



Open your mind. LUT.
Lappeenranta University of Technology

TUOTANTOTALOUDEN KOULUTUSOHJELMA

Kestävä kehitys kiinteistöjen rakentamisessa ja suunnittelussa

**Sustainable development in real estate construction and
planning**

Kandidaatintyö

Marko Buuri

TIIVISTELMÄ

| | |
|--|-----------------------------|
| Tekijä: Marko Buuri | |
| Työn nimi: Kestävä kehitys kiinteistöjen rakentamisessa ja suunnittelussa | |
| Vuosi: 2018 | Paikka: Lappeenranta |
| Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous. 34 sivua, 3 taulukkoa ja 1 liite Tarkastaja: Nina Tura | |
| Hakusanat: kestävä kehitys, kiinteistö, suunnittelu | |
| Keywords: sustainable development, real estate, planning | |
| <p>Kandidaatintyö käsittelee kestävästä kehitystä kiinteistöjen rakentamisessa. Työn tavoitteena on selvittää, mitä asioita voidaan sisällyttää kestäväan kehitykseen ja mitkä tekijät voivat vaikuttaa negatiivisesti sekä postitiivisesti kestäväan rakentamiseen ja suunnitteluun. Koska käsitys kestävä kehitys on todella laaja, työssä tuodaan esille esimerkkejä, joita voidaan hyödyntää kestävässä rakentamisessa. Huomioon otettavia asioita ovat rakennuksen energiatehokkuus, materiaalit, rakennustavat, julkisen ja ympäristöystävällisen liikenteen mahdollisuudet sekä tekoälyn hyödyntämisen rakennuksessa. Kestäväan rakentamisen ajureilla ja esteillä tuodaan esille eri tekijöiden vaikutukset kestäväan rakentamiseen. Haastatteluilla tuodaan esille konsultointiyrityksen näkemystä kestävästä kehityksestä ja kuinka sitä voitaisiin edistää.</p> <p>Työssä todettiin, että rakennuksen ympäristöystävällisyyttä voidaan parantaa esimerkiksi passiivimenetelmillä ja uusiutuvilla energialähteillä. Kestäväan rakentamista voidaan edistää suunnittelupuolella muun muassa rakennusten elinkaarilaskelmilla, tietomallinnuksella, jatkuvalla yhteydenpidolla asiakkaisiin ja selkeällä viitekehysellä kestäväan kehityksen tavoitteista rakennusprojektissa.</p> | |

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 1.1 | Tutkimuksen tausta | 1 |
| 1.2 | Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus | 2 |
| 1.3 | Tutkimusmenetelmät ja aineisto | 2 |
| 2 | Kestäviä ratkaisuja rakennussuunnittelussa | 4 |
| 2.1 | Materiaalitehokkuusratkaisuja | 5 |
| 2.2 | Energiatehokkuusratkaisuja | 8 |
| 2.3 | Liikenne | 13 |
| 2.4 | Elinkaariarviointi | 14 |
| 2.5 | Esineiden internet kiinteistöissä..... | 17 |
| 3 | Ajurit ja esteet kestävässä rakennuttamisessa | 20 |
| 3.1 | Sisäiset ajurit | 20 |
| 3.2 | Ulkoiset ajurit..... | 22 |
| 3.3 | Sisäiset esteet | 25 |
| 3.4 | Ulkoiset esteet | 27 |
| 4 | Haastattelut | 28 |
| 4.1 | Tutkimusmenetelmä..... | 28 |
| 4.2 | Haastattelujen tulokset | 28 |
| 5 | Johtopäätökset..... | 31 |
| 6 | Lähteet..... | 35 |

1 JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Kestävää kehitystä käsiteltiin ensimmäisen kerran YK:n Brundtlandin komissiossa 1987, jossa määriteltiin, että ”kestävän kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolvilta mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa”. (United Nations 1987 s. 41) Kestävän kehityksen kolme peruspilaria ovat ekologinen, taloudellinen, sosiaalinen ja kulttuurinen kestävyys. Ekologisessa kestävyudessa pyritään sopeuttamaan ihmisen toiminta luonnon kestokykyyn säilyttäen biologinen monimuotoisuus ja ekosysteemien toimivuus. Taloudellisella kestävyydellä pyritään tasapainoiseen kasvuun, joka ei perustu velkaantumiseen tai varantojen häviämiseen. Sosiaalisella ja kulttuurisella kestävyydellä taataan hyvinvoinnin edellytysten siirtyminen seuraaville sukupolville. (Ympäristöministeriö 2013)

Rakennusteollisuus RT ry:n mukaan Suomessa rakennettu ympäristö ja liikenne hyödyntävät 60 % energian loppukäytöstä ja tuottavat 55 % kaikista päästöistä. Kiinteistöjen osuus Suomessa kulutettavasta energiasta on lähes 40 %. Varsinainen rakentaminen ja rakennusmateriaalit tuottavat vain 4 % kiinteistöjen päästöistä, mikä tarkoittaa, että suurin osa päästöistä muodostuu rakennuksen käytön aikana. Rakentamisen ja rakennusteollisuuden päästöillä on näin ollen merkittävä vaikutus kestävässä kehityksessä. Koska rakennuskanta uusiutuu vain noin prosentin vuodessa energiatehokkuuden parannustoimet, tulisi ajoittaa korjausten yhteyteen, mikä tuo omia haasteita. (Rakennusteollisuus RT ry s. 2, 9, 11) Työn motivaationa on tuoda esille erilaisia kestäväan rakentamiseen liittyviä mahdollisuuksia ja selvittää kirjallisuuden perusteella, mitkä asiat voivat vaikuttaa sen edistämiseen.

Työn aiheena on selventää mitä kuuluu kestäväan kehitykseen kiinteistöjen suunnittelussa ja rakentamisessa ja mitkä ovat ajureita ja esteitä sen edistämiseksi. Työ sisältää myös haastattelun, jossa tuodaan esille konsultointiyritys Rambollin näkemys kestävästä kehityksestä ja kuinka sitä on pyritty edistämään.

Ramboll on Tanskassa vuonna 1945 perustettu kansainvälinen suunnittelu- ja konsultointiyritys. Suomessa Ramboll Finlandissa työskentelee noin 2300 työntekijää. Ramboll Finland tarjoaa konsultointipalveluita infrastruktuurissa, ympäristön ja rakennusten

suunnittelussa, rakennuttamisessa ja rakennuksen ylläpidossa sekä johdon konsultoinnissa. Ramboll Finlandin liikevaihto on 207 miljoonaa euroa. (Ramboll 2018c) Yrityksen arvoja ovat näkemyksellisyys ja laadukkuus, rehellisyys ja välittäminen, valtuuttaminen ja yhteistyö sekä työnilo ja innostus (Ramboll, 2018b). Ramboll tarjoaa muun muassa kestävän rakentamisen ratkaisuja, joissa otetaan huomioon energiatehokkuuksia ja tarjotaan elinkaarilaskelmia sekä ympäristöluokituksia (Ramboll 2018a).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millaisia vaihtoehtoja voidaan sisältää kestävään rakennuttamiseen ja mitä tulisi ottaa huomioon suunnittelussa parantaakseen kestävästä rakentamisesta. Koska kestävä kehitys on käsityksenä todella laaja, työn ensimmäisessä osassa tuodaan esiin joitakin kiinteistörakentamisen eri ratkaisuvaihtoehtoja, joilla voidaan vaikuttaa materiaalitehokkuuteen ja energiatehokkuuteen. Osioissa tarkastellaan myös, kuinka tekoälyä voi hyödyntää rakennuttamisessa ja rakennuksen käytön aikana, miten ympäristöystävällistä liikkumista voidaan edistää sekä millaisia hyötyjä elinkaarilaskelmilla on rakennuksen suunnittelussa.

Kolmannessa kappaleessa käydään läpi kestävästä rakennusprojektiin vaikuttavia ajureita ja esteitä. Kappaleessa pyritään avaamaan eri tekijöiden positiivisia ja negatiivisia vaikutuksia kestävästä rakentamisesta hyödyntämiseen. Neljännessä kappaleessa tuodaan esille, miten Rambollin sisällä nähdään kestävä kehitys ja kuinka sitä edistetään. Viimeinen kappale koostuu tutkimuksen johtopäätöksistä. Kappaleessa pyritään selvittämään, miten suunnitteluprosessissa voidaan edistää kestävästä kehityksen asioita.

Työn tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Millaisia kiinteistösuunnittelun kestävästä kehityksen ratkaisuja voidaan hyödyntää?
- Miten kestävästä kehityksen asioita voidaan edistää kiinteistösuunnittelussa?

1.3 Tutkimusmenetelmät ja aineisto

Tutkimusaineistoina käytettiin rakennuttamiseen ja suunnitteluun perustuvia kirjallisuuslähteitä, jotka painottuvat vihreään ja kestävästä rakentamiseen ja ajureihin sekä esteisiin, mitkä vaikuttavat kestävästä rakentamiseen. Tutkimus on kirjallisuuspainoinen, jota

on tuettu kahdella haastatteluilla. Haastattelut toteutettiin Rambollin työntekijöille, jotka ovat Rambollin Kestävän Kehityksen-tiimin edustajia. Haastatteluilla tuotiin esille, kuinka Rambollin sisällä edistetään ja kestävä kehityksen toimintaa, mitä asioita nähdään kestävä kehityksenä ja mitä kestävä kehitykseen liittyviä palveluita tarjotaan asiakkailleen kiinteistösuunnittelussa. Haastatteluilla halutaan myös tuoda näkemys, miten yrityksessä huomioidaan kestävä kehitystä.

2 KESTÄVIÄ RATKAISUJA RAKENNUSSUUNNITTELUSSA

Kestävän rakentamisen tavoitteisiin kuuluu vähentää ympäristölle haitallisia vaikutuksia, resursseja uusiutumattoman energian käyttöä, parantaa rakennuksen käyttäjien terveyttä, hyvinvointia ja tuottavuutta, edistää talouskehitystä, kasvattaa taloudellista tuottoa sekä hyödyntää elinkaarimenetelmiä yhdyskuntasuunnittelussa. Kestävät rakennukset ovat vaikuttaneet myös sosiaaliseen hyvinvointiin esimerkiksi kasvattamalla tuottavuutta ja ottamalla huomioon rakennuksen käyttäjät rakennusten suunnittelusta lähtien. (Haapasalo, Herrala, Möttönen, Nissinen, Vainio, Vainio 2012, s. 8) Taulukossa 1. on esitettyä kestävän kehityksen ulottuvuudet rakennusteollisuudessa.

Taulukko 1 Kestävän kehityksen osa-alueet rakennuttamisessa (Muokattu Haapasalo et al. 2012, s. 8)

| Taloudellinen | Ekologinen | Sosiaalinen |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • olemassa olevien rakenteiden parantaminen • ylläpito ja palvelut • muutoksiin sopeutuminen • toimiva infra • toimintaedellytykset | <ul style="list-style-type: none"> • luonnonvarojen säästäminen • uusiutuvat energiat • kierrätys ja uudellenkäyttö • biodiversiteetti (luonnon monimuotoisuus) • ilmastonmuutokseen sopeutuminen | <ul style="list-style-type: none"> • turvallisuus • terveellisyys • viihtyvyys • hyvinvointi • estetiikka • toiminnallisuus • liikkuminen • yhteydet • arvot • arvostus • kulttuurit ja perinteet |

Ekologisesta näkökulmasta energiatuotannon muuttaminen päästöttömäksi on vaikuttavin keino asumisen kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi (Ahonen et al. 2014, s. 22). Voidaan yleistää, että rakennuksen elinkaaren aikana energiaa käytetään materiaalien valmistuksessa, niiden toimittamisessa, rakentamisessa, rakennuksen käytössä ja rakennuksen purkuvaiheessa. Suurin osa energiakulutuksesta tapahtuu rakennuksen käyttövaiheessa, jossa energiaa tarvitaan muun muassa lämmittämiseen, ilmanvaihtoon veden lämmitykseen ja valaistukseen, joten

erilaisilla energiaa säästävillä toimenpiteillä ja uusiutuvan energian hyödyntämisellä voidaan rakentaa ympäristöystävällisempi rakennuksia. Tietoteknisillä ratkaisuilla voidaan myös optimoida rakennuksen energiakulutusta ja passiivisilla ratkaisuilla voidaan vähentää tarvittavaa energiamäärää esimerkiksi valaistukseen ja lämmitykseen. (Jadhav 2016, s. 1, 2, 6)

Seuraavissa kappalaisessa esitetään kirjallisuudesta löydettyjä vaihtoehtoja, mitä rakentamiseen liittyviä ratkaisuja voidaan hyödyntää energia- ja materiaalitehokkuuden parantamiseksi sekä ympäristölle haitallisten päästöjen vähentämiseksi. Lopussa esitetään, mitä elinkaariarviointimenetelmällä tarkoitetaan ja miten tietoteknisillä ratkaisuilla voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuutta rakennuksen käytön aikana.

