Tampereen yliopisto

Klaus Eloranta

RAKENTAMISEN KESTÄVYYSSERTIFIKAATIT JA ILMASTOASETUS

Miten vähähiilisempään rakentamiseen ohjataan Suomessa

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastaja: Prof. Panu Lehtovuori
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Klaus Eloranta: Rakentamisen kestävyyssertifikaatit ja ilmastoasetus
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Arkkitehtuurin tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2022

Tämä tutkimus perehtyy rakentamisen päästöjen vähentämisen lähestymistapoihin, Se selvittää vapaaehtoisen ja velvoitetun menettelyn yhteneväisyyksiä ja eroja. Keskeinen kysymys on siitä, miten lähestymistavat voivat heijastua rakennuksen sosiaalisiin ja laadullisiin ominaisuuksiin.

Tutkimus vertailee kestävyyssertifiointeja ja valmisteilla olevaa Suomen rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjä rajoittavaa asetusta. Sertifioinnit edustavat vapaaehtoista lähestymistapaa ja asetus velvoittavaa.

Kestävyyssertifiointien kriteeristö on laaja ja se arvottaa rakennuksen sosiaalisia ulottuvuuksia ympäristöystävällisyyden ohella. Sertifioijat rakentavat imagoaan vihreän rakentamisen edelläkävijöinä tuomalla esille sertifioinneissa parhaiten menestyneitä projekteja mutta suurin osa sertifioiduista rakennuksista ei yllä lähellekään tätä tasoa.

Vapaaehtoinen lähestymistapa ja päästöjen vähentämisen tarve on ollut tiedossa kahden vuosikymmenen ajan. Riittävästi ei ole kuitenkaan tapahtunut tänä aikana. Tästä syystä asetus pyrkii vauhdittamaan muutosta, mutta nopeassa muutoksessa on riskinä oleellisten ongelmakohtien laiminlyönti.

Rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjä voidaan vähentää useilla tavoilla. Keskeisimmät keinot vähentämiseen kytkeytyvät rakennusmateriaalivalintoihin, rakennusmateriaalien tuotannon päästöihin, energiatehokkuuteen ja rakennuksessa käytetyn energian päästöihin. Tämä vähentämistapojen kirjo voi konkretisoitua materiaali- ja energiatehokkuuden tavoittelulla, joka sivuttaa sosiaalisia ja laadullisia piirteitä.

Velvoitus päästöjen vähentämiselle on tehokas tapa saada rakentamisen päästöjä alaspäin mutta asetuksen tulisi huomioida vahingolliset lähestymistavat, jotta ne eivät aiheuttaisi vain entistä enemmän päästöjä kelvottomien rakennuksien muodossa.

Avainsanat: Vähähiilisyys, kestävyys, laatu, muutos, sosiaalinen ulottuvuus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Klaus Eloranta: Building's sustainability certification methods and Finland's future climate regulation
Master's degree
Tampere University
Architecture
April 2022

This survey gets acquainted with the ways building's greenhouse gas emissions can be reduced. It examines the differences and similarities between voluntary and mandatory approaches. The fundamental question is about the effect of these approaches to building's social and qualitative attributes.

The survey compares sustainability certification methods and the future regulation of Finland's buildings' greenhouse gas emissions. In the survey the certification methods represent voluntary method, and the regulation represents mandatory one.

The criteria of the sustainability certifications are broad, and they valuate building's social aspects as well as the environmental ones. The certifiers promote the image of avant-gardist green building method by presenting the buildings which have achieved the highest scores in the certification but most of the certified projects don't reach even close the level of these buildings.

The voluntary approach and the need for reducing of greenhouse gas emissions has been on the way for two decades. By this time enough hasn't been reached. The regulation tries to speed up the process because of this but in a rapid change there's a risk of neglecting the essential problematic aspects.

There are many ways to reduce building's greenhouse gas emissions. The essential ones relate to the choices of building materials, the manufacturing process of materials, the energy efficiency of a building and to the emissions of energy used in the building. This variety of ways can be concretized in pursue for material and energy efficiency that can neglect the social and qualitative attributes.

Compulsion for reduction of emissions is a powerful way to push them downwards mut the regulation should consider the harmful ways of reducing so that they wouldn't cause more emissions in the form of useless buildings.

Keywords: Low-carbon, sustainability, quality, change, social dimension

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Auringon noustessa päätän työtäni. Monesti näin on käynyt suunnittelutöiden kanssakin. Työ lähti liikkeelle uuden kokeilusta ja halusta saada vaihtelua suunnittelutyöhön. Prosessista tuli kuitenkin samankaltainen: työtä, tuskaa ja oivalluksia.

Rakentamisen ympäristölliset vaikutukset olivat minulle lähes tuntemattomat aloittaessani työtäni. Se on avannut niitä perusteellisesti ja kattavasti. Suuri kiitos tästä kuuluu haastateltaville ja ohjaajalleni Panu Lehtovuorelle. Heidän kaikkien ammattitaitoa ja tietämystä olen hämmästellyt useasti ja olen tyytyväinen, jos saan sisäistettyä siitä edes palasen.

Haikeana lopettelen opiskelujeni viimeistä etappia. Kouluajat ovat tuoneet huikeita tuttavuuksia ja kokemuksia, joita elämä tarjoaa toivottavasti jatkossakin.

Turussa, 26.4.2022

Klaus Eloranta

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO ... 1
    1.1 Tutkimuksen tarve ... 1
    1.2 Tutkimuksen tavoitteet ... 2
    1.3 Tutkimuksen rajaus ja keskeiset käsitteet ... 3
    1.4 Tutkimusmenetelmät ... 3
2. KESTÄVYYS RAKENTAMISESSA ... 5
    2.1 Kestävyyden historia ja määritelmä ... 5
    2.2 Kestävyys arkkitehtuurissa ... 6
    2.3 Kestävyyden mittaaminen ... 8
3. RAKENTAMISEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖT ... 10
    3.1 Kasvihuonepäästöt Suomessa ja maailmalla ... 10
    3.2 Rakennusten ja rakentamisen kasvihuonepäästöt ... 12
    3.3 Materiaalien ja energian päästöt ... 14
4. SUOMEN RAKENTAMISEN ILMASTOSELVITYKSEN LUONNOS ... 17
    4.1 Asetuksen tausta ... 17
    4.2 Asetuksen prosessi ... 17
    4.3 Kasvihuonekaasupäästöt asetuksessa ... 18
5. BREEAM JA LEED SERTIFIOINNIT ... 20
    5.1 BREEAM International New Building 2016 ... 20
    5.2 LEED v4 Building Design and Construction ... 21
    5.3 Kasvihuonekaasupäästöt sertifioinneissa ... 22
6. SERTIFIONTIEN JA ILMASTOASETUKSEN VERTAUTUVUUS ... 23
    6.1 Tarkoitus ... 23
    6.2 Vaikutusalue ... 24
    6.3 Prosessi ... 25
    6.4 Käytäntö ... 26
    6.5 Terveyden ja hyvinvoinnin hiilijalanjälki ... 28
    6.6 Vapaaehtoisesti vai velvoittamalla ... 29
7. LOPPUPÄÄTELMÄT ... 31
8. POHDINTA JA REFLEKTOINTI ... 32
9. VIITTAUKSET ... 34

LYHENTEET JA MERKINNÄT

CO_2	hiilidioksidi
CO_2-ekv	hiilidioksidiekvivalentti, joka ilmaisee kasvihuonekaasujen kokonaismäärän painotettuna eri kaasujen potentiaale illa vaikutuksella ilmaston lämpenemiseen
mrl	maankäyttö- ja rakennuslaki
Vähähiilisyys	tuotteen tai palvelun aiheuttamat khk-päästöt ovat vähäiset

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tarve

Rakennuksiin ja rakentamiseen liittyy merkittävä määrä kasvihuonepäästöjä ja myös potentiaalia niiden alentamiselle. World Green Building Councilin mukaan (WGBC, 2019) rakennusten käyttö aiheutti noin 28 % vuotuisista kasvihuonekaasupäästöistä ja rakennusteollisuuden osuus materiaalituotantoineen on noin 11 % vuonna 2018. Vastaavasti muu teollisuus tuotti 32 % ja liikenne 23 % päästöistä. Ilmastonmuutoksen oireiden todentuessa kiire päästöjen alentamiselle tulee todennäköisesti kasvamaan ja ottaen huomion ilmaston hitaan reagoinnin, keskustelu päästöistä ei ole laantumassa pitkään aikaan.

Ilmaston lämpeneminen on kestävän kehityksen merkittävämpiä haasteita. Muutoksesta ilmaantuu alati todisteita ja kasvihuonekaasut ovat tähän muutokseen syy. Teollistumisen ajoista lähtien ilmakehään on päätynyt luonnottoman paljon hiilidioksidia ja muita kasvihuonekaasuja ihmisten toimien myötä (IPCC, 2019). Tähän on päätetty viimein reagoida maailmanlaajuisesti erilaisin lainsäädöllisin keinoin. Lainsäädäntöjä rakentamisen kasvihuonepäästöjen kannalta on valmisteilla useassa maassa ja Suomessa maankäyttö- ja rakentamislakiin ollaan lisäämässä vaatimusta rakennuksen kasvihuonepäästöjen ylärajasta lähivuosina (Ympäristöministeriö, 2019).

Rakentamisen päästöjä on tutkittu paljon viime vuosina. Tämän tutkimuksen tuore näkökulma on tarkastella päästöjen yhteyttä rakentamisen laatuun ja ihmisen hyvinvointiin. Vaikka tutkimus tulee esittämään ajoittain kritiikkiä päästökeinoille, se tunnistaa päästöjen vähentämisen tärkeyden ja, että rakennuksilla ja rakentamisella on merkittävä rooli tässä tehtävässä.

Rakentamisesta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä hankaloittaa päästöjen moninaisuus ja erilaisten vähennyskeinojen osin ristikkäiset vaikutukset rakennusten ominaisuuksiin. Rakennussektorin merkittävimmät päästölähteet nivoutuvat rakennuksen energiankulutukseen ja materiaaleihin. Näillä osa-alueilla on myös läheinen yhteys rakennusten laadullisiin ja sosiaalisiin ominaisuuksiin. Tarkoitukseni on tutkia rakennuksen kokonaisvaikutuksia pyrittäessä matalampiin kasvihuonekaasupäästöihin.

Alvar Aalto piti Lontoossa vuonna 1957 katkeran satiirisen puheen ”Hyvän Arkkitehtuurin Vihollisista” (Schildt, 1997), jossa hän pohti rakennustalouden ja arkkitehtuurin

laadun suhdetta. Aallon mielestä aikalaiset rakennustalouden teoreetikot olivat eriytyneet ehkä liiaksi laadullisista tavoitteista. Teoreetikot pohtivat minkä muotoinen talo olisi halvin ja kuinka syvä sen rungon tulisi. Vastaus on paksuin ja syvärunkoisin. Hän totesi epäinhimillisimmän talon olevan kaikkein halvin. Poistamalla kalliin päivänvalon ja raikkaan ilman saisimme vielä halvempia asuntoja. Näiden lausahdusten keskiössä on raha mutta voimme korvata sen energiatehokkuudella tai kasvihuonekaasupäästöillä, ja se pitää yhtä hyvin paikkansa.

Ikkunat lisäävät talvisin rakennuksen lämmityksen ja kesäisin jäähdytyksen tarvetta. Poistamalla nämä eliminoisimme energiahukan ja hukasta koituneet päästöt. En tosin pelkää, että maahamme alkaisi rakentua ikkunattomia rakennuksia päästörajoitusten seurauksena, mutta minua mietityttää riittääkö esimerkiksi teknologian kehitystahti, markkinoiden mekanismit tai se kuuluisa terve järki siihen, että se ei alenna rakennustemme laatua.

Toisaalta päästöjen vähentäminen on tällä hetkellä oleellisin ilmastonmuutosta hidastava toimi. Niiden vähentämisestä on ensimmäisen kerran asetettu globaali tavoite Kiotossa vuonna 1997 (UNFCCC, 1997). Toimet ovat tosin jääneet 25 vuoden aikana ainakin rakennusteollisuuden osalta vähäisiksi (GABC, 2021). Tämä antaa osviittaa, että vapaaehtoinen lähestymistapa ei ole riittävän tehokas tulevaisuuden kannalta. Kun jotain velvoitetaan, on myös oleellista tiedostaa mitkä ovat mahdolliset hyvät ja huonot reaktiot vaatimukseen. En epäile, etteikö Ympäristöministeriössä olisi tiedostettu päästöjen laadullista yhteyttä mutta minua kiinnostaa miten se on huomioitu.

Rakentamisen kestävyyssertifiointeja on ollut saatavilla 1990-luvun alkupuolelta asti (Yudelson, 2016). Ne ovat tarkoitettu antamaan riippumaton arvio rakennuksen kestävyydestä ja niitä käytetään ajoittain muun muassa rakentamisen vihreän rahoituksen ehtoina. Kestävyyden periaatteet vaihtelevat mutta niistä on yleensä löydettävissä ympäristölliset ja sosiaaliset ja taloudelliset näkökulmat. Näistä näkökulmista minua kiinnostaa erityisesti ympäristöllinen ja sosiaalinen kestävyys. Miten ne ovat huomioitu ja mikä on niiden välinen yhteys.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimustavoite on kartoittaa uudisrakentamisen velvoittavan ja vapaaehtoisen kasvihuonepäästöjen vähentämisen eroja. Tutkimuksessa velvoittavaa tapaa edustaa Suomen valmisteilla olevan ilmastoasetuksen luonnos ja vapaaehtoista tapaa kaksi yleisintä kestävyyssertifiointia Yhdysvaltojen Green Building Councilin kehittämä LEED ja Iso-Britannialainen BREEAM. Tutkimus vertailee näiden lähestymistapojen:

- Tarkoitusta eli mitä niillä halutaan saada aikaan
- Vaikutusaluetta eli mihin on vaikutusta ja miten paljon
- Prosessia eli miten ja mitä arvoja ja tietolähteitä käytetään.
- Käytäntöä eli miten tarkoitus toteutuu

. Näiden tavoitteiden kanssa tutkimuskysymyksiksi muotoutuu

1. Miten kestävyyssertifioinnit ja ilmastoasetus huomioivat rakentamisen kasvihuonepäästöt?
2. Miten paljon sertifioinneilla ja asetuksella on vaikutusta rakennusten kasvihuonepäästöjen vähentämisen?
3. Mikä on kasvihuonepäästöjen yhteys rakennuksen sosiaalisiin ja laadullisiin ominaisuuksiin ja miten sertifioinnit ja asetus ovat huomioineet nämä?

1.3 Tutkimuksen rajaus ja keskeiset käsitteet

Tutkimus keskittyy yksittäiseen uudisrakennukseen maankäyttö- ja rakennuslain näkökulmasta. Se ei huomioi tähän liittyviä muita kokonaisuuksia kuten kaavoitusta tai kuntapoliittisia tavoitteita. MRL edustaa ilmastoasetuksen laadun ja hyvinvoinnin viitekehystä ja kestävyyssertifiointien kohdalla tätä edustaa niiden koko kriteeristö.

Rakennuksen sosiaalinen ulottuvuus ja vähähiilisyys ovat tutkimuksen keskisiä käsitteitä. Sosiaalisella ulottuvuudella tarkoitetaan rakennuksen inhimillisiä ja terveydellisiä vaikutuksia. Vähähiilisellä rakennuksella tarkoitetaan matalan hiilijalanjäljen omaavaa rakennusta.

.

1.4 Tutkimusmenetelmät

Olen suorittanut sisältöanalyysin ja vertaillut kahden yleisimmän rakentamisen kestävyyssertifioinnin ja Suomen valmisteilla olevan ilmastoasetuksen rakennetta ja kriteeristöä. Analysointi on koskenut näiden kolmen kokonaisuuden kasvihuonekaasujen päästöjen huomioinnin laajuutta ja vähentämistapoja sekä näiden toimien laadullisien vaikutuksien huomiointia.

Sisältöanalyysin tueksi olen haastatellut kahta arkkitehtia: Francesco Allaixta ja Matti Kuittista. Allaix omaa monen vuoden kokemuksen LEED-sertifioinnin suorittamisesta arkkitehtisuunnittelun ohella ja avaa tutkimuksessa kestävän rakentamisen tavoittelua

arkkitehtisuunnittelun kannalta. Kuittinen valmistelee Ympäristöministeriön edustajana maankäyttö- ja rakennuslakiin lisättävää ilmastoasetusta ja hänen näkemyksensä esittelevät tutkimuksessa lainsäätäjän näkökulmaa.

