

Opinnäytetyö (YAMK)

Insinööri (Ylempi AMK), Rakentaminen

2022

Piia Saanio

# Rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmät ja säädosohjaus Pohjoismaissa

Opinnäytetyö (YAMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Insinööri (Ylempi AMK), Rakentaminen

2022 | 198 sivua, 6 liitesivua

Piia Saanio

## Rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmät ja säädösohjaus Pohjoismaissa

Pohjoismailla on yhteisenä tavoitteena toimia vähähiilisen ja kestäväen rakentamisen suunnannäyttäjänä ja edelläkävijöinä. Osana tätä tavoitetta on säädösohjattu ilmastovaikutusten arviointi rakennuksille astumassa voimaan lähivuosien aikana lähes jokaisessa Pohjoismaassa.

Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin kirjallisuuskatsauksen avulla kolmen Pohjoismaan: Suomen, Ruotsin ja Tanskan kehitystyöhön kohti vähähiilistä rakentamista ja sen säädösohjausta. Lisäksi perehdyttiin rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmiin. Vertailemalla pyrittiin löytämään eroja ja yhtäläisyyksiä maiden säädösohjauksesta, arviointimenetelmistä, kehitystyöstä ja tehdyistä taustatutkimuksista ja -selvityksistä. Vaikka kaikkien kolmen maan arviointimenetelmät pohjautuvat samaan eurooppalaiseen standardiin ja lisäksi Pohjoismailla on ollut yhteisenä tahtotilana harmonisoida menetelmiään samanlaisiksi keskenään, oli menetelmissä havaittavissa silti yllättävän paljon eroavaisuuksia.

Opinnäytetyön tuloksena voitiin todeta, että eroavaisuudet arviointimenetelmissä ja niiden säädösohjauksessa johtuivat pääsääntöisesti maiden välisistä erilaisista rakentamismääräyksistä, maakohtaisista poliittisista päätöksistä ja arviointimenetelmien sisällön laajuudesta. Eri maiden menetelmillä tuotetut arviointitulokset eivät ole vielä tällä hetkellä vertailukelpoisia keskenään, eikä arviointimenetelmiä ei voitu pitää näin ollen harmonisina. Menetelmien harmonisoinnista tulevaisuudessa pidettiin kuitenkin mahdollisena ja suotavana.

Asiasanat:

hiilidioksidipäästöt, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, ilmastaselvitys, ilmastovaikutus, vähähiilinen rakentaminen

Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Master of Construction

2022 | 198 pages, 6 pages in appendices

Piia Saanio

## Whole life carbon assessment methods for buildings and the carbon regulations in the Nordic countries

The Nordic countries have a common goal to act as pioneers for low-carbon and sustainable construction. As part of this goal, a regulatory-guided whole life cycle carbon assessment for buildings, will come into force during the next few years in almost every Nordic country.

In this thesis, the development work towards low-carbon construction of the three Nordic countries, Finland, Sweden and Denmark, was introduced as a literature review. In addition, the evaluation methods were presented. Differences and similarities in the countries' regulatory guidance, assessment methods, development work and background studies were analyzed and compared. Although the assessment methods of all three countries are based on the same European standard, and in addition the Nordic countries have had a common desire to harmonize their methods to be the same, a surprising number of differences were found in the methods during the study.

As a result of the thesis, it was found that the differences were mainly due to differences in the building regulations between countries, country-specific political decisions, and the extent of the content of the evaluation methods. The evaluation results were not yet comparable with each other, so the evaluation methods could not be considered harmonious. However, harmonization was considered possible and desirable in the future.

Keywords:

carbon dioxide emissions, carbon footprint, carbon handprint, climate declaration, climate impact, low-carbon construction

# Sisältö

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Käytetty sanasto</b>  | <b>10</b> |
| <b>1 Johdanto</b>  | <b>12</b> |
| 1.1 Tutkimuksen tavoitteet   | 13        |
| 1.2 Tutkimuksen lähtöasetelmat   | 14        |
| 1.3 Tutkimuksen aineiston rajaaminen   | 15        |
| 1.4 Tutkimuksen toteuttaminen  | 15        |
| <b>2 Rakentamisen ilmastovaikutukset ja niiden vähentämistoimet</b>  | <b>18</b> |
| 2.1 Kansainvälisellä tasolla   | 18        |
| 2.2 Euroopan Unionin tasolla   | 21        |
| 2.2.1 Poliittiset toimenpiteet rakennusalan päästöjen vähentämiseksi   | 21        |
| 2.2.2 Kärkimaat rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen huomioimisessa                                     | 23        |
| 2.2.3 EU-maiden yhteinen arviointimenetelmäkehys Level(s)  | 25        |
| 2.3 Pohjoismaiden tasolla  | 27        |
| 2.3.1 Rakennusalan päästöjen vähennystavoitteet ja säädösohjaus  | 27        |
| 2.3.2 Menetelmät rakennusalan ilmastovaikutusten hillitsemiseksi   | 28        |
| 2.3.3 Pohjoismainen yhteistyö  | 33        |
| 2.4 Elinkaariarviointi rakennusalan ilmastovaikutusten ohjauksena  | 34        |
| 2.4.1 Rakennuksen koko elinkaaren aikainen hiili   | 35        |
| 2.4.2 Elinkaariarviointia ohjaavat standardit  | 37        |
| 2.4.3 Rakennuksen elinkaariarvioinnista yleisesti  | 38        |
| 2.4.4 Standardin EN 15978 mukainen laskentamenetelmä   | 39        |
| 2.4.5 Poikkeamat standardiin EN 15978 verrattuna eurooppalaisiin kansallisiin arviointimenetelmiin             | 46        |
| <b>3 Rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin menetelmät ja säädösohjaus Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa</b> | <b>48</b> |
| 3.1 Tutkimuskysymykset ja aineiston rajaaminen   | 50        |
| 3.2 Aineiston hakuprosessi ja seulominen sisäänottokriteerien mukaisesti                                       | 53        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.3 Rakentamisen ilmastovaikutukset Suomessa  | 56         |
| 3.3.1 Arviointimenetelmän kehitystyö ja taustatutkimukset   | 59         |
| 3.3.2 Vähähiilisen rakentamisen tuleva säädösohjaus   | 66         |
| 3.3.3 Yhteenveto rakentamisen ilmastovaikutusten tulevasta<br>säädösohjauksesta Suomessa              | 75         |
| 3.4 Rakentamisen ilmastovaikutukset Ruotsissa   | 77         |
| 3.4.1 Arviointimenetelmän kehitystyö ja taustatutkimukset   | 80         |
| 3.4.2 Vähähiilisen rakentamisen säädösohjaus  | 87         |
| 3.4.3 Yhteenveto rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjauksesta<br>Ruotsissa                       | 93         |
| 3.5 Rakentamisen ilmastovaikutukset Tanskassa   | 96         |
| 3.5.1 Arviointimenetelmän kehitystyö ja taustatutkimukset   | 98         |
| 3.5.2 Vähähiilisen rakentamisen tuleva säädösohjaus   | 103        |
| 3.5.3 Yhteenveto rakentamisen ilmastovaikutusten tulevasta<br>säädösohjauksesta Tanskassa             | 108        |
| <b>4 Arviointimenetelmien ja säädösohjauksen vertaileminen</b>  | <b>110</b> |
| 4.1 Menetelmien kehitystyön ja taustatutkimuksen vertaileminen keskenään                              | 110        |
| 4.2 Säädösohjauksen ja arviointimenetelmien vertaileminen keskenään                                   | 117        |
| 4.2.1 Arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet  | 118        |
| 4.2.2 Arvioitavat rakennuksen osat  | 123        |
| 4.2.3 Arviointijakson pituus  | 130        |
| 4.2.4 Arvioinnissa käytettävät tiedot   | 131        |
| 4.2.5 Arviointivelvollisuutta koskevat rakennukset  | 141        |
| 4.2.6 Arvioitavien rakennusosien käyttöiät  | 144        |
| 4.2.7 Arviointiin asetettavat päästöjen raja-arvot ja käytettävät yksiköt                             | 146        |
| 4.2.8 Arvioinnissa käytettävä rakennuspinta-ala   | 150        |
| 4.2.9 Arviointiin sisällytettävät ympäristövaikutukset  | 152        |
| 4.2.10 Rakennuksen käyttövaiheen energiantarpeen arvioiminen  | 153        |
| 4.2.11 Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävien hyötyjen ja haittojen<br>huomioiminen arvioinnissa | 157        |
| 4.2.12 Yhteenveto säädösohjauksen ja arviointimenetelmien<br>yhtäläisyyksistä ja eroavaisuuksista     | 158        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.3 Vertaileminen aiempiin tutkimuksiin       | 165        |
| 4.4 Yhteenveto vertailusta                    | 178        |
| <b>5 Yhteenveto</b>                           | <b>182</b> |
| 5.1 Tutkimustavoitteiden saavuttaminen        | 182        |
| 5.2 Tutkimusmuoto ja tutkimuksen luotettavuus | 184        |
| 5.3 Jatkotutkimusaiheet                       | 185        |
| <b>Lähteet</b>                                | <b>188</b> |

## **Liitteet**

Liite 1. Lähdesivustot, hakupolut ja kaikki näistä löydetyt materiaalit ennen sisäänottoa ja poissulkua.

Liite 2. Hakuaineistot, jotka ovat sisäänottokriteerien mukaiset. Aineiston nimi, tekijät, julkaisuvuosi ja pääasiallinen sisältö.

## **Kaavat**

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| Kaava 1. Rakennuksen hiilijalanjälki. | 71 |
| Kaava 2. Rakennuksen hiilikädenjälki. | 71 |

## **Kuvat**

|  |    |
|--|----|
| Kuva 1. Opinnäytetyötutkimuksen etenemisjärjestys.   | 17 |
| Kuva 2. Rakennusten ja rakentamisen osuus maailman loppuenergiasta ja energiaan liittyvistä CO <sub>2</sub> -päästöistä vuonna 2020. | 20 |
| Kuva 3. Euroopan johtavat maat säädösohjauksessa rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen huomioimiseksi.                         | 23 |
| Kuva 4. Level(s)-menetelmässä esiintyvät teemat, päätavoitteet ja näihin liittyvät indikaattorit.                                    | 26 |
| Kuva 5. Pohjoismaiden kansalliset vähähiilisen rakentamisen tavoitteet.  | 28 |

|   |     |
|---|-----|
| Kuva 6. Pohjoismaiden määräykset, sertifikaatit, standardit ja ohjeet poimittuna One Click LCA:n laatimasta euroopan menetelmien yleiskatsauksesta.   | 29  |
| Kuva 7. Kaavio käyttösidonnaisten (operational carbon) ja tuotesidonnaisten (embodied carbon) päästöjen jakautumisesta rakennuksen elinkaaren ajalle. | 36  |
| Kuva 8. Rakennuksen elinkaaren vaiheet ja moduulit.   | 41  |
| Kuva 9. Käsitekartta vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksesta.   | 49  |
| Kuva 10. Rakennuksen elinkaaren vähähiilisyyden arvioinnin kehittämisen avuksi teetetyt tutkimukset ja raportit Suomessa.                             | 58  |
| Kuva 11. Rakennuksen elinkaaren vähähiilisyyden arvioinnin säädösohjauksen kehittämiseen liittyvät asiakirjat Suomessa.                               | 59  |
| Kuva 12. Asetusluonnoksen mukaisesti arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet.  | 70  |
| Kuva 13. Aikajana Suomen kehitystyöstä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta.  | 76  |
| Kuva 14. Rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin kehittämisen avuksi teetetyt tutkimukset Ruotsissa.  | 79  |
| Kuva 15. Rakennuksen ilmastovaikutusten säädösohjauksen säätämiseen liittyvät asiakirjat Ruotsissa.   | 80  |
| Kuva 16. Boverketin esitys ilmastoselvitykseen sisältyvistä moduuleista, sekä kuhunkin moduuliin sisältyvät ja sisältyvät asiat.                      | 89  |
| Kuva 17. Aikajana Ruotsin kehitystyöstä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta.   | 95  |
| Kuva 18. Rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin kehittämisen avuksi teetetyt tausta-aineistot Tanskassa.   | 97  |
| Kuva 19. Rakennuksen ilmastovaikutusten säädösohjauksen säätämiseen liittyvät asiakirjat Tanskassa.   | 98  |
| Kuva 20. Tutkimuksen tuloksena määritellyt raja-arvot jaoteltuna erilaisten tavoitetasojen ja rakennuksen elinkaaren moduulien mukaisesti.            | 100 |
| Kuva 21. Aikajana Tanskan kehitystyöstä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta.   | 109 |
| Kuva 22. Boverketin esitys ilmastoselvitykseen sisältyvistä rakennusosista.   | 125 |

|  |     |
|--|-----|
| Kuva 23. Asetusluonnoksen mukaiset arviointiin sisältyvät ja sisältymättömät osat.   | 126 |
| Kuva 24. Tanskan, Suomen ja Ruotsin säädöspohjaisten arviointimenetelmien sekä EU:n Level(s)-menetelmän arviointialueisiin sisältyvät rakennusosat poimittuna One Click LCA:n laatimasta Euroopan menetelmien yleiskatsauksesta. | 130 |
| Kuva 25. Päästötietokannat. Vasemmalla allekkain Suomen ja Ruotsin tietokannat CO <sub>2</sub> data ja Klimatdatabas. Oikealla lyhyt ote Tanskan tietokannasta Generisk datagrundlag 2023.                                       | 132 |
| Kuva 26. Suomen kansallisen päästötietokannan pää- ja alaluokat.   | 133 |
| Kuva 27. Esimerkki ilmastoselvityksen kattavuusasteesta.   | 135 |
| Kuva 28. Ruotsin kansallisen päästötietokannan pää- ja alakategoriat.  | 136 |
| Kuva 29. Ote Tanskan kansallisesta tietokannasta, kevään 2022 versio.  | 137 |
| Kuva 30. Ote Tanskan kansallisesta tietokannasta, syksyn 2022 versio.  | 138 |
| Kuva 31. Asuntovirasto Boverketin alkuperäinen ehdotus raja-arvojen asettamisesta ja asteittaisesta kiristämisestä.  | 148 |
| Kuva 32. KTH-instituutin ehdotus raja-arvojen kiristämiseksi vuonna 2030.  | 149 |
| Kuva 33. Kaukolämmön päästötiedot poimittuna Suomen kansallisessa päästötietokannassa.   | 154 |
| Kuva 34. Kaukolämmön keskiarvon päästötieto poimittuna Ruotsin kansallisesta päästötietokannasta.  | 155 |
| Kuva 35. Tanskan tulevassa arviointimenetelmässä käytettävät energiamuotojen päästökertoimet sähkölle, kaukolämmölle ja maakaasulle.   | 156 |
| Kuva 36. One Click LCA:n laatima kaavio eurooppalaisista rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjatusta menetelmistä. Tarkastelun kohteena ovat menetelmien avoimuus ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen tehokkuus.          | 174 |
| Kuva 37. Ote Matti Kuittisen laatimasta vertailutaulukosta Pohjoismaisista arviointimenetelmistä. Taulukosta on oheiseen kuvaan poimittuna opinnäytetyön kannalta relevantit arviointimenetelmät.                                | 177 |



## Taulukot

|  |     |
|--|-----|
| Taulukko 1. Rakennuksen elinkaaren moduulit ja kunkin maan ilmastovaikutusten arviointimenetelmän kattavuus moduulien osalta.  | 119 |
| Taulukko 2. Tanskan kansallisen kestävän rakentamisen strategian mukainen vaiheittainen raja-arvojen käyttöönotto ja raja-arvojen tiukentaminen.   | 147 |
| Taulukko 3. Yhteenveto Suomen, Ruotsin ja Tanskan säädösohjatusta arviointimenetelmistä ja perustelut sille, ovatko arvioinnin eri parametrit harmonisia maiden arviointimenetelmien kesken. | 159 |

## Käytetty sanasto

|                      |  |
|----------------------|--|
| EDP-ympäristöseloste | environmental product declaration eli rakennustuotteen ympäristöseloste tarjoaa rakennustuotteesta tai rakennuksen oheispalvelusta määrällisiä, harmonisoituja ja tieteellisesti perusteltuja ympäristötietoja. Rakennusalalla ympäristöselosteiden tavoitteena on antaa lähtökohdat rakennustason ja rakennustöiden arviointiin ja niiden vaihtoehtojen tunnistamiseen, jotka aiheuttavat vähemmän ympäristökuormitusta. (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 13.) |
| GWP                  | global warming potential eli vaikutuspotentiaali ilmaston lämpenemiseen (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 13).   |
| Hiilijalanjälki      | rakennuksen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöt, jotka muodostuvat eloperäisten, fossiilisten ja maankäytön muutoksista johtuvien päästöjen summana. Hiilijalanjälki ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttien painona (kgCO <sub>2</sub> e). (Ympäristöministeriö. 2021a, 16.)  |
| Hiilikädenjälki      | rakennuksen elinkaaren arviointirajauksen ulkopuoliset nettomääräisiin ilmastohyötyihin vaikuttavat tekijät, joita ei syntyisi ilman hanketta. Hiilikädenjälki ilmoitetaan hiilidioksidiekvivalenttien painona (kgCO <sub>2</sub> e). (Ympäristöministeriö. 2021a, 28.)  |
| Ilmastaselvitys      | rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin tulokset raportoidaan ilmastaselvityksenä. Selvitys sisältää ainakin rakennuksen perustiedot sekä tiedon hiilijalanjäljestä. Käytetyn arviointimenetelmän mukaan voidaan toisinaan sisällyttää myös tieto hiilikädenjäljestä. (Ympäristöministeriö. 2021a, 32.)  |

|                   |  |
|-------------------|--|
| Ilmastovaikutus   | ilmaston lämpeneminen tai viilentyminen, joka aiheutuu kasvihuonekaasuista tai muista tekijöistä. Tähän vaikuttavia ihmisen toimintoja ovat esimerkiksi fossiilisten luonnonvarojen käyttö ja hiilinielujen vähentäminen tai lisääminen. (Ympäristöministeriö 2021c, 9.)   |
| LCA               | life cycle assessment eli elinkaariarviointi tarkoittaa tuotejärjestelmän elinkaaren aikaisten syötteiden ja tuotosten sekä potentiaalisten ympäristövaikutusten koostamista ja arviointia (SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020, 9).   |
| Level(s)          | Euroopan komission laatima kestäviä rakennuksia koskeva eurooppalainen kehys, jonka lähtökohtana on kiertotalouden periaatteiden soveltaminen rakennetussa ympäristössä. Se ei toimi sertifiointijärjestelmänä, vaan sen tarkoituksena on tarjota yhteinen menetelmä rakennusten kestävyysarviointia ja raportointia varten. Menetelmällä voidaan arvioida esimerkiksi rakennuksen elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt. (European Commission 2021b, 1–3.) |
| Ympäristövaikutus | kaikki ihmisen toiminnan aiheuttamat vaikutukset ympäristöön. Rakentamisen osalta keskeisiä ympäristövaikutuksia ovat luonnonvarojen kulutus, vaikutukset terveyteen, vaikutukset luonnon monimuotoisuuteen, sekä jätteen ja päästöjen muodostuminen. (Ympäristöosaava ammattilainen n.d.)   |

## 1 Johdanto

Rakennusala aiheuttaa valtavat kasvihuonekaasupäästöt, joiden pikainen vähentäminen on välttämätöntä. Päästöjen lisäksi rakennusala on raaka-aineiden ja energian ylikuluttaja, ja lisäksi se aiheuttaa valtavat jätemäärät. Vaikka energiainvestoinneissa ja sähkön hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä on tapahtunut jonkin verran edistystä, tarvitaan näiden lisäksi vielä huomattavia ponnisteluja rakennusalan hiilidioksidipäästöjen lopulliseksi vähentämiseksi. Näin ollen rakennussektorin kasvihuonekaasupäästöjen pikainen ja huomattava vähentäminen maailmanlaajuisesti on ratkaisevan tärkeää Pariisin sopimuksen ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

Pohjoismaiden ministerineuvosto päätti toukokuussa 2018 Tukholmassa käynnistää työn kohti pohjoismaista harmonisointia ilmastopäästöjä koskevien rakennusmääräysten osalta. Yhteisenä agendana on myös olla johtavana suunnannäyttäjänä maailmalla kestävän ja vähähiilisen rakentamisen saralla. 2010-luvulta lähtien niin Suomessa kuin muissakin Pohjoismaissa on vähitellen aloitettu rakennusten ja rakentamisen ilmastovaikutusten ohjausvalmistelu, sekä tämän jälkeen työ vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen kehittämiseksi. Nyt, 2020-luvulla, säädösohjattu ilmastovaikutusten arviointi rakennuksille on viimein astumassa voimaan lähes jokaisessa Pohjoismaassa.

Koska rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjatut arviointimenetelmät ovat olleet viime vuosien aikana voimakkaan kehittämistyön alaisina, voidaan yksittäisistä arviointimenetelmistä löytää laajastikin tutkimustietoja ja erilaisia selvityksiä. Vaikka Pohjoismailla on yhteinen tahtotila harmonisoida rakennuksen ilmastovaikutuksien arviointimenetelmiä keskenään samanlaisiksi ja kehitystyötä aiheen ympärillä tehdään jatkuvasti, on arviointimenetelmistä silti löydettävissä hyvin vähäisessä määrin vertailevaa tutkimusta. Ympäristöministeriö on vertaillut kaikkia Pohjoismaissa käytössä olevia rakennuksen elinkaariarvioinnin menetelmiä osana arviointimenetelmänsä kehittämistyötä. Kyseisestä tutkimuksesta on saatavilla taulukkomuotoinen esitys Swedish Life Cycle Centerin (n.d.) verkkosivuilla. Lisäksi Tanskassa on tutkittu vuosien 2020–2021

aikana Pohjoismaisia arviointimenetelmiä asunto- ja suunnitteluviraston toimesta Tanskan teknologisessa instituutissa (2021). Näiden lisäksi viimeisimpänä tutkimuksena julkaistiin hiljattain lokakuussa 2022 One Click LCA:n (2022) tutkimus rakentamisen ilmastovaikutusten säädöksistä Euroopassa, joka sisälsi tutkimusta ja vertailua myös Pohjoismaisten arviointimenetelmien osalta.

Vaikka Pohjoismaiden ilmastovaikutusten arviointimenetelmät on yritetty kehittää mahdollisimman yhtenäisiksi keskenään, erojakin löytyy huomattavasti. Haasteena menetelmien harmonisoinnissa ovat olleet esimerkiksi Pohjoismaiden keskenään erilaiset rakentamismääräykset sekä erilaiset näkökannat ilmastovaikutusten arvioimisen tehokkuudesta ja päästövähennystavoitteista. Erityisesti näihin eroavaisuuksiin maiden menetelmien välillä syvennyttään tässä opinnäytetyössä tarkemmin.

## 1.1 Tutkimuksen tavoitteet

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kirjallisuuskatsauksen avulla kolmen Pohjoismaan: Suomen, Ruotsin ja Tanskan kehitystyöhön kohti vähähiilistä rakentamista ja sen säädösohjausta. Lisäksi perehdytään näiden kolmen maan rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmiin. Vertailemalla pyritään löytämään eroja ja yhtäläisyyksiä säädösohjauksesta, arviointimenetelmistä, kehitystyöstä ja tehdyistä taustatutkimuksista. Tulosten perusteella pohditaan, miten menetelmiä voitaisiin saada entistäkin yhtenäisemmäksi keskenään. Tutkimuskysymyksiä asetetaan kolme:

1. Mitä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien kehitystyössä, taustatutkimuksissa ja -selvityksissä on?
2. Mitä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan voimassa olevilla ja odotettavissa olevilla kansallisilla säädösohjatuilla arviointimenetelmillä on?
3. Voidaanko Suomen, Ruotsin ja Tanskan säädösohjausta ja arviointimenetelmiä harmonisoida keskenään?

Näiden tutkimuskysymysten lisäksi yleisenä tavoitteena on tuottaa tietoa Suomen, Ruotsin ja Tanskan arviointimenetelmistä, säädösohjauksesta ja vähähiilisen rakentamisen kehitystyöstä suomeksi. Ruotsin ja Tanskan menetelmistä suomenkielistä aineistoa ei juurikaan ole löydettävissä, vaan aineisto on pääsääntöisesti pelkästään kunkin maan omalla äidinkielellä. Joitakin yksittäisiä tutkimuksia on tehty tai käännetty myös englanniksi.

Edellä mainittujen tutkimuskysymysten ja tavoitteiden lisäksi opinnäytetyön lähtökohtana ajankohtaiseen aiheeseen perehtyminen ja siitä oppiminen. Tutkimuksen tuloksista voivat hyötyä myös esimerkiksi asiantuntijat, jotka ovat tekemisissä Pohjoismaiden sisäisissä kansainvälisissä rakennushankkeissa tai jotka haluavat tarjota vähähiilisen rakentamisen ratkaisuja Pohjoismaiden laajuudella. Näissä tilanteissa on tärkeää tiedostaa maiden väliset eroavaisuudet säädösohjauksessa ja ilmastovaikutusten arviointimenetelmissä.

## 1.2 Tutkimuksen lähtöasetelmat

Kirjallisuuskatsauksen suoritusajankohtana maat ovat hyvin eri vaiheissa omien säädöksiensä laatimisen kanssa. Ruotsin osalta säädösohjattu rakennuksen ilmastovaikutusten arvioiminen astui voimaan tammikuussa 2022, joten tähän liittyvät aineistot olivat selkeitä. Tanskan osalta taas säädösohjaus on lausuntokierroksella ja astumaisillaan voimaan vuoden 2023 alussa, joten kehitystyö kyseisen arviointimenetelmän ja säädösohjauksen ympärillä on vilkasta. Myös Suomen osalta säädösohjattu arviointimenetelmä on lausuntokierroksella ja sen on määrä astua voimaan vuosien 2024 ja 2025 aikana, joten voidaan olettaa arviointimenetelmään tulevan vielä joitakin tämän opinnäytetyön tiedoista poikkeavia muutoksia ennen menetelmän lopullista julkaisemista. Tämän takia opinnäytetyön tietojen oikeellisuutta lukuhetkellä ei voida taata.

### 1.3 Tutkimuksen aineiston rajaaminen

Opinnäytetyö rajataan koskemaan Pohjoismaista nimenomaan Suomea, Ruotsia ja Tanskaa. Norja ja Islanti rajataan tutkimuksen ulkopuolelle. Rajaus tehtiin siitä syystä, että niin Suomi, Ruotsi kuin Tanskakin ovat toimineet Pohjoismaista edelläkävijöinä vähähiilisen rakentamisen suhteen. Näistä kolmesta maasta on tarjolla näin ollen eniten tietoa ja tutkimuksia aiheen ympäriltä. Opinnäytetyön aloitusvaiheessa on vielä epäselvää, milloin Norjassa ja Islannissa rakentamisen ilmastovaikutusten ohjaus olisi tulossa säädösohjauksen piiriin, sillä minkäänlaisia poliittisia päätöksiä ei ole tehty. Tämän takia myös lähdeaineiston löytäminen kyseisten maiden osalta on heikkoa.

Kirjallisuuskatsaukseen kerätään kaikki virallisista lähteistä löytyvä aineisto Suomen, Ruotsin ja Tanskan rakennusten vähähiilisyyden säädösohjauksesta sekä näiden arviointimenetelmien kehittämisvaiheen tutkimuksista. Virallisista lähteistä löytyvällä aineistolla tässä tapauksessa tarkoitetaan aineistoja, jotka ovat jonkin tunnustetun tai julkisen tahon laatimia tai vahvistamia. Aineistot ovat pääsääntöisesti joko ministeriöiden tai virastojen laatimia, tai hallituksen hyväksymiä ja lainvoimaisia. Aineisto on tämän lähtöasetelman takia hyvin tarkkaan rajattu. Kirjallisuuskatsaus toimii sekundääritutkimuksena tarkasteltaessa näitä tarkasti rajattuja ja valikoituja aineistoja ja sen avulla pyritään saamaan kokonaiskuva kunkin eri maan rakennusten ilmastovaikutusten arviointimenetelmistä tausta-aineistoiineen.

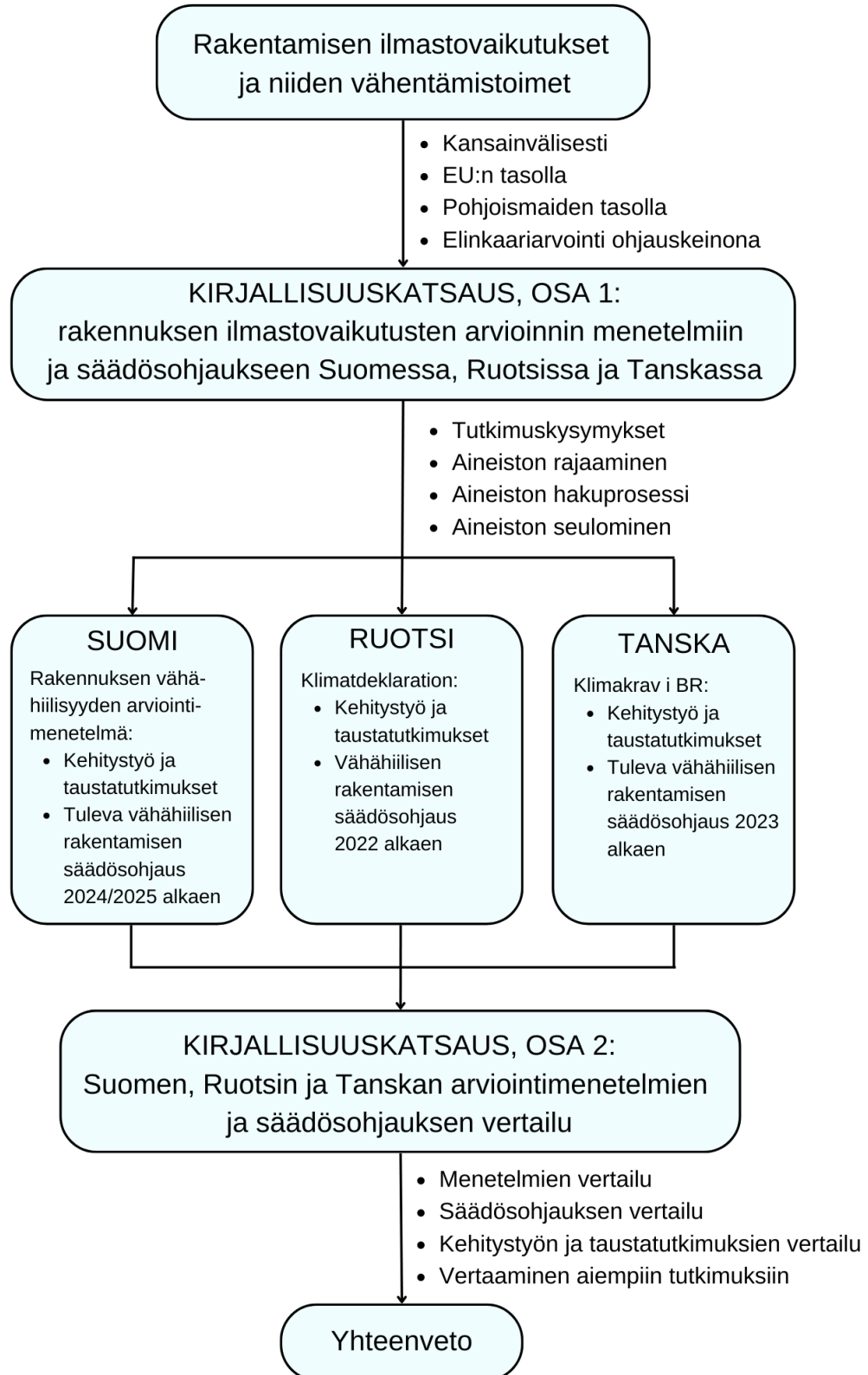
### 1.4 Tutkimuksen toteuttaminen

Opinnäytetyö suoritetaan toukokuun 2022 ja joulukuun 2022 välisenä aikana. Se jakautuu kahteen osioon, joista ensimmäisessä perehdytään rakentamisen ilmastovaikutuksiin ja niiden vähentämistoimiin kansainvälisellä tasolla, EU:n tasolla ja Pohjoismaiden tasolla. Ensimmäisessä osiossa tutustutaan lisäksi elinkaariarviointiin rakennusalan ilmastovaikutusten ohjauskeinona.

Tämän jälkeen siirrytään kirjallisuuskatsauksen pariin. Myös kirjallisuuskatsaus on jaettu kahteen osaan. Kirjallisuuskatsauksen ensimmäisessä osassa perehdytään rakennuksen ilmastovaikutusten arvioimisen menetelmiin ja säädösohjaukseen Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Kirjallisuuskatsauksen toisessa osassa siirrytään vertailemaan menetelmien kehitystyötä, taustatutkimuksia, arviointimenetelmiä, sekä voimassa olevia ja odotettavissa olevia säädösohjauksen menetelmiä keskenään maiden välillä. Lisäksi peilataan näitä vertailussa saatuja tuloksia aiheesta aiemmin tehtyjen tutkimusten tutkimustuloksiin. Lopputuloksena pyritään saamaan vastaukset opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin.

Opinnäytetyön rakennetta ja etenemisjärjestystä on havainnollistettu kuvassa 1.





Kuva 1. Opinnäytetyötutkimuksen etenemisjärjestys.

## 2 Rakentamisen ilmastovaikutukset ja niiden vähentämistoimet

Rakennusala on niin raaka-aineiden kuin energiankin ylikuluttaja, ja tämän lisäksi se aiheuttaa valtavat jätemäärät sekä kasvihuonekaasupäästöt. Vaikka rakentaminen vaikuttaakin ympäristöön monin haitallisin tavoin, kiinnitetään tarkastelussa huomiota erityisen paljon juuri kasvihuonekaasupäästöjen määrään. Tämä johtuu siitä, että rakennuksilla ja rakentamisella on suuri rooli ilmaston liiallisessa lämpenemisessä ja tämä vaikuttaa äärimmäisen paljon koko yhteiskunnan tulevaisuuteen. Kasvihuonekaasuihin keskittyminen on perusteltua myös siksi, että rakentamisen osuus on pienempi muissa ympäristövaikutuksissa, esimerkiksi rehevöitymisessä, verrattuna ilmastovaikutuksiin. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 20.)

Rakennukset ja rakennettu ympäristö aiheuttaa ilmastoon päästöjä elinkaarensa jokaisessa vaiheessa. Päästöjä syntyy raaka-aineiden hankinnasta, rakennustuotteiden valmistamisesta, kuljetuksista tehtailta työmaille, maansiirtotöistä, rakentamistöistä ja asennustöistä. Näiden lisäksi suuri osa rakennuksen elinkaaren aikaisista päästöistä vapautuu energian kulutuksesta rakennuksen käytön aikana. Rakennuksen elinkaaren loppuvaiheessa myös purkaminen ja jätteenkäsittely lisäävät koko elinkaaren aikaisten päästöjen määrää. Rakentamisessa käytetään tämän lisäksi määrällisesti eniten hiili-intensiivisiä tuotteita kuten sementtiä, terästä, alumiinia ja muoveja. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 19–20.)

### 2.1 Kansainvälisellä tasolla

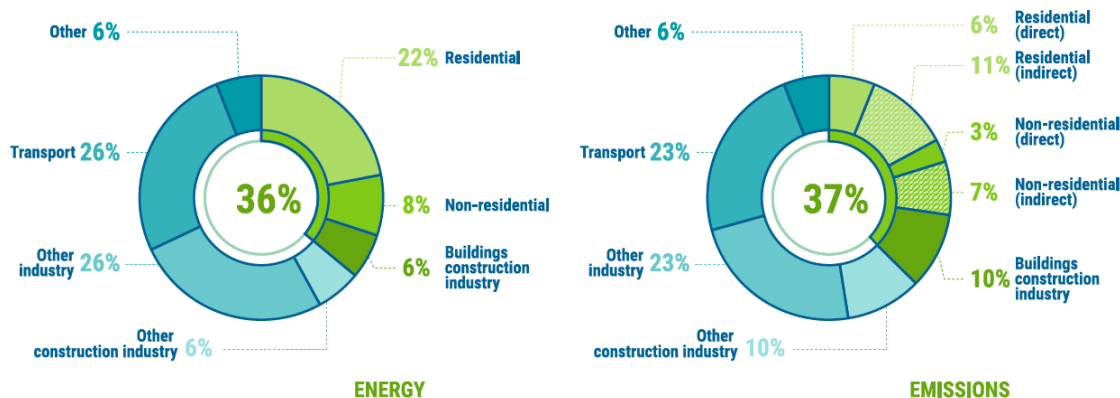
Kansainvälisellä tasolla on toistaiseksi vielä vain rajallinen määrä toimenpiteitä rakennusalan ilmastovaikutusten hallintaa ajatellen. Työ kohti ilmastomuutoksen torjumista alkoi jo vuonna 1992, jolloin päätettiin YK:n ilmastomuutosta koskevasta puitesopimuksesta eli YK:n ilmastosopimuksesta. Sopimuksen tavoitteena oli jo tällöin kasvihuonekaasujen määrän vakauttaminen ilmakehässä vaaratto-

malle tasolle. Puitesopimus ei sisältänyt määrällisiä päästövähennysvelvoitteita, mutta mailla tuli olla omat ilmastomuutokseen sopeuttavat ohjelmansa ja maiden tuli raportoida omat kasvihuonekaasupäästönsä. Ilmastopuitesopimusta täydensi vuoden 1997 Kioton pöytäkirja, joka sisälsi lisävelvoitteita kehittyneille maille. Kioton sopimuksen velvoitekausi purkaantui vuonna 2020, jonka jälkeen globaali ilmastopolitiikka on perustunut pääsääntöisesti Pariisin ilmastopuitesopimukseen. (SYKE 2022.)

Pariisin sopimus on oikeudellisesti sitova kansainvälinen ilmastopuitesopimus, joka toimii merkittävimpana kansainvälisenä toimena ilmastomuutoksen hillitsemiseksi tänä päivänä. Se hyväksyttiin joulukuussa 2015 Pariisissa ja astui voimaan marraskuussa 2016. Sopimuksen tavoitteena on rajata ilmaston lämpeneminen selvästi alle kahteen celsiusasteeseen, mieluiten puoleentoista celsiusasteeseen. Lämpenemisen vertailukohtana toimii esiteollinen aika. Sopimuksen myötä maat pyrkivät saavuttamaan ilmastoneutraaliuden globaalisti vuoteen 2050 mennessä. Jokaisella sopimuksessa mukana olevalla maalla on omat päästötavoitteensa. Nämä päästöjen vähentämistoimet ilmoitetaan kunkin maan omissa kansallisesti määritellyissä panoksissaan. (UNFCCC n.d.)

Vuonna 2020 rakennusten osuus maailmalaaajuisesta energian loppukäytöstä oli 36 prosenttia ja energiaan liittyvistä hiilidioksidipäästöistä 37 prosenttia. Päästökajakauma nähdään kuvassa 2, jossa rakennusalan osuudet ovat merkittynä vihreällä. Vuodesta 2015 vuoteen 2020 mennessä rakennusalan päästöt ovat laskeneet arviolta 10 prosenttia. Tämän johtuu pääasiassa COVID-19 -pandemian aiheuttamasta vähentyneestä energian kysynnästä, mutta joiltakin osin myös jatkuvista ponnisteluista kohti hiilidioksidipäästöjen vähentämistä. Vuoden 2020 rakennusten ja rakentamisen energiaan liittyvien päästöjen vähenemisen odotetaan raportin mukaan olevan lyhytaikaista ja päästöjen odotetaan nousevan takaisin tavanomaiselle tasolle vuoden vuosien 2021 ja 2022 aikana, kun taloudet selviävät pandemian aiheuttamista vaikeuksistaan. Lisäksi, mikäli pandemian aiheuttamat vaikutukset poistetaan, oli hiilidioksidipäästöjen vähentämistaso vuonna 2020 vain noin 40 prosenttia vuoden 2050 hiilineutraaliuden viitepolun tavoitteesta. Joten vaikka energiainvestoinneissa ja

sähkön hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä on tapahtunut jonkin verran edistystä, tarvitaan näiden lisäksi vielä huomattava ponnisteluja rakennusalan hiilidioksidipäästöjen lopulliseksi vähentämiseksi. Näin ollen rakennussektorin kasvihuonekaasupäästöjen pikainen ja huomattava vähentäminen maailmanlaajuisesti olisi ratkaisevan tärkeää Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi. (United Nations Environment Programme 2021, 11–14, 34.)



Kuva 2. Rakennusten ja rakentamisen osuus maailman loppuenergiasta ja energiaan liittyvistä CO<sub>2</sub>-päästöistä vuonna 2020 (United Nations Environment Programme 2021, 15).

Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi rakennusalan tulisi pystyä olemaan lähes täysin hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Samalla kuitenkin rakennusten energiapalvelujen maailmanlaajuisen kysynnän ennustetaan lähes kaksinkertaistuvan, kun myös tarvittavan lattiapinta-alan vähintäänkin kaksinkertaistuvan. Tätä lähes mahdottomalta kuulostavaa tehtävää tulisi lähestyä Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelman raportin mukaan kolminkertaisella strategialla, jossa yhdistyvät

- 1) energian kysynnän vähentäminen käyttäytymisen muutoksella ja rakennusten energiatehokkuutta parantamalla,
- 2) sähkön hiilidioksidipäästöjen vähentäminen esimerkiksi uusiutuvien lähteiden avulla, sekä
- 3) rakennusmateriaaleihin varastoituneen hiilen avulla.

Näiden kolmen päästrategian lisäksi materiaalien ja rakennusprosessien päästöihin tulisi puuttua pikaisesti. Näin voidaan varmistaa, että nyt rakennettavat rakennukset optimoidaan vähähiilisellem ratkaisulle koko niiden elinkaaren ajalle. Lisäksi pyritään välttämään rakennuksen elinkaaren alussa tapahtuvia rakentamisen aiheuttamia päästöpiikkejä suosimalla jo olemassa olevien rakennusten kunnostamista uudisrakentamisen sijaan, sekä hyödyntämällä kiertotaloutta esimerkiksi rakennusmateriaalien ja -osien uudelleenkäytön myötä. (United Nations Environment Programme 2021, 16.)

## 2.2 Euroopan Unionin tasolla

Tällä hetkellä EU:n alueella rakennukset vastaavat yhteensä noin 40 prosentista energiankulutuksesta ja 36 prosentista kasvihuonekaasupäästöistä. Tämän lisäksi Euroopassa rakentaminen kuluttaa teollisuuden aloista eniten raaka-aineita, jopa 50 prosenttia, ja tämän vastapainona myös jätteen määrästä syntyy 40–50 prosenttia rakentamisen ja purkamisen seurauksena. (European Commission 2020; ROTI 2021, 5.)

### 2.2.1 Poliittiset toimenpiteet rakennusalan päästöjen vähentämiseksi

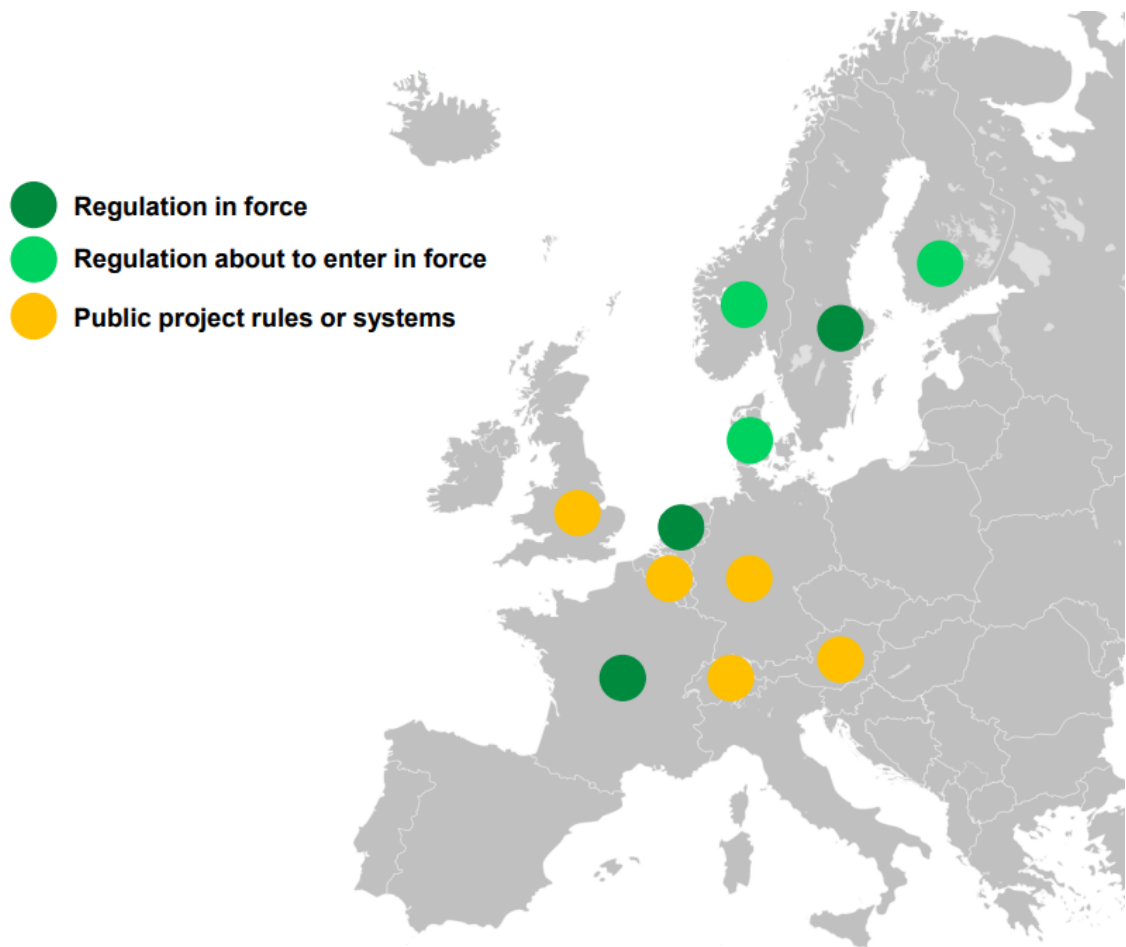
EU:ssa päästöjä pyritään ohjaamaan Pariisin sopimuksen ohella pääsääntöisesti EU:n ilmastolain ja EU:n Green Deal -sopimuksen avulla. Käytännössä EU:n ilmastolaki vahvistaa laiksi EU:n Green Deal -sopimuksen tavoitteen koko Euroopan hiilineutraaliudesta vuoteen 2050 mennessä. Välitavoitteena on vuoteen 2030 mennessä vähentää kasvihuonekaasujen nettopäästöjä vähintään 55 prosenttia verrattuna vuoden 1990 tasoon. Ilmastolain ja Green Deal -sopimuksen lisäksi EU:lla on erilaisia toimintasuunnitelmia, direktiivejä ja asetuksia, joissa päästöjen huomioiminen on vahvasti läsnä. Näistä mainittakoon esimerkiksi energiatehokkuutta koskevat direktiivit ja rakennustuoteasetuksen uusi päivitys kiertotalouden mukaiseksi. Rakennusalan tärkeys ja päästövähennyspotentiaali on huomioitu monissa EU:n toimenpiteissä. (Häkkinen & Kuittinen 2021, 35–37; European Commission n.d.).

Rakennusalan päästöjen osalta EU:ssa kiinnitetään huomiota tällä hetkellä erityisesti käyttösidonnaisiin päästöihin olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian käytön kautta. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti kaikkien EU:n jäsenmaiden on määrä laatia oma peruskorjausstrategiansa, jonka avulla olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuus saadaan paremmalle tasolle ja näin vähennetään reilusti päästöjä vuoteen 2050 mennessä. Uusiutuvan energian direktiivin avulla taas saadaan lisättyä vähitellen uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa esimerkiksi helpottamalla uusiutuvien energianlähteiden liittämistä verkkoon, tarjoamalla parempia kannustimia sähköistämiseen ja edistämällä energiatehokkuutta ja kiertotaloutta esimerkiksi hukkalämmön käytön helpottamisella. (Häkkinen & Kuittinen 2021, 35–37; European Commission 2021c.)

Viime aikoihin asti rakennusalan koko elinkaaren päästöjä on ohjattu EU:n tasolla vain vapaaehtoisin toimenpitein. Alueet ja maat, jopa yksittäiset kaupungit, ovat ottaneet käyttöön erilaisia omia säännöksiään sertifiointijärjestelmien, määräysten, standardien ja ohjeiden muodossa. Nyt kuitenkin Euroopan politiikka on muuttumassa ja tavoitteena on rakennuksen koko elinkaaren hiilen sisällyttämisen politiikkaan. Renovation Wave -strategiassaan Euroopan komissio on ottanut käyttöön elinkaariajattelun ja kiertotalouden periaatteen tehdäkseen rakennuksista vähähiilisempiä koko elinkaarensa ajalta. Koko elinkaaren hiilidioksidipäästöjen tarkasteleminen vain yksittäisten osa-alueiden sijaan on erityisen tärkeää siksi, että sen avulla voidaan varmistaa, etteivät päästövähennystoimet vain siirrä rakennuksen kasvihuonekaasupäästöjä sen elinkaaren vaiheelta toiselle. Rakentamisen päästöjä tulisi tarkastella kokonaisuutena ottaen huomioon niin käyttösidonnaiset kuin tuotesidonnaisetkin päästöt. EU:n yhteinen politiikka on vielä tekeillä, mutta yksittäiset maat ovat alkaneet ottaa rakennusten koko elinkaaren hiilen huomioimisen osaksi omia lainsäädäntöjään. Lisää kansallisia ja EU-tason aloitteita voidaan odottaa nähtävän lähitulevaisuudessa. (United Nations Environment Programme 2021, 23, 75.)

### 2.2.2 Kärkimaat rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen huomioimisessa

Eurooppa toimii johtavana alueena maailmassa rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen huomioimisessa. Kuvan 3 mukaisesti Euroopan sisällä kärkimaina rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen huomioimisessa toimivat Alankomaat, Ranska ja pohjoismaista Suomi, Ruotsi, Tanska ja Norja. Edellä mainittujen lisäksi kuvassa 3 keltaisella esitetyt maat Yhdistynyt kuningaskunta, Saksa, Belgia, Sveitsi ja Itävalta ovat kaikki ottaneet käyttöön joillekin julkisille rakennushankkeilleen elinkaariarviointivaatimuksia.



Kuva 3. Euroopan johtavat maat säädösohjauksessa rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen huomioimiseksi (Pasanen 2022).

Alankomaita voidaan pitää Euroopan edistyksellisimpänä maana vähähiilisen rakentamisen suhteen, sillä uusien yli 100 neliöisten asuin- ja toimistorakennusten

yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin raportointi kansallisella menetelmällä on ollut pakollista siellä jo vuodesta 2017. Raja-arvot asetettiin osaksi raportointia jo seuraavana vuonna ja ne perustuvat menetelmään, jossa rakentamisen ilmastovaikutukset muunnetaan rahalliseksi arvoksi, jolle on asetettu yläraja. (United Nations Environment Programme 2021, 76–77; One Click LCA 2022, 24–25.)