2.1 Materiaalitehokkuusratkaisuja

Materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa rakennuksen tuottamiin päästöihin rakentamisen ja käytön aikana. Rakennusvaiheessa voidaan pyrkiä mahdollisimman vähän tuottamaan rakennusjätettä ja rakennuksen purkuvaiheessa osa materiaaleista voidaan mahdollisuuksien mukaan kierrättää. Materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa muun muassa rakennuksen lämpöhäviöiden määrään ja ne voivat kylmissä olosuhteissa toimia myös lämpövarastoina pitääkseen rakennuksen sisälämpötilan tasaisena. Tässä kappaleessa esitellään, joitakin kirjallisuudesta esiintyviä rakennusmateriaaleja ja -tapoja, joilla voidaan parantaa materiaalitehokkuutta ja huomioida ympäristöystävällisyyttä.

Puun käyttöä lisäämällä voidaan vähentää uusiutumattomien luonnonvarojen kulutusta ja valmistuksessa aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä ja energiakulutusta. Puukerrostaloja voidaan rakentaa kantavat seinät- runkojärjestelmällä, pilari-palkkijärjestelmällä, tilaelementtijärjestelmällä tai yhdistelmä rakennejärjestelmällä. Kantavat seinät- järjestelmässä kantavina elementteinä ovat rakennuksen ulkoseinät tai rakennuksen keskilinjaa sijoitettu pilari-palkkilinja. Huoneiston väliseinät voivat toimia tarvittaessa rakennuksen kantavina välielementteinä, mutta näitä pyritään välttämään, koska ne vaikeuttavat huoneistojen muuntomahdollisuuksia. Kantavina elementteinä voivat toimia muun muassa CLT-massiivipuulevyt, jonka levyrakenne koostuu vähintään kolmesta eri vahvuisesta kerroksesta, jotka liimataan yhteen ympäristöystävällisillä liimoilla. CLT-levyjä voidaan valmistaa suurina, mikä nopeuttaa rakentamista ja vähentää puskuliitosten määriä. Elementit voidaan toimittaa

halutun valmiusasteen mukaan, sisältäen toimitusvaiheessa eristeitä, pintamateriaaleja, ikkunoita ja ovia, mikä nopeuttaa rakennuttamista kohteessa. (Tolppanen, Karjalainen et al. 2013, 39, 43, 44, 46, 48, 49)

Pilari-palkkijärjestelmässä rungon muodostavat liima- tai kertopuiset pilarit ja palkit, joihin väli- ja yläpohjatasot ja ulkoseinät tukeutuvat. Välipohjat rakennetaan yleisimmin tasoelementeistä, jotka ovat ripalaattavälipohjaelementtejä. Elementtien pintaan tulevat askeläänieristys, betoni- tai kipsilevymassavalukerros sekä tarpeelliset pintamateriaalit ja elementtien välitilassa voidaan kuljettaa LVS-asennuksia ja sprinkleritekniikkaa. Tilaelementit sisältävät valmiin lattian, seinät ja katot sekä niihin voidaan asentaa ikkunoita, ovia, kiintokalusteet ja LVIS-tekniikkaa, mikä tekee rakentamisesta nopeampaa. Nämä elementit valmistetaan tehtaalla ja yhdistetään toisiinsa rakennustyömaalla. Yhdistelmä rakenteissa käytetään puun lisäksi muun muassa betoni- tai kipsivalua ääneneristyksen lisättäessä. Betonia voidaan käyttää myös kantavana rakenteena puun kanssa. (Tolppanen et al. 2013, s. 46, 47, 48, 49)

Puun käyttö edistää hiilidioksidin sitoutumista metsiin ja kasvillisuuteen lisäten hiilinieluja ja puumateriaalit sitovat itseensä hiiltä, mikä tekee niistä pitkäaikaisia hiilivarastoja. Puurakennustuotteet esivalmistetaan teollisesti pitkälle, mikä vähentää materiaalihukkaa. Elinkaarensa lopussa puumateriaaleja voidaan kierrättää ja muuttaa energiaksi ja ne vapauttavat hiilidioksidia vain sen verran mitä niihin on varastoitunut. (Tolppanen et al. s. 129, 130, 131, 132)

Boehm, Mandala et al. (2011) mukaan kevytbetonilla voidaan käyttää rakennusmateriaalina tavallisen betonin kanssa vähentääkseen raaka-aineen käyttöä ja lisätä lämmönresistiivisyyttä. Betonia lasketaan kevyeksi, mikäli sen tiheys on pienempää kuin 2000 kg/m^3 . Rakentamisessa kevytbetonin tiheys vaihtelee $1600\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$ välillä, mutta eristystarkoituksissa 1450 kg/m^3 tiheistä betoniakin voidaan käyttää. Lämpöeristystä voidaan parantaa kevytbetonilla sekoittamalla siihen tiheydeltään pieniä täyteaineita. (Boehm, Mandala et al. 2011, s. 3620)

Elementtirakentamisella voidaan vähentää rakennusjätteen määrää. Perinteiseen rakennuttamiseen nähden vähentyvät paikallavalut, rakennustelineiden käyttö, puutavarasta

tehdyt muotit, vahvistukset (Li, Tam, Wang 2015, s. 244) Elementtirakentamisen hyötyjä ovat pienempi hiilidioksidin erityis tuotantovaiheessa, koska ne valmistettu sisätiloissa, joka on kontrolloitu ympäristö. Elementtitalo voidaan nopeammin rakentaa rakennustyömaalla, mikä vähentää tarvittavaa aikaa rakentamisessa, ja täten vähentää materiaalihukan määrää. Komponenteilla rakentaminen on lisännyt myös turvallisuutta rakennustyömaalla. (Jadhav 2016, s. 139)

Rakennusjäte tuottaa kaatopaikassa päästöjä veteen, ilmaan ja maaperään, mikä lisää hiilidioksidin ja metaanin määrää jätteen anaerobisessa hajoamisessa. Työmaalla jätteen aiheuttavia tekijöitä ovat rakennusmenetelmät, materiaalikäsittely. Esimerkiksi tietomallinnuksella, johon ovat yhdistetty rakennusprojektin eri osa-alueita, kuten arkkitehtuuri, rakennussuunnittelu, sähkösuunnittelu, putkisuunnittelu voidaan laskea ja minimoida jätteen määrä ohjelman muodostetuilla algoritmeilla. Näin tietomallintamista hyödyntäen voidaan mallintaa, mitkä tekijät aiheuttavat paljon rakennusjätteen muodostumista. Hyvin suunnitellussa projektissa riskien määrä on pienempi ja lisätöiden määrää voidaan vähentää, mikä taas vähentää rakennusjätteen määrää. (Chen, Chen et al. 2017, s. 588) Rakennuksen purkuvaiheessa voidaan materiaaleja kierrättää mahdollisuuden mukaan. Jotta materiaalien kierrättäminen olisi kannattavaa, kierrätettyjen materiaalien pitäisi olla kilpailukykyisiä hinnaltaan sekä laadultaan verrattuna uusiin materiaaleihin. Parantaakseen kierrätettyjen materiaalien laatua, rakennusjäte pitää lajitella, erotella ja prosessoida, mikä lisää materiaalin käsittelykustannuksia. (Bacher, Dahlbo et al. 2015, s. 334)

Menetelmiä veden kulutuksen vähentämiseksi voidaan hyödyntää uusissa ja jo olemassa olevissa rakennuksissa. Esimerkiksi ilmastimia voidaan sekoittaa vettä ja ilmaa keskenään, mikä vähentää veden käyttömäärää. Ilmastimia voidaan liittää hanoihin ja integroida suihkuihin. Toimintaperiaate on samanlainen riippumatta ilmastimien käyttökohteesta. Korkeapaineisia suihkusuuttimia voidaan liittää hanoihin, jolloin vettä ei tarvitse kuluttaa paljoa esimerkiksi ruuantähteiden pesemiseen. Automaattihanat tunnistavat liikkeen liikesensorien avulla, jolloin vettä kuluu vain sen verran, mitä tarvitaan. Vettä voidaan säästää myös kaksitoimisella vetoahti wc-istuimella ja vedettömällä pisuaareilla. Sadevettä voidaan kerätä esimerkiksi katolta räystäskouruihin ja syöksyputkien kautta vesisäiliöihin. Ennen sen käyttöä vesi tulisi suodattaa mekaanisesti, mutta myös tarpeen vaatiessa kemiallinen veden

käsittely on tarpeen organismien tappamiseksi. Sateesta kerättyä vettä voidaan hyödyntää esimerkiksi puutarhassa ja vessojen huuhteluun. (Jadhav 2016, s. 126, 127, 128, 132)

2.2 Energiatehokkuusratkaisuja

Yleisesti ottaen energiaa kulutetaan kiinteistöjen materiaalien valmistuksessa, materiaalien kuljetuksessa, rakentamisessa, kiinteistön käytössä, sen purkamisessa ja kierrätysmateriaalien kuljettamisessa (Jadhav 2016 s. 1). Rakennuksen käyttövaiheessa energiaa kuluu muun muassa lämmitykseen, jäähdytykseen valaistukseen ja sähköisten laitteiden käyttöön. Osa otetusta energiasta kuluu lämpöhäviöihin. Energiatehokkaalla rakentamisella pyritään vähentämään näitä häviöitä, mikä vähentää rakennuksen lämmitys- ja viilennyskustannuksia. Parantaakseen energiaterhokkuutta rakennuksessa käytetään mahdollisuuden mukaan uusiutuvaa omavaraisenergiaa, joka on toimivaa ja taloudellisesti kannattavaa. Energiaterhokkuuden tavoitteina voivat olla esimerkiksi hyväksyttävän E-luvun saavuttaminen, elinkaarikustannusten optimointi, uusiutuvan omavaraisenergian saavuttaminen tai energiakäytön päästöjen vähentäminen (RIL 2015, s. 30, 81). Tässä kappaleessa esitetään joitakin uusiutuvan energia ratkaisuja rakennuksissa ja kuinka energiakulutusta voidaan tehostaa.

Passiivisen suunniteluun kuuluvat rakennuksen sijainti, asemapiirustus ja rakennuksen vaippa, johon kuuluvat seinät, katot, ikkunat, eristys ja varjostus. Passiivisella suunnittelulla, kuten rakennuksen sijoittumisella voidaan vaikuttaa rakennukseen tulevaan valon ja lämmön määrään. Sijoittamalla rakennus pitkittäin päiväntasaajansuuntaisesti voidaan hyödyntää talvella auringosta saatava lämpö ja valo. (Jadhav 2016, s. 22, 25). Hyödyntääkseen luonnon valoa ja lämpöä ikkunoilla on oltava suuri g-arvo eli suuri auringon kokonaissäteilyn läpäisevyysarvo ja ikkunapinta-ala tulisi painottaa enemmän etelään. Tilojen suunnittelulla voidaan parantaa luonnollista ilmanvaihtoa. Jotta kesällä rakennuksen sisätilojen lämpötila ei kasvaisi liikaa aurinkosuojauksella, kuten kattoulokkeilla ja erkkereillä voidaan tarpeen mukaan estää auringon säteilyn pääsyn sisätiloihin. (RIL 2015, s. 76)

Ikkunoiden sijainnilla rakennuksessa voidaan parantaa rakennuksen luonnollista läpivetoa. Lämpiminä päivinä avaamalla ikkunat voidaan vaihtaa ilmaa rakennuksessa ilman erillistä ilmastointilaitetta. Rakennuksen sijoittumisella voidaan vaikuttaa rakennuksen tulevaan tuulen voimakkuuteen. Sijoittamalla rakennus esimerkiksi vallin taakse voidaan vaikuttaa

rakennuksen tulevaan tuulen voimakkuuteen. Rakennuksen sijainnilla on myös vaikutuksia sen ympärillä oleviin rakennuksiin. (Jadhav 2016, s. 25, 26, 44, 46)

Materiaalit, jotka voivat toimia lämpövarastoina vähentävät keskimääräistä säteilyn aiheuttamaa lämpötilaa ja sisätilojen lämmitystä. Jotta lämpövarastot toimisivat tehokkaasti rakennuksen ympäristön päiväsaikaisen lämpötilan vaihteluväli tulisi olla yli 10 astetta. Lämpöä varastoivia rakennuksien mahdollisia osia ovat ulko- ja väliseinät, katto, lattia ja huonekalut. Optimoidakseen lämpövarastojen käyttöä on tiedettävä rakennukseen käytetyt materiaalit, lämpöeristys, ilmastointi, jäähdytysjärjestelmät ja tilojen käyttöajat. Tämä passiivinen tekniikka on tehokas öisin tyhjiällä toimistotiloissa, jolloin lämpömassaa voidaan jäähdyttää ilmastoinnilla. (Boehm et al. 2011, s. 3626)

Alueissa, joissa suurin osa vuodesta on kylmää lämmitysjärjestelmät kuluttavat paljon energiaa pitääkseen kiinteistöjen lämpötilan sopivana. Lämpömassaa hyödyntämällä voidaan vaikuttaa lämpötilaeroon rakennuksen ulko- ja sisätilan välillä. Esimerkiksi Trombe-seinä koostuu ikkunasta ja betoniseinästä ja niiden välissä olevasta ilmatilasta. Seinä on päällystetty tummalla pinnoitteella, mikä lisää lämmön absorptiokykyä. Välitila toimii niin kutsuttuna lämpömassana., josta lämmin ilma siirtyy sisätiloihin betoniseinän yläosassa olevan reiän kautta ja kylmä ilma välitilaan betoniseinän alaosassa olevan reiän kautta. Välitilasta ilma voi siirtyä myös suoraan seinän kautta johtumalla. Energian varastointikykyä voidaan parantaa lisäämällä lasikerroksia. Seinästä on olemassa kehitetympivä versioita. Esimerkiksi Trombe-Michell-seinäessä on teräslevy, joka kerää lämpöenergiaa. Seinässä oleva rakennuseristeenä toimii polystyreeni. Seinää voidaan modifioida tarpeen mukaan. Trombe-seinän lasiosaan voidaan kiinnittää aurinkokennoja, jossa aurinkokennojen heijastavalla lämmöllä ja seinän lämpömassalla lämmitetään sisätiloja. (Boehm et al. 2011, s. 3619, 3620) Muita saman tyyliisiä ratkaisuja ovat laistetetut parvekkeet ja viherhuoneet. Nämä toimivat puskurivyöhykkeenä, joka pienentää sisä- ja ulkotilan välistä lämpötilaeroa täten vähentäen sisätilan lämpöhäviöitä (RIL 2015, s. 76, 79)

