaminen on huomioitava tilanteissa, joissa se on vaurioitunut käyttökelvottomaksi esimerkiksi kosteusrasituksen myötä.

Taulukko 17 Yläpohjan lisälämmöneristämisen kokonaissästöjen nykyarvot sekä hiilidioksidipäästöjen säästöaika

Parametri	Lisälämmöneristäminen 200 mm U = 0,09 W/(K*m ²)	Vanhan eristekerroksen purkaminen ja 400 mm eristekerros U = 0,09 W/(K*m ²)
U-arvo	0,15 W/(K*m ²)	
Ala	582 m ²	
Vuosittainen lämpöhäviö	4 868,83 kWh	
Vuosittaiset kustannukset	318,04 €	
Korjausrakentamisen kustannukset	8 148,00 €	25 602,18 €

Kokonaissäästöt 0 % reaali- korolla	10 601,48 €	
Kokonaissäästöt 2 % reaali- korolla	6 662,82 €	
Kokonaissäästöt 4 % reaali- korolla	4 554,82 €	
Kokonaissäästöt 6 % reaali- korolla	3 342,01 €	
Vuosittainen hiilijalanjälki	0,75 t CO ₂	
Korjausrakentamisen hiilija- lanjälki	5,01 t CO ₂	15,13 t CO ₂
Vuosittain matalampi hiilija- lanjälki	0,50 t CO ₂	
Hiilidioksidipäästöjen säästö- aika	9,95 vuotta	30,08 vuotta

Yläpohjan lisälämmöneristämällä voidaan edeltävän taulukon mukaisesti säästää vuosittaisissa lämmityskustannuksissa matalimmalla reaalikorkotasolla vuosittain 212,03 € ja vuosittain aiheutetut hiilidioksidipäästöt laskisivat 0,50 t CO₂. Lämmöneristykseen parantamisen investointikustannukset sekä korjaustoimenpiteen hiilijalanjälki on keskimäärin kolme kertaa korkeampi vanhan eristekerroksen purkamisessa ja uuden 400 mm eristekerroksen toteuttamisessa kuin pelkässä lisälämmöneristämisessä.

Yläpohjan lämmöneristykseen parantaminen on taloudellisesti kannattavaa, jos vanhat rakenteet voidaan säilyttää ja toteuttaa ainoastaan lisälämmöneristys. Vanhan eristekerroksen purkamisen investoinnin kustannukset ylittävät reilusti säästöjen nykyarvon jokaisella tarkastelussa olevalla reaalikorkotasolla. Molemmat korjaustoimenpiteet ovat hiilidioksidipäästöjen säästöjen osalta tarkastelujakson aikana kannattavia. Yläpohjan lisälämmöneristämisen voidaan todeta olevan kannattava toimenpide rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi ja siten hiilineutraaliuden saavuttamiseksi. Energiahintojen vaikutukset investoinnin kannattavuuteen on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 18 Yläpohjan energiasaneerauksien herkkyytarkastelu

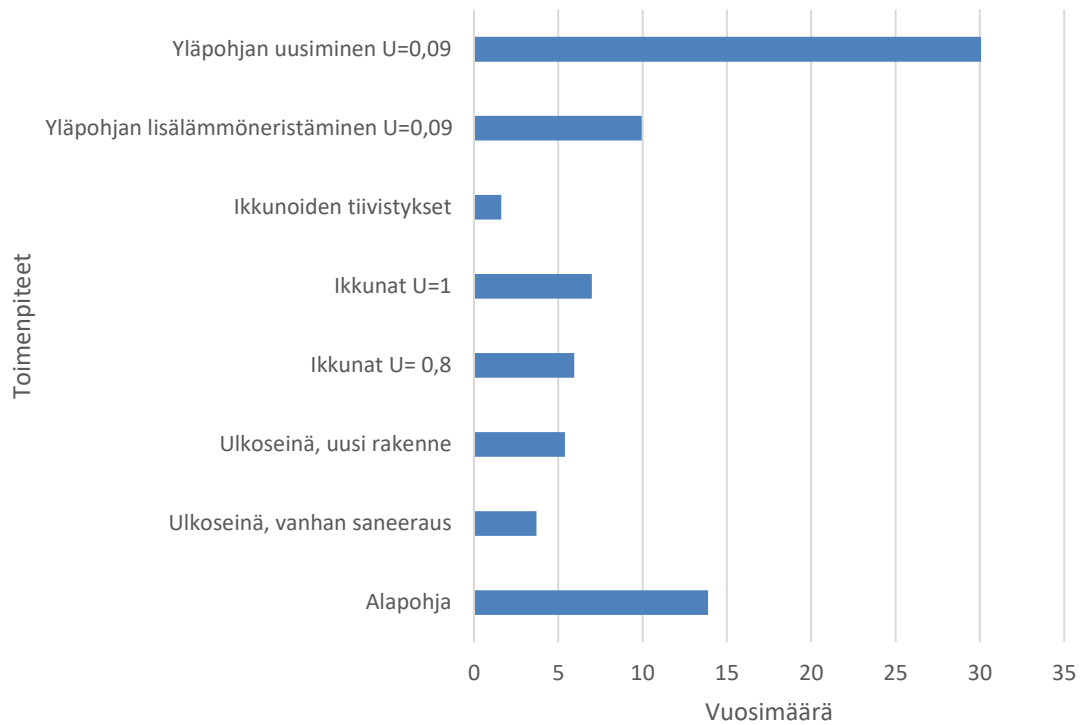
Parametri	Lisälämmöneristäminen 200 mm $U = 0,09 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$	Vanhan eristekerroksen purkaminen ja 400 mm eristekerros $U = 0,09$ $\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$
Herkkyys energian hinnalle 0 % reaalikorolla	0,77	2,41
Herkkyys energian hinnalle 2 % reaalikorolla	1,22	3,84
Herkkyys energian hinnalle 4 % reaalikorolla	1,79	5,62
Herkkyys energian hinnalle 6 % reaalikorolla	2,44	7,66

Taulukon 18 mukaisesti lämmityskustannusten pitäisi kasvaa lisälämmöneristämisessä 6 % reaalikorolla 2,44 kertaiseksi, jotta investointi olisi kannattava. Raskaamman korjaustoimenpiteen investointi on taas taloudellisesti kannattava 0 % reaalikorkotasolla, mikäli energianhinta nousee 2,41 kertaiseksi ja myös 6 % reaalikorkotasolla, mikäli energian hinta kasvaa 7,66 kertaiseksi.

5.6 Esimerkkikohteen toimenpiteiden yhteenveto

Esimerkkikohteen osalta tutkittiin toimenpiteiden kannattavuutta niin taloudellisesti kuin hiilidioksidipäästöjen osalta perustus-, alapohja-, ulkoseinä-, ikkuna- ja yläpohjarakenteissa. Kuvassa kaksitoista on esitettyä hiilidioksidipäästöjen säästöajat jokaisen tarkastellun toimenpiteen osalta.