Ranska seuraa Alankomaita edistyneimpien Euroopan maiden joukossa. Ranskan uudet rakennusmääräykset vuodelta 2020 pyrkivät vähentämään uusien rakennusten ilmastovaikutuksia sisällyttämällä pakolliset energiatehokkuusvaatimukset ja elinkaaren hiilinäkökulman. Vuoden 2022 alussa astuivat Ranskassa voimaan raja-arvot, jotka sisältävät maksimiarvot erikseen energiankulutukseen liittyville elinkaarihiilipäästöille ja erikseen rakennusmateriaaleille ja työmaavaikutuksille. (United Nations Environment Programme 2021, 76–77; One Click LCA 2022, 17–19.)

Pohjoismaiden osalta niin Suomi, Ruotsi, Tanska kuin Norjakin ovat kehittäneet omia elinkaariarvioinnin menetelmiään ja raja-arvojaan 2020-luvun aikana. Ruotsissa ensimmäinen versio elinkaariarvioinnista tuli pakolliseksi jo vuoden 2022 alussa, mutta raja-arvot astuvat voimaan vasta myöhemmin, viimeistään vuonna 2027. Tanskan osalta niin elinkaariarvioinnista kuin raja-arvoistakin on tehty päätös ja ensimmäinen versio arvioinnista raja-arvoineen on tulossa pakolliseksi vuoden 2023 alussa. Suomessa on tehty päätös elinkaariarvioinnin ja raja-arvojen ottamisesta osaksi säädösohjausta ja menetelmä raja-arvoineen on tulossa pakolliseksi uuden maankäyttö- ja rakentamislain myötä vuosien 2024 ja 2025 välillä. Norjassa säädösohjattu rakennuksen ilmastovaikutusten arviointi lisättiin osaksi rakentamismääräyksiä kesällä 2022. Kasvihuonekaasupäästöjä koskevat uudet määräykset ovat vuoden siirtymäkaudella ja tulevat pakollisiksi vuonna 2023. Aikataulua raja-arvojen käyttöönottamiselle ei ole tämän jälkeen vielä vahvistettu. (United Nations Environment Programme 2021, 76–77; One Click LCA 2022, 12–16, 26–30.)



### 2.2.3 EU-maiden yhteinen arviointimenetelmäkehys Level(s)

Vaikka monet EU:n jäsenmaat ovat alkaneet sisällyttää rakennuksen ilmastovaikutusten arviointia osaksi omaa säädösohjaustaan, voivat nämä maiden omat kansalliset arviointimenetelmät erota toisistaan huomattavankin paljon, vaikka ne perustuvat samoihin standardeihin ja menetelmiin. Menetelmät voivat sisältää esimerkiksi eri mittaisia arviointijaksoja, sisällyttää arviointiin eri rakennusosia ja elinkaaren vaiheita tai käytetyt yksiköt voivat vaihdella. Tämän seurauksena Euroopan Unionissa on kehitetty myös EU-maiden yhteinen kestävän kehityksen arviointi- ja raportointikehys Level(s), joka julkaistiin käyttöön vuonna 2020. Level(s)-menetelmä toimii yhtenäisenä menetelmänä kestävän kehityksen mukaisen rakentamisen arvioimisessa, kun toimitaan yli maiden rajojen kansainvälisesti. Sen tarkoituksena on ottaa kokonaisvaltaisesti huomioon rakentamisen ympäristövaikutukset ja tuoda rakennettua ympäristöä kohti kiertotaloutta. Lisäksi tarkoituksena on lisätä tietoutta matalan kynnyksen työkalun avulla poliittisten päättäjien ja viranomaisten, rakennusalan ammattilaisten ja sijoittajien keskuuteen rakentamisen ympäristövaikutuksista. Menetelmä toimii sertifiointi- tai luokitusjärjestelmän sijaan puhtaasti raportointityökaluna, eikä se sisällä minkäänlaisia raja-arvoja. (Landblom 2021; European Commission 2021a, 4.)

Level(s)-menetelmää voidaan käyttää asuin- ja toimistorakennuksille niin uudisrakennuskohteisiin kuin korjausrakentamiseenkin. Sitä voidaan käyttää hyväksi konseptivaiheessa laadulliseen tarkasteluun, suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa kvantitatiiviseen tarkasteluun, tai projektin valmistuttua toteutuksen kartoittamiseen ja tarkasteluun. Menetelmässä keskitytään kuvan 4 mukaisesti kuuteen päätavoitteeseen, jotka jakautuvat temaattisesti erikseen rakennuksen ympäristötehokkuuteen, terveyteen ja asumismukavuuteen, sekä rakennuksen elinkaarikustannusten hallintaan. Kuudesta eri päätavoitteesta tärkein rakentamisen ilmastovaikutusten kannalta on kuvassa 4 ylimpänä esitetty kasvihuonekaasupäästöjen huomioiminen koko rakennuksen elinkaaren ajalta. Kasvihuonekaasupäästöjen osalta indikaattoreina menetelmässä ovat kuvan 4 mukaisesti indikaattori 1.1 Rakennuksen käyttövaiheen energiatehokkuus

ilmoitettuna kWh/m<sup>2</sup>/vuosi ja tummennetulla taustalla esitetty indikaattori 1.2 Rakennuksen elinkaaren aikainen vaikutuspotentiaali ilmaston lämpenemiseen ilmoitettuna CO<sub>2</sub> eq./m<sup>2</sup>/vuosi. Painotuksena on erityisesti koko rakennuksen elinkaaren huomioiminen tarkastelemalla niin rakennuksen käyttösidonnoisia kuin tuotesidonnoisiaakin päästöjä, jotka molemmat pyritään saamaan minimoitua. (Landblom 2021.)

| Thematic areas                             | Macro-objectives  | Indicators   |  |  |                               |
|--|---|--|--|--|-------------------------------|
| Resource use and environmental performance | 1. Greenhouse gas emissions along a building's life cycle | 1.1 Use stage energy performance (kWh/m <sup>2</sup> /year)              | 1.2 Life cycle Global warming potential (CO <sub>2</sub> eq./m <sup>2</sup> /year) |  |                               |
|  | 2. Resource efficient and circular material life cycles   | 2.1 Bill of quantities, materials and lifespans                          | 2.2 Construction and demolition waste  | 2.3 Design for adaptability and renovation | 2.4 Design for deconstruction |
|  | 3. Efficient use of water resources                       | 3.1 Use stage water consumption (m <sup>3</sup> /occupant/year)          |  |  |                               |
| Health and comfort                         | 4. Healthy and comfortable spaces                         | 4.1 Indoor air quality   | 4.2 Time out of thermal comfort range  | 4.3 Lighting                               | 4.4 Acoustics                 |
| Cost, value and risk                       | 5. Adaption and resilience to climate change              | 5.1 Life cycle tools: scenarios for projected future climatic conditions | 5.2 Increased risk of extreme weather  | 5.3 Sustainable drainage                   |                               |
|  | 6. Optimised life cycle cost and value                    | 6.1 Life cycle costs (€/m <sup>2</sup> /year)                            | 6.2 Value creation and risk factors  |  |                               |

Kuva 4. Level(s)-menetelmässä esiintyvät teemat, päätavoitteet ja näihin liittyvät indikaattorit (European Commission 2021a, 6).

Level(s)-menetelmässä esiintyvä indikaattori 1.2 Rakennuksen elinkaaren aikainen vaikutuspotentiaali ilmaston lämpenemiseen, kattaa elinkaariarviointimenetelmän ja noudattaa kansainvälisiä standardeja ISO 14040 ja ISO 14044, sekä eurooppalaisia standardeja EN 15804 ja EN 15978. Menetelmä ottaa huomioon koko rakennuksen elinkaaren jokaisen vaiheen ja on täten ainoa eurooppalainen politiikan väline, joka kattaa hiilipäästöjen seurannassa kaikki

elinkaarivaiheet yksittäisen rakennuksen tasolla. Level(s)-menetelmän sisältämä kattava elinkaariarviointimenetelmä tulee olemaan tulevaisuudessa pohjana EU:n yhteisille rakennusalan ilmastovaikutusten poliittisille menetelmille. (European Commission 2021a, 2.)






### 2.3 Pohjoismaiden tasolla

Pohjoismailla on yhteisenä tavoitteena olla ilmastonmuutoksen torjunnan ja kestävä yhteiskunnan suunnannäyttäjänä. Rakennussektorilla tämän tavoitteen saavuttaminen merkitsee pioneerisuutta vähähiilisessä rakentamisessa ja rakennetun ympäristön kiertotaloudessa, joiden avuksi on kaavailtu yhtenäisiä säädösohjattuja menetelmiä rakennusten elinkaariarviointiin ja -hallintaan Pohjoismaiden välille. Pohjoismaisten ministerien yhteinen toive on saada rakentamisen vähähiilisyttä ja kiertotaloutta koskeva säädösohjaus lähtökohdiltaan harmonisoitua maiden välillä, jotta tapa toimia olisi mahdollisimman yhtenäinen. (Suikki ym. 2020, 2:53:03.)

#### 2.3.1 Rakennusalan päästöjen vähennystavoitteet ja säädösohjaus

Kuvan 5 mukaisesti Pohjoismaiden ilmastotavoitteet ja rakennusten ilmastovaikutusten säädösohjauksen tila ovat hyvin eriävät maiden välillä. Tällä hetkellä Norjan tavoite hiilineutraaliudesta vuoteen 2030 mennessä on Pohjoismaista kunnianhimoisin. Tätä seuraavat Suomi vuoteen 2035 mennessä, Islanti vuoteen 2040 mennessä, Ruotsi vuoteen 2045 mennessä, ja lopulta Tanska vuoteen 2050 mennessä. Pohjoismaista Norja ja Ruotsi ovat ainoana ottaneet jo käyttöön ensimmäisen versionsa rakennuksen ilmastovaikutusten arvioimisesta säädösohjauksen piiriin. Tanska seuraa Norjaa ja Ruotsia hyvin pian alkuvuodesta 2023, jolloin se ottaa käyttöön oman arviointimenetelmänsä ja samalla myös ensimmäisenä Pohjoismaana ilmastovaikutusten raja-arvot. Ilmastovaikutusten raja-arvot asetetaan ensin vain yli tuhannen neliömetrin kokoisille uusille rakennuksille, ja vasta vuonna 2025 muille rakennuksille. Suomen tavoitteena on ottaa ilmastovaikutusten arviointi pakolliseksi vuonna

2025, jolloin otettaisiin yhtä aikaa käyttöön myös ilmastovaikutusten raja-arvot kaikille rakennuksille. Ruotsi seuraa Tanskaa ja Suomea raja-arvojen asettamisessa ottaessaan ne käyttöön viimeistään vuonna 2027. Norja ei ole vielä tehnyt päätöksiä raja-arvojen asettamisen suhteen. Islanti työstää vielä arviointimenetelmäänsä ja poliittisia päätöksiä sen suhteen ei ole tehty. Huomionarvoista tarkasteltaessa maiden rakennusten ilmastovaikutusten arviointimenetelmiä ja niiden kehitystä on, että tilanne elää jatkuvasti ja uusia päätöksiä tehdään nopealla aikataululla. (Pasanen ym. 2022, 57.)

|  | Denmark   | Finland   | Iceland  | Norway  | Sweden  |
|--|---|---|--|---|---|
|  |  |  |  |  |  |
| <b>Carbon goal</b>                           | Carbon neutral 2050<br><br>70 % reduction in 2030                                 | Carbon neutral 2035<br><br>Carbon negative soon after                             | Carbon neutral 2040  | Carbon neutral in 2030  | Carbon neutral in 2045  |
| <b>Regulation on low-carbon construction</b> | January 2023  | 2025  |  | July 2022   | January 2022  |
| <b>Limit values</b>                          | 2023: buildings above 1.000 m <sup>2</sup><br><br>2025: all buildings             | 2025  |  | -   | 2027 or earlier*  |

Kuva 5. Pohjoismaiden kansalliset vähähiilisen rakentamisen tavoitteet (Buus 2022, 2).

### 2.3.2 Menetelmät rakennusalan ilmastovaikutusten hillitsemiseksi

Kuten mainittua, suurin osa Pohjoismaista on jo aloittanut siirtymän vapaaehtoisista rakennusalan ilmastovaikutusten hillitsemistoimista säädösohjattuihin menetelmiin. Kyseinen siirtymä on alkanut vasta aivan viime vuosien aikana. Tätä ennen useimmissa Pohjoismaissa oli olemassa vain

erilaisia vapaaehtoisia sertifiointimenetelmiä. Kuvassa 6 on eriteltynä kussakin Pohjoismaassa käytettävät vapaaehtoiset rakennuksen sertifiointimenetelmät, julkisissa rakennushankkeissa käytettävät menetelmät, rakentamisen säädösohjauksen voimassa olevat ja odotettavissa olevat menetelmät, sekä käytössä olevat päästötietokannat.

| Country | Voluntary building certifications   | Methodology for public buildings  | Building regulations   | Product regulations | Product databases  |
|---------|---|---|--|---------------------|--|
| Denmark | <a href="#">DK-DGNB</a>   | <a href="#">Den frivillige bæredygtighedskasse</a> - methodology  | Building regulation to enter in force by 2023                        | -                   | <a href="#">EPD Danmark</a> (Voluntary)  |
| Finland | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">RTS label</a></li> <li>• <a href="#">Zero carbon methodology</a> (in development)</li> </ul>           | <a href="#">Voluntary guideline</a> for assessing public buildings  | Building regulation to enter in force by 2024                        | -                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">CO2data</a></li> <li>• <a href="#">RTS EPD</a> (Voluntary)</li> </ul> |
| Iceland | -   | <a href="#">Roadmap to greener construction 2030</a> (policy for public buildings in development)                             | -  | -                   | -  |
| Norway  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">BREEAM NOR</a></li> <li>• <a href="#">FutureBuilt</a></li> <li>• <a href="#">Powerhouse</a></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simplified NS 3720:2018</li> <li>• <a href="#">Statsbygg requirements</a></li> </ul> | TEK17  | -                   | EPD Norge (Voluntary)  |
| Sweden  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Miljöbyggnad</a></li> <li>• <a href="#">NollCO2</a></li> <li>• <a href="#">BREEAM SE</a></li> </ul>    | <a href="#">Klimatdeklaration av byggnader</a>  | <a href="#">Law (2021:787) on climate declarations for buildings</a> | -                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Boverket</a></li> <li>• The International EPD System</li> </ul>       |

Kuva 6. Pohjoismaiden määräykset, sertifikaatit, standardit ja ohjeet poimittuna One Click LCA:n laatimasta euroopan menetelmien yleiskatsauksesta (One Click LCA 2022, 5–7).

### Katsaus vähähiilisen rakentamisen menetelmiin Tanskassa

Tanskassa eniten käytetty vapaaehtoinen sertifiointijärjestelmä on DK-DGNB, joka on alun perin Saksassa kehitetty elinkaariarvioinnin menetelmä. Tätä saksalaista menetelmää on muokattu vastaamaan Tanskan olosuhteita ja määräyksiä. Se ei kuitenkaan sellaisenaan sovellu asetus pohjaisen

vähähiilisuuden arvioinnin menetelmäksi, vaan sitä käytetään muun muassa suunnittelun aikaiseen elinkaariarviointiin ja eri luonnosten vertailuun, kuin myös esimerkiksi joissakin suunnittelukilpailuissa valintakriteerinä. (Danish Technological Institute 2021, 6–7; One Click LCA 2022, 12–13.)

Tanskassa lanseerattiin vuonna 2020 rakennuslalle vapaaehtoinen kestävä kehityksen luokitusjärjestelmä, jonka avulla testattiin uusia rakentamisen standardeja kahden vuoden ajanjaksolla vuosien 2020–2022 aikana. Vapaaehtoisen standardin tavoitteena on saada standardin mukaiset muutokset, kuten elinkaariarviointi ja hiilidioksidipäästöjen raja-arvot testattua ja vähitellen osaksi rakentamismääräyksiä vuoteen 2023 mennessä. Uusi menetelmä perustuu DGNB-menetelmän sijaan puhtaasti EU:n kestävä rakentamisen standardeille. Tämänhetkisen tiedon valossa rakennuksen hiilidioksidipäästövaatimukset ja elinkaariarviointi olisivat tulossa osaksi Tanskan rakennusmääräyksiä vaihettani vuodesta 2023 alkaen. Tanska tulee ottamaan tällöin ensimmäisenä pohjoismaana käyttöön raja-arvon hiilijalanjäljille. Pakollinen raja-arvo asetetaan ensimmäisessä vaiheessa vuonna 2023 uusille yli tuhannen neliömetrin kokoisille rakennuksille. (Danish Technological Institute 2021, 6–7; One Click LCA 2022, 12–13.)

### **Katsaus vähähiilisen rakentamisen menetelmiin Suomessa**

Suomessa ei ole juurikaan ollut aikaisemmin menetelmiä vähähiilisen rakentamisen arviointiin. Jonkin verran ovat olleet käytössä vapaaehtoinen RTS Ympäristöluokitus sekä kansainväliset standardit BREEAM ja LEED. Näistä RTS Ympäristöluokitus on ollut käytetyin. Se julkaistiin vuonna 2017 ja sen elinkaariarviointi pohjautuu eurooppalaisiin standardeihin suomalaiset olosuhteet ja rakentamismääräykset huomioiden. (Danish Technological Institute 2021, 9–10; One Click LCA 2022, 14–16.)

Vuoden 2024 aikana odotetaan uudistuneen maankäyttö- ja rakennuslain astuvan voimaan ja tämän myötä tultaisiin ottamaan käyttöön myös pakollinen ilmastaselvitys lähes kaikille rakennushankkeille rakennuslupaa haettaessa.

Samalla tultaisiin ottamaan käyttöön raja-arvot rakennusten ilmastovaikutuksille. Suomessa käyttöön tuleva rakennuksen vähähiilisuuden arviointimenetelmä on ympäristöministeriön laatima ja sen tueksi on kehitetty myös kansallinen päästötietokanta ympäristöministeriön ja SYKE:n yhteistyönä. Säädösohjatun vähähiilisuuden arviointimenetelmän lisäksi Suomessa ollaan kehittämässä myös uutta vapaaehtoista Hiilineutraali rakennus -sertifiointimenetelmää, mutta tämä on vasta pilotointivaiheessa. (Danish Technological Institute 2021, 9–10; One Click LCA 2022, 14–16.)

### **Katsaus vähähiilisen rakentamisen menetelmiin Ruotsissa**

Ruotsissa vapaaehtoisista sertifiointimenetelmistä eniten käytössä ovat Miljöbyggnad, BREEAM-SE ja NollCO<sub>2</sub>. Yleisimpiä näistä ovat Miljöbyggnad ja BREEAM-SE. Molemmat sertifiointijärjestelmät arvioivat rakennuksen ympäristötehokkuutta useilla eri alueilla edellyttäen myös monien muiden vaatimusten ohella elinkaariarvioinnin tekemistä. Ruotsin vapaaehtoisista sertifiointijärjestelmistä NollCO<sub>2</sub> keskittyy pääsääntöisesti rakennuksen ilmastovaikutusten huomioimiseen. Sertifikaatti asettaa rakennuksen kasvihuonekaasupäästöille raja-arvot rakennuskomponenttien tuotannosta ja rakennusprosesseista, sekä lisäksi asettamalla rajan myös rakennuksen energiankäytön päästöille. Nimensä mukaisesti NollCO<sub>2</sub> edellyttää, että rakennuksen jäljelle jäävät ilmastovaikutukset tasapainotetaan siten, että ilmastovaikutus rakennukselle on kokonaisuudessaan nolla. (Danish Technological Institute 2021, 8–9; One Click LCA 2022, 28–30.)

Ruotsissa pakollinen elinkaariarviointi tuli voimaan hieman Tanskaa aiemmin, jo tammikuussa 2022. Tällöin voimaan astuvan lain myötä rakennushankkeesta tulee toimittaa ilmastaselvitys, joka laadintaan Ruotsin asuntoviraston määrittämällä arviointimenetelmällä. Ilmastaselvityksen laatimisen tueksi on kehitetty myös kansallinen päästötietokanta. Tämänhetkisen esityksen mukaan ilmastaselvitystä tultaisiin päivittämään viimeistään vuonna 2027, jolloin otettaisiin käyttöön pakollisena myös ilmastovaikutusten raja-arvot. (Danish Technological Institute 2021, 8–9; One Click LCA 2022, 28–30.)

### **Katsaus vähähiilisen rakentamisen menetelmiin Norjassa**

Norjassa on ollut useita erilaisia hankkeita, jotka ovat edistäneet elinkaariarvioinnin käyttöä rakennusalalla. Hankkeista merkittävimpiä on ollut Future Built, joka on ollut käynnissä vuodesta 2010 ja sen tavoitteena on useiden pilottihankkeiden kautta vähentää liikenteen, energian ja materiaalinkulutuksen kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 50 prosenttia. Hankkeessa mukana olevat kohteet ovat lisäksi arkkitehtonisesti korkealaatuisia. Vapaaehtoisista sertifiointijärjestelmistä myös BREEAM-NO on varsin yleinen Norjassa, ja se on johtanut tähän mennessä yli 300 sertifioituun rakennukseen, joiden elinkaariarviointi on huomioitu prosessissa. (Danish Technological Institute 2021, 7–8; One Click LCA 2022, 26–27.)

Säädösohjattu rakennuksen ilmastovaikutusten arvioiminen lisättiin osaksi Norjan rakentamismääräyksiä kesällä 2022. Kasvihuonekaasupäästöjä koskevat uudet määräykset ovat vuoden siirtymäkaudella ja tulevat pakollisiksi vuonna 2023. Uuden rakentamismääräyksen mukaan ilmastaselvitys tulee laatia asuinkerrostaloille ja toimistorakennuksille norjalaisen standardin NS 3720:2018 mukaisella menetelmällä. Ilmastaselvityksen lisäksi oli ehdotettu neuvotteluvaiheessa vapaaehtoisien raja-arvojen lisäämistä, mutta arvot poistuivat virallisen asetuksen julkaisun yhteydessä kesällä 2022. Aikataulua raja-arvojen käyttöönottamiselle ei ole tämän jälkeen vielä vahvistettu. (Danish Technological Institute 2021, 7–8; One Click LCA 2022, 26–27.)

### **Katsaus vähähiilisen rakentamisen menetelmiin Islannissa**

Islannissa rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmä on vielä kehitysvaiheessa, eikä päätöksiä ilmastaselvityksen laatimisesta tai raja-arvoista ole tehty. Islanti työstää uutta elinkaariarvioinnin standardia ja on julkaissut kestävän kehityksen tiekartan kohti vähähiilistä rakentamista. Tiekartan mukaan elinkaariarvioinnista tulee aluksi pakollista vain julkisille tahoille. Rakennusten ilmastaselvitykset ja hiilidioksidipäästöjen raja-arvot odotetaan saatavan jossakin



vaiheessa tulevaisuudessa osaksi kansallista lainsäädäntöä kaikille rakennuksille. (One Click LCA 2022, 22–23.)

### 2.3.3 Pohjoismainen yhteistyö

Pohjoismaiden ministerineuvosto teki julkilausuman vuonna 2018 Tukholmassa käynnistääkseen työn ilmastopäästöjä koskevien rakennusmääräysten pohjoismaiseksi harmonisoimiseksi. Tätä seurasi vuonna 2019 Pohjoismainen julkilausuma vähähiilisestä rakentamisesta ja rakennusalan kiertotalousperiaatteista. Asumisesta ja rakentamisesta vastaavat ministerit Pohjoismaissa vahvistivat sitoutuvansa ilmastonmuutoksen torjuntaan ja rakennetun ympäristön päästöjen vähentämiseen. Tällöin asetettiin yhteinen tavoite olla ilmastotoimien globaaleja edelläkävijöitä ja puolestapuhujia, sekä sitouduttiin tavoittelemaan globaalia johtoasemaa vähähiilisten rakennusratkaisujen kehitystyössä. Samaisessa julkilausumassa sovittiin Pohjoismaisesta yhteistyöstä, jossa pyritään yhdenmukaistamaan hiilineutraaliutta edistäviä lähestymistapoja, menetelmiä, tietoja, työkaluja ja politiikkatoimia. (Pohjoismaiden neuvosto ja Pohjoismaiden ministerineuvosto 2019; Pohjoismaiden neuvosto ja Pohjoismaiden ministerineuvosto 2018.)

Vuoden 2018 ministerineuvoston päätöksen seurauksena Suomen ympäristöministeriö ja Ruotsin asuntovirasto Boverket tekivät aloitteen Nordic Climate Forum -konferenssin vuosittaiseksi järjestämiseksi Pohjoismaissa. Konferenssin tavoitteena oli aloittaa työ rakennusten säännösohjauksen ja ilmastovaikutusten arvioinnin harmonisoimiseksi elinkaarinäkökulmasta. Konferenssi järjestettiin ensimmäisen kerran vuonna 2019 Malmössä, jonka jälkeen se on jatkunut vuosittain. (Pohjoismaiden neuvosto ja Pohjoismaiden ministerineuvosto 2018; Boverket 2020b, 17.)

Pohjoismaista yhteistyötä vähähiilisen rakentamisen saralla on kehitetty voimakkaasti vuodesta 2018 lähtien. Yhteistyötä vahvistettiin Nordic Climate Forumin lisäksi vuosina 2021–2024 toteutettavan Pohjoismaisen kestävän rakentamisen ohjelman kautta. Kyseisen ohjelman tavoitteena on vakiinnuttaa

Pohjoismaita johtavaksi alueeksi kestävässä rakentamisessa, jonka ilmasto- ja ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman pienet. Kestävän rakentamisen ohjelma työskentelee viidessä työpaketissa säädösten harmonisoimiseksi, rakennusalan vähähiilisten käytäntöjen suuntaviivojen luomiseksi, parempien ratkaisujen löytämiseksi, sekä toimialan rakenteiden ja käytäntöjen kartoittamiseksi. (Nordic Sustainable Construction. n.d.a.)

Viimeisimpänä saavutuksena Pohjoismaisesta yhteistyöstä keväällä 2022 hanke Nordic Carbon Neutral Bauhaus saavutti eurooppalaisen tunnustuksen. Suomi, Ruotsi, Norja, Islanti, Tanska ja Färsaaret käynnistävät yhdessä pohjoismaisen hankkeen edistääkseen vähähiilistä rakentamista ja kiertotaloutta. Euroopan komissio valitsi hankkeen osaksi Euroopan laajempaa New European Bauhaus -hanketta. Eurooppalaisen hankkeen tavoitteena on vahvistaa arkkitehtuurin, muotoilun ja taiteen asemaa rakentamisessa, kun siirrytään kohti kestävä kehityksen ja vähähiilisyden mukaista toimintatapaa. (Valtioneuvosto 2022.)

#### 2.4 Elinkaariarviointi rakennusalan ilmastovaikutusten ohjauksena

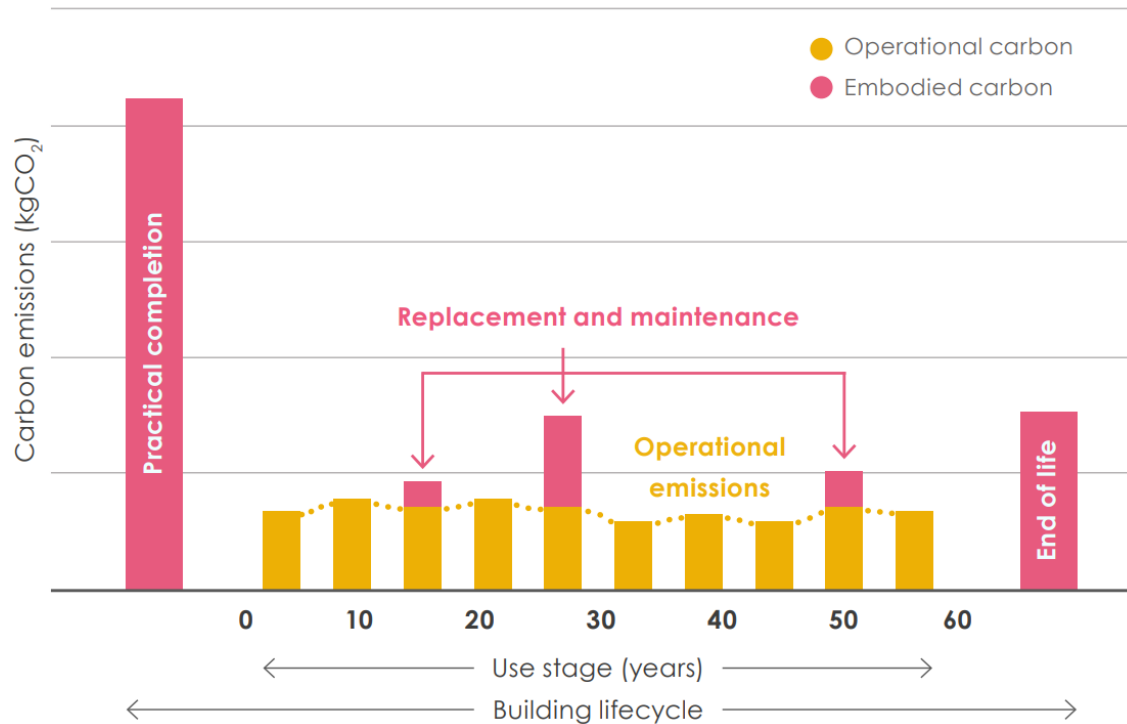
Nykyisessä politiikassa suurin osa rakennetun ympäristön hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä on keskittynyt rakennusten käyttösidonnaisten päästöjen hallintaan ja vähentämiseen, eikä tuotesidonnaisiin päästöihin linkittyvää merkittävää vähentämispotentiaalia ole huomioitu. Etenkin Euroopassa tähän tosiasiaan on herätty viime aikoina ja koko elinkaaren aikaisen hiilen hallinta- ja vähentämiskeinojen sisällyttämistä rakennuspolitiikkaan on alettu työstää niin yksittäisten maiden toimesta, kuin EU:n tasollakin. Huomionarvoista on, että tiukentuneiden energiatehokkuusstandardien ja lähes nollaenergiarakennusten myötä tuotesidonnaisten päästöjen prosentuaalinen osuus koko rakennuksen elinkaaren aikaisesta hiilestä kasvaa käyttösidonnaisten päästöjen alati pienentyessä. (Buildings Performance Institute Europe 2021, 4–7.)

Menetelmänä rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen ohjauksena käytetään yleisimmin elinkaariarviointia (LCA). Elinkaariarviointi on rakennusosalalla vakiintunut menetelmä arvioida ympäristövaikutuksia ja resurssien kulutusta

rakennuksen elinkaaren jokaisessa vaiheessa. Elinkaariarvioinnissa käsitellään nimenomaan ympäristövaikutuksia, jolloin taloudelliset ja yhteiskunnalliset näkökohdat ja vaikutukset eivät yleensä sisälly elinkaariarvioinnin piiriin. Elinkaariarviointia käytetään esimerkiksi rakennustuoteasetuksen, EU:n Level(s)-kehysmenetelmän ja useimpien kestäväen rakentamisen vapaaehtoisten sertifiointijärjestelmien lähestymistapana. Myös yksittäisissä maissa käytössä olevat säädösohjatut kansalliset rakennusten ilmastovaikutusten arviointimenetelmät ovat yksinkertaistettuja maiden itse kehittämiä versioitaan elinkaariarvioinnista, jotka perustuvat kuitenkin yhteisiin kansainvälisiin ja/tai EU-tason standardeihin. (Buildings Performance Institute Europe 2021, 12; SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020, 14.)

#### 2.4.1 Rakennuksen koko elinkaaren aikainen hiili

Rakennuksen koko elinkaaren aikaisella hiilellä tarkoitetaan rakennuksen koko elinkaaren aikana vapautuvia hiilidioksidipäästöjä, jotka jakautuvat tuotesidonnaisiin päästöihin ja käyttösidonnaisiin päästöihin. Tuotesidonnaiset päästöt kuvaavat sitä hiilidioksidipäästöjen määrää, joka syntyy erinäisissä prosesseissa rakennuksen valmistamisessa, ylläpidossa ja elinkaaren loppuvaiheessa purkamisen ja jätteenkäsittelyn yhteydessä. Käyttösidonnaiset päästöt kuvaavat sitä hiilidioksidipäästöjen määrää, joka syntyy rakennuksen käytön aikana esimerkiksi lämmön ja sähkön käytöstä. Kuvan 7 mukaisesti suurin osa tuotesidonnaisista päästöistä vapautuu ilmakehään aivan rakennuksen elinkaaren alussa ja muodostaa niin sanotun hiilipiikin. Tuotesidonnaisia päästöjä vapautuu rakennuksen elinkaaren aikana lisäksi myös korjauksien yhteydessä, sekä aivan elinkaaren lopussa purkamisen yhteydessä. Sen sijaan käyttösidonnaiset päästöt jakautuvat kuvan 7 mukaisesti tasaisesti koko rakennuksen käyttövaiheen eli jopa kymmenien tai satojen vuosien ajalle. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 40; United Nations Environment Programme 2021, 74.)



Kuva 7. Kaavio käyttösidonnaisten (operational carbon) ja tuotesidonnaisten (embodied carbon) päästöjen jakautumisesta rakennuksen elinkaaren ajalle (London Energy Transformation Initiative 2020, 39).

Karkeasti voidaan jaotella, että tyypillisessä suomalaisessa kerrostalossa tällä hetkellä noin 60 prosenttia rakennuksen koko elinkaaren aikaisista hiilidioksidipäästöistä on seurausta käyttösidonnaisista päästöistä, kun taas noin 40 prosenttia on seurausta tuotesidonnaisista päästöistä. Maissa, joissa rakentamismääräykset ovat kunnianhimoiset ja sähköverkot ovat vähähiilisiä, kuten Tanskassa ja Ranskassa, on tuotesidonnaisten päästöjen osuus verrattuna käyttösidonnaisiin päästöihin paljon suurempi, jopa 2–4 kertainen. (Häkkinen & Kuittinen 2020, 25; United Nations Environment Programme 2021, 74.)

Tästä voidaan havaita, että tuotesidonnaisten päästöjen merkitys rakennusten kokonaispäästöistä kasvaa jatkuvasti, mitä alemmas käyttösidonnaisia päästöjä saadaan. Vaikka käyttösidonnaisten päästöjen määrä rakennuksen elinkaaren ajalta on laskemassa, ei niitäkään voida laskea loputtomiin. Pelkät käyttösidonnaisten päästöjen vähennystoimet eivät myöskään tule todennäköisesti riittämään siihen, että saavutetaan lähes hiilineutraali

rakennusala vuoteen 2050 mennessä. Sen takia on erityisen tärkeää kiinnittää huomiota jatkossa myös tuotesidonnaisiin päästöihin, koska näissä on rutkasti päästövähennyspotentiaalia, jota ei ole aikaisemmin vielä hyödynnetty.

#### 2.4.2 Elinkaariarviointia ohjaavat standardit

Rakennuksen koko elinkaaren aikaisen hiilen ohjauksessa käytettävä elinkaariarvioinnin menetelmä on standardisoitu. Elinkaariarviointia ohjaavat niin eurooppalaiset EN-standardit, kuin myös kansainväliset ISO-standardit. Eri mailla voi olla käytössään myös omia kansallisia standardejaan elinkaariarvioinnin osalta. Elinkaariarvioinnin menetelmä on esitettyä yleisellä tasolla kansainvälisissä standardeissa

- “EN ISO 14040 + A1 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework” ja
- “EN ISO 14044 + A1 + A2 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and Guidelines”.

Kyseisissä standardeissa kuvataan elinkaariarvioinnin peruseräatteen ja toteuttamisen vaatimukset. Näiden kahden ISO-standardin lisäksi elinkaariarviointia koskevat eurooppalaiset kestävän rakentamisen standardit

- “EN 15643 Sustainability of construction works. Framework for assessment of buildings and civil engineering works”,
- “EN 15978 Sustainability of construction works. Assessment of the environmental performance of buildings. Calculation method” ja
- “EN 15804 + A2 Sustainability for construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products”.

Näissä eurooppalaisissa standardeissa kuvataan rakennuksen ympäristövaikutusten vaatimukset ja arviointi, rakennusten elinkaariarvioinnin laskentamenetelmä, sekä rakennustuotteiden ympäristötuoteselosteiden rakenne, sisältö ja periaatteet. (Ympäristöministeriö 2019, 18.)

### 2.4.3 Rakennuksen elinkaariarvioinnista yleisesti

Rakennuksen elinkaari jaetaan viiteen vaiheeseen: tuotevaihe, rakennusvaihe, käyttövaihe, elinkaaren loppuvaihe sekä järjestelmän rajojen ulkopuoliset hyödyt ja haitat. Rakennuksen täydelliseen elinkaariarviointiin sisällytetään kaikki rakennuksen elinkaaren vaiheet kehdosta hautaan (cradle-to-grave) sisältäen raaka-aineiden hankinnan, rakennustuotteiden valmistuksen, kuljetukset, rakentamisen, käytön, ylläpidon ja korjaukset, rakennuksen purkamisen sekä lopulta materiaalien kierrättämisen tai loppusijoituksen kaatopaikalle. Elinkaarinäkökulman avulla voidaan tunnistaa ja mahdollisesti välttää ympäristökuormien siirtyminen elinkaaren vaiheelta toiselle. Tuotevaiheen ja rakennusvaiheen aiheuttamia päästöjä on yleisesti helpompi arvioida, sillä ne tapahtuvat välittömästi. Muiden rakennuksen elinkaaren vaiheiden päästöjen arvioinnissa käytetään hyväksi tulevaisuuden skenaarioita ja arvioiminen perustuu täten oletuksiin tulevaisuudesta. Voidaan siis todeta, että rakennuksen käyttövaiheen, elinkaaren loppuvaiheen ja elinkaaren ulkopuolisten vaikutusten osalta arviointiin liittyy huomattava epävarmuustekijä. Elinkaariarvioinnissa voidaan tarkastella kaikkea rakennuksen elinkaareen liittyvää luonnonvarojen kulutusta ja päästöjä, joiden tulokset ilmoitetaan erilaisten indikaattorien avulla. (Ympäristöministeriö 2019, 4–7.)

Rakennuksen elinkaariarvioinnissa käytetään yleensä indikaattorina pelkästään ilmaston lämpenemispotentiaalia (GWP) eli niin sanottua rakennuksen hiilijalanjälkeä. Muita yleisiä rakennuksen elinkaariarvioinnin indikaattoreita ovat otsonikatopotentiaali (ODP), valokemiallinen otsoninmuodostuskyky (POCP), happamoitumispotentiaali (AP), rehevöitymispotentiaali (EP), ei-fossiilisten luonnonvarojen abioottinen ehtyminen (ADPe), fossiilisten luonnonvarojen abioottinen ehtyminen (ADPf), primäärienergian kokonaiskulutus (PEtot) ja uusiutuvien vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö (Sec). Se, mitä ympäristövaikutuksia elinkaariarvioinnissa arvioidaan, riippuu täysin käytettävästä menetelmästä. Esimerkiksi Ruotsin säädösohjatusta ilmastovaikutusten arviointimenetelmässä, kuten myös Suomeen tuloillaan olevassa ympäristöministeriön arviointimenetelmässä arvioidaan ainoastaan

ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP). Sen sijaan Tanskan vapaaehtoisessa kestävästä kehityksen luokitusjärjestelmässä arvioidaan lähestulkoon kaikki yllä mainitut. Tanskan tulevassa säädösohjatussa arvioinnissa vaatimuksena raja-arvoineen tulee olemaan kuitenkin Suomen ja Ruotsin tavoin ainoastaan ilmastovaikutusten dokumentointi. (Ympäristöministeriö 2019, 7.)

#### 2.4.4 Standardin EN 15978 mukainen laskentamenetelmä

Jotta voidaan ymmärtää tässä opinnäytetyössä esiintyviä Pohjoismaisia kansallisia rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmiä, on ymmärrettävä ensin standardin EN 15978 mukaisen laskentamenetelmän peruseriaatteet, johon nämä kansalliset menetelmät pohjautuvat. Kyseinen eurooppalainen standardi EN 15978 määrittelee siis elinkaariarviointiin (LCA) ja myös muihin kvantitatiivisesti määriteltäviin ympäristötietoihin perustuvan laskentamenetelmän rakennuksille. Standardi soveltuu niin uusille rakennuksille kuin korjauskohteisiin ja peruserparannuskohteisiin, ja se arvioi rakennuksen ympäristötehokkuuden tason antaen lisäksi keinot arvioinnin tulosten raportoimiseen. Arviointi kattaa kaikki rakennuksen elinkaaren vaiheet ja näin ollen sisältää kaikki rakennustuotteet, prosessit ja palvelut, joita käytetään rakennuksen elinkaaren aikana. Arvioinnin suorittamisessa tarvittavat tiedot ovat peräisin pääsääntöisesti tuotteiden ympäristöselosteista (EPD). Menetelmä ei itsessään sisällä tulosten tulkintaa tai raja-arvoja, vaan nämä jäävät kunkin tahon päätettäväksi. (SFS-EN 15978:2011, 7.)

Standardin mukainen laskentamenetelmä sisältää yhdeksän vaihetta, jotka ovat

1. arvioinnin tarkoituksen määrittely,
2. arvioinnin kohteen määrittely,
3. rakennuksen elinkaaren skenaariot,
4. rakennuksen ja sen elinkaaren kvantifiointi,
5. ympäristötietojen ja muun tiedon valitseminen,
6. ympäristöindikaattoreiden laskeminen,
7. arvioinnin raportoiminen ja tiedonanto,

8. arvioinnin todentaminen,
9. valmis arviointi (SFS-EN 15978:2011, 15).

Jotta saadaan standardin mukaisesta arviointimenetelmästä kokonaiskäsitys, on seuraavaksi esiteltynä lyhyt kuvaus kustakin laskentamenetelmän yhdeksästä vaiheesta.

### **Arvioinnin tarkoitus**

Arvioinnin ensimmäisessä vaiheessa määritellään arvioinnin tarkoitus, jonka määrittävät arvioinnin tavoite, laajuus ja käyttötarkoitus. Arvioinnin käyttötarkoitus on yleensä joko eri suunnitteluvaihtoehtojen ympäristövaikutusten vertaileminen, ympäristötehokkuuden kehittämismahdollisuuksien tunnistaminen, rakennuksen suorituskyvyn ilmoittaminen lakisääteisten vaatimusten mukaisesti, rakennuksen ympäristötehokkuuden tason dokumentoiminen esimerkiksi sertifiointia varten, tai politiikan kehittämisen tukeminen. Oli arvioinnin tarkoitus mikä tahansa, pysyy laskentamenetelmä aina samana. Vain ympäristötietojen vaaditun yksityiskohtaisuuden määrä vaihtelee arvioinnin tarkoituksen mukaan. (SFS-EN 15978:2011, 16.)

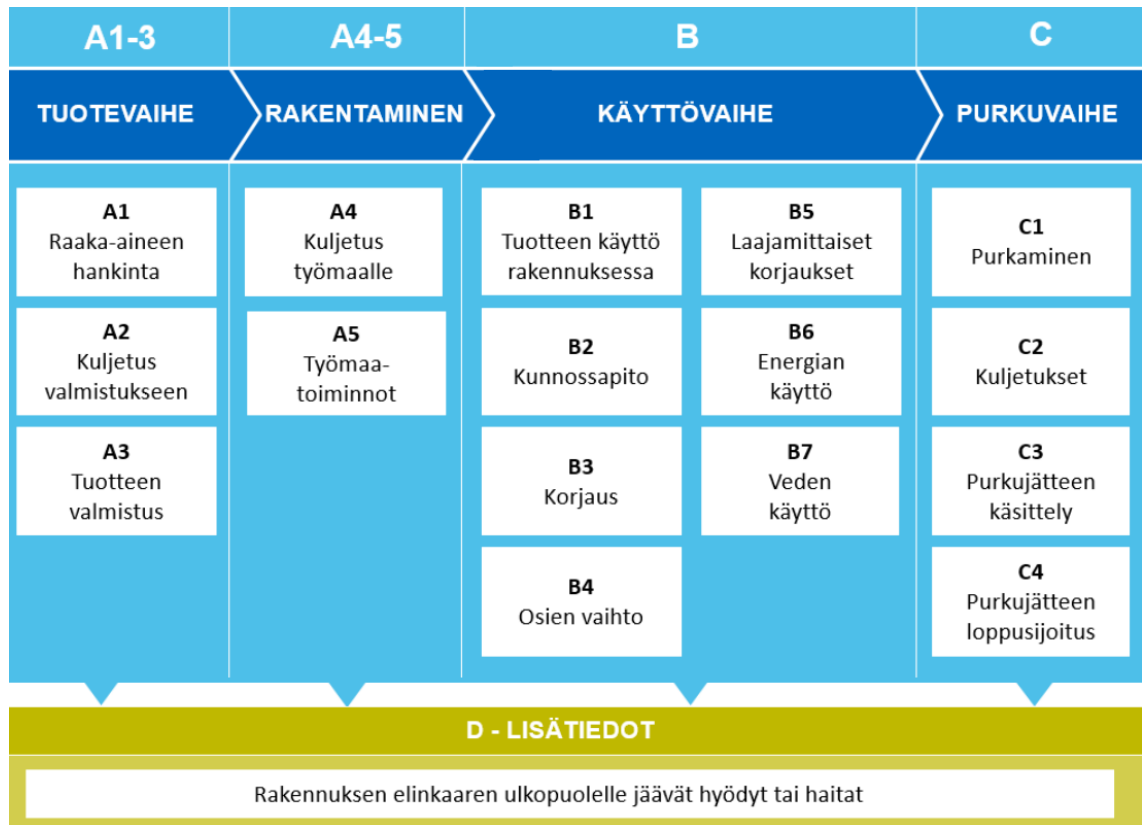
### **Arvioinnin kohde**

Arvioinnin seuraavassa vaiheessa määritellään arvioinnin kohde. Rakennuksen ympäristövaikutuksia arvioitaessa kohteena toimii rakennus perustuksineen ja ulkotöineen tontin rajojen sisällä elinkaarensa aikana. Joissakin kansallisissa arviointimenetelmissä arviointi suoritetaan suppeammin esimerkiksi jättämällä arvioinnin ulkopuolelle rakennuksen perustukset ja ulkotyöt tontilla. Kohteen määrittämisen lisäksi pohditaan, mitkä ovat kyseessä olevan rakennuksen tärkeimmät tekniset ominaisuudet, jolloin saadaan määriteltyä rakennuksen tekniset ja toiminnalliset vähimmäisvaatimukset. Tämän jälkeen voidaan määrittellä rakennuksen tyyppi, käyttötapa ja käyttöikä. Varsinainen arviointi suoritetaan arviointijakson perusteella. Arviointijakson pituuden oletusarvo on



standardin mukaisesti rakennuksen vaadittu käyttöikä, mutta usein esimerkiksi viranomaisvaatimukset tai kansalliset ohjeet vaikuttavat valittavaan arviointijakson pituuteen. Melko yleinen arviointijakson pituus eurooppalaisissa menetelmissä on 50 vuotta. (SFS-EN 15978:2011, 16–18.)

Lisäksi tässä vaiheessa määritellään arvioinnin rajaukset. Rakennuksen elinkaaren vaiheet eli moduulit ovat esitettynä kuvassa 8. Arviointiin mukaan otettavat elinkaaren vaiheet vaihtelevat hyvinkin paljon eri kansallisten arviointimenetelmien välillä. Standardin mukaisesti uuden rakennuksen arvioimiseen sisällytetään kuitenkin kaikki elinkaaren vaiheet. Olemassa olevalle rakennukselle arviointi suoritetaan jäljellä olevaa käyttöikää ja elinkaaren loppuvaihetta edustaville vaiheille. (SFS-EN 15978:2011, 19–20.)



Kuva 8. Rakennuksen elinkaaren vaiheet ja moduulit (Bionova Oy 2017, 13).

Tuotevaiheen moduulit A1–A3 kattavat materiaalien ja palveluiden kehdestä portille prosessin (cradle to gate). Rakennusprosessin moduulit A4–A5 sisältävät materiaalien, tuotteiden ja rakennuskaluston kuljetukset työmaalle ja kaikki

rakennustyön aikaiset prosessit. Käyttövaiheen moduulit B1–B7 kattavat rakennuksen elinkaaren rakennustöiden valmistumisesta aina rakennuksen purkamiseen asti. Käyttövaihe sisältää esimerkiksi rakennuksen käytön aikaisen lämmityksen, jäähdytyksen, valaistuksen, ilmanvaihdon, vesihuollon, kunnossapidon, korjaukset, rakennuskomponenttien vaihdot sekä huoltoskenaariot. Rakennukseen kuulumattomia laitteita, kuten kodinkoneita ei huomioida arvioinnissa muissa tapauksissa paitsi silloin, jos nämä on sisällytetty myös energialaskelmaan. (SFS-EN 15978:2011, 19–27.)

Rakennuksen purkuvaiheen moduulit C1–C4 sisältävät rakennuksen elinkaaren loppuvaiheen. Rakennuksen purkamisprosessi aiheuttaa materiaalien, tuotteiden ja rakennusosien lähteen. Nämä voidaan joko heittää pois, ottaa talteen, kierrättää tai käyttää uudelleen. Rakennuksen purkamisprosessi sisältää varsinaisen purkamisen lisäksi purkujätteen kuljetukset jätteenkäsittelyyn ja loppusijoitukseen, jätteenkäsittelyn esimerkiksi uudelleenkäyttöön, kierrätykseen ja energian talteenottoon, sekä jäljelle jäävän jätteen hävittämisen. Rakennuksen viimeinen elinkaaren vaihe, moduuli D, sisältää lisätietoja rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävistä hyödyistä ja haitoista. Tämä tarkoittaa esimerkiksi rakennuksen purkuvaiheen jälkeen rakennusosien ja materiaalien kierrättämisestä tai energian talteenotosta tulevia mahdollisia tulevaisuuden hyödyllisiä resursseja. (SFS-EN 15978:2011, 27–29.)

Arvioinnin kohteen määrittelyssä otetaan vielä lisäksi mukaan rakennuksen fyysisten ominaisuuksien kuvaus. Rakennusmallin avulla rakennuksen massa- ja energiavirtoja voidaan kvantifioida. Se, miten yksityiskohtainen rakennusmalli on, riippuu arvioinnin tavoitteesta ja laajuudesta, mutta myös siitä, missä vaiheessa rakennusprojektia arviointi suoritetaan. Luonnosvaiheessa tietojen saatavuus on vähäisempää ja epätarkempaa verrattuna hankinta- ja luovutusvaiheessa suoritettuun arviointiin. (SFS-EN 15978:2011, 30–31.)

## **Rakennuksen elinkaaren skenaariot**

Jotta arvioinnin kohteena olevasta rakennuksesta saadaan kokonaiskuva, tarvitaan rakennuksen fyysisten ominaisuuksien lisäksi myös tieto rakennuksen aikasidonnaisista ominaisuuksista. Aikasidonnaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi arviointijakson pituus, rakennuksen käyttöikä, rakennusosien käyttöiät ja työhön kuluvat ajat. Jotta rakennuksen koko elinkaarta voidaan arvioida, tarvitaan näin ollen tulevaisuuden skenaarioita, joita voidaan soveltaa rakennuksen loppuvaiheita (moduulit A4–C4 ja D) koskeviin tietoihin. Moduulien A4–C4 skenaariot sisältävät tietoa rakennusvaiheesta, käyttövaiheesta ja elinkaaren loppuvaiheesta, kun taas moduulin D skenaariot sisältävät tietoa uudelleenkäytöstä, kierrätyksestä ja energian talteenotosta. Käytettäessä jotakin kansallista arviointimenetelmää tai yleisesti käytössä olevaa muuta arviointimenetelmää, ovat skenaariot määriteltynä standardin mukaisesti valmiiksi. (SFS-EN 15978:2011, 31–32.)