Kasvillisuuden lisääminen esimerkiksi viherkatoilla lisää pintojen heijastussuhdetta, kokonaishaihduntaa ja haihdutusjäähdytystä, mikä vähentää kaupunkisaarekeilmiötä (Bishop s. 22). Kaupunkisaarekeilmiö on mikroilmastollinen ilmiö, jota esiintyy urbaaneissa alueissa. Ilmiössä lämpötila on korkeampi urbaanissa alueessa verrattuna sen lähiympäristöön (Musco

2016, s. xIviii). Tämä vähentää jäähdyttämiseen vaadittavaa energiaa. Etenkin keväällä ja syksyllä viherkatoilla voidaan vähentää lämmön siirtymistä pois rakennuksista verrattuna perinteisiin kattoihin. Kasvit heijastavat noin 20-30 % aurinkosäteilyä ja absorboivat 60 % fotosynteesiin ja 20 % siirtyy kasvualustaan (Dastbaz et al. 2017, s. 42). Katot voivat myös vähentää päästöjen määrää epäsuorasti laskemalla pintojen lämpötilaa ja vähentämällä ilmaston määrää sisätiloissa. Alentamalla rakennepintojen lämpötilaa haihdutusjäähdytyksellä ja tarjoamalla varjoa katon pinnalle päästöjä muodostavien valokemiallisten reaktioiden määrä vähenee. Sateen valumavettä voidaan vähentää vihreiden kattojen avulla. Katon kyky vähentää valumavettä riippuu maaperän syvyydestä, katon kallistuskulmasta, kasvillisuudesta ja maaperän kosteudesta. Vähentämällä valumaveden määrää katot auttavat sadevesijärjestelmien mahdollinen täyttyminen voidaan ehkäistä ja vähentää myös eroosiota. Rowen mukaan ei voida sanoa puhdistako viherkattojen maaperä valumavettä vai lisääkö se epäpuhtauksia. (Rowe 2011, s. 2104, 2105)

Ekstensiivisen viherkaton kasvillisuuskerros voi koostua sammaleesta, heinäkasveista ja mehikasveista, jotka ovat sopeutuneet kuivuuteen, johtuen kyvystä varastoida vettä lehtiinsä. Maaperän pinta voi olla alle 15 cm sekä ne eivät tarvitse yhtä paljon huoltoa kuin intensiiviset viherkatot. Kasvialusta voi koostua hiekasta, savesta, mineraali ja orgaanisesta materiaalista. Maaperän alla on suodatuskalvo, geotekstiilinen kangas, mikä estää vedenpoistoaukkojen tukkeutumista. Nämä kasvit kasvavat maapintaa pitkin mahdollistaen hyvän suojan. (Dastbaz et al. 2017 s. 41, 48). Intensiivinen viherkatto voi koostua puista ja pensaista. Tämän tyyppiset katot voivat toimia esimerkiksi kerrostalon asukkaille julkisena alueena. Kattojen maakerros tulisi olla vähintään 15 cm ja ne vaativat enemmän hoitoa kuin ekstensiiviset katot. Rajoitteita intensiivisillä viherkatoilla ovat niiden kustannukset ja sen ylläpito. (Rowe 2011, s. 2100) Puut ja pensaat ovat tehokkaampia poistamaan päästöjä kuin ekstensiivisten kattojen kasvillisuus, koska lehtien muodostama suuremmasta pinta-alasta. Niin kutsutuilla kylmillä katoilla, joiden materiaaleilla on suuri heijastussuhde, voidaan vähentää ilmaston tarvetta lämpiminä päivinä (Bishop 2017, s. 33).

Maalämpöä voidaan hyödyntää rakennuksen lämmittämiseksi esimerkiksi energiakaivoilla ja vaakaputkistoilla. Vaakaputkistolla lämpöä voidaan kerätä noin metrin syvyydestä, mikäli tontti on iso. Vaakaputkistot vievät paljon tilaa, joten tontin alue määrittää voidaanko putkistoa rakentaa. Energiapaaluilla 150 metrin syvästä reiästä lämmitystehoa voidaan saada noin 6 kW,

mikä tarkoittaa vuodessa energiaa lämmitykseen noin 15 MWh. Paalut toimivat samalla rakennuksen perusrakenteina. Ne eivät sisällä huoltoa vaativia osia ja sen suorituskykyä voidaan mitata. Paalujen lämmönkeräysputket asennetaan tyhjiin teräspaaluun ja paalu betonoidaan, jolloin lämpö saadaan tehokkaasti siirrettyä putkistossa kulkevaan lämmönsiirtonesteeseen. Paaluista ja kaivoista energiansiirto rakennukseen toteutetaan maalämpöpumpulla. Maalämpöä hyödyntäessä energian saantiin vaikuttavia tekijöitä ovat kaivojen syvyys, maaperän laatu ja pohjaveden virtaukset. Maalämmön hyödyntäminen vesistöjen lähetyvillä toimiva keruuputkisto voidaan ankkuroida pohjaan. Putkistossa kiertää jäätymätön neste, joka höyrystää lämpöpumpussa kiertävän kylmäaineen. Höyrystyneen kylmäaineen painetta nostetaan kompressorilla ja kylmäaine lauhtuu lauhtumissa nesteeksi, jolloin se luovuttaa lämpöä lämmönjakoverkkoon tai lämpimään käyttöveteen. (RIL 2014, s. 50, 51, 59, 86)

Aurinkokennojen hyödyntäminen rakennuksen energianlähteenä on lisääntynyt viime vuosina. Kennojen raaka-aineena käytetään yleensä kiteistä, monikiteistä tai amorfista piitä (RIL 2014, s. 42). Aurinkokennot asennetaan suoraan kattorakenteeseen, jolloin ne korvaavat perinteiset katoissa käytettyjä materiaaleja suojaten rakennusta ja toimien samalla energialähteenä. Aurinkokennot voidaan liimata esimerkiksi keraamisiin tai kuitusementtisiin kattotileihin. Aurinkosähkön hyödyntämiseksi kattoon voidaan asentaa perinteisiä aurinkopaneeleita, mikäli katto on tasainen. (Boehm et al. 2011, s. 3624) Vaihtoehtoisesti aurinkokennoja voidaan asentaa seiniin. Auringolla tuotettua sähköä voidaan varastoida akustoihin ja tätä sähköä voidaan hyödyntää yöllä tai pilvisellä säällä, kun aurinko ei paista. Tarpeen vaatiessa sähköä voidaan myös myydä verkkoon. Aurinkopaneelien sähkö on tasavirtaa, joka on muutettava invertterin avulla vaihtovirraksi Aurinkosähköjärjestelmä kestää yleisesti noin 25 vuotta. Tuottoa voivat heikentää etelästä poikkeava suuntaus tai puuston varjostus. (RIL 2014, s. 42, 95, 96)

Aurinkokeräimessä auringon tuottama säteily muunnetaan lämmöksi, jota siirretään putkistossa virtaavan lämmönsiirtonesteen avulla lämpövaraajaan. Aurinkokeräimissä säteilyä kerätään mustalla absorptiolevyllä. Tasokeräin koostuu absorptiolevystä, sen alla olevasta absorptioputkistosta ja lämpöeristetyistä kotelosta katelaseineen. Tasokeräinten hyötysuhde on noin 25-50 % riippuen keräimen lämpötilasta. Mitä suurempi on keräimen lämpötila, sitä pienempi on sen hyötysuhde. Tyhjiöputkikeräimessä lämmönsiirto-putkisto on kahden lasin ja tyhjiön sisällä, jossa lämpö ei siirry. Keräimestä poistuu lämpöä vain säteilemällä ja

poistuminen on merkittävää vasta, kun lämpötila on 150-200 celsiusastetta. Tyhjiöputkien hyötysuhde on noin 30-60 %. Keräimiä voidaan sijoittaa katolle, seinille tai pihalle, johon aurinko paistaa mahdollisimman pitkään. (RIL 2014, s. 38, 39, 40)

Tuulivoima käyttää ilmavirtauksen liike-energiaa, joka muutetaan sähköksi tuulivoimalan generaattorissa. Pystyakselisia voimaloita (VAWT) voidaan sijoittaa rakennuksen katoille tai alueelle, jossa vallitsevassa tuulensuunnassa on paljon avointa ja esteetöntä aluetta. Voimalat tulee asentaa kattopintaa korkeammalle, jotta tuuli osuu niihin. Pystyakselisista voimaloista on kaksi eri tyyppiä: Savonius- ja Darreius-voimala. Koska tuulivoima tuottaa tuulen mukaan vaihtelevaa sähköä, sähkö on muutettava 1-vaihesähköksi invertterin avulla. Tuulivoimaa voidaan kytkeä osaksi sähkönlämmitysjärjestelmää, siitä voidaan tuottaa peruslämpöä talven aikana tai sähköä voidaan varata akkuihin. (RIL 2014, s. 59, 60, 62)

Uusiutuvan energialähteen hyödyntämiseksi on muodostettava sähköenergiakulutuksen käyttöprofiili, joka kattaa koko sähköenergiakulutuksen, jotta tarpeellinen määrä esimerkiksi aurinkopaneeleita asennetaan kiinteistön energialähteeksi. Mikäli energiaa saadaan liikaa, sitä voidaan varastoida sähkönä akkuihin tai lämpönä vesivaraajaan. (RIL 2014, s. 84) Tulevaisuudessa taloyhtiöt voisivat myydä kaukolämpöverkkoon ylijäämälämpöä tai taloyhtiön omaa pientuotantoa. Hukkalämmön talteen ottamiseen tarvitaan talteenottolaitteita ja lämpöpumppuja. Hukkalämpöä olisi eniten tarjontaa kesällä, jolloin lämmölle on vähiten kysyntää, mikä lisää talojen energiakulutuksen optimointia. Suunniteluun kuuluu myös kannattavuuslaskelmat, joilla saadaan selville investoinnin takaisinmaksuaika. Hyviä kohteita olisivat muun muassa kerrostalot, joista löytyvät ruokakauppa. (Koistinen 2018)

Sopivalla ilmanlämpöpumpulla voidaan vaikuttaa rakennuksen energiatehokkuuteen ja säästä energiakustannuksissa. Ilmanlämpöpumpulla lämpöä otetaan ulkoilmasta, joka siirretään kompressorin sähkömekaanisella työllä höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Siirto tapahtuu kylmäaineen olomuodon muutoksen avulla putkistossa. Talosta poistettavasta ilmasta voidaan kerätä lämpöä poistoilmanlämpöpumpulla, jota voidaan hyödyntää käyttöveden lämmittämisessä tai vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä. Poistoilmalämpöpumpulla voidaan myös viilentää sisäilmaa. Ilma-vesilämpöpumppu siirtää lämpöenergiaa ulkoilmasta veteen, jota voidaan hyödyntää lämmitysjärjestelmässä ja käyttöveden lämmittämisessä. Järjestelmällä ei voida kattaa talon lämmitystarvetta kovimmilla pakkasilla, joten ilma-

vesipumppujärjestelmä vaatii rinnalleen varajärjestelmän kuten ilma-vesilämpöpumpun omia sähkövastuksia. Pumput kuluttavat vähemmän sähköä, mitä pienempi on lämmönlähteen ja lämmönluvutuksen välinen lämpötilaero. (RIL 2014, s. 49, 51, 52, 53, 54)

Valaistukseen käytettävää energiamäärää voidaan pienentää esimerkiksi energiasäästölamppuilla ja periteisillä menetelmillä kuten ikkunoilla ja valoputkilla. Tilan valaistukseen vaikuttavat myös pintojen heijastuskertoimet, joidenka arvot suoraan verrannollisia heijastuvuuteen tilassa. Loistediodilamput ovat energiatehokkaita lamppeja sekä ne ovat pitkäaikaisia ja huoltovapaita. Markkinoilla olevilla lamppuilla on laatueroja energiatehokkuuksissa (lumen/W) ja niiden käyttöiässä. (RIL 2015, s. 139, 140, Jadhav 2016, s. 54)

2.3 Liikenne

Myös logistiikalla on merkittävä vaikutus kestäväen kehityksen huomioimiseen osana rakennuttamista ja kiinteistösuunnittelua. Viidenes Suomen hiilidioksidipäästöistä muodostuu liikenteestä. Esimerkiksi EU-lainsäädännön mukaan liikenteen päästöjä on leikattava osana ei-päästökauppasektorin päästöjä, joiden tulee alentua 16 % vuoden 2005 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Yhdyskuntasuunnittelussa joukkoliikennettä, kävelyä ja pyöräilyä voidaan edistää vähentämällä henkilöliikenteen määrää. (Ilmastopaneeli s. 12)