Haastattelut tapahtuivat etäyhteydellä ja niiden rakenne muodostui ennalta määritettyjen kysymysten pohjalta. Molemmat haastateltavat saivat haastattelukysymykset etukäteen tietoonsa. Francesco Allaix haastattelu oli kahdenkeskeinen videopuhelu, jonka nauhoitin. Matti Kuittisen haastattelu tapahtui videopuheluna yleisessä Ympäristöministeriön järjestämässä median haastattelutilaisuudessa. Tästä en saanut nauhoitetta.

2. KESTÄVYYS RAKENTAMISESSA

2.1 Kestävyyden historia ja määritelmä

Ensimmäinen ihmiskunnan laajempi havahtuminen kestävään ajatteluun käynnistyi Keski-Euroopassa 1700-luvun lopussa. Laajat hakkuut olivat johtaneet huomattavaan metsien häviämiseen etenkin Englannissa, Ranskassa ja Saksassa. Tätä ennen luonto oli nähty yleisesti rajattomana resurssien tarjoajana, ja puu oli ollut tärkeä lämmityksen ja laivanrakennuksen raaka-aine useita vuosisatoja. Aikalaiset tutkijat ymmärsivät talouden riippuvuuden puusta ja puun loppumisen mahdolliset yhteiskunnalliset seuraukset. Syntyi tutkimuksia ja liikkeitä edesauttamaan metsien istuttamista ja kestäviä hakkuita. Puun niukkuus ohjasi myös etsimään vaihtoehtoisia polttoaineita, mikä johti kivihiilen ja myöhemmin öljyn hyödyntämiseen (Caradonna, 2014, s. 15). Nämä polttoaineet edesauttoivat käynnistämään uudelleen ajattelun rajattomasta luonnonvarojen hyödyntämisestä, jota jatkui 1900-luvun jälkipuoliskolle asti, kunnes havahduttiin öljyn rajallisuuteen. Vuoden 1973 öljykriisi oli poliittinen ja osoitti globaalisti miten riippuvaiseksi, teollistuneet valtiot olivat tulleet tuonti öljystä (Painter, 2014). Kriisillä oli vaikutusta myös Suomen rakentamisen energiatehokkuuden vaatimuksien kiristymiseen (Mölsä, 2016).

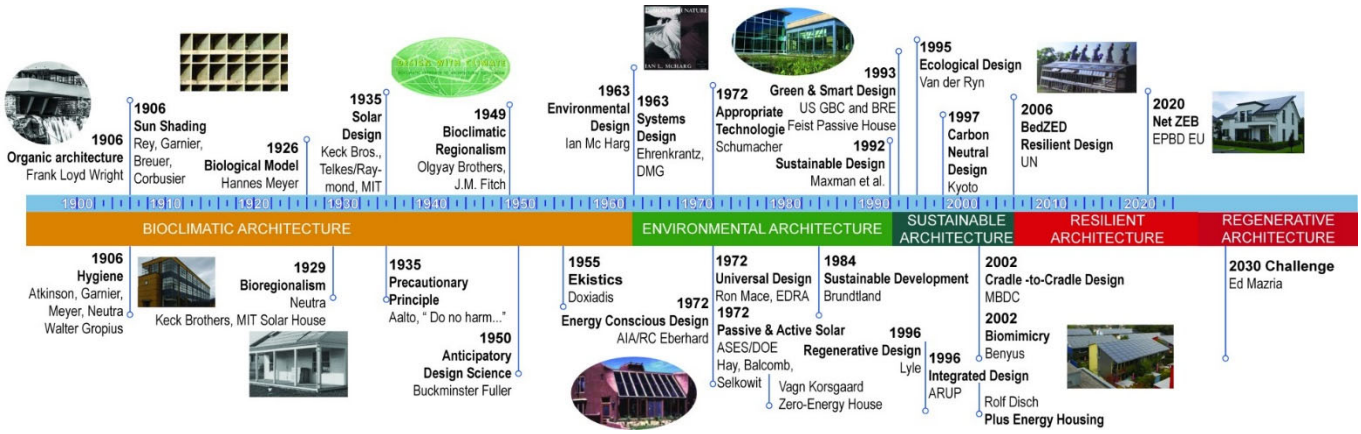
Vuosi ennen öljykriisiä Rooman klubi oli julkaissut raportin ”Limits to Growth” (suom. Kasvun rajat). Raportin taustalla oli simulaatio eksponentiaalisesta talouden kehittymisestä ja väestönkasvusta, joka johtaisi luonnonvarojen hiipumiseen ja katastrofaalisen väestön hävitykseen vuoteen 2100 mennessä. Useat tutkijat pitävät tätä raporttia vedenjakajana nykyisen kestävyyskäsitteen muodostumisessa. Tällöin keskustelussa konkretisoitui ensimmäistä kertaa maapallon kantokyvyn rajallisuus ja että ihminen on toimillaan vaarantamassa tulevien sukupolvien elinmahdollisuudet (Caradonna, 2014). Yhdistyneiden kansakuntien Bruntlandin raportti kiteytti kestävyyden määritelmän vuonna 1987 muotoon: ” *Kehitys, joka täyttää nykyhetken tarpeet muttei vaaranna tulevien sukupolvien mahdollisuutta täyttää omiaan*” (World Commission on Environment and Development, 1987) Lause on laajalti ymmärretty nykyisen kestävyyden määritelmän pohjaksi (Portney, 2015) ja se on myös nykyisen ilmastokeskustelun ydin, planeetan elinolosuhteet halutaan turvata tuleville sukupolville.

Tiedekenttä jakaa kestävyyden kolmesta viiteen ulottuvuuteen: ympäristöllinen, sosiaalinen, taloudellinen ja joskus myös poliittinen ja kulttuurinen tai kaupunkirakenteellinen kestävyys. Ulottuvuuksien välisille yhteyksille on kehitetty erilaisia malleja. Perinteisen mallin mukaan kestävyys toteutuu, kun kaikilla näillä osa-alueilla onnistutaan ja toisaalta,

että osa-alueet ovat riippuvaisia toisistaan (Portney, 2015). Tälle mallille on esitetty kritiikkiä muun muassa osa-alueiden kriteereiden ristiriitaisuuksista. Doughnut-mallissa sosiaalinen ulottuvuus muodostaa perustan kaikelle toiminnalle ja ympäristöllinen ulottuvuus ajatellaan kattona, jonka planetaarisissa turvarajoissa tulisi pysyä. Tällöin perustan ja katon väliseen tilaan muodostuu kestävä alue, johon ihmiskunnan tulisi pyrkiä.

2.2 Kestävyys arkkitehtuurissa

Arkkitehtuurin professori Shady Attian muodostaa kirjassaan ”Regenerative and Positive Impact Architecture” (Attia, 2018) arkkitehtuurin ympäristötietoisuuden kehityskaarta ja hahmottaa viisi keskeistä ajanjaksoa, jolloin ympäristötietoisella arkkitehtuurilla on ollut yhtenevä tematiikka ja tavoite.



Kuva 1 *Vihreän arkkitehtuurin historian aikajana (Attia, 2018)*

Bioilmastollinen arkkitehtuuri 1908-1963

Bioilmastollisella tarkoitetaan ilmaston vaikutusta eliöstöön. Arkkitehtuurin kontekstissa kyse on rakennuksen adaptaatiosta ympäristöön. Ajanjakson alkuosassa tämä näkyy luonnon ihannointina ja luonnon vaikutusta ihmisen terveyteen korostetaan. Hygieniaan kiinnitetään myös tavallista enemmän huomioita.

Ajanjakson varsinainen osio käynnistyy, kun unkarilaissyntyiset arkkitehtiveljekset Victor ja Aladar Olgyay kehittivät esimerkkejä, miten rakennus sopeutuisi sijaintinsa vallitsevaan ilmastoon paremmin. Tärkeää oli hahmottaa ihmisen lämpötilallinen ja ilmankosteudellinen mukavuusalue ja pyrkiä saavuttamaan tämä suunnitteluratkaisuissa huomioiden paikalliset olosuhteet.

Ympäristöllinen arkkitehtuuri 1963-1993

Ian McHarg käynnisti ajanjakson kirjallaan ”Design with Nature”. Kirja koski yhteiskuntasuunnittelua ja sen huomio kiinnittyi yhteiskunnan luonnosta vieraantumiseen.

McHarg haastoi kirjassaan saastuttavaa teollisuutta, joka vaarantaisi muun muassa puhtaan juomaveden. Rakentaminen ei saisi vaarantaa luontoa vaan luontoa pitäisi vaalia ja sen tulisi olla harmoniassa lähelle ihmistä.

Öljykriisi sai aikaan rakentamisen energiatehokkuuden sääntelyä teollisissa maissa. Samalla muodostuivat ensimmäiset energiatehokkuuden standardit. Rakennusten suunnittelussa kiinnitettiin huomioita niiden ulkovaipan tiiveyteen ja eristävyyteen sekä auringonvalon passiivisiin ja aktiivisiin hyödyntämistapoihin. Tällöin ilmaantui myös ensimmäiset ideat energianeutraaleista rakennuksista, jotka hyödyntäisivät uusiutuvia energiaa.

Kestävä arkkitehtuuri 1993-2006

Yhdistyneiden Kansakuntien tutkimustyö ja Bruntlandin raportti käynnisti ajattelun kestävyyden periaatteista. Arkkitehtuurissa korostetaan estetiikan ja ihmisen kokemuksen merkitystä ympäristöllisten tavoitteiden ohessa. Attia määrittelee ajanjakson käynnistyvän ensimmäisten kestävyysarviointien ilmaantuessa vuonna 1993. Tällöin Yhdysvalloissa perustetaan ensimmäinen vihreän rakentamisen neuvosto (Green Building Council), joka myöhemmin laajenee maailmanlaajuiseksi järjestöksi. Neuvosto puhuu ekologisen rakentamisen puolesta, jolloin vaikutus ympäristöön olisi neutraali. Saksassa kehitettiin Passivhaus-standardi, joka pyrki minimoimaan rakennuksen ekologista jalanjälkeä. Ajanjaksosta voidaan todeta, että käsitys rakentamisen ympäristövaikutuksista laajeni globaalisti. Huomiota kohdistettiin energiankulutuksen lisäksi rakentamisen saasteisiin ja luonnonvarojen käyttöön.

Joustava ja sopeutuva arkkitehtuuri 2006-2015

Kioton ilmastosopimus vuonna 1997 käynnisti ajattelun kasvihuonekaasupäästöjen vähentämisestä ja Attia katsoo yhdistyneiden kansakuntien vuoden 2006 ilmastoraportin käynnistäneen ensimmäiset hankkeet hiilineutraaleista rakennuksista. Ajanjakson aikana kiinnitetään huomiota rakennuksien uudelleen muokattavuuteen ja muutoksiin sopeutuvuuteen.

Ennallistava arkkitehtuuri 2015-

Attia arvelee meidän elävän tällä hetkellä ennallistavan ajattelun ajanjaksoa, jossa huomio on positiivisten vaikutusten lisäämisessä. Kierrätys ja kiertotalous ovat olennaisessa osassa arkkitehtisuunnittelua. Puhutaan rakennuksien muokattavuudesta ja millaiset ratkaisut edesauttaisivat tätä. Halutaan saada mahdolliseksi rakennuksen materiaalien ja komponenttien täysi uudelleen hyödynnettävyys.

2.3 Kestävyyden mittaaminen

Rakennuksen kestävyyden arviointimenetelmä analysoi valitun kohteen ennalta määrättyjen kriteereiden avulla ja analyysin tulos osoittaa kohteen kestävyyden. Kriteeristö on arviointimenetelmän tekijöiden näkemys kestävyydestä.

Arviointimenetelmien liike käynnistyi vuonna 1990 Iso-Britanniassa kun valtion hallinnon alainen BRE julkaisi BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) arviointimenetelmän. Menetelmän esimerkkiä seurattiin muutamaa vuotta myöhemmin Yhdysvalloissa, kun Green Buidling Council kehitti vastaavan LEED (Leadership in Energy and Environmental Development) menetelmän (Yudelson, 2016). Ilmestyessään nämä arvioinnit ovat olleet puhtaasti ympäristön kestävyyteen keskittyneitä. Arvioinnit ovat koskeneet toimistorakennusten energiatehokkuutta, materiaalivalintoja ja muita ympäristöllisiä vaikutuksia.

2000-luvulla arviointimenetelmiä alettiin hyödyntämään yhdyskuntasuunnittelussa. Arvioitavan kohteen mittasuhteet laajenivat yksittäisestä rakennuksesta, naapurustoon ja kokonaiseen kaupunkiin (András & Orova, 2015). Arviointien tematiikka on laajentunut sosiaalisiin ja taloudellisiin näkökulmiin 2010-luvulle tultaessa (Yudelson, 2016). Menetelmien kriteeristöä pyritään päivittämään aina kun uutta tietoa ilmaantuu ja kehityskohtia löytyy. Esimerkiksi BREEAM ja LEED menetelmistä on julkaistu 3–4 vuoden välein päivitetty versio.

Toimijat

- Yksityiset arvioinnin tarjoajat
- Voittoa tavoittelemattomat järjestöt, jotka tarjoavat arviointia korvausta vastaan
- Yksittäisen valtion tai kaupungin käyttöön kehitetty arviointimenetelmä. Usein toiminta on yhteistyössä yhden tai useamman tahon kanssa.
- Tutkimustarkoituksessa toteutetut arvioinnit. Yliopistot ovat toteuttaneet arviointeja, joita on myös käytetty päätöksenteon tukena. Nämä tutkimukset ovat olleet pääasiassa kaupunginosan tai kaupungin kattavia arviointeja

Arviointimenetelmien tyypit ja laajuus

- Energian kulutuksen kattavat
- Ympäristövaikutukset kaatavat
- Laajasti eri vaikutukset kattavat

Arviointimenetelmät antavat tuloksen kahdella eri tavalla. Informaatiota tarjoavat menetelmät antavat absoluuttisia arvoja. Vertailuun perustuvat antavat tuloksia verrataan

standardeihin tai vastaaviin arviointeihin ja niiden perusteella annetaan arvosana. Arviointeja toteutetaan pääosin kolmessa mittakaavassa: yksittäinen rakennus, kaupungin osa-alue ja koko kaupunki.

Kriteerit ja painotus

Kestävyyden laaja määritelmä aiheuttaa kiistelyä tutkijoiden parissa osa-alueiden ja kriteereiden välisistä tärkeydellisistä painoarvoista. Lisäksi kriteerin määrittelyssä on erotettavissa kolme kriteereiden ominaisuuksiin liittyvää problematiikka, jotka liittyvät sen tarkkuuteen, alueelliseen vertailtavuuteen ja käytännöllisyyteen:

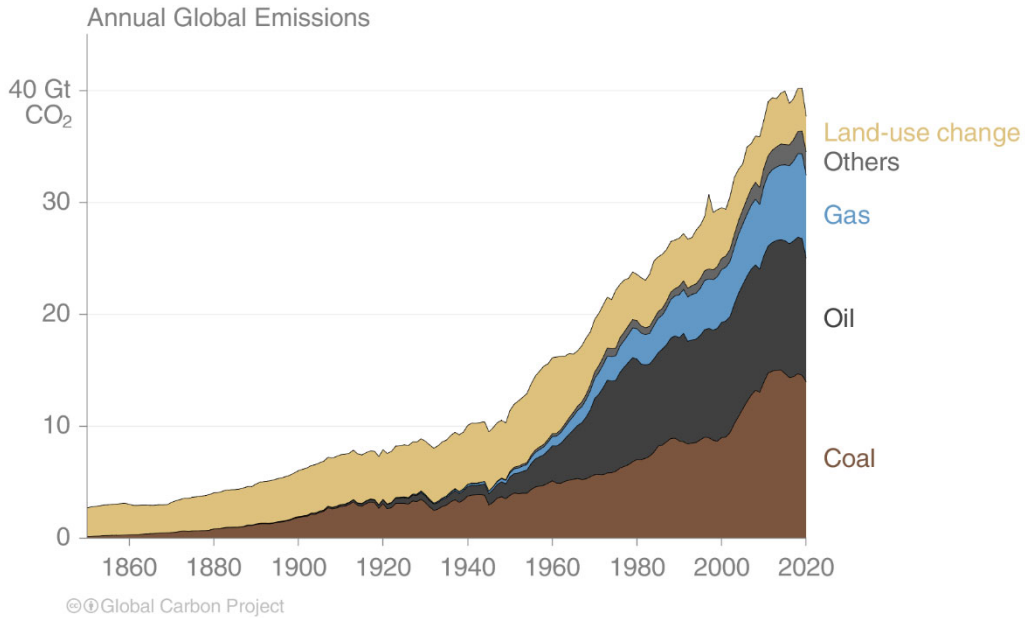
- Kriteerin laajuus (niukka vs. laaja)
- Kriteerin vertailtavuus (kontekstin huomioiva vs. yleislaatuinen)
- Kriteerin käytännöllisyys (yksinkertaisuus vs. monipuolisuus)

Kestävyyden sertifioinnit

Sijoittajien ja kuluttajien kiinnostus rakennuksen ympäristövaikutuksista on osa markkinoiden ajamaa muutosta mutta rakentamisen ympäristövaikutusten laajuus voi hankaloittaa tämän kiinnostuksen konkretisoitumista. Osittain tämän tarpeen innoittamana rakennussektorille on ilmaantunut kolmannen osapuolen tarjoamia kestävyyssertifikaatteja, jotka ovat tarkoitettu antamaan luotettavaa informaatioita rakennusten ympäristöystävällisyydestä. Niitä käytetään myös joidenkin ympäristöystävälliseen rakentamiseen keskittyvien joukkorahoitusten (green bonds) ehtoina (Bionova Oy, 2017).