## **Rakennuksen ja sen elinkaaren kvantifiointi**

Seuraavassa vaiheessa kaikkien materiaalien ja tuotteiden määrä määritetään arvioitavan rakennuksen suunnittelukuvauksen tai todellisten määrien perusteella, ottaen lisäksi huomioon kunkin moduulin skenaariot rakennuksen koko elinkaaren ajalta. Arvioinnissa otetaan huomioon käytetyn materiaalin ja tuotteiden bruttomäärät hävikkeineen. Suoritettavan arvioinnin luotettavuus riippuu luonnollisesti näiden tietojen tarkkuudesta ja yksityiskohtaisuudesta. Arvioinnissa voidaan käyttää hyväksi lukuisilla eri tavoilla tuotettua dataa. Tiedot voivat olla esimerkiksi geneerisiä, keskimääräisiä, tuoteryhmäkohtaisia, tuotteen keskiarvotietoja, tuotekohtaisia tai mitattuja tietoja. Vaikka tuotekohtaiset tiedot voivat vaihdella paljonkin, käytettävien tietojen on esitettävä arvioitavaa rakennusta määrällisesti mahdollisimman tarkasti. Määrien laskentaan käytetään hyväksi esimerkiksi rakennuksen pinta-ala- ja massatietoja. (SFS-EN 15978:2011, 36–39.)

Rakennuksen käyttöenergian määrä määritellään standardin EN 15603 mukaisesti ja se johdetaan erikseen energianlähteittäin ympäristöselosteiden tai tietokantojen tietoja hyödyntämällä. Makean veden käyttömäärä määritellään laskemalla rakennuksen käyttövaiheen vedenkulutus johtamalla vedentoimittajien ympäristöselosteista tai tietokantojen tietoja hyödyntämällä. (SFS-EN 15978:2011, 39.)

### **Ympäristötietojen ja muun tiedon valitseminen**

Standardin mukaan elinkaariarvioinnissa käytetään aina ensisijaisesti tuotteiden, prosessien ja palveluiden ympäristöselosteita (EPD). Ympäristöselosteet tarjoavat määrällistä tietoa ympäristövaikutuksista, joita voidaan näin ollen käyttää hyväksi rakennuksen ympäristötehokkuuden määrittämisessä. Vain silloin, jos ympäristöselosteesta puuttuu arvioinnin kannalta merkittäviä tietoja, voidaan käyttää muita asianmukaisia ja luotettavia tietolähteitä. Tietojen on oltava yleisten periaatteiden mukaisia, jotka on esitetty ympäristöselosteita koskevassa standardissa EN 15804. (SFS-EN 15978:2011, 40–41.)

### **Ympäristöindikaattoreiden laskeminen**

Standardissa esitetyt ympäristöindikaattorit edustavat arvioitavan rakennuksen koko elinkaaren aikana aiheuttamia ympäristövaikutuksia määrällisesti ilmoitettuna. Ympäristöindikaattorit on valittu standardiin sen perusteella, että kyseisille tunnusluvuille on sovittu yleisiä laskentamenetelmiä. Sellaiset indikaattorit, joille ei ole olemassa tieteellisesti hyväksyttyä laskentamenetelmää, ei oteta huomioon ympäristövaikutusten arvioimisessa. Indikaattorit jaetaan kolmeen ryhmään: ympäristövaikutuksia kuvaavat indikaattorit, resurssien käyttöä kuvaavat indikaattorit ja lisätietoja kuvaavat indikaattorit. Ympäristövaikutuksia kuvaavia indikaattoreita ovat esimerkiksi vaikutuspotentiaali ilmaston lämpenemiseen (GWP), otsonikatopotentiaali ODP, happamoitumispotentiaali (AP) ja rehevöitymispotentiaali (EP). Resurssien käyttöä kuvaavia indikaattoreita taas ovat esimerkiksi uusiutuvan

primäärienergian käyttö pois lukien raaka-aineena käytetyt energiavarat, raaka-aineena käytettävien uusiutuvien primäärienergiavarojen käyttö ja uusiutumattoman primäärienergian käyttö, lukuun ottamatta raaka-aineena käytettyjä primäärienergiavaroja. Lisätietoja kuvaavat indikaattorit ovat hävitetyn ongelmajätteen, vaarattoman jätteen ja radioaktiivisen jätteen määrä. Järjestelmästä lähteviä virtoja kuvaavat uudelleenkäytettävien komponenttien, kierrätettävien materiaalien, energian talteenottoon sijoitetun materiaalin ja vientienergian määrä. Kunkin indikaattorin arvo lasketaan jokaiselle rakennuksen elinkaaren moduulille standardissa määritellyn laskentamenetelmän mukaisesti. (SFS-EN 15978:2011, 42–45.)

### **Arvioinnin raportointi ja tiedonanto**

Standardin mukainen arvioinnin raportointi sisältää tiedot arvioinnin tarkoituksesta, rakennuksen tunnistetiedoista, asiakkaasta, arvioijan nimestä ja pätevyydestä, käytetystä arviointimenetelmästä, arvioinnin suorittamisajankohdasta peilaten rakennuksen elinkaareen, arvioinnin voimassaoloajasta, arvioinnin päivämäärästä, lausunnosta arvioinnin todentamiseksi ja todentajan nimestä ja pätevyydestä. Lisäksi se sisältää tiedot rakennuksen toiminnallisista ominaisuuksista kuten rakennuksen tyypistä, teknisistä ja toiminnallisista vaatimuksista, käyttötavasta ja käyttöiästä. Käytetyt skenaariot ja ympäristötiedot tulee raportoida. Myös muita tietoja voidaan vaatia arvioinnin raportoinnin yhteydessä riippuen arvioinnin tarkoituksesta. (SFS-EN 15978:2011, 46–47.)

Rakennuksen ympäristöarvioinnin tulokset raportoidaan ja esitetään jäsennehtynä käytettyjen skenaarioiden mukaisesti. Jokaisen elinkaarien vaiheen osalta raportoidaan arvot kaikille arvioinnissa määritetyille ympäristöindikaattoreille. Jos joitakin tietoja, elinkaaren vaihteita tai ympäristöindikaattoreita on jouduttu jättämään arvioinnin ulkopuolelle, on tämä ilmastava ja perusteltava raportoinnissa. Raportin tiedonantoa voidaan yksinkertaistaa joissakin määrin. Tällöin on noudatettava standardista löytyviä sääntöjä. (SFS-EN 15978:2011, 47, 51.)

## Arvioinnin todentaminen ja valmis arviointi

Mikäli arvioinnin tarkoitus sitä vaatii, suoritetaan arvioinnille viimeisenä vaiheena vielä todentaminen. Kaikki arvioinnissa käytettävät tiedot, vaihtoehdot ja päätökset tulee esittää avoimesti. Todentaminen sisältää arvioinnin johdonmukaisuuden tarkastelemisen. Lisäksi se sisältää tietojen jäljitettävyyden tarkastelemisen ja varmentaa vastaavuuden standardin EN 15804 kanssa. Lisäksi varmistetaan rakennustason kvantifioinnin täydellisyys. (SFS-EN 15978:2011, 47, 52.)

### 2.4.5 Poikkeamat standardiin EN 15978 verrattuna eurooppalaisiin kansallisiin arviointimenetelmiin

Kuten aiemmin todettua, vaikka eurooppalainen standardi EN 15978 määrittelee ympäristötietoihin perustuvan laskentamenetelmän rakennuksille, ovat silti kaikki Euroopassa tavattavat kansalliset rakentamisen ilmastovaikutusten arviointiin perustuvat arviointimenetelmät helpotettuja, tai vähintäänkin joitakin poikkeamia sisältäviä versioita tästä standardin mukaisesta menetelmästä. Ainoastaan eurooppalainen kehysmenetelmä Level(s) on menetelmänä sellainen, joka sisällyttää standardin EN 15978 mukaisen laskentamenetelmän lähestulkoon täydellisesti.

Lähimmäksi standardin EN 15978 mukaista laskentamenetelmää kansallisista eurooppalaisista menetelmistä yltyvät Ranskan menetelmä RE2020, Alankomaiden menetelmä MPG ja Lontoon kaupungin oma menetelmä London Plan / Part Z. Näissä metodologioissa yhdenmukaisuus EN-standardin kanssa on vain poikkeuksia lukuun ottamatta sama. Sen sijaan esimerkiksi Suomen, Tanskan, Norjan ja Ruotsin kansalliset menetelmät ovat yksinkertaistettuja laskentamenetelmiltään. Tämän lisäksi laajuudeltaan kansallisten menetelmien osalta täydellisiä ovat Ranskan ja Lontoon menetelmät. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikki rakennuksen elinkaaren vaiheet ja moduulit otetaan mukaan laskelmiin. Kaikissa kansallisissa eurooppalaisissa menetelmissä ovat käytössä standardin EN 15978 mukaiset elinkaaren vaiheet ja moduulit, mutta näiden sisällyttäminen

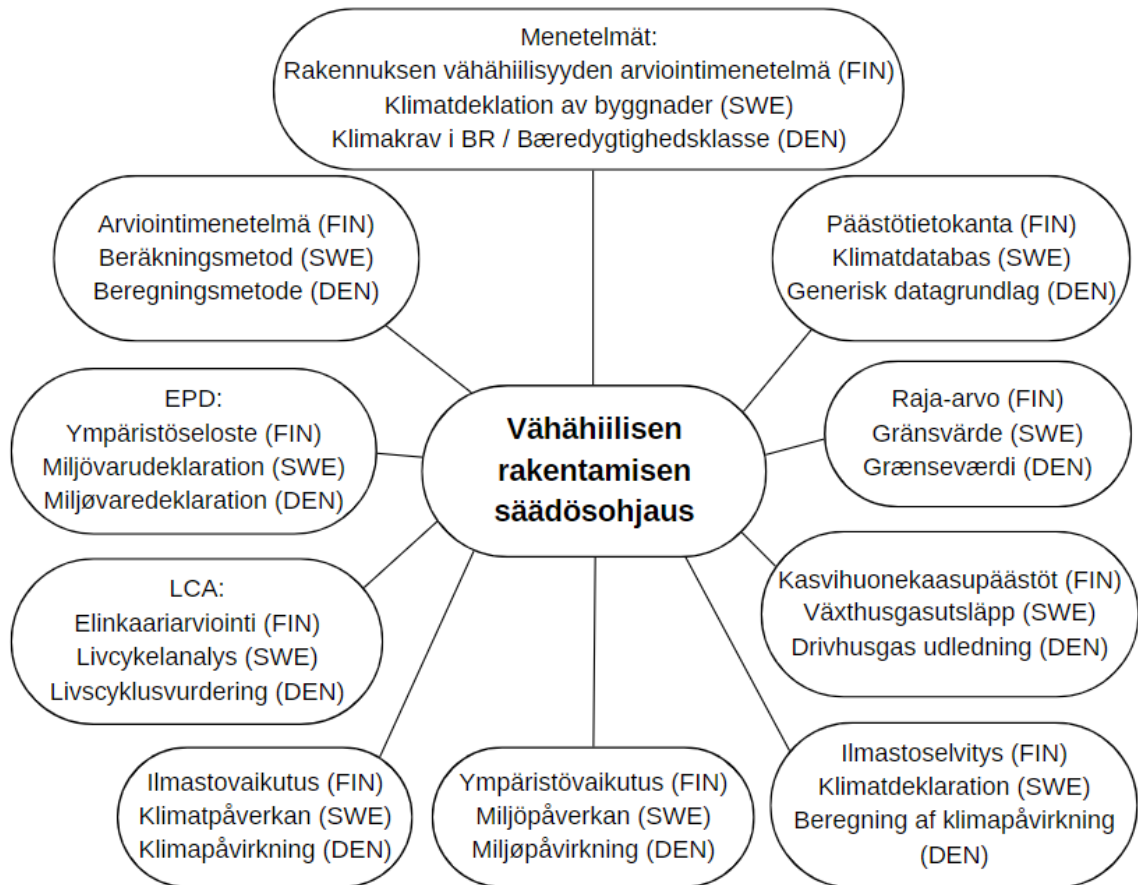
osaksi arviointia vaihtelee menetelmittain. Muiden kansallisten menetelmien, kuten Tanskan, Suomen ja Alankomaiden osalta elinkaaren arvioiminen on yksinkertaistettu jättämällä esimerkiksi joitakin päästövaikutuksiltaan vähäisempiä moduuleja pois, kuten moduulit B1–B3. Yhtenä mahdollisena vaihtoehtona on arvioida myös pelkästään tuote- ja rakentamisvaiheen moduulit A1–A5, kuten Ruotsin tapauksessa. (One Click LCA 2022, 43.)

Voidaan siis todeta kansallisten menetelmien olevan kirjavia sisältönsä suhteen, vaikka ne perustuvatkin metodologialtaan samaan standardiin. Mitään velvoittavaa politiikkaa sen suhteen ei ole, kuinka laaja kunkin maan kansallisen arviointimenetelmän tulisi olla, vaan tämä on kunkin valtion oman harkinnan alasta. Arviointimenetelmän laajuus voi liittyä esimerkiksi valtion omiin päästövähennystavoitteisiin. Mitä laajempi on arviointimenetelmän sisältö ja mitä tiukemmat päästöjen raja-arvot, sitä tehokkaammat ovat myös tätä seuraavat päästövähennysvaikutukset. Joitakin yleisiä argumentteja yksinkertaistettujen arviointimenetelmien käyttöön ovat tiedon ja tutkimuksen puute joistakin arviointiin kuuluvista osa-alueista, liian haastava tai aikaa vievä laskentamenetelmä saatuun hyötyyn nähden, tai rakennusalan asiantuntijoiden liian alhainen tietämystaso ilmasto- ja ympäristövaikutusten arvioinnista täydellisen arvioinnin suorittamiseksi.

### **3 Rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin menetelmät ja säädösohjaus Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa**

Kirjallisuuskatsaus koostui katsauksen suunnittelusta, katsauksen suorittamisesta hakuineen ja analysointeineen, sekä lopuksi tulosten raportoimisesta (Johansson ym. 2007, 5). Katsauksen suunnitteluvaiheessa tehtiin käsitekartta (kuva 9), johon merkittiin aiheeseen liittyviä pääteemoja ja päätermejä. Kyseiset pääteemat ja -termit määriteltiin myös ruotsiksi ja tanskaksi, jotta lähteiden löytäminen kyseisten maiden arviointimenetelmistä helpottuisi. Käsitekartan laatimisen yhteydessä etsittiin tietolähteitä kunkin maan menetelmien osalta ja selvitettiin, mikä taho kussakin maassa vastasi vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen kehittämistyöstä. Suunnitteluvaiheessa lisäksi pohdittiin alustavasti kirjallisuuskatsauksen rajauksia, tutkimuskysymysten asettelua ja tutustuttiin aiheesta aiemmin tehtyihin tutkimuksiin.





Kuva 9. Käsitekartta vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksesta.

Suunnitteluvaiheen jälkeen siirryttiin pohtimaan tutkimuskysymyksiä ja tehtiin tarvittavat rajaukset tutkimuksessa käytettävän aineiston osalta. Vaikka rajaus tutkimukseen hyväksyttävistä aineistoista muodostui melko tiukaksi, määriteltiin aineistolle kuitenkin lisäksi joitakin sisäänotto- ja poissulkukriteerejä. Tämän jälkeen suoritettiin itse hakuprosessi ja kaikki lähdesivustoilta löydetty selvitykset, materiaalit ja aineistot taulukoitiin hakupolkuineen. Lisäksi haettu aineisto seulottiin sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti ja näin valittiin jatkotarkasteluun sopivat aineistot. Jatkotarkasteluun valitut aineistot taulukoitiin uudelleen sisältäen aineiston nimen, tekijät, julkaisuvuoden ja pääasiallisen sisällön.

Hakuvaiheen jälkeen siirryttiin kirjallisuuskatsauksen viimeiseen vaiheeseen, johon kuului aineiston analysoiminen. Ensin käsiteltiin Suomen, Ruotsin ja Tanskan osalta löydettyjä aineistoja erikseen. Kunkin maan osalta aineiston

analysoiminen jaettiin vielä erikseen rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien kehitystyötä ja taustatutkimuksia käsittelevään aihekokonaisuuteen ja erikseen säädösohjausta käsittelevään aihekokonaisuuteen. Käsittely tapahtui siis kokonaisuudessaan rakennusten elinkaaren vähähiilisyyden arvioinnin kehityspolun, määriteltujen arvioinnin menetelmien ja arvioinnin tulevan tai jo voimassa olevan säädösohjauksen osalta.

Tämän jälkeen pääluvussa 4 siirryttiin tekemään vertailua Suomen, Ruotsin ja Tanskan välillä. Vertailu suoritettiin kolmessa osassa. Ensin suoritettiin vertailu kunkin maan vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen kehitystyön osalta ja vertailtiin kunkin maan osalta julkaistuja taustatutkimuksia ja -selvityksiä keskenään. Tämän jälkeen siirryttiin suorittamaan vertailua maiden välillä näiden säädösohjattujen ilmastovaikutusten arvioinnin menetelmien osalta. Kolmannessa vaiheessa vertailtiin vielä saatuja tutkimustuloksia aiemmin laadittuihin samankaltaisiin tutkimuksiin.

Kirjallisuuskatsauksen analysointivaiheen jälkeen suoritettiin vielä yhteenveto ja esiteltiin saadut tulokset ja johtopäätökset, sekä sopivat jatkotutkimusaiheet.

### 3.1 Tutkimuskysymykset ja aineiston rajaaminen

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutkimuskysymyksiä oli kolme:

1. Mitä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien kehitystyössä, taustatutkimuksissa ja -selvityksissä on?
2. Mitä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan voimassa olevilla ja odotettavissa olevilla kansallisilla säädösohjuilla arviointimenetelmillä on?
3. Voidaanko Suomen, Ruotsin ja Tanskan säädösohjausta ja arviointimenetelmiä harmonisoida keskenään?

Tutkimusaineiston rajaaminen oli kyseisessä tapauksessa melko yksiselitteistä, sillä tutkimusaineistoksi kelpuutettiin ainoastaan kunkin maan omat kansalliset

rakentamisen vähähiilisyyden säädösohjaukseen kuuluvat menetelmät taustatutkimuksineen, sekä lakien säätämiseen liittyvät asiakirjat. Jotta tutkimukseen sopiva aineisto löydettiin, tuli suunnitteluvaiheessa selvittää, mikä taho kussakin maassa vastasi vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmien ja säädösohjauksen kehittämistyöstä. Kun tutkimusaineiston haku rajattiin näihin tietolähteisiin, voitiin olettaa saatavan tutkimuskysymysten kannalta kaikista oleellisimmat tiedot.

Suomessa rakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmästä ja sen tulevasta säädösohjauksesta vastaa ympäristöministeriö, Ruotsissa asuntovirasto Boverket ja Tanskassa sisä- ja asuntoministeriö Indenrigs- og boligministeriet. Tanskan tapauksessa rakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmän ja ilmastaselvityksen tutkimustyö tehtiin Aalborg Universityn toimesta, eikä kyseinen tutkimusaineisto löytynyt suoraan sisä- ja asuntoministeriön verkkosivuilta. Ruotsissa rakentamisen ilmastovaikutusten lainsäädäntöön liittyvät aineistot löytyivät esimerkiksi hallituksen kanslian verkkosivuilta. Suomessa ja Tanskassa lainsäädännöt olivat vielä toukokuussa 2022 luonnosvaiheessa, joten aineistot löytyivät Suomen tapauksessa lausuntopalvelu.fi -sivustolta ja Tanskassa hoeringsportalen.dk -sivustolta.

Mukaan tarkasteluun otettiin myös uudistukset kunkin maan rakentamislakien ja -määräysten osalta siltä osin, kun ne sisälsivät vähähiilisyyden implementointia osaksi rakentamista. Tanskan tapauksessa rakentamisen ilmastovaikutusten arvioiminen ja raja-arvot tullaan liittämään jo olemassa oleviin BR18-rakentamismääräyksiin uutena omana lukunaan. Suomen tapauksessa maankäyttö- ja rakentamislakiin on tulossa vuonna 2024 kokonaisuudistus, johon rakennuksen ilmastovaikutusten arvioiminen liittyy yhtenä tärkeänä asiakokonaisuutenaan. Niin Tanskan kuin Suomenkin tapauksessa rakentamislakiin tai rakentamismääräyksiin liittyvät muutokset olivat löydettävissä luonnoksina kunkin maan lausuntopalveluista. Ruotsin osalta rakentamislakiin tehtiin vain pieni lisäys ilmastaselvityksen laatimisesta ja tästä muutoksesta löydettiin oma lakinsa hallituksen kanslian verkkosivuilta.

Jotta eri maiden vähähiilisyiden arviointimenetelmiä ja niihin liittyviä säädöksiä voitiin analysoida ja vertailla keskenään, kiinnitettiin lähdeaineistoja luettaessa huomiota erityisen paljon tiettyihin osa-alueisiin. Kyseiset osa-alueet olivat sellaisia, joiden osalta eri maiden arviointimenetelmien välillä olisi todennäköisimmin eroavaisuuksia keskenään. Tanskan teknologisen instituutin (2021) laatiman tutkimuksen perusteella suurimmat eroavaisuudet eri maiden arviointimenetelmien osalta liittyisivät metodologiseen perustaan, arviointijakson pituuteen, arvioinnin tuloksen esittämistapaan, elinkaaren vaiheiden-, rakennuksen osien- ja rakennustyyppien sisällyttämiseen, teknisten käyttöikien ja vaihtojen sisällyttämiseen, lähtöaineiston ja datan hankintatapaan ja siihen, otetaanko menetelmässä positiiviset ilmastovaikutukset huomioon. Näihin kiinnitettiin kirjallisuuskatsausta suoritettaessa erityistä huomiota. Lisäksi etsittiin lähdeaineistosta perusteluja näille rajanvedoille kunkin maan osalta.

Kirjallisuuskatsauksen aineiston osalta määriteltiin joitakin sisäänotto- ja poissulkukriteerejä. Pääsääntöisenä sisäänottokriteerinä oli, että aineiston tulisi liittyä vahvasti vähähiilisen rakentamisen normiohjaukseen, eli velvoittavaan sääntelyyn. Aineistojen tulisi siis tällöin sisältää tietoa joko säädösohjauksesta tai informaatio-ohjauksesta. Säädösohjaukseen kuuluivat tämän kirjallisuuskatsauksen osalta rakentamisen päästöjen ilmoitusvelvollisuus ja sitovat raja-arvot, kun taas informaatio-ohjaukseen varsinkin vähähiilisyiden säädöksiin liittyvät menetelmäohjeet ja laskentatyökalut.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa ei otettu huomioon taloudellista näkökulmaa, joten poissulkukriteerinä olivat kaikki kustannuksiin, resursseihin ja rahoitukseen liittyvät aineistot. Katsauksessa ei huomioitu myöskään vähähiilisyiden säädösohjauksen vaikutuksia viranomaisiin, kuntiin tai valtioon, vaan asiaa katsottiin rakennuttajien ja rakennusalan asiantuntijoiden näkökulmasta. Poissuljettuina olivat säädöksiin liittyen lausuntokierroksilla saadut kommentit eri tahoilta. Aineistoja voitiin sulkea pois myös sen perusteella, mikäli sama asiakirja tai tutkimus olisi löydettävissä usealla eri kielellä. Yleisesti hakuaineistoon hyväksyttiin niin suomen-, ruotsin-, tanskan- kuin englanninkielisetkin aineistot. Rajauksia aineistojen julkaisuajankohdan perusteella ei tehty, sillä mukaan

haluttiin saada kaikki säädösohjaukseen liittyneet taustatutkimukset. Koska vähähiilisyyden säädösohjauksen kehittäminen oli Pohjoismaissa aloitettu melko hiljattain, voitiin kuitenkin olettaa, että kaikki aineisto tulisi olemaan viimeisten kymmenen vuoden ajalta.

### 3.2 Aineiston hakuprosessi ja seulominen sisäänottokriteerien mukaisesti

Tutkimusten hakeminen suoritettiin suoraan seitsemältä tutkimuskysymysten ja tutkimuksen tavoitteiden kannalta relevantilta verkkosivulta, jotka olivat

- Ympäristöministeriö <https://ym.fi/>,
- Lausuntopalvelu <https://lausuntopalvelu.fi/>,
- Boverket <https://www.boverket.se/>,
- Regeringskansliet <https://regeringen.se/>,
- Høringsportalen <https://hoeringsportalen.dk/>,
- Indenrigs- og Boligministeriet <https://im.dk/> ja
- Build – Institut for byggeri, by og miljø <https://build.dk/>.

Kaikki näiltä verkkosivuilta löydetty aineisto taulukoitiin (liite 1) sisältäen kunkin lähdesivuston, hakupolun ja kaikki kyseistä hakupolusta löydetty materiaalit ennen aineiston seulomista sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti. Kun kaikki verkkosivut oli käyty läpi, suoritettiin löydetylle aineistolle seulominen. Sisäänottokriteerien mukaiset aineistot taulukoitiin (liite 2) nimen, tekijöiden, julkaisuvuoden ja pääasiallisen sisällön osalta. Taulukon (liite 2) mukaiset aineistot otettiin jatkotarkasteluun kirjallisuuskatsauksessa.

#### **Suomi: Ympäristöministeriö ja lausuntopalvelu**

Hakeminen aloitettiin suomenkielisiltä lähdesivustoilta, jotka olivat ympäristöministeriö ja lausuntopalvelu. Ympäristöministeriön verkkosivuilta löydettiin oma kokonaisuutensa vähähiiliselle rakentamiselle, jonne oli selkeästi listattu vähähiilisen rakentamisen tiekartan mukaisesti tehdyt tutkimukset ja selvitykset raporteineen alkaen vuodesta 2017, jolloin ympäristöministeriö teetti

alkuselvityksen vähähiilisen rakentamisen tiekartan tarpeesta. Ympäristöministeriön verkkosivuilta löydettiin yhteensä neljä tutkimusraporttia, jotka olivat tämän tutkimuksen kannalta kaikki sisäänottokriteerien mukaisia. Nämä ovat listattuna taulukkomuodossa liitteessä 2. Kirjallisuuskatsauksen toisesta suomenkielisestä lähdesivustosta Lausuntopalvelusta löydettiin luonnos ja perustelumuistio asetukseksi rakennusten ilmastonselvityksestä, sekä vähähiilisyyden arvioinnin tueksi kehitelty vähähiilisyyden arvioinnin menetelmäohje lausuntokierrosta varten. Lausuntopalvelun kautta löydettiin tähän liittyen yhteensä viisi asiakirjaa, jotka ovat taulukoituna liitteessä 1. Näistä kaksi voitiin sulkea pois, sillä sama luonnosasiakirja ja vähähiilisyyden arvioinnin menetelmäohje olivat sekä suomen että ruotsin kielellä.

Lausuntopalvelun verkkosivuilta löydettiin myös oma kokonaisuutensa liittyen maankäyttö- ja rakennuslain uudistukseen. Lausuntopyyntö luonnoksesta hallituksen esitykseksi kaavoitus- ja rakentamislainsäätelyä sisälsi yhteensä kaksitoista liitedokumenttia. Nämä lisättiin mukaan liitteen 1 taulukkoon. Näistä kahdestatoista liitedokumentista otettiin kirjallisuuskatsaukseen mukaan vain yksi, joka on taulukoituna liitteessä 2. Muut liitedokumentit olivat ruotsin, inarinsaamen, koltansaamen ja pohjoissaamen kielillä, tai sisälsivät eri tahojen lausuntoja kyseisten lakimuutoksen pohjalta. Nämä eivät olleet kirjallisuuskatsauksen kannalta relevantteja eivätkä täten sisäänottokriteerien mukaisia.

### **Ruotsi: Boverket ja regeringskansliet**

Ruotsissa laki ilmastonselvityksestä on tullut jo voimaan alkuvuodesta 2022, joten siihen liittyvä asetus ja laki, sekä myös laki kaavoitus- ja rakennuslain muutoksista löydettiin Ruotsin hallituksen kanslian verkkosivuilta. Tämän lisäksi lisätietoa ilmastonselvityksestä löydettiin hyvin kattavasti Ruotsin asuntovirasto Boverketin verkkosivuilta, jossa oli oma laaja osionsa rakennusten ilmastonselvitykselle. Ilmastonselvityksen kehittämisen pohjana käytetty taustamateriaali oli lueteltuna nettisivuilla omana osionaan ja taustaraportteja oli yhteensä neljä, jotka olivat vuosilta 2015–2018. Ruotsin hallituksen kanslian ja

asuntovirasto Boverketin verkkosivuilta löydetty aineistot olivat kaikki sisäänottokriteerien mukaisia ja ne ovat taulukoituna liitteissä 1 ja 2.

### **Tanska: Høringsportalen, indenrigs- og boligministeriet ja Build – Institut for byggeri, by og miljø**

Tanskan Høringsportalen -verkkosivustolta löydettiin huhtikuussa 2022 julkaistu muutosluonnos vuoden 2018 rakentamismääräyksiin. Muutoksen pääasiallinen sisältö oli ottaa uudisrakentamisessa ilmastovaikutusten laskeminen mukaan määräyksiin. Osalle rakennuksista oli myös määritelty jo tässä vaiheessa hiilidioksidipäästön raja-arvo, joka on tuleva voimaan vuoden 2023 alusta. Lausuntoportaalissa oli kyseiseen luonnokseen liittyen yhteensä seitsemän liitedokumenttia, jotka ovat listattuna taulukoituna liitteessä 1. Näistä seitsemästä liitedokumentista vain kaksi olivat kirjallisuuskatsauksen kannalta relevantteja ja sisäänottokriteerien mukaisia. Kirjallisuuskatsaukseen mukaan otetut kaksi liitedokumenttia, ”Høringsbrev” ja ”Oversigt over begrundelser for ændringsforslag”, ovat mukana liitteen 2 taulukossa.

Muilta osin lähdeaineiston etsiminen oli hankalampaa Tanskan osalta verrattuna Suomeen ja Ruotsiin. Ilmastonselvityksessä käytettävää menetelmää ja tutkimuksen tausta-aineistoa ei ollut selkeästi löydettävissä keskitetysti yhdestä paikasta. Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaarissa 2022 (Pasanen ym. 2022, 1:31:40) tanskalainen vähähiilisen rakentamisen asiantuntija Luzie Rück kertoi Tanskan ilmastonselvityksen kehitystyöstä ja selvensi, että hiilidioksidipäästöjen raja-arvojen määrittämisessä käytettiin tutkimusaineistona Aalborg Universityn tekemää tutkimusta kuudenkymmenen eri rakennuksen hiilen elinkaariarvioinnista. Tämän lisäksi tausta-aineistona toimi niin raja-arvojen kuin itse arviointimenetelmänkin osalta Rückin mukaan Tanskan kansallinen strategia kohti kestäväää rakentamista. Nämä kyseiset tausta-aineistot etsittiin ja lisättiin mukaan liitteiden 1 ja 2 taulukoihin Tanskan tutkimusaineiston osalta.

## Yhteenveto hakuaineistoista

Kaikki lähdesivustoilta löydetyt selvitykset, materiaalit ja aineistot ovat eriteltynä hakupolkuineen liitteessä 1. Kun nämä aineistot analysoitiin poissulku- ja sisäänottokriteerien mukaisesti, valittiin jatkotarkasteluun aineistot, jotka ovat taulukoituna keskeisine sisältöineen liitteessä 2. Suomen vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen osalta kirjallisuuskatsaukseen otettiin lopulta mukaan yhteensä neljä taustatutkimusta ja neljä lakien ja asetusten säätämiseen liittyvää asiakirjaa. Ruotsin osalta taustatutkimuksia oli neljä, muita ilmastaselvitykseen liittyviä raportteja kaksi ja lakien ja asetusten säätämiseen liittyviä asiakirjoja neljä. Tanskan osalta kirjallisuuskatsaukseen rajautui kaksi taustatutkimusta ja kaksi rakennusmääräysten muutokseen liittyvää asiakirjaa.

Kirjallisuuskatsauksen seuraavassa vaiheessa näitä valikoituja aineistoja tarkasteltiin ja analysoitiin lähemmin. Jokaisen maan taustatutkimuksia ja aikajanaa kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta tarkasteltiin erikseen ja tuotiin esille erityisesti tutkimuskysymysten kannalta olennaisimpia seikkoja. Tämän jälkeen jokaisen maan lakien, asetusten ja määräysten säätämiseen liittyviä asiakirjoja tarkasteltiin erikseen samaisesta tutkimuskysymysten kannalta olennaisesta näkökulmasta. Lopuksi kunkin maan taustatutkimuksia, vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmiä ja säädösohjaustoimia vertailtiin keskenään maiden välillä. Viimeisinä vaiheena oli vielä saatujen tulosten ja johtopäätösten vertaileminen aiemmin tehtyihin tutkimuksiin.

### 3.3 Rakentamisen ilmastovaikutukset Suomessa

Suomessa vuoden 2021 ROTI:n raportin tietojen mukaan kiinteistö- ja rakentamisala kattaa 35 prosenttia koko maan energiankulutuksesta ja 36 prosenttia hiilidioksidipäästöistä. Koska Suomen olemassa oleva rakennuskanta kuluttaa suurimman osan tuotetusta energiasta, ovat myös päästöt huomattavat, jopa 76 prosenttia kokonaispäästöistä. Tämän vuoksi olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on ehdottoman tärkeää energiaremonttien ja lämmitysmuotojen uusimisen kautta. Puhuttaessa puhtaasti



teollisuus- ja rakennusala ottaen huomioon esimerkiksi rakennusten käyttöenergiankulutusta, oli teollisuus- ja rakentamisalan osuus Suomen kokonaispäästöistä eurooppalaisen tutkimuksen mukaan vuonna 2019 11 prosenttia. Teollisuus- ja rakentamisala on pystynyt tekemään Suomessa myös tutkimuksen mukaan suurimmat alakohtaiset päästövähennykset vuosien 2005–2019 aikana, peräti 46 prosenttia. Suomen suurimmat päästöjen aiheuttajat energiasektori ja liikenne vaikuttavat toki välillisesti paljonkin rakentamisen ja rakennetun ympäristön kokonaispäästöihin. (ROTI 2021, 4, 11, 35; European Parliamentary Research Service 2021b, 3.)

Suomi on osana Euroopan unionia sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjaan ja tämän myötä pitkän aikavälin ilmastotoimenpiteisiin päästöjen vähentämiseen. EU:n tasolla Suomi tuotti vuonna 2019 1,5 prosenttia kasvihuonekaasujen kokonaispäästöistä ja on pystynyt vähentämään päästöjä EU:n keskiarvoa nopeammin vuodesta 2005 lähtien. Suomen päästöt laskivat vuosina 2005–2019 22 prosenttia, mikä on enemmän kuin koko EU:n laajuinen päästövähennys samalla ajanjaksolla. Ilmaston lämpenemisen pysäyttäminen 1,5 celsiusasteeseen vaatii kuitenkin myös Suomelta lisäponnisteluja. Tämänhetkinen hallitus on päättänyt nopeuttaa päästövähennystoimia ja vahvistaa hiilinielua siten, että Suomi tulee olemaan hiilineutraali vuonna 2035 ja pian sen jälkeen hiilinegatiivinen. Hallituksen tavoitteisiin kuuluu hiilineutraaliustavoitteen lisäksi esimerkiksi fossiilivapaus, hiilinielujen ja hiilivarastojen vahvistaminen, asumisen ja rakentamisen hiilijalanjäljen pienentäminen sekä kiertotalouden vahvistaminen. (Valtioneuvosto 2019; European Parliamentary Research Service 2021b, 1–3.)

Osana hallitusohjelman mukaisten tavoitteiden saavuttamista ollaan tämän hallituskauden aikana kehittämässä toimialakohtaisia tiekarttoja vähähiilisyteen. Rakennusteollisuuden tiekartan laati Gaia Consulting Oy Rakennusteollisuus RT ry:n toimeenpanemana ja se julkaistiin vuonna 2020. Tiekartan mukaan rakennusteollisuuden on mahdollista vähentää päästöjä vuoteen 2035 mennessä 66 prosenttia, mutta teknologiaharppausten avulla prosenttiosuutta voidaan kasvattaa peräti 80 prosenttiin. Tiekartan arvion mukaan vuoteen 2050

mennessä rakennetun ympäristön ja rakentamisen päästöjen vähennys voisi olla peräti 95 prosenttia ja näin ollen se voisi saavuttaa lähes hiilineutraaliuden tason. (Rakennusteollisuus RT ry 2020, 1–2.)

## Kirjallisuuskatsauksen eteneminen

Ympäristöministeriön laatimaa rakentamisen vähähiilisuuden arviointimenetelmää ja ilmastaselvitystä tarkasteltaessa jaettiin hakuvaiheessa löydetty lähdeaineisto lakia ja asetusta käsitteleviin aineistoihin, sekä vähähiilisuuden arviointimenetelmän kehitystyössä käytettyyn taustatutkimusaineistoon. Kirjallisuuskatsaukseen mukaan otetuista lähdeaineistoista (liite 2) käsiteltiin näin ollen ensimmäiseksi kuvassa 10 näkyvät taustatutkimukset

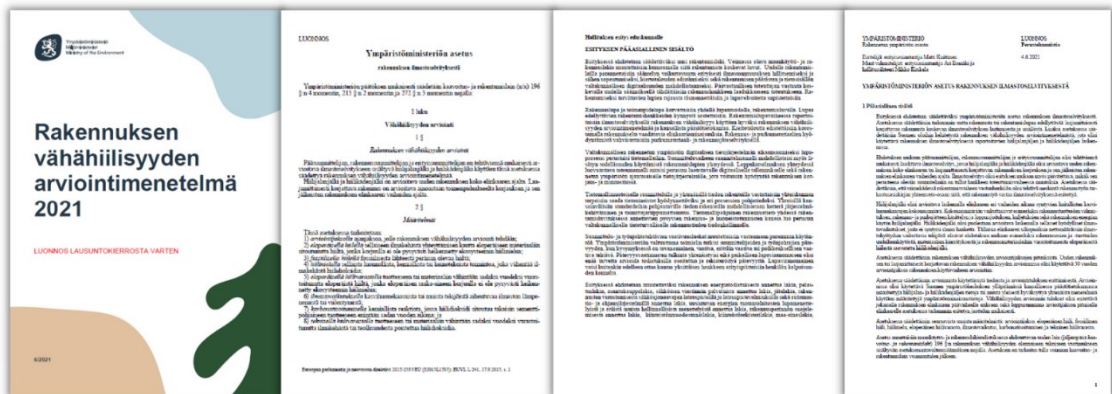
- ”Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa” (Bionova Oy 2017),
- ”Rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi” (Häkkinen & Vares 2018),
- ”Definition and methods for the carbon handprint of buildings” (Häkkinen ym. 2021) ja
- ”Talotekniikan päästötietojen selvityshankkeen loppuraportti” (Laasonen ym. 2021).



Kuva 10. Rakennuksen elinkaaren vähähiilisuuden arvioinnin kehittämisen avuksi teetetyt tutkimukset ja raportit Suomessa.

Tämän jälkeen siirryttiin tarkastelemaan omaa kokonaisuutenaan kuvan 11 mukaisia lakia ja asetusta käsitteleviä aineistoja

- ”Luonnos YMA rakennuksen ilmastaselvityksestä 04062021” (Ympäristöministeriö 2021b),
- ”Yma rakennuksen ilmastaselvityksen perustelumuuotio 04062021” (Ympäristöministeriö 2021c),
- ”Arviointimenetelmä 2021 lausuntokierrokselle” (Ympäristöministeriö 2021a) ja
- ”HE Kaavoitus- ja rakentamislaki” (Hallitus 2021).



Kuva 11. Rakennuksen elinkaaren vähähiilisyysarvioinnin säädösohjauksen kehittämiseen liittyvät asiakirjat Suomessa.

### 3.3.1 Arviointimenetelmän kehitystyö ja taustatutkimukset

Ympäristöministeriön työskentely kohti vähähiilistä rakentamista alkoi vuonna 2017, jolloin laadittiin selvitys tiekartasta kohti vähähiilisempää rakentamista ja ilmastotavoitteita. Kyseisen selvityksen pohjalta laadittiin kolmivaiheinen tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilidioksidipäästöjen ohjaukseen. Tiekartan laatimisen jälkeen VTT teki vuonna 2018 tiekartan tietojen pohjalta vaikutusarvion, jonka avulla voitiin kehitellä sopivimmat keinot päästöjen ohjaamiseksi. Tiekartan ja vaikutusarvion jälkeen ympäristöministeriö aloitti rakennuksen hiilijalanjäljen arviointimenetelmän kehitystyön, jonka tuloksena julkaistiin testikäyttöön arviointimenetelmän ensimmäinen versio vuonna 2019. Arviointimenetelmä oli

testivaiheessa ja lausuntokierroksella vuosina 2020–2021, jonka aikana kehitystyötä varten laadittiin vielä Tanskan kanssa yhteistyössä selvitys hiilikädenjäljen huomioimiseksi rakentamisessa, sekä selvitys talotekniikan päästötiedoista. Nämä selvitykset julkaistiin keväällä 2021. Varsinaisen arviointimenetelmän pohjana toimivat monien muiden Euroopan maiden arviointimenetelmien tavoin Euroopan komission Level(s)-menetelmä sekä EN-standardit, joihin yllä mainitut ympäristöministeriön teettämät selvitykset tuovat hyvin oleellisia lisätarkennuksia Suomen olosuhteita ajatellen. (Ympäristöministeriö n.d.)

### **Vähähiilisen rakentamisen tiekartta**

Vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmän taustatutkimuksista vähähiilisen rakentamisen tiekartta oli ensimmäinen. Tiekartta laadittiin ympäristöministeriön toimeenpanemana Bionova Oy:n toimesta ja se toteutettiin pääosin verkkokyselytutkimuksen avulla sekä järjestämällä työpajoja. Tiekartan avulla haluttiin selvittää, millä tavoin rakennusten elinkaaren aikaisen hiilijalanjäljen sääntely voitaisiin ottaa käyttöön Suomessa. Sääntely haluttiin ulottaa koskemaan erityisesti myös rakennusmateriaalien elinkaaren aikaisia kasvihuonekaasupäästöjä, sillä aiemmissa selvityksissä oli pystytty todentamaan rakennusmateriaalien päästöjen jatkuvasti suureneva prosentuaalinen osuus rakennuksen elinkaaren kasvihuonekaasupäästöistä. Rakennusmateriaalien kasvava osuus rakennuksen elinkaaren hiilidioksidipäästöistä on seurausta siitä, että rakennusten käytön aikaiset päästöt pienevät jatkuvasti energiatehokkuuden kasvun, uusiutuvan energian käytön ja energiajärjestelmien kehittymisen takia. Ympäristöministeriö linjasi tiekartan tavoitteeksi rakennusmateriaalien ohjauksen siten, että se johtaisi rakennuksen elinkaaren ajalta vähähiilisiin ratkaisuihin. (Bionova Oy 2017, 9–11).

Selvitystyöhön kuuluvissa työpajoissa rakennusalan asiantuntijat kertoivat toimialan näkemyksiä vähähiilisyyden säädösohjaukseen liittyen. Työpajojen pääteemoiksi nousivat tutkimuksessa sääntelyn käyttöönoton vaiheistaminen, kannustavuus, osaamisen kehittäminen rakennusmateriaalien päästötietouden

osalta, systeemin helppous ja luotettavuus, tasapuolisuus erilaisten hankkeiden, materiaaliratkaisujen ja alueiden välillä, ja sääntelyn integroiminen nykyiseen energiatehokkuuden ohjaukseen. Asiantuntijoille suunnatun verkkokyselytutkimuksen avulla selvitettiin vielä rakennusalan asiantuntijoiden sen hetkistä tietämystä rakennusmateriaalien hiilidioksidipäästöistä ja pyydettiin kehitysehdotuksia. Kyselytutkimuksen tuloksena vastaajista vain noin yksi viidesosa koki omaavansa hyvän osaamisen rakennusmateriaalien hiilidioksidipäästöjen osalta, kun taas noin yksi kolmasosa vastaajista koki, ettei omaa lainkaan tuntemusta aiheesta. Näiden ääripäiden lisäksi noin puolet vastaajista koki tuntevänsa perusasioita, mutta eivät osaisi hyödyntää tietämystään käytännössä. Kyselytutkimukseen liittyvät kehitysehdotukset olivat jokseenkin yllättäviä, sillä vain 12 prosenttia vastaajista koki tarpeellisena päästöjen hallinnan viemistä osaksi rakentamisen sääntelyä. Sen sijaan vastaajista suurimman osan mielestä (vastaajista yli 50 prosenttia) tarvittaisiin kuitenkin lisää tietoutta materiaalien päästöistä, yhteinen määrittely rakennushankkeen elinkaaren päästöjen hallintaan ja laskentatyökaluja. (Bionova Oy 2017, 9–11, 35–37).

Työpajojen ja kyselytutkimuksen myötä valittiin rakennushankkeiden hiilidioksidipäästöille pääohjauskeino ja tämän ympärille ohjauskeinojen kokonaisuus. Ohjaavaksi tekijäksi säädöksille valittiin EN 15978-standardin pohjalta määriteltävä rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki, jonka laskemiseksi tulitaisiin tarvitsemaan EN-standardin lisäksi oma kansallinen menetelmäohje. Tiekartan valmistelun olennaisimmiksi tehtäviksi valikoituivat yhteisen päästötietokannan ja helppojen laskentatyökalujen kehittäminen. Työpajojen ja kyselytutkimuksen tuloksena päädyttiin myös ohjauksen kehityksen vaiheittaiseen toteuttamiseen siten, että vuodesta 2018 alkaisi vapaaehtoinen vaihe ja vuoteen 2024 mennessä säädönohjaus olisi lopulta käytössä raja-arvoineen kaikissa eri rakennustyypeissä. Kaiken kaikkiaan pakollisiksi ohjausmalleiksi tiekartassa määriteltiin lopulta laskentamenetelmä, optimointitavoite, päästötietokanta ja velvoittavat raja-arvot neliöpäästöille. Näiden lisäksi hyvin tärkeinä ohjausmalleina pidettiin taloudellisia kannusteita,

tulosten analysointipalvelua, yhdenmukaista tulosten esittämistapaa ja rajausten asettamista soveltamisalalle. (Bionova Oy 2017, 38–43, 45.)

Kaiken kaikkiaan Bionovan laatimassa tiekartan selvitystyössä ei havaittu huomattavia esteitä rakennusten elinkaaripäästöjen sääntelylle, kunhan edellytykset toimeenpanolle varmistetaan ensin hyvin. Tärkeimmiksi jatkokysymyksiksi selvitystyössä nousivat kannustimien luominen, yksityisen sektorin osaaminen, rakennusvalvonnan valmiuksien laajentaminen ja sääntelyn implementointi myös osaksi kaavoitusta. Jotta sääntely olisi tarpeeksi vaikuttavaa, tulisi tiekartan selvitystyön mukaan joko raja-arvot säätää mahdollisimman alhaisiksi tai ohjaukseen olisi pystyttävä kytkemään tarpeeksi houkutteleva rakennuttajalle hyötyä tuottava kannuste. Selvityksen mukaan vapaaehtoinen rakennuksen elinkaaripäästöjen vähentäminen ei tuottaisi tarpeeksi merkittäviä tuloksia kasvihuonekaasupäästövähennystavoitteita ajatellen. (Bionova Oy 2017, 55.)

### **Kasvihuonekaasupäästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi**

Tiekartan laatimisen jälkeen vähähiilisen rakentamisen kehitystyö jatkui VTT:n toimesta, joka laati selvitystyön tiekartan mukaisesta kasvihuonekaasupäästöjen ohjauksen vaikutusten arvioinnista ympäristöministeriölle vuonna 2018. Kyseisen selvitystyön laativat vähähiilisen rakentamisen asiantuntijat Tarja Häkkinen ja Sirje Vares. Kyseisessä raportissa arvioitiin vähähiiliselle rakentamiselle tiekartan selvitystyössä ehdotettujen ohjaustoimenpiteiden aiheuttamia vaikutuksia. Käytännössä selvityksessä pyrittiin siis arvioimaan vaihtoehtoisia menettelytapoja toteutettavuuden näkökulmasta, kuin myös niiden vaikutusta eri kokoihin ja tyyppisiin rakennusmateriaali- ja rakennustuotevalmistajiin ja muihin toimijoihin. Myös vaikutusta rakentamisen kustannuksiin ja sen aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin arvioitiin. Selvityksen tavoitteena oli kohdistaa ohjausten vaikutusten arvioiminen pääasiassa rakennusmateriaaleista aiheutuviin kasvihuonekaasupäästöihin, mutta tämän lisäksi haluttiin arvioida ohjaamista siten, että se kattaisi rakennusmateriaalien lisäksi rakennusten käytöstä aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen arvioimisen. Selvityksen

tuloksena laadittiin yksinkertaistettu menetelmätapa rakennusmateriaalien ja rakennuksen käytöstä aiheutuvien kasvihuonekaasujen yhteen laskemiselle. Tämän lisäksi arvioitiin minkälaisia vaikutuksia tulisi olemaan kasvihuonekaasupäästöjen ohjaamisella joko raja-arvoin, tai ilmoitusvelvollisuudella. (Häkkinen & Vares 2018, 3,8.)

VTT:n selvityksen tuloksena huomattiin, että kannustepohjaisella ja ilmoitusvelvollisuuteen perustuvalla ohjaamisella saataisiin aikaan vain hyvin pieniä säästöjä kasvihuonekaasupäästöjen suhteen. Näiden vaikutus päästöjen vähentämisessä tulisi arvion mukaan olemaan vain promillen luokkaa ja suurimmillaankin vain noin muutaman prosentin. Päästösäästö tarkoittaisi näissä tapauksissa siis kasvihuonekaasun määrässä joitakin tuhansia, korkeimmillaan kymmeniä tuhansia tonneja. Näitä kahta keinoa suositeltiin tulosten perusteella pelkästään oppimisen tueksi ja esimerkkitapausten luomiseksi. (Häkkinen & Vares 2018, 54–60.)

Selvityksen mukaan merkittäviä päästösäästöjä tultaisiin saavuttamaan ainoastaan siten, että ohjaus kohdistettaisiin lähes koko rakennuskantaan uudis- ja korjausrakentamisessa siten, että ohjaus ulotetaan niin materiaaleista aiheutuviin päästöihin kuin rakennuksen käytön aikaisiinkin energiankäytön päästöihin. Tämän keinon avulla pystyttiin arvioimaan päästösäästöksi jopa satojentuhansia tonneja. Mikäli raja-arvoja vähitellen tiukennettaisiin, voitaisiin selvityksen perusteella päästä jopa miljoonaan kasvihuonekaasutonniin, sillä tämä pakottaisi niin rakennusmateriaalien kuin energiaratkaisujenkin puolella kehittämään jatkuvasti uusia innovatiivisia vähähiilisiä ratkaisuja. Selvityksen mukaan raja-arvojen määrittämiseksi tarvittaisiin kuitenkin vielä rutkasti lisää tietoa eri rakennustyyppien tavanomaisista päästömääristä. (Häkkinen & Vares 2018, 54–60.)