Vähentääkseen liikenteen aiheuttamia päästöjä asuinrakennusten lähetyvillä tulisi olla hyvät julkiset kulkuyhteydet, joilla voidaan matkustaa pitempiä matkoja. Pyörätiet mahdollistaisivat kaupungissa kulkemisen pyöräillen. Kaupunkiin voidaan sijoittaa kaupunkipyöriä ja niille vaadittavat parkkipaikat eri puolille kaupunkia, jolloin pyöriä voidaan käyttää aina tarvittaessa eikä omaa pyörää tarvitsisi välttämättä hankkia, mikäli ei pyöräile useasti. Pyörän voi vuokrata ostamalla itselleen lipun mobiilisovelluksella, jolloin käyttäjä saa PIN-koodin, jolla pyörän voi irrottaa telineestä. Pyörä tulisi aina käytön jälkeen palauttaa johonkin kaupungissa sijaitsevaan pyörätelineeseen. (HSL 2018) Sähköautojen vuokraaminen kaupungissa mahdollistaa autojen käytön ilman yksityisautoilua. Latauspisteitä tulisi sijoittaa eri puolille kaupunkia etenkin niille alueille, joissa ihmiset käyvät useasti kuten ruokakauppojen ja keskustan parkkipaikoille. Vuokra määräytyisi joko ajan tai kilometrien mukaan. Auto tulisi käytön jälkeen palauttaa kaupungissa olevaan vuokra-autoille tarkoitettuihin latauspisteisiin. (Ekorent 2018)

2.4 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on menetelmä, jolla arvioidaan prosessien ja tuotteiden ympäristökuormitusta niiden koko elinkaarensa aikana. Elinkaariarvioinnilla voidaan vaikuttaa päätöksentekoon parantaakseen esimerkiksi resurssitehokkuutta kestävän rakentamisen projekteissa. (Castells et al. 2016, s. 29) Elinkaarella tarkoitetaan jaksoa maankäytön ja rakentamisen suunnittelusta ja raaka-aineiden hankinnasta rakentamiseen ja rakennuksen purkuun ja purkutuotteiden lajitteluun saakka. Koska suurin energiakulutuksesta ja päästöjen synnystä tapahtuu rakennusten käyttövaiheen aikana, elinkaariarvioinneilla voidaan pienentää ympäristölle haitallisia vaikutuksia (Rakennusteollisuus RT ry 2005, s. 5,7) Elinkaariarvioinneilla voidaan täten saada parempi kuva muun muassa rakennuksen ympäristöystävällisyydestä ja resurssitehokkuudesta ja energiakulutuksesta. Esimerkiksi Green Building Council:n vuonna 2017 julkaiseman mittariston mukaan elinkaarilaskelmassa huomioitavia asioita ovat elinkaaren hiilijalanjälki, elinkaarikustannukset, rakennuksen käytön hiilijalanjälki, energiakulutus, E-luku, pohjatieto, sisäilmaluokka ja käyttäjätyytyväisyys

(Green Building Council Finland 2017). Taulukossa 2 on esitetty Green Building Council:n mittarit hanke- ja käyttövaiheessa, sekä lyhyesti selitetty, mitä mittareihin kuuluvat.

Taulukko 2 Green Building Council:n elinkaarimittari hanke- ja käyttövaiheessa (Green Building Council Finland)

| Vaihe | Mittari | Selitys |
|-------------|---|--|
| Hankevaihe | E-luku (kWh/m ²) | Lasketaan rakennuksen energiamuotopainotettujen ostoenergioiden summana |
| | Elinkaarikustannus (eur) | Mittaa kustannuksia tontin hankinnasta rakennuksen purkuun. Kustannukset mitallistetaan nykyarvoon diskonttauskorolla. |
| | Elinkaaren hiilijalanjälki (kg CO ₂ e) | Huomioidaan kaikki materiaali- ja energiavirrat, jolla on elinkaaren aikana vaikutusta hiilijalanjälkeen |
| | Sisäilmaluokka | Määritetään sisäilman laatu ja puhtaus, lämpöolosuhteet, terminen viihtyvyys, valaistus ja ääniolosuhteet. |
| Käyttövaihe | Energiakulutus (kWh) | Mitataan ostoenergiankulutusta ilman painokertoimia. Jakajana voidaan käyttää pinta-alaa tai käyttöintensiteetin tunnuslukua. |
| | Energiakulutuksen hiilijalanjälki (CO ₂ e) | Lasketaan päästöt vähintään mitatulle energialle. Voidaan laskea päästöt jätehuollolle, kylmäaineille, ajoneuvon polttoaineen kulutukselle ja kiinteistön ylläpidolle. |
| | Pohjatieto (kW) | Kuvaa kiinteistön tehontarvetta, kun se ei tuota palveluita käyttäjille. Voidaan laskea kiinteistö-, käyttäjä- ja kokonaissähkölle. |
| | Käyttäjätyytyväisyys (%) | Selvitetään käyttäjätyytyväisyys lämpöviihtyvyys jäädytys- ja lämmityskaudella, huoneen ilman laatu, valaistusolosuhteet ja ääniolosuhteet |

Ympäristö- ja elinkaaritarkastelu voidaan jakaa Rakennusteollisuus RT ry:n (2005) mukaan 4 tasoon. Yritystasolla huomioon otettavia asioita ovat elinkaaristrategiat, ympäristöarvot ja johtamis- ja päätöksentekojärjestelmät. Kiinteistötasolla tarkastettavia asioita voivat olla tuottavuus, käytettävyys, terveys, luonnonvarojen kulutus, päästöt, jätteet ja riskit. Järjestelmä- ja rakennetasolla huomioidaan energiataloudelliset ratkaisut, kestävät materiaalit ja muuntojousto. Viimeisellä tasolla, laite- ja tuotetasolla, tarkasteltavia tekijöitä ovat materiaalivalinnat, valmistusprosessi, kierrätys ja kuljetukset.

Rakennuksen ympäristövaikutuksen arviointiin kuuluvat resurssien käyttö ja aiheutuneet päästöt ilmaan, veteen ja ilmaan kaikissa rakennuksen vaiheissa, jotka ovat: tuotanto, kuljetus, asennus, huolto, purku ja loppusijoitus. Resurssit ja päästöt saadaan selville laskemalla materiaali- ja energiavirtoja ja saaduista tiedoista voidaan muodostaa rakennuksen ympäristöprofiili. Rakennustuotteiden ympäristövaikutuksiin vaikuttavat sen valmistuksessa ja käytössä syntyvät ympäristökuormitukset ja rakennustuotteen käyttöikä. Suunnittelu puolella ekotehokkuuden mittareita ovat rakennukselle asetettujen tavoitteiden noudattaminen ja suunnitteluratkaisuja ohjaavat indikaattorit. (Rakennusteollisuus RT ry 2005, s. 9, 16, 26, 31)

Tuotevaiheen hiilijalanjälkilaskennassa menettelytapoja ovat rakennetyyppipohjainen laskenta ja määräluettelopohjainen laskenta. Laskentatulosten tarkkuus riippuvat valmistajien antamien lähtötietoihin, jotka voivat vaihdella samanlaisilla materiaaleilla merkittävästi. Rakennetyyppikohtaisessa laskennassa laskelmat tehdään päämateriaalien menekkien ja materiaalivalmistamien antamien lähtötietojen mukaan. Mukaan tulee huomioida muun muassa lämmöneristeiden, tiiviyskalvojen ja muiden lisäosien mahdolliset ympäristövaikutukset. Rakennemuosista voidaan myös määrittää niiden kierrättävyystapa, käytettävyys raaka-aineina ja niiden valmistuksessa käytettyjä kierrätystuotteita. Määräluettelopohjaisessa laskennassa hiilidioksidipäästöt lasketaan määritetystä määräluettelosta, joissa ovat perusmateriaalien, täydennysmateriaalien ja rakennustuotteiden tiedot (Rakennusteollisuus RT ry 2015, s. 61, 62).

Investointivaiheessa rakennettavan kiinteistön elinkaaritarkastelu voidaan osoittaa mahdollisten lisäinvestointien maksavan itsensä takaisin. Lisäinvestoinnit voidaan tutkia tapauskohtaisilla elinkaaritiloudellisilla laskelmilla. Kiinteistön elinkaarikustannuksiin kuuluvat tonttikustannukset ja liittymismaksut, uudisrakennuskustannukset, ylläpitokustannukset, muutosrakennuskustannukset, peruskorjauskustannukset ja purkukustannukset. Esimerkiksi nykyarvomenetelmällä voidaan laskea, kuinka paljon investoinnista jää nettotuottoja sen jälkeen, kun tuotoista on vähennetty investointikustannukset ja vuotuiset kustannukset. (Rakennusteollisuus RT ry 2005, s. 46, 50, 51)

Koska elinkaarikustannuslaskelmat eivät ole varmoja, laskelmille voidaan suorittaa herkkyyssanalyyskejä, joilla selvitetään, miten laskelmien lopputulos muuttuu, kun lähtöarvoja muutetaan. Herkkyystekijöinä voivat olla investointikohteen pitoaika, kunnossapitajaksojen pituudet, energiahinta sekä investointikohteen käyttöaste ja siitä muodostuvat tulot.

Elinkaarikustannuslaskentaa voidaan käyttää muun muassa budjetin laadinnassa ottaen huomioon rakennus- ja ylläpitokustannukset, suunnitelmien taloudellisessa arvostelussa ja parannustoimenpiteiden arvioinneissa. (Rakennusteollisuus RT ry 2005, s. 51)

2.5 Esineiden internet kiinteistöissä

Kiinteistöissä esineiden internettiin kuuluu erilaisia sensoreita, joilla mitataan esimerkiksi ilmanlaatua, ohjelmisto, joilla kerättyä dataa analysoidaan sekä verkkoyhteyden, mikä mahdollistaa datan keräämisen ja sen vaihdon eri kiinteistön tilasta kiinnostuneiden sidosryhmien välillä. Jatkuvalla datan keruulla voidaan saada näkemys rakennusten energiakulutuksesta, mikä mahdollistaa energiakulutuksen optimoinnin eri ohjelmistojen avulla. Dataa voidaan kerätä myös tilojen käyttäjien mielipiteistä koskien esimerkiksi lämpötilaa ja ilmanlaatua. Näin voidaan ottaa huomioon käyttäjien preferenssit. Tällä hetkellä markkinoilta löytyy erilaisia tiedonhallintaohjelmia kiinteistöille, joilla kerätään sensoreilla, tallennetaan data tietokantoihin, analysoidaan kerätty data ja visualisoidaan tulokset asiakkaalle. Tavoitteena näillä systeemeillä on vähentää kiinteistöjen energiankulutusta ja täten vähentää käyttökustannuksia sekä lisätä rakennuksen käyttäjien mukavuutta. (Jadhav 2016, s. 4, 12, 13)

Sensoreilla voidaan mitata muun muassa lämpötilaa, ilmankosteutta, hiilimonoksidia (CO), hiilidioksidia (CO₂), valaistusta ihmisten liikettä. Langattomia sensoreita voidaan käyttää perinteisten langallisten sijaan vähentääkseen asennuskustannuksia ja helpottaakseen sensorien asentamisen (Bishop 2017, s. 85, Jadhav 2016, s. 95, 97) Infrapunasensoreilla voidaan havaita lämpöä sekä liikettä ja ultraäänisensoreilla ääntä. Molemmat sensorit on sijoitettava oikein ja niiden on toimittava yksi yhteen, jotta sensorit tunnistaisivat ihmisen läsnäolon.

Kerättyä dataa voidaan hyödyntää ohjelmia, jotka perustuvat päättelyyn, hahmojen tunnistamiseen, sopeutumiseen ja oppimiseen. Mikäli tieto ja ihmisten käyttäytyminen sisätiloissa on epätarkkaa, monimutkaisten systeemien kontrollointiin voidaan käyttää hyödyksi sumeaa logiikkaa. Neuroverkkoja opettamalla voidaan optimoida esimerkiksi kiinteistöjen valaistusta, ilmanvaihtoa ja tilojen lämmitystä. (Jadhav 2016, s. 100)

Esimerkiksi Deloitteen rakennuksessa Amsterdamissa lähes jokainen laite on kytkettynä verkkoon. Laitteet ovat kytkettynä ethernet-kaapeleihin, joilla voidaan siirtää sähköä sekä kerätä dataa laitteen energiakulutuksesta. Sensorit mittaavat jatkuvasta liikettä, valaistusta, lämpötilaa ja ilmankosteutta. Ilmastointi ja valaistus toimivat täysin tietoteknisillä ratkaisuilla ja mikäli joissakin osastoissa odotetaan olevan tiettyinä päivinä vähemmän ihmisiä, nämä osastot suljetaan kokonaan niinä päivinä. Tällöin valaistus on pois päältä ja ilmastointi minimissään. Kaikki tieto on saatavissa, talotekniikan hallintajärjestelmässä, johon kaikki rakennuksessa läsnäolevat pääsevät tutustumaan. Rakennuksen käyttäjät voivat puhelinsovelluksellaan löytää vapaita parkkipaikkoja, työpöytiä ja tavaransäilytyslokeroita. Työntekijät voivat säätää toimistotilansa lämpötilaa ja valaistusta. Samalla sovelluksella voidaan seurata työntekijän työpäivää ja ilmoittaa tulevasta kokouksesta. Työntekijät voivat myös seurata heidän energiakulutustaan rakennuksessa. (Jadhav 2016, s. 177, 178)

Jotta tietotekniikan hyödyntäminen olisi mahdollista rakennuksen käytön aikana, toimivaan systeemiin tarvitaan:

- Pilvi, johon laitteet yhdistetään ja data kerätään
- Sensorit, jotka keräävät tarpeellisen datan tilasta ja kohteista
- Yhdyskäytävä tiedon siirtämiseksi pilveen
- Verkko ja tietokanta, mikä mahdollistaa datan varastoinnin ja tiedon siirtämisen yhdyskäytävän ja sensoreiden välillä
- Ohjelma, jolla kerätty tietoa voidaan analysoida ja visualisoida
- Käyttölaite, joka on yhdistetty internetiin yhdyskäytävän kautta (Jadhav 2016, s. 106)

Toisessa kappaleessa tuotiin esiin joitakin ratkaisuja energiatehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden parantamiseksi. Listassa on koottuna kaikki edellisissä kappaleissa mainitut ratkaisut.