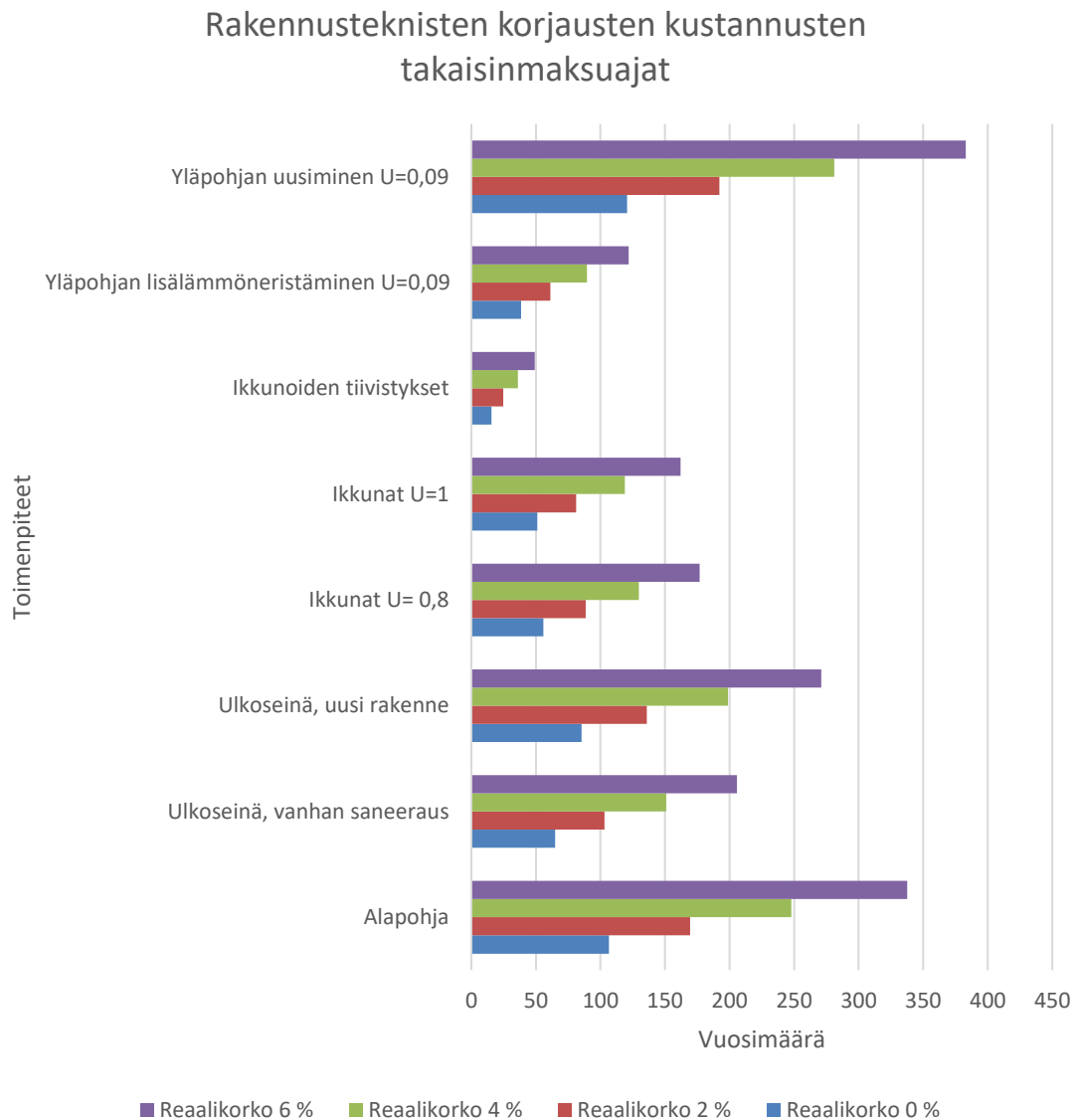
Rakennusteknisten korjausten hiilidioksidipäästöjen säästöaika



Kuva 12 Rakennusteknisten korjausten hiilidioksidipäästöjen säästöaika

Kuvassa kaksitoista on esitettyä kaikki esimerkkikohteen laskennassa läpikäytyt toimenpiteet sekä kyseisten toimenpiteiden hiilidioksidipäästöjen säästöaika. Hiilidioksidipäästöjen säästöajalla tarkoitetaan sitä vuosimäärää, joka menee korjaustoimenpiteestä aiheutuneiden hiilidioksidipäästöjen säästämiseen matalamman energiankulutuksen myötä. Mitä pidempi hiilidioksidipäästöjen säästöaika toimenpiteellä on, sitä kannattamattomampi toimenpide on. Korkeaan säästöaikaan vaikuttaa rakenteen energiatehokkuuden lähtötaso, korjaustoimenpiteen aiheuttama hiilijalanjäljen määrä sekä uuden rakenteen energiatehokkuuden taso. Esimerkkikohteen laskennassa tarkastelujakson pituudeksi valittiin 50 vuotta, sillä se toimii yksinkertaistuksena tarkasteltavien rakenteiden käyttöiästä, koska esimerkiksi rapatun julkisivun ja puuikkunoiden käyttöikä on normaaleissa käyttöolosuhteissa 50 vuotta (Rakennustietosäätiö RTS & LVI-Keskusliitto 2008 s.6–7). Hiilidioksidipäästöjen säästöajan perusteella kannattavimmat toimenpiteet ovat ikkunoiden tiivistyskorjaukset sekä ulkoseinän lisälämmöneristäminen vanhan ulkoseinäelementin päälle. Seuraavassa kuvassa on esitettyä rakennusteknisten korjausten investointikustannusten takaisinmaksuajat eri reaalkorkotasolla toteutettujen laskentojen mukaisesti. Esimerkkikohteen osalta laskennassa olleet rakenteet eivät tule toden-

näköisesti kestävään laskennallisten takaisinmaksuaikojen pituuden verran, mikäli takaisinmaksuaika ylittää 50 vuotta. Tässä tilanteessa yli 50 vuoden takaisinmaksuajan rakenteiden voidaan todeta olevan taloudellisesti kannattamattomia.



Kuva 13 Rakennusteknisten korjausten investointikustannusten takaisinmaksuajat

Kuvasta kolmesta nähdään, että rakennusteknisten korjaustoimenpiteiden investointikustannusten takaisinmaksuajat ylittävät melkein jokaisen korjaustoimenpiteen osalta 50 vuoden tarkastelujakson pituuden. Ikkunoiden tiivistykset ovat eri reaalikorkotasolla taloudellisestikin kannattava korjaustoimenpide ja se on myös kannattavin toimenpide hiilidioksidipäästöjen säästöajan osalta. Toiseksi taloudellisesti kannattavin toimenpide on yläpohjan lisälämmöneristäminen, joka on kuitenkin taloudellisesti kannattava ainoastaan 0 % reaalikorkotasolla. Rakennusteknisten korjaustoimenpiteiden hiilidioksidipääs-

töjen säästöaikojen ja investointikustannusten takaisinmaksuaikojen voidaan koota edelleen taulukko, jossa on kirjattuna toimenpiteiden kannattavuus hiilidioksidipäästöjen ja investointien kannattavuuden osalta.

Taulukko 19 Rakennusteknisten korjaustoimenpiteiden kannattavuus

Toimenpide	Kannattava hiilidioksidipäästöjen osalta	Kannattava investointikustannusten takaisinmaksun osalta
Yläpohjan uusiminen $U=0,09 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$	Kyllä	Ei
Yläpohjan lisälämmöneristäminen $U=0,09 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$	Kyllä	Kyllä, reaalikorkotasolla 0 %
Ikkunoiden tiivistykset	Kyllä	Kyllä, kaikilla reaalikorkotasolla 0–6 %
Ikkunat $U=1 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$	Kyllä	Ei
Ikkunat $U=0,08 \text{ W}/(\text{K}\cdot\text{m}^2)$	Kyllä	Ei
Ulkoseinä, uusi rakenne	Kyllä	Ei
Ulkoseinä, vanhan saneeraus	Kyllä	Ei
Alapohja	Kyllä	Ei

Rakennusteknisiä korjaustoimenpiteitä harkittaessa on kuitenkin tiedostettava, että kiinteistöt ovat erilaisia ja toimenpiteiden kannattavuus voi vaihdella merkittävästi kiinteistöjen välillä. Rakennusten eri rakenteiden tekniset käyttöiät vaihtelevat ja kun rakenne tulee teknisen käyttöiän päähän, on korjaustoimenpide pakko tehdä. Kun korjaustoimenpide tehdään teknisen käyttöiän päättymisen takia, voidaan hiilidioksidipäästöjä vähentää valitsemalla vähähiilisiä materiaaleja korjaustoimenpiteessä käytettäväksi. (Rakennustietosäätiö RTS & LVI-Keskusliitto 2008)

6. HAASTATTELUTUTKIMUS

6.1 Haastatteluiden tavoite ja toteutus

Diplomityöhön valittiin empiiriseksi osuudeksi haastattelututkimus, joka on kolmantena osa-alueena kiinteistöjen hiilineutraaliutta edistävien toimenpiteiden selvittämisessä. Haastattelututkimus valittiin osaksi diplomityötä, koska sillä pyritään saavuttamaan ajantasaisinta tietoa hiilineutraaliutta edistävien toimenpiteiden osalta rakennusalalla toimivilta ammattilaisilta.