### **Selvitys talotekniikan päästötiedoista**

Sillä VTT:n selvityksen lopputuloksena arvioitiin, että päästöjen ohjaaminen tulisi tehdä lähes kaikille rakennuksen elinkaaren osa-alueille, tarvittiin seuraavaksi

enemmän tietoa talotekniikan päästötiedoista. Tätä varten Sweco Oy teetti ympäristöministeriön toimeenpanemana selvityshankkeen aiheesta maaliskuussa 2021. Talonrakennushankkeiden alkuvaiheessa tehtävää päästölaskentaa varten ei ollut olemassa takkoja tietoja taloteknisten järjestelmien ja laitteistojen osalta, joita olisi voitu käyttää hyväksi ympäristöministeriön kaavailemassa vähähiilisyiden arvioinnissa. Selvityshankkeen tavoitteena oli tuoda rakennustyypeittäin talotekniikan osalta käyttöön taulukkomalliset neliömetripohjaiset päästökertoimet vähähiilisyiden arviointia varten. Päästökertoimet kerättiin selvitystä varten sekä LVI-järjestelmien että sähkökomponenttien osalta SYKE:n päästötietokannasta ja puuttuvilta osin hyödynnettiin EPD-ympäristöselosteita. Määrä- ja massatiedot kerättiin LVI-järjestelmien osalta käyttäen hyödyksi Swecon referenssikohteiden IFC-tietomalleja, kun taas sähkökomponenttien osalta tiedot kerättiin puutteellisen tietomallintamisen takia enimmäkseen referenssikohteiden suunnitelmista ja valmistajien tuotetiedoista. (Laasonen ym. 2021, 1–4.)

Lähtötietojen kokoamisen jälkeen varsinainen selvitystyö toteutettiin valitsemalla tarkasteluun referenssikohteista yksi matala toimistorakennus, yksi korkea toimistorakennus, yksi puurakenteinen sprinklerijärjestelmällinen asuinkerrostalo, yksi betonirakenteinen asuinkerrostalo, yksi majoitusliikerakennus ja yksi myymälärakennus. Kaikki kohteet olivat uudiskohteita poissulkien majoitusliikerakennus, joka toteutettiin peruskorjauskohteena. Näiden kuuden referenssikohteen lisäksi yhdistelemällä matalan ja korkean toimistorakennuksen tietoja luotiin kuvitteellinen skenaario opetusrakennuksesta tarkastelua varten. (Laasonen ym. 2021, 1–4.)

Swecon selvityshankkeen johtopäätöksenä todettiin, että talotekniikkaosien päästölaskenta on hyvin hankalaa rakennuslupavaiheessa, sillä suunnittelu näiden osalta tarkentuu vasta hankkeen myöhemmissä vaiheissa. Tämän takia taulukkoarvojen luominen ja käyttäminen on jopa välttämätöntä, jotta rakennushankkeen kasvihuonekaasupäästöt halutaan määrittää jo aikaisessa vaiheessa. Selvityksessä havaittiin myös talotekniikkalaitteiden päästölaskennan olevan työläämpää verrattuna ARK- ja RAK-osien päästölaskentaan, sillä



lähtötietoja on etsittävä useista paikoista ja erilaisten komponenttien määrä on suuri. Selvityshankkeen lopputuloksena ilmoitettiin suurimmat talotekniikan kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajat ja ilmaistiin materiaalipäästöt ja käytön ajan päästöt neliometriä kohden. (Laasonen ym. 2021, 11–12.)

### **Selvitys hiilikädenjäljen määritelmästä ja metodologiasta**

Samoihin aikoihin Swecon talotekniikan selvityshankkeen kanssa alkuvuodesta 2021 valmistui kansainvälinen selvitystutkimus hiilikädenjäljen määritelmästä ja metodologiasta. Hanke toteutettiin yhteistyössä Suomen, Ranskan ja Tanskan vähähiilisen rakentamisen asiantuntijoiden Tarja Häkkisen, Sylviane Nibelin ja Harpa Birgisdottirin kesken. Ympäristöministeriön tavoitteena oli implementoida hiilikädenjäljen laskeminen osaksi rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmää. Positiivisten vaikutusten ilmaiseminen antaisi rakennusosalalle motivaatiota ja vaihtoehtoja luoda uusia kehittyneitä innovaatioita paremmin, kuin pelkästään hiilijalanjälkeä tarkasteltaessa. Hiilikädenjälki nousee kysymykseen myös puhuttaessa hiilineutraaliustavoitteista. Jotta Suomi pääsisi hiilineutraaliustavoitteisiinsa, tarvittaisiin tulevaisuudessa päästövähennyksien lisäksi myös yhä enemmän luonnollisia ja mahdollisesti myös keinotekoisia hiilinieluja, joiden arvioimisessa hiilikädenjälki olisi hyödyllinen työkalu. Näin ollen, jotta hiilikädenjälki voitaisiin ottaa osaksi ympäristöministeriön arviointimenetelmää ja lainsäädäntöä, tarvittiin sille selkeä yleinen määritelmä ja selkeät arviointisäännöt. (Häkkinen ym. 2021, 4–6, 85–86.)

Hiilikädenjäljen periaatetta ja käsitettä ei ollut entuudestaan käytetty rakennusten vähähiilisyyttä arvioitaessa Euroopan alueella. Tutkimuksen tavoitteena olikin kerätä tietoa rakennushankkeiden mahdollisista ilmastohyödyistä ja pohtia hiilikädenjäljen määritelmän tarpeellisuutta ja hyödyllisyyttä rakennushankkeita tarkasteltaessa. Koska hiilijalanjäljen käsite kattaa jo päästöjen lisäksi myös poistumat, tutkimuksen tuloksena tutkijat suosittelivat hiilikädenjäljen käsitteen rajaamista tarkoittamaan hiilietua rakennushankkeen ulkopuolisesta näkökulmasta. Tutkimuksen mukaan hiilikädenjälki rajattaisiin tarkoittamaan rakennusten tapauksessa siis mahdollisia ilmastohyötyjä kyseisen järjestelmän rajojen

ulkopuolella. Tämän määritelmän lisäksi tutkimuksen tuloksena tutkijat pitivät erityisen tärkeänä ilmastaselvitysten kehittämistä siten, että niin rakentajat kuin suunnittelijatkin voisivat tuoda esiin merkittäviä ilmastoinnovaatioita. Ja vaikka hiilikädenjäljen ja hiilijalanjäljen laskelmat suositeltiinkin pitämään ilmastaselvityksessä toisistaan erillään, pitäisi huomattavien ilmastoinnovaatioiden kehittämisestä ja käyttämisestä rakennusprojektissa saada jonkinlaista etua ilmastaselvityksissä. (Häkkinen ym. 2021, 4–6, 85–86.)

### 3.3.2 Vähähiilisen rakentamisen tuleva säädösohjaus

Varsinainen säädösohjauksen kehittäminen alkoi perusteellisen tutkimustyön aikana ja jatkui sen jälkeen. Vuonna 2019 ympäristöministeriö julkaisi versionsa rakentamisen vähähiilisyyden arviointimenetelmästä pohjautuen lausuntokierrokselta saatuun palautteeseen, pohjoismaisen yhteistyön tuomiin kokemuksiin, menetelmän koekäyttöön ja EU:n Level(s)-menetelmän testaukseen. Kyseinen arviointimenetelmä oli testivaiheessa vuosina 2019–2020 ja sitä käytettiin yli neljässäkympyessä rakennushankkeessa. Testivaihetta seurasi jälleen lausuntokierros vuonna 2020. Arviointimenetelmää kehitettiin edelleen saatujen kokemusten ja lausuntojen perusteella, jonka jälkeen menetelmästä julkaistiin uusi versio vuonna 2021. Kesäkuussa 2021 arvioinnin menetelmäohjeesta ja ehdotuksesta ympäristöministeriön asetukseksi rakennuksen ilmastaselvityksestä tehtiin lausuntopyyntö. Lausuntoja otettiin vastaan elokuuhun 2021 asti, jonka jälkeen menetelmän ja asetuksen kehittäminen on jatkunut edelleen näiden pohjalta. (Lausuntopalvelu 2021.)

### **Ympäristöministeriön asetuseräluonnos**

Vuoden 2021 ympäristöministeriön asetuseräluonnoksen mukaan ilmastaselvitykseen tulisi arvioida hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki käyttämällä rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmää. Hiilijalanjälki kuvaisi ennen rakennuksen käyttöä, käytön aikana ja käytön jälkeen tapahtuvia eloperäisiä ja fossiilisia kasvihuonekaasupäästöjä ja niiden poistumaa rakennuksesta. Hiilikä-

denjälki taas kuvaisi sellaisia vältettyjä ja poistettuja kasvihuonekaasupäästöjä rakennuksen elinkaaren ajalta, joita ei ilman kyseistä rakennushanketta olisi saavutettu. Ilmastaselvitys tulisi tehdä niin uudis- kuin korjauskohteillekin. Uudisrakennukselle ilmastovaikutukset laskettaisiin koko rakennuksen elinkaaren ajalle, kun taas korjauskohteessa riittäisi arvioinnin suorittaminen vain toimenpidealueelta korjaustoimenpiteiden ja rakennuksen loppuelinkaaren ajalta. (Ympäristöministeriö 2021b, 1 §, 6 §, 14 §, 21 §.)

Luonnoksen mukaan asetus sisältäisi neljä päälukua. Ensimmäisessä luvussa tehtäisiin tarvittavat määritelmät vähähiilisyden arvioinnille. Seuraavassa luvussa käsiteltäisiin hiilijalanjälkeä ja sen laskemista, jota seuraisi vastaava luku hiilikädenjäljestä laskentamenetelmineen. Lopuksi käsiteltäisiin ilmastaselvityksen laatimista käytännössä ja laskentatulosten oikeaoppista esittämistä. (Ympäristöministeriö 2021b.)

Ympäristöministeriön asetusluonnoksen ensimmäisen luvun mukaan arvioinnin kohteena olisi rakennus ja rakennuspaikka asetukseen myöhemmässä vaiheessa säädetyssä laajuudessaan. Rakennukseen kuuluisivat rakenteiden maanpäälliset osat ja talotekniikan pääosat, kun taas rakennuspaikkaan kuuluisivat rakennuksen maanalaiset osat ja rakennuspaikan muut mahdolliset rakenteet. Rakennuspaikan rakenteiden sisällyttämistä vähähiilisyden arviointiin perusteltiin perustelumuiustiossa pohjarakentamisen ja eri perustamisolosuhteiden ilmastovaikutuksien tiedonkeruulla, joka tulisi edesauttamaan tulevaisuudessa kaavoituksen ilmastovaikutusten huomioimisessa. Ilmastovaikutusten jaottelu erikseen rakennuksille ja rakennuspaikalle auttaisi myös siinä, etteivät välttämättömät paalutus- tai stabilointityöt rakennuspaikalla hankaloittaisi itse rakennuksen pysymistä vähähiilisyden rajoissa. (Ympäristöministeriö 2021b, 1–3 §; Ympäristöministeriö 2021c, 9–10, 33.)

Arviointi ei luonnoksen mukaan tulisi sisältämään rakennuspaikalla olevan kasvillisuuden tai sen raivaamisen, maaperän tai sen puhdistustöiden, purettavien rakennusten tai rakenteiden, eikä rakentamisaikaisten telineiden ja suojausien ilmastovaikutuksia. Perustelumuiustion mukaan kasvillisuuden ja

maaperän osalta hiilen kierron arvioiminen ja laskeminen olisi erittäin haastavaa nykyisin menetelmin, purettavien rakennusten ja rakenteiden ilmastovaikutukset kuuluvat näiden omien elinkaarien loppuvaiheeseen eivätkä siksi kuulu uuden rakennuksen elinkaareen, ja telineiden ja suojauksien ilmastovaikutuksista on hyvin vähän tietoa ja elinkaaren vaiheita on lähes mahdotonta arvioida ennalta. (Ympäristöministeriö 2021b, 3 §; Ympäristöministeriö 2021c, 9–10, 33.)

Luvun 4.2 alaluvussa 4.2.2 on nähtävillä taulukkomuotoinen havainnollistava esitys vähähiilisuuden arviointiin sisältyvistä ja sisältymättömistä osista luonnoksen mukaisesti. Arviointijakson käyttövaiheen pituus olisi luonnoksen mukaan 50 vuotta, joka ei sisältäisi rakennus- tai purkutyömaan kestoa. Arvioinnissa käytettäisiin lähtötietona kansallisen päästötietokannan päästötietoja tai yleisesti hyväksytyä yhtenäistä menetelmää käyttäen määritellyjä ympäristöominaisuustietoja. Jälkimmäinen tarkoittaisi pääasiassa rakennusmateriaalien EPD-ympäristöselosteita, joiden tietoja voitaisiin käyttää hyväksi laskelmissa, mikäli tarkat materiaalitiedot olisivat ilmastaselvityksen laskentavaiheessa tiedossa. Ilmastaselvityksen laadintaan ei tarvittaisi erityistä pätevyyttä, vaan sen voisi suorittaa asetusluonnoksen mukaan pääsuunnittelija, rakennussuunnittelija ja erityissuunnittelija tehtäviensä mukaisesti. (Ympäristöministeriö 2021b, 4–5 §, 21 §; Ympäristöministeriö 2021c, 10–12.)

Ympäristöministeriön arviointimenetelmä kattaisi asetusluonnoksen perustelumuition mukaan standardissa EN 15978 määritellyistä rakennuksen elinkaaren vaiheista vaiheet

- A1–A3 Raaka-aineiden valmistus, kuljetukset valmistukseen ja tuotteiden valmistus,
- A4 Kuljetukset työmaalle,
- A5 Työmaatoiminnot,
- B4 Rakennustuotteiden vaihdot,
- B5 Laajamittaiset korjaukset (ei uudisrakennushankkeissa),
- B6 Energian käyttö,
- C1–C4 Purkutyöt, kuljetukset käsittelyyn, jätteenkäsittely ja loppusijoitus, sekä

- D Vaikutukset elinkaaren ulkopuolella (arviointirajauksen tai -jakson suhteen).

Rakennuksen käyttöä edeltävistä vaiheista arvioitaisiin luonnoksen perustelumuistion mukaan siis kaikki vaiheet A1–A5 rakennusmateriaalien valmistuksesta työmaatoimintoihin asti. Sen sijaan rakennuksen käytön aikaisista vaiheista B1–B8 arvioitaisiin ainoastaan rakennustuotteiden vaihdot ja rakennuksen energian käyttö. Rakennustuotteiden vaihdot liittyvät yleensä tuotteiden ja rakennusosien teknisen käyttöiän päättymiseen ennen 50 vuotisen arviointijakson päättymistä. Rakennuksen energian käyttö taas on keskeisimpiä rakennuksen vähähiilisyys-teen vaikuttavia tekijöitä, joten sen sisällyttäminen arviointiin on ilmeistä. Lisäksi otettaisiin huomioon vaihe B5 silloin, kun kyse olisi uudisrakentamisen sijaan laajamittaisesta korjaushankkeesta. (Ympäristöministeriö 2021c, 6–8.)

Käyttövaiheen rajauksien mukaisesti suuri osa rakennuksen käytön aikaisista vaiheista jäisi kattamatta ympäristöministeriön arviointimenetelmällä. Arvioinnista jätettäisiin ulkopuolelle tuotteiden käytöstä, rakennuksen kunnossapidosta ja korjauksista aiheutuvat ilmastovaikutukset, kuin myös veden käytön ja käyttäjien toimien vaikutukset. Näiden vaiheiden pois jättämistä arvioinnista perusteltiin arviointimenetelmän perustelumuistiossa näiden vaikutuksien vähäisyydellä kokonaisuuteen nähden, tarpeiden arvioinnin epäluotettavuudella ja tarkkuuden varmistamisen vaikeudella. Rakennuksen käytön jälkeisistä vaiheista C1–C4 arvioitaisiin kaikki ja lisäksi myös rakennuksen elinkaaren ulkopuolella tapahtuvat vaikutukset vaiheessa D, jotka liittyisivät esimerkiksi kiertotalouden hyötyjen arviointiin. Kuvassa 12 on nähtävillä taulukkomuotoinen esitys arvioinnin rajauksista perusteluineen koskien elinkaaren vaiheita. (Ympäristöministeriö 2021c, 6–8.)

| Vaihe                   | Rajaus                            | Peruste   |   |
|-------------------------|-----------------------------------|---|---|
| A. Ennen käyttöä        | A1–3 Tuotteiden valmistus         | Arvioidaan  | Rakennusmateriaalien ilmastovaikutukset ovat tutkimusten mukaan merkittäviä. Niiden määrä voidaan arvioida tarkasti suunnitteluvaiheessa.   |
|                         | A4 Kuljetukset työmaalle          | Arvioidaan  | Vaikka kuljetusten vaikutus elinkaaren hiilijalanjälkeen ei ole kovin suuri, se voidaan kohtuullisen luotettavasti arvioida. Kuljetusten vähentämisestä on myös muita hyötyjä ympäristölle ja yhteiskunnalle.   |
|                         | A5 Työmaa-toiminnot               | Arvioidaan  | Rakennustyömaiden vähähiilisyden parantamiseksi tehdään toimenpiteitä. Näiden toimien vaikuttavuuden tekeminen näkyväksi edellyttää rakennushankkeissakin arviointia.   |
| B. Käytön aikana        | B1 Tuotteiden käyttö              | Ei arvioida   | Vaikutus on hyvin vähäinen ja arviointi hankalaa. Koskisi kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnissa lähinnä talotekniikan laitteiden mahdollisia kylmäainevuotoja.  |
|                         | B2 Kunnossapito                   | Ei arvioida   | Vaikutus on vähäinen, eikä suunnitteluvaiheessa voida tehokkaasti vaikuttaa kunnossapidossa käytettäviin laitteisiin ja tuotteisiin.  |
|                         | B3 Korjaukset                     | Ei arvioida   | Odottamattomista rikkoontumisesta johtuvia korjaustarpeita on hankala arvioida riittävän luotettavasti.   |
|                         | B4 Rakennustuotteiden vaihdot     | Arvioidaan  | Rakennustuotteiden tekniseen käyttöikänsä liittyvästä kulumisen ja vaihtotarve voidaan arvioida kohtuullisen luotettavasti. Lisäksi vaihtojen sisällyttäminen on perusteltua, jotta vältettäisiin osaoptimoitua valitsemalla vähähiilisiä mutta lyhytikäisiä rakennustuotteita.                 |
|                         | B5 Laajamittaiset korjaukset      | Ei arvioida uusissa rakennuksissa   | Laajamittaisten korjausten yhteydessä tehdään yleensä merkittäviä muutoksia rakenteisiin, talotekniikkaan ja jopa tilajärjestelyihin. Tällaisia muutoksia on erittäin vaikea arvioida ennakoivasti. Tämän vuoksi laajamittaisiin korjaushankkeisiin tehdään erillinen vähähiilisyden arviointi. |
| C. Käytön jälkeen       | B6 Energian käyttö                | Arvioidaan  | Energian kulutus on keskeinen rakennuksen vähähiilisyteen vaikuttava tekijä.  |
|                         | B7 Veden käyttö                   | Ei arvioida   | Veden käytön vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen on vähäinen, mutta arviointi vie aikaa. Käyttöveden lämmittämisestä aiheutuvan energian hiilijalanjälki sisältyy kohdan B6 arviointiin.   |
|                         | B8 Käyttäjien toimet              | Ei arvioida   | Käyttäjien toimien arviointi edellyttäisi hankekohtaisesti tehtäviä skenaarioita, joiden tarkkuutta voi olla vaikea varmistaa.  |
| Elinkaaren ulkopuolella | C1 Purkutyöt                      | Arvioidaan  | Rakennuksesta purettavien materiaalien määrä tiedetään tarpeeksi tarkasti suunnitteluvaiheessa. Käytön jälkeisten vaiheiden lukeminen mukaan elinkaariarviointiin mahdollistaisi kiertotaloutta edistävien suunnitteluratkaisujen avulla saavutettavien hyötyjen arvioinnin.                    |
|                         | C2 Kuljetukset käsittelyyn        | Arvioidaan  |   |
|                         | C3 Jätteenkäsittely               | Arvioidaan  |   |
|                         | C4 Loppusijoitus                  | Arvioidaan  |   |
| D Muut vaikutukset      | Arvioidaan osana hiilikädenjälkeä | Kiertotalouden ja muiden ilmatoratkaisujen hyötyjen arviointi voidaan tehdä EN- ja EN ISO-standardien pohjalta. D-moduulin arviointi sisältyy myös muissa pohjoismaissa käyttöön tuleviin arviointimenetelmiin. |   |

Kuva 12. Asetusluonnoksen mukaisesti arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13).

Asetuksen luvuissa kaksi ja kolme tultaisiin käsittelemään asetusluonnoksen mukaan hiilijalanjälkeä ja hiilikädenjälkeä. Nämä kaksi lukua sisältäisivät lähinnä laskemiseen käytettäviä kaavoja selvityksineen. Rakennuksen hiilijalanjälki rakennuksen elinkaaren ajalta tultaisiin laskemaan kaavalla:

$$C_{\text{jalanjälki}} = GWP_{\text{valmistus}} + GWP_{\text{vaihdot}} + GWP_{\text{jätteenkäsittely}} + GWP_{\text{loppusijoitus}} \\ + GWP_{\text{kuljetukset}} + GWP_{\text{työmaa}} + GWP_{\text{käyttöenergia}}$$

Kaava 1. Rakennuksen hiilijalanjälki (Ympäristöministeriö 2021b, 6 §).

kun taas rakennuksen elinkaaren hiilikädenjälki kaavalla:

$$C_{\text{kädenjälki}} = GWP_{\text{uudelleenkäyttö ja kierrätys}} + GWP_{\text{kierrätyspolttoaine}} + \\ GWP_{\text{polttolaitos}} + GWP_{\text{uusiutuva energia}} + GWP_{\text{hiilivarasto}} + GWP_{\text{karbonatisoituminen}}$$

Kaava 2. Rakennuksen hiilikädenjälki (Ympäristöministeriö 2021b, 14 §).

Kaavoissa esiintyvä lyhenne GWP, Global Warming Potential, tarkoittaa vaikutuspotentiaalia ilmaston lämpenemiseen (SFS-EN 15804:2012 + A2:2019, 13). Jokaiselle hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen kaavoissa esiintyvälle ilmaston lämpenemisen vaikutuspotentiaalille on lisäksi määriteltynä oma laskukaavansa ja näiden laskemiseen tarvittavat lähtötiedot. (Ympäristöministeriö 2021b, 6–20 §.)

Asetuksen neljännessä eli viimeisessä luvussa keskityttäisiin varsinaisen konkreettisen ilmastaselvityksen laatimiseen. Ilmastaselvityksessä ilmoitettaisiin rakennuksen vähähiilisuuden arvioinnin tulokset

- ryhmiteltynä erikseen rakennuksille ja rakennuspaikalle,

- jaoteltuna rakennuksen elinkaaren eri vaiheille (ennen käyttöä, käytön aikana, käytön jälkeen),
- jaoteltuna erikseen hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen osuuksiin,
- suhteutettuna arvioinnin tulokset pinta-alaan ja arviointijakson pituuteen ja
- kokonaistuloksena koko rakennuksen elinkaarelle.

Huomionarvoista on, että hiilikädenjäljen laskentatulokset ilmoitettaisiin laskelmissa erikseen, eikä sen määrää vähennettäisi hiilijalanjäljen tuloksesta. Hiilikädenjälki ilmoitettaisiin ilmastaselvityksessä kolmella eri tavalla, eli

- suhteutettuna lämmitetylle huonealalle ja arviointijakson pituudelle,
- rakennuspaikan osalta jaettuna rakennuspaikan pinta-alalle ja arviointijakson pituudelle sekä
- kokonaissummana.

Tulosten esittämistä ilmastaselvityksessä monella eri tavalla perusteltiin perustelumuistiossa sillä, että eri tavoilla esitetyt tulokset voivat olla tulevaisuudessa hyödyllisiä eri tahoille ilmastovaikutusten jatkoarvioinnissa. Tulosten ilmoittaminen pinta-alaa kohden olisi hyödyllistä suunnittelijoille, rakennusliikkeille ja viranomaisille, kun haluttaisiin vertailla eri rakennuksia keskenään. Kokonaistuloksen ilmoittamista taas voitaisiin hyödyntää kaavoituksen ja maankäytön suunnittelun parissa. Rakennuksen elinkaaren eri vaiheiden tulokset antaisivat tietoa päästöjen ajallisesta jakautumisesta, josta voitaisiin hyötyä viranomaistasolla seurattaessa hiilineutraaliuden ja hiilinegatiivisuuden tavoitteiden täyttymistä. Ajallisesti jaoteltuna päästöjä voitaisiin esimerkiksi mallintaa vuosikymmenittäin suhteessa Suomen ilmastotavoitteisiin. Hiilikädenjäljen laskemista rakennuksille voitaisiin samoin hyödyntää alueellisten ja kansallisten ilmastotavoitteiden jatkosuunnittelussa ja seurannassa. (Ympäristöministeriö 2021c, 32-34.)



## Muutokset maankäyttö- ja rakennuslakiin

Jotta vähähiilisyiden arviointimenetelmä ja ilmastaselvitys saataisiin osaksi lainsäädäntöä, tulisi ensin olemassa olevaa rakennuslakia muokata näiden osalta. Maankäyttö- ja rakennuslaki ei sisällä tällä hetkellä minkäänlaista rakentamisen hiilidioksidipäästöjen sääntelyä, eikä sääntelyä ole myöskään EU:n tasolla. Ehdotus uudeksi rakentamislaki on käynyt läpi lausuntokierroksen ja sen kuulemistilaisuus järjestettiin huhtikuussa 2022. Tämänhetkisen tiedon valossa uusi rakentamislaki astuisi voimaan 1.1.2024. Uuden lain myötä pääfokus lainsäädännössä tulisi olemaan kestävässä rakentamisessa ja rakentamisen digitalisaatiossa. Näin ollen muutokset vanhaan lakiin liittyisivät hallituksen esityksen mukaan suurelta osin ilmastomuutoksen hillitsemis- ja sopeutumistoimiin, kiertotalouden edistämiseen sekä rakentamisen päästöjen ja tietosisällön digitaalisuuden valtakunnalliseen mahdollistamiseen. Vähähiilisen rakentamisen kannalta merkittävimpiä muutoksia hallituksen ehdotuksessa uudeksi rakentamislaki ovat

- rakennuksen vähähiilisyiden lisääminen lakiin olennaisena teknisenä vaatimuksena,
- hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen raportointivelvollisuus ilmastaselvityksellä rakennusluvan yhteydessä,
- rakennuksen vähähiilisyiden kansallisen arviointimenetelmän, kansallisen päästötietokannan ja muiden arviointimenetelmien mukaisen tiedon käyttäminen hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen arvioinnissa,
- kansallisen päästötietokannan ylläpitäminen ympäristöministeriön toimesta, josta löytyvät ajantasaiset yleisluontoiset tiedot hiilijalanjäljelle ja hiilikädenjäljelle, sekä
- asetuksenantovaltuuksien säätäminen vähähiilisen rakentamisen vaikuttavan säädösohjauksen toteuttamiseksi. (Hallitus 2021, 98–100.)

Hallituksen esityksen mukaan vähähiilisen rakentamisen mukaiset muutokset eivät koskisi aivan kaikkia tilanteita. Hiilijalanjäljen raja-arvot eivät tulisi ainakaan vielä tässä vaiheessa koskemaan

- uudisrakennuksia, joita ei ole tarkoitus suunnitella ja rakentaa lähes nollaenergiarakennuksiksi,
- erillispientaloja tai
- laajamittaisesti korjattavia rakennuksia.

Sen sijaan erillispientalojen ja laajamittaisesti korjattavien rakennusten tapauksessa olisi kuitenkin hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen raportointivelvollisuus ilmastaselvityksellä rakennuslupavaiheessa. Hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki tulisi siis laskea samalla tavoin kuin muissakin tapauksissa vähähiilisuuden arviointimenetelmää käyttämällä, mutta laskennan tuloksia eivät ohjaisi raja-arvot. (Hallitus 2021, 98–100, 115, 409–411.)

Poikkeuksen ilmastaselvityksen laadinnassa taas tekisivät esityksen mukaan rakennukset, joita ei ole suunniteltava ja rakennettava lähes nollaenergiarakennuksiksi. Ilmastaselvitystä ei tarvitsisi myöskään laatia silloin, kun kyseessä olisi laajamittainen korjaus tai korjattava erillispientalo, jonka energiatehokkuutta ei olisi lain mukaisesti määrätty parannettavaksi korjaustyön yhteydessä. Erillispientalojen osalta tämä tarkoittaisi siis sitä, että ilmastaselvitysvelvoite koskisi uusia erillispientaloja, mutta ei vanhojen korjauksia. Erillispientalon vähähiilisuuden arviointiin ei liittyisi ainakaan tässä vaiheessa vielä lainkaan raja-arvoja. (Hallitus 2021, 409–411.)

Hallituksen esityksen mukaan hiilijalanjäljen raja-arvovaatimukset eivät myöskään koskisi

- rakennuksia, joiden kerrosala on alle 50 neliometriä,
- loma-asuntoja, joissa asutaan alle neljä kuukautta vuodessa,
- väliaikaisia rakennuksia, joiden käyttöaika on alle kaksi vuotta,
- teollisuus- ja korjaamorakennuksia,
- ei asumiskäyttöön tarkoitettuja maatarakennuksia, jossa energiantarve on vähäinen tai jota koskee kansallinen alakohtainen energiatehokkuussopimus,
- rakennuksia, joita käytetään hartauden harjoittamiseen ja uskonnolliseen toimintaan ja

- rakennuksia, jota suojellaan esimerkiksi rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain, kaavassa annetun suojelumääräyksen tai maailman kulttuuri- ja luonnonperinnön suojelemisesta tehdyn yleissopimuksen mukaisesti. (Hallitus 2021, 411.)

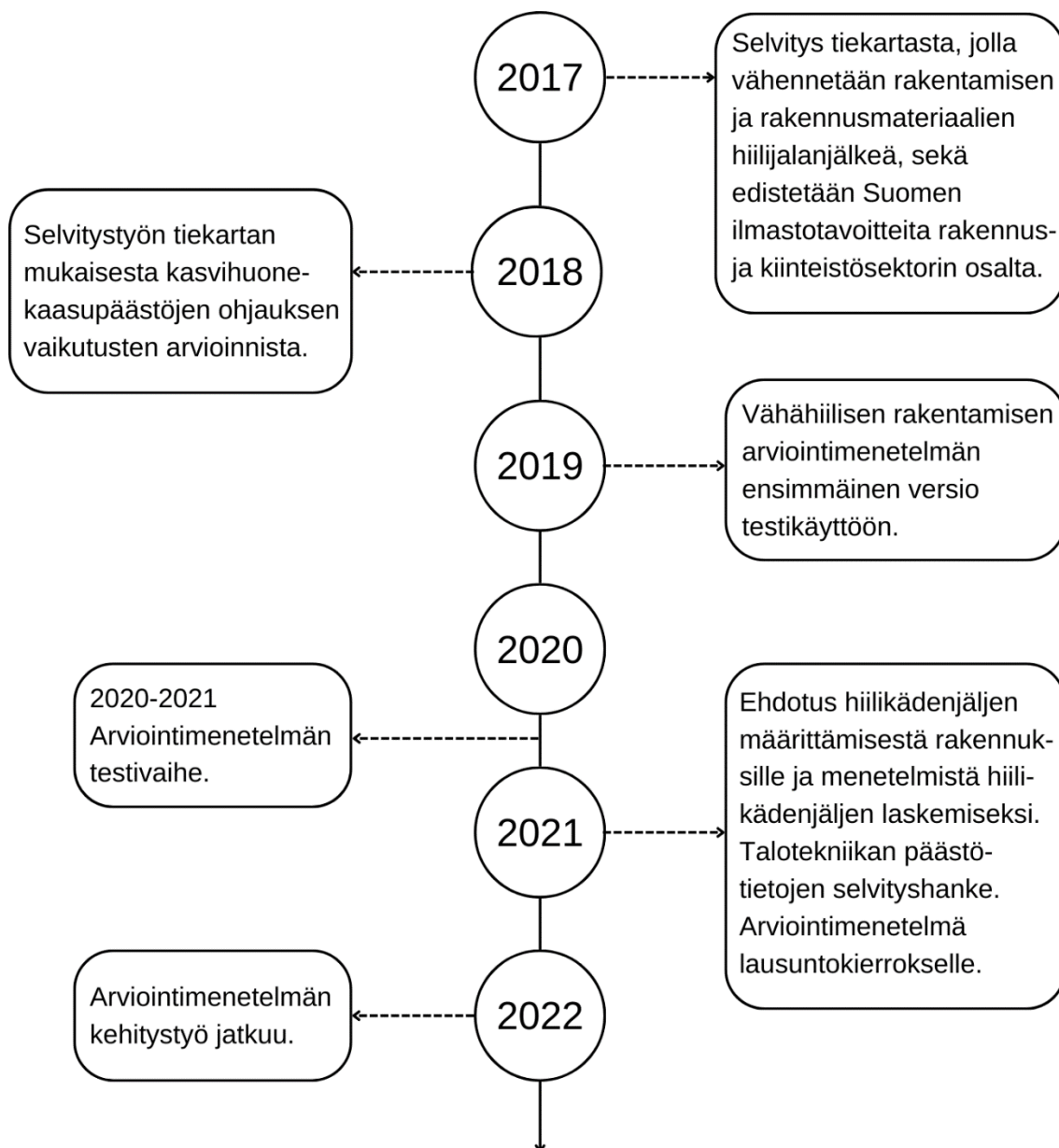
### **Arviointimenetelmän ohjeluonnos**

Ympäristöministeriön laatiman arviointimenetelmän varsinaisessa ohjeluonnoksessa olivat esitettynä hyvin pitkälti samat asiat kuin asetusluonnoksessa ja tämän perustelumuiustiossakin. Ohjeluonnos sisälsi näissä esiintyvien tietojen lisäksi myös perinpohjaista teoretietoa ja antoi käytännön esimerkkejä ilmastovaikutusten laskemisen avuksi. Arviointimenetelmää tarkasteltaessa piti toki ottaa huomioon, että luonnosta tultaisiin vielä päivittämään lopulliseen muotoonsa ympäristöministeriön asetuksen voimaantulon jälkeen (Ympäristöministeriö 2021a, 5). Tämän takia muutoksia voitiin olettaa vielä tulevan ennen lopullisen ohjeen julkaisua.

#### **3.3.3 Yhteenveto rakentamisen ilmastovaikutusten tulevasta säädösohjauksesta Suomessa**

Yhteenvetona rakentamisen ilmastovaikutusten tulevasta säädösohjauksesta Suomessa voidaan todeta, että selvitys- ja tutkimustyö aiheen ympärillä ovat olleet hyvinkin aktiivisena lähivuosien ajan. Kuvassa 13 nähdään aikajanamuotoinen esitys Suomen pyrkimyksistä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta. Ympäristöministeriö on valmistellut rakennusten elinkaaren vähähiilisyyden arvioinnin säädösohjausta vuodesta 2016 lähtien, jolloin alkoi vähähiilisen rakentamisen tiekartan kehittäminen. Tästä eteenpäin tutkimustyö aiheen parissa on jatkunut tasaisesti vuosien 2017–2021 aikana, jonka jälkeen arviointimenetelmä ja asetusluonnos julkaistiin lausuntokierrokselle vuonna 2021. Lausuntokierroksen jälkeen vuosien 2021–2022 aikana kehitystyö on jatkunut kiivaana. Kun arviointimenetelmä on saatu viimeisteltyä ja tarkoin määriteltä, on seuraavana vaiheena vielä rakennuksen ilmastovaikutusten raja-

arvojen määrittäminen. Tämänhetkisenä tavoitteena on saada niin pakollinen rakennuksen elinkaaren vähähiilisyys arvioiminen kuin hiilijalanjäljen raja-arvotkin osaksi säädösohjausta vuosien 2024–2025 aikana. Tällä hetkellä kyseinen aikataulu vaikuttaa hyvinkin todennäköiseltä.



Kuva 13. Aikajana Suomen kehitystyöstä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta.

### 3.4 Rakentamisen ilmastovaikutukset Ruotsissa

Ruotsin ilmastotavoitteet määritettiin tammikuussa 2018 ja näiden mukaisesti Ruotsin pyrkimyksenä oli toimia yhtenä johtavana maana Pariisin sopimuksen tavoitteiden saavuttamisessa. Tällöin linjattiin, että Ruotsin tavoitteena olisi olla hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä ja tämän jälkeen kehityksen olisi jatkuttava kohti negatiivisia hiilidioksidipäästöjä. Tavoitteen saavuttamiseksi kehitettiin rakennusosalalle oma tiekartta Fossil-Free Sweden -aloitteen myötä. Tiekartan mukaisesti tavoitteena olisi puolittaa rakennusalan päästöt vuoden 2015 aikaisesta vuoteen 2030 mennessä, jonka jälkeen hiilineutraaliuden tavoite vuoteen 2045 mennessä voitaisiin saavuttaa. (Regeringens proposition 2020/21:144, 9–10.)

EU:n tasolla Ruotsin päästöt olivat vuonna 2019 1,4 prosenttia kokonaispäästöistä kasvihuonekaasujen osalta ja se on pystynyt vähentämään päästöjään hieman EU:n keskiarvoa nopeammin vuodesta 2005 lähtien. Teollisuus- ja rakentamisalan osuus vuonna 2019 Ruotsin päästöistä oli 12 prosenttia. Ruotsi on pystynyt vähentämään teollisuus- ja rakennusalan päästöjään vuosien 2005–2019 aikana noin 36 prosenttia. Suurimmat päästöt vuonna 2019 aiheutuivat liikenteestä ja energiasektorista, jotka nekin ovat kytköksissä välillisesti rakentamisen päästöihin. (European Parliamentary Research Service 2021c, 1–3).

Asuntovirasto Boverketin mukaan rakennus- ja kiinteistösektorin osuus koko Ruotsin kasvihuonekaasupäästöistä oli viidennes vuonna 2021 laaditussa lakiehdotuksessa. Kokonaispäästöt olivat vuonna 2018 noin 21 prosenttia Ruotsin kotimaan päästöistä. Vuosina 1993–2007 rakennusalan päästöt ovat vähentyneet, mutta vähenemisvauhti on hidastunut vuodesta 2008 eteenpäin. Päästöjen asteittainen väheneminen on ollut seurausta lämmitykseen tarvittavien päästöjen vähenemisestä ja öljylämmityksen syrjäytymisestä kaukolämmön ja lämpöpumppujen myötä. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on myös vähentynyt kaukolämmön tuottamismenetelmänä. Vaikka energian tuottamisen ja käyttämisen aiheuttamat päästöt ovat vähitellen vähentyneet, ovat kuitenkin rakennusten

peruskorjausten ja uudisrakentamisen päästöt pysyneet melko sama vuodesta toiseen. Uudistuotannon ja purkutöiden osuus oli vuonna 2021 noin 50 prosenttia Ruotsin rakennusalan ilmastovaikutuksista elinkaarinäkökulmasta tarkasteltuna. Rakennuksen lämmityksen päästöt vastasivat noin 30 prosenttia päästömäärästä ja loput 20 prosenttia olivat seurausta muista kiinteistönhoidon toimenpiteistä. (Regeringens proposition 2020/21:144, 14.)

### **Kirjallisuuskatsauksen eteneminen**

Ruotsin menetelmää säädöspohjaisen ilmastaselvityksen laatimisen osalta rakennuksille tarkasteltiin kahdessa osassa. Kirjallisuuskatsauksen hakuvaiheessa löydetty lähdeaineisto (liite 2) jaettiin menetelmän kehitystyön taustatutkimuksiin, ja lakia ja asetusta koskeviin aineistoihin, joita tarkasteltiin omina kokonaisuuksinaan. Ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin kuvassa 14 näkyviä asuntovirasto Boverketin taustatutkimuksia

- "Tidplan för insatser och åtgärder inför krav på klimatdeklaration" (Boverket 2020b),
- "Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader (Boverket 2020c),
- "Klimatdeklaration av byggnader" (Boverket 2018b),
- "Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan" (Boverket 2018a),
- "Miljö- och klimatanpassande byggregler" (Boverket 2016) ja
- "Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livcykelperspektiv" (Boverket 2015).



Kuva 14. Rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin kehittämisen avuksi teetetyt tutkimukset Ruotsissa.

Tämän jälkeen tarkasteltiin toisena kokonaisuutenaan kuvan 15 mukaisia säädösaineistoja

- ”Lag om klimatdeklaration för byggnader” (SFS 2021:787),
- ”Lag om ändring i plan- och bygglagen” (SFS 2021:788),
- ”Förordning om klimatdeklaration för byggnader” (SFS 2021:789) ja
- ”Prop. 2020/21:144 Klimatdeklaration för byggnader” (Regeringens proposition 2020/21:144).





## **Esiselvitykset tutkimuksen ja tietämyksen tilasta Ruotsissa**

Boverketin vuoden 2015 esiselvityksessä analysoitiin tutkimuksen ja tietämyksen tilaa Ruotsissa rakennusten ilmastovaikutuksista elinkaarinäkökulmasta. Samalla selvitettiin rakennusalan tiedottamisen ja ohjaustoimenpiteiden tarvetta. Esitutkimuksen johtopäätöksiä selvitettiin, että valtion tulisi ottaa vetovastuu rakennusalan päästöjen vähentämisestä. Muiden maiden kokemusten perusteella voitiin todeta, että ilmastovaikutusten ohjaaminen lakitasolla oli ollut menestyksekkästä. Esitutkimuksessa mainittiin hyväksi arviointimenetelmäksi elinkaariarviointi, jota pidettiin tosin vielä vuonna 2015 melko monimutkaisena työkaluna. Esitutkimuksessa linjattiinkin tarve saada rakennuslalle avoimesti saatavia helppokäyttöisiä elinkaariarvioinnin työkaluja, sekä ohjeita ja esimerkkejä näiden käyttämiselle. Ohjausta tarvittaisiin myös rakennuksen käyttöön skenaarioista, huoltoväleistä ja eri rakennuksen osien uudelleenkäyttö- tai kierrätysmahdollisuuksista. Lisäksi nostettiin esille tarve täsmälliselle tiedolle yksittäisten tuotteiden ja prosessien ympäristö- ja ilmastovaikutuksista. (Boverket 2015, 5, 8.)

Toisessa esitutkimuksessa vuonna 2016 tehtiin lisäselvityksiä vuoden 2015 tutkimuksessa ilmenneiden seikkojen osalta, jotka koskivat eritoten elinkaarianalyysiä, ekosysteemipalveluja ja ilmastonmuutokseen sopeutumista. Uuden esitutkimuksen lopputuloksena esitettiin näiden kolmen eri näkökulman kannalta seuraavaksi tarvittavat lisätoimenpiteet. Elinkaariarvioinnin osalta esitutkimuksen johtopäätöksenä oli jatkaa vuoropuhelua alan sisällä, mutta tämän lisäksi myös ideoida konkreettinen konsepti elinkaariarvioinnin toteuttamiseksi rakennusten osalta. Tämän lisäksi esitettiin valvontakeinojen tutkimista rakennustuotteiden ympäristöselosteille, kuin myös jätehuollolle rakennusten purkamisen ja kierrätyksen helpottamiseksi. Ekosysteemipalveluiden osalta esitutkimuksessa esitettiin, että asuntovirasto Boverketin tulisi tutkia valvontatoimenpiteitä rakennetun ympäristön ekosysteemipalveluiden suojelemiseksi. Lisäksi tulisi analysoida perusteellisesti tarpeet sääntömuutoksille kaavoitus- ja rakentamislakiin, kaavoitus- ja rakentamisasetuksiin ja rakentamismääräyksiin. Ilmastonmuutokseen sopeutumisen osalta esitettiin, että rakentamismääräykset

tulisi tarkistaa sen osalta, käsitelläänkö niissä riittävässä määrin ilmastonmuutokseen liittyviä ongelmia. Kaavoitus- ja rakentamislaki sekä -asetus tulisi myös tarkistaa siltä osin, että nämä tarjoaisivat riittävästi tukea ilmastonmuutoksen käsittelemiseksi rakentamismääräyksissä. Samalla tulisi tutkia, pitäisikö ilmastokenaarioita käyttää perustana rakentamismääräysten vaatimustasojen määrittämiselle. Projektiryhmä kuitenkin arvioi, että oli liian aikaista tehdä vielä esitutkimusten perusteella ehdotuksia sääntömuutoksiksi. (Boverket 2016, 6–7, 9.)

### **Ehdotuksia toimenpiteistä kohti kestäväää rakentamista**

Näiden kahden esitutkimuksen jälkeen vuonna 2017 asuntovirasto Boverket sai hallitukselta määräyskirjeen tehdä ehdotuksia konkreettisista toimenpiteistä kohti kestäväää rakentamista erityisesti rakennusmateriaalien ilmastovaikutusten hillitsemisen avulla. Hallituksen määräystä asuntovirastolle täydennettiin vielä loppuvuodesta 2017, jolloin hallitus pyysi asuntovirastolta ehdotusta menetelmäksi uusien rakennusten ilmastovaikutusten laskemiseksi ja raportoimiseksi elinkaarinäkökulmasta, sekä tämän lisäksi ehdotusta kyseisen ohjausmenetelmän valvonnan suunnittelemiseksi. (Boverket 2018a, 9.)

Tämän toimeksiannon myötä asuntovirasto Boverket analysoi vuoden 2018 raportissaan useita uusia torjuntatoimenpiteitä ilmastovaikutusten vähentämiseksi rakennusprosessissa ja esitti raportissaan neljä uutta poliittista menetelmää. (Boverket 2018a, 11–12.)

Ensimmäisenä menetelmänä asuntovirasto ehdotti elinkaariarvioinnin ohjeistamisen kehittämistyön jatkamista siten, että saataisiin lisättyä laskelmien tuntemusta ja täten voitaisiin alkaa hyödyntää laskelmia rakennusten suunnittelutyössä. Tällöin myös rakennustuotteiden päästöjä koskevien tietojen tarve kasvaisi. Toisena ehdotuksena asuntovirasto linjasi ilmastaselvityksen rakennuksille. Kyseisestä ehdotuksesta laadittiin kokonaan oma raporttinsa, joka sekin julkaistiin vuonna 2018. Ilmastaselvitystä rakennuksille perusteltiin tietoisuuden lisäämisellä ja sillä, että se olisi toimiva keino ilmastovaikutusten

ohjaamiseksi pitkällä aikavälillä. Ilmastaselvitys voisi lieventää myös rakennustuotteiden ilmastovaikutuksia koskevan tiedon epätasapainoa rakennustuotteiden valmistajien ja asiakkaiden välillä, kun asiakkaiden tietoisuus ja tietämys lisääntyisivät. (Boverket 2018a, 11–12.)

Kolmanneksi menetelmäksi ehdotettiin viranomaisten työskentelyn lisäämistä kohti ilmastopäästöjen vähentämistä rakennuksien osalta. Kun viranomaiset toimisivat esimerkkinä, saataisiin ehdotuksen mukaan lisättyä tietämystä ja lisättäisiin luotettavan tiedon kysyntää. Viimeiseksi keinoksi asuntovirasto ehdotti julkisten hankintojen osalta kriteerejä elinkaarianalyysille. Näiden neljän poliittisen menetelmän lisäksi asuntovirasto kuvasi kolme muuta menetelmää, mutta nämä olivat päällekkäisiä jo olemassa olevien hallintamenetelmien kanssa, joten näiden osalta tultaisiin tarvitsemaan huolellista lisätutkimusta. Kyseiset menetelmät olivat raja-arvojen asettaminen uusille rakennuksille, kannustin- ja rankaisemissysteemi rakennuksille, sekä investointituki asiakkaalle. (Boverket 2018a, 11–12.)

### **Ehdotus rakennusten ilmastaselvityksestä**

Asuntovirasto Boverketin ehdotuksesta laatia uusille rakennuksille ilmastaselvitykset laadittiin oma loppuraporttinsa vuonna 2018, joka sisälsi myös laki- ja asetusehdotuksen ilmastaselvitysten toteuttamiseksi. Raportissaan asuntovirasto ehdotti, että otettaisiin käyttöön lakisääteinen ilmastaselvityksen laatiminen uusille rakennuksille. Lain tarkoituksena olisi aluksi pääasiassa lisätä tietoutta rakennusten ilmastovaikutuksista. Ilmastaselvityksen laatiminen antaisi myös näkemyksiä rakennushankkeen eri asiantuntijoille siitä, millä keinoilla he voisivat omilla toimillaan edesauttaa rakentamisen ilmastovaikutusten vähentämisessä. Asuntoviraston ehdotus perustuisi loppuraportin mukaan aluksi vähimmäistasoon ja otettaisiin vaiheittain käyttöön lähes kaikenlaisiin rakennuksiin, jotta tietoutta ilmastovaikutuksista saataisiin levitettyä mahdollisimman laaja-alaisesti. Lain ensimmäisessä vaiheessa ilmastaselvitys otettaisiin käyttöön kerrostaloihin ja toimitilarakennuksiin. Muihin rakennuksiin

erillispientalot mukaan lukien ilmastaselvitykset otettaisiin käyttöön ehdotuksen mukaan kahden vuoden viiveellä. (Boverket 2018b, 11–12.)

Loppuraportissaan asuntovirasto ehdotti pakolliseksi raportoida vain rakennuksen tuote- ja rakennusvaiheen elinkaaren moduulit A1–A5, sillä täydellisen elinkaarianalyysin laatimista pidettiin tässä vaiheessa liian vaativana. Laskentamenetelmän katsottiin olevan tässä vaiheessa riittävän kehittynyt, jotta sitä voitaisiin alkaa käyttää ehdotuksessa kuvatussa laajuudessa lyhyelläkin varoitusajalla. Lisäksi asuntovirasto esitti raportissaan, että laskelmiin sisällytettäisiin vain kantavat rakenneosat, rakennuksen vaipan rakenneosat ja sisäseinät. Tämä rajaus kattaisi noin 80–90 prosenttia tuotevaiheen moduulien A1–A3 ilmastovaikutuksista. Tutkimusta, jonka avulla prosentuaalinen osuus oli saatu määriteltyä ei ilmoitettu loppuraportissa. Ilmastaselvityksien valvonnan osalta asuntovirasto esitti raportissaan, että vastuu valvonnasta siirrettäisiin asuntovirastolle. (Boverket 2018b, 12–13.)