- Massiivipuu
- Kevytbetoni
- Elementtirakentaminen
- Lämpöä varastoivat materiaalit
- Rakennusjätteen minimoiminen
- Veden kulutuksen pienentäminen ja sadeveden talteenotto

- Sijoittuminen ilmansuuntien mukaan (ikkunapinta-ala, auringonsuojaus)
- Läpiveto
- Lämpömassan hyödyntäminen (Trombe-seinä, lasitettu parveke, kasvihuone)
- Maalämpö (vaakaputkisto ja energiapaalut)
- Sopiva ilmanlämpöpumppu
- Aurinkokennot, ja -paneelit
- Aurinkokeräimet
- Pysty akselinen tuulivoimala
- LED-valaistus
- Ylijäämälämmön myynti
- Vihreät katot
- Sähköautojen latauspisteet, pyöräilytiet ja yhteys julkiseen liikenteeseen
- Tekoälyn hyödyntäminen
- Elinkaariajattelu

3 AJURIT JA ESTEET KESTÄVÄSSÄ RAKENNUTTAMISESSA

Kestävien asioiden implementoimiseksi rakennuksen suunnitteluun lähestyttiin katsomalla, mitkä asiat edistävät tai hidastavat kestävien ratkaisujen hyödyntämistä. Taulukossa 3 on kootusti esitettyä sisäiset ja ulkoiset ajurit, mitä käydään erillisissä alikappaleissa tarkemmin läpi.

Taulukko 3 Kestävän rakentamiseen vaikuttavat ajurit ja esteet

| Ajurit | Esteet |
|--|---|
| <p>Sisäiset</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yrityksen sisäinen politiikka • Tarjoamat palvelut, niiden laatu • Viestintäkanavat kestäväenä kehittäjänä • Markkinointi olemassa oleville asiakkaille helpompaa • Käyttäjien huomiointi alusta lähtien • Alustat suunnittelijoiden ja käyttäjien välillä • Kokemus kestävässä projekteissa • Elinkaariajattelu | <ul style="list-style-type: none"> • Tavoitteiden asettamisen haastavuudet • Viitekehysten ja raamien puute • Kokemuksen puute • Dokumentoinnin puute • Vahva segmentointi osastojen välillä • Vaikeat tietotekniset työkalut • Riski kustannusten kasvusta • Aikatauluviiveet • Ylimääräiset toimenpiteet |
| <p>Ulkoiset</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viranomaiset ja asetukset • Taloudelliset kannustimet • Vakuutusyriyten halu erottautua kilpailijoistaan ympäristöystävällisillä rakennuksilla • Asiakkaan tietämys kestävästä rakentamisesta • Ympäristösertifikaatit | <ul style="list-style-type: none"> • Käyttäjät eivät hyödynnä ratkaisuja • Asiakkaiden ensivaikutelma suuremmista kustannuksista • Tiedon puute asiakkailta • Asiakkaat kokevat kestävästä rakentamista ”high-end” projekteina • Ei asiakkaalle konkreettisesti nähtäviä hyötyjä • Projektin rahoittaja ei hyödy käyttökustannussäästöistä • Tehokkuusstandardit eivät huomioi kiinteistön käyttäjiä |

3.1 Sisäiset ajurit

Chan et al. (2017) mukaan yrityksen imago, kulttuuri ja visio ovat yritykselle tärkeimpiä kestävä kehityksen ajureita, mikä lisää myös yrityksen sidosryhmien halukkuutta parantaa kestävä toimintaansa. Muita yrityksen tasolla kestävä kehittäjänä edistäviä tekijöitä, sen tarjoamat palvelut ja niiden laatu. Viestimällä asiakkailleen ja muille sidosryhmille yrityksen visiosta esimerkiksi omilla internetsivuillaan, uutiskirjein, sosiaalisen median kanavissa tai

ottamalla suoraan yhteyttä asiakkaisiinsa toimivat hyvänä ajurina kestävien projektien saamisessa ja tuovat näkyvyyttä yritykselle. (Chan et al. 2017, s. 35, 39, 41, 42) Yhteydenpito on helpompaa jo olemassa oleviin asiakkaisiin, jolloin olemassa oleviin projekteihin voidaan ehdottaa mahdollisia kestäviä ratkaisuja, mikäli tilaajan tämän budjetti sallii.

Rakennuksen tulevat käyttäjät ja ostajat tulisi ottaa huomioon mahdollisimman aikaisessa vaiheessa projektia. Tämä vaatii toimintamalleja, jotka antavat enemmän painoarvoa rakennuksen käyttäjien totumuksille. Näin voidaan luoda ratkaisuja, jotka palvelisivat paremmin kuluttajien tarpeita. (Häkkinen 2011, s. 49) Mitä aikaisemmin projektin edetessä nämä ratkaisut astuvat mukaan, sitä suurempi on niiden potentiaali ja sitä vähemmän muodostuu mahdollisia lisäurakoita. Projektiryhmällä on myös oltava selkeät tavoitteet heti projektin alusta lähtien, jolloin eri osapuolien välille ei muodostuisi erimielisyyksiä projektin myöhemmissä vaiheissa. (Häkkinen 2011, s. 20, Belloni & Häkkinen 2011, s. 242) Projektin alkuvaiheessa tulisi hyödyntää käytössä olevia tietoteknisiä työkaluja sekä niitä tulisi käyttää läpi koko prosessin. Mahdollisilla laskelmilla ja arvioinneilla voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisuihin neuvotteluvaiheessa. (Häkkinen 2011, s. 22)

Erilaisten alustojen perustaminen suunnittelijoiden ja käyttäjäryhmien välillä mahdollisesti lisää uusia ratkaisuja, joista suuri osa loppukäyttäjistä hyväksyvät ja samalla ratkaisut paremmin sopeutuvat asiakkaiden tarpeisiin. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 246) Integroidussa suunnitteluprosessissa olisivat kaikki projektin osapuolet kuten omistaja, kiinteistökehittäjä, suunnittelija, rakentaja käyttäjä ja huoltohenkilöstö (Häkkinen 2011, s. 21). Hyödyntämällä uusia suunnitteluratkaisuja tarvitaan hyvää myös laadunhallintaa. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 246)

Kestävä rakentaminen vaatii uusien palveluiden kehittämistä. Palveluiden tulisi olla luotettavia ja toimivia. Esimerkiksi ylläpitopalveluilla varmistetaan rakennukselle asetetut kestävät tavoitteet uusiutuvan energian tarjoamisessa rakennuksille. Palvelut vaativat uusia innovaatoratkaisuja, mitkä tarvitsevat toteuttaakseen henkilöitä, jotka osaavat tai ovat halukkaita paneutumaan kestävä rakentamisen asioihin. Suunniteluun tarvitaan myös henkilöitä, jotka vievät eteenpäin edistäen innovaatioiden käyttöä koordinoinnin, kommunikoinnin ja verkoston rakentamisen avulla. Kun tietoa voidaan tehokkaasti jakaa

yrityksen sisällä, uusia innovaatioita omaksutaan tehokkaammin. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 246, 251)

Suunnittelijoilla tulisi olla tieto rakennusmateriaaleista, jotta voidaan laskea esimerkiksi rakennuksen hiilijalanjälki sen elinkaarensa aikana. Asiakkaat ovat vähemmän kiinnostuneita laskelmista ja niin kutsutuista vihreistä rakennuksista, koska he eivät voi nähdä rakennuksen positiivisia puolia suoraan. Elinkaarikustannuslaskelmat tuovat esiin mahdolliset kestävän rakentamisen hyödyt pitkällä aikavälillä, jota voidaan hyödyntää viestinnässä kestävän rakentamisen eduista asiakkaille. Käytön vähäinen määrä johtuu luotettavan datan puutteesta ja motivaatiosta paneutua asiaan. Lisäksi rakennuksen eri sidosryhmät kuten omistajat ja käyttäjät ovat kiinnostuneet hieman erilaisista laskelmista. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 244, 250)

Kiinteässä urakkahinnassa projektinjohtopäällikkö voi lisätä palkkion kustannusarvoihin kattaakseen riskit, mikäli esimerkiksi sertifikaatin tavoitteisiin ei päästä tai alirakoitsijoilla ei ole kokemusta kestävästä rakennuttamisesta. Urakkasopimukseen tulisi sisältää suorituskyyyn perustuvia sopimuksia, kannustimia tai bonuksia, mikäli joitakin kestävän rakentamisen asioita on toteutettu ja päämääriä saavutettu projektissa. Tämä vähentää urakoitsijoiden tarvetta lisätä riskipremio urakkasopimukseen. (Anantatmula et al. 2011 s. 56) Projektinjohtopäällikkö kilpailuttaessaan suunnittelijoita tai urakoitsijoita, voi myös pisteyttää kilpailijat asettamiensa kriteerien perusteella. Kriteereinä voivat olla esimerkiksi kokemuksen määrän kestävässä projekteissa tai osallistuminen rakennusprojekteissa, joille on myönnetty ympäristösertifikaatti

3.2 Ulkoiset ajurit

Ulkoisia ajureita kestävän kehityksen huomioimiseen rakennuttamisessa voivat olla muun muassa viranomaiset, ammattiliitot, asiakkaat ja rakennusprojektiin osallistuvat sidosryhmät. Esimerkiksi EU on vaatinut EU:n Energy Performance of Building Directive vuonna 2002 kaikkia sen jäsenmaita kasvattamaan energiatehokkuutta ja hankkimaan energiasertifikaatin kaikille uusille rakennuksille ja peruskorjauksille. Vuodesta 2019 alkaen rakennusten energiadirektiivin EPBD mukaan kaikkien uusien julkisten rakennusten tulisi olla lähes nollaenergiarakennuksia ja vuoden 2020 jälkeen tämä koskee kaikkia uusia rakennuksia. Käsite lähes nollaenergiarakennus on direktiivissä toistaiseksi melko epämääräinen. FInZEB-

hankkeessa (Finnish nearly Zero Energy Buildings) tavoitteena on muodostaa näkemys siitä, mitä tarkoitetaan lähes nolla energiarakentamisella. (Rakennusteollisuus 2018) Esimerkiksi asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) myöntää avustuksia energiataloutta parantaviin investointeihin (Häkkinen 2011, s. 13)

Valtion ja paikallisten viranomaisten organisaatiot voivat edistää kestävästä rakennuttamista osallistamalla kestävästä kehityksen projekteihin, joissa suunnittelufirmat voivat olla suunnittelemassa uutta rakennusta vastaamalla asetettuihin ympäristöllisiin ja taloudellisiin asioihin. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 245). Valtio voi asettaa minimivaatimukset rakentamiselle esimerkiksi rakennuksen energialuokituksen käyttöön ja ohjata kestävästä rakentamista tiedottamisen ja vapaaehtoisten tuen avulla. Lisäksi voidaan käyttää taloudellisia kannustimia tukeakseen kestävästä rakentamisen liittyviä investointeja tai verotuskeinoja leikatakseen rakennusten energiakulutusta. (Häkkinen 2011, s. 13) Rakentamista voidaan ohjata rakennusmääräyksillä, ympäristösertifikaateilla, verotuksella ja rahoituksella. Yksi ohjauksien heikkouksista on se, että määräykset koskevat vain uusia rakennuksia eikä jo olemassa olevia. Vakuuttajat ovat kiinnostuneet enemmän energiatehokkaista rakennuksista ja uusiutuvista energialähteistä, koska kilpailu motivoi heitä erottumaan omista kilpailijoistaan ympäristöystävällisillä rakennuksilla. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 241, 243)

Asiakkaiden kysynnän määrä kestävästä rakennuksista vaikuttavat heidän tietämys, tarjonta, arvot ja hinta. Asiakkaita kiinnostavat kestävästä kehityksen projektit, mikäli heille annetaan tietoa isommasta kuvasta, miksi tätä tehdään, mitä voidaan edistää kouluttamalla ja tiedottamalla. Kommunikoinnin merkityksen eri projektiryhmien välillä asiakkaan kanssa on tarpeellista ja merkittävät tekijät pitäisivät olla mukana projektin alusta lähtien. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 243). Chan et al. (2017) mukaan asiakkaalle pienemmät elinkaarikustannukset energian ja veden kulutuksessa ovat tärkeä motivaattori kestävästä rakennuksen kysynnässä, etenkin jos käyttökustannukset ovat korkeat (Chan et al. 2017 s. 42). Merkittävänä ajurina on myös rakennuksen tilojen käyttömukavuus. Tämä vaikuttaa muun muassa vuokrien määrään, rakennuksen myyntimahdollisuuksiin ja mahdolliseen riskiin menettää vuokralainen (Belloni & Häkkinen 2011, s. 243).