Tämän tutkimuksen haastatteluosiossa haastateltiin yhdeksää kiinteistö- ja rakennusalalla toimivaa osapuolta. Haastatteluiden päätavoitteena oli selvittää haastateltavien toteuttamia tai konsulttoimia toimenpiteitä kiinteistöportfolion hiilineutraaliustavoitteiden edistämiseksi, ja samalla selvittää mitkä toimenpiteet ovat taloudellisesti tai hiilijalanjäljen pienentämisen osalta kannattavimpia. Haastateltavat toimivat kiinteistö- ja rakennusalan eri sektoreilla, eli haastateltavat ovat kiinteistösijoittaja, konsultteja ja urakoitsijoita. Koska haastateltavat toimivat eri tehtävissä rakennusalalla voi heidän vastauksensa erota toisistaan joiltakin osin. Laajalla haastateltavien otannalla pyrittiin saavuttamaan mahdollisimman asiantuntevaa ja kattavaa tietoa hiilineutraaliuden saavuttamiseksi toteutettavista toimenpiteistä.

Diplomityön haastattelu toteutettiin teemahaastatteluina Microsoft Teamsin välityksellä sekä Äyräväinen Rakennuttaminen Oy:n toimistolla. Haastattelutilaisuudet nauhoitettiin haastateltavien suostumuksella, jotta haastattelut saatiin purettua tulosten kokoomiseksi. Haastateltaville toimitettiin haastattelukysymykset etukäteen ennen haastattelutilaisuutta ja jokaiselle haastateltavalle toimitettiin liitteen yksi mukaiset haastattelukysymykset. Haastattelutilaisuudet pidettiin osittain vapaamuotoisena ja haastattelukysymykset toivat rungon haastattelun kululle. Tutkimustuloksiin on vaikuttanut merkittävästi haastateltavien asema ja työtehtävät, kiinteistöportfolioon kuuluvien kiinteistöjen tyyppi sekä yrityksen omat tavoitteet hiilineutraaliuden osalta.

Useat eri kiinteistösijoittajat ovat asettaneet hiilineutraaliuden tavoitteeksi tiettyyn vuoteen mennessä. Tavoitteiden konkretisoimiseksi kiinteistösijoittajat ovat toteuttaneet myös erillisiä tiekarttoja, joissa on voitu ottaa kantaa esimerkiksi konkreettisiin toimenpiteisiin, vastuuhenkilöihin ja tavoiteaikatauluihin hiilineutraaliuden osalta. Green Building Council on myös toimeenpannut erillisen kansainvälisen, vapaaehtoisen sitoumuksen, jolla pyritään kannustamaan rakennus- ja kiinteistöalan organisaatioita hiilineutraaliin

energiankäyttöön vuoteen 2030 mennessä. (Newsec 2019, Kojamo 2022, Ilmarinen 2021)

Haastattelujen tulokset hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamisen osalta on esitetty luvussa 6.2 ja jokainen eri kysymyskokonaisuus on eritelty omaksi alaluvukseen. Luvussa 6.2 esitetyt haastatteluiden tulokset on esitetty satunnaisessa järjestyksessä eikä niitä ole litteroitu haastateltavien järjestyksen mukaisesti.

6.2 Haastattelujen tulokset

6.2.1 Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi tehdyt toimenpiteet

Kiinteistöjen hiilineutraaliuden saavuttamiseksi haastateltavat esittivät konkreettisia toimenpiteitä, joita on toteutettu hiilineutraaliuden edistämiseksi. Haastateltavat esittivät myös hiilineutraaliuden saavuttamiseen liittyvään prosessiin kuuluvia toimenpiteitä. Useat haastateltavista henkilöistä nostivat esille sen, että he ovat toteuttaneet tai konsultoineet tiekarttoja ja erilaisia ohjeistuksia hiilineutraaliuden edistämiseksi. Tiekarttojen ohella esille nostettiin myös yksittäisiä sitoumuksia hiilineutraaliuden edistämiseksi, kuten Green Dealit, ja tiekartoissa todettiin myös yksittäisillä toimijoilla olevan päästöhierarkiatavoitteita sekä toimenpiteiden järjestelyä kannattavuuden mukaan. Toteutettujen tiekarttojen välillä oli myös haastateltavien välillä eroa esimerkiksi tavoiteaikataulujen osalta.

Useat eri haastateltavat ottivat kantaa siihen, että tehtyjä toimenpiteitä on toteutettu hiilijalanjälki- ja -kädenjälkilaskennan avulla. Yksittäiset toimijat ovat myös toteuttaneet monitavoiteoptimointia, joissa on tarkasteltu eri vaihtoehtojen kokonaisuutta ja miten tavoitteisiin on mahdollista päästä. Kiinteistöissä toteutettavat ympäristöluokitukset, kuten LEED ja BREEAM nousivat useassa eri haastattelutilanteessa esille toteutettuja toimenpiteitä läpikäydessä. Haastateltavat nostivat myös esille sen, että kiinteistöjen käyttäjiä on osallistutettu hiilineutraaliuden saavuttamistavoitteisiin esimerkiksi velvoittamalla käyttäjät selvittämään järjestelmien kuormia. Yritykset ovat myös pitäneet sisäisiä koulutuksia hiilineutraaliustavoitteiden osalta. Kolme eri haastateltavaa mainitsi myös, että he ovat toteuttaneet taksonomiavaatimusten edistämiseen liittyviä toimenpiteitä, kuten raportointia ja konsultointia.

Merkittävimpana teemana haastattelutilanteissa nousi esille kiinteistön energiatehokkuuden ja energiatalouden parantaminen sekä siihen liittyvät toimenpiteet. Energiatehokkuuden osalta haastateltavat mainitsivat seuraavan luettelon mukaisia kokonaisuuksia.

- Vihreän sähkön hyödyntäminen.

- Päästöttömän energian hyödyntäminen.
- Aurinkoenergian käyttäminen.
- Hiilineutraalin kaukokylmän käyttäminen.
- Ostoenergiankulutuksen pienentäminen ja vähentäminen.

Hiilidioksidivapaan sähkön osalta yksi haastateltava ilmaisi, että energiayhtiöillä on erilisiä polkuja päästöttömyyden saavuttamiseksi. Taloteknisten järjestelmien ratkaisujen osalta useat eri haastateltavat nostivat esille ilmalämpöpumppujen hyödyntämisen kiinteistössä, kun se on mahdollista. Taloteknisten järjestelmien osalta nousi myös esille seuraavan luettelon mukaisia jo toteutettuja toimenpiteitä hiilineutraaliuden edistämiseksi.

- Vesipisteiden järkevöittäminen ja talotekniikan ratkaisujen optimointi.
- Automaation tehostaminen ja oikeellisuuden varmistaminen.

Rakennusteknisten toimenpiteiden osalta yleiseksi trendiksi haastatteluissa nousi purkumateriaalien hyödyntäminen sekä kiertotalouden periaatteiden noudattaminen omassa toiminnassa. Purkumateriaalien hyödyntämisen lisäksi yksittäiset toimijat ovat kiinnittäneet huomiota vähähiilisten materiaalien käyttämiseen, rakenteiden lisälämmöneristämiseen, tiivistysten korjaamiseen, ikkunoiden vaihtamiseen ja rakenteellisiin parannustöihin, tilatehokkuuden parantamiseen sekä ulkovaipan korjaamiseen tilanteissa, joissa ulkovaippa on teknisen käyttöikänsä päässä. Yksi haastateltava mainitsi myös, että työmaat ovat päästöttömiä ja päästöjä voidaan poistaa myös puita istuttamalla.

6.2.2 Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi suunnitellut toimenpiteet

Hiilineutraaliuden saavuttamiseksi suunniteltujen toimenpiteiden osalta muutama haastateltava nosti esille yritykselle suunnitellun tiekartan noudattamisen. Yleiseksi trendiksi haastatteluissa nousi esille taksonomian vaatimukseen vastaaminen sekä ympäristösertifikaatit.