3. RAKENTAMISEN KASVIHUONEKAASU-PÄÄSTÖT

3.1 Kasvihuonepäästöt Suomessa ja maailmalla



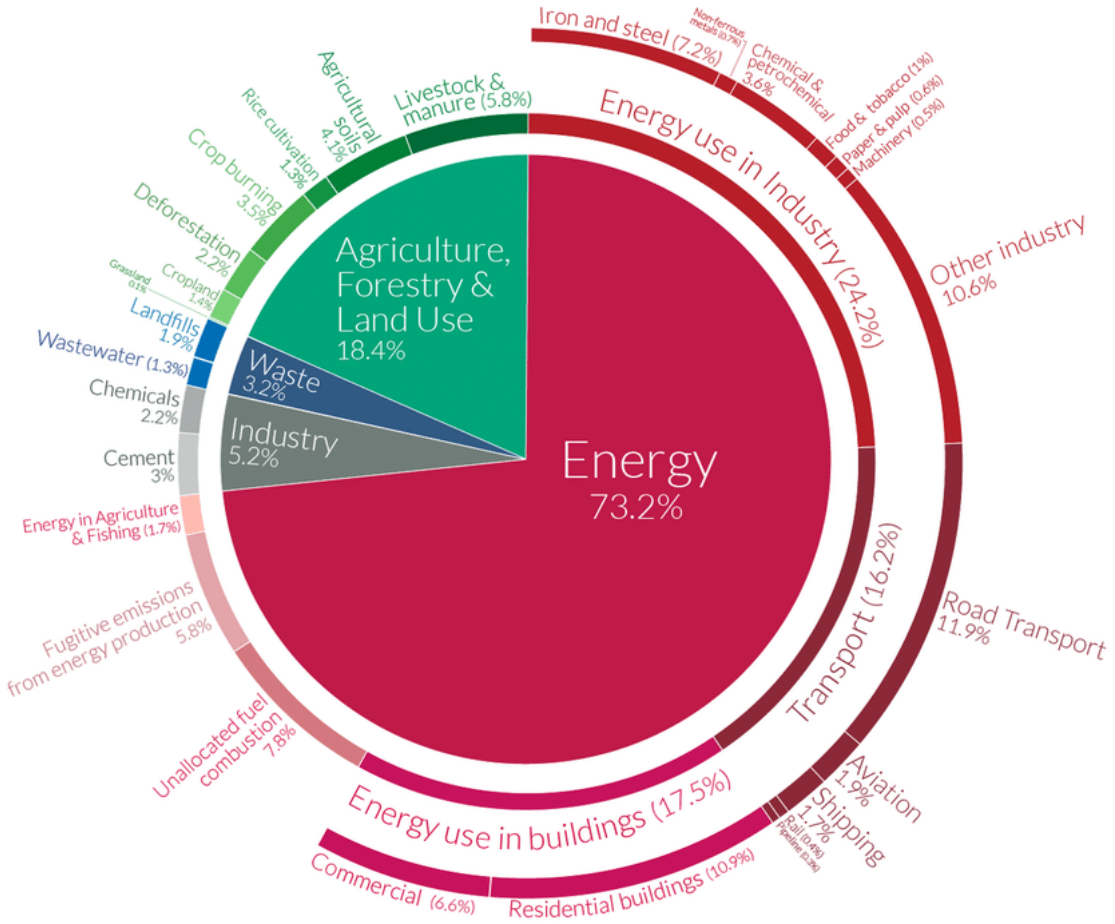
Kuva 2 *Vuotuiset ihmisen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt lähteittäin (Friedlingstein et al, 2021). (Global carbon project, 2021)*

Kasvihuonepäästöjen mittaamisessa käytetään yleensä yksikkönä hiilidioksidi kilogramma ekvivalentti (kgCO_2-ekv), joka vastaa yhden hiilidioksidikilon potentiaalia lämmittää ilmastoa 100 vuoden aikana. Tämä on tarpeellista koska kasvihuonekaasuja on erilaisia ja niiden kontribuutio kasvihuoneilmiöön vaihtelee. Esimerkiksi metaanin lämmitysvaikutus hiilidioksidiin verrattuna on 25 kertainen. Tällöin 1 kilon metaanipäästöt lasketaan 25 hiilidioksidikilona (Brander, 2012).

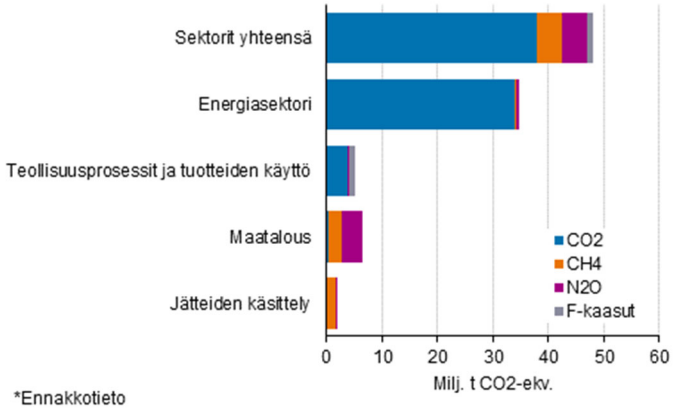
Graafista on luettavissa miten globaalit päästöt nivoutuvat kolmen eri polttoaineen käyttöön. Kivihiilen, öljyn ja maakaasun polttaminen muodostaa noin 80 % kaikista päästöistä. Kuvaajan ”Muut” käsittävät muut polttoaineet ja kemikaalit ja ”Maankäyttö” metsien tuhoamisen. Merkittävä ratkaisu maailmanlaajuisesti päästöjen vähentämiselle olisi saada korvattua näiden kolmen polttoaineiden käyttö vaihtoehtoisilla energiamuodolla, joiden päästöt olisivat pienemmät.

Seuraava kuvaaja osoittaa miten vuotuisen päästöjen tuottamisen on laskettu jakautuvan sektoreittain. Energian käyttö sementin valmistus mukaan lukien tuottaa noin

76 % päästöistä. Kaupallisten, julkisten ja asuinrakennusten energian kulutus muodostaa 17,5 % osuuden globaaleista päästöistä. Rakentamisen materiaalien osalta päästöintensiivisempiä ovat sementin ja teräksen valmistus, joiden osuus on noin 10 %.



Kuva 3 *Vuotuiset ihmisen aiheuttamat kasvihuonepäästöt sektoreittain vuonna 2016. (Climate Watch; The World Resources Institute; Our World in Data, 2020) tekijä Hannah Richie.*



Kuva 4 *Suomen vuoden 2020 kasvihuonepäästöt sektoreittain ja kaasutyypeittäin (SVT, 2020)*

3.2 Rakennusten ja rakentamisen kasvihuonepäästöt

Päästöjen aiheuttajat

David Clark jakaa kirjassaan" What colour is your building?" (Clark, 2013) rakennuksen päästöt kolmeen kategoriaan:

- Energian käyttö

Kaikki rakennuksessa kulutettavan energian tuottamisesta syntyvät päästöt. Eli lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, käyttöveden lämmitykseen, valaistukseen, it-järjestelmiin ja muiden laitteiden käyttöön kuluvan energian päästöt.

- Materiaalit

Rakennuksessa käytettävien materiaalien ja komponenttien tuotantoprosessissa syntyneet päästöt sekä niiden vaihdosta, korjauksesta tai purkamisesta aiheutuvat päästöt.

- Liikenne

Ihmisten rakennukseen ja rakennuksesta pois liikkumisen synnyttämät päästöt.

Näiden kategorioiden lisäksi rakennettavan tontin maisemoinnin voidaan ajatella muodostavan oman kategoriansa, sillä kasvillisuuden ja maaperän muutoksilla on vaikutusta päästöihin. Molemmat sitovat hiilidioksidia ja kasvillisuus poistaa sitä ilmakehästä fotosynteesin myötä.

Mitattavuus ja vaikuttavuus

Kategorioista energian käyttöön ja materiaaleihin liittyvät päästöt ovat laskettavissa tuottajien antamien ja tietokannoista löytyvien arvojen avulla suhteellisen tarkasti. Materiaalivalintoihin yksittäisellä rakennusprojektilla on merkittävä päätäntävalta. Projekti pystyy vaikuttamaan myös energiankultukseen huomattavasti mutta energian toimittajien valinnan suhteen on rajoitteita (esim. kaukolämmön toimittaja).

Liikennöinnin päästöt ovat helposti todennettavissa, mutta kuten Ming Hu nostaa esille kirjoituksissaan, on usein vaikea osoittaa yksittäisen rakennuksen roolia autolla tehdyn matkan päästöistä koska määränpäitä voi olla useampia (Hu, 2019, s. 67). Jos ajatellaan autoilijaa, joka kulkee töihin ja poikkeaa tulomatkallaan ruokakauppaan, joka on matkan varrella. Mikä on tällöin työpaikan rakennuksen tai vastaavasti ruokakaupan osallisuus autoilijan päästöistä? Tarkkaa vastausta on mahdotonta antaa ja myös tiedon hyödyllisyys on kyseenalainen.

Toisaalta rakennukseen liittyy ominaisuuksia kuten saavutettavuus julkisilla kulkuvälineillä tai ympäröivän kaupunkirakenteen tiheys ja käveltävyys, jotka vähentävät kokonaispäästöjä mutta rakennusprojektin mahdollisuus vaikuttaa näihin on rajallinen. Ra-

kennusprojektilla on valtaa vaikuttaa liikenteellisiin valintoihin parkkipaikkojen, sähköautojen latauspisteiden tai polkupyörien säilytyspaikkojen määrän kautta mutta tarkat päästövaikutukset ovat vaikeita osoittaa.

Maisemoinnin vaikutuksessa on ongelma päästöjen eksaktissa mitattavuudessa. Miten pystytään riittävän tarkasti laskemaan paljonko kasvillisuus poistaa hiilidioksidia ”Maantyöstö vapautta maaperään sitoutuneen hiilidioksidin ja muuttaa olemassa olevaa ekosysteemiä” (Boake, 2011). Maaperän työstöstä vapautuneen hiilidioksidin määrää on vaikea todentaa samoin kuin kasvuston kontribuutiota päästöjen vähentämiseen.

Rakennuksen elinkaari

Rakentamisen ja rakennuksen päästöjä lasketaan ja arvioidaan rakennuksen elinkaariarvion avulla. Kaikki rakennuksen komponentit ja materiaalikokonaisuudet sisällytetään arvioon**.** Rakentamisen ja rakennuksen päästöjen ajallinen syntyminen voidaan jakaa EU:ssa yleisesti käytössä olevan BS EN 15978 Standardin mukaan: **(British Standards Intitution, 2011)**

Materiaalien ja tuotteiden valmistusvaiheessa syntyvät päästöt (A1-A3)
Rakentamisen työmaavaiheessa syntyvät päästöt (A4-A5)
Rakennuksen käyttövaiheessa syntyvät päästöt (B1-B7)
Rakennuksen purkamisesta syntyvät päästöt (C1-C4)
Elinkaaren pituuden ylittävät jäävät hyödyt ja haitat (D)

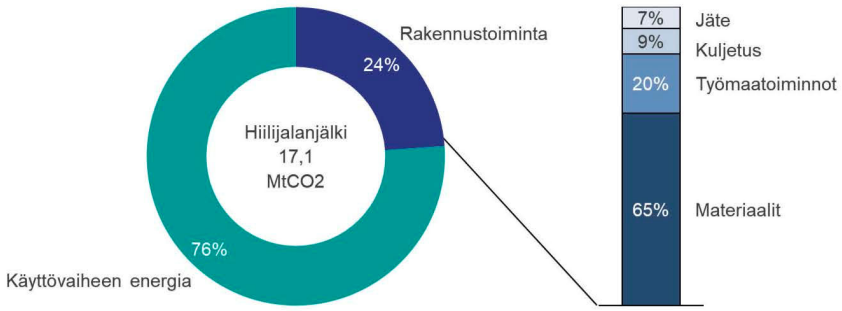
Rakennuksen elinkaaren vaiheet ovat standardin mukaan:

A1 Raakamateriaalin hankinta
A2 Raakamateriaalin kuljetus
A3 Raakamateriaalin työstö
A4 Työstetyn materiaalin kuljetus
A5 Asennus työmaalla
B1 Asennetun tuotteen käyttö
B2 Asennetun tuotteen huolto
B3 Asennetun tuotteen korjaus
B4 Asennetun tuotteen vaihtaminen
B5 Laaja entisöinti
B6 Energiankulutus
B7 Vedenkulutus
C1 Purkaminen
C2 Puretun materiaalin kuljetus
C3 Purkujätteen käsittely
C4 Purkujätteen loppusijoitus
D Elinkaaren pituuden ylittävät hyödyt (Uudelleenkäyttö ja kierrätyspotentiaali)

Rakennuksen käytön aikaisia päästöjä arvioidessa valitaan tietyn mittainen ajanjakso. Näiden pituus vaihtelee 20 ja 100 vuoden välillä. Esimerkiksi ilmastoasetuksessa luonnoksessa käytetään 50 vuoden arviointijaksoa (Ympäristöministeriö, 2021). Valitun ajanjakson ajalta arvioidaan rakennuksen energiankäytöstä ja korjaustoimenpiteistä syntyvät päästöt. Mitä pidempi valittu ajanjakso on, sitä enemmän laskelmissa korostuu rakennuksen lämmitysmuoto, energiatehokkuus sekä materiaalien ja komponenttien käyttöikä.

Purkuvaiheen päästöihin kuuluu purkamiseen kuluvan energian päästöt. Tässä eri materiaalien ja komponenttien uudelleenkäytettävyydellä ja kierrätettävyydellä on kokonaispäästöjä alentava vaikutus.

Kuvassa on nähtävissä laskelma Suomen rakennetun ympäristön vuonna 2017 syntyneistä päästöistä. Tähän on sisälletty kaikki rakennuksien, liikenneverkkojen ja yhdyskuntatekniikkaan rakentamisesta ja rakennuksien käytöstä syntyvät päästöt. Käyttövaiheen energiantuotto aiheuttaa 76 %, materiaalit 15 %, työmaatoiminnot 7 % ja muut kuten purkaminen ja jäte 2 % kaikista päästöistä. Huomionarvoista on, että uusien rakennuksien energiatehokkuus on parempi kuin vanhemman rakennuskannan, joten uudistuotannossa materiaalien päästöosuus on suhteessa korkeampi.