Ympäristösertifikaatit ovat lisänneet kestävien rakennuksien kysyntää. Sertifikaatit perustuvat kestävästä kehityksen kolmeen peruspilariin, jotka ovat ekologinen, taloudellinen ja sosiaalinen

kehitys. Sidosryhmille taloudellisesti tärkeitä asioita ovat muun muassa vuokratuotot rakennuksista ja investointituotot. Kaksi merkittävintä asiaa vihreiden rakennusten takaisinmaksuaikaan liittyen ovat investoinnin määrä ja mahdolliset energiasäästöt. Chan et al. (2017) mukaan tuottavuus kasvaa ”vihreissä toimistoissa”, mikä kattaa ison toimistorakennuksen vuotuisen valaistuksen ja lämmityksen energiakustannukset (Chan et al. 2017, s. 42) Tuottavuutta parantavia tekijöitä olivat terveellinen ja virkeä työympäristö, mikä vähensi sairauslomien määrää ja toistuvia poissaoloja.

Kansainvälisesti tunnetuista sertifikaateista on Yhdistyneissä kuningaskunnissa Building Research Establishmentin kehittämä BREEAM-luokitusjärjestelmä, jota on käytetty noin 560 000 eri projektissa 77 maassa. BREEAMin perustana on The Code for Sustainable Build Environment, joka toimii viitekehyksenä kestäväälle luokitusjärjestelmälle. Ensimmäisen BREEAM -luokitusjärjestelmä julkaistiin 1990. (Building Research Establishment Ltd. 2018ac) Sertifikaattiin kuuluu kuusi tasoa, jotka ovat Acceptable, Pass, Good, Very Good, Excellent ja Outstanding. Sertifikaatteja voidaan jakaa myös eri osa-alueisiin, jotka ovat yhteisöt, infrastruktuuri, uudet rakennukset, käytössä olevat rakennukset ja kunnostus. Sertifikaateissa huomioon otettavia osa-alueita asioita ovat, energia, terveys ja hyvinvointi, innovointi, maakäyttö, materiaalit, johto, päästöt, liikenne, jäte ja vesi. Edellä mainitut osa-alueilla on omat asetetut tavoitteet, joihin rakennuksen on päästävä saadakseen mahdollisimman korkeat pisteet, jonka mukaan rakennus pisteytetään ja määritellään rakennuksen sertifikaatin taso. (Building Research Establishment Ltd 2018b)

Toinen tunnettu sertifikaatti maailmalla on U.S. Green Building Council:n kehittämä LEED-luokitusjärjestelmä (Leadership in Energy and Environmental Design), jolla on sertifioitu yli 92 000 kohdetta maailmalla 165 eri maassa. USGBC on yksityinen jäsenyyteen perustuva voittoa tavoittelematon organisaatio, joka tekee yhteistyötä Green Building Certification Institutin (GBCI) kanssa. Sertifikaatin tasoja on neljä, jotka ovat, certified, silver, gold ja platinum. Maksimipistemäärä, jonka perusteella luokitus taso määräytyy, on 100 pistettä. (U.S. Green Building Council 2018a) LEED-sertifikaatit ovat jaettu myös käyttökohteidensa viiteen eri kategoriaan. Nämä ovat rakennussuunnittelu ja rakentaminen, rakennuksen toiminta ja ylläpito, sisäsuunnittelu ja rakentaminen, kodit, naapuruston kehitys sekä kaupungit ja yhteisöt. Nämä osa-alueet ovat jaettu useampiin eri sektoreihin, jotka otetaan huomioon kohteen sertifioinnissa. (U.S. Green Building Council 2018b) LEEDin uusimmassa versiossa LEED v4,

joka julkaistiin vuonna 2013 on erikseen otettu huomioon ilmastonmuutos, terveys, vesivarat, biodiversiteetti, vihreä talous, yhteisöt ja luonnonvarat (Long 2013). Versioon on tehty parannuksia ja otettu huomioon myös veden tehokas käyttö, materiaalit, suorituskyky ja älykäs sähköverkko. (U.S. Green Building Council 2018a)

Chan et al. (2017) mukaan käyttöaste oli 8,5 % suurempi ja uudelleenvuokraustodennäköisyys oli 5,6 % suurempi LEED sertifioituissa rakennuksissa kuin ei sertifioituissa. Vuokratuotot olivat 2,7-3,7 % suurempia. LEED-sertifioituissa rakennuksissa energiankulutus oli noin 28 % pienempi ja veden kulutus oli vähäisempää. Tämä vähentää käyttökustannuksia ja täten vaikuttaa positiivisesti kiinteistön omistajan ja vuokraajan kustannuksiin. Tutkimukseen kerättiin dataa 291 rakennuksesta Yhdysvalloissa ja Kanadassa 10 vuodelta. (Chan et al. 2017, s. 43)

3.3 Sisäiset esteet

Yksi haastavimmista asioista on mitata ja asettaa määrällisiä tavoitteita kestävänsä rakentamisen taloudellisia, ympäristöllisiä ja mahdollisia muita vaikutuksia. Kestävien projektien tulisi ilmaista vaatimukset ja maalit, joiden perusteella voitaisiin kestävänsä projektit mitata ja laatua valvoa. Ilman selkeitä raameja tai viitekehystä projektin eri osapuolien välillä mahdolliset erimielisyydet voivat lisääntyvät, minkä seurauksena parannusvaihtoehdot voivat paisua liian suuriksi. Asiakalla on kuitenkin näkemys tarpeistaan, joten suuria muutoksia ei välttämättä pystytä tekemään. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 243, 244)

Riskit niin kutsutuissa kestävänsä projekteissa asettavat omia esteitä. Yksi merkittävänsä esteistä ovat korkeammat rakennuskustannukset ja riski kustannusten kasvusta. Monet tutkimukset ovat Bellonin & Häkkisen (2011) mukaan osoittaneet, että tehokas rakennusten energiakäyttö ei vaadi suuria investointeja, mikä vähentää taas rakennuksen käyttökustannuksia pitkällä tähtäimellä. Uusien jo olemassa olevien ratkaisujen kokemuksen puute asiakkailla tai suunnittelijoilla kuitenkin hidastavat näiden ratkaisuvaihtoehtojen hyödyntämistä. Riskit muodostuvat myös kokemattomuudesta kestävänsä projekteista ja suorituskykyyn koskevasta tiedon puutteesta. Riskejä voi muodostua esimerkiksi tarkastuksista ja testauksista, mitkä vaikuttavat erimerkiksi projektin aikataulutukseen. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 246)

Projektit lisäävät myös väistämättä erilaisia toimenpiteitä. Näitä toimenpiteitä voivat olla tutkimukset kestävästä materiaaleista, sertifiikaateista aiheutuvista dokumentoinnista ja yksityiskohtaisesta ympäristötavoitteiden määrittämisestä. (Arditi et al. 2016, s. 1041-1046) Nämä tekijät voivat aiheuttaa muun muassa aikatauluviiveitä, joten projektit vaativat enemmän koordinoitua alusta lähtien ja riskienhallintaa tulisi seurata jatkuvasti projektin edetessä. Siksi projekteissa tulisi olla myös henkilöitä, joilla on kokemusta kestävästä rakentamisesta ja ovat tietoisia erilaisista ratkaisuista. (Anantatmula et al. 2011, s. 49-50)

Kvantitatiivisen dokumentoinnin puute epävarmuuksista ja rakennuksen hyödyistä pidetään yhtenä esteenä. Tämä lisää epävarmuutta projektissa eikä voida tukeutua tietoon, jolla riskejä voitaisiin minimoida. Vahva organisaation osastojen segmentointi vaikeuttaa asiakaskeskeisyytenä olemista, jos organisaatiolla ei ole kokonaisvaltaista näkymää toimitusketjussa. Tällöin ei saada mahdollisimman laajaa näkemystä asiakkaiden tarpeista esimerkiksi tulevilla projekteilla (Belloni & Häkkinen 2011, s. 243)

Bellonin & Häkkisen (2011) mukaan tietoteknisiä työkaluja tarvitaan, koska osa suunnittelijoista pitää nykyisiä työkaluja liian monimutkaisina ja aikaa vievinä. Nykyiset rakennusten arviointityökalut eivät toimi suunnittelun ohjauksessa, sillä ne ovat suunniteltu rakennusten arviointiin rakennusprojektin myöhäisessä vaiheessa suunnittelua. Työkaluilla tulisi suunnitteluvaiheen varhaisessa vaiheessa tehdä kohtuullisen helposti arviointeja. (Häkkinen 2011, s. 23)

Elinkaariarviointitavat ovat olemassa, mutta ne vaativat paljon työtä. Haasteina ei ole datan hankkiminen vaan mahdollisuuden puutteesta automaattisesti laskea tarvittavat laskut saadusta datasta. Nykyään arvioinnit tehdään vasta kun suunnitelmat ovat jo valmiita, jolloin suunnitteluprosessiin elinkaarilaskuilla ei voida vaikuttaa (Belloni & Häkkinen 2011, s. 245)

Mikäli tarjouspyyntöprosessissa tarjoukset pyydetään valmiiden suunnitelmien perusteella ja arvioidaan edullisimman hinnan mukaan. Tämä asettaa esteitä kestäväälle rakentamiselle, mikä haittaa innovointia eri rakennushankkeissa. Valmiiden suunnitelmien sijaan tarjouspyynnöt voisivat perustua rakennukselle asetettuihin toiminnallisiin vaatimuksiin. (Häkkinen 2011, s. 18, 19)

3.4 Ulkoiset esteet

Rakennuksen toiminnan tehokkuus riippuu suurelta osin käyttäjien elintavoista ja käyttäytymisestä. Mikäli asukkaiden tapa, jolla asukkaat käyttävät rakennusta eroaa suunnitellusta, edulliset ominaisuudet sisällytetty suunnittelu- ja rakennusvaiheessa voidaan menettää. Täten tärkeää on opastaa käyttäjiä esimerkiksi käyttö- ja huolto-ohjeilla, mikäli siihen on tarvetta. (Häkkinen 2011, s. 21)

Rakennuksen tehokkuuden standardit keskittyvät rakennuksen fyysisiin elementteihin, vaikka suurin osa energiankulutuksesta tapahtuu rakennuksen käytön aikana. Suunnittelussa tavoitteisiin ei välttämättä päästä, koska suunnitelmat ja mallit eivät ota huomioon sosiaalisia, psykologisia tai organisationaalisia malleja. (Dastbaz, Gorse 2017, s. 4) Esimerkiksi Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan kiinteistön suunnittelussa tarkoituksena oli asentaa ohjelmoidut termostaatit, jotka automaattisesti alensivat lämpötiloja öisin, energiakulutuksen minimoimiseksi. Suunnittelussa ei otettu huomioon käyttäjien suosituksia eikä käyttäjiä koulutettu, jolloin käyttäjät ohittivat asetukset ja täten asetettuihin energiakulutustavoitteisiin ei päästy. (Jadhav 2016, s. 6)

Kestävän rakennuttamisen esteitä voivat olla muun muassa ensivaikutelmalta nähdyt suuret kustannukset, yleisen tiedon puute, poliittisen tuen sekä kannustimien puuttuminen ja käsitys kestävän kehityksen rakennuttaminen olevan ”high-end” projekteja, joissa rakennuksen käyttäjät eivät näe konkreettista hyötyä, (Jadhav 2016, s. 9) Kysyntää ei synny tarpeeksi, vaikka käyttökustannukset olisivat alhaisemmat ja rakennukset olisivat ympäristöystävällisempiä. Projektin etenemissuunnitelmaan ja projektin raamien muodostamiseen asiakkaalla on paljon vaikutusta, mikä vähentää ratkaisujen lisäämistä suunnittelijoiden puolelta. (Belloni & Häkkinen 2011, s. 240)

Osapuolet, kuten sijoittajat ja kehittäjät maksavat tyypillisesti investointikustannukset, mutta eivät rakennuksen käyttökustannuksia, jolloin he eivät välttämättä hyödy tulevista käyttökustannussäästöistä. (Häkkinen 2011, s. 15) Kustannuksia voi myös muodostua korkeimmista suunnittelupalveluista ja epäsuorasti suunnitteluryhmiltä ja urakoitsijoilta, mikä lisää epävarmuutta tilaajan puolella (Belloni & Häkkinen 2011. s. 242).

4 HAASTATTELUT

4.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimusmenetelminä käytettiin haastatteluja. Haastatteluja tehtiin tuodakseen esille Rambollin työntekijöiden näkemys kestävästä kehityksestä. Haastateltavina olivat Rambollin puolelta kaksi Kestävän Kehityksen tiimin edustajaa ja haastattelut kestivät noin 45 minuuttia. Haastattelu pidettiin Skypen välityksellä ja kysymykset ovat esitettyinä liitteessä 1. Kysymyksillä pyrittiin selvittämään, miten Rambollissa hyödynnetään kestävä kehityksen ratkaisuja, kuinka niitä markkinoidaan asiakkaille, miten oma henkilökuntaa koulutetaan ja mitkä ovat tämän hetkiset haasteet kestävä kehityksen toiminnan kehittämisessä Rambollin sisällä.