Haastateltavat toivat eniten esille energiaan ja energiatehokkuuteen liittyviä kokonaisuuksia, mutta konkreettiset toimenpiteet erosivat haastateltavien välillä. Yksittäisiä esille nostettavia toimenpiteitä energian ja energiatehokkuuden osalta olivat olemassa olevan järjestelmän älyllistäminen, energiayhteisöjen toteuttaminen eli energian myynti

taloyhtiöstä toiseen, ilmanvaihdon parantaminen, ilmanvaihtokoneen uusiminen, kiinteistöautomaation parantaminen, uusiutuvan energian ratkaisut, kulutus- ja kysyntäjousto, lämpöpumppuratkaisut sekä aurinkosähkön toteuttaminen.

Haastateltavat ottivat myös tulevien toimenpiteiden osalta kantaa suunnitteluprosessiin seuraavan luettelon mukaisesti.

- Varmistetaan, että suunnitelmilla saavutetaan teknisesti toimiva ratkaisu.
- Varmistetaan suunnitelmien oikeellisuus.
- Suunnitellaan kiinteistöjä purettavaksi ja samalla myös suunnitellaan purkumateriaalien loppusijoittaminen.
- Suunnitellaan sopeutuminen ilmastonmuutokseen.
- Suunnitellaan muuntojoustavia ratkaisuja.
- Valitaan vähähiilisiä tuotteita käytettäväksi kiinteistöissä.

Useat eri haastateltavat toivat haastattelutilanteissa esille rakentamisprosessiin liittyviä tulevaisuuden toimenpiteitä muun muassa kierrätysmateriaalien ja purkujätteen kierrätettävyyden osalta. Yksittäiset haastateltavat mainitsivat myös, että tulevaisuudessa työmaa-aikaiset energiat pyritään ohjaamaan hiilidioksidivapaaksi sekä valitsemaan käytettäväksi koneiksi ja laitteiksi vähäpäästöisiä tuotteita. Tulevaisuuden osalta haastattelutilaisuuksissa keskusteltiin myös selvitystarpeista ilmastonselvityksen, metsä- ja puistoalueiden hiiliensidonnasta sekä taksonomiavaatimuksiin vastaamisen osalta.

Hiilineutraaliuden edistämisen osalta nostettiin myös esille haasteita, jotka olivat ohjauskeinojen puute ja kiinteistön sijainnin vaikutus toteutettaviin toimenpiteisiin. Helsingin keskustassa sijaitsevaan kiinteistöön toteutettavat toimenpiteet ovat rajalliset verrattuna muualla sijaitseviin kiinteistöihin.

6.2.3 Toimenpiteiden kannattavuus kustannusten ja hiilijalanjäljen osalta

Kannattavimpien toimenpiteiden osalta keskeisimpänä teemana haastatteluissa oli energiaan liittyvät ratkaisut muun muassa energian tuotantotapojen, energiansäästöjen ja energiatehokkuuden osalta. Yhdessä haastattelutilaisuudessa käytiin myös läpi kiinteistösijoittajan näkökulmaa kiinteistön hiilineutraaliuteen. Kiinteistösijoittajan näkökulmasta on pyritty tutkimaan mikä ovat nyt ja tulevaisuudessa kiinteistöjen vuokralaisille merkittäviä asioita ja hiilineutraaliudella todettiin olevan merkitystä myös muille sijoittajille. Kiinteistösijoittajan näkökulmasta energiatodistukset ovat tärkeitä ja kansainväliset yritykset voivat jopa vaatia tietyn tasoista energiatehokkuutta kiinteistöltä. Kiinteistöille hankittavat

sertifikaatit alkavat nykyään olemaan välttämättömyyksiä sijoituskohteissa ja osaltaan myös kiinteistöjen sertifiointissa nähdään kiinteistökehityspotentiaalia arvonnousun kautta. Korkeat sertifikaattiluokat auttavat myös erottumaan kiinteistömarkkinoilla, jolloin suuremman ostajamäärän myötä kiinteistön arvokin on suurempi.

Suurin osa haastateltavista nosti esille, että lämpöpumppuratkaisut ovat kannattavia, koska lämpöpumppujen hyötysuhde on hyvä. Muutama haastateltava esitti kuitenkin huolen lämpöpumppujen toimivuudesta huippukulutuspiikkien aikana, koska esimerkiksi lämpöpumppu on viimekädessä sähkökäyttöinen järjestelmä. Melkein puolet haastateltavista toivat myös esille, että aurinkosähkön hyödyntäminen kiinteistöissä on kannattavaa. Yksittäisinä huomioina aurinkosähkön osalta nostettiin esille, että aurinkosähköjärjestelmät on voitu mitoittaa käytön mukaan, aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus nousee kiinteistön sähkönkulutuksen noustessa ja aurinkopaneelien sijoitushorisontti voi olla 15 vuotta ja käyttöikä 30 vuotta. Yhdessä haastattelussa keskusteltiin kysyntäjoustopon mahdollisesta kannattavuudesta tulevaisuudessa, koska rakennusautomaatiolla voitaisiin ohjata energiankulutusta ja sitä mitä järjestelmiä priorisoidaan kiinteistöllä sähkönkäytön osalta.

Talotekniikkaan liittyvät ratkaisut olivat haastatteluissa keskeisessä roolissa kannattavia toimenpiteitä läpikäytäessä, koska esimerkiksi neljässä eri haastattelutilaisuudessa käsiteltiin hukkalämmön hyödyntämistä tiloja lämmitäessä. Hukkalämpöä voidaan ottaa talteen muun muassa jäähdytysilmasta ja edelleen siirtää hukkalämpö liiketilasta tai serveritilasta asuntoon. Muutama haastateltava kertoi myös, että ilmanvaihtoon ja rakennusautomaatioon liittyvät toimenpiteet ovat kannattavia. Erillisinä huomioina ilmanvaihdon ja rakennusautomaation osalta esitettiin puhaltimien uusintaa, lämmöntalteenoton asentamista, valaistuksenohjauksen tehostamista ja lämmityksen järkevöittämistä. Yksittäinen toimenpide, joka todettiin haastatteluissa jo esitettyjen lisäksi myös kannattavaksi, oli asuntokohtaisten vesimittarien asentaminen.

Rakennusteknisten toimenpiteiden osalta useammassa eri haastattelussa todettiin, että rakenteiden lisälämmöneristäminen ei ole kannattava toimenpide, koska rakennusten nykyiset eristekerrokset ovat jo todella paksuja. Yksittäisissä haastatteluissa rakennusteknisten töiden osalta kannattaviksi toimenpiteiksi esitettiin yksinkertaisia tiivistyksiä, tuulikaappien toteuttamista liiketiloihin, materiaalien optimointia, rakennepaksuuksien optimointia sekä rakentamistarpeen ja sisustuselementtien mahdollista lämmöneristysvaikutusta. Muutamat haastateltavat mainitsivat myös, että korjausrakennuspuolella materiaalisidonnaisia päästöjä voidaan vähentää kustannustehokkaasti valitsemalla vähäpäästöisiä rakennusmateriaaleja. Ikkunoihin liittyvät korjaustoimenpiteet olivat teemana

useammassa haastattelussa, koska ikkunoiden uusimisella voidaan vaikuttaa sisäilman olosuhteisiin ja ikkunoita voidaan korjata myös lisäämällä ainoastaan sisälasi.

Useat eri haastateltavat kertoivat myös työmaatoiminnan järkevöittämisestä ja tehostamisesta seuraavan luettelon mukaisten toimenpiteiden kautta.

- Kierrätysmateriaalien hyödyntäminen.
- Työmaalogistiikan ja -toiminnan tehostaminen.
- Purun ja purkujätteen uudelleenkäytön tehostaminen.
- Päästöttömän työmaan toteuttaminen.