Kuva 5 *Rakennetun ympäristön kasvihuonepäästöt Suomessa vuonna 2017. (Raivio;Laine;Klimscheffskij;Heino;& Lehtomäki, 2020)*

3.3 Materiaalien ja energian päästöt

Kun tarkastellaan rakentamisen ja rakennusten päästöjen lähteitä, niin merkittävä osa muodostuu rakennuksessa käytetyn energian tuottamisesta ja rakentamisessa käytettävien materiaalien tuotannosta. Näiden päästöjen vähentämiseen on eri lähestymistapoja. Voimme:

- Rakentaa vähäpäästöisemmillä tai kierrätetyillä materiaaleilla

Voimme vaihtaa päästöintensiiviset materiaalit kuten betonin tai teräksen tiettyyn pisteeseen asti. On kuitenkin rungon osa-alueita kuten perustukset tai maanvastaiset kellarikerrokset, joissa ei ole varteenotettavaa vähäpäästöisempää vaihtoehtoa tällä hetkellä tarjolla. Panostamalla materiaalien ja komponenttien kierrätettävyyteen vähennetään raaka-aineiden hankinnasta syntyviä päästöjä.

- Rakentaa vähemmällä materiaalimäärällä

Voimme optimoida rakennuksessa käytettävän materiaalin määrää. Tämä voi toisaalta ohjata yksinkertaistamaan rakennuksen muotoa ja pienentämään tilojen kokoa.

- Vähentää materiaalien tuotannon päästöjä

Materiaalien valmistajat voivat saada tuotannosta syntyviä päästöjä alaspäin teknologian kehittyessä. Tämä ei ole yksittäisen rakennusprojektin käsissä mutta markkinoiden kysynnän siirtyessä vähäpäästöisempiin ratkaisuihin, päästöintensiiviseen tuotantoon kohdistuu painetta kehitykselle.

- Pienentää rakennusten energiankulutusta

Merkittävän osa uudisrakennuksien energiankäytöstä aiheutuu tilojen lämmityksestä, rakennuksen ilmanvaihdosta ja käyttöveden lämmityksestä. Lisäksi valaistuksella ja muulla laitteistolla on vaikutusta sähkönkulutukseen. Sähkölaitteiden osalta on mahdollisuuksia vaihtaa energiatehokkaampiin ratkaisuihin. Käyttäjän toimilla on merkitystä ja puhutaan myös älykkäästä kulutuksen ohjauksesta, joka säätäisi ilmanvaihdon, lämmityksen ja valaistuksen tarpeen mukaan. Tilojen lämmityksen tarvetta voidaan laskea parantamalla rakennuksen ulkovaipan tiiveyttä ja eristävyyttä. Energiatehokkuuden vaatimuksia on kiristetty kuitenkin useamman kerran viimeisen 50 vuoden aikana. Tästä syystä mahdollisuudet tällä saralla voivat olla rajalliset.

- Vähentää energian ja lämmöntuotannon päästöjä

Yksittäinen rakennus voi esimerkiksi tuottaa sähköä aurinkopaneeleilla ja valita vähäpäästöisen lämmitysmuodon kuten maalämmön. Voidaan myös valita vähäpäästöisesti tuotettu sähkö, mutta tämä onnistuu Suomessa vain tiettyyn pisteeseen asti, sillä osa Suomessa käytettävästä sähköstä on tuotettu esimerkiksi kivihiiltä polttamalla. Toistaiseksi vaikeampi on vaikuttaa paikallisen kaukolämmöntarjoajan tuottamiin päästöihin, tosin kaukolämpöverkkojen avaamista ulkopuolisille toimijoille on tutkittu.

- Olla rakentamatta

Paras vaihtoehto päästöjen kannalta olisi olla rakentamatta. Olemassa olevien rakennusten hyödyntäminen ja käytön tehostaminen ehkäisevät uuden rakentamista. Voisi

väittää, että Suomessa on riittävästi ainakin asuinrakennuksia, mutta ne kaikki eivät sijaitse siellä missä niillä olisi kysyntää.

4. SUOMEN RAKENTAMISEN ILMASTOSELVITYKSEN LUONNOS

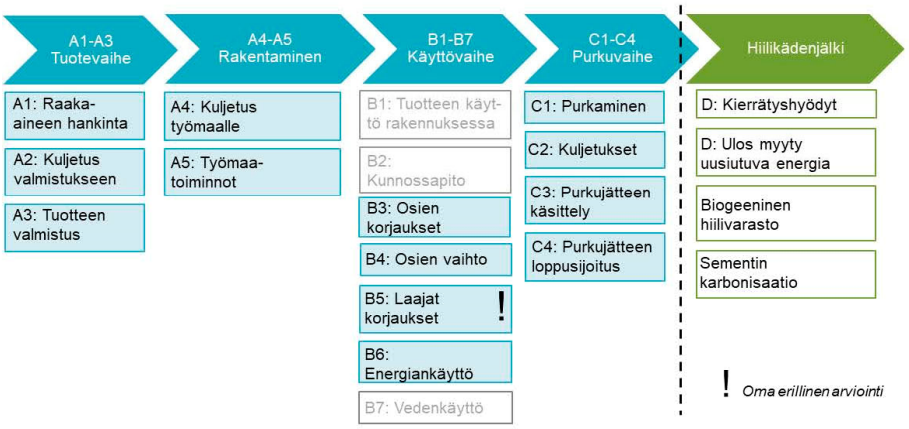
4.1 Asetuksen tausta

Suomen maankäyttö- ja rakennuslakiin ollaan valmistelemassa teknisen vaatimuksen lisäämistä, joka tulee rajoittamaan uudisrakennuksien ja korjausrakennushankkeiden hiilijalanjälkeä. Päästötavoitteiden taustalla on vuonna 2015 solmittu Yhdistyneiden kansakuntien Pariisin ilmastosopimus, jonka tarkoituksena on hillitä maapallon keskilämpötilan nousu selvästi alle kahden asteen (Yhdistyneet kansakunnat, 2015).

Ympäristöministeriö teetti vuonna 2017 selvityksen tiekartasta, jolla vähennetään rakentamisen ja erityisesti rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä. Ympäristöministeriö pilotoi säädösluonnoksen toimivuutta vapaaehtoisten hankkeiden kanssa ja suunnitelmien mukaan säädös otettaisiin käyttöön viimeistään vuonna 2025. Asetus kytkeytyy Suomen vuoden 2035 hiilineutraalius tavoitteeseen ja hiilipäästöjen yläraja olisi tällöin tavoitteen mukainen (Ympäristöministeriö, 2019). Hiilineutraalilla tarkoitetaan rakennusta, joka pystyy hyvittämään ilmastohyödyillä kaikki elinkaarensa aikana aiheuttamansa päästöt.

4.2 Asetuksen prosessi

Ympäristöministeriön julkaiseman luonnoksen mukaan lainsäädäntö velvoittaisi laskemaan hiilijalanjäljen koko rakennuksen elinkaaren ajalta. Hiilijalanjälki suhteutettaisiin lämmitettyyn kerrosalaan ja arvioituun elinkaaren pituuteen, joka on 50 vuotta. Tälle lukemalle lainsäädäntö on asettamassa rakennustyyppikohtaisen raja-arvon. Vielä ei ole selvää mille rakennustyypeille raja-arvot tulevat ja mille tasolle ne asettuvat. Hiilijalanjäljen lisäksi lasketaan kaikki mahdolliset päästöjä vähentävät vaikutukset erillisenä hiilikädenjälkenä. Elinkari käsittää tuotevaiheen, työmaavaiheen, käyttövaiheen ja purkuvaiheen kuvan mukaisesti. Elinkaariarvio suoritetaan EN-standardin aikavaiheiden mukaisesti eli laskentaan sisältyisi suurin osa tuotteiden valmistuksesta ja kuljetuksesta, työmaa toiminnoista, käyttövaiheesta ja purkamisesta aiheutuvista hiilipäästöistä. Laskettu arvo raportoitaisiin rakennuslupaa haettaessa ja rakennusvalvonta tarkistaisi ne. Jos laskelmat on tehty säädöksen mukaisesti ja ne eivät ylitä sallittua raja-arvoa, rakennusluvan myöntämiselle ei ole estettä säädöksen osalta.



Kuva 6 *Hiilijalanjäljenlaskennan sisältö rakennuksen elinkaaren vaiheissa. (Ympäristöministeriö 2019)*

4.3 Kasvihuonekaasupäästöt asetuksessa

Materiaalit

Materiaaleista huomioidaan laskennassa rakennuksen kantavat ja täydentävät rakenteet, talotekniikan keskeiset osat ja tontin rakenteet. Materiaalilaskuista jätetään pois perustusten vaatimat materiaalit tonttien yhdenvertaisen kohtelun tähden. Materiaalien ja komponenttien osalta huomioidaan kaikki tuotantoprosessiin liittyvät päästöt. Lisäksi arvioidaan, miten monesti kutakin materiaalia tai komponentteja vaihdetaan tai korjataan 50 vuoden aikana sekä miten paljon niiden purkamisprosessi synnyttää päästöjä. Materiaalin päästötiedot voi lukea valmistajalta tai kansallisesta päästötietokannasta.

Kuljetus

Kuljetuksien osalta huomioidaan kaikki materiaalien ja komponentteihin kuljettamisista syntyvät päästöt. Etäisyyksissä voi käyttää kansallisen päästötietokannan arvoja.

Työmaa

Työmaan osalta lasketaan kaiken käytetyn energian ja polttoaineen päästöt sekä arvioidaan korjauksien ja purun vastaavat kulutukset. Arvioinnissa voi käyttää päästötietokannan arvoja.

Energia

Rakennuksen energian käyttö tulee laskea vähintään yhtä laajasti kuin nykyisessä maankäyttö- ja rakennuslain energiatehokkuusvaatimuksessa lasketaan. Eli huomioiden vähintään lämmitys, ilmanvaihto ja jäähdytysjärjestelmän sekä järjestelmien apulaitteiden, kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksen. Eri energiamuodoille on oma päästökerroin.

Hiilikädenjälki

Hiilikädenjäljeksi lasketaan kaikki ne ilmastohyödyt, joita ei olisi syntynyt ilman rakennushanketta. Näitä ovat:

- Rakennusosien uudelleenkäyttö tai materiaalin kierrätyksen kautta vältetyt päästöt.
- Rakennuksessa tai tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia
- Rakennusmateriaaleihin varastoitunut eloperäinen hiili sekä niihin elinkaaren aikana mahdollisesti sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi.

Hiilikädenjälkeä ei vähennetä hiilijalanjäljestä.

Poikkeamat

Asetus tulee sisältämään poikkeuksia erinäisistä syistä. Jos asemakaavan vaatimukset aiheuttavat lisäpäästöjä näitä ei huomioida laskelmissa. Perustuksia ei myöskään huomioida laskelmissa koska tämä saataisi tontit epätasa-arvoiseen lähtötilanteeseen. Ympäristöministeriön mukaan paalutus voi lisätä koko rakennuksen päästöjä 12–20 % ja stabilointi 33–55 %.

Lopputulos

Kuvassa näkyvät Bionova Oy:n tekemät laskelmat on tehty käyttäen luonnoksen laskentatapaa. Laskelmissa rakennukset ovat tavanomaista betonirakentamista. Tässä on tutkittu rakennustyypin vaikutusta päästöihin. Runko- ja ulkokuorimateriaali sekä lämmitysmuoto ovat vakiot.

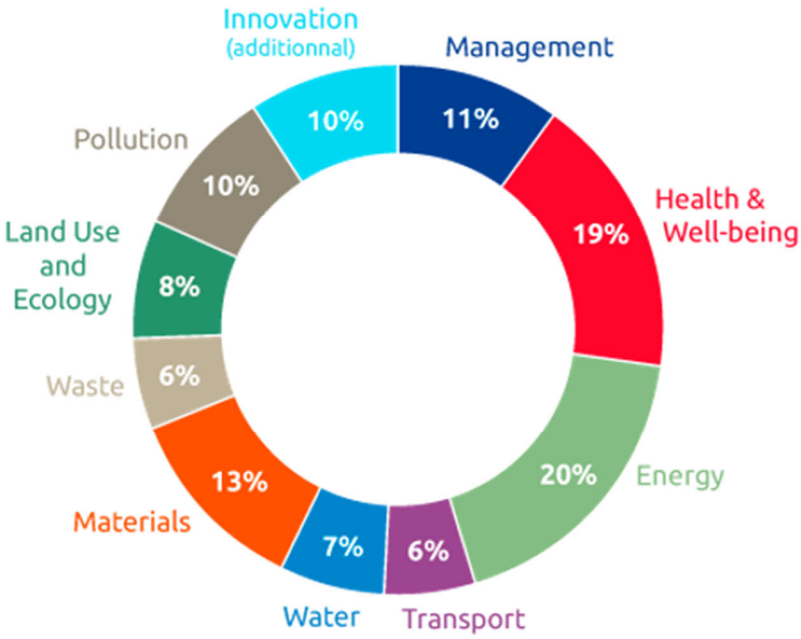
Taulukosta on nähtävissä, että rakennustyyppi vaikuttaa huomattavasti energian kulutuksesta johtuviin syntyviin päästöihin. Materiaalien suhteen on tasaisempaa. Ainoa poikkeus on kaupallinen rakentamien, joiden alhaisempien päästöjen ansioksi tekijät kertovat väliseinien määrän,

Results	Residential	Office	Service	School	Commercial
PRIOR TO USE					
A1-A3 Product manufacture	282	259	282	255	215
A4 Transportation to site	*10,2*	*10,2*	*10,2*	*10,2*	*10,2*
A5 Construction	*27,3*	*27,3*	*27,3*	*27,3*	*27,3*
DURING USE					
B3 Repairs	*2,16*	*2,16*	*2,16*	*2,16*	*2,16*
B4 Replacements	98	81	77	79	69
B6 Operational energy use	321	273	601	347	330
AFTER USE					
C1-C4 Disposal	*33,6*	*33,6*	*33,6*	*33,6*	*33,6*
CARBON FOOTPRINT	**774**	**686**	**1032**	**754**	**686**
Sum of fixed default values	*73,3*	*73,3*	*73,3*	*73,3*	*73,3*
Carbon footprint ex. defaults	701	613	959	681	613
CARBON HANDPRINT	**-169**	**-143**	**-165**	**-142**	**-112**

Kuva 7 *Eri rakennustyyppien päästöjä laskettuna luonnoksen vaatimalla tavalla. (Bionova Oy, 2021)*

5. BREEAM JA LEED SERTIFIOINNIT

5.1 BREEAM International New Building 2016



BREEAM rating	% Score
Unclassified	<30%
Pass	≥ 30%
Good	≥ 45%
Very good	≥ 55%
Excellent	≥ 70%
Outstanding	≥ 85%

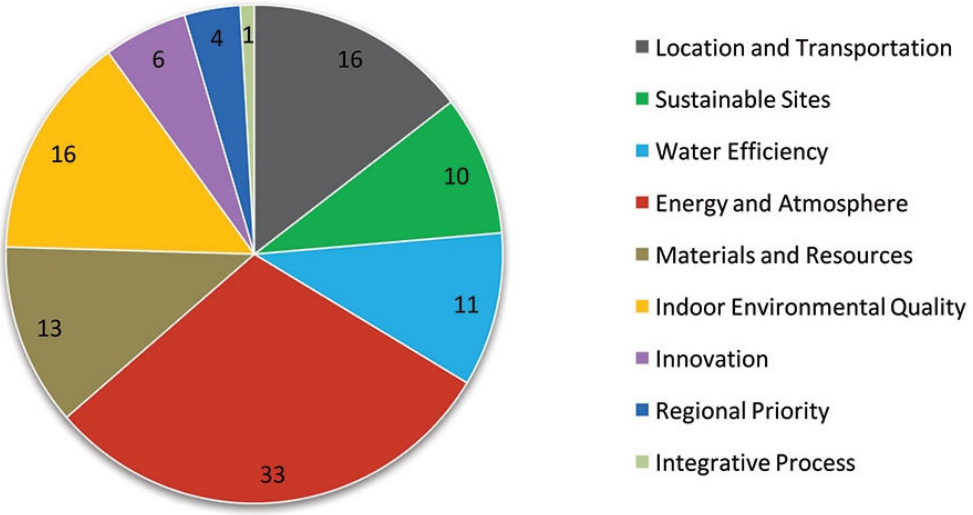
Kuva 8 *BREEAM International New Building 2016 kategoriat ja pistejakaumat.*

Tämä BRE yhtiön tarjoama uudisrakennuksen sertifiointimenetelmä on julkaistu vuonna 2016 ja se on tarkoitettu kansainväliseen käyttöön. (BRE Group, 2016) Sen voi suorittaa kaikille tekijän määrittelemille rakennustyypeille. Arviointi tapahtuu 55 kriteerillä, joiden pisteiden painoarvo jakautuu kuvan mukaisesti. Kategorioita on 9, jonka lisäksi on innovaatioille lisäkategoria.