Ilmastaselvitysten myötä asuntovirasto Boverket arvioi vuoden 2018 loppuraportissaan, että rakennusalan hiilidioksidipäästöt tulisivat vähenemään näillä muutoksilla noin 5–10 vuoden sisällä, ja tämä päästövähennys tulisi olemaan noin 10–20 prosenttia nykyiseen verrattuna. Seuraava askel olisi asuntoviraston loppuraportin mukaan laatia pitkän ajan suunnitelma siitä, milloin lisämoduuleja ja raja-arvoja voitaisiin lisätä osaksi ilmastaselvityksiä. Loppuraportissa arvioitiin uusien säännösten tulevan voimaan aikaisintaan tammikuussa 2021. Asuntovirasto painotti loppuraportissaan, että työskentelyä tulitaisiin jatkamaan hyvin nopealla aikataululla siten, että raja-arvoja sekä uusia moduuleja ja rakennusosia voitaisiin sisällyttää laskelmiin. (Boverket 2018b, 14–16.)

### **Valmistelutyöt kohti ilmastaselvityksen käyttöönottoa**

Vuoden 2018 jälkeen alkoivat asuntoviraston valmistelutyöt kohti ilmastaselvityksen käyttöönottoa. Valmistelutyöt koskivat vuosien 2019 ja 2020 aikana avoimen päästötietokannan, ilmastaselvitysrekisterin ja ohjemateriaalien

kehittämistä, suunnitelman laatimista ilmastaselvitysten jatkokehittämiseksi sekä valtion virastojen avustamista uusien määräysten laatimisessa. Näiden valmistelutoimenpiteiden osalta luotiin viisi osaprojektia, joista asuntovirasto kertoi tiivistetysti aikatauluineen vuoden 2020 selvityksessään. Esimerkiksi päästötietokannan kehittäminen aloitettiin testiversiolla yritysten pilottihankkeille ja yhteistyötä tehtiin tiiviisti Suomen kanssa, joka myös kehitti samaan aikaan omaa kansallista päästötietokantaansa. Loppuraportissa vahvistettiin lain tulevan voimaan 1.1.2022. (Boverket 2020b, 5–8.)

### **Etenemissuunnitelma ilmastaselvityksen kehitystyöstä**

Viimeisenä vaiheena ennen ilmastaselvitysten ottamista osaksi Ruotsin lainsäädäntöä teki asuntovirasto Boverket etenemissuunnitelman siitä, miten vuoden 2022 alussa julkaistavaa ilmastaselvitystä tultaisiin laajentamaan jatkossa ja minkälaisia tiekartta- ja raja-arvoehdotuksia asuntovirastolla oli jatkoa ajatellen. Tässä vaiheessa prosessia lain valmisteleminen oli edennyt jo siihen pisteeseen, että hallitus oli julkaissut vuonna 2020 muistion lainsäädäntöehdotukseksi koskien ilmastaselvitysten ensimmäistä vaihetta, joka otettaisiin käyttöön 1.1.2022. Kuten aiemmissa raporteissa ja selvityksissä ilmeni, tultaisiin tässä ensimmäisessä vaiheessa ottamaan lainsäädäntöön mukaan vain rakennuksen elinkaaren vaiheet A1–A5. Muut rakennuksen elinkaaren vaiheet ja raja-arvot otettaisiin käyttöön vasta myöhemmin asuntoviraston raportoiman etenemissuunnitelman mukaisesti. (Boverket 2020c, 11.)

Asuntovirasto ehdottikin etenemissuunnitelmassaan, että raja-arvot otettaisiin käyttöön vuonna 2027 ja ne kattaisivat silloin ainakin tuote- ja rakennusvaiheen moduulit A1–A5. Raja-arvoja ehdotettiin kiristettäväksi vuosina 2035 ja 2043. Vaikka suurimmilla rakennusalan toimijoilla tulisi olemaan riittävästi osaamista ja kokemusta elinkaarilaskennasta jo ennen vuotta 2027, todettiin olevan silti järkevää odottaa raja-arvojen asettamista vuoteen 2027 asti. Tällä tavoin myös pienemmät toimijat saisivat tarpeeksi aikaa sopeutua uusiin määräyksiin ja näin luotaisiin paremmat edellytykset raja-arvojen sujuvalle käyttöönotolle. Asuntovirasto myös arvioi, että digitalisaation etenemisen ansiosta vuonna 2027

laskelmat tulisivat olemaan vielä nykyistäkin helpommin ja tarkemmin tehtävissä. Raja-arvoiksi asuntovirasto ehdotti etenemissuunnitelmassaan vuodelle 2027 20–30 prosenttia pienempää arvoa kuin referenssirakennuksella. Tutkimus raja-arvojen asettamisesta tultaisiin tekemään myöhemmin. Kiristykset tapahtuisivat vuosina 2035 ja 2043 siten, että raja-arvoja kiristettäisiin lineaarisesti raja-arvosta vuonna 2027, esimerkiksi 40 prosentin vähennyksellä vuoteen 2035 mennessä ja 80 prosentin vähennyksellä vuoteen 2043 mennessä. (Boverket 2020c, 11-16.)

Raja-arvojen lisäksi asuntovirasto ehdotti vuoden 2020 etenemissuunnitelmassaan, että vuonna 2027 lisättäisiin ilmastaselvityksen raportointiin myös enemmän elinkaaren vaiheita, mutta näitä ei otettaisi vielä mukaan raja-arvolaskentaan. Lisämoduuleiksi asuntovirasto ehdotti vuodelle 2027 käyttövaiheen moduuleja B2, B4 ja B6 ja elinkaaren loppuvaiheen moduuleja C1–C4. Arviointijakson pituudeksi tulisi käyttövaiheen lisäämisen myötä 50 vuotta. Näiden lisäksi voitaisiin lisätä muita ympäristötietoja, kuten selvitys hankkeen myönteisistä ilmastovaikutuksista tai ilmoitus puupohjaisten tuotteiden hiilen varastoinnista. Käyttövaiheen moduuleja B2, B4 ja B6 ehdotettiin lisättäväksi siksi, että ne vastaisivat suurimmasta osasta käyttövaiheen päästöjä. Raja vaihtojen ja huoltojen välillä ei aina ole selkeä EU-standardissa, joten siksi sisällytettäisiin sekä moduuli B2 että B4. Kyseiset moduulit olivat asuntoviraston mukaan myös mukana muiden Pohjoismaiden ja Euroopan maiden menetelmissä. Koko loppuvaihetta C1–C4 esitettiin mukaan, sillä se voisi jossain määrin ohjata eri materiaalien kierrätyksen ja uudelleenkäytön määrää. (Boverket 2020c, 12-14.)

Etenemissuunnitelmassa painotettiin lisämoduulien olevan erityisesti muiden Pohjoismaiden lähestymistavan mukaisia. Lisämoduulien lisäksi asuntovirasto ehdotti vuodelle 2027 uusien rakennusosien lisäämistä laskelmiin vastaavasti muiden Pohjoismaisten menetelmien kanssa. Asuntovirasto ei vielä vuoden 2020 etenemissuunnitelmassaan ottanut kantaa ilmastaselvityksen ottamisesta mukaan korjausrakentamisen piiriin, mutta näki tarpeelliseksi tutkia asiaa lisää. (Boverket 2020c, 13-16.)

### 3.4.2 Vähähiilisen rakentamisen säädösohjaus

Kun perusteellinen tutkimustyö ilmastaselvitysten osalta oli tehty asuntovirasto Boverketin toimesta, laadittiin hallituksen lakiesitys, joka annettiin parlamentille maaliskuussa 2021. Lakiesitys sisälsi luonnoksen tulevasta laista rakennuksen ilmastaselvitykselle, sekä ehdotetut muutokset kaavoitus- ja rakentamislakiin, jotka tulisivat voimaan 1.1.2022. Lakiesityksessä käytiin läpi myös järjestelmä millä rakennusten ilmastovaikutuksia tulisi vähentämään, taustatiedot Ruotsin hiilidioksidipäästöistä ja syyt miksi päästöjä olisi vähennettävä, sekä teoretietoa rakentamisen ilmastovaikutuksista ja vähähiilisestä rakentamisesta. Lisäksi lakiesitys sisälsi asuntovirasto Boverketin laatiman ehdotuksen ilmastaselvitysten käyttöönotosta vuodelta 2020, josta kävivät ilmi ilmastaselvityksen laadinnan laajuus ja mukaan otettavat rakennukset, rakennusosat ja rakentamisen moduulit. (Regeringens proposition 2020/21:144, 2–3, 19–20.)

#### **Lakiehdotus rakennusten ilmastaselvityksestä**

Lakiehdotuksessa käytiin läpi asuntovirasto Boverketin vuoden 2018 ehdotusta rakennusten ilmastaselvityksestä uusille rakennuksille ja ehdotettiin ilmastaselvityksen laatimista uusille rakennuksille tätä asuntoviraston ehdotusta mukaillen. Aluksi ilmastaselvityksen laatimista ehdotettiin kerrostaloille ja toimistorakennuksille, jonka jälkeen kahden vuoden päästä selvitysvaatimus laajennettaisiin koskemaan myös muita rakennuksia. Ilmastaselvityksen ehdotettiin noudattavan eurooppalaisen standardin EN 15978 mukaista rakennuksen elinkaaren luokittelua. Ilmoitusvelvollisuus koskisi aluksi pelkästään rakennuksen tuote- ja rakennusvaiheen elinkaaren moduuleja

- A1 Raaka-aineen hankinta,
- A2 Kuljetus valmistukseen,
- A3 Tuotteen valmistus,
- A4 Kuljetus työmaalle ja
- A5 Työmaatoiminnot.

Kuvassa 16 on tarkempi Boverketin esitys ilmastaselvitykseen sisältyvistä moduuleista sisältöineen. Pakollisten elinkaaren vaiheiden osuutta laajennettaisiin tulevaisuudessa. Elinkaariarvioinnin rajaaminen rakennuksen tuote- ja rakennusvaiheen moduuleihin A1–A5 oli linjassa asuntovirasto Boverketin alkuperäisen ehdotuksen kanssa. (Regeringens proposition 2020/21:144, 19–20.)



| Livscykelkedje  | Detta ingår i deklARATIONEN   | Detta ingår inte i deklARATIONEN  |
|---|---|---|
| <b>A1–A3</b><br>Råvaruförsörjning, transport och tillverkning i produktskedet | Klimatpåverkan till följd av råvaruförsörjning, transport och tillverkning i produktskedet för bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar.   | Övriga byggprodukter i byggnaden.   |
| <b>A4 transport</b>   | Klimatpåverkan till följd av transporter av ingående byggprodukter i bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar, från tillverkningsfabrik till byggarbetsplatsen.  | Övriga transporter, till exempel transport av arbetsmaskiner och bodar till och från arbetsplatsen samt transport av förbrukningsmaterial.  |
| <b>A5 byggspill</b>   | Klimatpåverkan från produktskedet och transport till byggarbetsplatsen av bärande konstruktionsdelar, klimatskärm och innerväggar, som blir till spill på byggarbetsplatsen.  | Klimatpåverkan från transport till avfallshanteringsplats och avfallshantering av byggspill som genereras på byggarbetsplatsen. Klimatpåverkan från tillverkning och omhändertagande av emballage och annat avfall som uppstår på byggarbetsplatsen |
| <b>A5 energi</b>  | Klimatpåverkan från all användning av el, värme och bränslen på byggarbetsplatsen, exempelvis för: <ul style="list-style-type: none"> <li>• byggarbetsplatsens fordon, maskiner och verktyg</li> <li>• uppvärmning och drift (inklusive ventilation, belysning, hiss och liknande) av tillfälliga bodar, kontor, förråd och andra byggnader inklusive byggnaden under produktion</li> <li>• övriga energivaror, som gasol och diesel för värmare, uttorkning och dylikt, köpt el, fjärrvärme med mera.</li> </ul> | Energi och bränsle för markarbete.  |
| <b>A5 övrigt</b>  |   | Vattenanvändning på byggarbetsplatsen för kylning av byggmaskiner eller rengöring.<br><br>Hjälpmaterial som använts men inte ingår i byggprodukten miljövarudeklARATIONEN.<br>Nödvändiga tillfälliga arbeten.                                       |

Kuva 16. Boverketin esitys ilmastoselvitykseen sisältyvistä moduuleista, sekä kuhunkin moduuliin sisältyvät ja sisältyttömät asiat (Boverket 2021a).

Selvitys sisältäisi näiden elinkaaren vaiheiden ja moduulien osalta kantavat rakenteet, rakennuksen vaipan rakennusosat ja sisäseinät. Luvun 4.2 alaluvussa 4.2.2 on esitetty tarkemmin ilmastaselvitykseen mukaan otettavat ja pois jätettävät rakennusosat. Ilmastaselvityksessä voitaisiin ehdotuksen mukaan käyttää sekä yleisiä ja todellisia päästötietoja, mutta tuotekohtaisen ilmastotiedon hyödyntämistä tulisi suosia. (Regeringens proposition 2020/21:144, 19–20.)

Ilmastovaikutus laskettaisiin  $GWP_{GHG}$ -yksikkönä hiilidioksidiekvivalenttien painona bruttoalalle, joka sisältäisi kasvihuonekaasupäästöjen kokonaisvaikutuksen pois lukien biogeenisen hiilidioksidin sisäänoton ja vapautumisen. Ilmastaselvitys tulisi toimittaa asuntovirastolle viimeistään kuusi kuukautta rakennuksen valmistumisen jälkeen. Tämä ei kuitenkaan saisi tarkoittaa sitä, että laskelmat tehtäisiin vasta jälkikäteen rakennuksen valmistuttua, vaan lakiehdotuksessa painotetaan varhaisen laskelmien tärkeyttä ja elinkaariarvioinnin ottamista mukaan jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Asuntovirasto Boverket olisi lakiehdotuksen mukaan vastuussa ilmastaselvitysten valvonnasta ja ilmastaselvitysrekisterin ylläpidosta. (Regeringens proposition 2020/21:144, 19–20, 25–27.)

Lakiehdotuksessa selvitettiin, mitkä kaikki rakennustyytit tulisivat kuulumaan ilmastaselvitysvelvollisuuden piiriin. Koska ilmastaselvityksen olisi määrä tulla osaksi rakennuslupaprosessia, olisi loogista vapauttaa velvollisuudesta sellaiset rakennukset, jotka eivät tarvitse rakennuslupaa. Tämän lisäksi vapautus koskisi kaikkia kokonaispuolustukseen käytettäviä rakennuksia ja muita turvallisuuden kannalta tärkeitä rakennuksia silloinkin, vaikka ne eivät periaatteessa olisi luonteeltaan salaisia. Ilmastaselvityksen tekemistä voitaisiin pitää näissä tapauksissa riskinä sille, että paljastettaisiin tietoja esimerkiksi rakennusten rakenteista ja käyttöalueista. (Regeringens proposition 2020/21:144, 36–39.)

Lisäksi ehdotuksen mukaan tietyt teollisuusrakennukset voisivat vapautua ilmastaselvitysvelvollisuudesta, sillä rakentamiseen voisi näissä tapauksissa liittyä erityisiä vaatimuksia rakenteiden ja materiaalien suhteen, jolloin vähähiilisten ratkaisujen käyttäminen ei välttämättä onnistuisi järkevillä kustannuksilla. Ehdotuksessa tunnistetaan kyseisten rakennusten aiheuttavan

rakennusvaiheessa suuria päästöjä, mutta hallitus katsoo tarvitsevansa lisää tutkimustuloksia eri teollisuusrakennusten päästöistä ennen kuin nämä voitaisiin ottaa ilmastaselvitysvelvollisuuden piiriin. Teollisuusrakennusten lisäksi vapautuksen ilmastaselvitysten laatimisesta saisivat lakiehdotuksen mukaan maa- ja metsätalouden harjoittamiseen rakennetut rakennukset. (Regeringens proposition 2020/21:144, 36–39.)

Näiden rajausten lisäksi ehdotetaan vielä lisäksi väliaikaisten rakennusten ja pienien alle sadan neliömetrin kokoisten rakennusten jättämistä selvitysvelvollisuuden ulkopuolelle. Näissä tapauksissa kustannukset ilmastaselvityksen laatimiselle nousisivat kohtuuttoman korkeiksi verrattuna saatavaan ilmastohyötyyn. Ilmastaselvitystä ei myöskään vaadittaisi kustannussyistä tapauksissa, joissa yksityishenkilö rakennuttaisi asuin- tai lomarakennuksen omaan käyttöön. Ammattirakentajan kannalta ilmastaselvitysten laatiminen luo edellytykset tehdä ilmastoälykkäitä rakennusratkaisuja ja viedä tietotaitoa jatkuvasti eteenpäin seuraaviin projekteihin. Nämä edut eivät pätsi yksityishenkilön tapauksessa ja hallitus katsoi, ettei riittävän painavia syitä yksityishenkilöiden rakennuttamien asuin- ja lomarakennusten ilmastaselvitysvelvollisuudelle olisi. (Regeringens proposition 2020/21:144, 36–39.)

Lakiehdotuksen mukaan ilmastaselvitysvaatimuksen käyttöönoton edellytyksenä tulisi olemaan ilmastaselvitysrekisterin ja päästötietokannan kehittäminen, sekä yleinen ohjeistaminen ja tiedottaminen. Asuntovirasto Boverket sai alkuvuodesta 2020 tehtäväkseen ryhtyä toimiin ilmastaselvitysten käyttöönottamiseksi. Nämä huomioon ottaen, hallitus esitti lakiehdotuksessaan, että laki rakennuksen ilmastaselvityksestä astuisi voimaan 1.1.2022. Lain astuessa voimaan ilmastaselvitysten laatiminen ei vaatisi aluksi siis lainkaan aktiivisia toimenpiteitä varsinaisten rakentamisen ilmastovaikutusten vähentämiseksi. Ilmastaselvitysvaatimus toimisi aluksi ikään kuin tiedotusvälineenä rakennusalalla ja siksi varsinaiset hyödyt kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisessä olisivat pienet. Ilmastaselvitys loisi kuitenkin pitkällä aikavälillä hyvän pohjan ja ohjauskeinon alan päästöjen merkittävään pienentämiseen, kun raja-arvot otettaisiin lopulta

mukaan elinkaariarviointiin. Jotta ilmastovaikutusten hallitseminen pitkällä aikavälillä onnistuisi, tarvitaan käyttöön hallituksen lakiehdotuksen mukaan ensin ehdotetun kaltainen ilmastaselvitysjärjestelmä, joka kasvattaisi alan osaamista tulevaisuutta varten. (Regeringens proposition 2020/21:144, 53, 59.)

### **Laki ilmastaselvityksestä rakennuksille**

Lakiehdotuksen jälkeen laki ilmastaselvityksestä rakennuksille julkaistiin heinäkuussa 2021. Samalla julkaistiin tähän liittyvä asetus ja muutos kaavoitus- ja rakentamislakiin. Nämä kaikki astuivat voimaan aikataulun mukaisesti 1.1.2022. Muutos kaavoitus- ja rakentamislakiin oli pieni. Lakiin lisättiin ainoastaan pykälä, jonka mukaan rakennustoimenpide katsottaisiin suoritetuksi ja rakennus voitaisiin ottaa käyttöön, mikäli rakennuttaja on joko osoittanut toimittaneensa ilmastaselvityksen tai olevansa vapaa ilmastaselvitysvelvollisuudesta (SFS 2021:788, 10 kap. 34 §).

Asetuksessa ilmastaselvityksestä rakennuksille määritettiin, että ilmastaselvitys tulisi toimittaa asuntovirasto Boverketille, jolle annettiin myös määräysvalta ilmastaselvitykseen liittyen ja nimettiin sen valvontaviranomaiseksi. Asuntovirasto voisi antaa määräyksiä siitä, mitä tietoja ilmastaselvityksen tulisi sisältää, mitä tietoja tulisi käyttää ilmastovaikutuksen laskemisessa ja minkälaisia poikkeuksia sisällölle ja laajuudelle voitaisiin antaa. Asuntoviraston tehtäviin säädettiin myös ilmastaselvitysrekisterin ylläpitovastuu. (SFS 2021:789, 8–13 §.)

Asetuksessa määriteltiin lisäksi ilmastaselvityksen laajuus ja sisältö. Asetuksessa vahvistettiin ehdotuksen mukainen selvityslaajuus, eli selvityksen tulisi kattaa rakennuksen vaipan rakenneosat, kantavat rakenteet ja kaikki sisäseinät. Ilmastovaikutus tulisi ilmoittaa hiilidioksidiekvivalenttien painona bruttoalan neliometriä kohden. Asetuksessa säädettiin ilmastaselvitysvelvollisuuden laiminlyömisestä sakkorangaistus. (SFS 2021:789, 5–6 §.)

Varsinainen laki ilmastaselvityksestä rakennuksille säädettiin koskemaan uusia rakennuksia poikkeustapauksia lukuun ottamatta. Poikkeustapauksia ilmastaselvitysvelvollisuuteen olivat lopulta

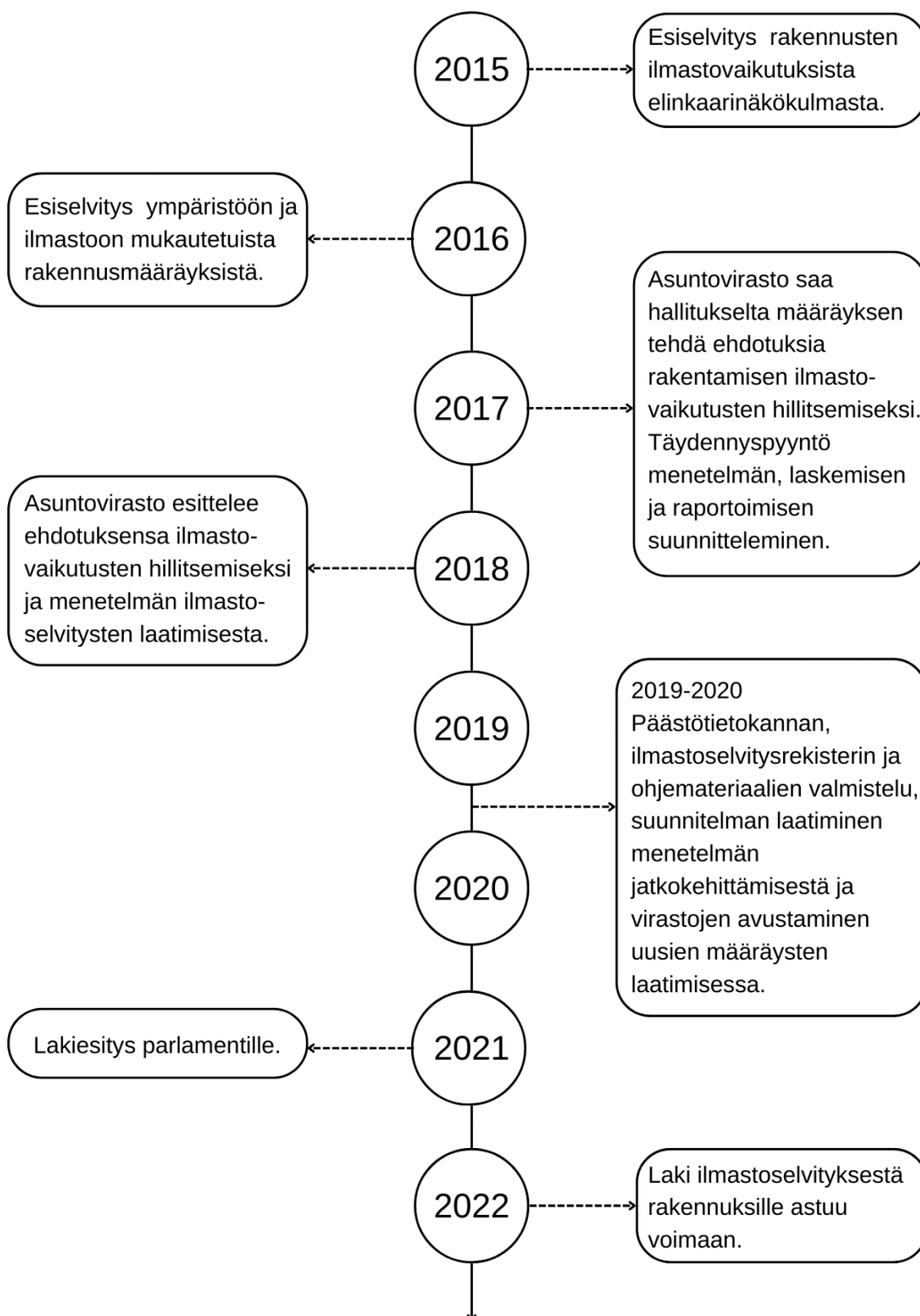
- rakennukset, joilla on määräaikainen rakennuslupa ja joita tullaan käyttämään korkeintaan kaksi vuotta,
- rakennukset, jotka eivät vaadi kaavoitus- ja rakentamislain mukaan rakennuslupaa,
- teollisuus- ja työpajarakennukset,
- maa- ja metsätalouden yms. harjoittamiseen rakennettavat rakennukset,
- rakennukset, joiden bruttoala on korkeintaan sata neliometriä, sekä
- kokonaispuolustukseen tarkoitettut rakennukset ja Ruotsin turvallisuuden kannalta tärkeät rakennukset.

Näiden poikkeustapausten lisäksi vapautuksen ilmastaselvitysvelvollisuudesta saisivat lain mukaan yksityishenkilöt, jotka rakentavat rakennuksen omaan käyttöön, joka ei ole elinkeinotoimintaa. Ilmastaselvitysvelvollisuudesta voisi saada vapautuksen myös joissakin tapauksissa, jos rakennuttaja rakennuttaa ilmastaselvitysvelvollisuudesta vapautettuja rakennuksia ja lisäksi myös muita rakennuksia, voi näihin muihinkin rakennuksiin saada hallitukselta vapautuksen velvollisuudesta. Ilmastaselvityksen toimittamisen velvollisuuden ja vapautusten lisäksi laissa määriteltiin ilmastaselvityksen konkreettinen sisältö. Hankkeen perustietojen lisäksi ilmastovaikutus tulisi siis laskea moduulien A1–A5 osalta. Myös laissa kuten asetuksessakin määritellään vielä sakkorangaistus, mikäli ilmastaselvitystä ei tehdä tai sen yhteydessä on toimitettu virheellisiä tietoja. (SFS 2021:787, 5–6 §.)

### 3.4.3 Yhteenveto rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjauksesta Ruotsissa

Yhteenvetona rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjauksesta Ruotsissa voidaan todeta, että selvitys- ja tutkimustyö aiheen ympärillä ovat olleet todella aktiivisena lähivuosien ajan. Kuvassa 17 nähdään aikajanamuotoinen esitys Ruotsin pyrkimyksistä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta. Asuntovirasto Boverketin valmistelemat ensimmäiset esiselvitykset aiheesta ovat vuosilta 2015 ja 2016. Heti tämän jälkeen vuonna 2017 hallitus antoi Boverketille ensimmäisen määräyksensä tehdä ehdotuksia rakentamisen ilmastovaikutusten

hillitsemiseksi. Vuonna 2018 vaikuttavimmaksi menetelmäksi vahvistettiin ilmastaselvityksen laatiminen rakennuksille ja tätä lähdettiin ajamaan eteenpäin vuosien 2018–2021 aikana. Lakiesitys jätettiin parlamentille vuonna 2021 ja laki ilmastaselvityksen laatimisesta astui voimaan vuoden 2022 alussa. Kun laki ilmastovaikutuksista saatiin säädettyä, on seuraavana vaiheena Ruotsilla määrittää rakentamisen ilmastovaikutusten raja-arvot. Tutkimustyö aiheen parissa onkin jatkunut vuoden 2022 aikana aktiivisena tämän osalta. Ruotsi pohtii myös lisäävänsä ilmastaselvityksen piiriin uusia rakentamisen elinkaaren moduuleja ja laajemmin rakennuksen eri osia. Tämänhetkisenä tavoitteena on saada raja-arvot ja ilmastaselvityksen laajennukset osaksi jo voimassa olevaa säädösohjausta viimeistään vuonna 2027.



Kuva 17. Aikajana Ruotsin kehitystyöstä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta.

### 3.5 Rakentamisen ilmastovaikutukset Tanskassa

Tanskan osuus EU:n kasvihuonekaasujen nettopäästöistä oli vuonna 2019 1,6 prosenttia. Vuosien 2005–2018 aikana Tanska onnistui vähentämään päästöjään 23 prosenttia, mikä oli enemmän kuin koko EU:n alueen yhteinen päästövähennys. Tanskan päästöjen vähennystavoite on noussut vuonna 2020 säädetyistä 20 prosentista jopa 39 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2005 tasoon. Puhtaasti teollisuus- ja rakennusalan päästöt Tanskassa oli vuonna 2019 vain 8 prosenttia. Tanskan suurimmat saastuttajat liikenneala ja energiateollisuus toki liittyvät välillisesti myös rakentamiseen. Teollisuus- ja rakennusala ovat pystyneet kokonaisuudessaan leikkaamaan omia päästöjään vuodesta 2005 vuoteen 2019 noin 29 prosenttia. (European Parliamentary Research Service 2021a, 1–3.)

Tanskassa ilmastolaki määrittää tavoitteeksi vähentää päästöjä vuoteen 2030 mennessä 70 prosenttia vuoden 1990 tasosta, jonka jälkeen hiilinegatiivisuus saavutettaisiin vuoteen 2050 mennessä. Ilmastolaki astui voimaan vuonna 2020. (Danish ministry of climate, energy and utilities 2020, 1.)

Ilmastolain lisäksi Tanskassa solmittiin sopimus puolueiden välillä keväällä 2021 kansallisesta kestävästä rakentamisen strategiasta. Sopimus sisälsi rakentamisen ilmastovaikutusten raja-arvojen asteittaisen käyttöönoton osaksi rakentamismääräyksiä vuodesta 2023 alkaen. Rakennusalan osalta ilmastotavoitteisiin pääsemiseksi kestävästä rakentamisen kansallinen strategia toimii rakennusalan toimialakohtaisena toimintasuunnitelmana. Jo tähän mennessä solmittujen sopimusten avulla rakennusten ja rakentamisen välittömiä päästövähennyksiä arvioidaan olevan 0,8 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuonna 2030. Myös muita sopimuksia on solmittu, joihin rakentamisen päästövähennykset liittyvät välillisesti, kuten jäte- ja kiertotalouden ilmastosopimus sekä useat sopimukset liittyen olemassa olevan rakennuskannan peruskorjauksiin. Uusi kestävästä rakentamisen strategia sisältää aloitteita, jotka tähtäävät kokonaisvaltaisesti ilmastoystävälliseen ja kestävästä rakentamiseen

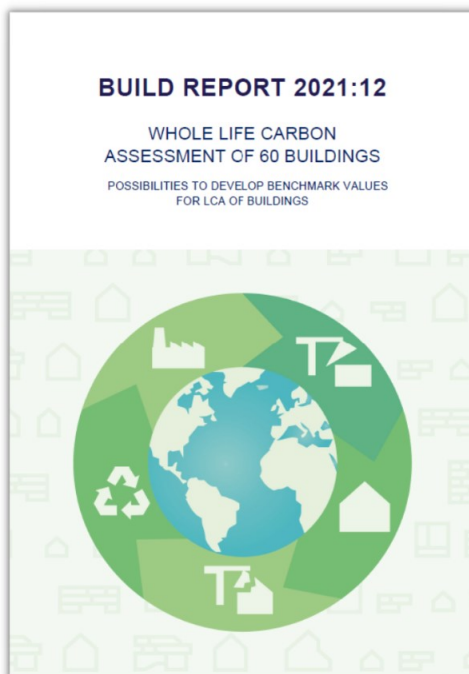


monien eri näkökulmien kautta. (Regeringen [Socialdemokratiet] og Venstre ym. 2021, 2.)

### Kirjallisuuskatsauksen eteneminen

Tanskan menetelmää säädöspohjaisen ilmastaselvityksen laatimisen osalta rakennuksille tarkasteltiin kahdessa osassa. Kirjallisuuskatsauksen hakuvaiheessa löydetty lähdeaineisto (liite 2) jaettiin menetelmän kehitystyön tausta-aineistoihin ja rakentamismääräyksiä koskeviin aineistoihin, joita tarkasteltiin omina kokonaisuuksinaan. Ensimmäisessä vaiheessa tarkasteltiin kuvassa 18 esitettyjä tausta-aineistoja

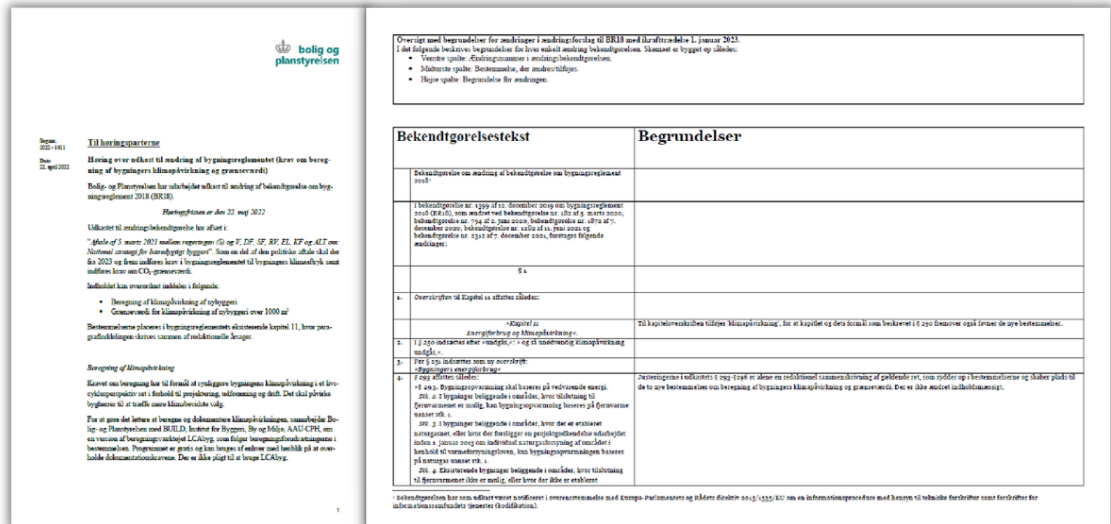
- "National Strategy for Sustainable Construction" (Ministry of the Interior and Housing 2021) ja
- "BUILD REPORT 2021:12: Whole Life Carbon Assessment Of 60 Buildings: Possibilities To Develop Benchmark Values For LCA Of Buildings" (Zimmermann ym. 2021).



Kuva 18. Rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin kehittämisen avuksi teetetyt tausta-aineistot Tanskassa.

Tämän jälkeen tarkasteltiin toisena kokonaisuutenaan kuvan 19 mukaisia rakentamismääräysten muutokseen liittyviä aineistoja

- "Høringsbrev" (Bolig- og planstyrelsen 2022a) ja
- "Oversigt over begrundelser for ændringsforslag" (Bolig- og planstyrelsen 2022b).



Kuva 19. Rakennuksen ilmastovaikutusten säädösohjauksen säätämiseen liittyvät asiakirjat Tanskassa.

### 3.5.1 Arviointimenetelmän kehitystyö ja taustatutkimukset

Tanskan tapauksessa lakisääteisen ilmastoselvityksen taustatutkimuksista oli löydettävissä vain vähän raporteja. Luotettavista lähteistä löytyviä aineistoja ja tutkimuksia oli nimetty vain kaksi, joista toinen oli Tanskan kansallinen kestävä rakentamisen strategia vuodelta 2021 ja toinen oli tutkimusraportti kuudenkymmenen rakennuksen hiilen elinkaariarviointista ja hiilen raja-arvojen määrittämisestä vuodelta 2021.

Tanskassa työ kohti vähähiilistä rakentamista alkoi varsinaisesti vuonna 2012, kun Green Building Council Denmark otti käyttöön vapaaehtoisin DGNB-sertifiointijärjestelmän. Kyseisen sertifiointijärjestelmän yksi merkittävimmistä osista on elinkaariarviointi raja-arvoineen. Tämän seurauksena jo paria vuotta

myöhemmin Tanskan kiinteistöpolitiikan strategiassa ehdotettiin rakentamismääräyksiin eräänlaista vapaaehtoista kestävän rakentamisen luokitusjärjestelmää. Tähän mennessä Tanskan aiemmat toimet kohti vähähiilistä rakentamista olivat keskittyneet pääsääntöisesti vähentämään rakennusten käytönaikaista energiankulutusta rakentamismääräyksiä kautta. Tämän seurauksena uusilla rakennuksilla oli jo huomattavasti pienempi ympäristövaikutus käytönaikaisen energian osalta, jolloin huomio alkoi kiinnittyä enemmän rakennusmateriaalien ympäristövaikutuksiin, joiden prosentuaalinen osuus uuden rakennuksen elinkaaren aikaisista päästöistä vähitellen nousi. (Zimmermann ym. 2021, 5–6, 12–13.)

Vuoden 2014 ehdotus vapaaehtoisesta kestävän rakentamisen luokitusjärjestelmästä sisälsi myös ohjauseinoja. Tarvittiin työkalu elinkaariarviointien suorittamiseksi, jonka seurauksena vuonna 2015 julkaistiin Tanskan oma elinkaariarvioinnin laskentatyökalu LCAByg. Vuodesta 2015 eteenpäin elinkaariarviointien määrä alkoi nousta ja kokemuspohjaa alan sisällä alkoi kertyä. Vuonna 2020 lanseerattiin vapaaehtoinen kestävän kehityksen luokitusjärjestelmä rakennuksille, jonka pääasiallisena sisältönä oli elinkaariarvioinnin tekeminen. Vapaaehtoisen luokitusjärjestelmän oli tarkoitus toimia testiversiona säädösohjatulle menetelmälle vuosien 2020–2022 aikana ja siirtyä tämän jälkeen vuonna 2023 pakolliseksi osaksi rakentamismääräyksiä. (Zimmermann ym. 2021, 5–6, 12–13.)

### **Tutkimus rakennusten koko elinkaaren hiiliarvioinnista**

Vuosien kokemuksen jälkeen rakennusten elinkaariarvioinnista, otettiin vuonna 2019 uusi askel kohti rakennusten ympäristövaikutusten vähentämistä. BUILD (entinen Tanskan rakennustutkimusinstituutti) teetti asiantuntijoiden toimesta tutkimuksen rakennusten koko elinkaaren hiiliarvioinnista, jota voitaisiin käyttää hyväksi rakennusten raja-arvojen asettamisessa. Tämän tutkimuksen loppuraportti julkaistiin vuonna 2021 ja siinä esiteltiin elinkaariarvioinnit kuudestakymmenestä rakennuksesta, jotka oli rakennettu vuosien 2013–2021 aikana. Tutkimuksessa tapauskohteet jaettiin viiteen eri rakennustyyppiin ja

mukana oli niin asuin- kuin toimistorakennuksiakin. Otanta tutkimuksessa oli melko laaja sisältäen mahdollisimman monia eri rakennustyyppisiä, energialuokkia, materiaaleja ja energiamuotoja. Tutkimuksen elinkaariarviointit suoritettiin kaikki samalla laskentaohjelmalla, joten ne perustuivat samoihin ympäristötietoihin ja laskentamenetelmään, joka teki elinkaariarvioinneista hyvin vertailukelpoisia keskenään. (Zimmermann ym. 2021, 8–9, 12–13.)

BUILDin tutkimuksessa tarkoituksena oli luoda yksiselitteinen viitearvo rakennuksen elinkaaren aikaiselle ympäristötehokkuudelle perustuen kuudenkymmenen olemassa olevan tapausrakennuksen ilmaston lämpenemispotentiaalin analyysiin. Raja-arvon asettamista tutkittiin olemassa olevista rakennuskäytännöistä käsin ja raja-arvoehdotukset perustettiin nykyisiin yleisiin rakennusratkaisuihin. Tutkimuksen tuloksena saadut päästöraja-arvot ilmoitettiin mediaani-, ylä- ja alakvartiileina, jotka kukin viittasivat erilaisiin kunnianhimoisiin tasoihin. Näiden perusteella voitiin asettaa tavoitteet asteittaiselle päästövähennykselle. Raja-arvoanalyysi tehtiin viidenkymmenen ja kahdeksankymmenen vuoden arviointijaksoille. Saadut tulokset ovat esitettynä kuvassa 20. (Zimmermann ym. 2021, 7–8.)

| <b>Benchmark values [kg CO<sub>2</sub> eq/m<sup>2</sup>/year]</b> |                       |                         |                                     |   |
|---|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------|---|
|   | <b>Data source</b>    | <b>Operation<br/>B6</b> | <b>Materials<br/>A1-3, B4, C3-4</b> | <b>All modules<br/>A1-3, B4, B6, C3-4</b> |
| <b>50<br/>years</b>   | <i>Lower quartile</i> | 1.9                     | 6.3                                 | 8.5                                       |
|   | <i>Median</i>         | 2.3                     | 7.1                                 | 9.5                                       |
|   | <i>Upper quartile</i> | 2.7                     | 8.5                                 | 10.6                                      |
| <b>80<br/>years</b>   | <i>Lower quartile</i> | 1.8                     | 5.1                                 | 6.9                                       |
|   | <i>Median</i>         | 2.0                     | 5.7                                 | 8.0                                       |
|   | <i>Upper quartile</i> | 2.5                     | 6.8                                 | 8.9                                       |

Kuva 20. Tutkimuksen tuloksena määritellyt raja-arvot jaoteltuna erilaisten tavoitetasojen ja rakennuksen elinkaaren moduulien mukaisesti (Zimmermann ym. 2021, 58).

Tutkimuksen perusteella pystyttiin havaitsemaan suuria vaihteluita rakennusten ilmastovaikutuksissa, sillä joillakin rakennuksilla ne olivat jopa 2,5 kertaa suuremmat kuin toisilla. Tämän lisäksi voitiin havaita, että materiaalien vaikutukset olivat 2–4 kertaa suuremmat kuin toiminnalliset vaikutukset. Lisäksi pelkkien materiaalien vaikutusten välillä on suuri ero, kuin myös toiminnallisen energiankäytön vaikutusten välillä tapausrakennuksen mukaan. Tutkimuksessa saadut tulokset arvioitiin tarpeeksi kattaviksi, jotta niitä voitaisiin käyttää hyväksi yhteisen perustan luomiseen rakennusten ympäristötehokkuuden raja-arvoilla. (Zimmermann ym. 2021, 7–8, 56–58.)

### **Kestävän rakentamisen kansallinen strategia**

Tanskassa hallitus hyväksyi vuonna 2020 ilmastolain, jonka tavoitteena oli vähentää koko Tanskan hiilidioksidipäästöjä 70 prosenttia vuoteen 2030 mennessä vuoteen 1990 verrattuna. Tätä tavoitetta varten laadittiin toimintasuunnitelma ja kansallinen kestävä kehityksen strategia, joka kattoi päätoimialat ja näiden osatavoitteet. Kestävälle rakentamiselle laadittiin oma toimintasuunnitelmansa osana tätä kansallista strategiaa. Kestävän rakentamisen strategia koostui ympäristönäkökannasta sekä sosiaalisesta ja taloudellisesta ulottuvuudesta. Tanskassa lanseerattiin vuonna 2020 rakennusalalle vapaaehtoinen kestävä kehityksen luokitusjärjestelmä, jonka avulla testattaisiin uusia rakentamisen standardeja kahden vuoden ajanjaksolla vuosien 2020–2022 aikana. Vapaaehtoisen standardin tavoitteena oli saada standardin mukaiset muutokset, kuten elinkaariarviointi ja hiilidioksidipäästöjen raja-arvot testattua ja vähitellen osaksi rakentamismääräyksiä vuoteen 2023 mennessä. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 6, 10–13.)

Strategian mukaisesti Tanska toisi vuonna 2023 hiilidioksidipäästöjen raja-arvot uusille rakennuksille, jotka olisivat kooltaan yli tuhat neliometriä. Raja-arvo näille rakennuksille tulisi olemaan tällöin 12 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. Tämän lisäksi elinkaariarviointi tulisi pakolliseksi lähes kaikille muillekin uusille rakennuksille, mutta ilman raja-arvoja. Raja-arvojen asettamista perusteltiin strategian mukaan sillä, että se vähentäisi rakentamisen ilmastojalanjälkeä ja opettaisi alan

toimijoille kestävyiden periaatteita ja edistäisi ilmastoystävällisten rakentamisen ratkaisujen käyttämistä osana rakennushankkeita. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 10–13.)

Vuoden 2023 jälkeen rakentamismääräyksiä kehitettäisiin eteenpäin siten, että vuonna 2025 raja-arvot voitaisiin ottaa käyttöön myös kooltaan alle tuhannen neliömetrin kokoiisiin uudisrakennuksiin. Tällöin raja-arvot kattaisivat lähes kaikki uudet rakennukset ja raja-arvoa laskettaisiin siten, että se olisi kaikille rakennuksille vuonna 2023 säädettyä alhaisempi, 10,5 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. Strategian mukaisesti raja-arvojen kiristämistä jatkettaisiin vuosina 2027 ja 2029. Vuonna 2027 raja-arvoa kiristettäisiin 9 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi ja lopulta vuonna 2029 7,5 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. Vapaaehtoisena vaihtoehtona toimijoille olisi myös CO<sub>2</sub>-standardi, jonka raja-arvo tulisi aluksi olemaan vuonna 2023 pakollista raja-arvoa pienempi 8 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi ja laskisi tästä yhä edelleen vähitellen vuosina 2025, 2027 ja 2029. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 10–13.)

### **Ilmastoystävällisempiä rakennuksia ja rakentamista**

Tanskan kansallinen strategia kohti kestävästä rakentamista vuodelta 2021 oli jaettu viiteen aihealueeseen painottaen eri näkökulmia. Vähähiilisen rakentamisen kannalta merkittävin oli ilmastoystävällisempiä rakennuksia ja rakentamista käsittelevä aihekokonaisuus. Kyseinen aihealue käsitteli kahdeksaa aloitetta, joita työstämällä ja kehittämällä kestävästä rakentamisen standardi raja-arvoineen voitaisiin ottaa käyttöön suunnitellusti vuonna 2023 ja myös jatkokehittää tulevaisuudessa strategian mukaisesti kohti asetettuja ilmastotavoitteita. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 25–29.)

Kaksi ensimmäistä aloitetta käsittelivät vapaaehtoisen kestävästä kehityksen luokitusjärjestelmään pohjautuvan säätelyn sekä siihen liittyvien raja-arvojen lisäämistä rakentamismääräyksiin. Kolmantena aloitteena oli elinkaariarviointiin ja elinkaarikustannuslaskentaan liittyvien laskelmien ja ohjelmistojen jatkokehittäminen. Tanskassa on käytössä elinkaariarviointiin ja elinkaarikustannuslaskelmiin omat laskentatyökalunsa LCAByg ja LCCbyg.

Kyseiset laskelmat tehdään tällä hetkellä lähes aina kohteen loppusuunnitteluvaiheessa. Strategian mukaan analyysityökaluja tulisi yksinkertaistaa ja ne tulisi ottaa mukaan jo varhaisessa vaiheessa projektin suunnittelua. LCA- ja LCC-laskelmia saataisiin helpotettua strategian mukaan kehittämällä käyttöliittymiä entisestään ja parantamalla laskentaohjelmien ja tietomallien välistä tiedonsiirtoa. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 25–27.)

Neljäntenä aloitteena strategia linjasi kestävän rakentamisen koordinoitavien toimikunnan perustamisen. Toimikunnan avulla kestäväan rakentamiseen kuuluvat aloitteet pysyvät koottuna yhteen ja tieto saadaan kulkemaan eri aloitteiden välillä. Toimikunta viestisi lisäksi aloitteiden tuloksista poliittisella tasolla. Viidentenä aloitteena strategiassa linjattiin tehostettu pohjoismainen yhteistyö, johon kuuluisi niin yhteistyömahdollisuuksien kartoittaminen kuin osallistuminen rakentamisen ympäristövaikutusten vähentämistyöhön esimerkiksi pohjoismaisiin tutkimuksiin ja kehitystyöhön osallistumalla. Muita aloitteita kansainvälisessä strategiassa ilmastoystävällisempiä rakennuksia ja rakentamista käsittelevä aihekokonaisuudessa olivat rakennustuoteasetuksen fokuksen keskittäminen entistä enemmän kestäväan kehitykseen, fossiilivapaiden rakennustyömaiden edistäminen ja sen tutkiminen, voitaisiinko rakennushankkeiden tarjouskilpailuun lisätä vaatimuksia hiilidioksidipäästöjen vähennyksille. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 27–29.)

### 3.5.2 Vähähiilisen rakentamisen tuleva säädösohjaus

Tanskan kansallisen kestävän rakentamisen strategian julkaisemisen jälkeen eteneminen kohti rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjausta on edennyt rivakasti. Kuuleminen rakentamismääräysten muutosluonnoksesta järjestettiin huhtikuussa 2022. Muutos rakentamismääräyksissä tulisi koskemaan uusien rakennusten ilmastovaikutusten laskemista sekä raja-arvoja yli tuhannen neliömetrin kokoisille uudisrakennuksille. Kuuleminen päättyi toukokuussa 2022 ja tarvittavat muutokset luonnokseen tehtäisiin pikaisesti tämän jälkeen siten, että

uudet rakentamismääräykset voitaisiin ottaa käyttöön heti vuoden 2023 alusta. (Høringsportalen 2022.)

### **Rakentamismääräysten muutosluonnos: ilmastovaikutusten laskemisvaatimus ja raja-arvot**

Huhtikuussa 2022 Tanskan asunto- ja suunnitteluvirasto bolig- og planstyrelsen järjesti kuulemisen rakentamismääräysten muutosluonnoksesta. Kuulemiskirjeen mukaan muutosluonnos perustui kansalliseen kestäväen rakentamisen strategiaan vuodelta 2021, jonka myötä hallitus määräsi vuodesta 2023 alkaen vaatimuksia rakennusten ilmastojalanjäljestä ja hiilidioksidipäästöjen raja-arvoista. Vuoden 2023 muutos sisältäisi kuulemiskirjeen mukaan ilmastovaikutusten laskemisen uudisrakennuksille ja lisäksi ilmastovaikutusten raja-arvon kooltaan yli tuhannen neliömetrin uudisrakennuksille. Ilmastovaikutusten laskemisvaatimuksella pyrittäisiin tuomaan rakennuksen ilmastovaikutus näkyväksi koko elinkaaren näkökulmasta ja täten sen pyrkimyksenä olisi saada rakennuttajat tekemään ilmastotietoisempia ratkaisuja. (Bolig- og planstyrelsen 2022a, 1–2.)

Raja-arvojen asteittainen asettaminen uudisrakennuksille tehtäisiin kansallisessa strategiassa määritetyn sopimuksen mukaisesti, jotta Tanskan ilmastotavoitteet voitaisiin saavuttaa. Vuonna 2023 raja-arvo tulisi olemaan yli tuhannen neliömetrin kokoisille rakennuksille 12 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi ja vapaaehtoinen vähäpäästöinen raja-arvo 8 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. Vuoden 2023 muutoksen jälkeinen seuraava vaihe tulisi vaikuttamaan rakennusmääräyksiin tammikuusta 2025 alkaen, jolloin raja-arvoja tulisi edelleen kiristämään ja ne otettaisiin käyttöön myös alle tuhannen neliömetrin kokoisiin uudisrakennuksiin. Kuuleminen rakentamismääräysten muutosluonnoksesta vuodesta 2023 alkaen tapahtui kevään 2022 aikana, jonka jälkeen ilmoitus rakentamismääräysten muutoksesta jätettiin EU:n komission arvioitavaksi. (Bolig- og planstyrelsen 2022a, 1–2.)