Miltei jokainen haastateltava mainitsi, että toimenpiteiden kannattavuutta on arvioitu elin-kaarilaskennalla tai kokonaistarkastelulla. Haastatteluissa laskennan osalta erityis- huomioita tehtiin kuitenkin takaisinmaksuaikojen tutkimisen, herkkyytarkastelujen to- teuttamisen, valittujen toimenpiteiden optimoinnin, tuottolaskennan ja hiiliskenaarioiden osalta. Teemana haastatteluissa keskusteltiin myös toimenpiteiden kannattavuuden riip- pumisesta kiinteistöstä, johon toimenpiteet toteutetaan.

6.2.4 Lainsäädännön ja ohjauskeinojen vaikutus toimenpitei- siin

Lainsäädännön ja ohjauskeinojen vaikuttamisen osalta keskeisimpänä teemana melkein jokaisessa haastattelutilanteessa oli taksonomia ja sen vaatimukset. Taksonomian osalta eri haastatteluissa nostettiin esille myös seuraavan luettelon mukaisia asioita.

- Taksonomiakriteerien täyttämiseksi selvitetään sertifikaattien soveltuvuutta.
- Taksonomia vaikuttaa hankkeiden suunnitteluun ja melkein jokaisessa hank- keessa tehdään taksonomiaselvityksiä. Taksonomia ohjaa eri toimenpiteisiin sa- neeraushankkeiden suunnitteluvaiheessa.
- Taksonomiajärjestelmä on ollut jo pidempään olemassa, mutta sitä ei välttämättä vielä ymmärretä täysin.

Taksonomian lisäksi muutamissa haastatteluissa nousi esille Ympäristöministeriön laa- timat esitykset hiilineutraaliuden edistämiseksi. Ympäristöministeriön osalta keskeisim- pänä teemana oli ilmastoselvitys, joka vaikuttaa eniten hankkeiden materiaalisidonnai- siin päästöihin. Yksittäisissä haastatteluissa esitettiin, että yritykset ovat halukkaita las- kemaan rakennushankkeen hiilijalanjäljen, kun se tulee osaksi lainsäädäntöä. Ympäris- töministeriön asettamien ohjauskeinojen ja lainsäädännön ohella muutamissa haastat- teluissa nousi esille myös energiatehokkuusdirektiivin vaikuttaminen yrityksen toimin- taan.

Vaikka haastatteluissa käsiteltiin ohjauskeinojen ja lainsäädännön vaikuttavuutta, todettiin muutamassa haastattelutilanteessa, että niissä on vielä kehitettävää. Ohjauskeinojen ja lainsäädännön kehittämisen osalta teemoja olivat seuraavan luettelon mukaiset asiat.

- Ohjaavin asia hiilineutraaliuden saavuttamisessa on yrityksen oma tiekartta.
- Hiilijalanjälki pitäisi vaatia lainsäädännössä kokonaisvaltaisesti käsiteltäväksi.
- Kaavoituksessa pitäisi olla parempi ymmärrys hiilijalanjäljen osalta vaadittavista toimenpiteistä. Materiaalien käyttöä pitäisi edistää käyttötarkoituspohjaisesti.
- Viranomaisten on oltava tiiviisti mukana hiilineutraaliuden edistämässä.
- Lainsäädäntö ja ohjauskeinot eivät ole vaikuttaneet suoraan vaan ainoastaan välillisesti yrityksen toimintaan. Yrityksen oma politiikka ja sisäiset tavoitteet vaikuttavat eniten, mutta niitä ohjaa lainsäädäntö sekä ohjauskeinot.
- Päätökset toimenpiteistä ovat perustuneet kiinteistön arvoa lisääviin toimenpiteisiin.
- Ohjauskeinot ovat tällä hetkellä puutteellisia – niiden pitäisi olla määräyksiä, jotka sitovat osapuolia.

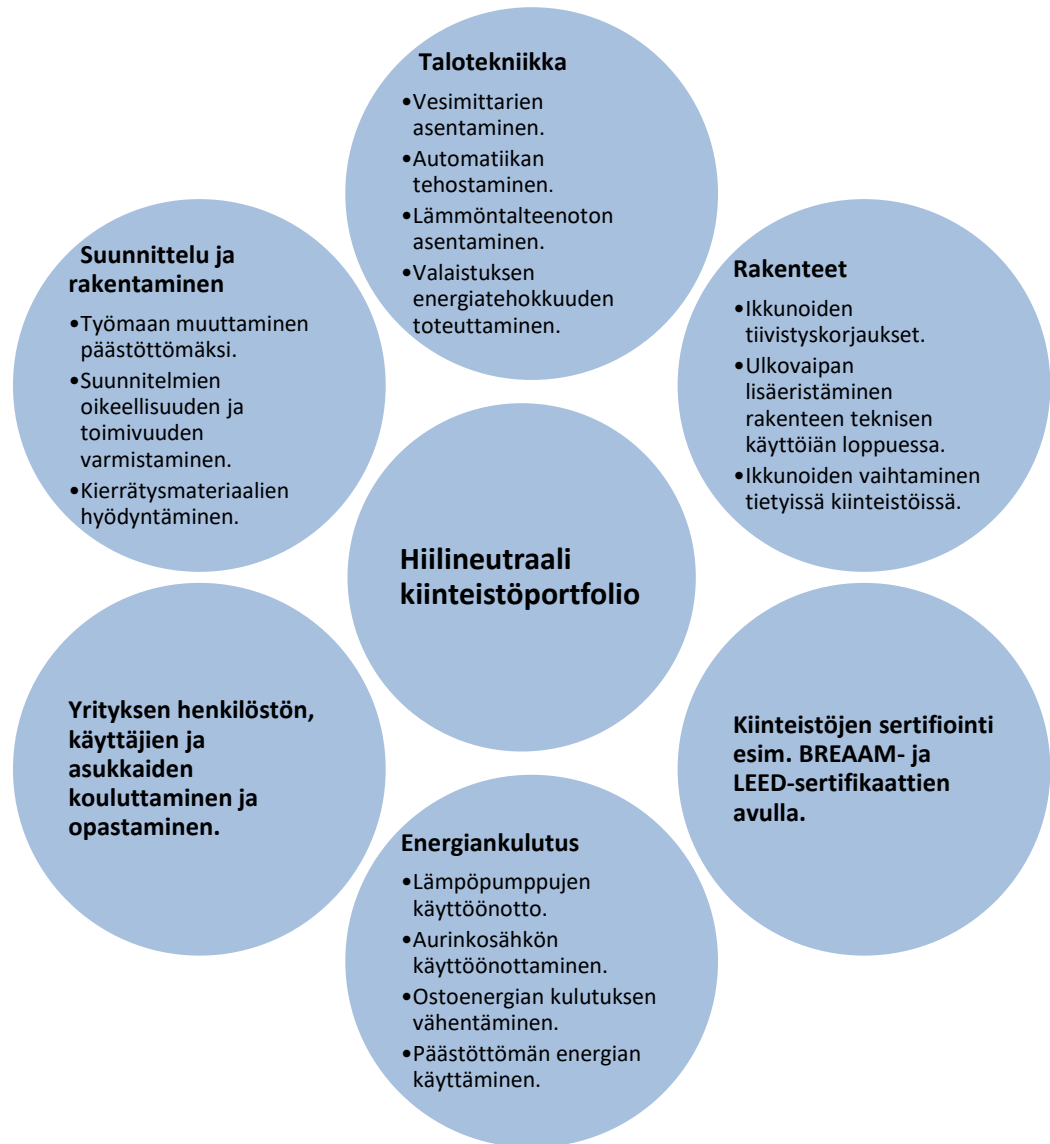
7. TULOKSET

Hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi kannattavia toimenpiteitä tutkittiin kirjallisuuskatsauksen, esimerkkikohteen laskennallisten toimenpiteiden ja haastattelututkimuksen avulla. Hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamista edistävien toimenpiteiden lisäksi kirjallisuuskatsauksessa ja haastattelututkimuksessa keskityttiin myös toimintaympäristöön hiilineutraaliuden ympärillä muun muassa lainsäädännön ja ohjauskeinojen kautta.