Jokaiselle kriteerille on määritelty vaatimukset ja näiden toteuttamisen todistamiseen tarvittava dokumentointi. Prosessi alkaa rekisteröinnillä ja kriteereiden esittelyllä, jonka suorittaa BRE:n edustaja. Projektitiimi lähettää kaikkien suoritettavien kriteereiden dokumentit BRE:n edustajalle, joka laskee pisteet ja sertifioinnin taso määräytyy prosentuaalisesta suoriutumisesta.

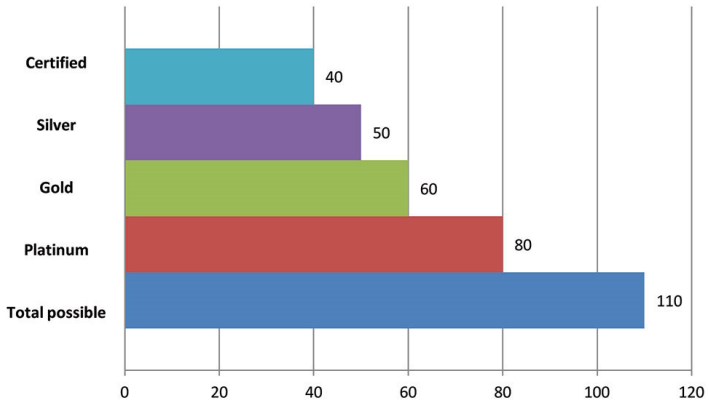
Huhtikuuhun 2022 mennessä BRE on suorittanut heidän nettisivujen mukaan eri sertifiointeja 600 695 rakennushankkeelle ja näitä hankkeita on ollut 93 maassa.

5.2 LEED v4 Building Design and Construction



Kuva 9 *LEED v4 Building Design and Construction kategoriat ja niiden pistemäärät*

Tämä Yhdysvaltain Green Building Councilin tarjoama uudisrakennusten sertifiointimenetelmä on julkaistu vuonna 2019. (U.S. Green Building Council, 2019) Sen voi suorittaa kaikille tekijän määrittelemille rakennustyypeille. Arviointi tapahtuu 61 kriteerillä, joiden pisteiden painoarvo jakautuu kuvan mukaisesti. Kategorioita on 8, jonka lisäksi on innovaatioille lisäkategoria. Prosessi on lähes identtinen BRE:n menetelmän kanssa paitsi kriteereistä saadut pisteet lasketaan yhteen ilman erillistä painotuskerrointa. Sertifioinnin taso määrittyy kuvan mukaisesti



5.3 Kasvihuonekaasupäästöt sertifioinneissa

Sertifioinnit huomioivat kasvihuonekaasupäästöjen osalta energiankulutuksen, materiaalit ja liikenteen. Materiaalien osalta pisteitä saa rakennuksen rungon ja vaipan materiaaleille suoritetun elinkaariarvion perusteella ja osoittamalla prosentuaalista (5%—20%) päästöjen pienentymistä verrattuna referenssirakennukseen. Sekä BREEAM että LEED sertifioinnin kriteerissä suoritetaan elinkaarilaskelma. Tämä on ainoa kohta, jossa lasketaan suoranaisesti päästöjä. Kriteereillä on suhteellisen pieni painoarvo parhaimmallakin suorituksella (3,5 % BREEAM ja 2,7 % LEED).

Energiankulutukseen liittyvillä kriteereillä on korkea painoarvo sertifioinneissa (BREEAM 20 % JA LEED 30 %). Pisteitä saa prosentuaalisen vähentymisen osoittamisesta (5 %-80 %). Pisteitä saa myös uusiutuvasta energiasta ja tarkasta energiankulutuksen mittaamisesta. Tämän lisäksi on kriteereitä, jotka liittyvät päästöihin mutta konkreettisia vaikutuksia päästöihin ei lasketa. Tällaisia ovat:

- Ympäröivän kaupunkirakenteen tiheys (käveltävyys, autoilun väheneminen)
- Julkisen liikenteen saavutettavuus
- Polkupyörätilojen määrä
- Parkkipaikkojen määrä
- Sähköautojen latauspisteiden määrä
- Olemassa olevien viheralueiden säilyttäminen / viheralueiden ennallistaminen
- Lämpösaarekeilmiön vähentäminen
- Luonnonvalon määrä
- Muuntojoustavuus

6. SERTIFIONTIEN JA ILMASTOASETUKSEN VERTAUTUVUUS

Tässä kappaleessa analysoin aiemmin työssä esiteltyjä ilmastoasetusta ja BREEAM ja LEED sertifiointeja. Vertailu jakaantuu neljään osioon:

1. Tarkoitus eli mitä niillä halutaan saada aikaan
2. Vaikutusalue eli mihin on vaikutusta ja miten paljon
3. Prosessi eli miten ja mitä arvoja ja tietolähteitä käytetään.
4. Käytäntö eli miten tarkoitus toteutuu

Osiot koostuvat dokumenttianalyysissä löytämistäni havainnoista ja kahden haastateltavan keskeisimmistä lausunnoista.

6.1 Tarkoitus

Hiilidioksidin määrää ilmakehässä käytetään yleisesti ilmastonmuutoksen mittarina ja Suomi on asettanut tavoitteekseen olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Rakentamisen ja rakennuksen päästöihin on tarkoitus reagoida maankäyttö- ja rakennuslakiin tuleva lisäyksen avulla. Lisäys rakennuksen pakollisesta ilmastoselvityksestä tulee velvoittamaan uudisrakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen ilmoittamista rakennuslupaa haettaessa ja asettaa päästöille ylärajan. Tällä velvoituksella on tarkoitus ohjata markkinoita laskemaan rakennusteollisuuden ja rakennusten päästöjä etenkin rakennusmateriaaleihin kytkeytyvien päästöjen osalta.

Kestävyyssertifiointien kuten BREEAM ja LEED tarkoitus on suorittaa vapaaehtoinen kolmannen osapuolen riippumaton arvioi rakennushankkeen kestävyydestä. Tarjoajien pitkänajan tavoite on, että yhä useampi rakennushanke ostaisi heidän sertifiointinsa ja näin ollen rakennusteollisuus toteuttaisi heidän mittareidensa mukaan kestävämpiä ratkaisuja. Sertifiointiprosessin tarkoitus on tuoda myös informaatioita rakennusprojektiin sekä tarjota rahoittajille ja kuluttajille riippumatonta informaatioita eri rakennusten ympäristöystävällisyydestä.

6.2 Vaikutusalue

Suomessa on tällä hetkellä yhteensä 272 LEED-sertifioitua ja 410 BREEAM-sertifioitua rakennusta. Vastaavasti esimerkiksi vuonna 2020 Suomessa käsiteltiin 32 200 rakennuslupahakemusta. Jos lasketaan kuinka monelta näistä olisi vaadittu hiilijalanjäljen laskentaa, olisi määrästä jäänyt luonnoksen perusteella ulkopuolelle luokan 1a-c pientalot (6514 kpl) ja luokan 9 muut rakennukset kuten varastorakennukset, uimahallit ja jäähallit. Eli vuonna 2020 hiilijalanjäljen elinkaarilaskelma olisi velvoitettu noin 25 000 rakennushankkeelta. Asetus tulee siis koskemaan huomattavasti suurempaa määrää rakennuksia kuin mitä sertifiointeja suoritetaan Suomessa.

Sertifioinnit arvioivat rakennuksen kestävyyttä kriteereillä. LEED sisältää yhteensä 61 ja BREEAM 55 eri kriteeriä. Valtaosa kriteeristöstä on ympäristöön tai terveyteen ja hyvinvointiin liittyviä. LEED:in kriteereistä puhtaasti terveyteen ja hyvinvointiin liittyviä on 15 ja BREEAM:in kriteereitä 11. Lähes tulkoon kaikki muut kriteerit ovat ympäristöön liittyviä lukuun ottamatta yhtä poikkeusta. LEED:lla on kriteeri, joka palkitsee, jos rakennus sijoittuu vähävaraiselle alueelle, parantaen näin yhteisön taloudellista hyvinvointia. Muita puhtaasti taloudellisen kestävyyden kriteereitä ei ole.

Stockholm Resilience Institutin malli määrittää maapallon kantokyvyn rajoja eri ympäristöllisille vaaroille. LEED ja BREEAM huomioivat kaikki rajat ainakin yhdellä kriteerillä. Rajat ovat:

- Ilmastonmuutos (kasvihuonekaasupäästöt)
- Luonnon monimuotoisuuden väheneminen
- Otsonikato stratosfäärissä
- Merten happamoituminen
- Ravinnekuorma (typpi, fosfori)
- Juomaveden saanti
- Ilmakehän pienhiukkaset
- Kemiallinen saastuminen
- Muutokset maankäytössä

Ilmastonmuutos on instituutin mukaan vaarallisella tasolla mutta vielä pelastettavissa. Kasvihuonekaasupäästöjen kannalta sertifiointien huomioi painottuu materiaalivalintoihin, energiankulutukseen ja uusiutuvan energian tuottoon. Molempien kriteeristössä on rakennusmateriaalien koko elinkaaren hiilijalanjäljen arvioinnin suorittaminen sekä rakennuksen energiankulutuksen ja uusiutuvan energian tuoton arviointi. Huomionarvoista

on, että ainoastaan energiankulutuksesta on pakolliset vaatimukset ja materiaalien päästövähennyksistä saatava pistepotti jää alhaiseksi (BREEAM 3,5 % ja LEED 2,7 % pisteistä).

Asetus tulee koskemaan materiaaleja huomattavasti laajemmin, jos ajatellaan ylärajan saavuttamista ja materiaalivalintojen potentiaalia vähentää päästöjä. Tavanomaisessa betonisessa asuinrakentamisessa materiaalit muodostavat noin 40 % koko rakennuksen päästöistä asetuksen laskentatavalla.

Asetus ei toisaalta huomioi liikennettä, tontin kasvillisuuden muutoksia, lämpösaareke ilmiötä tai muuntojoustavuutta, jotka ovat sertifioinneissa huomioitu. Kuittisen haastattelussa kävi ilmi, että näitä ei ole mahdollisia ottaa mukaan asetukseen koska näille ei löydy standardoitua laskentatapaa. Hän totesi tosin, että jos sellaisia joskus kehitetään, niin niiden käyttöä harkitaan.

Asetuksen toimivuus perustuu laskettaviin absoluuttisiin arvoihin. Tämä osoittaa asetuksen riippuvaisuuden mitattavista arvoista. Voimme todeta esimerkiksi pilaripalkki-rakenteen olevan muuntojoustavampi kuin kantavien väliseinien rakenteen, mutta koska tälle ei voi laskea tarkkaa päästövaikutusta, asetus ei voi kannustaa siihen. Sertifiointien toiminta perustuu myös mitattaviin arvoihin mutta pisteytysjärjestelmä antaa liikkumavaraa.

6.3 Prosessi

Asetuksen vaatima päästöjen arviointi ilmoitetaan rakennuslupaa haettaessa. Tämä tarkoittaa, että luvan myöntämisen jälkeen tapahtuvat muutokset ja suunnitelmien tarkennukset eivät tule huomioiduksi laskelmissa. Lupavaihe on viimeinen vaihe, jossa viranomainen voi vaikuttaa suunnitelmiin ennen niiden toteuttamista ja on näin ollen luonnollinen kohta laskelmien vaadinnalle. Vuoden 2022 Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaarin perusteella ollaan päätymässä velvoittamaan päästöjen laskijoilta ja tarkastajilta pätevyyttä. Tästä aiheutuu rakennusvalvonnalle lisätehtävää. Kuittinen oli luottavainen, että tietomallinpohjainen lupahakemus tulee sujuvoittamaan lupaprosessia myös elinkaarilaskelmien osalta. Tähän kohtaan voi myös todeta, että varsinkaan isoissa projekteissa erikoissuunnittelijat eivät välttämättä tietomallinna suunnitelmiaan tarkasti vielä lupavaiheessa, koska nämä suunnitelmat ovat alttiita muutoksille ja näiden päivittäminen aiheuttaa tarpeettomasti työtä.

Ympäristöministeriö tulee asettamaan jokaiselle käyttötarkoitusluokalle oman raja-arvon. Raja-arvoa määrittäessään Ympäristöministeriö tulee suorittamaan päästölaskennan riittävän kattavalle otokselle eri rakennustyyppejä muodostaakseen kuvan vertai-

luarvosta ja tätä vertailuarvo tullaan peilaamaan vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteeseen. Tavoitteeseen pyritään kiristämällä raja-arvoja asteittain ja sen täyttäminen tarkoittaisi, että rakennuksien hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki olisivat yhtä suuret.

Sertifiointiprosessin raportointiaikataulu on vapaampi verrattuna ilmastoasetukseen. Sertifiointia voidaan hakea toteutusvaiheessa tai valmiille rakennukselle. Tämän myötä laskelmat voivat vastata tarkemmin toteutunutta kuin asetuksen laskelmat. Kysyin teoreettisten ja toteutuneiden päästöjen erosta Kuittiselta, ja hän totesi niillä olevan todennäköisesti eroa mutta toisaalta tämän selvittämien veisi resursseja ja saatava datan hyöty voi jäädä vähäiseksi.

Molempien sertifiointien pisteytys perustuu prosentuaaliseen vertailuun valitun olemassa olevan rakennuksen kesken. Referenssiksi valitaan samantyyppinen ja kokoinen rakennus, joka vastaa tavanomaista rakentamista. Mitä paremmin projekti onnistuu prosentuaalisesti vähentämään materiaaleista aiheutuvia päästöjä, sitä enemmän saa pisteitä. Materiaalien aiheuttamien päästöjen osuus ilmoitetaan absoluuttisilla päästöillä ja raportoitujen laskelmien tarkistus tapahtuu asiantuntijoiden toimesta.

Sertifiointimenetelmien kriteeristö on laaja ja näiden kriteerien saavuttamiseksi täytyy perehtyä vaatimuksiin, viedä ne suunnitelmiin ja dokumentoida ne vaaditulla tavalla, jotta kriteeri täyttyy. Sertifiointeihin perehtyneiden keskuudessa on esitetty kritiikkiä kriteeristön laajuudesta, joka arvostelijoiden mielestä tekee prosessista liian raskaan sekä suunnittelijoille että tarkastajille. Tämä vie energiaa pois olennaisista teoista.

Tarkastajien kuormitusasteesta kertoo se, että Yhdysvalloissa joidenkin LEED:in suorittamien arviointien dokumenttien tarkastusprosessi on vienyt vuoden verran (Yudelson, 2016). LEED ja BREEAM sertifioinnit yrittävät siis poimia kaikki ympäristön ja hyvinvoinnin kannalta oleelliset kriteerit, joka johtaa siihen, että prosessista tulee raskaasti dokumentoitava. Tämä heijastuu vääjäämättä projektiin taloudellisesti ja aikataulullisesti. Työläs prosessi karsii myös asiakkaita. Onkin huomattu, että rakennusprojektit ovat käyttäneet kestävyyssertifiointien kriteeristöä suunnittelun ohjaamiseen, mutta eivät ostaneet sertifiointia. Sertifiointeihin verrattuna asetuksen prosessi tulee olemaan kevyempi.

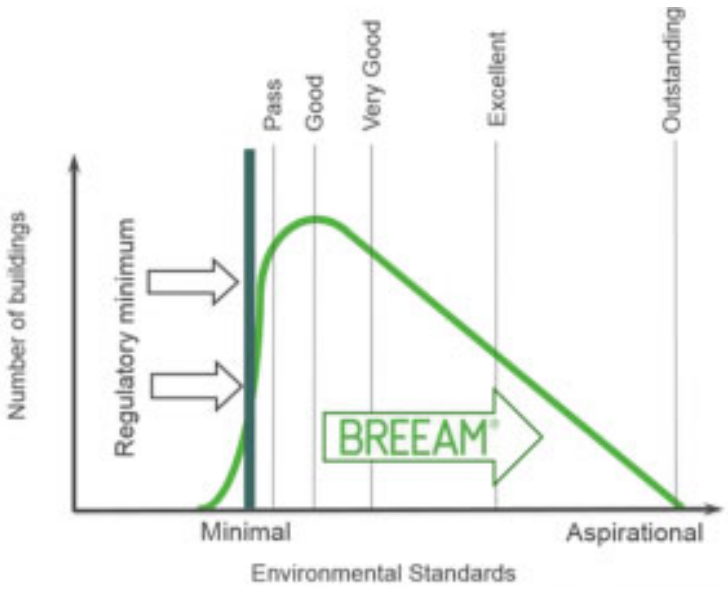
6.4 Käytäntö

Ilmastoasetuksen tavoite on, että rakentajat saavuttaisivat velvoitetun päästöjen ylärajan siirtymällä käyttämään matalamman päästön omaavia materiaaleja, komponentteja ja energiaratkaisuja. Tämän reaktion myötä yritykset alkaisivat kehittämään markkinoille entistä matalapäästöisempiä ratkaisuja ja tuotteita. Ongelmallista on kuitenkin, että jotkin toimivat voivat valita erinäisistä syistä toisen lähestymistavan. Rakentajien kannalta kitkaa voi aiheuttaa kokemattomuus vähäpäästöisten ratkaisujen kanssa tai niiden

arvioitu heikompi taloudellinen kannattavuus. On siis mahdollista, että jotkin toimijat eivät vähennä rakennusprojektin päästöjä asetuksen tavoittelemalla tavalla.