## Toimeenpanomääräysluonnoksen sisältö

Kuulemiskirjeen liitteenä oli versio toimeenpanomääräysluonnoksesta, jossa jokaista yksittäistä säännösmuutosta kommentoitiin tarkemmin niiden taustojen syventämiseksi ja tarkoitettujen soveltamisalojen rajaamiseksi. Toimeenpanomääräysluonnoksen mukaan rakentamismääräyksiin lisättäisiin uusi luku ilmastovaikutuksille, jonka pääasiallisena muutoksena olisi nimenomaan ilmastovaikutusten laskemisvaatimus ja hiilidioksidipäästöjen raja-arvot uusille rakennuksille. Toimeenpanomääräysluonnoksen mukaan ilmastovaikutusten laskemisessa tulisi noudattaa kansainvälistä standardia EN15978 ja laskelmien tulisi kattaa koko rakennuksen elinkaari ja ne sisältäisivät moduulien

- A1–A3 Raaka-aineiden valmistus, kuljetukset valmistukseen ja tuotteiden valmistus,
- B4 Rakennustuotteiden vaihdot,
- B6 Energian käyttö,
- C3–C4 Jätteenkäsittely ja loppusijoitus, sekä
- D Vaikutukset elinkaaren ulkopuolella

ilmastovaikutukset viidenkymmenen vuoden laskentajaksolla. Moduulien A4 ja A5 jättämistä laskelmien ulkopuolelle perusteltiin sillä, että vielä ei olisi riittävästi kokemusta rakennusprosessin vaikutusten laskemisesta. Kyseisiä moduuleja ei myöskään ollut sisällytetty Tanskan kansalliseen kestäväen rakentamisen strategiaan, joten kyseisten moduulien lisäämistä ilmastovaikutusten laskemiseen voitaisiin päättää vasta tulevaisuudessa. Moduuli D tulisi sisältymään ilmoitukseen, mutta sitä ei sisällytettäisi raja-arvon kokonaistulokseen. Moduulin D sisällyttämistä ilmoitukseen perusteltiin sillä, että se voisi osaltaan lisätä tietämystä rakennuksen käyttöiän jälkeisistä käyttömahdollisuuksista. Moduuli D sisältäisi rakennuksen materiaalien uudelleenkäytön, kierrättämisen ja muut tämän kaltaiset hyödykkeet, joita voitaisiin käyttää ilmastohyötynä jonkun toisen uuden rakennuksen rakentamisen yhteydessä tulevaisuudessa. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3–4, 6.)

Tanskassa käytössä oleva elinkaarilaskentaan tarkoitettu laskentatyökalu LCAByg tulisi julkaisemaan uuden ohjelmistoversion, joka noudattaisi uusien määräyksien mukaista laskentatapaa. Näin ollen LCAByg tulisi olemaan pääsääntöinen ohjelmisto laskelmien suorittamiselle, mutta laskemiseen voisi halutessaan käyttää myös jotakin toista laskentaohjelmaa. Laskentatulokset esitettäisiin kilogrammoina CO<sub>2</sub>-ekvivalenttia per neliometriä per vuosi. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3–4.)

Toimeenpanomääräysluonnoksen mukaan rakentamismääräyksiin tulitisiin lisäämään kolme taulukkoliitettä, jotka olivat nähtävissä myös kuulemisluonnoksen yhteydessä. Ensimmäisessä liitteessä määriteltiin ne rakennuksen osat, jotka otettaisiin huomioon rakennusmateriaalien ilmastovaikutusten laskelmissa. Taulukossa kuvattiin yleiskatsauksena kaikki rakennusosat ja niihin liittyvät materiaalit tyyppeihin ja luokkiin ryhmiteltynä ja tiedot siitä, mitkä näistä otettaisiin mukaan laskelmiin. Materiaalien ilmastovaikutusten laskemiseen suositeltiin yleistietokannan käyttämistä, jolloin laskelmat eri projektien välillä olisivat mahdollisimman yhteneviä ja laadullisesti samankaltaisia. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 4–5.)

Toimeenpanomääräysluonnoksen toisessa taulukkoliitteessä olivat lueteltuna juuri kyseisen yleisen tietokannan mukaiset päästötiedot eri materiaaleille. Tietokannan tiedoista voitaisiin poiketa, mikäli laskelmia haluttaisiin tarkentaa tuotekohtaisilla EPD-ympäristöselosteilla. Ympäristöselosteet voisivat olla hankekohtaisia, tuotekohtaisia tai edustaa tuotetyypin keskiarvoa, kunhan selosteet olisivat voimassa olevia ja laadittu EN 15804 standardin mukaisesti. Materiaalien ilmastovaikutusten laskemisessa tulisi huomioida myös vaihdot materiaaleille ja rakennusosille, joiden käyttöikä olisi alle viisikymmentä vuotta. BUILD laati tätä varten vuonna 2021 taulukkomuotoisen toteutuksen ja raportin eri rakenteiden yleisistä käyttöikäistä, joita voitaisiin käyttää hyödyksi laskelmissa. Kolmantena taulukkoliitteenä toimeenpanomääräysluonnoksessa oli taulukko eri energiamuotojen päästökertoimista. Ilmastovaikutusta laskettaessa käyttöenergian ilmastovaikutus tulitisiin laskemaan energiantarpeen perusteella, jonka

muuttaminen ilmastovaikutukseksi onnistuisi näiden päästökertoimien avulla. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 4–5.)

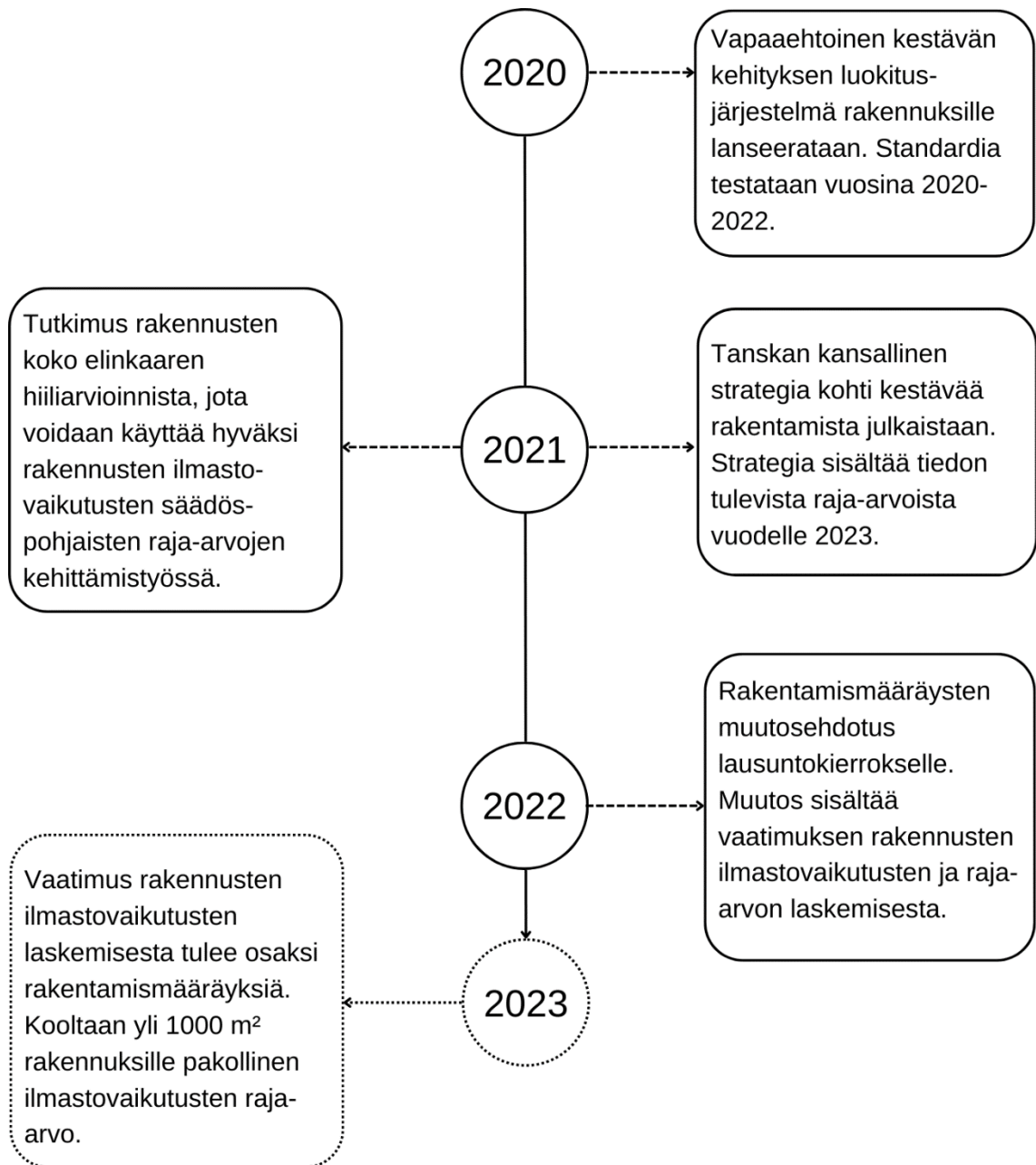
Kuten aiemmin mainittua, Tanskan kansallisen kestävä rakentamisen strategian takia raja-arvo rakennuksen hiilidioksidipäästöille tulisi vuoden 2023 alusta alkaen säätämään kooltaan yli tuhannen neliömetrin kokoiisiin uudisrakennuksiin. Rakennuksen valmistumisilmoituksen yhteydessä tulisi olla laskelma rakennuksen ilmastovaikutuksista seuraavan viidenkymmenen vuoden ajalle ja laskelman olisi tällöin osoitettava raja-arvon alapuolella oleva päästötaso. Tämän takia vasta valmistumisilmoituksen yhteydessä päätettäisiin, onko rakentaminen ollut laillista uusien määräysten valossa. Ylityksestä määrättäisiin määräysluonnoksen mukaan sakko. Lisäksi voitaisiin selvittää, olisiko raja-arvoon mahdollista päästä esimerkiksi asentamalla uusiutuvaa energiaa tai muuten vähentämällä rakennuksen käytönaikaista energiankulutusta. Mikäli uuden rakennuksen päästöarvoa ei saada pienennettyä pysymään raja-arvon sisällä, voitaisiin kunnan sisäisesti pohtia muita keinoja rakennuksen purkamisen välttämiseksi. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 5–6.)

Jos uudisrakennuksella olisi sen sijainnista, toiminnasta tai muista rakennuttajasta riippumattomista seikoista johtuen erityispiirteitä, jotka edellyttäisivät materiaalien lisääntyneitä kulutusta, voitaisiin tästä johtuva kohonnut ilmastovaikutus jättää ilmastovaikutuslaskelman ja raja-arvon ulkopuolelle. Esimerkkejä tällaisista rakennuksista voisivat olla sairaalat, laboratoriot, stadionit, urheilukeskukset ja kirkot. Lisäksi vähennyksen laskelmiin voisi saada myös käyttöenergian osalta, mikäli rakennuksella olisi käyttötarkoituksensa vuoksi huomattavasti tavanomaista korkeampi energiankulutus. Erityistapauksissa ilmastovaikutusten raja-arvolaskelma tehtäisiin siis todellisen materiaali ja/tai energiankulutuksen sijasta teoreettisen vertailurakennuksen mukaan, johon erityispiirteet eivät vaikuttaisi. Poikkeustapauksista olisi kuitenkin ilmoitettava kunnalle jo ennen hankkeeseen ryhtymistä. Poikkeustapauksista tulisi tehdä rakentamismääräyksiin ohje konkreettisine esimerkkeineen eri olosuhteista, jotka kuuluisivat poikkeuksen piiriin. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 5–6.)

### 3.5.3 Yhteenveto rakentamisen ilmastovaikutusten tulevasta säädösohjauksesta Tanskassa

Tanska on toiminut EU:ssa yhtenä kärkimaana kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta. Tanskassa työ kohti vähähiilistä rakentamista alkoi varsinaisesti jo paljon Suomea ja Ruotsia aikaisemmin vuonna 2012, kun otettiin käyttöön vapaaehtoinen DGNB-sertifiointijärjestelmä. Sertifiointijärjestelmän seurauksena vain pari vuotta myöhemmin, vuonna 2014, ehdotettiin jo ensimmäisen kerran kiinteistöpolitiikan strategiassa rakentamismääräyksiin lisättäväksi jonkinlaista vapaaehtoista kestävän rakentamisen luokitusjärjestelmää. Menetelmää varten kehitettiin vuonna 2015 laskentatyökalu LCAbyg. Tämän jälkeen alkoi testaus- ja kehitysjakso vuosien 2015–2020 aikana, jonka jälkeen vuonna 2020 lanseerattiin vapaaehtoinen kestävän kehityksen luokitusjärjestelmä rakennuksille. Luokitusjärjestelmän pääasiallisena sisältönä oli eritoten elinkaariarvioinnin suorittaminen.

Tämän vapaaehtoisen kestävän kehityksen luokitusjärjestelmän kehitystyön ja lanseerauksen jälkeen alkoi Tanskassa varsinainen kehitystyö kohti pakollista säädösohjattua vähähiilisen rakentamisen menetelmää, joka tulisi pohjautumaan jo kehitettyyn vapaaehtoiseen menetelmään. Kuvassa 21 on aikajanaesitys Tanskan kehitystyöstä. Kehitystyö tämän osalta on toiminut erittäin ripeästi, sillä vain kahden vuoden aikana vuosina 2021–2022, on tapahtunut hyvin paljon. Vuonna 2021 Tanskan kansallinen kestävän rakentamisen strategia linjasi tavoitteen tulevasta säädösohjauksesta ja määritteli hiilijalanjäljen tulevat raja-arvot. Tätä seurasi heti vuonna 2022 lausuntokierros rakentamismääräyksiä muuttamisesta, joka sisälsi vaatimuksen sekä rakennusten ilmastovaikutusten arvioimisesta, että hiilijalanjäljen raja-arvoista. Tavoitteena Tanskalla on saada sekä pakollinen ilmastovaikutusten arvioiminen että raja-arvo vaatimus voimaan vuoden 2023 alusta lähtien. Mikäli tavoitteeseen päästään, tulee Tanska olemaan ensimmäinen Pohjoismaa, jossa raja-arvot rakentamisen ilmastovaikutuksille ovat säädösohjauksen piirissä.



Kuva 21. Aikajana Tanskan kehitystyöstä kohti vähähiilisen rakentamisen säädösohjausta.

## 4 Arviointimenetelmien ja säädösohjauksen vertaileminen

Kirjallisuuskatsauksen toisessa osassa suoritettiin arviointimenetelmien ja säädösohjauksen vertailua maiden välillä. Vertailu suoritettiin kahdessa vaiheessa analysoiden ja vertaillen ensin maiden kehitystyötä 2010-luvulta lähtien kohti vähähiilisempää rakentamista, sekä taustatutkimuksia ja -selvityksiä tämän kehitystyön takana. Tämän jälkeen siirryttiin analysoimaan ja vertailemaan jo voimassa olevia ja odotettavissa olevia kansallisia arviointimenetelmiä ja näihin liittyvää säädösohjausta. Tähän liittyi suuri joukko eri aspekteja, joita analysoitiin ja vertailtiin yksi kerrallaan. Lopuksi vertailtiin vielä opinnäytetyötutkimusta muihin samankaltaisiin tutkimuksiin ja etsittiin eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä näiden väliltä. Tämän jälkeen suoritettiin lyhyt yhteenveto vertailuosion tuloksista ja johtopäätöksistä.

### 4.1 Menetelmien kehitystyön ja taustatutkimuksen vertaileminen keskenään

Suomen, Ruotsin ja Tanskan vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmien kehitystyö ja tehdyt taustatutkimukset ja -selvitykset erosivat hyvin paljon toisistaan maiden välillä.

Suomen tapauksessa laadittiin ensin tiekartta rakennusalan hiilijalanjäljen vähentämisestä ja tämän jälkeen vaikutusarvio ja sopivat keinot rakentamisen päästöjen ohjaamiseksi. Tämän taustatyön jälkeen aloitettiin jo varsinaisen arviointimenetelmän kehittämistyö ja ensimmäinen versio siitä julkaistiin vuonna 2019. Tämän jälkeen suoritettiin vain kaksi lisätutkimusta, joiden aihealueet olivat varsin spesifejä. Arviointimenetelmää kehitettäessä oli huomattu, että rakennusten hiilikädenjäljen laskemisesta ja talotekniikan päästötiedoista olemassa olevat tiedot olivat vaillinaisia, joten tutkimukset kohdistettiin näihin. Tämän jälkeen vuoden 2019 arviointimenetelmästä jatkokehitettiin uusi versio vuonna 2021, jolloin se lähti lausuntokierrokselle eikä lisäselvityksiä enää tarvittu.

Ruotsissa vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen taustatyö oli huomattavasti kattavammin dokumentoitu erilaisten asuntovirasto Boverketin laatimien tutkimus- ja selvitysraporttien muodossa ja kyseiset taustaselvitykset etenivät kronologisesti toisiinsa nähden. Boverketin taustatutkimuksia raportoitiin jo alkaen vuosista 2015 ja 2016, jolloin laadittiin esiselvitykset maan senhetkisestä tilanteesta vähähiilisen rakentamisen saralla ja pohdittiin tarvetta hallinnollisille välineille päästöjen ohjaukseen. Tämän jälkeen selvitystyö eteni esiselvitysten pohjalta suoraan ehdotuksiin konkreettisista toimenpiteistä ja ilmastaselvityksen laatimisen metodeista ja säännöistä. Vuonna 2020 valmisteltiin selvitykset aikataululle toimenpiteistä, jotta säädöspohjainen ilmastaselvitysten laadinta saataisiin osaksi lainsäädäntöä ja myös aikataululle säädösten jatkokehittämistoimenpiteitä varten. Kehitystyö saatiin tällöin valmiiksi ja lakiesitys valmistui vuonna 2021.

Tanskan osalta taustatutkimusten löytäminen oli haastavinta ja niitä oli myös määrällisesti vähiten. Säädösohjatun rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnin osalta oli vain yksi taustatutkimus ja kansallinen strategia, jotka olivat molemmat vuosilta 2021. Varsinaisesti Tanskan kehitystyö kohti vähähiilistä rakentamista alkoi jo vuonna 2012, mutta kirjallisuuskatsauksen kannalta vuosien 2012–2020 ajalta ei löytynyt rajaukseen sopivaa lähdeaineistoa. Tanskan kaksi tausta-aineistoa olivat siis kansallinen strategia kohti Tanskan ilmastotavoitteita rakennusalan osalta ja BUILDin tutkimus kuudenkymmenen rakennuksen elinkaariarvioinnista säädöspohjaisten raja-arvojen määrittämistä varten. Kansallisessa strategiassa määrättiin suoraan siitä, että vuonna 2023 ilmastovaikutusten laskeminen uusille rakennuksille tulisi voimaan ja raja-arvot vaikutuksille tulisivat myös vuodesta 2023 alkaen asteittain käyttöön. Näin ollen BUILDin raportti raja-arvoista oli taustatyötä sopivien ilmastovaikutusten määrittämiselle kansalliseen strategiaan. Mielenkiintoista taustatutkimusten osalta on se, että ne suoritettiin rinta rinnan ja ne julkaistiin samaan aikaan huhtikuussa 2021.

Tapa, jolla taustatutkimukset oli kunkin maan osalta suoritettu, oli vaihteleva. Suomessa ja Tanskassa tutkimukset ulkoistettiin muille tahoille, kun taas

Ruotsissa kaikki tutkimusraportit olivat asuntovirasto Boverketin laatimia, joskin osittain muille tahoille ulkoistettuja. Tämä on mielenkiintoista siitä näkökulmasta, että tutkimusten teettäminen monilla eri tahoilla voisi potentiaalisesti vaikuttaa niiden laatuun. Suomessa taustatutkimusten suorittamiseen osallistuivat Bionova Oy, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy ja Sweco Oy. Näiden lisäksi yksi tutkimuksista suoritettiin kansainvälisesti ja tähän osallistui Suomen osalta vähähiilisen rakentamisen asiantuntija Tarja Häkkinen. Suomen tutkimusten osalta Bionovan tutkimus oli ainoa, jossa ei nimetty yksilöidysti tekijöitä. Kuten aiemmin mainittua, Ruotsin osalta taas kaikki tutkimukset olivat Boverketin sisäisesti teettämiä. Hyvänä puolena Ruotsin menettelytavassa oli yhtenäinen esitystapa ja -tyyli, sekä tutkimusten eteneminen jatkumona ja täten niiden selkeä yhteys toisiinsa. Tanskan osalta taustatutkimuksista toinen tehtiin BUILD-instituutin, kun taas toinen sisä- ja asuntoministeriön toimesta.

Luotettavuudeltaan voitiin todeta niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin osalta tutkimukset laadukkaiksi, sillä ne ovat kaikki tunnetuista ja luotettavista asiantuntijalähteistä, eikä niissä ollut kaupallisia kytköksiä. Kaikki tutkimukset olivat myös säilyttäneet relevanttiutensa, sillä vähähiilisen rakentamisen säädösohjaus oli kaikissa kolmessa maassa tuore ja todella ajankohtainen tutkimuskohde. Näin ollen suurin osa taustatutkimuksista sijoittui ajankohdaltaan 2020-luvulle, ja kaikki vanhimmatkin esitutkimukset olivat alle kymmenen vuoden takaisia. (Turun Ammattikorkeakoulu 2022.)

Teemoiltaan, tavoitteiltaan, tutkimusmenetelmiltään ja lähteiltään jokainen taustatutkimus tai -selvitys olivat todella vaihtelevia.

### **Suomalaisten taustatutkimusten tutkimusmenetelmät ja tavoitteet**

Suomen osalta Bionovan tutkimuksessa tavoitteena oli hahmotella tiekartta, jonka avulla voitaisiin ottaa käyttöön rakennusten hiilijalanjäljen sääntely rakentamisen ohjauksessa. Kyseinen tutkimus tehtiin ympäristöministeriön toimeksiannosta ja tausta-aineistona käytettiin ympäristöministeriön vuosina 2013–2015 teettämiä taustaselvityksiä. Tutkimus suoritettiin ympäristöministe-



riön ohjauksessa ja se sisälsi myös toimialaa edustavan ohjausryhmän. Tutkimusmenetelmänä toimivat työpajat ja kyselyt. VTT:n tutkimuksessa tavoitteena oli arvioida vaikutuksia, joita vähähiiliselle rakentamiselle Bionovan tutkimuksessa ehdotetut ohjaustoimenpiteet aiheuttaisivat. Bionovan tutkimuksen lisäksi lähtöaineistona VTT:n tutkimukselle toimi Rakennustarkastusyhdistyksen viranomaisvaikutuksia kartoittava selvitys. VTT:n tutkimus suoritettiin myös ympäristöministeriön toimeksiantona ja lisäksi siinä toimi ympäristöministeriön nimeämä ohjausryhmä. Tutkimusmenetelmänä käytettiin laadullisia ja kvantitatiivisia menetelmiä, sekä lopuksi vaikutuksia arvioitiin määrällisesti. Arviot käsiteltiin työpajoissa. (Bionova Oy 2017, 2–3, 8–10; Häkkinen & Vares 2018, 3, 8, 10.)

Hiilikädenjälkeä koskeva tutkimus suoritettiin ympäristöministeriön ja Tanskan liikenne-, rakennus- ja asuntoviraston toimeksiantona, jotka toimivat myös työn ohjaajina. Tutkimuksen tavoitteena oli ehdottaa menetelmää hiilikädenjäljen määrittelyyn ja menetelmien kvantifiointiin ja pohdittiin hiilikädenjäljen soveltuvuutta osaksi säädösohjausta. Tutkimus jakautui kolmeen eri osaan, josta ensimmäisessä tutustuttiin aiheesta kertovaan kirjallisuuteen, jonka jälkeen selvitettiin, oliko hiilikädenjäljen laskentaa käytetty aikaisemmin rakennushankkeiden elinkaariarvioinnissa ja lopuksi tutkittiin aiheeseen liittyviä standardeja. Näitä käytettiin lähdeaineistona ehdotuksen työstämisessä. (Häkkinen ym. 2021, 7–10.)

Swecon tutkimuksessa tavoitteena oli luoda päästöarvot säädösohjattua hiilijalanjälkilaskentaa varten talotekniikan osalta. Lähteenä kyseisessä selvitystyössä toimivat Swecon omat referenssikohteet, SYKE:n päästötietokannan päästötiedot sekä tuotekohtaiset EPD-ympäristöselosteet. Tutkimuksen kulkua ja tutkimusmenetelmiä ei eritelty, ja kyseessä olikin melko tiivis loppuraportti tutkimuksesta. (Laasonen ym. 2021, Johdanto.)

## Ruotsalaisten taustatutkimusten tutkimusmenetelmät ja tavoitteet

Ruotsin tapauksessa asuntovirasto Boverketin laatima ensimmäinen esitutkimus vuodelta 2016 tehtiin hallituksen toimeksiannota. Sen tavoitteena oli analysoida tietämyksen ja tutkimuksen tilaa rakennusten ilmastovaikutuksista elinkaarinäkökulmasta. Lisäksi selvitettiin, mitkä aihealueet tarvitsisivat lisäselvityksiä, tiedotustoimintaa ja ohjausta. Kyseisen tutkimuksen Boverket tilasi KTH-instituutilta. KTH haastatteli rakennusalan eri toimijoita niin kansallisesti, kuin kansainvälisestikin. Tutkimus suoritettiin siis pääasiassa haastattelututkimuksena, mutta se sisälsi myös paljon teoriaosuuksia, joihin oli käytetty hyväksi kattavasti kirjallisuuslähteitä. Seuraavassa esitutkimuksessa vuonna 2016 tavoitteena oli selvittää, tarvittaisiinko hallinnollisia valvontatoimenpiteitä rakennusalan sopeuttamiseksi kohtuullisella tasolla ympäristöön ja ilmastoon. Kyseinen esitutkimus toteutettiin asuntovirasto Boverketin sisäisesti, mutta lisäksi käytettiin ulkoista referenssiryhmää. Boverketin projektiryhmä kartoitti ensin käsiteltävät teemat kirjallisuuden ja asiantuntijadialogin avulla. Kartoitusta seurasi jatkoanalyysi, jonka aikana tehtiin johtopäätökset ja ehdotettiin jatkotoimenpiteitä. (Boverket 2015, 5, 17–18; Boverket 2016, 6, 13–14.)

Vuonna 2018 Boverket julkaisi kaksi raporttia hallituksen toimeksiannosta. Ensimmäisenä julkaistiin raportti, jossa ehdotettiin ohjaavia toimenpiteitä kohti kestävästä rakentamisesta erityisesti rakennusmateriaalien ilmastovaikutusten hillitsemisen osalta. Julkaistu raportti oli selvitys kyseisestä toimeksiannosta, ja se suoritettiin asuntovirasto Boverketin sisäisesti asiantuntijoiden toimesta. Tämän jälkeen myöhemmin vuonna 2018 julkaistiin loppuraportti ehdotuksesta rakennuksen ilmastaselvityksen laatimisen metodeista ja säännöistä. Kyseisessä toimeksiannossa työskenteli työryhmä, joka koostui rakennusinsinööreistä, ekonomisteista ja lakihenkilöistä. Boverket antoi KTH-instituutille tehtäväksi laatia ehdotus ilmastovaikutusten laskemis- ja raportointimenetelmäksi. Toimeksiannon aikana asuntovirasto Boverketilla oli kaksi referenssiryhmätapaamista, rakennusteollisuuden, tutkimuslaitosten, yliopistojen, viranomaisten, kuntien ym. edustajien kanssa. Lisäksi ennen

loppuraportin julkaisua osaraportti lähetettiin ulkoisen referenssiryhmän kommentoitavaksi. Molemmissa vuoden 2018 toimeksiantojen raporteissa oli lisäksi käytetty hyväksi kirjallisuuslähteitä. (Boverket 2018a, 17; Boverket 2018b, 23–24.)

Näiden jälkeen vuonna 2020 julkaistiin vielä kaksi raporttia. Ensimmäiseksi julkaistiin raportti, jossa kerrottiin asuntovirasto Boverketin viidestä osaprojektista, jotka oli perustettu rakennusten ilmastaselvitystä koskevien säädösten kehittämistyön tueksi. Kyseessä oli selvitysraportti, joka ei sisältänyt tutkimusosiota eikä lähdeaineistoa. Tämän jälkeen julkaistiin suunnitelma ilmastaselvityksen jatkokehittämisestä koko elinkaaren ja raja-arvojen kattamiseen. Kyseinen suunnitelma oli osa suurempaa toimeksiantoa, johon kuului suuri määrä eri alan asiantuntijoita. Selvitysraportti laadittiin kuitenkin asuntovirasto Boverketin sisäisesti ja suurin osa sen sisältämästä suunnitelmasta perustui KTH-instituutin tietoihin ja hallituksen laatimaan muistioon, mutta myös kirjallisuuslähteitä oli käytetty. Suunnitelman laatimisen prosessia ei ole kuvailtu raportissa. (Boverket 2020b, 7; Boverket 2020c, 23.)

### **Tanskalaisten taustatutkimusten tutkimusmenetelmät ja tavoitteet**

Tanskassa BUILDin tutkimuksessa vuodelta 2021 tavoitteena oli luoda laajempi tietopohja rakennusten elinkaariarvioinnista, jota voitiin käyttää hyväksi säädöspohjaisten raja-arvojen asettamisessa. Tutkimuksessa tutkittiin elinkaariarviointia ja rakennusten ilmastovaikutuksia kuudenkymmenen eri rakennuksen osalta. Tapauskohteet ja elinkaariarvioinnit olivat peräisin niin DGNB-sertifioiduista projekteista, ulkoisista projekteista, kuin BUILDin itse suorittamista elinkaariarvioinneistakin. Itse tutkimusmenetelmiä ei eritelty sen tarkemmin. Kyseinen tutkimus suoritettiin toimeksiantona Tanskan liikenne-, rakennus- ja asuntoviraston toimesta. Tutkimuksessa mukana olleet asiantuntijat nimettiin loppuraportissa ja raportin arvioi Etelä-Tanskan yliopiston professori ennen sen julkaisua. Lähteenä tutkimuksessa olivat tapauskohteiden tietojen lisäksi myös kirjallisuuslähteet, jotka oli kirjattu raportin loppuun. (Zimmermann ym. 2021, 5–6, 13.)

BUILDin tutkimuksen lisäksi Tanskan toisena tausta-aineistona toimi kansallinen strategia kohti kestävästä rakentamisesta. Kansallinen strategia oli toimialakohtainen rakennusalan toimintasuunnitelma kohti kestävästä rakentamisesta. Kyseessä ei ollut tutkimus, vaan pikemminkin informatiivinen koonti ja etenemissuunnitelma tulevan säädösohjauksen osalta. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 6.)

### **Yhteenveto taustatutkimusten tutkimusmenetelmistä ja tavoitteista**

Yhteenvetona voidaan todeta, että Suomen, Ruotsin ja Tanskan tapauksessa taustatutkimukset ja -selvitykset palvelevat eri tarkoituksia kunkin maan osalta.

Ruotsin osalta taustatutkimusten rooli säädösohjatun ilmastaselvityksen kehittämistyössä on selkeä, sillä kehitystyötä on raportoitu aina alkuselvityksistä alkaen kohti säädösten voimaantuloa ja myös tulevaisuuden kehitystyötä. Ruotsin osalta taustatutkimukset olivat helposti saatavilla asuntovirasto Boverketin verkkosivuilta, ne olivat muodoltaan yhteneviä ja antoivat asiasta kiinnostuneelle selkeän kokonaiskuvan vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen taustoista, sisällöstä ja kehitystyön kulusta.

Myös Suomen osalta taustatutkimukset olivat helposti saatavilla ympäristöministeriön verkkosivuilta. Suomen tapauksessa taustatutkimukset ja -selvitykset eivät antaneet lukijalleen kehitystyöstä yhtenevää kokonaiskuvaa, vaan ne keskittyivät tiettyihin tarkkaan rajattuihin aihealueisiin, joista oli tarvittu enemmän tutkimustietoa kehitystyön aikana.

Tanskan lähestymistapa tutkimusten osalta oli aiheesta kiinnostuneen kannalta suppein, sillä se sisälsi vain yhden varsinaisen taustatutkimuksen, jonka avulla koottiin kestävästä rakentamisesta kansallinen strategia. Kehitystyössä käytetty tausta-aineisto oli myös vaikeimmin löydettävissä, sillä ne eivät olleet selkeästi esillä asunto- ja suunnitteluviraston, eivätkä myöskään sisä- ja asuntoministeriön verkkosivuilla.

Laadultaan kaikki kirjallisuuskatsauksen otannassa mukana olevat tutkimukset ja selvitykset olivat luotettavia. Tutkimukset ja selvitykset olivat tieteellisiä, alan

asiantuntijoiden laatimia, asiantuntevien auktoriteettien julkaisemia ja ne olivat selkeästi suunnattuja alan ammattilaisille ja tiedeyhteisölle.

#### 4.2 Säädosohjauksen ja arviointimenetelmien vertaileminen keskenään

Suomen tapauksessa vähähiilisen rakentamisen säädosohjaukseen kuului kirjallisuuskatsauksen suorittamisen ajankohtana lausuntokierrokselle laadittu luonnos ympäristöministeriön asetuksesta rakennuksen ilmastaselvityksestä sekä kyseiseen luonnokseen liittyvä perustelumuistio ja luonnos vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmästä 2021. Rakentamislain uudistuksesta valittiin kirjallisuuskatsaukseen mukaan lausuntokierroksella vuoden 2021 lopulla ollut hallituksen esitys eduskunnalle. Kirjallisuuskatsauksen edetessä valtioneuvosto hyväksyi lopullisen esityksen syyskuussa 2022. Kyseisen esitysehdotuksen sisältö poikkeaa hieman lausuntokierroksen alkuperäisestä esityksestä, joka tässä opinnäytetyössä on ollut tarkasteltavana.

Ruotsin osalta laki ja asetus ilmastaselvityksestä rakennuksille astuivat voimaan jo vuoden 2022 alusta, joten tarkasteluun voitiin ottaa voimassa olevat laki ja asetus, sekä myös laki muutoksesta kaavoitus- ja rakentamislakiin. Lisäksi otettiin mukaan lakiesitys ilmastaselvityksestä vuodelta 2020, sillä se sisälsi kuvauksen itse metodista.

Tanskan osalta menettely on hieman erilainen verrattuna Suomeen ja Ruotsiin, sillä säännökset ilmastaselvityksen laatimisesta rakennuksille tulevat osaksi rakentamismääräyksiä, eikä niistä tehdä erillistä lakia ja asetusta. Kirjallisuuskatsauksen suorittamisen aikaan kyseinen muutos rakentamismääräyksiin oli lausuntokierroksella, joten aineistoksi valittiin kuulemiskirje ja asiakirja tulevista muutoksista määräyksiin perusteluineen.

Suomen, Ruotsin ja Tanskan rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmät ovat melko yhtenevät, mutta erojakin löytyy. Kaikki kolme menetelmää pohjautuvat standardiin EN15978 "Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method". Kyseisen standardin lisäksi Suomessa menetelmä pohjautuu myös

Euroopan vapaaehtoiseen Level(s)-menetelmään ja Tanskan menetelmä taas puolestaan standardiin ”EN15804 Sustainability of construction works - Environmental product declarations - Core rules for the product category of construction products”. (Swedish Life Cycle Center n.d.)

Vaikka eurooppalainen standardi EN 15978 määrittelee ympäristötietoihin perustuvan laskentamenetelmän rakennuksille, ovat silti Suomen, Ruotsin ja Tanskan arviointimenetelmät yksinkertaistettuja ja helpotettuja versioita tästä standardin mukaisesta menetelmästä, ja siksi myös erilaisia keskenään. Voidaan siis todeta kansallisten menetelmien olevan kirjavia sisältönsä suhteen, vaikka ne perustuvatkin metodologialtaan samaan standardiin. Mitään velvoittavaa politiikkaa sen suhteen ei ole, kuinka laaja kunkin maan kansallisen arviointimenetelmän tulisi olla, vaan tämä on kunkin valtion oman harkinnan alasta. Seuraavissa alaluvuissa esitellään arviointimenetelmiin liittyviä eri parametreja ja vertaillaan näiden osalta löytyviä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan menetelmien väliltä.

#### 4.2.1 Arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet

Kaikissa kansallisissa eurooppalaisissa menetelmissä ovat käytössä standardin EN 15978 mukaiset elinkaaren vaiheet ja moduulit, mutta näiden sisällyttäminen osaksi arviointia vaihtelee menetelmittäin. Niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin osalta elinkaaren arvioiminen on yksinkertaistettu jättämällä joitakin päästövaikutuksiltaan vähäisempiä moduuleja pois. Suomen menetelmässä moduuleista otetaan huomioon A1–A5, B4–B6, C1–C4 ja D, Ruotsin menetelmässä moduulit A1–A5 ja Tanskan menetelmässä A1–A3, B4, B6, C3–C4 ja D. Taulukossa 1 on havainnollistava esitys kunkin maan arviointimenetelmän kattavuudesta moduulien osalta.

Taulukko 1. Rakennuksen elinkaaren moduulit ja kunkin maan ilmastovaikutusten arviointimenetelmän kattavuus moduulien osalta.

| Moduuli   | Suomi | Ruotsi | Tanska |
|---|-------|--------|--------|
| A1 Raaka-aineen hankinta                          | ✓     | ✓      | ✓      |
| A2 Kuljetus valmistukseen                         | ✓     | ✓      | ✓      |
| A3 Tuotteen valmistus                             | ✓     | ✓      | ✓      |
| A4 Kuljetus työmaalle                             | ✓     | ✓      |        |
| A5 Työmaatoiminnot                                | ✓     | ✓      |        |
| B1 Tuotteen käyttö rakennuksessa                  |       |        |        |
| B2 Kunnossapito                                   |       |        |        |
| B3 Korjaus  |       |        |        |
| B4 Osien vaihto                                   | ✓     |        | ✓      |
| B5 Laajamittaiset korjaukset                      | ✓     |        |        |
| B6 Energian käyttö                                | ✓     |        | ✓      |
| B7 Veden käyttö                                   |       |        |        |
| C1 Purkaminen                                     | ✓     |        |        |
| C2 Kuljetukset                                    | ✓     |        |        |
| C3 Purkujätteen käsittely                         | ✓     |        | ✓      |
| C4 Purkujätteen loppusijoitus                     | ✓     |        | ✓      |
| D Elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt ja haitat | ✓     |        | ✓      |

### Arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet, moduulit A1–A5

Taulukosta 1 voidaan huomata, että ennen rakennuksen käyttöönottoa kuvastavista moduuleista A1–A5 otetaan huomioon Suomen ja Ruotsin arviointimenetelmissä kaikki viisi moduulia, kun taas Tanskan arviointimenetelmässä arviointi rajautuu kolmeen ensimmäiseen moduuliin. Tuotteiden valmistusvaiheen moduulit A1–A3 arvioidaan jokaisessa kolmessa

menetelmässä, sillä tutkimukset ovat osoittaneet kiistatta rakennusmateriaalien ilmastovaikutukset merkittäviksi. Lisäksi rakennusmateriaalien ilmastovaikutusten arvioiminen tarkasti jo rakennusprojektin suunnitteluvaiheessa on mahdollista ja arviointia voidaan tarvittaessa tarkentaa projektin edetessä esimerkiksi tuotekohtaisilla ympäristöselosteilla.

Suomessa ympäristöministeriö perustelee moduulien A1–A3 lisäksi moduulin A4 huomioimista arvioinnissa sillä, että vaikka kuljetukset työmaalle ovat vaikutuksiltaan pieniä rakennuksen elinkaaren ajalta, olisi liikenteen päästöjen vähentäminen muutoinkin hyödyllistä ympäristölle. Lisäksi kuljetusten aiheuttamien päästöjen arvioiminen onnistuisi luotettavasti kohtuullisella työpanoksella. Ruotsin asuntovirasto Boverket taas arvioi, että joissakin rakennusprojekteissa liikenne voi aiheuttaa merkittäviäkin päästöjä. Lisäksi sisällyttämällä kuljetukset osaksi arviointia voitaisiin edistää parannuksia kuljetustyyppin, polttoaineen ja täyttömäärien valintojen suhteen. Kuljetuksien arvioimisella voitaisiin myös saada suurempi joukko toimijoita osallistumaan ilmastovaikutusten vähentämiseen, kun paine siirtyisi osin myös liikennealan puoleen. (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13; Regeringens proposition 2020/21:144, 31–32.)

Kuljetusten lisäksi Suomen ympäristöministeriön mukaan työmaatoiminnot A5 sisällytettäisiin arviointiin mukaan siksi, että työmaiden vähähiilisyyden eteen tehdään jatkuvasti toimenpiteitä ja nämä halutaan näkyviksi myös ilmastoselvitykseen. Ruotsin asuntovirasto Boverket taas toteaa, ettei Ruotsissa työmaatoimintoihin ole aiemmin kiinnitetty juurikaan huomiota, joten kun moduuli A5 otetaan mukaan, saadaan todennäköisesti implementoitua rakentamis- ja asennusvaiheeseen enemmän ilmastotietoisia valintoja esimerkiksi rakennustapojen, materiaalihävikin ja työmaalla käytettävien polttoaineiden suhteen. (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13; Regeringens proposition 2020/21:144, 31–32.)

Tanskan menetelmä rajautuu ennen rakennuksen käyttöönottoa kuvastavien moduulien osalta siten, että moduulit A4 ja A5 rajataan pois. Tanskan asunto- ja suunnitteluvirasto bolig- og planstyrelsen perusteli moduulien poisjättöä sillä, että



vielä ei olisi riittävästi kokemusta rakennusprosessin vaikutusten laskemisesta. Kyseisiä moduuleja ei myöskään ollut sisällytetty Tanskan vuoden 2021 kansalliseen kestäväan rakentamisen strategiaan. Moduuleja A4–A5 arvioidaan Tanskassa edelleen tulevina vuosina ennen kuin päätös niiden sisällyttämisestä ilmastaselvitykseen tehdään. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3.)

### **Arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet, moduulit B1–B7**

Ruotsin menetelmän osalta arviointia ei tehdä lainkaan käyttövaiheen ja purkuvaiheen moduuleille B...C, sillä täydellisen elinkaarianalyysin laatimista pidettiin vielä liian vaativana vuonna 2022, kun ilmastaselvitysten lakisääteinen laatiminen astui voimaan. Moduuleja tulitaisiin lisäämään Ruotsin menetelmään vähitellen, kun alalla totuttaisiin ilmastaselvitysten laatimiseen.

Käyttövaiheen moduulien B1–B7 osalta on hieman vaihtelua Suomen ja Tanskan menetelmien välillä, kuten taulukosta 1 voidaan todeta. Moduulit B1–B3 ja B7 eivät kuulu kummankaan maan menetelmään, ja Tanskan menetelmän ulkopuolelle jää myös moduuli B5 laajamittaisista korjauksista.

Suomen ympäristöministeriö perustelee rajauksiaan käyttövaiheen moduulien suhteen arviointimenetelmäohjeessaan. Tuotteiden käyttöä (B1) ei arvioida siksi, että vaikutus on hyvin vähäinen ja arvioiminen ennalta on hankalaa. Myös kunnossapidon (B2) osalta vaikutus olisi hyvin vähäinen, eikä rakennuksen suunnitteluvaiheessa ole tehokkaita keinoja vaikuttaa kunnossapidossa käytettäviin laitteisiin ja tuotteisiin. Korjauksien (B3) jättämistä arvioinnin ulkopuolelle ympäristöministeriö perustelee sillä, että odottamattomista rikkoutumisista aiheutuvia korjaustoimenpiteitä on lähes mahdotonta arvioida luotettavasti. Veden käyttöön (B7) liittyvä moduuli jätettiin arvioinnin ulkopuolelle, sillä veden käytön vaikutus päästöihin on vähäinen verrattuna sen arviointiin vievään aikaan. Tämän lisäksi suurin veden käyttöön liittyvä päästö on käyttöveden lämmittäminen, joka sisältyy B7 moduulin sijaan moduuliin B6. (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13.)

Suomen ympäristöministeriö perusteli arviointimenetelmän ohjeessaan myös syitä, miksi taas moduulit B4, B5 ja B6 otetaan mukaan arviointiin. Rakennustuotteiden vaihdot (B4) otetaan mukaan arviointiin, sillä tekniseen käyttöikään perustuva vaihtotarve voidaan arvioida riittävän luotettavasti. Laajamittaiset korjaukset (B5) arvioidaan korjauskohteissa, mutta ei uudiskohteissa. Korjauksen yhteydessä tehdään merkittäviä muutoksia etenkin rakenteisiin ja talotekniikkaan. Kyseisiä muutoksia on vaikeaa arvioida ennakoivasti, joten siksi nämä sisällytetään laajamittaisten korjauskohteiden arviointiin, eikä uudiskohteisiin. Lisäksi energian käyttö (B6) arvioidaan, sillä se on keskeinen rakennuksen päästöihin vaikuttava tekijä. (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13.)

Tanskan arviointimenetelmän osalta ei annettu erillisiä syitä rajanvedoille käytönaikaisten moduulien B1–B7 osalta. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3.)

### **Arvioitavat rakennuksen elinkaaren vaiheet, moduulit C1–C4 + D**

Käytön jälkeisistä moduuleista C1–C4 arvioitaisiin Suomen menetelmän mukaan kaikki neljä moduulia, kun taas Tanskan menetelmällä moduulit C3 ja C4. Suomen ympäristöministeriö perusteli kaikkien käytön jälkeisten moduulien sisällyttämistä arviointiin sillä, että rakennuksesta purettavan materiaalin määrä pystytään tarpeeksi tarkasti määrittämään jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Käytön jälkeisten vaiheiden sisällyttäminen mahdollistaa lisäksi kiertotaloutta. Tanskan arviointimenetelmän osalta ei annettu erillisiä syitä rajanvedoille käytön jälkeisten moduulien C1–C4 osalta. (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13; Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3,6.)

Moduuli D otetaan mukaan niin Suomen kuin Tanskankin menetelmissä. Tanskan menetelmässä moduuli D tulisi sisältymään ilmoitukseen, mutta sitä ei sisällytettäisi raja-arvon kokonaistulokseen. Moduulin D sisällyttämistä ilmoitukseen perustellaan sillä, että se voisi osaltaan lisätä tietämystä rakennuksen käyttöiän jälkeisistä käyttömahdollisuuksista. Moduuli D sisältäisi rakennuksen materiaalien uudelleenkäytön, kierrättämisen ja muut tämän

kaltaiset hyödykkeet, joita voitaisiin käyttää ilmastohyötynä jonkun toisen uuden rakennuksen rakentamisen yhteydessä tulevaisuudessa. Myös Suomen menetelmässä tultaisiin tekemään hyötyjen arviointi moduulissa D. (Ympäristöministeriö 2021a, 12–13; Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3,6.)

Yhteenvedona arvioitavista rakennuksen elinkaaren vaiheista voidaan todeta, että jokaisella maalla on melko lailla omanlaisensa lähestymistapa siihen, kuinka laajasti rakennuksen elinkaaren vaiheita sisällytetään mukaan pakolliseen arviointiin. Mikäli arvioinnista halutaan tehdä mahdollisimman täydellinen, olisi tietysti sitä suotavampaa, mitä useampia moduuleja arviointiin sisällytetään. Elinkaaren vaiheiden ja moduulien kattavuuden perusteella voidaan ajatella Suomen tulevan arviointimenetelmän olevan kattavin. Suomen arviointijärjestelmä tulee tämänhetkisen tiedon valossa kattamaan kaikista rakennuksen elinkaaren seitsemästätoista moduulista yhteensä kolmetoista. Seuraavaksi kattavin tulee olemaan näillä näkymin Tanskan menetelmä, jossa tullaan ottamaan huomioon kahdeksan moduulia. Viimeisenä kattavuuden perusteella on Ruotsi, jonka arviointimenetelmä kattaa tällä hetkellä rakennuksen tuotevaiheen, eli yhteensä viisi moduulia.

#### 4.2.2 Arvioitavat rakennuksen osat

Rakennuksen elinkaaren vaiheiden sisällyttämisen lisäksi myös arviointiin mukaan otettavat rakennuksen osat vaihtelevat eri maiden menetelmien mukaan.

Ruotsin menetelmässä ilmastovaikutusten arviointiin mukaan otettavien rakennusosien skaala on suppein, sillä arviointiin mukaan otetaan ainoastaan kantavat rakenteet, rakennuksen vaipan rakenneosat ja sisäseinät. Asuntovirasto Boverket perustelee rajausta sillä, että moduulien A1–A3 osalta kyseiset rakennusosat kattaisivat riittävän suuren osan, tutkimuksien mukaan jopa 80–90 prosenttia tuotevaiheen ilmastovaikutuksista. Ajatuksena on, että pakollisten osien määrää tultaisiin vähitellen laajentamaan tulevaisuudessa, kun ilmastaselvitysten tekemisestä saadaan ensin rutiinitoimenpide rakennusalalle. (Boverket 2018b, 46.)

Ruotsin menetelmässä kantaville rakenteille, rakennuksen vaipan rakenneosille ja sisäseinille Boverket antaa tarkempia rajauksia ilmastoselvitystä käsittelevällä verkkosivullaan kuvan 22 mukaisesti. Kantavien rakenteiden osalta selvitykseen kuuluvat perustukset eristyksineen, runkorakenteet, maanvastaiset seinät, ulko- ja sisäportaot, vesikaton rakenteet, rampit, betonivalut ja parvekkeet, jotka ovat osa kantavaa rakennetta tai rakennuksen vaippaa. Kantavien rakenteiden osalta selvityksen ulkopuolelle jäävät paalutukset ja muut maaperän stabilointitoimenpiteet, maanrakennustyöt, maanalaiset putket, katokset ja parvekkeet, jotka eivät ole osana rakennuksen vaippaa tai kantavaa rakennetta. Rakennuksen vaipan osalta ilmastoselvitykseen kuuluvat ulkoseinät ulkopinnasta sisäpintaan, vesikatto, rakenteisiin integroidut aurinkokennot, julkisivuverhoilu, ulkoseinän rappaus ja maalaus, ikkunat, ulko-ovet ja lasitukset. Vaipan osalta selvitykseen eivät kuulu seinän sisäpinnan kittaus ja pintaverhoilu, julkisivukaihtimet, aurinkosuojat, vesikattovarusteet, sadevesijärjestelmät, julkisivutikkaat ja ulkoiset paloportaot. Sisäseinien osalta ilmastoselvitykseen kuuluvat sisäseinät rakennuslevyyn asti, lasiset väliseinät, sisäovet, verkkoseinät varastotiloissa, kiinteä aluslattia, sisäkatot ja alas lasketut katot. Sisäseinien arviointiin eivät kuulu sisäpinnan käsittelyt kuten kittaukset, maalit, tapetit ja vedeneristykset, katto- ja lattialistat, ikkunapenkit ja lattiapinnat kuten parketit, muovipäällysteet ja laatat. (Boverket 2022a.)

| Kategori  | Ska inkluderas i klimatdeklarationen   | Ska inte inkluderas i klimatdeklarationen   |
|---|--|---|
| <b>Bärande konstruktionsdelar - Grundläggning</b> | Grundkonstruktion såsom platta på mark och exempelvis fundament, sulor, förstärkningsbalkar, voter och grundmurar<br>Isolering under grund   | Pålar och andra markåtgärder såsom exempelvis stabilisering och stödmurar<br>Markarbeten som till exempel kapillärbrytande skikt och dräneringsgrus<br>Rördragningar  |
| <b>Bärande konstruktionsdelar - Övriga</b>        | Stomme (balk, bjälklag, pelare, vägg)<br>Vägg mot mark<br>Trappor, inkl. trappräcken<br>Innertrappor<br>Yttertakskonstruktion<br>Ramper<br>Balkonger och loftgångar, inkl. räcken<br>Pågjutningar                        | Altaner och verandor som inte utgör en del av byggnadens klimatskärm eller bärande konstruktion<br>Skärmtak   |
| <b>Klimatskärm</b>                                | Yttervägg till och med byggskiva på insida<br>Yttertak och bjälklag, inkl. gröna tak<br>Integrerade solceller<br>Fasadbeklädnad<br>Puts och målning på yttervägg<br>Fönster<br>Ytterdörrar<br>Glaspartier och inglasning | Invändiga ytskikt<br>Spackel på invändig vägg<br>Fasadpersienner och solavskärmning<br>Taksäkerhets- och regnvattensystem<br>Fasadstegar och utvändiga brandtrappor   |
| <b>Innerväggar</b>                                | Innerväggar till och med byggskiva<br>Glaspartier<br>Innerydörrar<br>Nätväggar till lägenhetsförråd<br>Uppreglat undergolv<br>Undertak<br>Innertak   | Invändiga ytskikt, till exempel spackel, målarfärg, brandskyddsfärg och tapet, inklusive tätskikt till våtutrymmen<br>Tak- och golvlist<br>Fönsterbänkar<br>Invändiga ytskikt, till exempel parkettgolv, linoleummatta, kakel och klinker |

Kuva 22. Boverketin esitys ilmastaselvitykseen sisältyvistä rakennusosista (Boverket 2022a).