Kirjallisuuskatsauksessa, esimerkkikohteen laskennallisissa toimenpiteissä ja haastattelututkimuksessa toistuivat samat teemat kannattavien ja yhtäläisesti kannattamattomien toimenpiteiden osalta. Kannattavuuden arvioinnissa on tutkittava aina kiinteistökohtaisesti, että millä toimenpiteillä voidaan saavuttaa mahdollisimman suuria säästöjä tai pienennyksiä kustannusten ja hiilidioksidipäästöjen osalta. Kannattavat toimenpiteet voivat erota merkittävästi riippuen kiinteistön tyypistä, eli asuinkerrostalossa toteutettavat toimenpiteet voivat olla eriäviä toimistorakennuksessa toteutettavista toimenpiteistä.

Hiilineutraaliustavoitteita suunniteltaessa on myös suunniteltava, että mitkä ovat kiinteistöportfolion tavoitteet. Yritykset voivat esimerkiksi joissakin kiinteistöportfolioissa edistää hiilineutraaliutta suosimalla auringosta saatavaa energiaa ja joissakin kiinteistöissä saaneeraamalla kiinteistön primäärienergiamuodoksi lämpöpumppujärjestelmän. Kiinteistöportfolioon liittyvien tavoitteiden lisäksi yrityksiä on huomioitava omassa päätöksenteossään myös yrityksiä omat tavoitteet sekä mahdolliset tiekartat, jotka ohjaavat hiilineutraaliutta. Kiinteistöportfolioiden haltijoiden on myös kannattavaa tutkia millä tavalla hankkeita saataisiin taksonomian alaisuuteen.

Kannattavien toimenpiteiden arvioinnissa on syytä tarkastella kustannusten ja hiilidioksidipäästöjen osuuksia elinkaaren näkökulmasta, eli käytettävien rakennusmateriaalien tuotannosta aina rakenteen, rakennuksen tai materiaalin purkuun asti. Energiasaneeraus- ja korjausrakennushankkeita suunniteltaessa hiilidioksidipäästöt ja kustannukset on huomioitava ainoastaan hankkeen toteutuksen jälkeiseltä ajalta. Hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi kannattavat toimenpiteet on esitetty seuraavassa kuvassa.



Kuva 14 Kannattavat toimenpiteet hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi

Kuvaan neljätoista on koottu kannattavimmat toimenpiteet, jotka on koottu kirjallisuuskatsauksen, esimerkikohteeseen liittyvän laskennan sekä haastattelututkimuksen pohjalta. Koonnin perusteella havaitaan, että suurin osa kannattavista toimenpiteistä liittyy energiankulutukseen ja talotekniikkaan. Kuitenkin myös rakenteellisilla korjauksilla voidaan tietyissä kohteissa saavuttaa kannattavasti säästöjä sekä pienennyksiä hiilijalanjälkeen ja käyttökustannuksiin. Energiankulutukseen ja talotekniikkaan liittyvät energiasaneeraukset ovat toimenpiteitä, joita kiinteistöjen haltijat ovat toteuttaneet ja joita on suunniteltu myös tulevaisuudessa toteutettavaksi. Rakenteelliset korjaustoimenpiteet eivät ole kannattavia ja rakenteellisten korjaustoimenpiteiden takaisinmaksuaika voi lisäksi lämmöneristämisisä olla jopa usean sadan vuoden verran, jolloin niiden toteuttaminen ei ole kannattavaa muulloin kuin rakenteen teknisen käyttöiän loppuessa. Suunnittelu- prosessiin ja rakentamisprosessiin liittyvät toimenpiteet ovat osaltaan toimenpiteitä, joita

on suunniteltu tulevaisuudessa tehtäväksi, koska suurimmat säästöt päästöihin saadaan energiankulutusta vähentämällä.

Toimintaympäristön ajurien, eli esimerkiksi lainsäädännön ja ohjauskeinojen vaikutusten todettiin olevan vielä osittain puutteellista. Lainsäädännössä ja ohjauskeinoissa esitetyt toimenpiteet eivät ole täysin osapuolia sitovia ja hiilineutraaliuden määritelmä ei ole vielä välttämättä kaikkien osapuolien tiedossa. Lainsäädännön olisi syytä olla enemmän sitovaa ja velvoittavaa nykytilanteeseen verrattuna, koska silloin osapuolet saataisiin sitoutettua paremmin noudattamaan hiilineutraaliuden tavoitteita. Yrityksien laatimien hiilijalanjäljen vähentämiseen tarkoitettujen tiekarttojen voidaan todeta saavan vaikutuksia ohjauskeinoista ja lainsäädännöstä.

Taksonomia on trendi, joka tiedostetaan tällä hetkellä kiinteistösijoittamisessa ja joka tulee olemaan hiilineutraaliuden keskiössä myös tulevaisuudessa. Taksonomian alaisuuteen on pyritty ohjaamaan joidenkin toimijoiden toimesta yksittäisiä hankkeita ja kiinteistöjä, kun taas osa toimijoista on pyrkinyt ohjaamaan kaikki hankkeet taksonomian alaisuuteen. Taksonomian lisäksi kiinteistöportfolion hallintaan vaikuttavat energiatehokkuusdirektiivit sekä kehitteillä oleva rakennuslaki, jossa tullaan vaatimaan ilmastaselvitystä rakennushankkeista, jotka ovat luvanvaraisia.

8. YHTEENVETO

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia kannattavia toimenpiteitä hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi. Kokoamalla yhteenveto kirjallisuuskatsauksen, esimerkkikohteen laskennallisten toimenpiteiden ja haastattelujen tuloksista pystyttiin erittelemään kannattavat toimenpiteet. Kannattavimmat toimenpiteet hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi liittyvät kiinteistön energiatehokkuuteen, energiankulutukseen ja uusiutuvien energianlähteiden käyttämiseen. Muita hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamisen kannalta kannattavia toimenpiteitä ovat muun muassa lämmöntalteenoton toteuttaminen, LEED ja BREEAM-luokitusten hankinta, automaation parantaminen, kevyiden rakenteellisten tiivistysten toteuttaminen ja käyttäjien ohjeistaminen sekä kouluttaminen.

Hiilineutraalin kiinteistöportfolion edistämiseksi löydettyjä kannattavia toimenpiteitä voidaan hyödyntää toimenpiteitä suunniteltaessa. Toimenpiteet on kuitenkin tarkasteltava aina kohdekohtaisesti, koska kiinteistöt eroavat toisistaan muun muassa rakennetyyppien, primäärienergiamuodon ja energiankulutuksen osalta, jonka myötä eri toimenpiteet ovat eri kiinteistöissä kannattavia. Kannattavuudet on tutkittava elinkaarta tarkastelemalla, jotta voidaan varmistua siitä, että toimenpiteet ovat optimoiduimmat niin kustannusten kuin hiilijalanjäljenkin osalta.

Jatkotutkimusaiheena on mahdollista tutkia tässä työssä esitettyjä kannattavia toimenpiteitä hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamiseksi tarkemmalla tasolla tai tutkia tarkemmin hankkeiden ohjaamista taksonomian alaisuuteen. Yksittäisten toimenpiteiden kannattavuus eroaa eri kiinteistöjen välillä, jolloin niiden optimointi on tehtävä aina kohdekohtaisesti. Tarkastelua olisi kannattavaa tehdä erikseen asunto- kuin toimistokäyttöön tarkoitettujen kiinteistöjen osalta. Taksonomian alaisuuteen ohjattavia hankkeita on myös kannattavaa tutkia, koska taksonomian alaisuudessa olevat hankkeet ovat vihreän rahoituksen piirissä.