Asetus velvoittaa luonnoksen perusteella laskemaan päästöt rakennettua kerrosalaa kohden. Tällöin on kannattavaa pienentää ulkovaipan alaa suhteessa kerrosalaan eli yksinkertaistaa rakennuksen muotoa, koska tällöin saadaan enemmän kerrosalaa pienemmällä materiaalimäärällä. Kuittinen totesi haastattelussa, että tämä voi olla riskinä ja Ympäristöministeriössä on mietitty vaihtoehtoisia laskentatapoja, kuten käyttäjämäärään sidottua mittaustapaa, mutta ne ovat olleet vaikeasti tarkasteltavia. Rakennuksen aiheuttamia päästöjä voidaan madaltaa myös optimoimalla rakennusmateriaalin määrää tai parantamalla rakennuksen energiatehokkuutta. Nämä keinot voivat johtaa myös yksinkertaisempaan rakennuksen muotoon, pienempään ikkuna-alaan tai suurempiin runkosyvyyksiin. Kuittinen totesi, että ilmastoasetuksella ei pyritä ajamaan ohi nykyisistä energiavaatimuksista. mikään ei estä, että näin meneteltäisiin.

Sertifiointien toimivuudesta puhuttaessa Allaix nosti haastattelussa esille niiden taloudellisen riippuvuuden ostajista. Sertifiointien tarjoajat eivät voi nostaa kriteereiden vaatimuksia menettämättä asiakkaita jossain pisteessä, vaikka tiukemmat vaatimukset kannustaisivat ympäristöystävällisempiin ratkaisuihin. Allaix mainitsi myös, että sertifioinnit eivät hänen mielestään saa muutettua rakentamista kestäväksi riittävästi. Vaikka kriteeristö on laaja ja kattava, niistä ei tarvitse täyttää kaikkia sadakseen hyvän tuloksen sertifioinnissa. Suomen energiavaatimukset ovat korkeat, merkittävä osa sertifiointia hakevista tyytyy matalampiin pisteisiin. Kuva BREEAM sertifiointien jakaumasta havainnollistaa ongelmaa.



Kuva 10 *BREEAM sertifiointien suoritustasojen jakautuminen* ***(BRE Group, 2019)***

6.5 Terveyden ja hyvinvoinnin hiilijalanjälki

Sertifiointien kriteeristö liittyy pääasiassa rakentamisen ympäristötoimiin ja käyttäjien hyvinvointiin ja terveyteen. LEED ja BREEAM sertifioinneista on löydettävissä seuraavia terveyteen ja hyvinvointiin liittyviä kriteereitä.

- Luonnonvalon määrä ja laatu
- Valaistuksen määrä ja laatu
- Lämpötila
- Sisäilman laatu
- Näkymät sisätiloista
- Akustiikka

Huomionarvoista on, että usein käyttömukavuuden kriteeri on mitattavissa jollakin absoluuttisella arvolla. Ainoa poikkeus listalla on sisätilojen näkymät, jonka vaatimukset ovat tulkinnanvaraisia. Absoluuttiset arvot ovat arvioinnin kannalta helpommin kontrolloitavissa ja todettavissa, mutta menettely sulkee pois oleellisiakin seikkoja. Esimerkiksi käyttömukavuuden ja ylipäätään kestävyyden kannalta olisi oleellista tietää miten hyvin rakennus toimii tilallisesti koska tilallinen toimimattomuus voi johtaa laajoihinkin muutostöihin.

Kun puhutaan todennettavista päästöistä, luonnonvalolla on sekä päästöjä alentavia että nostavia vaikutuksia. Riittävä sisätilojen luonnonvalo vähentää valaistuksen tarvetta ja näin ollen sähkön kulutusta. Kylminä kuukausina auringon lämmittävä vaikutus vähentää lämmityksen tarvetta. Toisaalta kylminä kuukausina lämpöä karkaa ikkunan kautta ja lämpiminä ajanjaksoina auringon paiste aiheuttaa viilennyksen tarvetta. Oleellinen kysymys on, miten paljon luonnonvalon hiilijalanjälkeen kajotaan.

Sertifioinnit mittaavat rakennuksen luonnonvalon määrää valaistuna pinta-alana yleisellä työajalla. Eli miten suuren osan rakennuksen alaa luonnonvalo valaisee prosentuaalisesti ja miten pitkällä aikavälillä prosentuaalisesti työajasta. Tämä lähestymistapa ei suosi muun muassa paksuja runkosyvyyksiä.

Sertifioinnit ovat kiinnostuneita luonnonvalosta koska he ovat todenneet sen nostavan käyttäjien viihtyisyyttä ja tuottavuutta ja tätä myötä rakennuksen suosiota. Joku voisi väittää, että näillä rakennuksilla on korkeampi käyttöaste kuin huonommin valaistuilla. Tämä ohjaa kysymään, että onko kaikki oleelliset päästöjen vähentämiskeinot mitattavissa? Lainsäädännön problematiikka on, että se miten se vaatii laskemaan päästöjä, kääntyy helposti ainoiksi keinoiksi laskea päästöjä. Kuten osiossa on tullut esille lainsäädäntö ei voi huomioida seikkoja, joita se ei voi mitata standardien mukaisesti. Tämä sulkee kei-

noja, joita olisi oleellista kannustaa käyttämään. Tulisi myös korostaa alueita, joissa meidän ei kannatta vähentää mitattavia päästöjä koska se voi kostautua mittaamattomina päästöinä.

6.6 Vapaaehtoisesti vai velvoittamalla

Sijoittajien ja kuluttajien kiinnostus vähähiilisempään rakentamiseen olisi vapaaehtoisesti tapahtuvan muutoksen oleellisimpia muutosvoimia. Allaix mainitsi haastattelussa, että kestävyystavoitteiden tavoittelun kannalta rakennuksista voidaan erottaa kolme tyyppiä: julkiset rakennukset, rakennukset, jotka rakennetaan jonkin yksityisen tahon käyttöön ja asuinrakennukset. Julkisissa ja erityisesti yksityisen tahon rakennuksissa, kuten toimistorakennuksissa, imagolliset hyödyt ovat nousseet tärkeiksi. Kaupungeille tai yhtiöille on tärkeää näkyä ympäristöystävällisenä, koska se edistää niiden houkuttelevuutta ja liiketoimintaa. Tämä on merkittävä motiivi vapaaehtoiseen lähestymistapaan näillä rakennustyypeillä ja sertifiointi on ymmärretty tapana vahvistaa tätä imagollista hyötyä. Asuinrakennusten kohdalla ulospäin näyttäytyvät ominaisuudet eivät ole yhtä oleellisia vaan niiden valinnassa vaikuttavat enemmän tekijät kuten sijainti, palveluiden laatu ja liikenneyhteydet. On vaikea sanoa, miten paljon kuluttajien käytöksessä kanavoituu kestävyys näiden ominaisuuksien rinnalla.

Yhdysvalloissa huomattiin kasvua LEED sertifioinnin suorittamisessa kaupallisissa toimistorakennuksissa, kun kävi ilmi, että sertifioiduilla toimistorakennuksilla on korkeampi vuokrausaste ja vuokratuotto ja ne löytävät uuden vuokralaisen nopeammin kuin sertifioimattomat vertailurakennukset (Yudelson, 2016). Jos ympäristöystävällisyys näyttää taloudellisesti houkuttelevalta siihen ryhdytään hanakammin.

Sertifiointeja markkinoidaan myös alhaisempien käyttökustannuksien avulla. Rakennusten tuoton aikahorisontti vaikuttaa miten mielekkäänä vaihtoehtona tämä nähdään. Kun rakennus jää rakennuttajan haltuun, tällä on kiinnostusta käyttökustannusten alentamiselle tästä saatavan rahallisen hyödyn myötä. Jos rakennuttaja myy heti kohteen valmistuttua sen pois, tätä ei todennäköisesti kiinnosta alentaa rakennuksen käyttökustannuksia alemmaksi kuin mitä säädökset velvoittavat. Tämän tyyppinen toiminta on yleistä etenkin asuntojen kohdalla.

Asetus on nämä vapaaehtoisen lähestymistavan problematiikat huomioiden yksinkertaisesti tehokas tapa puuttua päästöihin. Kun päästöjen vähentämiseen tulee laajalla rintamalla reagointia, vähäpäästöisempien ratkaisuiden kysyntä nousee. Kysynnän nousu houkuttelee kehittämään ratkaisuja ja saa ajettua kustannuksia alaspäin, joka aiheuttaa positiivisen kierteen.

Asetus sisältää optimistinen suhtautuminen teknologian kehitykseen. Kun toin Kuittisen haastattelussa esille rakennuttajien mahdollisen vahingollisen energiatehokkuuden tavoittelun ja pienentyneet ikkuna-alat hän vastasi, että yhtä lailla vaatimus voi saada aikaan paremmin toimivia ikkunoita.

Analyysin perusteella voidaan muodostaa neljä osa-aluetta, joilla on oleellinen rooli pyrittäessä kestävämpään rakentamiseen.

1. **Tarvitaan tietoa kestävistä ratkaisuista**

Rakennusprojektin osapuolten ja rakennuksen käyttäjien omaama tieto rakennusten ympäristöllisistä ja sosiaalisista vaikutuksista.

2. **Tarvitaan tahtotilaa niiden toteuttamiseen**

Mitkä ovat motiivit rakennusprojektin osapuolille ja rakennuksen käyttäjille valita ilmastoystävällisempiä ratkaisuja? Miten tahtotilaa voidaan edistää?

- Velvoittamalla (erilaiset säädökset)
- Taloudelliset intressit
    - Rahoittajien, sijoittajien ja kuluttajien toimet
    - Taloudelliset kannustimet
    - Mahdolliset säästöt rakennuksen käyttökustannuksissa
    - Mahdollinen kasvu myynti-/vuokratuotoissa
- Imagolliset hyödyt
- Ilmastoystävällisten ratkaisuiden kustannusten aleneminen
- Eettisyys

3. **Tarvitaan mahdollisuuksia ja taitoa niiden toteuttamiseen**

Markkinoilla tulee olla tarjolla suunniteltujen ratkaisuiden toimittajia.

Ennestään tuntematon teknologia ja epäonnistuneet kokeilut voivat nostaa kynnystä toteuttaa ratkaisuja.

4. **Tarvitaan oikeanoppista käyttöä, huoltoa ja korjausta**

Käyttäjien omaama tieto rakennuksen käytön vaikutuksista. Tieto oikeaoppisista korjaustoimenpiteistä.

7. LOPPUPÄÄTELMÄT

Rakentamisen ja rakennuksien päästöjen vähentämisen kannalta velvoittava asetus on ehdottoman tarpeellinen. Vapaaehtoinen lähestymistapa on ollut vireillä yli kaksikymmentä vuotta, mutta muutosta ei ole tapahtunut laajalla rintamalla. Kestävyyssertifiointien kriteeristö osoittaa kuitenkin, että päästöjen ja ympäristön kannalta on muutakin tehtävänä. Ilmastonmuutos on vain yksi planetaarisista rajoista ja materiaali- ja energiantuotannon päästöjen alentaminen ei ratkaise kaikkia päästöjä. Sosiaalisen ja laadullisen näkökulman sisällyttäminen päästötavoitteisiin täytyisi olla muutakin kuin sananparsia esityksessä.

Asetuksen selkeä päämäärä on puuttua materiaalien päästöihin ja kannustaa myös vähäpäästöisempiin energiamuotoihin. Tulemme todennäköisesti näkemään enemmän puurakentamista ja maalämmön käyttöä asetuksen astuttua voimaan. Asetus ei kuitenkaan huomioi millä keinoilla päästötavoite saavutetaan ja miten epäterveitä lähestymistapoja ennaltaehkäistäisiin.

Kestävyyssertifioinnin idea on kaunis. Ne ovat poimineet rakentamisen kestävyyden kannalta oleelliset asiat esille ja toivovat, että niitä täytetään tunnollisesti. Niiden suosio ei ole kasvanut kuitenkaan voimakkaasti, vaikka ympäristön merkitys on lisääntynyt sijoittajien ja kuluttajien keskuudessa. Merkittävät syyt sertifioinnin sivuttamiselle ovat taloudelliset. Itse sertifiointi lisää kuluja samoin kuin sertifioinnin saavuttamiseksi vaadittavat teot. Prosessi tuo myös lisätyötä projektitiimille, kun kriteereitä käydään läpi ja kerätään dokumentaatiota niiden toteuttamisesta. Sertifioinnit

8. POHDINTA JA REFLEKTOINTI

Arkkitehtuurin laadun ja rakentamisen kasvihuonekaasupäästöjen velvoittavan vähentämisen suhde on tasapainoilua. Analyysin perusteella ilmastoasetuksen ensisijainen tavoite on alentaa rakennuksen materiaaleihin liittyviä päästöjä. Asetus ottaa kuitenkin samalla kantaa siihen millaisella materiaalimäärällä rakennamme ja kannustaa sen vähentämiseen. Kustannustehokkuus ohjaa jo välttämään resurssien tuhlaamista, tähän ei tarvita erillistä asetusta.

Rakennuksen sosiaalisten ja laadullisten ulottuvuuksien huomiointi on oleellista myös päästöjen kannalta. Nyt käytävä keskustelu kulminoituu energian ja materiaalien päästöihin, jotka ovat merkittävimmät mitattavat lähteet. Mutta jos laatu tai sosiaaliset ulottuvuudet laiminlyödään vähäpäästöisemmän energia- tai materiaalitehokkuuden myötä, olemme asettaneet prioriteetit väärin. Vaikka ilmaston lämpeneminen on kaikkia ihmisiä koskeva uhka, meidän ei tule torjua sitä yksittäisten ihmisten elämän laadun kustannuksella. Kestävä rakennus ei synny energia- ja materiaalitehokkuudella, nämä ominaisuudet voivat aiheuttaa jopa lisää päästöjä, jos ne saavat aikaan käyttökelvottomia ja tarpeettomia rakennuksia. Voisi väittää, että rakennuksen käyttö ja miten voimme edistää sitä, on tärkeimpiä päästönvähentämiskeinoja, josta ei puhuta. Puhutaan kylläkin rakennusten matalasta tai korkeasta käyttöasteesta, mutta pienelle huomiolle jää niiden ominaisuuksien huomiointi, jotka saavat aikaan hyvän käyttöasteen ja pitkäaikaisen käytön. Jos ihminen toteaa, että nykyiset tilat eivät ole hänelle soveliaat, hän hakeutuu käytettävissä olevien resurssien rajoissa soveliaampiin.

Oscar Wilden lause ” Kyynikko tietää kaiken hinnan, muttei minkään arvoa” nousee ajoittain esille, kun keskustelun tematiikka liittyy talouteen ja sen inhimillisiin kytköksiin. Tuntuu, että rakennusteollisuus on mitattavien arvojen varassa toimiva organismi, joka laiminlyö helposti kaiken, jonka hinta ei kompensoidu sen tekemien laskelmien perusteella. Rakennuksessa on kuitenkin ominaisuuksia, joista oltaisiin valmiita maksamaan enemmän, mutta niitä on mahdotonta mitata. Tällaisia ovat esimerkiksi toimivuus, soveliaisuus ja miellyttävyys. Kun näitä ei pystytä mittaamaan ne jäävät mitattavien varjoon.