4.2 Haastattelujen tulokset

Ensimmäisellä kysymyksellä haluttiin selvittää, miten Ramboll näkee kestävä kehityksen. Ensimmäisen haastateltavan mukaan kestävät ratkaisut riippuvat tilaajan toiveista työhön asetetuista rajauksista ja sisällöstä. Taloudellinen näkökulma tuli ensimmäisen haastateltavan mielestä selvästi huomioon projekteissa etenkin tilaajan toimesta. Suunnittelupuolella vastuussa ollaan hankkeen ekologisesta näkökulmasta, mutta sosiaalista puolta ei paljoa oteta huomioon. Tämän aspektin huomioiminen riippuu tilaajasta itse. Osa tilaajista voivat ottaa kuitenkin huomioon välillisiä vaikutuksia esimerkiksi kaupungin asukkaisiin. Toisen haastateltavan mukaan materiaalitehokkuus ja uusiutuvat materiaalit ovat tärkeitä huomioitavia asioita otattaessaan esille kestävä kehitys. Uusiutuvien materiaalien hyödyntämisessä esteenä ovat kuitenkin perinteisiin materiaaleihin verrattuna niiden korkea hinta, koska yleensä pyritään hakemaan kustannustehokkainta ratkaisua eikä ratkaisuja, jotka voisivat olla laadukkaampia ja pidemmällä huoltovälillä toimivia. Toinen huomioitava asia oli vastuulliset hankintaketjut, jossa pyritään huomioimaan mistä esimerkiksi raaka-aineet ovat tulleet ja millaiset ovat olleet työolot hankintaketjujen eri vaiheissa. Tätä on vaikea vahtia mitä pidemmälle hankintaketjussa mennään.

Yrityksen tulevaisuuden näkymät kestävässä kehityksessä Rambollin Kestävä Kehityskonsepti tulee kasvamaan, kun tietoisuutta lisätään yrityksen Kestävän Kehityksen ohjelmalla.

Ensimmäinen haastateltava näkee tietoisuuden kasvavan myös tilaajilla, mikä johtuu erilaisista paineista kuten resurssitehokkuudesta. Muita vaikuttavia asioita ovat muun muassa globaalit ilmiöt kuten ilmastonmuutos ja kaupungistuminen. Täten tilaajat pyrkivät edistämään tulevaisuudessa osaamista ja käyttämään uusia ratkaisuja. Toisen haastateltavan mukaan sijoittajien kiinnostus ESG:hen (Environmental, Social and Governance) lisääntyy, mikä näkyy Rambollissa halukkuudessa hyödyntää työkaluja, joilla johdetaan kiinteistöportfolioita ESG-näkökulmasta ja kuinka painotetaan päästöjä ja sosiaalisia kysymyksiä. Erilaisilla sertifikaateilla voidaan viestiä selvemmin sijoittajille. Haastateltava huomioi, että kestävä kehitys on niin laaja alue, joten erilaisilla viitekehyksillä voitaisiin laittaa asiat raameihin ja purkaa sitä kautta.

Kysyttäessään, mitä tilaajat ovat odottaneet yritykseltä, ensimmäisen haastattelijan mukaan tilaajat odottavat yleisesti ympäristöllisiä näkökulmia, jossa ovat tasapainossa ihmisen ja luonnon tarpeet. He odottavat eri aspekteista huomioitavia monialaisia ratkaisuja, missä pyritään minimoimaan negatiiviset vaikutukset ja pyritty maksimoimaan positiivisia vaikutuksia. Tilaajat joutuvat yleensä edustamaan kapeata näkökulmaa, mutta heillä voi olla henkilöitä takana, jotka pystyvät ottamaan huomioon eri aspekteja. Tilaajilla voi olla erilaisia painoarvoja eri asioille. Toisen haastateltavan mukaan tilaajat ovat hakeneet sertifikaatteja ja tietotaitoa, kuinka vastuullisuutta voitaisiin johtaa. Asiakkailla on yleensä ehdot asetettu projekteissa, mikä vähentää kestävien ratkaisujen hyödyntämistä.

Kysyttäessään miten näitä asioita on yritetty myydä ja markkinoida asiakkaille ensimmäisen haastateltavan mukaan luottoasiakkaille voi helpommin myydä mahdollisia ratkaisuja ja kertoa eteenpäin näistä ratkaisuista. Rambollin viestintäkanavina ovat olleet nettisivut, blogit, Twitter ja uutiskirjeet. Toisen haastateltavan mukaan asiakkaalle ei osata tuoda esille kestävän kehityksen asioita, koska osalle nämä asiat ovat itsestään selvyyksiä, jolloin niitä ei erikseen korosteta.

Haastatteluilla haluttiin myös selventää, millaisia hyötyjä on Kestävän Kehityksen konseptista. Ensimmäisen haastateltavan mukaan etuja kestävän kehityksen konseptista on vaikea mitata, mutta yritys on varmasti hyötynyt konseptista. Haastateltava huomioi, että hyödyt on huomattu yrityksen johdon tasolla ja globaalit ilmiöt lisäävät kysyntää, jossa Ramboll on vahvana monialaisena yrityksenä. Toisen haastateltava myös toteaa mittaamisen vaikeuden, sillä suuri

osa projekteista liittyy tavalla tai toisella kestäväan kehitykseen. Hän myös toteaa, että haastavuutta lisää näkökulma, josta projektia katsotaan.

Kysyttäessään tapaa yrityksen sisällä edistää kestävan kehityksen toimintaa haastateltavat toteavat, että kestävan kehityksen konseptista on pidetty yksikönpäälliköille koulutus, jota voidaan käydä työntekijöidensä kanssa ja kestävä kehityksen asioita pyritään integroimaan muihin Rambollin koulutuksiin. Kestävan kehityksen näkökulmasta pyritään ottamaan koulutuksissa huomioon sosiaalisesta näkökulmasta tasa-arvoisuus yhdenvertaisuus ja taloudellisesta näkökulmasta taloudellinen kestävyys ja kestävät projektit sekä kuinka niissä voidaan onnistua. Tätä voidaan tehdä esimerkiksi lisäämällä aloituskokouksen asialistaan apukysymyksiä.

Kysyttäessään implementoinnin haasteista, suurin haaste ensimmäisen haastateltavan näkökulmasta on yrityksen suuri koko, jossa tiedottamista ja kouluttamista tehdään monella eri tasolla ja eri suuntaan. Tällöin asioita voi helposti hukkaa. Haastatteliija mainitsee muutosjohtamisen olevan haaste kestävan kehityksen aspektien implementoimisessa, jossa asioita mietitään uudella tavalla. Toisen haastateltavan mukaan yrityksen iso koko, eri toimialat ja ollaan eri vaiheessa kestävan kehityksen konseptissa. Osa tiedostaa kestävan kehityksen asioita ja osa ei näe omaa työkuva isossa paletissa. Haasteita voidaan vähentää esimerkiksi purkamalla projekti ja näyttämällä projektin vaikutukset kestäväan kehitykseen. Tällä tavalla voidaan tuoda esille joitain käytännön esimerkkejä, joilla on voitu vähentää muun muassa päästöjen määrää tai kustannussäästöjä. Tämä helpottaa haastateltavan mukaan konkretisoimaan kestävan kehityksen asioita eri projektien kautta.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus koostui kolmesta osiosta: kestävän rakentamiseen esitetyistä ratkaisuksista, kestävän kehitykseen liittyvistä esteistä ja ajureista rakentamisessa ja suunnittelussa sekä tuetusta empiirisestä osasta, jossa pyrittiin tuomaan esille ja Rambollin näkemys kestävästä kehityksestä ja sen implementoimisessa omassa toiminnassaan. Seuraavissa kappaleissa vastataan tutkimuksen alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin.

- Millaisia kiinteistösuunnittelun kestävän kehityksen ratkaisuja voidaan hyödyntää?

Kirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että erilaisia teknisiä ratkaisuita ja materiaaleja löytyy parantaakseen rakennusten ympäristöystävällisyyttä ja taloudellisuutta. Materiaaleja kuten puuta voidaan hyödyntää rakentamisessa vähentäen uusiutumattomien materiaalien käyttöä ja lisäten esimerkiksi hiilen sitomista. Lisäämällä rakennuksen lämpöeristystä ja hyödyntämällä lämpöä varastoivia materiaaleja ylläpitäen sisätilojen lämpötilat sopivana voidaan vähentää hukkalämmön määrää, mikä lisää rakennusten energiatehokkuutta ja täten vähentäen rakennuksen elinkaaren käyttökustannuksia. Rakennusjätteen määrää voidaan vähentää esimerkiksi mallinnusratkaisuilla ja elementtirakentamisella. Muita ympäristöllisiä sosiaalisia elementtirakentamisen etuja ovat myös pienempi päästöjen erotus, rakentamisen nopeutuminen ja työturvallisuuden paraneminen. Työssä tuotiin myös esille ratkaisuja, joilla voidaan hyödyntää sadevettä täten vähentäen veden kulutuksen määrää.

Hyödyntämällä passiivisia menetelmiä voidaan vähentää rakennuksen energiakulutusta ja täten pienentää käyttökustannuksia. Rakennuksen sijoittumisella voidaan vaikuttaa luonnollisen valon ja lämmön määrään, ja tätä voidaan mallintaa. Mikäli lämpötila kasvaa liian suureksi erilaisilla varjostuksilla voidaan vähentää liiallisen lämmön saantia. Tuulen määrään voidaan vaikuttaa sijoittamalla rakennus vallien taakse. Lämpömassaa hyödyntämällä esimerkiksi Trombe-seinillä ja lasitetuilla parvekkeilla voidaan muodostaa puskurivyöhyke rakennuksen sisätilan ja ulkotilan välille. Tämä pienentää lämpöhäviöitä rakennuksen sisältä kylmällä säällä. Viherkattojen todettiin myös vähentävän energiakulutusta ja sitomalla itseensä erilaisia haitallisia aineita.

Uusiutuvilla energiaratkaisulla rakennuksen voidaan parantaa rakennuksen ympäristöystävällisyyttä. Tämä vähentää fossiilisten polttoaineiden tarvetta energialähteenä. Esitetyt ratkaisut olivat aurinkokennot, -keräimet, ja maalämpö. Energiakäyttöprofiililla voidaan määrittää energiatarpeen määrä ja mikäli energiaa saadaan uusiutuvista lähteistä. Liika hetkellinen energia voidaan tarpeen mukaan varastoida sähköä akkuihin tai lämpönä vesivaraajaan tai taloyhtiö voisi myydä ylimääräistä energiaa lämpönä kaukolämpöverkkoon.

Valaistuksen energiakulutusta voidaan vähentää LED-lampuilla, sisätilojen vaaleilla pinnoilla, joilla on suuri heijastumiskerroin ja luonnon valon hyödyntämisellä. Hyvillä julkisilla yhteyksillä ja ekologisilla ratkaisuilla kuten sähköautoilla ja niille tarvittavalla infrastruktuurilla rakennuksessa tai sen lähetyillä esimerkiksi parkkipaikalla voidaan vähentää liikenteen aiheuttamia päästöjä. Myös tietoteknisiä ratkaisuja voidaan hyödyntää rakennuksen energiakulutuksen optimointiin rakennuksen käyttövaiheessa. Optimointiin käytetyllä ohjelmalla voidaan vähentää esimerkiksi valaistuksen ja lämmityksen määrää.

Näillä edellä mainituilla ratkaisuilla voidaan parantaa kestävästä rakentamista sekä taloudellisesta ja samoin ekologisesta näkökulmasta. Muita kestävästä rakentamisen huomioitavia asioita ovat muun muassa ekologiselta näkökulmalta kosteudenhallinta, rakennusalueen valinta ja sen vaikutus elinympäristöön ja kasvillisuuden peittämät alueet, energiatehokkaat kodinkoneet, jätteenlajittelumahdollisuudet sekä sosiaaliselta näkökulmalta katsottuna akustiikka ja sisäilmanlaatu.

- Miten kestävästä kehityksen asioita voidaan edistää kiinteistösuunnittelussa?

Toimiessaan tilaajan edustajana esimerkiksi projektinjohtopäällikkönä, tarjousvaiheessa suunnittelijat ja rakennuttajat voidaan kilpailuttaa kilpailijat ja pisteyttää projektinjohton asettamien kriteerien mukaan. Tähän voidaan sisällyttää erilaisia vaatimuksia koskien kestävästä rakentamista. Vaatimuksina voivat olla kokemuksen määrä kestävässä rakennusprojekteissa, onko rakennus saanut jonkun sertifikaatin tai mikäli asiakkaalla on jo tietty näkemys lopputuloksesta vaatimuksena voisi olla tietyt menetelmät, jotka voivat sisältyä kestävästä rakentamiseen. Vaaditut rakennuksessa hyödynnettävät ratkaisut voidaan sisältää täten tarjouspyyntöasiakirjoihin ja urakkasopimuksiin. Sopimuksiin voidaan lisätä tarpeen mukaan suorituskykyyn perustuvia kannustimia.