LÄHTEET

- Ahola, R., Liljeström, K. (2018). Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratalokohteessa. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. Saatavissa: https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2018/12/Hiilijalanj%C3%A4ljen-pienent%C3%A4minen-kustannustehokkaasti_2018.pdf
- Awadh, O. (2017). Sustainability and green building rating systems: LEED, BREEAM, GSAS and Estidama critical analysis. Journal of Building Engineering Vol. 11. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710216301152>
- BDO Oy. (2020). Blogi: Mitä due diligence tarkoittaa ja miksi se on yrityskaupoissa tärkeää?. Saatavissa: <https://www.bdo.fi/fi-fi/nakemyksia/blogit/yritysjarjestelyt/mita-due-diligence-tarκοittaa-ja-miksi-se-on-yrityskaupoissa-tarkeaa>
- Bionova Oy. (2017). Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Saatavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjäljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf
- Carvalho, J., P. Murphy, S., P. Stuart, E. Larsen, P., H. Goldman, C., A. (2019). Evaluating project level investment trends for the U.S. ESCO industry: 1990-2017. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/am/pii/S0301421519302344>
- Compensate. (2022). Purchase Compensate Carbon Credits. Saatavissa: <https://store.compensate.com/>
- Council of the European Union. (2020). Update of the NDC of the European Union and its Member States. Saatavissa: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14222-2020-REV-1/en/pdf>
- Dufva, M. (2020). Sitran selvityksiä 162 – Megatrendit 2020. Suomen itsenäisyyden juhlarahasto. Saatavissa: <https://www.sitra.fi/app/uploads/2019/12/megatrendit-2020.pdf>
- Ekosähkö Oy. (2022). Vinkkejä sähkön säästämiseen. Saatavissa: <https://www.ekosahko.fi/kotiasiakkaille/vinkkejä-sähkön-saastamiseen>
- Euroopan parlamentti. (2021). Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarκοittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>

European Commission. (2019). The European Green Deal. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>

European Commission. (2021). REGULATION (EU) 2021/1119 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1119>

European Commission. Energy efficient buildings. Saatavissa: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings_en

Gaia Consulting Oy. (2020). Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 – Osa 2. Vähähiilisuuden mahdollisuuksien tarkastelu. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiili_seminaaries/raportit_lopulliset/rt-raportti-2_vahahiilisuuden-mahdollisuudet_final.pdf

Gaia Consulting Oy. (2020b). Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035 – Osa 4. Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisuuden tiekartta 2020–2035–2050. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys_uudet/rt_4.-raportti_vahahiilisuuden-tiekartta_lopullinen-versio_clean.pdf

Gibson, V. A., Louargand, M. (2002). Risk Management and the Corporate Real Estate Portfolio. American Real Estate Society Annual Meeting. Saatavissa: <https://centaur.reading.ac.uk/24554/1/0202.pdf>

Haahtela Oy. (2022) Kustannustieto TAKU 2022.

Hasik, V., Escott, E., Bates, R., Carlisle, S., Faircloth, B., Bilec, M. M. (2019). Comparative whole-building life cycle assessment of renovation and new construction. Building and Environment. Vol. 161. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319304287>

Helsingin kaupunki. Helsinki hiilineutraaliksi. Saatavissa: <https://www.myhelsinki.fi/fi/va-litse-vastuullisemmin/helsinki-hiilineutraaliksi>

Hiilipörssi Oy. (2022). Kompensaation muodostuminen ja kustannukset. Saatavissa: <https://hiiliporssi.fi/info/laskenta/>

Hishamuddin, M., A. (2006). Modern Portfolio Theory: Is There Opportunity for Real Estate Portfolio? Department of Property Management, Faculty of Geoinformation Science and Engineering. Saatavissa: <http://eprints.utm.my/id/eprint/481/1/14-26.pdf>

Holopainen, R., Hekkanen, M., Hemmilä, K., Norvasuo, M. (2007). VTT Tiedotteita 2377. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>

- HSY. (2019). Taloyhtiön energiankulutus ja seuranta sekä energiatehokkuustoimet. Saatavissa: <https://energianeuvonta.fi/wp-content/uploads/2019/09/190925-eksperttikoulu-tus-Ilmastoinfo.pdf>
- Hunziker, R., Carroll, C. (2020). Net-zero buildings – Where do we stand? Saatavissa: <https://www.wbcscd.org/contentwbc/download/12446/185553/1>
- Huuhka, S., Vainio, T., Moisio, M., Lampinen, E., Knuutinen, M., Bashmakov, S., Köliö, A., Lahdensivu, J., Ala-Kotila, P., Lahdenperä, P. (2021). Ympäristöministeriön julkaisuja 2021:9 - Purkaa vai korjata? Hiilijalanjälkivaikutukset, elinkaarikustannukset ja ohjauskeinot. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162862>
- Häkkinen, T., Kuittinen, M., Suomela, M. (2020). Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Ikkunawiki. U-arvo. Saatavissa: <https://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/u-arvo/>
- Ilmarinen. (2021). Sijoitamme kestävään tulevaisuuteen – Ilmarisen ilmastotiekartta määrittää suuntaviivat kohti hiilineutraaleja eläkevaroja. Saatavissa: <https://www.ilmari-nen.fi/tietoa-ilmarisesta/ajankohtaista/uutiset-ja-tiedotteet/2021/ilmastotiekartta-jul-kaistu/>
- Ilmatieteen laitos. (2022). Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Saatavissa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>
- Khoshnava, S. M., Rostami, R., Valipour, A., Ismail, M., Rahmat, A. R. (2016). Rank of green building material criteria based on the three pillars of sustainability using the hybrid multi criteria decision making method. Journal of Cleaner Production. Vol. 173, pp. 82-99. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652616316766>
- Kojamo. (2022). Kestävien kaupunkien rakentaja. <https://kojamo.fi/vastuullisuus/kestavien-kaupunkien-rakentaja/>
- Kołodziejczyk, B. Mielcarz, P. Osiichuk, D. (2019). The concept of the real estate portfolio matrix and its application for structural analysis of the Polish commercial real estate market. Economic Research-Ekonomska Istraživanja. pp. 301-320. Saatavissa: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/1331677X.2018.1556110>
- Koskenvesa, A., Sahlstedt, S., Mäki, T., Lahtinen, M. (2018). Rakennushankkeen kustannushallinta. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6033>

- Kuittinen, M., le Roux, S. (2017). Vähähiilisen rakentamisen hankintakriteerit. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80654/YO_2017_Vaha-hiilisen_rakentamisen_hankintakriteerit.pdf
- Kuntarahoitus. (2022). Saatavissa: <https://www.kuntarahoitus.fi/>
- Kämpf-Dern., A. Pfnür, A. (2010). Nomenclature, Scope of Service, and Interfaces of Real Estate Investment-, Portfolio-, Asset-, Property and Facility Management. Saatavissa: <https://eres.architecturez.net/doc/oai-eres-id-eres2010-198>
- Landström, M. (2020). Onko päästöjen kompensointi rahastusta? Saatavissa: <https://www.sitra.fi/blogit/onko-paastojen-kompensointi-rahastusta/>
- Lindberg, R., Kivimäki, C., Heinolainen, P. (2022). Korjausrakentamisen kustannuksia 2022. Rakennustieto Oy.
- Mikkola, M., Ryytänen, T. (2007). VTT Tiedotteita 2410. Liiketoimintamallit talotekniikan elinkaari palveluissa. Saatavissa: <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/tiedotteet/2007/T2410.pdf>
- Motiva Oy. (2020). Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. Saatavissa: <https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia>
- Motiva Oy. (2021). Vedenkulutus. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/hyva_ arki_ kotona/vedenkulutus
- Motiva Oy. (2022). Kaukolämmön hinta. Saatavissa: https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/kaukolampo/kaukolammon_hinta
- Motiva Oy. (2022b). Mitä ovat lämmitystarveluvut? Saatavissa: [https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian_kaytto/kulutuksen_normitus/mita_ovat_lammitystarveluvut](https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/mita_ovat_lammitystarveluvut)
- Muczyński, A. (2015). An Integrated Approach to Real Estate (Portfolio) Management. Real Estate Management And Valuation. Vol. 23. No. 2. pp. 5-16. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/282628273_An_Integrated_Approach_to_Real_Estate_Porfolio_Management
- Newsec. (2019). Newsec toimii ilmastonmuutosta vastaan Net Zero Carbon Buildings sitoumuksella. Saatavissa: <https://www.newsec.fi/ajankohtaista/Uutiset/newsec-toimii-ilmastonmuutosta-vastaan-net-zero-carbon-buildings--sitoumuksella/>

Newsec. (2021). Newsec Suomi Vastuullisuusraportti 2021. Saatavissa: https://www.newsec.fi/globalassets/finland/dokumentit/vastuullisuus/newsec-vastuullisuusraportti-2021_final.pdf

Nugent, A., Montano-Owen, C., Pallares, L., Richardson, S., Rowland, M. (2022). World Green Building Council: EU Policy Whole Life Carbon Roadmap. Saatavissa: <https://figbc.fi/julkaisu/eu-policy-whole-life-carbon-roadmap/>

Ojanen, T., Nykänen, E., Hemmilä, K. (2017). Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa - Opas. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Saatavissa: https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/opaat-ohjeet/rek_27042017.pdf

Omavoima Oy. (2022). Pörssisähkön hinta kuukausittain. Saatavissa: <https://omavoima.fi/spot-sahkon-hintahistoria>

One Click LCA Ltd. (2022). One Click App.