Aloitin tutkimuksen käsityksellä, että meidän tulisi vaatia hiilipäästöjen vähentämisen suhteen enemmän kestävyyttä. Kestävyyden vaatiminen on kuitenkin monimutkaista. Se kuormittaisi tarpeettoman paljon, veisi huomiota oleellisista toimista ja ei välttämättä saisi riittävästi aikaiseksi. Ja vaikka tämä ei olisi ongelma meillä on kestävyyden ominaisuuksia, jotka ovat sille todella tärkeitä mutta niitä ei voida mitata eikä näin ollen vaatia.

Tutkimus on myös auttanut minua hahmottamaan arkkitehtisuunnittelun ympäristöystävällisiä ulottuvuuksia. Vaikka kestävyyssertifiointien kriteerit eivät luettele kaikkia kestävän rakentamisen ominaisuuksia antaa se kuitenkin kuvauksen rakentamisen laajoista ympäristöllisistä vaikutuksista ja miten niihin voisi reagoida.

Rakentamisen ympäristötekojen saaminen suunnittelijan mielestä toteutetuksi vaatii työtä ja taitoa. Tutkimus on tuonut itselleni selväksi, että eri tahot ovat kiinnostuneita ympäristöteoista eri syistä. Näiden intressien hahmottaminen on avainasemassa, jos niitä haluaa saada toteutukseen.

9. VIITTAUKSET

András, R.;& Orova, M. (2015). Do green neighbourhood ratings cover sustainability? *Ecological Indicators, 2015*(48), 660-672.

Attia, S. (2018). *Regenerative and Positive Impact Architecture: Learning from Case Studies.* Springer, Cham.

Bionova Oy. (2017). *Tiekartta rakennuksen elinkaaren huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa.* Bionova Oy.

Bionova Oy. (2021). *Carbon Footprint Limits for Common Building Types.* Bionova Oy.

Boake, T. M. (2011). *Carbon Neural Design.*

Brander, M. (2012). *Greenhouse Gases, CO2, CO2e, and Carbon: What Do All These Terms Mean?* Noudettu osoitteesta https://ecometrica.com/: https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf

BRE Group. (2016). *BREEAM International New Construction 2016.* BRE Group.

BRE Group. (2019). *www.breeam.com*. Noudettu osoitteesta https://www.breeam.com/news/managing-risk-driving-innovation-with-breeam/

British Standards Intitution. (2011). BS EN 15978 Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method.

Bruce-Hyrkäs, T. (5. 2 2020). *Hiilijalanjäljen laskenta käytännössä.* Noudettu osoitteesta https://vimeo.com/392725482

Caradonna, J. L. (2014). *Sustainability: A History.* Oxford: Oxford Univeristy Press.

Chegut, A.;Eichholtz, P.;& Kok, N. (2019). The price of innovation: An analysis of the marginal cost of green buildings. *Journal of Environmental Economics and Management*(98).

Clark, D. H. (2013). *What colour is your building? : measuring and reducing the energy and carbon footprint of buildings.* RIBA Publishing.

Climate Watch; The World Resources Institute; Our World in Data. (2020). Global greenhouse gas emissions by sector for 2016.

Friedlingstein, P.;Jones, M. W.;O'Sullivan, M.;Andrew, R. M.;Bakker, D. C.;Hauck, J.;. . . Zeng, J. (2021). *Global Carbon Budget 2021.* Earth Syst. Sci. Data Discuss. doi:https://doi.org/10.5194/essd-2021-386

GABC. (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction.* Noudettu osoitteesta www.globalabc.org

Hu, M. (2019). *Net zero energy building : predicted and uninteded consequences.* London: Routledge, Taylor & Francis Group.

IPCC. (2019). *Global Warming of 1.5°C.*

Mölsä, S. (2016). Näin Suomi homehtui - hyvä rakentamistapa sai aikaan pahaa jälkeä. *Rakennuslehti*.

Painter, D. S. (2014). Oil and Geopolitics: The Oil Crises of the 1970s and the Cold War. *Historical Social Research, 39*(4), ss. 186-208.

Portney, K. E. (2015). *Sustainability.* The MIT Press.

Raivio, T.;Laine, A.;Klimscheffskij, M.;Heino, A.;& Lehtomäki, J. (2020). *Rakennusteollisuuden ja rakennetun ympäristön vähähiilisyyden tiekartta 2020-2035-2050.* Gaia Consulting Oy.

Schildt, G. (1997). *Näin puhui Alvar Aalto.* Otava.

Schweber, L. (2013). The effect of BREEAM on clients and construction professionals. *Building Research & Information, 41*(2), 129-145.

SVT. (2020). *Suomen kasvihuonekaasupäästöt 2020.* Tilastokeskus. Noudettu osoitteesta http://www.stat.fi/til/khki/2020/khki_2020_2021-12-16_kat_001_fi.html

U.S. Green Building Council. (2019). *LEED v4 for Building Design and Construction.* U.S. Green Building Council.

UNFCCC. (1997). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change adopted at COP3 in Kyoto, Japan, on 11 December 1997.*

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future.* Oxford University Press.

World Green Building Council. (2019).

Yhdistyneet kansakunnat. (2015). Adoption of the Paris Agreement. 21st Conference of the Parties, Paris: United Nations.

Ympäristöministeriö. (2019). *Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä.* Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (2020). *Lausuntoyhteenveto rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmästä.* Ympäristöministeriö.

Ympäristöministeriö. (2021). *Luonnos Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastoselvityksestä.* Ympäristöministeriö.

Yudelson, J. (2016). *Reinventing Green Building : Why Certification Systems Aren't Working and What We Can Do About It.* New.

Analyysissä käytetty aineisto

BREEAM International New Building 2016

BRE Group. (2016). *BREEAM International New Construction 2016.* BRE Group.

LEED v4 Building Design and Construction

U.S. Green Building Council. (2019). *LEED v4 for Building Design and Construction.* U.S. Green Building Council.

Luonnos YMA rakennuksen ilmastoselvityksestä

Ympäristöministeriö. (2021). *Luonnos Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastoselvityksestä.* Ympäristöministeriö.

LIITE 1: HAASTATTELUKYSYMYKSET

Matti Kuittisen haastattelun kysymykset

Yleiset haastattelukysymykset
1. Kuinka paljon rakennusteollisuuden päästöjä tavoitellaan vähennettävän vuoteen 2035 mennessä?
2. Millaiset valmiudet rakennusteollisuudella on tällä hetkellä hiilipäästöjen vähentämiseen?
3. Tarkoittaako rakennusprojektin hiilipäästöjen vähentäminen tuottojen pienentymistä?
4. Miten sijoittajien ja kuluttajien kiinnostus ympäristöystävällisyyteen saataisiin kanavoitua rakennusteollisuudessa paremmin?
5. Miten näet rakentamisen hiilipäästöjen ja laadun yhteyden?

Asetuksen tavoite Mitä asetuksella halutaan muuttaa?
6. Mikä ovat oleellisimmat toimet rakennusprojektin hiilijalanjäljen pienentämisessä?
7. Asetus kategorioi päästöt tällä hetkellä energiaan, materiaaleihin, kuljetuksiin ja työmaan toimintoihin liittyviin. Mikä on eri kategorioiden keskiarvoinen painoarvo kokonaishiilijalanjäljestä?
8. Mille rakennustyypeille asetetaan päästöjen raja-arvo?
9. Onko rakennustyyppien hiilipäästöjen raja-arvoille hahmottunut jo tavoitteita? Esim. prosentuaalinen vähennys
10. Tuleeko kaavoitukselle oma hiililainsäädäntö?

Asetuksen toimivuus Miten haluttuja asioita muutetaan?
11. Miten päästöjen laskennan työnjako on ajateltu? Ketkä laskevat mitäkin asioita?
12. Mihin päästöihin eri tahot pystyvät vaikuttamaan?
13. Mikä on arvioitujen ja toteutuneiden päästöjen ero? Todennetaanko jonkin projektin toteutuneet hiilidioksidipäästöt?
14. Kuljetuksien suhteen on mahdollista käyttää vakioarvoa. Miten laskennassa tulee menetellä, kun tuote tulee ulkomailta?
15. Miten asetus käyttäytyy toimijan kohdalla, joka ei halua muuttaa toimintatapojaan?
16. Onko oletuksena, että kunnat lisäävät rakennusvalvonnan resursseja?

Rakentamisen laatu ja päästötavoitteet Miten asetus vaikuttaa kokonaisuuteen?
17. Mistä rakentamisen laatu muodostuu?
18. Millä rakentamisen laadun tekijöillä on selkeä yhteys hiilipäästöihin?
19. Miten asetus huomioi vaikeasti mitattavat mutta päästöjen kannalta oleelliset seikat kuten rakennuksen muuntojoustavuuden tai liikennöintimahdollisuudet?
20. Pilotoinnin myötä saitte palautetta laadullisten indikaattorien huomioimisesta. Mikä on kantanne indikaattoreiden liittämisestä asetuksen oheen?
21. Miten tarkkaan asetuksen tulisi huomioida todellinen energian kulutus? Energiatehokkuuden laskenta ei tällä hetkellä huomioi esimerkiksi lämpösaarekeilmiötä, vaikka tällä on vaikutusta viilennyksen tarpeeseen ja ilmiöön voi vaikuttaa monin keinoin.
22. Rakennuksen vaippaan kytkeytyy materiaalien ja energiankäytön päästöt ja näin ollen pienentämällä vaipan alaa suhteessa pinta-alaan saavutetaan hyötyä päästölaskelmissa. Ohjaako pinta-alaan sidotut tavoitteet yksinkertaistamaan rakennuksen muotoa tai kasvattamaan runkosyvyyttä?
23. Energiatehokkuuden merkitys kasvaa asetuksen myötä. Ohjaako tämä pienentämään rakennuksen ikkunoita tai vähentämään niiden määrää?

Fransesco Allaix:n haastattelun kysymykset

Generic questions

1. What are the effective ways to reduce building's GHG emissions?
2. How do you see the link between reducing GHG emissions and maintaining the quality of building?
3. How could the investors and consumers' demand for sustainable buildings be promoted?
4. How do you see regulation as a way to reduce building industry's GHG emissions?
5. Does the reducing of GHG emissions also reduce the profit of the construction project?
6. What are the features of a high-quality building?
7. Is the current climate debate changing the way we define the quality of buildings and built environment?

Certification related questions

1. How does the sustainability assessment add value to the building?
2. What are the strengths of the green building certification systems?
3. What are the weaknesses of the green building certification systems? (what should be developed?)
4. How are the GHG emissions covered in the sustainability assessments?
5. How do the certification systems evaluate the quality of building?
6. Can you tell me briefly about your experiences using LEED certification? (Did you find it useful etc.?)
7. Has the idea of certification changed?

LIITE 2: BREEAM INTERNATIONAL NEW CONSTRUCTION 2016 KRITEERISTÖ

Hallinnointi

1. Projektin esittely ja suunnittelu

- Sidosryhmien konsultointi
- Kestävyysvastaavan nimittäminen
- Kestävyyden tavoitteiden selkeä esittely projektin osapuolille
- Asiantuntijoiden konsultointi
- Suunnittelutiimin tulee osoittaa, että kaikki projektin osapuolia on kuultu ja mielipiteet huomioitu ennen lopullisten suunnitelmien hyväksymistä
- Suunnittelutiimi nimittää kestävyydestä vastaavan henkilön, joka tehtävänä on valvoa tavoitteiden täyttymistä
- Henkilö raportoi säännöllisin väliajoin tilannekatsauksen

2. Elinkaaren aikaisten kustannusten arviointi

- Rakennusosien elinkaarikustannukset
- Komponenttien elinkaarikustannukset
- Kokonaisuuden hinta-arvio

3. Vastuulliset rakentamistavat

- Vastuullisesti kaadetun puun käyttö, pakollinen
- Työmaan turvallisuus, pakollinen
- Ympäristöllinen hallinnointi
- Työmaan kestävyysvastaavan nimittäminen
- Työmaan siisteys
- Työmaan energian ja veden kulutus

4. Käyttöönotto ja luovutus

Luovutuksen suunnittelu ja toteutus, joka huomioi rakennuksen käyttäjät. Kriteereiden tarkoitus on varmistaa sujuva luovutus ja, että käyttäjät tietävät miten rakennusta kuuluu käyttää

- Luovutuksen ja testauksen aikataulutus
- Käytönopastus
- Rakennuksen vaipan tarkastus
- Luovutus

5. Jälkitarkkailu

Luovutuksen jälkeisen tarkkailun kriteerit, joiden tarkoitus on varmistaa rakennuksen toimivuus käytössä.

- Luovutuksen jälkeinen tuki
- Vuodenaikojen välisten erojen testaus
- Käyttöönoton jälkeinen arviointi (POE)

Terveys ja hyvinvointi

6. Visuaalinen miellyttävyys

- Häikäisyn hallinta
- Luonnonvalo
- Ulkonäkymät
- Sisä- ja ulkotilojen valaistuksen kontrollointi

7. Sisätilojen ilmanlaatu

- Sisätilojen ilmanlaatu suunnitelma
- Ilmanvaihto
- Rakennustuotteiden hajuhaitat
- Valmistumisen jälkeinen ilmanlaadun mittaus
- Painovoimaisen ilmanvaihdon mahdollisuus

8. Lämpömukavuus

- Lämpötilojen käyttäytymisen mallintaminen
- Mukautuminen arvioituun ilmastonmuutos skenaarion
- Lämpötilojen vyöhykkeet ja kontrollointi

9. Akustiikka

- Akustiikka suunnittelija, pakollinen
- Ääneneristys
- Jälkikaiunta-aika
- Akustinen suorituskyky

10. Esteettömyys

- Turvallinen kulku
- Esteettömyys

11. Vaarat

- Luonnonkatastrofin riskin huomiointi

12. Veden laatu

- Veden pilaantumisen riskin minimointi

Energia

13. Energian käyttö ja hiilipäästöt

- Energian käyttö

14. Energian käytön tarkkailu

- Energian mittauksen tarkkuus, koneisto
- Energian mittauksen tarkkuus, alueet

15. Ulkotilojenvalaistus

- Ulkovalojen energiatehokkuus ja automaatio

16. Vähähiilinen suunnittelu

- Passiivisten hyötyjen huomiointi
- Energiavapaa jäähdytys
- Vähähiiliset tai hiilineutraalit teknologiat

17. Kylmävarastot

- Kylmätilojen suunnittelu ja kylmälaitteiden sijoittelu
- Kylmälaitteiden energiatehokkuus
- Kylmälaitteiden epäsuorat hiilipäästöt

18. Kuljetuskoneisto

- Kuljetuskoneiston energiankulutus
- Kuljetuskoneiston energiaa säästävät ominaisuudet

19. Energiatehokas laitteisto

- Laitteiston energiatehokkuuden parantaminen

Liikenne

20. Julkisen liikenteen saavutettavuus

- Saavutettavuus indeksi tai
- Säännöllinen bussilinja

21. Palveluiden läheisyys

- Palveluiden tyypit ja etäisyydet projektista

22. Vaihtoehtoiset liikennemuodot

- Pyöräilyn, joukkoliikenteen, yhteis- tai sähköautojen tukeminen

23. Parkkitilan määrä

- Parkkitilan minimointi

24. Liikennöinti suunnitelma

- Liikennöintitutkimus ja suunnitelma hiilipäästöjen vähentämiseksi

25. Etätyöskentely

- Etätyöpisteen mahdollisuus (asuinrakennukset)

Vesi

26. Vedenkulutus

- Veden kulutuksen vähentäminen

27. Kulutuksen tarkkailu

- Veden kulutuksen todentaminen

28. Vesivuotojen havaitseminen ja välttäminen

- Vuodon havaitsemisen järjestelmä
- Vuodon eristäminen

29. Vettä säästävä laitteisto

- Kulutusta vähentävin laitteiden määrittäminen

Materiaalit

30. Elinkaarivaikutukset

- Rakennustuotteiden elinkaarivaikutusten laskenta
- Ympäristötuoteselosteet

31. Vastuullinen rakennusmateriaalien tuottaminen

- Kestävien rakennustuotteiden hankinta
- Vastuullinen rakennusmateriaalien raaka-aineiden tuottaminen