Kestävän rakentamisen projektissa käyttäjät ja mahdolliset ostajat tulisivat huomioida projektin alusta lähtien, jolloin voidaan paremmin vastata asiakkaiden tarpeisiin ja vähentää mahdollisten lisäurakoiden määrää. Muodostamalla alustoja asiakkaiden ja projekti eri sidosryhmien välille voidaan lisätä erilaisten ratkaisujen hyödyntämistä projektissa. Samalla voidaan lisätä tietämystä kestävän kehityksen asioista jo olemassa oleville asiakkaille ja konkretisoida mahdolliset taloudelliset hyödyt tai ympäristövaikutukset, mikäli asiakas pyrkii edistämään ympäristöystävällistä toimintaansa. Esteenä on kuitenkin todettu asiakkaiden vankka näkemys tarpeistaan, mikä vähentää kestävien ratkaisujen huomioon ottamista jo heti projektin alusta lähtien. Edellä mainituilla tavoilla tätä estettä voidaan kuitenkin pienentää.

Suunnittelussa tulisi olla myös selkeät tavoitteet esimerkiksi viitekehyksen muodossa, mikä vähentää erimielisyyksien määrää. Bellonin & Häkkisen mukaan projektiryhmässä tulisi olla henkilöitä, joilla on kokemusta tai ovat halukkaita paneutumaan kestävän rakentamisen asioihin. Tällöin voitaisiin hyödyntää uusia tapoja ja innovaatioita kestävän rakentamisen läpivientiin mahdollisimman riskittä. Tämä vaikuttaa myös mahdollisten kustannusten pienenemiseen esimerkiksi aikataulun pitkittymisestä. Haastatteluiden perusteella voidaan myös todeta, että projekteissa tulisi huomioida hyödynnettävien ratkaisujen vaikutuksia mahdollisimman monesta näkökulmasta, jolloin voidaan minimoida negatiivisia vaikutuksia ja maksimoida positiivisia. Kuten sisäisistä ajureista todettiin yritys voi omalla toiminnallaan lisätä sidosryhmien halukkuuttaan parantaa kestävää toimintaansa. Tätä voidaan edistää esimerkiksi osallistamalla projekteihin, joiden tavoitteina on saada ympäristösertifikaatti.

Elinkaarilaskelmilla voidaan osoittaa rakennuksen omistajalle kestävien lisäinvestointien tulevat hyödyt, mikäli rakennuksen omistaja ei vaihdu rakennuksen valmistuttua. Suunnitteluvaiheessa rakennuksen elinkaariarviointeja, energiasimulointia ja päästöjen määrien laskuja voidaan käyttää kestävien rakennusten projekteissa. Täten saadaan kuva, mitkä ratkaisut ovat kokonaiskustannustehokkaita koko rakennuksen elinkaaren aikana. Rakennusprojekteihin voidaan myös hakea erilaisia avustuksia tai helpotuksia. Ekologiselta näkökulmalta elinkaarilaskelmilla voidaan saada kokonaiskuvan rakennuksen tuottamista hiilidioksidipäästöistä koko rakennuksen elinkaarensa aikana.

Tietomallinnusohjelmilla suunnitteluvaiheessa voidaan simuloida erilaisia tekijöitä kuten energiakulutusta, auringosta saatavan valaistuksen määrää ja luonnollista ilmavaihtoa

rakennuksen sisätiloissa. Näillä työkaluilla voidaan arvioida rakennuksen tuottamien päästöjen määrää ja arvioida valitsemia ratkaisuvaihtoehtojen kustannusten vaikutuksia. Ohjelmat tulisi olla helppoja hyödyntää, jolloin tarvittavia arviointeja voidaan tehdä suunnittelun alusta lähtien, jolloin voidaan tarkemmin saavuttaa alussa asetetut tavoitteet.

Työn perusteella voidaan todeta, että tällä hetkellä on olemassa paljon erilaisia tapoja parantaakseen kestävä kehitystä kiinteistösuunnittelussa. On olemassa erilaisia ratkaisuja, joita voidaan hyödyntää, mikäli halukkuutta ja kokemusta on, mikä tuli esille työn ajureissa sekä artikkeleissa, joista asiaa tuli työn aikana etsittyä. Näiden implementoinnissa on kuitenkin paljon erilaisia sisäisiä ja ulkoisia esteitä, jotka tuovat omia haasteitaan etenkin muutosjohtamisessa kuten haastattelussa todettiin. Merkittävimmistä esteistä ovat kirjallisuuslähteiden ja haastatteluiden mukaan asiakkaiden tietämättömyys ja kokemuksen puute sekä ensivaikutelmalta nähdyt korkeammat kustannukset kestävästä rakennuksesta. Haasteita tuovat myös ylimääräiset työt esimerkiksi tutkimuksina ja dokumentointina. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että erilaisia ratkaisuja on olemassa näiden esteiden minimoimiseksi. Samoin voidaan myös todeta, että globaalit ilmiöt kuten ilmastonmuutos ja resurssitehokkuus ovat vaikuttaneet muun muassa asiakkaiden tietoisuuteen ja asiakkaat pyrkivät täten edistämään kestävä toimintaansa.

6 LÄHTEET

Ahonen O., Airaksinen M., Alhola K., Cantell H., Haanpää S., Heikkinen J., Juhola S., Järvelä M., Kontio P., Nissinen A., Seppälä J., 2014. Ilmastomuutoksen hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä. Suomen ilmastopaneeli. Raportti 6/2014.

Anantatmula V. S., Robichaud B. L. 2011. Greening Project Management Practices for Sustainable Construction. *Journal of Management in Engineering* Vol. 25, s. 48-57.

Arditi D., de Paula N., Melhado S. 2016. Managing sustainability efforts in building design, construction, consulting, and facility management firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*. Vol. 24, nro. 6, s. 1040-1050.

Bacher J., Dahlbo H., Jouttijärvi T., Lähtinen K., Mattila T., Myllymaa T., Saramäki K., Sironen S., Suoheimo P. 2015. Construction and demolition waste management – a holistic evaluation of environmental performance. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 107, s. 333-341.

Belloni & Häkkinen 2011. Barreirs and drivers for sustainable building. *Building Research & Information* Vol. 39, Issue 3. s. 239-255.

Bishop J. 2017. *Building Sustainable Cities of the Future*. Cham, Springer.

Boehm R., Mandala S., Sadineni S. 2011. Passive building energy savings: A review of building envelope components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 15, Issue 8. s. 3617-3631.

Building Research Establishment Ltd. 2018a. BREEAM. [verkkosivu]. [Viitattu 19.6.2018]. Saatavissa: <http://www.breeam.com/>

Building Research Establishment Ltd 2018b. How BREEAM certification works. [verkkosivu]. [Viitattu 19.6.2018]. Saatavissa: <https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/>

Building Research Establishment Ltd. 2018c. Why choose BREEAM. [verkkosivu]. [Viitattu 19.6.2018]. Saatavissa: <https://www.breeam.com/discover/why-choose-breeam/>

Chan A., Darko A., Zhang C. 2017. Drivers for green building: A review of empirical studies. Habitat International. Vol. 60, s. 34-49.

Chen K., Chen X., Lu W., Webster C., Zhang X. 2017. Computational Building Information Modelling for construction waste management: Moving from rhetoric to reality. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol 68, Part 1. s. 587-595.

Dastbaz, M., Gorse, C., Alice Moncaster 2017. Building Information Modelling, Building Performance, Design and Smart Constructions. Cham, Springer.

Ekorent. Sähköautojen käyttöpalvelu. [verkkosivu]. [Viitattu 6.2018]. Saatavissa: <http://ekorent.fi/>

FIBS 2015. Biodiversiteetti. [verkkosivu]. [Viitattu 21.8.2018]. Saatavissa: <http://www.fibsry.fi/fi/yritysvastuu/yritysvastuun-osa-alueet/luontopaaoma/biodiversiteetti>

Green Building Council Finland 2017. Rakennusten elinkaarimittari. [verkkosivu]. [Viitattu 8.8.2018]. Saatavissa: http://figbc.fi/wp-content/uploads/2012/01/rakennusten_elinkaarimittarit_2013_esite-3.pdf

Green Building Council Finland. Rakennusten elinkaarimittarit- kahdeksan mittaria kestävään kiinteistöjohtamiseen. [verkkosivu]. [Viitattu 8.8.2018]. Saatavissa: <http://figbc.fi/elinkaarimittarit/>

Haapasalo H., Herrala M., Möttönen V., Nissinen K., Vainio S., Vainio T. 2012. Kestävän yhteiskunnan rakentaminen. VTT Saatavissa: <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2012/T40.pdf>

HSL. Kaupunkipyörät Ohjeet. [verkkosivu]. [Viitattu 6.2018]. Saatavissa: <https://kaupunkipyorat.hsl.fi/fi/ohjeet>

Häkkinen T. 2011. Kestävän rakentamisen prosessit. VTT Tiedotteita 2572. Espoo

Jadhav N. Y. 2016. Green and Smart Buildings Advanced Technology Options. Singapore, Springer.

Koistinen A. 23.5.2018 Voisiko sinunkin taloyhtiösi säästää energialaskussa myymällä tulevaisuudessa hukkalämpöä? Selvitä ainakin nämä asiat. [verkkosivu]. [Päivitetty 23.5.2018]. Saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10208222>

Li Z., Tam V., Wang J. 2015. Identifying best design strategies for construction waste minimization. Journal of Cleaner Production Vol. 92 s. 237-2471.

Long M. 20.8.2013. LEED v4 the Newest Version of LEED Green Building Program Launches at USGBC's annual Greenbuild Conference. [verkkosivu]. [Viitattu 19.6.2018]. Saatavissa: <https://www.usgbc.org/articles/leed-v4-newest-version-leed-green-building-program-launches-usgbc%E2%80%99s-annual-greenbuild-confe>

Musco F. 2016. Counteracting Urban Heat Island Effects in a Global Climate Change Scenario. Venice, Springer.

Rakennusteollisuus RT ry 2005. Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö- ja elinkaarimittarit. Vantaa, Dark Oy.

Rakennusteollisuus RT ry 2018. Lähes nollaenergiarakennus [verkkosivu]. [Viitattu 7.8.2018] Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Rakennusteollisuus-RT/Rakentamisen-kehittaminen/Tutkimushankkeita-rakentamisen-energiatehokkuudesta/Lahes-nollaenergiatalo-nZEB/>

Rakennusteollisuus RT ry. [verkkodokumentti]. [Viitattu 13.8.2018]. Saatavissa: <https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/julkaisuja/kestava-rakentaminen-torjuu-ilmastomuutosta.pdf>

Ramboll 2018a. Kestävän rakentamisen palvelut [verkkosivut]. [Viitattu 20.6.2018]. Saatavissa: http://www.ramboll.fi/palvelut/kiinteistot_ja_rakentaminen/kestavan-rakentamisen-palvelut

Ramboll 2018b. Rambollin arvot ja historia. [verkkosivut]. [Viitattu 20.6.2018]. Saatavissa: http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy/arvot-ja-historia

Ramboll 2018c. Yritys. [verkkosivut]. [Viitattu 20.6.2018]. Saatavissa: http://www.ramboll.fi/ramboll_finland_oy

Rowe B. 2011. Green roofs as a means of pollution abatement. Environmental Pollution. Vol. 159, Issues 8-9. s. 2100-2110.

Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2015. RIL 249-2015 Energiatehokas asuinrakennus – kohti lähes nollaenergiarakentamista. Helsinki, Tammerprint Oy.

Suomen rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014. RIL 265-2014 Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Helsinki, Tammerprint Oy.

Tolppanen J., Karjalainen M., Lahtela T., Viljakainen M. 2013. Suomalainen puukerrostalo – Rakenteet, suunnittelu ja rakentaminen. Tampere, Juvenes Print -Suomen Yliopistopaino Oy.

United Nations 1987. Our Common Future. [verkkodokumentti]. Saatavissa: [http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Desarrollosostenible/Documents/Informe%20Brundtland%20\(En%20ingl%C3%A9s\).pdf](http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/Desarrollosostenible/Documents/Informe%20Brundtland%20(En%20ingl%C3%A9s).pdf)

U.S. Green Building Council 2018a. Better building are our legacy. [verkkosivut]. [Viitattu 19.6.2018] Saatavissa: <https://new.usgbc.org/leed>

U.S. Building Council 2018b. Guide to LEED Certification. [verkkosivut]. [Viitattu 19.6.2018].

Saatavissa: <https://new.usgbc.org/cert-guide>

Ympäristöministeriö 2013. Mitä on kestävä kehitys. [verkkosivut]. [Viitattu 29.6.2018].

Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/kestava_kehitys/mita_on_kestava_kehitys

LIITTEET

Liite 1. Kysymykset Rambollin kestävän kehityksen tiimiltä.

1. Miten kestävä kehitys näkyy kiinteistösuunnittelussa?
 - a. sosiaalinen
 - b. ympäristöllinen
 - c. taloudellinen
2. Miten kiinteistösuunnittelu kehittyy tulevaisuudessa kestävän kehityksen näkökulmasta?
3. Millaisia ratkaisuja asiakkaat ovat odottaneet teiltä?
4. Miten kestävä kehityksen suunnittelua markkinoidaan asiakkaille? Mitkä ovat markkinointikeinot?
5. Mitä hyötyjä on Rambolille kestävän kehityksen konseptista?
6. Miten henkilökunta koulutetaan?
7. Mitkä ovat suurimmat haasteet?