Suomessa vähähiilisen rakentamisen arviointimenetelmän ja ilmastaselvityksen osalta mukaan otettavien rakenneosien määrä on Ruotsin menetelmää laajempi. Ympäristöministeriön menetelmässä otetaan arvioinnissa huomioon kantavat rakenteet, täydentävät rakenteet, perustukset ja maatyöt sekä taloteknisten järjestelmien keskeiset osat. Täydellinen luettelo arviointiin mukaan otettavista rakennusosista on osana kansallista päästötietokantaa. Arviointiin sisältyvät osat ovat karkeasti lueteltuna ympäristöministeriön luonnoksessa kuvassa 23. (Ympäristöministeriö 2018a, 11.)

|                        | Sisältyy arviointiin  | Ei sisälly arviointiin  |
|------------------------|---|---|
| Alueosat               | 1.1.1 Maaosat<br>1.1.2 Tuennat<br>1.1.3 Päälysteet<br>1.1.5 Alueen rakenteet  | - Raivaukset, kaivannot ja kanaalit (1.1.1.1 – 1.1.1.3)<br>- Alueen varusteet (1.1.4)<br>- Tuotteiden pakkaukset<br>- Uuden rakennuksen tieltä purettavat rakenteet tai rakennukset<br>- Kasvillisuus, maaperä ja vesistö |
| Rakennusosat           | 1.2.1 Perustukset<br>1.2.2 Alapohja<br>1.2.3 Runko<br>1.2.4 Julkisivut, ovet ja ikkunat<br>1.2.5 Ulkotasot ja parvekkeet<br>1.2.6 Kattorakenteet  | - Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumat ja muut kiinnikkeet<br>- Savunpoistorakenteet<br>- Tuotteiden pakkaukset   |
| Tilaosat               | 1.3.1 Jako-osat (väliseinät, ovet, portaat)<br>1.3.2 Tilapinnat (lattiat, sisäkatot, seinät) pintakäsittelyineen<br>1.3.3 Tilavarusteet (kiintokalusteet, keittiölaitteet)<br>1.3.4.2 Hormit ja tulisijat<br>1.3.5 Tilaelementit (mm. kylpyhuonemuulit) | - Listat ja kulmavahvikkeet<br>- Kaiteet (1.3.1.4)<br>- Tilaopasteet (1.3.3.5)<br>- Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumat ja muut kiinnikkeet<br>- Tuotteiden pakkaukset         |
| Talotekniikka          | - Lämmitysjärjestelmän pääosat<br>- Vesi- ja viemärijärjestelmän pääosat<br>- Ilmastointijärjestelmän pääosat<br>- Jäähdytysjärjestelmän pääosat<br>- Sprinklerijärjestelmän pääosat<br>- Sähköjärjestelmän pääosat<br>- Hissit ja liukuportaat         | - Tietotekniset järjestelmät<br>- Taloautomaation järjestelmät<br>- Varavirtajärjestelmät<br>- Erilliset koneet ja laitteet<br>- Tuotteiden pakkaukset  |
| Arvioinnin tarkkuus    | Voit jättää arvioinnin ulkopuolelle enintään yhden painoprosentin arviointiin sisältyvistä rakennusosista.  |   |
| Taulukkoarvojen käyttö | Voit käyttää kansallisessa päästötietokannassa olevia taulukkoarvoja helpottamaan rakennusosien arviointia.   |   |

Kuva 23. Asetusluonnoksen mukaiset arviointiin sisältyvät ja sisältymättömät osat (Ympäristöministeriö 2021a, 11).

Ruotsin menetelmään verrattuna suurin eroavaisuus on siinä, että Suomen menetelmässä mukaan otetaan talotekniset osat, tilavarusteet, sekä perustusten lisäksi myös maatyöt. Karkeasti jaoteltuna arviointiin otetaan mukaan Talo 2000 -luokituksen (Rakennustietosäätiö & Haahtela-kehitys Oy 2006) mukaisesti

jaoteltuna maaosat, tuennat, päällysteet ja alueen rakenteet. Pois alueosien arvioinnista jätetään raivaukset, kaivannot, kanaalit, alueen varusteet, rakennusalueelta purettavat vanhat rakenteet ja rakennukset, kasvillisuus, maaperä ja vesistö. Rakennusosien osalta arviointiin otetaan mukaan perustukset, alapohja, runko, julkisivut, ovet, ikkunat, ulkotasot, parvekkeet ja kattorakenteet. Pois rakennusosien osalta jätetään savunpoistorakenteet. Tilaosien osalta arvioidaan jako-osat, tilapinnat, tilavarusteet, hormit, tulisijat ja tilaelementit. Pois jätetään listat ja kulmavahvikkeet, kaiteet ja tilaopasteet. Talotekniikan osalta arviointiin otetaan mukaan lämmitysjärjestelmän-, vesi- ja viemärijärjestelmän-, ilmastointijärjestelmän-, jäähdytysjärjestelmän-, sprinklerijärjestelmän- ja sähköjärjestelmän pääosat, sekä hissit ja liukuportaat. Pois talotekniikan osalta arvioinnista jätetään tietotekniset järjestelmät, taloautomaation järjestelmät, varavirtajärjestelmät, sekä erilliset koneet ja laitteet. Kaikkien arviointiin mukaan otettavien rakennusosien osalta arvioinnista jätetään pois tuotteiden pakkaukset. Lisäksi rakennusosien ja tilaosien osalta pois jätetään kaikki tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet. Ympäristöministeriö on esittänyt perusteluja kyseisille rajauksille rakennusosien osalta arviointimenetelmän ohjeluonnoksessaan. (Ympäristöministeriö 2018a, 11.)

Tanska laati rakentamismääräysten muutoksen yhteyteen yksityiskohtaisen taulukon selventämään, mitkä materiaalit ja rakennusosat olisi sisällytettävä ilmastovaikutusten laskelmaan. Karkeasti jaoteltuna valmiin rakennuksen rakennusosat kuten katto, ulkoseinät, sisäseinät, laatat ja vastaavat sisältyvät sisäpuolen pintaverhoilusta ulkoverhoukseen. Mukana ovat myös tekniset asennukset ja pääputket, mutta vain suorat kanavat ja putket, sekä ilmanvaihtoyksikkö. (Bolig- og planstyrelsen 2022c.)

Tanskan menetelmässä maanrakennuksen osalta arviointiin otetaan mukaan ainoastaan ponttiseinät ja nekin vain siltä osin, kun ne jäävät pysyviksi. Näin ollen maan patoamiseen tarkoitettuja ponttiseiniä ei sisällytetä laskelmiin. Perustusten osalta tavanomaiset perustustyyppit kuten perusmuuri-, pilari- ja paaluperustus otetaan mukaan arviointiin. Myös alapohjarakenteet arvioidaan. Arvioinnin

ulkopuolelle jätetään maastossa sijaitsevat perustusrakenteet, kuten ulkovalaisimien perustukset ja rakennuksesta erillään olevat tukimuurit. Sen sijaan maastossa olevat portaat ja rampit sisällytetään laskelmiin. (Bolig- og planstyrelsen 2022c.)

Rakennuksen maanpäällisen osan kohdalla Tanskassa arviointiin otetaan mukaan pääkomponenttien osalta ulkoseinät, sisäseinät, laattarakenteet, portaat ja rampit, kantavat palkit ja pilarit, parvekkeet ja kuistit, sekä katot. Edellä mainittujen osalta arvioinnissa on poikkeuksia portaille ja rampeille, jotka huomioidaan silloin, kun ne muodostavat osan rakennuksen sisääntulotietä ja kuuluvat rakennusalueen määritelmän piiriin. Täydentävistä rakennusosista mukaan otetaan ulkoseinien tapauksessa ulko-ovet, ikkunat, lasitukset, julkisivujärjestelmät, portit, aurinkosuojat, kaihtimet, säleiköt ja muut lisäykset julkisivuun. (Bolig- og planstyrelsen 2022c.)

Sisäseinien osalta täydentävistä rakenneosista otetaan huomioon Tanskan menetelmässä ovet, ikkunat, siirrettävät sisäseinät silloin kun ne asennetaan kiinteinä, sekä muut sisäseinien lisäykset kuten äänenvaimentimet ja säleiköt. Laattarakenteiden arvioinnissa täydentäviksi rakennusosiksi otetaan mukaan niiden päällä sijaitsevat lattiarakenteet. Portaiden ja ramppien, sekä parvekkeiden osalta otetaan mukaan täydentävinä rakenneosina kaiteet. Kattorakenteiden osalta täydentäviksi rakenteiksi otetaan mukaan kaikenlaiset ulko- ja sisätilojen alakattorakenteet, ulkonemat katossa, kattoikkunat, sekä savu- ja kattopellitykset. Pintakäsittelyiden osalta maalaus- ja muut pintaverhoilut kuten parketit, laatat, epoksi ym. otetaan huomioon kaikkien pääkomponenttien osalta. (Bolig- og planstyrelsen 2022c.)

Tekniset järjestelmät otetaan Tanskan menetelmässä mukaan osittain. Vesijärjestelmän osalta arvioinnissa huomioidaan ainoastaan kiertovesipumput, vesiputkien suorat osuudet ja paineenkorotuspumput. Ilmajärjestelmän osalta taas mukaan arviointiin otetaan enemmän osia. Arvioinnin piiriin kuuluvat jäähdytys- ja lämmitysjärjestelmien osalta lähestulkoon kaikki osat ja kuluneiden materiaalien määrät. Sen sijaan ilmastointijärjestelmän osalta arvioidaan vain suorat osuudet kanavista ja tämän lisäksi vain muutamat osat kuluneiden



materiaalien määrän osalta. Sprinklerijärjestelmää ei huomioida. Viemäriputket huomioidaan vain putkien osalta. Sähkö- ja mekaanisten asennusten osalta huomioidaan vain aurinkokennot, jos ne ovat osana runkoa tai kattopäällystettä. Toisaalta tekniset järjestelmät, putket, sähköjärjestelmät ja mekaaniset järjestelmät voidaan laskea myös kokonaisarviona asennusten materiaalmääristä tai toisaalta yksittäisenä kokonaisarvona yksityiskohtaisten määrien sijaan, mikäli kokonaisarvot ovat löydettävissä Tanskan yleisestä päästötietokannasta. (Bolig- og planstyrelsen 2022c.)

Lisäksi Tanskan menetelmässä huomioidaan hissit, nostimet ja liukuportaat. Pinnoitteista ja päällysteistä mukaan otetaan asfalttipäällysteet, valetut betonipäällysteet, kumipäällysteet esim. urheilupinnoitteet, laatta- ja kivipinnoitteet, sekä kivimurskat ja sorat. Nämä otetaan mukaan siltä osin, kun ne kuuluvat rakennusalueen määritelmän piiriin. Istutuksista huomioidaan vain laajat istutusjärjestelmät ja istutukset katoilla. (Bolig- og planstyrelsen 2022c.)

Yhteenvedona arviointiin sisällytettävistä rakenneosista voidaan todeta, että rakennuksen elinkaaren vaiheiden tavoin myös rakenneosien sisällyttämisen laajuus riippuu täysin kunkin maan menetelmästä. Joitakin yhteisiä suuntaviivoja voidaan toki tämänkin osalta vetää. Kuvassa 24 on esiteltynä karkeasti kunkin maan menetelmän mukaisesti mukaan otettavat rakennusosat. Vertailukohtana on lisäksi alimpana EU:n kehysmenetelmä Level(s), joka sisältää yleisesti ottaen kaikki mahdolliset rakennusosat.

EU:n kehysmenetelmään verrattuna voidaan kuvasta 24 nähdä, että Suomen tuleva arviointimenetelmä tulisi kattamaan suurimman osan rakennusosista verrattuna Ruotsiin ja Tanskaan. Suomen menetelmä tulisi näillä näkymin kattamaan kaikki rakennusosat, vain muutamia poikkeuksia, kuten kiinnikkeitä ja tuotteiden pakkauksia lukuun ottamatta. Suomen jälkeen toiseksi kattavin menetelmä rakennusosien suhteen on Tanskan tuleva arviointimenetelmä, jossa arvioinnin ulkopuolelle jätetään kalusteet ja laitteet sekä osittain talotekniikka. Ruotsin menetelmä on suppein, sillä arvioinnin ulkopuolelle jätetään kalusteiden, laitteiden ja talotekniikan lisäksi vielä myös ulkotyöt ja seinien ja lattioiden

pintakäsittelyt. Toki kuvassa 24 esiintyvä erittely on karkea ja poikkeuksia näihin on kunkin maan osalta.

| Country | Methodology                                   | Substructure | Frame | Upper floors | Roof | Stairs | Exterior walls | Interior walls | Doors | Windows | Ceilings | Floor finishes | Wall finishes | External works <sup>22</sup> | Furnishings and appliances <sup>22</sup> | Services <sup>22</sup> |
|---------|---|--------------|-------|--------------|------|--------|----------------|----------------|-------|---------|----------|----------------|---------------|------------------------------|--|------------------------|
| Denmark | Bygningsreglement                             | ●            | ●     | ●            | ●    | ●      | ●              | ●              | ●     | ●       | ●        | ●              | ●             | ●                            | ○  | ○                      |
| Finland | Finnish method / RakL                         | ●            | ●     | ●            | ●    | ●      | ●              | ●              | ●     | ●       | ●        | ●              | ●             | ●                            | ●  | ●                      |
| Sweden  | Klimatdeklaration av byggnader <sup>233</sup> | ●            | ●     | ●            | ●    | ●      | ●              | ●              | ●     | ●       | ●        | ○              | ○             | ○                            | ○  | ○                      |
| EU      | Level(s) via EPBD                             | ●            | ●     | ●            | ●    | ●      | ●              | ●              | ●     | ●       | ●        | ●              | ●             | ●                            | ●  | ●                      |

Kuva 24. Tanskan, Suomen ja Ruotsin säädöspohjaisten arviointimenetelmien sekä EU:n Level(s)-menetelmän arviointialueisiin sisältyvät rakennusosat poimittuna One Click LCA:n laatimasta Euroopan menetelmien yleiskatsauksesta (One Click LCA 2022, 42).

#### 4.2.3 Arviointijakson pituus

Ruotsin arviointimenetelmässä arviointijakson määrittely ei ole vielä toistaiseksi relevanttia, sillä arvioitiin kuuluvat vain ennen rakennuksen käyttöönottoa kuvastavat rakennuksen elinkaaren vaiheet A1–A5. Sen sijaan niin Suomen kuin Tanskan arviointimenetelmässä arviointijakson pituudeksi on määritelty viisikymmentä vuotta. Samaa arviointijakson pituutta käytetään niin ikään myös Euroopan vapaaehtoisessa Level(s)-menetelmässä. Ruotsin asuntovirasto Boverket on ehdottanut, että myös Ruotsin arviointimenetelmässä otettaisiin käyttöön viidenkymmenen vuoden arviointijakso sitten, kun rakennuksen käyttövaiheen moduulit lisätään tulevaisuudessa osaksi arviointia. Ilmastovaikutukset lasketaan siis rakennuksen viidenkymmenen ensimmäisen käyttövuoden ajalle, vaikka rakennuksen tekninen käyttöikä olisikin paljon tätä pidempi. Viidenkymmenen vuoden iässä rakennuksille yleensä suoritetaan jo peruskorjaus, jonka yhteydessä rakennuksen käyttötarkoitus, rakenteet ja talotekniset järjestelmät voivat muuttua radikaalistikin. Ennakoiminen peruskorjaustarpeiden osalta pitkälle tulevaisuuteen on epävarmaa, jonka takia

viidenkymmenen vuoden arviointijakso palvelee hyvin tarkoitustaan. (Ympäristöministeriö 2021a, 13–14; Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3; Boverket 2020c, 12-13.)

Edellä mainitun lisäksi Suomen arviointimenetelmässä arviointi tehdään väliaikaiseksi tarkoitetuille rakennuksille vain suunnitellut käyttöajan ajanjaksolle. Suomen menetelmä sisältää tällä hetkellä ainoana maana Suomen, Ruotsin ja Tanskan kesken korjausrakentamisesta aiheutuvat ilmastovaikutukset. Korjauskohteen tapauksessa arviointi suoritetaan ympäristöministeriön ohjeen mukaan korjausta seuraavan viidenkymmenen vuoden ajalle. Korjausta edeltäneitä vuosia ei arvioida takautuvasti, vaikka rakennus olisikin satoja vuosia vanha. Myös Ruotsi pohtii mahdollisuutta ottaa ilmastovaikutusten arviointi osaksi laajamittaisia korjauksia. Toistaiseksi asuntovirasto Boverket näkee tarpeelliseksi tutkia asiaa enemmän, eikä lopullista ehdotusta näiden lisäämisestä ole tehty. Tanskan osalta korjauskohteiden sisällyttämisestä arvioinnin piiriin tulevaisuudessa ei ole vielä tehty päätöksiä. (Ympäristöministeriö 2021a, 13–14, Boverket 2020c 69-70.)

Yhteenvedona voidaan todeta, että Suomen, Ruotsin ja Tanskan linjaus arviointijakson pituuden suhteen on yhtenäinen ja myös linjassa Euroopan Level(s)-menetelmän kanssa. Suomen arviointimenetelmässä otetaan lisäksi korjausrakentaminen huomioon, jolloin arviointijakson pituus on sama kuin uudisrakennuskohteessakin, huomioimatta takautuvasti rakennuksen aiheuttamia päästöjä.

#### 4.2.4 Arvioinnissa käytettävät tiedot

Niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin arviointimenetelmissä käytetään pääasiallisesti päästötietokantojen, sekä tuote- tai tuoteryhmäkohtaisten ympäristöselosteiden tietoja. Arvioinnissa käytettävät päästötietokannat eroavat maiden välillä. Suomessa on käytössä kansallinen rakentamisen päästötietokanta CO<sub>2</sub>data, Ruotsissa Klimatdatabas ja Tanskassa Generisk datagrundlag 2023. Suomen ja Ruotsin päästötietokannat on kehitetty

yhteistyössä maiden kesken. Kuvassa 25 on esitettynä Suomen ja Ruotsin päästötietokannat, jotka ovat vapaassa ilmaisessa käytössä. Tanskan tietokanta on osittain vielä kehitysvaiheessa ja se löytyy tällä hetkellä vain pdf-muodossa. Myös ote kyseisestä Tanskan päästötietokannasta on esitettynä kuvassa 25.

### Rakentamisen päästötietokanta

Tervetuloos käyttämään kaikille avointa ja maksutonta rakentamisen päästötietokantaa! Palvelusta selviää Suomessa käytössä olevien rakennustuotteiden sekä rakentamisen prosessin ja palveluiden keskimääräisiä päästötietoja. Tavoitteena on yhdenmukaistaa rakennusten koko elinkaaren aikaisen ilmastovaikutusten laskenta - ja edistää siten vähähiilistä rakentamista.

Päästötiedot on laadettu helpoilla tulostusvälikä, minkä lisäksi saatava voi myös tarkentaa tuotusvaihtelun. Palvelu toimii ensivaivassa englanniksi, ja se täydentyy myöhemmin suomen- ja ruotsinkielisillä sisällöillä.

Ylläpidosta ja kehittämisestä vastaa Suomen ympäristökeskus SYKE ympäristöministeriön toimeksiannosta.

Lisätietoja CO<sub>2</sub>-data-palvelusta.

Palvelu kehitetään edelleen, anna meille palautetta.

Mistä on kyse? Usain esitetty lyssymykset.

Haa  Haa  Oma luettelo

Luokka

TUOTTEET  
Lämmön- ja vedeneristys  
Rakennuslevyt  
Betonituotteet  
Terve- ja metallituotteet

PALVELUT JA PROSESSIT  
Energypalvelut  
Kuljetuspalvelut  
Rakentaminen  
Purkamisen ja purkutuotteiden käsittely

### Sök i Boverkets klimatdatabas

Boverkets klimatdatabas version 02.03.000 uppdaterad 20 maj 2022.

Notifiering  
Notera att byggprodukterna "Häljbätklag, HDIF" och "Skalvägg, VS" finns i kategorin "Fönster, dörrar och glas", de kommer att flyttas till kategorin "Betong" vid nästa uppdatering av klimatdatabasen.

Sök i klimatdatabasen

Kategorier >

Byggprodukter  
Betong  
Bruk och hindermedel  
Byggskivor

Murblock och tegel  
Stål och andra metaller  
Trävaror  
Tatskikt

### Bilag 2, tabel 7: Generisk datagrundlag 2023

| Navn                            | Fase    | Deklareret faktor | Deklareret enhed | Masse faktor | Global Opvarmning |
|---------------------------------|---------|-------------------|------------------|--------------|-------------------|
| Brandsikkert glas               | A1111A3 | 1                 | M2               | 50,05        | 71,6              |
| Brandsikkert glas Pyrobel       | C4      | 1                 | M2               | 50,05        | 0,645             |
| VVS-rør, blanke kobberør        | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 1,97              |
| VVS-rør, blanke kobberør        | C4      | 1                 | KG               | 1            | 0,000949          |
| VVS-rør, blanke kobberør        | D       | 1                 | KG               | 1            | -0,733            |
| Tagsten, beton                  | A1111A3 | 1000              | KG               | 1            | 255,909           |
| Tagsten, beton                  | C4      | 1000              | KG               | 1            | 16,07             |
| Tagsten, beton                  | D       | 1000              | KG               | 1            | -2,681            |
| Tæppeflise                      | A1111A3 | 1                 | M2               | 1,2          | 20                |
| Tæppeflise Eol                  | C3      | 1                 | M2               | 1,2          | 0,0341            |
| Tæppeflise                      | C4      | 1                 | M2               | 1,2          | 4,56              |
| Tæppeflise                      | D       | 1                 | M2               | 1,2          | -0,0958           |
| Træfiberisolering               | A1111A3 | 1                 | M3               | 157,49       | -156,3            |
| Træfiberisolering               | C3      | 1                 | M3               | 157,49       | 238,2             |
| Træfiberisolering               | D       | 1                 | M3               | 157,49       | -124              |
| Zink, patineret                 | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 2,09              |
| Fugemørtel                      | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 0,465             |
| Vandtætningsembran, flydende    | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 1,11              |
| VVS-rør, PE-skumbelagt kobberør | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 2,29              |
| VVS-rør, PE-skumbelagt kobberør | C4      | 1                 | KG               | 1            | 0,377             |
| VVS-rør, PE-skumbelagt kobberør | D       | 1                 | KG               | 1            | -0,868            |
| VVS-rør, PE-belagt kobberør     | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 2,07              |
| VVS-rør, PE-belagt kobberør     | C4      | 1                 | KG               | 1            | 0,964             |
| VVS-rør, PE-belagt kobberør     | D       | 1                 | KG               | 1            | -1,1              |
| VVS-rør, PU-skumbelagt kobberør | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 2,85              |
| VVS-rør, PU-skumbelagt kobberør | C4      | 1                 | KG               | 1            | 0,611             |
| VVS-rør, PU-skumbelagt kobberør | D       | 1                 | KG               | 1            | -0,952            |
| PU skumplade (12cm)             | A1111A3 | 1                 | M2               | 3,96         | 14,8              |
| PU skumplade (12cm)             | C3      | 1                 | M2               | 3,96         | 0,102             |
| PU skumplade (12cm)             | C4      | 1                 | M2               | 3,96         | 8,74              |
| PU skumplade (12cm)             | D       | 1                 | M2               | 3,96         | -4                |
| VVS-rør, PVC-belagt kobberør    | A1111A3 | 1                 | KG               | 1            | 1,83              |
| VVS-rør, PVC-belagt kobberør    | C4      | 1                 | KG               | 1            | 0,987             |
| VVS-rør, PVC-belagt kobberør    | D       | 1                 | KG               | 1            | -1,12             |
| WPC facadepanel                 | A1111A3 | 1                 | M2               | 7,79         | -0,558            |
| WPC facadepanel                 | C3      | 1                 | M2               | 7,79         | 8,78167           |

Kuva 25. Päästötietokannat. Vasemmalla allekkain Suomen ja Ruotsin tietokannat CO<sub>2</sub>-data ja Klimatdatabas. Oikealla lyhyt ote Tanskan tietokannasta Generisk datagrundlag 2023.

Suomen arviointimenetelmässä rakennustuotteita koskevat päästötiedot tulisi löytää ensisijaisesti joko tuote- tai tuoteryhmäkohtaisista ympäristötietoselosteista tai kansallisesta Suomen ympäristökeskus SYKE:n kehittämästä ja ylläpitämästä CO<sub>2</sub>-data -päästötietokannasta. Vain poikkeustapauksissa voidaan hyväksyä harvinaisempien tuotteiden kohdalla muiden yleisesti käytössä olevien tietokantojen tietoja, tai tieteellisten tutkimusten osoittamia tietoja. Päästötietokannasta löytyvät materiaalien päästötiedot ovat korotettu konservatiivisen arvon kertoimella 1,2. Tämä tarkoittaa sitä, että päästötiedot on asetettu 20 prosenttia keskimääräisiä päästöjä korkeammiksi. Näin kannustetaan arvioinnin tekijää käyttämään päästötietokannan tietojen sijaan tarkempia

tuotekohtaisia ympäristöselosteiden päästötietoja. Kuljetusmatkat arvioidaan ensisijaisesti kansallisen päästötietokannan taulukkoarvoja käyttämällä. Toissijaisena voidaan käyttää myös todellisia kuljetusmatkoja tehtailta työmaalle, mikäli arviointi halutaan suorittaa mahdollisimman tarkasti. Samoin työmaan käyttämä energia arvioidaan ensisijaisesti kansallisen päästötietokannan taulukkoarvoja käyttämällä, mutta tarkemman arvioinnin suorittamiseen voidaan käyttää myös todellista mitattua energiankulutusta. (Ympäristöministeriö 2021a, 14–15.)

Suomen kansallisessa päästötietokannassa CO<sub>2</sub>datassa päästötiedot on jaettu kolmeen luokkaan kuvan 26 mukaisesti: tuotteet, palvelut ja prosessit, sekä järjestelmät. Tuoteluokan alla ovat vielä alaluokkina lämmön- ja vedeneristys, rakennuslevyt, betonituotteet, teräs- ja metallituotteet, puutuotteet, mineraali- ja lasituotteet, lattiapäällysteet ja pintamateriaalit, talotekniset tuotteet, täydentävät rakennustuotteet, sekä pohja- ja piharakentamisen tuotteet. Palvelut ja prosessit -pääluokan alla ovat alaluokkina energiapalvelut, kuljetuspalvelut, rakentaminen, sekä purkaminen ja purkutuotteiden käsittely. Järjestelmät -pääluokan alla ovat alaluokkina talotekniikka ja käyttöiät. (SYKE ja Ympäristöministeriö 2022.)

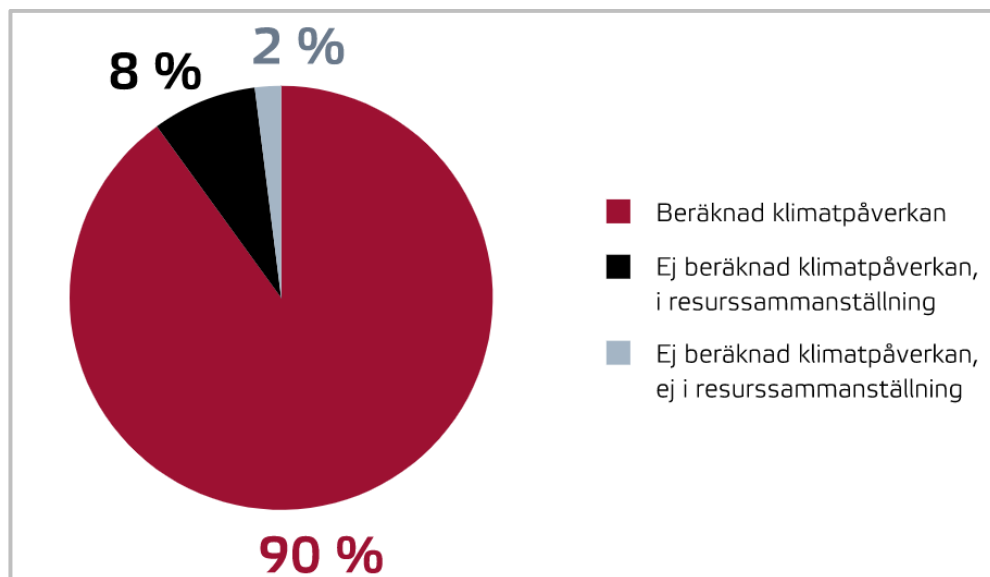
| 🏠 - Luokka                            |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>TUOTTEET</b>                       | <b>PALVELUT JA PROSESSIT</b>            |
| Lämmön- ja vedeneristys               | Energiapalvelut                         |
| Rakennuslevyt                         | Kuljetuspalvelut                        |
| Betonituotteet                        | Rakentaminen                            |
| Teräs- ja metallituotteet             | Purkaminen ja purkutuotteiden käsittely |
| Puutuotteet                           | <b>JÄRJESTELMÄT</b>                     |
| Mineraali- ja lasituotteet            | Talotekniikka                           |
| Lattiapäällysteet ja pintamateriaalit | Käyttöiät                               |
| Talotekniset tuotteet                 |   |
| Täydentävät rakennustuotteet          |   |
| Pohja- ja piharakentamisen tuotteet   |   |

Kuva 26. Suomen kansallisen päästötietokannan pää- ja alaluokat (SYKE ja Ympäristöministeriö 2022).

Ruotsissa asuntovirasto Boverket on laatinut ensimmäiset määräyksensä ilmastaselvitysten laatimisesta syyskuussa 2021. Määräyksissä todetaan, että tuotevaiheen ilmastovaikutuksia laskettaessa käytetään joko spesifejä päästötietoja ympäristöselosteista, tai yleisiä päästötietoja Boverketin ylläpitämästä kansallisesta Klimatdatabas -päästötietokannasta. Rakennustuotteiden kuljetuksia työmaalle laskettaessa käytetään ainoastaan kansallisen päästötietokannan päästötietoja, kuin myös rakennustuotteiden hävikin ja tuotantovaiheen energiankäytön päästöjen laskemisessa. Kasvihuonekaasupoistumia ei oteta huomioon. Boverketin päästötietokanta sisältää tällä hetkellä vain tuotevaiheen (A1–A5) arvioinnissa tarvittavat päästötiedot, mutta tietokantaa tullaan laajentamaan viimeistään siinä vaiheessa, kun käyttövaiheen ja purkuvaiheen moduuleja tullaan lisäämään pakolliseen arviointiin. Päästötietokannan rakennustuotteiden (A1–A3) ja rakennusjätteiden (A5) päästötiedoilla on konservatiivisen arvon kerroin 1,25, joka kannustaa ilmastaselvityksen tekijää käyttämään ensisijaisesti tarkempia tuotekohtaisia ympäristöselosteita. Boverketin päästötietokanta sisältää myös liikenteen (A4), sekä energian ja polttoaineen (A5) päästötiedot, mutta näiden osalta päästötietoja ei ole säädetty keskimääräistä korkeammiksi. (Boverkets författningssamling 2021, 1–2; Boverket 2020c, 38-39; Boverket 2022b.)

Ruotsin kansallisessa päästötietokannassa rakennustuotteiden ilmastotiedot perustuvat Ruotsin ympäristöinstituutin IVL:n tietoihin. Arvioinnissa ei saa käyttää muiden päästötietokantojen tietoja. Tuotekohtaisia ympäristöselosteita käytettäessä on huomioitava, että selosteen on oltava standardin EN 15804 mukaisesti tuotettu ja kolmannen osapuolen varmentama. Mikäli tuotteesta ei ole olemassa ympäristöselostetta, eikä sitä myöskään ole löydettävissä Boverketin päästötietokannasta, ei ilmastovaikutusta kyseisen tuotteen osalta arvioida lainkaan. Mikäli kaikkien tuotteiden päästöjä ei saada arvioitua, tehdään ilmastaselvityksen oheen kattavuusastelaskelma, jossa todennetaan kuinka suuri osa pakollisesti arvioitavista rakenneosista (kantavat rakenteet, rakennuksen vaippa ja sisäseinät) on katettuna laskelmissa. Kattavuusastelaskelma perustuu joko kustannuksiin tai mukana olevien rakennustuotteiden painoon. Kuvassa 27 on nähtävillä Boverketin antama

esimerkki kattavuusastelaskelmasta. Kuvassa punainen osa, 90 prosenttia, näyttää kattavuusasteen rakennustuotteille, joiden ilmastovaikutus on pystytty arvioimaan. Mustassa osassa, 8 prosenttia, ovat esitettynä rakennustuotteet, joiden ilmastovaikutuksia ei ole voitu arvioida. Sininen osuus, 2 prosenttia, esittää rakennustuotteita, jotka puuttuvat kokonaan rakennuksen materiaaliluettelosta. (Boverket 2022b; Boverket 2022c.)



Kuva 27. Esimerkki ilmastaselvityksen kattavuusasteesta (Boverket 2022c).

Tällä hetkellä Ruotsin kansallinen päästötietokanta Klimatdatabas jakautuu päästötiedoiltaan kuvan 28 mukaisesti kahteen pääkategoriaan: rakennustuotteet ja energiatyypit. Rakennustuotteet ovat jaettuna lisäksi alakategorioihin betoni, laasti- ja sideaineet, rakennuslevyt, maalit ja tiivisteet, ikkunat, ovet ja lasit, eristys, harkot ja tiilet, teräs ja muut metallit, puutavara, sekä vedeneristeet. Energiatyypit sisältävät vain yhden alakategorian, joka on energia ja polttoaine. (Boverket 2022d.)

| Kategorier >                             |   |
|--|---|
| <b>Byggprodukter</b>                     | <a href="#">Murblock och tegel</a>      |
| <a href="#">Betong</a>                   | <a href="#">Stål och andra metaller</a> |
| <a href="#">Bruk och bindemedel</a>      | <a href="#">Trävaror</a>                |
| <a href="#">Byggskivor</a>               | <a href="#">Tätskikt</a>                |
| <a href="#">Färg och fog</a>             | <b>Energislag</b>                       |
| <a href="#">Fönster, dörrar och glas</a> | <a href="#">Energi och bränsle</a>      |
| <a href="#">Isolering</a>                |   |

Kuva 28. Ruotsin kansallisen päästötietokannan pää- ja alakategoriat (Boverket 2022d).

**Tanskassa** vuonna 2020 lanseeratun vapaaehtoisen rakennuksen kestävä kehityksen luokitusjärjestelmän mukaisesti Tanskassa käytetään ensisijaisesti tuotekohtaisia ympäristöselosteita ja puuttuvia tietoja täydentämään Saksan kansallista Ökobaudat -tietokantaa. Kun ilmastovaikutusten arviointi tuodaan osaksi rakentamismääräyksiä vuonna 2023, kehitettiin tätä varten yleinen tietokanta. Yleinen tietokanta annettiin taulukkomuotoisena liitteenä rakentamismääräyksiin ehdotettujen muutosten kanssa. Näin ollen Tanskankin tapauksessa rakennusmateriaalien ilmastovaikutusten laskemisessa käytetään joko kyseistä yleistä tietokantaa, tai tuotekohtaisia ympäristöselosteita. Tietokannan on laatinut BUILD Tanskan asunto- ja suunnitteluviraston ohjeiden mukaisesti. Uuden tietokannan päästötiedot ovat peräisin Ökobaudatin yleisistä tiedoista ja ympäristöselosteista (EPD). Osittain on käytetty hyväksi myös standardiasennusarvoja. Etenkin teknisten asennusten osalta voidaan käyttää taulukosta löytyviä vakioasennusarvoja dokumentoinnin helpottamiseksi. Rakennusmääräysten yhteyteen tullaan lisäämään tietolähde jokaisen päästötiedon yhteyteen. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 4; Bolig- og planstyrelsen 2022d; Bolig- og planstyrelsen 2022e, 17–18.)



Tanskan kansallinen päästötietokanta on vielä kehitystyön alla, joten tietokanta löytyy ainoastaan 45 sivuisena pdf-muotoisena taulukkoesityksenä. Vielä on epäselvää, jääkö tietokanta taulukkomuotoiseksi, vai tehdäänkö siitä Suomen ja Ruotsin päästötietokantojen tapaan verkkoalusta. Taulukon päästötietoja ei ole erikseen jaoteltu kategorioihin ja alakategorioihin. Taulukosta löytyy kuvan 29 mukaisesti jokaiselle päästötiedolle nimi, elinkaaren vaihe, tekijä ja yksikkö, massatekijä ja ilmaston lämpenemisvaikutus. (Bolig- og planstyrelsen 2022d.)

**Bilag 2, tabel 7: Generisk datagrundlag 2023**

| Navn                      | Fase    | Deklareret faktor | Deklareret enhed | Masse faktor | Global Opvarmning |
|---------------------------|---------|-------------------|------------------|--------------|-------------------|
| Brandsikkert glas         | A1tilA3 | 1                 | M2               | 50,05        | 71,6              |
| Brandsikkert glas Pyrobel | C4      | 1                 | M2               | 50,05        | 0,645             |
| VVS-rør, blanke kobberrør | A1tilA3 | 1                 | KG               | 1            | 1,97              |
| VVS-rør, blanke kobberrør | C4      | 1                 | KG               | 1            | 0,000949          |
| VVS-rør, blanke kobberrør | D       | 1                 | KG               | 1            | -0,733            |
| Tagsten, beton            | A1tilA3 | 1000              | KG               | 1            | 255,909           |
| Tagsten, beton            | C4      | 1000              | KG               | 1            | 16,07             |
| Tagsten, beton            | D       | 1000              | KG               | 1            | -2,681            |
| Tæppeflise                | A1tilA3 | 1                 | M2               | 1,2          | 20                |
| Tæppeflise EoL            | C3      | 1                 | M2               | 1,2          | 0,0341            |
| Tæppeflise                | C4      | 1                 | M2               | 1,2          | 4,56              |
| Tæppeflise                | D       | 1                 | M2               | 1,2          | -0,0958           |

Kuva 29. Ote Tanskan kansallisesta tietokannasta, kevään 2022 versio (Bolig- og planstyrelsen 2022d).

Syksyllä 2022 Tanska lähetti ilmoituksen ehdotuksestaan rakentamismääräysten muutokseksi EU:lle. EU:lle lähetetyssä ilmoituksessa alkuperäistä, kuvan 29 mukaista päästötietokantaa oli muokattu hieman. Uudessa esityksessä tuotteet ja materiaalit olivat aakkosjärjestyksessä ja niille oli annettu ID-tunnisteet. Lisäksi päästötiedot olivat kunkin tuotteen ja materiaalin osalta jaettu eri moduuleihin A1–A3, C3, C4 ja D. Ote uudistetusta päästötietokannasta on esitettyä kuvassa 30.

| ID     | Navn  | Dekla-<br>reret<br>faktor | Dekla-<br>reret<br>enhed | Masse-<br>faktor | Global Op-<br>varmning,<br>fase A1-A3 | Global Op-<br>varmning,<br>fase C3 | Global Op-<br>varmning,<br>fase C4 | Global Op-<br>varmning,<br>fase D |
|--------|---|---------------------------|--------------------------|------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| #G1054 | Affald (forbrænding),<br>kunststof, fjernvarme          | 1                         | KG                       | 1                | -                                     | 2,52745                            | -                                  | -1,40543                          |
| #G2005 | Affald (forbrænding),<br>polystyren (PS),<br>fjernvarme | 1                         | KG                       | 1                | -                                     | 3,37892                            | -                                  | -1,54693                          |
| #G2004 | Affald (forbrænding),<br>tekstil, fjernvarme            | 1                         | KG                       | 1                | -                                     | 1,73941                            | -                                  | -0,826165                         |
| #G2000 | Affald, byggeaffald,<br>deponering (ikke glas)          | 1                         | KG                       | 1                | -                                     | -                                  | 0,0136414                          | -                                 |
| #G0912 | Affald, inert, deponering<br>(glas)                     | 1                         | KG                       | 1                | -                                     | -                                  | 0,0136414                          | -                                 |
| #G2001 | Affald, stenuld høj<br>densitet                         | 1                         | M3                       | 155              | -                                     | -                                  | 2,46                               | -5,42                             |
| #G2002 | Affald, stenuld lav<br>densitet                         | 1                         | M3                       | 39               | -                                     | -                                  | 0,62                               | -1,36                             |
| #G2003 | Affald, stenuld middel<br>densitet                      | 1                         | M3                       | 96               | -                                     | -                                  | 1,52                               | -3,36                             |
| #G0765 | Affald, træ, forbrænding<br>fjernvarme                  | 1                         | KG                       | 1                | -                                     | 1,82315                            | -                                  | -0,685639                         |

Kuva 30. Ote Tanskan kansallisesta tietokannasta, syksyn 2022 versio (Bolig- og planstyrelsen 2022f, Bilag 2: tabel 7).

Jotta Pohjoismaisten arviointimenetelmien avulla tehdyt päästöarvioinnit olisivat vertailukelpoisia maiden välillä, tulisi tietenkin myös päästötietokantojen tietojen olla melko yhteneväisiä keskenään. Kun vertaillaan eri päästötietokannoista löytyviä tietoja, voidaan huomata, että löytyvät tiedot ja niiden kattavuus vaihtelevat paljonkin. Tarkastellaan seuraavaksi esimerkinomaisesti valmisbetonin (C30/37) päästötietoja kussakin päästötietokannassa.

Suomen päästötietokannassa ei-huokoistetulle valmisbetonille C30/37 määritellään konservatiiviseksi päästöarvoksi moduulien A1–A3 osalta 0,13 kg CO<sub>2e</sub>/kg, joka on siis ilman konservatiivisen arvon kerrointa 0,11 kg CO<sub>2e</sub>/kg. Päästötietoja muille moduleille ei ole annettu, sillä energiapalveluille, kuljetustyypeille, rakennustöille ja purkutöille on annettu keskimääräiset päästötiedot päästötietokannassa erillisenä osionaan. Päästötiedon lisäksi materiaalista on monia muitakin tietoja saatavilla. Päästötietokannasta löytyvät tiedot valmisbetonin hiilikädenjäljestä, hukkakertoimesta, uusiutuvien- ja kierrätettävien materiaalien osuudesta, haitallisten aineiden osuudesta,

elinkaaren jälkeisistä skenaarioista ja muunnoskertoimesta. Esimerkiksi juuri valmisbetonin tapauksessa on merkitty elinkaaren jälkeiseksi skenaarioksi 80 prosenttisesti kierrätys toissijaisena raaka-aineena ja 20 prosenttisesti loppukäsittely. Hiilikädenjäljen osalta valmisbetonille on merkitty mahdollisuus uudelleenkäyttöön ja kierrättämiseen, energian talteenottoon, hiilivarastona toimimiseen ja karbonatisoitumiseen. Näiden ympäristöindikaattoritietojen lisäksi löytyvät tiedot materiaalin kuvauksesta. Materiaalille on tehty yleiskuvaus ja tekninen kuvaus, jonka lisäksi on kerrottu materiaalin markkinatilanne Suomessa. Lopuksi on linkki materiaalin tarkempaan taustaraporttiin, jonka avulla materiaalin tiedot on palveluun tuotettu. (SYKE ja Ympäristöministeriö 2022.)

Ruotsin päästötietokannassa tiedot valmisbetonista C30/37 ovat melko yhteneväiset Suomen päästötietokannan kanssa. Tämä luonnollisesti juontaa juurensa siitä, että tietokannat on kehitetty yhteistyössä Suomen ja Ruotsin kesken, joten myös tietokannan käyttöliittymä on samankaltainen. Ruotsin tietokannassa valmisbetonin päästötiedoksi on annettu moduulien A1–A3 osalta 0,145 kg CO<sub>2</sub>e/kg ja ilman konservatiivisen arvon kerrointa 0,116 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Ruotsin päästötietokantaan on Suomen tietokannasta poiketen annettu päästötiedot myös erikseen moduuleille A4 ja A5. Nämä ovat valmisbetonin tapauksessa A4:n osalta 0.0039 kg CO<sub>2</sub>e/kg ja A5:n osalta 0.00447 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Lisätiedot materiaalin osalta on jaettu Ruotsin päästötietokannassa muihin tietoihin ja tuotekuvaukseen. Muiden tietojen alta löytyvät esimerkiksi kerroin rakennusjätteelle moduuliin A5, materiaalin tekninen käyttöikä ja muuntokerroin. Tuotetiedoista taas löytyvät esimerkiksi materiaalin käyttöalue, päästötietojen käyttö, taustatiedot päästöarvojen johtamiselle ja materiaalin kulutus Ruotsin markkinoilla. (Boverket 2022d.)

Kuten aiemmin mainittua, Tanskan osalta päästötietokanta on vielä hyvin rajallinen. Valmisbetonin C30/37 osalta päästötietotaulukossa betonin päästötiedot ovat ilmoitettuna per kuutiometri materiaalia. Moduulien A1–A3 osalta päästötiedoksi on annettu 282. Lisäksi materiaalille on annettu Suomen ja Ruotsin päästötiedoista poiketen päästötiedot myös moduuleille C3, C4 ja D. Valmisbetonin osalta nämä päästöt ovat tietokannassa C3:n osalta 6,72, C4:n

osalta 4,97 ja D:n osalta -4,6. Yksikköä taulukossa ei ole ilmoitettu päästötiedoille, mutta voidaan olettaa sen olevan betonin tapauksessa kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup> betonin ilmoitusyksikön mukaisesti. Kun moduulien A1–A3 osalta annettu päästötieto 282 muutetaan kuutiometrin sijaan päästöiksi per kilogramma Suomen ja Ruotsin päästötietojen tavoin, saadaan moduulien A2–A3 päästöarvoksi 0,125 kg CO<sub>2</sub>e/kg. Päästötietokannassa ei ole kerrottu, onko arvoissa käytetty konservatiivisen arvon kerrointa. (Bolig- og planstyrelsen 2022f, Bilag 2: tabel 7.)

Yhteenvedona eri maiden arviointimenetelmissä käytettävistä tiedoista voidaan todeta, että pääsääntöisesti tiedot haetaan arviointiin samoista lähteistä. Päälähteenä päästötiedoille on niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin menetelmässä tuotekohtaiset ympäristöselosteet sekä kansallisen päästötietokannan tiedot. Maiden välillä vaihteleva seikka on se, missä tilanteissa suositaan mieluummin yksityiskohtaisia päästötietoja ja milloin suositaan yleisluontoisempia päästötietokantojen tietoja.

Sen sijaan kunkin maan päästötietokannoissa ja niiden tarjoamassa tiedossa on eroavaisuuksia paljonkin. Esimerkkinä käytetyn valmisbetonin C30/37 tapauksessa erilaisia tietoja löytyi eniten Suomen päästötietokanta CO<sub>2</sub>datasta, seuraavaksi eniten Ruotsin Klimatdatabas -päästötietokannasta ja vähiten tietoja tarjosi Tanskan taulukkomuotoinen päästötietokanta Generisk datagrundlag 2023. Jokainen päästötietokanta tarjosi kuitenkin tärkeimmän, eli päästötiedon kyseiselle materiaalille. Kyseinen päästötieto valmisbetonille oli myös kaikissa tietokannoissa lähes sama, vaihdellen 0,125...0,145 kg CO<sub>2</sub>e/kg välillä. Päästötietokannoista löytyvän tiedon määrä korreloi luonnollisesti sen kanssa, mitkä elinkaaren vaiheet ja rakennuksen osat ovat pakollisen arvioinnin piirissä kussakin arviointimenetelmässä. Esimerkiksi Ruotsin päästötietokanta sisältää tällä hetkellä lähes pelkästään materiaali- ja tuotekohtaisia päästötietoja, sillä arvioinnin piiriin eivät kuulu käyttö- ja loppuvaiheen moduulit. Sen sijaan Suomen päästötietokannan on oltava kattavampi sisältäen tietoja myös esimerkiksi energiamuotojen ja talotekniikan päästötiedoista. Tanskan päästötietokannasta taas löytyvät juuri niiden moduulien päästötiedot, jotka arvioinnissa ovat tulossa

pakolliseksi. Suomen tietokanta oli kyseessä olevista tietokannoista ainoa, jossa oli keskimääräisiä tietoja tuotteiden ja materiaalien lisäksi kuljetuspalveluille, rakentamiselle ja purkamiselle, sekä taloteknisille järjestelmille kokonaisuutena.

#### 4.2.5 Arviointivelvollisuutta koskevat rakennukset

Suomen arviointimenetelmän osalta rakennuksen ilmastovaikutusten arvioimisvelvollisuus tulisi näillä näkymin kattamaan lähestulkoon kaikki uudet rakennukset ja myös korjauskohteet. Hiilijalanjäljen raja-arvot eivät tulisi ainakaan vielä tässä vaiheessa koskemaan

- uudisrakennuksia, joita ei ole tarkoitus suunnitella ja rakentaa lähes nollaenergiarakennuksiksi,
- erillispientaloja tai
- laajamittaisesti korjattavaa rakennusta.