32. Materiaalien kestävyys

- Törmäys alttiiden paikkojen suojaus
- Ulkoilmalle altistuvien osien suojaus

33. Materiaalitehokkuus

- Elinkaaren kattava materiaalitehokkuuden tavoittelu

Jätteet

34. Rakennustyömaan jätteet

- Rakennustyömaan jätteiden vähentäminen
- Jätteiden lajittelu ja kierrätys

35. Kierrätetyt komponentit

- Kierrätetyn kiviaineksen käyttö

36. Käytöstä syntyvät jätteet

- Käytössä syntyvien jätteiden kierrätyksen tehostaminen

37. Viimeistely ja sopivuus

- Viimeistely pintojen uusinnan välttäminen

38. Mukautuminen ilmastonmuutokseen

- Rakenteen ja vaipan kestävyys

39. Tilojen muokattavuus

- Sopeutuminen toiminnallisiin muutoksiin

Maakäyttö ja ekologia

40. Sijainnin valinta

- Aiemmin rakennettu alue
- Saastuneen maan puhdistus

41. Tontin ekologinen arvo ja sen vaaliminen

- Sijainnin vähäinen ekologinen arvo
- Ekologisten piirteiden suojelu

42. Tontin ekologian vahvistaminen

- Ekologin arvioi ja suositukset
- Ekologisen arvon vahvistaminen

43. Pitkän aikavälin vaikutukset biodiversiteettiin

- Pitkä aikaisten vaikutusten minimointi

Saasteet

44. Jäähdytyskoneiden vaikutukset

- Jäähdytysaineiden otsonituhopotentiaali
- Jäähdytysaineiden vaikutukset
- Jäähdytysjärjestelmän vuodon havaitseminen

45. Typpipäästöt

- Typpipäästöjen vähentäminen

46. Sadevesien imeytyvyys

- Tulvan sietokyky
- Pintavesien valuminen
- Sadevesien saastumisen minimointi

47. Valosaasteet

- Yöaikaisen valosaasteen vähentäminen

48. Melusaasteet

- Melusaasteiden vähentäminen

Innovaatiot

Innovaatiot, jotka johtavat kestävämpään rakennukseen ja joita ei ole huomioitu kriteeristössä

LIITE 3: LEED V4 FOR BUILDING DESIGN AND CONSTRUCTION KRITEERISTÖ

1. Integroiva prosessi

Osa-alueiden synergiaetujen tunnistaminen projektin alkuvaiheessa ja niiden kehittäminen projektin aikana, 1p

Sijainti ja liikennöinti

2. ”LEED kaupunginosa”- arvioinnin sisällä

”LEED for Neighbourhood Developmnet” sertifioidulla alueella sijaitseva projekti

3. **Ympäristöllisesti herkän alueen suojelu**
   - Aikaisemmin käytössä ollut alue TAI
   - Herkän alueen välttämien
4. **Projektin tarpeellisuus ja tasa-arvoisuuden edistäminen**
   - Taloudellisesti heikosti suoriutuva alue TAI
   - Hylätyn alueen elvyttäminen TAI
   - Tasa-arvon edistäminen TAI
   - Edullisen asumisen tarjoaminen
5. **Ympäröivän rakenteen tiheys ja palveluiden monipuolisuus**
   - Ympäröivän rakenteen tiheys
   - Palveluiden monipuolisuus
   - Kävelyetäisyyden sisällä olevat palvelut
6. **Liikennöinnin laatu**
   - Julkisen liikenteen käytön mahdollisuus
   - Projektin järjestämä säännöllinen liikennöinti mahdollisuus
7. **Pyöräilymahdollisuudet**
   - Polkupyöräverkostot
   - Pyörävarastot ja pukutilat
8. **Pysäköintialan vähentäminen**
   - Pysäköintialan vähentäminen
   - Yhteiskäyttö auto
   - Pysäköinnin eriyttäminen
9. **Sähköautot**
   - Sähköautojen latauspisteet TAI
   - Latauspisteiden vaatima infrastruktuuri

Kestävä ympäristö

10. Rakennustyömaan saasteiden ehkäisy

Rakennustyömaan saasteiden ehkäisy

11. Tonttianalyysi

Tonttianalyysi huomioi sijainnin topografian, hydrologian, mikroilmaston, kasvillisuuden, maaperän, ihmiskäytön ja terveydelliset edellytykset.

12. Suojele tai ennallista elinympäristöä

Prosentuaalinen maaperän ja kasillisuus alan parantaminen tai ennallistaminen

13. Avoin tila

Tarjota rakennuksen käyttäjille riittävän suuri avoin ulkotila, jossa on mahdollisuus olla vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Tarkoitus on myös edesauttaa sosiaalisia kanssakäymisiä ja fyysisiä aktiviteetteja.

14. Sadevesien hallinta

Pintavesien valuman vähentäminen ja vedenlaadun parantaminen luonnollisten hydrologisten menetelmien avulla.

Sadevesien prosentuaalinen sitominen TAI

Imeyttämisen parantaminen lähtötilanteesta

15. Lämpösaarekeilmiön heikentäminen

Ilmiön mikroilmastolle, ihmiselle ja eläimille aiheuttamien vaikutuksien minimointi.

- Kattoala ja katon ominaisuudet TAI
- Maanalaiset pysäköintitilat

16. Valosaasteen vähentäminen

Taulukkoon perustuvat raja-arvot valon enimmäismäärästä yöaikana

Veden käytön tehokkuus

17. Ulkotilojen vedenkäytön vähentäminen

Pakolliset vaatimukset vedenkäytön vähentämiselle

- Kastelulle ei ole tarvetta TAI
- Kastelun tarvetta on vähennetty vähintään 30 %

18. Sisätilojen vedenkäytön vähentäminen

Pakolliset vaatimukset vedenkäytön vähentämiselle

- Vedenkäyttöä vähennetään vähintään 20 % referenssiin verrattuna
- Laitteiden ja prosessien vedenkäytön taulukolliset raja-arvot

19. Vedenkäytön mittaaminen rakennustasolla

- Pakolliset vaatimukset vedenkäytön mittaamiselle

20. Ulkotilojen vedenkäytön vähentäminen

Käytön vähentäminen entisestään pakollisten vaatimusten tasosta.

- Kastelun tarvetta on vähennetty vähintään 50 %

21. Sisätilojen vedenkäytön vähentäminen

Käytön vähentäminen entisestään pakollisten vaatimusten tasosta.

- Prosentuaalinen taulukko veden käytön vähentämisestä

22. Jäähdytyksen vedenkäytön optimointi

Kondenssiveden talteenotto ja hyödyntäminen jäähdytysjärjestelmässä.

- Jäähdytystornin ja lauhduttimen vedenkäyttö
- Jäähdytyksen vedenkäytön prosentuaalinen vähentäminen
- Kierrätetyn veden käyttö

23. Vedenkäytön mittaaminen

- Veden käytön tarkempi jäljittäminen

Energia ja atmosfääri

24. Käyttöönoton olennaiset asiat ja varmennus toimivuudesta

- Käyttöönottoprosessin vaatimukset
- Käyttöönottotarkastajan pätevyys
- Nykyiset tilavaatimukset sekä käyttö- ja ylläpitosuunnitelma

25. Minimi energiatehokkuus

- Standardeihin vertaaminen ja raja-arvojen noudattaminen

26. Energian käytön mittaaminen rakennustasolla

Rakennuksen koko energian käytön todentaminen, jotta mahdolliset säästökohteet tulevat esille

27. Jäähdytysaineiden olennaiset asiat

Otsonikerrosta vahingoittavien jäähdytysaineiden välttäminen tai minimointi

28. Edistyksellinen käyttöönotto

Kriteeri vaati paremman luovutuksen toteutuksen kuin pakollisessa pykälässä. Mittauksien ja todentamisten on oltava tarkemmat. Kriteerin tarkoitus on varmistaa mekaanisten, sähköisten, putkiston ja uusiutuvan energian järjestelmien toimivuus.

- Edistyksellinen järjestelmien käyttöönotto
- Edistyksellinen ja seurantaan perustuva käyttöönotto

29. Optimoitu energiatehokkuus

Rakennuksen tulee saavuttaa vertailukohtaan nähden parempi energiatehokkuus. Vertailukohdaksi valitaan samantyyppinen rakennus. Vertailtavan rakennuksen ja projektin energiankulutus sekä kulutuksesta syntyvät hiilipäästöt lasketaan ja näiden tulosten perusteella arvioidaan saavutettu energiatehokkuuden parannus.

Suunnittelutyön aikana tulee simuloida energian käyttöä ja näiden simulaatioiden perusteella löytää kehityskohtia. Optimointi toimien tulisi keskittyä energian tarpeen, lämmityksen ja ilmanvaihdon strategioihin.

- Energiatehokkuuden prosentuaalinen parantaminen
- Energian käytöstä syntyvien hiilipäästöjen prosentuaalinen vähentäminen

30. Edistyksellinen energian käytön mittaaminen

Pakollisten vaatimusten tasoa parempi mittaaminen. Datan kerääminen on tehokkaampaa ja tarkempaa ja sitä tulee olla säilössä vähintään 36 kuukauden ajalta. Kaikki mittauslaitteiden tulee pystyä kommunikoimaan keskenään ja järjestelmään pääse käsiksi etäyhteydellä.

31. Sähköverkon harmonisointi

Kriteerin tarkoituksena on parantaa sähkön kysyntäjoustoa madaltamalla ensisijaisesti kysyntäpiikkiä. Projektin tulee sisällyttää kysyntäjouston mahdollistavia sähkölaitteita. Kysyntäjoustoa parantamalla vähennetään sähköverkon suurimpia kuormituksia ja näin myös hiilidioksidipäästöjä.

32. Uusiutuva energia

Uusiutuvan energian käytön kannustaminen vähentää fossiilisen alkuperän energian käyttöä. Pisteytetty taulukko antaa kolme vaihtoehtoa, jolla kriteerin voi täyttää. Prosentuaalinen määrä energian kokonaiskulutuksesta vastaa annettuja pisteitä.

Tontilla tuotettu uusiutuva energia, 2–20 % kokonaiskulutuksesta

Viiden vuoden sisällä rakennetun uusiutuvan energian tuottajan energian osto, 10–50 % kokonaisk.

Vanhempi uusiutuvan energian tuottaja 35–100 % kokonaisk.

33. Edistyksellinen jäähdytysaineiden hallinnointi

Otsonikerrosta vahingoittavien jäähdytysaineiden välttäminen tai minimointi

- Jäähdytysaineiden tarpeettomuus tai ilmastoystävällisiksi luokitellut jäähdytysaineet TAI
- Jäähdytysaineiden vaikutusten laskelmat

Materiaalit ja resurssit

34. Kierrätyskelpoisten materiaalien keräys ja varastointi

Rakennusprojektiin tulee sisällyttää kierrätyspiste käyttäjien tuottaman jätteen vähentämiseksi.

35. Rakennuksen elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten vähentäminen

Projektissa hyödynnetään uudelleenkäytettyjä materiaaleja ja projektissa käytettyjen materiaalien ympäristöllinen käyttäytyminen optimoidaan, jotta materiaalista saadaan mahdollisimman pitkäikinen. Vaihtoehtoisesti materiaali vähennykset voi osoittaa rakennuksen rungon ja vaipan elinkaariarvioissa, jossa tulee huomioida ainakin kolme kyseisistä kategorioista:

Ilmastonlämpeneminen (kasvihuonepäästöt)
Otsonikerrosta heikentävät materiaalit
Maaperän ja vesistöjen happamoituminen
Rehevöityminen
Troposfäärin otsonin muodostuminen
Uusiutumattomien energialähteiden käyttö

- Olemassa olevan rakennuksen prosentuaalinen säilyttäminen ja kierrätetyn materiaalin hyödyntäminen
- Rakennuksen rungon ja vaipan elinkaariarvio

36. Ympäristötuoteselosteet

Tarkoitus on kannustaa suunnittelutiimiä valitsemaan tuotteita ja materiaaleja, joiden elinkaari informaatio on tarjolla, ja joiden ympäristölliset, taloudelliset sekä sosiaaliset elinkaarivaikutukset ovat suotuisat.

- Ympäristötuoteselosteisten tuotteiden käyttö
- Hiilipäästö/Elinkaari optimoidut tuotteet

37. Raakamateriaalin tuottaminen

Vastuullinen raakamateriaalien hankinta

38. Materiaalien ainesosat

- Materiaalien ainesosien raportointi
- Materiaalien ainesosien optimointi

39. Rakennus- ja purkujätteiden hallinnointi

Tarkoitus on vähentää kaatopaikalle vietävän jätteen määrää vähentämällä työmaalla syntyvän jätteen määrä ja hyödyntämällä uudelleen materiaaleja.

- Jätteiden lajittelu
- Syntyvän jätteen vähentäminen

40. Sisätilojen laatu

- Sisäilman laadun minimi standardien toteuttaminen. Koneelliselle ja painovoimaiselle ilmanvaihdolle omat edellytykset.

41. Tupakansavun kontrollointi

Tupakansavulle altistumisen minimointi.

- Tupakoinnin kieltäminen
- Rajattu tupakointialue

42. Edistykselliset ilmanvaihdon strategiat

Parempi ilmanlaatu edistää mukavuutta, hyvinvointia ja tuottavuutta. Kriteeri esittelee kymmenen strategiaa, jotka parantavat ilmanlaatua. Näistä toteutetaan 3 tai 6 vaihtoehtoa riippuen haluaako yhden vai kaksi pistettä.

- Sisäänkäyntien ilmansaasteiden suodattavuus
- Vahingollisten kaasujen ja kemikaalien eristäminen

- Tuloilman suodatuksen standardit
- Kierrätetyn ilman suodatuksen standardit
- Tehostettu ilmanvaihto (15 % parempi kuin minimi)
- Tehostettu ilmanvaihto (30 % parempi kuin minimi)
- Tuuletusikkunat
- Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostaminen
- Ilman hiilidioksidipitoisuuden mittaaminen
- Haitallisten yhdisteiden mittaaminen ja kontrollointi
- Turvalliset materiaalit
- Terveydelle haitallisten yhdisteiden minimointi materiaaleissa. Taulukon mukainen pisteytys ja useiden standardien mukaiset vaatimukset.

43. Työmaan sisäilman hallinnointi suunnitelma

Kriteerin tarkoituksena on parantaa työmaalla työskentelevien hyvinvointia.

44. Sisäilman laadun todentaminen

Rakennustöiden tultua valmiiksi ilmanlaatu tulee tarkistaa haitallisten ainesosien varalta, joita on voinut ajautua ilmanvaihtoon rakennusprosessin aikana. Vaihtoehtoisesti järjestelmän voi ajaa puhtaaksi käyttämällä ilmanvaihtoa korkealla teholla määrätyn ajan.

45. Lämpömukavuus

Lämpömukavuuden standardien täyttäminen ja riittävä säätämismahdollisuuksien tarjoaminen.

46. Sisätilojen valaistus

Sisätilojen valaistuksen ominaisuuksien arvottaminen jakaantuu neljään osioon

- Häikäisevän valon kontrollointi
- Värintoistoindeksi (minimi arvo)
- Valon voimakkuuden säätömahdollisuus
- Pintojen heijastavuus

47. Luonnonvalo

Luonnonvalo yhdistää käyttäjät ympäristöön, mahdollistaa päivärytmin sekä vähentää valaistuksen tarvetta. Kaikissa rakennuksen yleisesti käytössä olevissa tiloissa, joissa on ulkonäkymä, tulee olla manuaalinen tai automaattinen varjostin. Yleisesti käytössä olevien tilojen riittävä luonnonvalo ja toisaalta häikäisyn ehkäisy tulee esittää tietokone simulaation avulla. Simulaation tulee osoittaa valoisuuden tilanne eri vuodenaikoina.

Mittayksikkönä käytetään tilallista päivänvaloautonomiaa (Spatial daylight autonomy sDA), joka ilmaisee saavutetun autonomian prosentuaalisesti. Prosentit lasketaan työpäivän pituudesta ja valonmäärän minimi on 300 luxia. Täydet pisteet saa, kun vaatimus toteutuu 75 % koko rakennuksen pinta-alan kokoisella alueella 50 % työpäivästä.

48. Laadukkaat näkymät

Rakennuksen tulee tarjota näkymiä ympäröivään luontoon tai kaupunkiin vähintään 75 % kaikista yleisesti käytössä olevista tiloista. Lasin tulee olla riittävän läpäisevää eikä mahdollinen kuviointi saa estää näkymää.

49. Akustinen suorituskyky

Akustisen suorituskyvyn arvottaminen koostuu ilmastoinnin taustaäänen vähentämisestä, äänen eristyksestä sekä jälkikaiunta-ajan vaatimuksista.

Innovaatiot

Innovaatiot

LEED-tunnistettu asiantuntija