Oulun Rakennusvalvonta. (2013). Ikkunakorjaus. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/laatukortit-ja-ohjeet>

Oulun Rakennusvalvonta. (2013b). Yläpohjan lisälämmöneristys. Saatavissa: <https://www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/laatukortit-ja-ohjeet>

Palomäki, J., Olenius, A., Nissinen, S. (2010). Korjaustöiden laatu 2011. Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/Ratu%20KI-6019>

Rakennusteollisuus RT ry. (2020). Rakennetun ympäristön hiilijalanjälkeä voidaan huomattavasti kutistaa nopeilla toimilla. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Ajan-kohtaista/Tiedotteet1/2020/rakennetun-ympariston-hiilijalanjalkea-voidaan-huomattavasti-kutistaa-nopeilla-toimilla2/>

Rakennusteollisuus RT ry. Kestävän rakentamisen standardit luovat yhdenmukaiset pelisäännöt. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Rakentaminen-ja-vaaralliset-aineet/CENCT-350-Kestava-rakentaminen/>

Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto. (2008). Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Saatavissa: <https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2019/04/KH-90-00403.pdf>

Rakennustietosäätiö RTS. (2004). Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja -parannus. Saatavissa: <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2056-10831>

Sand, M. (2019). Säästöjä taloyhtiöissä - mitä opimme? Saatavissa: <https://www.sitra.fi/blogit/saastoja-taloyhtioissa-mita-opimme/>

Schütze, F., Stede, J. (2021). The EU sustainable finance taxonomy and its contribution to climate neutrality. Journal of Sustainable Finance & Investment. Saatavissa: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20430795.2021.2006129>

Seppälä, J. (2014). Ilmastopaneeli – Kohti hiilineutraalia yhteiskuntaa. Saatavissa: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2018/10/Hiilineutraalisuus_taukara-portit_2014.pdf

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. (2017). Rakennusten energiatehokkuusstandardit. Saatavissa: <https://metsta.fi/wp-content/uploads/2020/05/Rakennusten-energiatehokkuus-2017-05.pdf>

Suomen ympäristökeskus. (2022). Hinku-verkosto. Saatavissa: <https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-fi/Hinku>

Talotekniikkateollisuus. (2021). Poistoilman lämmöntalteenotto lämpöpumppujärjestelmällä. Saatavissa: <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/poistoilman-lammontalteenotto-lampopumppujarjestelmalla>

Tec Heat Ab Oy. Maalämpö vs. kaukolämpö. Saatavissa: <https://www.techeat.fi/maalampo/lammitysjarjestelmat/maalampo-vs-kaukolampo/>

Tilastokeskus. (2020). Suomen virallinen tilasto: Sähkön ja lämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt, energiavuosi 2020 [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: https://pxho-pea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0011.htm

Tilastokeskus. (2021a). Suomen virallinen tilasto: Suomen kasvihuonekaasupäästöt [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: https://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-05-21_kat_001_fi.html

Tilastokeskus. (2021b). Suomen virallinen tilasto: Rakennukset (lkm, m²) käyttötarkoituksen ja lämmitysaineen mukaan, 2021 [Verkkajulkaisu]. Saatavissa: https://pxweb2.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_rakke/stat-fin_rakke_pxt_116h.px/

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022). Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisija 2022:41. Vihreän siirtymän rahoitus kasvupolitiikan osana. Saatavissa: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164262>

Tähkänen, M., Tähtinen, L. (2021). Katsaus kiinteistö- ja rakennusalan ilmastokestävyyden nykytilaan. Green Building Council Finland. Saatavissa: <https://figbc.fi/wp-content/uploads/sites/4/2021/04/Katsaus-kira-ilmastokestävyyden-nykytilaan-04-2021.pdf>

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

World Green Building Council. (2021). WorldGBC Net Zero Carbon Buildings Commitment – Introduction: Business & Organizations. Saatavissa: <https://www.worldgbc.org/thecommitment>

Ympäristöministeriö. (2009). Työryhmämuistio - Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen. Saatavissa: https://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmamuistio_Huoneistokohtaisten_vesimittareiden_kaytto_ja_vaiikutukset_rakennusten_energiankulutukseen.pdf

Ympäristöministeriö. (2017a). Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Saatavissa: <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Ympäristöministeriö. (2017b). Kysymyksiä ja vastauksia vähähiilisestä rakentamisesta. Saatavissa: <https://ym.fi/kysymyksiä-ja-vastauksia-vahahiilisesta-rakentamisesta>

Ympäristöministeriö. (2018). Sähkönkulutus hallintaan. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/fi-fi/rakentaminen/korjaustieto/taloyhtiöt/energiatehokkuus/Energiahukan_vahentaminen/Sahkonkulutuksen_hallinta

Ympäristöministeriö. (2018b). Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Saatavissa: https://www.ymparisto.fi/download/Energiatodistusopas_2018_Vanhojen_rakennusten_tyypillisia_suunnitteluarvoja-pdf/%7BA6558C5F-9B2E-40E5-B261-605118163F03%7D/141252

Ympäristöministeriö. (2022). Luonnos hallituksen esityksestä eduskunnalle rakennuslakia koskevaksi lainsäädännöksi. Saatavissa: <https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2022/04/Luonnos-hallituksen-esityksesta-rakentamislaki.pdf>

LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET

1. Mitä toimenpiteitä yritys on ottanut käyttöön hiilineutraalien rakennusten saavuttamiseksi tai hiilineutraaliusvaatimusten täyttämiseksi? Mikäli yritys ei itse ole ottanut käyttöön toimenpiteitä - mitä toimenpiteitä yritys on konsultoinut muille yrityksille?
2. Onko yritys suunnitellut ottavansa käyttöön tulevaisuudessa toimenpiteitä hiilineutraalien rakennusten saavuttamiseksi tai konsultoinut muita yrityksiä hiilineutraalin kiinteistöportfolion saavuttamisessa? Jos on - mitä?
3. Mikäli yritys on tehnyt toimenpiteitä, ovatko toimenpiteet olleet taloudellisesti kannattavia? Mitkä ovat olleet taloudellisesti kannattavimpia toimenpiteitä? Mitkä ovat olleet eniten hiilidioksidipäästöjä vähentäviä toimenpiteitä?
4. Onko tuleva hiilineutraaliutta ja vähähiilisyttä vaativa lainsäädäntö, ja ohjaukset ovat vaikuttaneet yrityksen toimintaan tai konsultoituihin toimenpiteisiin? Onko yritys pyrkinyt ohjaamaan saneerauksia esimerkiksi taksonomian vaikutusten alaisuuteen?

HAASTATELTAVAT:

Heidi Sell, energia-asiantuntija, Ramboll Finland Oy

Jere Pirhonen, SRV Rakennus Oy

Katarina Varteva, A-Insinöörit Rakennuttaminen Oy

Markku Kosonen, Äyräväinen Rakennuttaminen Oy

Miisa Tähkänen, Green Building Council Finland ry

Mikael Orkovaara, Cavendo Oy

Niina Nurminen, Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen

Tapio Jalo, Senaatti-kiinteistöt

Tuomo Niemelä, Granlund Oy