Sen sijaan erillispientalojen ja laajamittaisesti korjattavien rakennusten tapauksessa olisi kuitenkin hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen raportointivelvollisuus ilmastaselvityksellä rakennuslupavaiheessa. Hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki tulisi siis laskea samalla tavoin kuin muissakin tapauksissa vähähiilisuuden arviointimenetelmää käyttämällä, mutta laskennan tuloksia eivät ohjaisi raja-arvot. Poikkeuksen ilmastaselvityksen laadinnassa taas tekisivät esityksen mukaan rakennukset, joita ei ole suunniteltava ja rakennettava lähes nollaenergiarakennuksiksi. Ilmastaselvitystä ei tarvitsisi myöskään laatia silloin, kun kyseessä olisi laajamittainen korjaus tai korjattava erillispientalo, jonka energiatehokkuutta ei olisi lain mukaisesti määrätty parannettavaksi korjaustyön yhteydessä. Erillispientalojen osalta tämä tarkoittaisi siis sitä, että ilmastaselvitysvelvoite koskisi uusia erillispientaloja, mutta ei vanhojen korjauksia. Erillispientalon vähähiilisuuden arviointiin ei liittyisi ainakaan tässä vaiheessa vielä lainkaan raja-arvoja. (Hallitus 2021, 98–100, 115, 409–411.)

Hallituksen esityksen mukaan hiilijalanjäljen raja-arvovaatimukset eivät myöskään koskisi

- rakennuksia, joiden kerrosala on alle 50 neliometriä,
- loma-asuntoja, joissa asutaan alle neljä kuukautta vuodessa,
- väliaikaisia rakennuksia, joiden käyttöaika on alle kaksi vuotta,
- teollisuus- ja korjaamorakennuksia,
- ei asumiskäyttöön tarkoitettuja maatilarakennuksia, jossa energiantarve on vähäinen tai jota koskee kansallinen alakohtainen energiatehokkuussopimus,
- rakennuksia, joita käytetään hartauden harjoittamiseen ja uskonnolliseen toimintaan ja
- rakennuksia, jota suojellaan esimerkiksi rakennusperinnön suojelemisesta annetun lain, kaavassa annetun suojelumääräyksen tai maailman kulttuuri- ja luonnonperinnön suojelemisesta tehdyn yleissopimuksen mukaisesti. (Hallitus 2021, 411.)

Ruotsissa rakennuksen ilmastovaikutusten arvioimisvelvollisuus koskee vain uusia rakennuksia, eikä lainkaan korjauskohteita. Arvioimisvelvollisuus ei myöskään koske

- rakennuksia, joilla on määräaikainen rakennuslupa ja joka on tarkoitettu käytettäväksi korkeintaan kahden vuoden ajan,
- rakennuksia, jotka eivät vaadi rakennuslupaa,
- teollisuus- ja työpajarakennuksia,
- maatalouden, metsätalouden tms. teollisuuden talousrakennuksia
- rakennuksia, joiden bruttoala on enintään sata neliometriä
- kokonaispuolustukseen tarkoitettuja rakennuksia,
- rakennuksia, joilla on huomattava merkitys Ruotsin turvallisuudelle tai
- rakennuttajaa, joka on yksityishenkilö ja joka rakentaa rakennuksen omaan asumiskäyttöön.

Näiden poikkeuksien lisäksi, jos rakennuttaja, joka rakentaa ilmastaselvitysvelvollisuudesta vapautettuja rakennuksia, rakentaa lisäksi myös muita ilmastaselvitysvelvollisuuden piirissä olevia rakennuksia, voi hallitus antaa määräyksiä vapautuksesta myös näihin muihin kyseisen rakennuttajan

rakennuksiin. (Regeringens proposition 2020/21:144, 5–6; SFS 2021:787, 5–6 §.)

Tanskassa pian voimaan tuleva rakennuksen ilmastovaikutusten arvioimisvelvollisuus koskee lähes kaikki niitä uusia rakennuksia, joiden tulee noudattaa myös rakentamismääräysten mukaisia energiamääräyksiä. Näin ollen vaatimus ei siis koske lämmittämättömiä tai alle viiden celsiusasteen lämpöisiä rakennuksia. Myös loma-asunnot ovat energiakehyssääntöjen ulkopuolella, joten ne eivät ole myöskään arvioimisvelvollisuuden piirissä. Tietyt rakennustyypit, joissa on paljon tavanomaista suurempi materiaalitarve ja siten suurempi ilmastovaikutus, kuuluvat erityispoikkeuksen piiriin raja-arvojen osalta. Yleisesti ottaen kaikkien yli tuhannen neliömetrin kokoisten lämmitettyjen uusien rakennusten täytyy noudattaa ilmastovaikutuksille asetettua raja-arvoa 12,0 CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi, mutta erityispoikkeus koskee esimerkiksi laboratoriot, urheiluhallit ja teollisuusrakennukset. Erityistapauksille on laadittu laskentamalli, jolla voidaan määrittää raja-arvolle sallitun ylityksen arvo. Rakennusten ilmastovaikutusten arvioimisvelvollisuus ei tule koskemaan korjausrakentamista. Kuitenkin rakennusten laajennukset, jotka ovat luonteeltaan uudisrakentamisen kaltaisia, ovat arvioimisvelvollisuuden piirissä. (Videncenter om bygningers klimapåvirkninger n.d.)

Yhteenvedona on melko mahdotonta vetää yhteisiä linjoja sen suhteen, mitkä rakennukset kussakin maassa ovat / tulevat olemaan pakollisen arvioinnin piirissä. Tämä on riippuvainen hyvin pitkälti kussakin maassa voimassa olevista rakentamismääräyksistä ja myös osittain energiamääräyksistä. Nämä muodostavat pääkehikset sille, mitkä rakennukset ovat ilmastovaikutusten arvioimisen piirissä. Tähän lisäksi kunkin maan osalta on omia yksittäisiä poikkeustapauksiaan rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjauksen tuomana lisänä. Suomessa pääasiallisena suuntaviivana voidaan todeta, että ilmastaselvitys tulee tehdä sellaisille kohteille, joille tarvitaan rakennuslupakin. Ilmastovaikutusten raja-arvot päteisivät samalla logiikalla, mutta pientaloille raja-arvoa ei vaadittaisi. Tämä koskee Suomen tapauksessa niin uudis- kuin korjauskohteitakin. Myös Ruotsin tapauksessa pääsääntönä on, että arviointi suoritetaan rakennuksille, jotka vaativat rakennusluvan. Ruotsin tapauksessa arviointi

koskee vain uudisrakennuksia. Tanskan tapauksessa taas arvioimisvelvollisuus koskee rakennuksia, joiden tulee noudattaa energiamääräyksiä. Kyseinen raja karsii arvioinnin piiristä kaikki lämmittämättömät rakennukset. Tanskassa Ruotsin tavoin pakollinen arviointi tullaan rajaamaan uudisrakentamisen piiriin.

#### 4.2.6 Arvioitavien rakennusosien käyttöiät

Arviointijakson pituuden ollessa viisikymmentä vuotta, tulee rakennusosien ja -materiaalien käyttöiät ja näin ollen tarvittavien vaihtojen määrät huomioida laskelmissa. Vaihto on laskettava ottamalla huomioon, kuinka monta kertaa tietty rakennusosa joudutaan uusimaan viidenkymmenen vuoden aikana. Vaihdot ovat seurausta joko teknisestä, toiminnallisesta, taloudellisesta tai esteettisestä käyttöiän päättymisestä. Yleensä arviointi tehdään kuitenkin teknisen käyttöiän perusteella. (Haugbølle ym. 2021, 6, 10.)

Ruotsin tapauksessa rakennusosien- ja materiaalien vaihdot eivät ole relevantteja, kun arvioitiin kuuluvat vain ennen rakennuksen käyttöönottoa kuvastavat rakennuksen elinkaaren vaiheet A1–A5. Ruotsin kansallisesta päästötietokannasta löytyvät tästä huolimatta tekniset käyttöiät tuotteille ja materiaaleille.

Tanskan rakennetun ympäristön instituutti BUILD on laatinut arviointia varten käyttöikätaulukon, jotta voidaan varmistaa ilmastovaikutusten arvioinnissa käytettyjen käyttöikäyhtenäisyys. Taulukon ensimmäinen versio on laadittu jo vuonna 2013, mutta sitä päivitettiin ja laajennettiin vuonna 2021. Tanskan käyttöikätaulukko pitää sisällään oikeastaan neljä eri taulukkoa. Ensimmäinen taulukko on laadittu vastaamaan Tanskan rakennusmääräysten mukaista jaottelua eri rakennustyypeille. Kolme muuta taulukkoa on kehitetty vastaamaan Tanskan SfB-järjestelmää, joka on Tanskan nimikkeistö rakennusosille. Nämä kolme taulukkoa ovat SfB-järjestelmän tasojen mukaisia: ensimmäinen taulukko pitää sisällään pääryhmät, toinen pääryhmien sisältämät osaryhmät ja kolmas yksittäiset rakennusosat. (Bolig- og planstyrelsen. 2022b, 5; Haugbølle ym. 2021, 6–7.)



Suomessa ilmastovaikutusten arvioinnissa käytetään kansalliseen päästötietokantaan listattuja käyttöikä. Päästötietokannassa ovat esitettynä rakennuksen vähähiilisyden arviointiin sisältyvät rakennusosat Talo 2000-nimikkeistön mukaan ja näille käyttöikäoletukset. Päästötietokannan oletukset perustuvat Euroopan Level(s)-menetelmään ja lisäksi oletuksena on, että viidenkymmenen vuoden jälkeen rakennukselle tullaan suorittamaan peruskorjaus. (SYKE ja Ympäristöministeriö 2022.)

Suomen ja Tanskan kesken vertaillen käyttöikä esitystapa on erilainen. Esimerkkinä otettakoon ulko-ovi. Suomen päästötietokannassa ulko-ovelle määritellään sekä lyhyt, että normaali käyttöikäoletus. Ulko-oven tapauksessa lyhyt käyttöikäoletus on 30 vuotta ja normaali 50 vuotta. Lisäksi perustellaan, milloin käytetään lyhyttä käyttöikäoletusta. Ulko-oven tapauksessa rajoitettua käyttöikää käytetään kouluille, päiväkodeille ja liikerakennuksille, joiden tapauksessa ulko-oven voidaan olettaa olevan runsaassa käytössä ja täten kuluvan nopeammin. Tanskan käyttöikätaulukossa ulko-oven käyttöikä on eritelty materiaalien mukaan. Ulko-oven ollessa rautaa, terästä, ruostumatonta terästä, alumiinia tai jalopuuta on käyttöikäoletus 60 vuotta. Rakennuspuutavara ja lasiosat ovat ulko-oven tapauksessa käyttöikäoletukseltaan 40 vuotta, kun taas pienimmän käyttöikäoletuksen, 30 vuotta, omaavat ulko-oven tapauksessa muoviosat. Materiaalien mukaiset käyttöiät on taulukossa summattu ja saatu keskimääräiseksi käyttöikäksi ulko-ovelle 50 vuotta. (SYKE & Ympäristöministeriö 2022; Haugbølle ym. 2021, 42.)

Yhteenvetona todettakoon, että niin Suomen kuin Tanskankin menetelmässä on määritelty tarkkaan se, mistä lähteestä rakennusosien ja materiaalien käyttöiät tulee etsiä. Jos taas halutaan vertailla Suomen ja Tanskan menetelmällä tehtyjä ilmastovaikutuslaskelmia, voi käyttöikä osalta olla jonkin verran vaihtelua maiden välillä. Pääasiassa Suomen, Ruotsin ja Tanskan olosuhteet ovat kuitenkin melko samankaltaiset, jolloin myös rakennusosien ja -materiaalien käyttöiät ovat hyvinkin samansuuntaisia. Voidaan siis todeta, että rakennusosien ja -materiaalien käyttöikä perusteella ei ole kovin suurta vaihtelua Suomen, Ruotsin ja Tanskan arviointimenetelmien välillä.

#### 4.2.7 Arviointiin asetettavat päästöjen raja-arvot ja käytettävät yksiköt

Suomessa Bionova Oy on ympäristöministeriön toimeenpanemana tutkinut ja ehdottanut raja-arvoja yleisille rakennustyypeille vuoden 2021 tutkimuksessaan, mutta päätöksiä näiden suhteen ei ole tehty. Sen sijaan Ruotsissa ehdotus raja-arvoiksi on ollut vuosina 2021–2022 kehitystyön alla hyvinkin vahvasti. Ruotsissa KTH-instituutti teki tutkimuksen vuonna 2021, jonka tarkoituksena oli muodostaa tutkimuspohja raja-arvojen ehdottamiselle. KTH:n tutkimustuloksena julkaistiin viitearvot eri rakennustyypeille ja nämä julkaistiin kuulemistilaisuudessa elokuussa 2022. Tanskan osalta raja-arvot ovat määriteltynä kansallisessa kestävän rakentamisen strategiassa vuodelta 2021.

Suomessa Bionovan laatimassa raportissa vuodelta 2021 pohdittiin sopivia raja-arvoja Suomen arviointimenetelmään. Rakennusten hiilijalanjäljen lähtökohdan muodostamiseksi tutkimuksessa kerättiin ja analysoitiin lähes viidensadan suomalaisen rakennusprojektin materiaalisidonnaista hiilijalanjälkeä. Lisäksi analysoitiin yli kolmentuhatta energiatodistusta vuodesta 2018 lähtien rakennetuille uusille rakennuksille keskimääräisen energiankulutuksen määrittämiseksi eri rakennustyypeille. Tutkimuksessa oli mukana niin asuin-, koulu-, kuin toimistorakennuksiakin. Näiden avulla selvitettiin keskimääräiset arvot rakennusmateriaalien ja energian hiilijalanjäljille. Jokaiselle eri rakennustyypille laskettiin materiaalien hiilijalanjälki, johon lisätiin energiankäytön keskiarvohiilijalanjälki. Bionovan tutkimuksen tuloksena määriteltiin muille rakennustyypeille hiilijalanjäljeksi 12,3–14,0 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi, kun vain palvelurakennukset menivät tästä yli saaden arvoksi 19,2 kg CO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>/vuosi. Raja-arvojen tutkimisen ja ehdottamisen lisäksi tutkimuksessa arvioitiin viittä eri päästöjen vähennyskeinoja. Kyseinen Bionovan tutkimus laadittiin ympäristöministeriön aikaisempaa arviointimenetelmän versiota (2019) käyttäen. Nyt kun arviointimenetelmää on päivitetty vuonna 2021, voidaan olettaa myös Bionovan raportin tulosten edellyttävän tarkistamista. Ympäristöministeriö ei ole vielä vuoden 2022 lopulla tehnyt päätöstään raja-arvoista, joten nämä ovat vielä kehityksen alla. (Bionova Ltd 2021, 4, 7.)

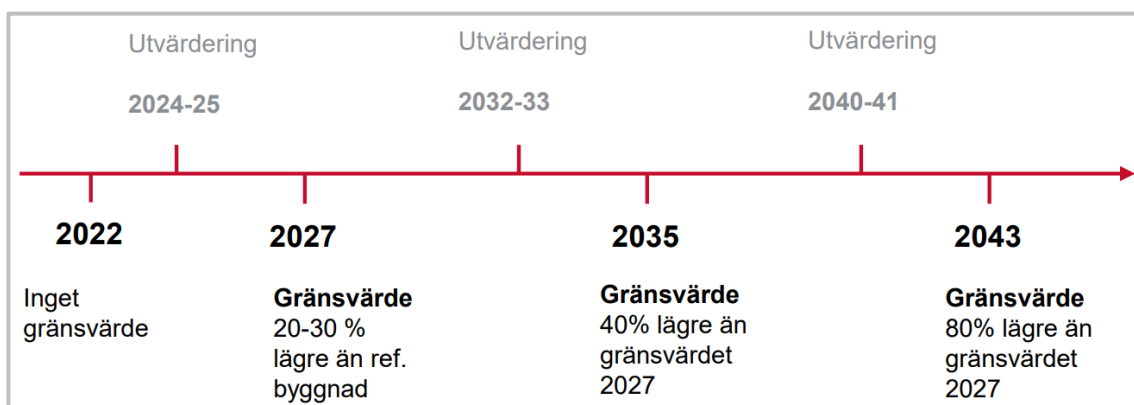
Tanskassa ilmastovaikutusten arvioinnissa käytettävälle raja-arvoille on asetettu taulukon 2 mukaisesti tavoitteet Tanskan kansallisessa kestävästä rakentamisesta vuodelta 2021. Strategian mukaisesti tavoitteena olisi tuoda vuonna 2023 hiilidioksidipäästöjen raja-arvot uusille rakennuksille, jotka olisivat kooltaan yli tuhat neliometriä. Raja-arvo näille rakennuksille tulisi olemaan tällöin 12 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. Vuoden 2023 jälkeen rakentamismääräyksiä kehitettäisiin eteenpäin siten, että vuonna 2025 raja-arvot voitaisiin ottaa käyttöön myös kooltaan alle tuhannen neliometrin kokoisiin uudisrakennuksiin. Tällöin raja-arvot kattaisivat lähes kaikki uudet rakennukset ja raja-arvoa laskettaisiin siten, että se olisi kaikille rakennuksille vuonna 2023 säädettyä alhaisempi, 10,5 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. Strategian mukaisesti raja-arvojen kiristämistä jatkettaisiin vuosina 2027 ja 2029. Vuonna 2027 raja-arvoa kiristettäisiin 9 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi ja lopulta vuonna 2029 7,5 kg. Vapaaehtoisena vaihtoehtona toimijoille olisi myös CO<sub>2</sub>-standardi, jonka raja-arvo tulisi aluksi olemaan taulukon 2 mukaisesti vuonna 2023 pakollista raja-arvoa pienempi 8 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi ja laskisi tästä yhä edelleen vähitellen vuosina 2025, 2027 ja 2029 vähitellen arvoon 5 kg CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi. (Ministry of the Interior and Housing 2021, 12–13, 26.)

Taulukko 2. Tanskan kansallisen kestävästä rakentamisesta strategian mukainen vaihteittainen raja-arvojen käyttöönotto ja raja-arvojen tiukentaminen.

| Vuosi                                    | 2023  | 2025  | 2027   | 2029   |
|--|---|---|--|--|
| Uusi rakennus, alle 1000 m <sup>2</sup>  | ei raja-arvoa                                   | 10,5 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi | 9 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi | 7,5 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi |
| Uusi rakennus, yli 1000 m <sup>2</sup>   | 12 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi |   |  |  |
| Vapaaehtoinen CO <sub>2</sub> -standardi | 8 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi  | 7 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi    | 6 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi | 5 kg CO <sub>2</sub> -eq/m <sup>2</sup> /vuosi   |

Ruotsissa asuntovirasto Boverketin alkuperäinen ehdotus vuonna 2020 laaditussa raportissa (Boverket 2020c) oli ottaa raja-arvot käyttöön vuonna 2027. Tällöin asetettavat raja-arvot olisivat olleet ehdotuksen mukaan 20–30 prosenttia

pienemmät kuin referenssirakennuksella. Tämän jälkeen raja-arvoja olisi kiristetty vuonna 2035 40 prosenttia vuoden 2027 raja-arvosta ja vuonna 2043 80 prosenttia vuoden 2027 raja-arvosta kuvan 31 mukaisesti. Kun kyseinen raja-arvoehdotus laadittiin, ei ollut vielä olemassa tutkimusta, jonka perusteella vuoden 2027 raja-arvo olisi voitu asettaa. (Einarsson & Malmqvist Stigell, 7:48.)



Kuva 31. Asuntovirasto Boverketin alkuperäinen ehdotus raja-arvojen asettamisesta ja asteittaisesta kirittämisestä (Einarsson 2022).

Kuitenkin vuonna 2021 Ruotsin hallitus teetti uuden toimeksiannon asuntovirasto Boverketille siitä, miten ilmastovaikutusten raja-arvot saataisiin käyttöön nopeammalla aikataululla. Boverket tilasi KTH-instituutin tekemään lähtöselvityksen kyseiselle toimeksiannolle. KTH-instituutin oli määrä laatia ehdotus siitä, miten raja-arvot voitaisiin ottaa käyttöön jo ennen vuotta 2027 ja miten ilmastonselvitykset voitaisiin laajentaa kattamaan myös korjaus- ja laajennuskohteet sekä maarakennustyöt. KTH-instituutti suoritti kyseisen toimeksiannon vuonna 2021 ja laati loppuraportin. Elokuussa 2022 järjestettiin asuntovirasto Boverketin toimesta avoin kuulemistilaisuus kyseisen tutkimuksen tuloksena saaduista ilmastovaikutusten raja-arvoehdotuksista ja ilmastonselvityksen kehitystyöstä. (Einarsson 2022.)

KTH-instituutin laatiman uuden ehdotuksen mukaan raja-arvot voitaisiin ottaa käyttöön jo vuonna 2025. Tällöin asetettavat raja-arvot olisivat ehdotuksen mukaan pientaloille 164 kg CO<sub>2</sub>e/BTA, kerrostaloille 363 kg CO<sub>2</sub>e/BTA, toimistorakennuksille 268 kg CO<sub>2</sub>e/BTA, päiväkodeille 293 kg CO<sub>2</sub>e/BTA,

kouluille 338 kg CO<sub>2</sub>e/BTA ja erityisasunnoille 375 kg CO<sub>2</sub>e/BTA. Kyseiset raja-arvot ovat määriteltä tutkimuksessa saatujen mediaanitasojen mukaan. Muille rakennustyypeille, joiden osalta tutkimuksen tila on vielä alhainen, ehdotetaan raja-arvoa aluksi muita rakennustyyppijä ylemmäksi, 448 kg CO<sub>2</sub>e/BTA. (Einarsson & Malmqvist Stigell, 21:25, 23:25.)

Vuoden 2025 jälkeen raja-arvoja kiristettäisiin uuden ehdotuksen mukaan viiden vuoden välein. Ensimmäinen kiristys tapahtuisi siis vuonna 2030, jolloin ehdotetaan kahta eri vaihtoehtoa kiristysmääräksi kuvan 32 mukaisesti. Ensimmäisen vaihtoehdon mukaan kaikkien muiden rakennustyyppien paitsi pientalojen raja-arvoa kiristettäisiin 25 prosenttia vuoden 2025 arvoihin nähden, ja pientalojen raja-arvoa 15 prosenttia vuoden 2025 arvoon nähden. Toinen vaihtoehto on kunnianhimoisempi. Toisen vaihtoehdon mukaan kaikkien rakennustyyppien raja-arvoja kiristettäisiin jopa 50 prosenttia vuoden 2025 raja-arvoihin nähden, paitsi pientalojen raja-arvoa 30 prosenttia vuoden 2025 raja-arvoon nähden. (Einarsson & Malmqvist Stigell, 35:48.)

### Gränsvärden efter 2025

- Skärpning av gränsvärden sker vart 5:e år
- Förslag på gränsvärde 2030:

#### Alla byggnader exklusive småhus

Alt. 1: **25%** lägre än nivån 2025

Alt. 2: **50%** lägre än nivån 2025

#### Småhus

Alt. 1: **15%** lägre än nivån 2025

Alt. 2: **30%** lägre än nivån 2025

Kuva 32. KTH-instituutin ehdotus raja-arvojen kiristämiseksi vuonna 2030 (Malmqvist Stigell 2022, 19).

Ruotsin ja Tanskan suunniteltuja raja-arvoja ei voida vertailla sellaisenaan keskenään. Raja-arvot ovat esitettynä eri yksiköissä ja ne sisältävät eri määrän rakennuksen elinkaaren vaiheita ja rakennusosia. Ruotsin raja-arvot sisältävät rakennuksen elinkaaren moduulit A1–A5, kun taas Tanskan raja-arvot on

määritelty käyttäen moduuleja A1–A3, B4, B6 ja C1–C4. Ruotsin raja-arvomenettelyssä käytetään tämän takia yksikköä kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> (BTA) ja Tanskassa taas vuosille jaettua yksikköä CO<sub>2</sub>-eq/m<sup>2</sup>/vuosi.

Mielenkiintoinen ero maiden raja-arvomenettelyssä on se, että Tanska on määritellyt yhden yksittäisen raja-arvon kaikille rakennustyyppille, kun taas Ruotsi ja Suomi ovat pohtineet raja-arvojen asettamista eri rakennustyypeille erikseen. Tanskan menetelmässä vain erityisrakennukset kuten laboratoriot voivat poiketa yhteisesti asetetusta raja-arvosta. Tanskan menetelmä on toisaalta perusteltua, sillä BUILDin laatiman raja-arvotutkimuksen perusteella kovin suuria eroja eri rakennustyyppien välillä ei ollut, vaan kaikki rakennustyypit mahtuivat lähes kokonaan saman raja-arvon alle. (Zimmermann ym. 2021, 6–9; Malmqvist ym. 2021, 5–7.)

Suomella, Ruotsilla ja Tanskalla on siis eriävää mieltä sen suhteen, tulisiko kaikille rakennustyypeille määrittää yksi yhteinen päästöjen raja-arvo, vai määrittää raja-arvot erikseen erityyppisille rakennuksille. Tanskan tapauksessa on tutkimuksen valossa huomattu, etteivät päästömäärät ole huomattavan suuria rakennustyyppien välillä, joten yhteinen raja-arvo on saatu ainakin teorian tasolla toimimaan raja-arvomenettelyssä. Voitaisiin kuvitella, että yksittäisen raja-arvon käyttäminen voisi ainakin tulevaisuudessa aiheuttaa joitakin ongelmia, kun raja-arvoa aletaan kiristää entisestään. Tällöin ne rakennustyypit, joilla on luonnostaan suuremmat päästöt, joutuvat tekemään mahdollisesti suuriakin ponnisteluja pysyäksään raja-arvon alapuolella, kun taas pienipäästöisemmät rakennustyypit, kuten pientalot, pääsisivät raja-arvon alapuolelle helpostikin. Toisaalta yksittäisen raja-arvon käyttäminen varsinkin säädösohjauksen alussa on selkeää ja yksiselitteistä kaikille osapuolille, kun ilmastovaikutusten arvioiminen on vielä uutta ja monille vierasta.

#### 4.2.8 Arvioinnissa käytettävä rakennuspinta-ala

Tanskan ja Suomen arviointimenetelmissä käytetty yksikkö on kg CO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>/vuosi, kun taas Ruotsissa kg CO<sub>2e</sub>/BTA. Suomen arviointimenetelmässä arvioidaan

erikseen ilmastovaikutus rakennukselle ja rakennuspaikalle. Rakennuspaikan ilmastovaikutukset esitetään yksikössä kg CO<sub>2</sub>e/rp-m<sup>2</sup>/vuosi.

Suomen arviointimenetelmässä rakennuksen pinta-ala lasketaan lämmitettyjen kerrostasoalojen summaa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna, kun taas rakennuspaikan pinta-ala lasketaan rakennuspaikan kokonaispinta-alana. Rakennuksen lämmitettyjen kerrostasoalojen summaa käytetään myös energiatodistuksessa. Tämän vuoksi energiatehokkuuden ja ilmastovaikutusten arviointi voidaan helpommin tehdä rinnakkain. (Ympäristöministeriö. 2021b, 23 §, Ympäristöministeriö 2019, 13.)

Ruotsin arviointimenetelmässä lyhenne BTA tarkoittaa rakennuksen bruttopinta-alaa. Bruttopinta-ala lasketaan ruotsalaisen standardin SS 21054:2020 mukaan yksinkertaistettuna kaikkien kerrosten summana rakennusta rajoittavien rakennusosien ulkopinnasta laskien. (Malmqvist ym. 2021, 12.)

Tanskan arviointimenetelmässä pinta-alan laskeminen tultaisiin suorittamaan erilaisella menetelmällä. Menetelmä kuvaillaan rakentamismääräyksiin ehdotetuissa muutoksissa ilmastaselvityksen laatimisen osalta. Pinta-ala laskettaisiin kerrosten kerrosaloina rakentamismääräysten laskentaperiaatteiden, pykälän 455 mukaisesti, mutta mukaan laskettaisiin tästä poiketen myös kellarialueet, jätehuoneet ja väestönsuojat. Pinta-ala laskettaisiin siis laskemalla yhteen kerrosten bruttoalat. Lisäksi mukaan laskelmiin otettaisiin ulkoisten ramppien, portaiden ja parvekkeiden pinta-aloista 25 prosenttia, integroiduista autokatoksista, ulkorakennuksista, katoksista yms. 25 prosenttia, sekä pientaloihin integroiduista autotalleista 50 prosenttia. Pinta-alan laskemiseen liittyviä prosentuaalisia säännöksiä perusteltiin sillä, että ulkotiloihin liittyvien erikoisalueiden materiaaliarve olisi tavanomaisesti pienempi esimerkiksi siksi, että alueilla ei olisi seiniä tai se olisi muutoin rakenteeltaan kevyempi. Näin ollen siis käytettyjen materiaalien ilmastovaikutus otettaisiin kokonaisuudessaan huomioon, mutta laskentatulosta manipuloitaisiin pienentämällä pinta-alan vaikutusta. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 3–4.)

Yhteenvetona eri maiden menetelmien mukainen pinta-alan laskentamenetelmä on kaikilla hieman erilainen. Suomessa pinta-ala lasketaan lämmitettyjen kerrosalojen summana ulkoseinien sisäpinnan mukaan. Tästä poiketen taas Ruotsin menetelmässä käytetään bruttoalaa, joka lasketaan ulkoseinien ulkopinnan mukaan. Tanskan menetelmä poikkeaa vielä kahdesta edellisestä ottaen huomioon eri rakennusosien tiettyjen prosentuaalisten sääntöjen mukaan. Menetelmät eivät siis ole pinta-alalaskennan kannalta yhtenäiset maiden välillä.

#### 4.2.9 Arviointiin sisällytettävät ympäristövaikutukset

Pohjoismaiden lakisääteisissä ilmastovaikutusten arviointimenetelmissä kiinnitetään huomiota pääsääntöisesti eniten ilmaston lämpenemispotentiaaliin (GWP). Suomen ja Ruotsin arviointimenetelmissä ilmoitetaan ilmastaselvityksen tulokset ainoastaan ilmaston lämpenemispotentiaalina. Tanskan vuonna 2020 julkaistussa vapaaehtoisessa rakennuksen kestävä kehityksen luokitusjärjestelmässä, johon tuleva säädösohjattu ilmastovaikutusten arviointi tulee hyvin pitkälti pohjautumaan, sisältää useita eri ympäristövaikutusten indikaattoreita, jotka kaikki tulee raportoida. Kyseisessä vapaaehtoisessa menetelmässä raportoidaan rakennuksen ympäristövaikutukset ilmaston lämpenemispotentiaalin (GWP) lisäksi otsonikatopotentiaalina (ODP), valokemiallisena otsoninmuodostuskykyinä (POCP), happamoitumispotentiaalina (AP), rehevöitymispotentiaalina (EP), fossiilisten luonnonvarojen abiottisena ehtymisenä (ADPf), primäärienergian kokonaiskulutuksena (PEtot), uusiutuvien vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttönä (Sec) ja ei-fossiilisten luonnonvarojen abiottisena ehtymisenä (ADPe). Tämänhetkisen tiedon valossa Tanskan säädösohjatussa ilmastovaikutusten arvioinnissa tultaisiin esittämään tulokset kuitenkin ympäristövaikutuksista pelkästään ilmaston lämpenemispotentiaalille (GWP). (Trafik-, bygge- og boligstyrelsen 2021, 41; Ympäristöministeriö 2019, 7.)

Yhteenvetona voidaan siis todeta, että niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin arviointimenetelmissä keskitytään ilmaston lämpenemispotentiaalin (GWP) huomioimiseen. Tältä osin menetelmät ovat siis harmonisia tämän osalta keskenään. Tulevaisuudessa arviointiin tullaan todennäköisesti kaikissa



kolmessa maassa lisäämään myös muita ympäristövaikutuksia, sillä rakentaminen vaikuttaa ympäristöön monin haitallisoin tavoin. Tällä hetkellä fokus on pelkästään kasvihuonekaasupäästöjen määrän vähentämisessä, sillä ilmaston liiallinen lämpeneminen on suurin ongelma, joka on saatava hillittyä nopeasti. Tässä rakentamisella ja rakennuksilla on suuri rooli. Kun päästövähennyksiä aletaan saada aikaan tämän osalta, on perusteltua lisätä vähitellen arviointiin myös muita rakentamisen ympäristövaikutuksia.

#### 4.2.10 Rakennuksen käyttövaiheen energiantarpeen arvioiminen

Rakennuksen käyttövaiheen energiantarpeen arvioiminen on erityisen epävarmaa, sillä joudutaan käyttämään hyväksi tulevaisuuden skenaarioita energiantuotannon tulevaisuuden päästöjen laskun ennustamiseksi. Tämän lisäksi jokaisella maalla ovat omat energia- ja ilmastopolitiikkansa, joten tuloksia voi olla epäluotettavaa vertailla keskenään. Toki käyttövaiheen päästöjen osalta tärkeää on myös tietää, mitkä energiamuodot ovat rakennuksessa käytössä. (Ympäristöministeriö 2019, 13.)

Suomen arviointimenetelmässä energian ilmastopäästöt lasketaan kertomalla laskennallinen ostoenergian kulutus käytetyn energiamuodon päästökertoimella. Ostoenergian määrä määritellään rakennukselle laaditun energiatodistuksen avulla, tai mikäli rakennukselle ei laadita energiatodistusta, niin määrä määritellään energiaselvityksen mukaisella menetelmällä laaditun tiedon avulla. Ilmastaselvityksessä rakennuksen energiankulutus tulee aina ilmoittaa käyttämällä päästötietokannan päästökertoimia. Lisätietona saa halutessaan määrittää kaukolämmön ja kaukojäähdytyksen päästöt käyttämällä paikallisten tuotantolaitoksien päästökertoimia. Päästötietokannan päästökertoimet sisältävät päästöjen vähenemisskenaarion. Kyseiset päästövähennäoletukset perustuvat VTT:n ja SYKE:n PITKO-projektiin, jossa esitetään päästövähennämisen perusskenaario vuosille 2020–2050. Suomen kansallisessa päästötietokannassa ovat eriteltyinä päästötiedot erikseen kaukojäähdytykselle, kaukolämmölle, sähkönkulutukselle ja erillislämmityksen osalta biopolttoaineille sekä fossiilisille polttoaineille. Kuvassa 33 on esimerkkinä päästötiedot kaukolämmön osalta kan-

sallisesta päästötietokannasta poimittuna. Kuvasta nähdään, että energiaskenaariot jatkuvat aina vuodesta 2020 vuoteen 2120 asti. (Ympäristöministeriö 2021a, 27; SYKE ja Ympäristöministeriö 2022.)

| Version 1.00.006, 2022-03-30         |  |                           |
|--------------------------------------|--|---------------------------|
| Energy, district heating             | <b>0.147 - 0.004 kg CO<sub>2</sub>e /kWh</b>               |                           |
| Energia, kaukolämpö                  | KONSERVATIIVINEN ARVO RAKENTAMISLUVAN HAKEMISEEN, GWP (B6) |                           |
| <b>Ympäristöindikaattorit</b>        |  | <b>LISÄÄ LUETTELOON</b>   |
|                                      | Year   | kg CO <sub>2</sub> e /kWh |
|                                      | 2020   | 0.147                     |
|                                      | 2030   | 0.114                     |
|                                      | 2040   | 0.082                     |
| <b>ENERGIASKENAARIO</b>              | 2050   | 0.054                     |
| Hyödynjakomenetelmä                  | 2060   | 0.029                     |
| ARVO RAKENTAMISLUVAN HAKEMISEEN, GWP | 2070   | 0.021                     |
|                                      | 2080   | 0.015                     |
|                                      | 2090   | 0.011                     |
|                                      | 2100   | 0.008                     |
|                                      | 2110   | 0.006                     |
|                                      | 2120   | 0.004                     |

Kuva 33. Kaukolämmön päästötiedot poimittuna Suomen kansallisessa päästötietokannassa.

Ruotsin arviointimenetelmä ei vielä sisällä tarkkoja tietoja rakennuksen energiantarpeen arvioinnista, sillä toistaiseksi menetelmä ei kata lainkaan rakennuksen käyttövaiheen arviointia. Tällä hetkellä Ruotsissa rakennuksen ilmastovaikutusten arviointi sisältää kuitenkin rakennusvaiheen moduulin A5, joka sisältää rakennustyömaan energiankäytön arvioinnin. Tähän tulee sisällyttää kaikki rakennuksen rakentamiseen liittyvät sähkön, lämmön ja polttoaineen käytön päästötiedot. Ilmastaselvityksen tulee sisältää näiden osalta mitattuihin arvoihin perustuvat tiedot. Moduulin A5 arvioimisen takia myös Ruotsin kansallinen päästötietokanta sisältää tällä hetkellä muutamia päästötietoja energiamuotojen päästöistä. Päästötiedot eivät kuitenkaan sisällä vielä Suomen

päästötietokannan tavoin tulevaisuuden skenaarioita. Päästötiedot perustuvat Ruotsin tutkittuihin keskiarvoihin, standardiarvoihin ja laskelmiin. Kuvassa 34 on poimittuna Ruotsin päästötietokannasta kaukolämmön päästötiedon keskiarvo. (Boverket 2022e; Boverket 2021b.)



Kuva 34. Kaukolämmön keskiarvon päästötieto poimittuna Ruotsin kansallisesta päästötietokannasta.

Tanskan arviointimenetelmässä rakennuksen käyttövaiheen energiantarpeen arvioiminen tullaan suorittamaan rakentamismääräyksien mukaan lasketun energiantarpeen perusteella, joka muunnetaan ilmastovaikutukseksi päästökertoimien avulla. Kuvassa 35 on esitettyinä päästökerrontaulukko, jota ehdotetaan lisättäväksi liitteenä Tanskan rakentamismääräysten yhteyteen. Päästökerrontaulukossa ovat listattuna päästökertoimet vuosille 2023, 2025, 2030, 2035 ja 2040 sähkölle, kaukolämmölle ja maakaasulle. Puuttuvat arvot voidaan laskea käyttämällä lineaarista interpolaatiota. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 5, 8.)

| År   | Energiform  | <i>Emissionsfaktorer</i>           |
|------|-------------|------------------------------------|
|      |             | (GWP)<br>kg CO <sub>2</sub> eq/kWh |
| 2023 | El          | 1,87E-01                           |
|      | Fjernvarme  | 1,05E-01                           |
|      | Ledningsgas | 2,25E-01                           |
| 2025 | El          | 1,35E-01                           |
|      | Fjernvarme  | 8,78E-02                           |
|      | Naturgas    | 1,89E-01                           |
| 2030 | El          | 4,70E-02                           |
|      | Fjernvarme  | 7,13E-02                           |
|      | Naturgas    | 1,05E-01                           |
| 2035 | El          | 4,14E-02                           |
|      | Fjernvarme  | 6,88E-02                           |
|      | Naturgas    | 1,05E-01                           |
| 2040 | El          | 4,03E-02                           |
|      | Fjernvarme  | 6,80E-02                           |
|      | Naturgas    | 1,05E-01                           |

«

Kuva 35. Tanskan tulevassa arviointimenetelmässä käytettävät energiamuotojen päästökertoimet sähkölle, kaukolämmölle ja maakaasulle (Bolig- og planstyrelsen. 2022b, 8).

Voidaan todeta, että kaikkien kolmen maan laskentamenetelmä käyttövaiheen energiantarpeen määrittämiseksi on yhtenäinen, vaikkakin päästökertoimet ovat maakohtaisia ja myös ostoenergian tarve määritellään kansallisten omien rakentamismääräysten. Suomen ja Tanskan tapauksessa ostoenergian tarve lasketaan rakentamismääräysten mukaisella menetelmällä ja kerrotaan määritetyllä päästökertoimella. Todennäköisesti Ruotsin menetelmä tulee toimimaan samalla tavalla sitten, kun menetelmään lisätään käyttövaiheen energiankäytön moduuli B6.

#### 4.2.11 Rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävien hyötyjen ja haittojen huomioiminen arvioinnissa

Suomen tulevassa arviointimenetelmässä otetaan rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävien hyötyjen vaikutukset mukaan hiilikädenjälkilaskelmassa. Elinkaaren ulkopuolisia haittoja ei arvioida. Suomen menetelmässä hiilikädenjälkilaskelmaan luetaan moduulin D osalta rakennusosien uudelleenkäytön tai materiaalien kierrätyksen kautta vältetyt kasvihuonekaasupäästöt (D1), materiaalien hyödyntäminen kierrätyspoltoaineena tai energiana (D2), rakennuksessa tai sen tontilla tuotettu ylimääräinen uusiutuva energia (D3), pitkäikäisten rakennustuotteiden sisältämä eloperäinen tai tekninen hiili (D4), sekä sementtipohjaisiin tuotteisiin karbonatisoitumisen kautta sitoutuva ilmakehän hiilidioksidi (D5). (Ympäristöministeriö 2021a, 28.)

Myös Tanskan tulevassa menetelmässä otetaan rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jääviä hyötyjä mukaan arviointiin. Tanskan ehdotuksessa uudeksi rakentamismääräykseksi hyödyistä sisällytettäisiin mukaan ainakin materiaalien ja rakennusosien kierrätys ja uudelleenkäyttö. (Bolig- og planstyrelsen 2022b, 6.)

Ruotsissa asuntovirasto Boverket on ehdottanut elinkaaren ulkopuolisten hyötyjen lisäämistä pakolliseksi osaksi ilmastaselvitystä vuonna 2027 ainakin eloperäisen hiilen varastoitumisen ja paikallisesti tuotetun sähkön nettoviennin osalta. Niin Tanskan kuin Suomenkin menetelmissä rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt, eli niin sanottu ilmastosäästö, ilmoitetaan erillään omana tuloksenaan, eikä sitä vähennetä rakennuksen kokonaisilmastovaikutuksista. (Boverket 2020c, 44–45.)

Suomen päästötietokannassa on jokaiselle rakennustuotteelle ja -materiaalille määritelty ne rakennuksen elinkaaren ulkopuolelle jäävät hyödyt, jotka voidaan ottaa huomioon arvioinnissa. Esimerkiksi valmisbetonin C30/37 tapauksessa päästötietokannassa on merkitty hyöty moduuleihin D1, D2, D4 ja D5. Näin ollen valmisbetonia voidaan käyttää hyväksi elinkaarensa ulkopuolella uudelleenkäytössä, kierrätyksessä ja energian talteenotossa. Lisäksi valmisbetoni toimii hiilivarastona ja siihen on sitoutuneena karbonatisoitumisen kautta ilmakehän hiilidi-

oksidia. Nämä kaikki voidaan siis valmisbetonin kohdalla määritellä hyödyllisiksi ominaisuuksiksi sen elinkaaren ulkopuolella ja siten ottaa huomioon hiilikädenjälkilaskelmassa.

Tanskan menetelmässä päästötietokantana toimivaan taulukkoon on eritelty jokaiselle rakennustuotteelle ja -materiaalille oma ilmastovaikutus moduulin D osalta. Mikäli tuotteella tai materiaalilla on hyödyllisiä elinkaaren ulkopuolisia ominaisuuksia, nähdään niiden aiheuttama positiivinen vaikutus taulukossa miinusmerkkisenä päästönä. Näiden avulla voidaan laskea rakennukselle erikseen positiiviset ilmastohyödyt elinkaarensa ulkopuolella. Esimerkiksi valmisbetonin C30/37 tapauksessa Tanskan päästötietokantaan on merkitty ilmastovaikutukseksi moduulissa D  $-4,6 \text{ kg CO}_2\text{e/m}^3$ . Tanskan menetelmässä rakennuksen elinkaaren ulkopuolisten hyötyjen laskemista ei kutsuta hiilikädenjälkilaskelmaksi, vaikkakin se on periaatteeltaan samanlainen Suomen hiilikädenjälkilaskennan kanssa.

Yhteenvedona moduulin D osalta siis Suomi ja Tanska ottavat rakennuksen elinkaaren ulkopuoliset hyödyt mukaan arviointiin. Hyöty ilmoitetaan erillisenä tuloksena, eikä sitä vähennetä negatiivisista ilmastovaikutuksista. Myös Ruotsi on kaavailut hyötyjen arvioimisen sisällyttämistä arviointimenetelmäänsä sen seuraavassa vaiheessa viimeistään vuonna 2027. Suomen menetelmässä otetaan kaikki hyödylliset vaikutukset D1-D5 huomioon, mutta Tanskan menetelmän osalta ei ole vielä varmuutta, kuinka laajasti hyödyt huomioidaan. Voidaan kuitenkin ajatella kaikkien kolmen maan menetelmien lähestymistavan rakennuksen elinkaaren ulkopuolisiin hyötyihin ja haittoihin olevan samankaltainen.

#### 4.2.12 Yhteenvedo säädosohjauksen ja arviointimenetelmien yhtäläisyyksistä ja eroavaisuuksista

Vaikka kaikkien kolmen maan arviointimenetelmät pohjautuvat samaan eurooppalaiseen standardiin EN 15978 ja Pohjoismailla on ollut yhteisenä tahtotilana harmonisoida menetelmiään samanlaisiksi keskenään, on menetelmissä silti

yllättävän paljon eroavaisuutta. Lähestulkoon jokaisen tässä tutkimuksessa tarkastellut seikan osalta on maiden menetelmien välillä eroja. Ohessa on esitetty taulukkomuotoinen yhteenveto (taulukko 3) maiden menetelmien eroavaisuuksista ja yhtäläisyyksistä ja siitä, ovatko eri maiden menetelmät harmonisia keskenään kunkin arviointiin liittyvän parametrin osalta. Yhteenvedon jälkeen pohditaan sitä, minkälainen vaikutus näillä on ja voitaisiinko maiden menetelmiä jollakin tavalla harmonisoida nykyistä yhtenäisemmäksi.

Taulukko 3. Yhteenveto Suomen, Ruotsin ja Tanskan säädösohjatuista arviointimenetelmistä ja perustelut sille, ovatko arvioinnin eri parametrit harmonisia maiden arviointimenetelmien kesken.

| Arvioinnin parametri   | Harmoinen? | Perustelut   |
|------------------------|------------|--|
| Elinkaaren vaiheet     | Ei         | Suomi: A1–A5, B4–B6, C1–C4, D.<br>Ruotsi: A1–A5.<br>Tanska: A1–A3, B4, B6, C3–C4, D.   |
| Rakennuksen osat       | Ei         | Suomi: Pääsääntöisesti kaikki rakennuksen osat: alueosat, rakennusosat, tilaosat ja talotekniikka.<br>Ruotsi: Kantavat rakenteet, rakennuksen vaipan rakenneosat ja sisäseinät.<br>Tanska: Pääsääntöisesti kaikki muut rakennuksen osat paitsi kalusteet ja laitteet. Talotekniikka arvioidaan pääpiirteittäin.<br>➤ Mailla on lisäksi omia yksittäisiä poikkeuksiaan ja yksityiskohtaisia rajauksiaan osien sisällyttämisen osalta. |
| Arviointijakson pituus | Kyllä      | Suomi: 50 vuotta.<br>Ruotsi: harkinnassa 50 vuotta.<br>Tanska: 50 vuotta.  |

(jatkuu)

Taulukko 3 (jatkuu).

| Arvioinnin parametri | Harmoinen? | Perustelut   |
|----------------------|------------|--|
| Käytettävät tiedot   | Osittain   | Pääsääntöisesti kaikissa menetelmissä ympäristöselosteet ja kansalliset päästötietokannat. Päästötietokannoissa eroja ja siinä, missä tilanteissa suositaan ympäristöselosteita, todellisia mitattuja tietoja tai päästötietokantojen tietoja.   |
| Rakennustyyppit      | Osittain   | Pääsääntöisesti uudisrakennukset, jotka vaativat rakennuslupaa tai ovat energiamääräysten piirissä. Mailla omia poikkeuksiaan. Korjauskohteet arvioidaan pelkästään Suomessa.  |
| Rak.osien käyttöiät  | Osittain   | Suomi: Päästötietokanta.<br>Ruotsi: Ei relevanttia.<br>Tanska: Käyttöikätaulukko.<br>➤ Käyttöikäen osalta olla jonkin verran vaihtelua maiden välillä. Pääasiassa Suomen, Ruotsin ja Tanskan olosuhteet ovat kuitenkin melko samankaltaiset, jolloin myös rakennusosien ja -materiaalien käyttöiät ovat hyvinkin samansuuntaisia.            |
| Raja-arvot           | Ei         | Suomi: Ei vielä määritelty.<br>Ruotsi: Ehdotus annettu. Raja-arvot sisältävät vain rakennuksen tuotevaiheen.<br>Tanska: Raja-arvot määritelty.<br>➤ Ruotsin ehdotettuja raja-arvoja ja Tanskan määriteltyjä raja-arvoja ei voida vertailla keskenään, sillä ne sisältävät eri selektion rakennuksen elinkaaren vaiheita ja rakennuksen osia. |

(jatkuu)



Taulukko 3 (jatkuu).

| Arvioinnin parametri | Harmoinen? | Perustelut   |
|----------------------|------------|--|
| Rakennuspinta-ala    | Ei         | <p>Suomi: Rakennuksen lämmitettyjen kerrostasojen summa rakennusta rajoittavien rakennusosien sisäpinnasta laskien.</p> <p>Ruotsi: Kerrosten summa rakennusta rajoittavien rakennusosien ulkopinnasta laskien.</p> <p>Tanska: Kerrosten summa rakennusta rajoittavien rakennusosien ulkopinnasta laskien. Lisäksi prosentuaalisia osuuksia ulkotiloihin liittyville erityisalueille.</p>   |
| Ympäristövaikutukset | Kyllä      | Kaikissa pakollisena ainoastaan ilmaston lämpenemispotentiaalin (GWP) arvioiminen.   |
| Energiantarve        | Osittain   | <p>Suomi: Ostoenergiantarve lasketaan rakentamismääräysten mukaisella menetelmällä ja kerrotaan päästötietokannan päästökertoimella.</p> <p>Ruotsi: Ei relevanttia.</p> <p>Tanska: Ostoenergiantarve lasketaan rakentamismääräysten mukaisella menetelmällä ja päästötietokannan päästökertoimella.</p> <p>➤ Ostoenergiantarve määritellään pääsääntöisesti samalla menetelmällä, mutta päästötietokantojen päästökertoimet vaihtelevat maan mukaan.</p> |
| Moduuli D            | Osittain   | <p>Suomi: Hiilikädenjälki lasketaan ja ilmoitetaan erikseen moduulin D osalta D1-D5.</p> <p>Ruotsi: Ei relevanttia.</p> <p>Tanska: Moduulin D positiivinen vaikutus lasketaan ja ilmoitetaan erikseen. Vielä ei ole selvää,</p>  |

(jatkuu)

Taulukko 3 (jatkuu).

| Arvioinnin parametri | Harmoinen? | Perustelut   |
|----------------------|------------|--|
| Moduuli D            | Osittain   | otetaanko huomioon vaikutukset osittain, esimerkiksi vain kierrätys ja uudelleenkäyttö, vai kaikki eri hyödyt D1-D5. |

Kuten yhteenvertaustaulukosta (taulukko 3) voidaan huomata, ovat arviointimenetelmät Suomen, Ruotsin ja Tanskan välillä hyvin erilaiset sisällöiltään ja periaatteiltaan. Syitä tähän on pääsääntöisesti kaksi. Osittain erot johtuvat maiden välisistä erilaisista rakentamismääräyksistä ja energiamääräyksistä. Tämän lisäksi vaihteluun menetelmien välillä vaikuttavat itse rakentamisen ilmastovaikutusten arvioimisen säädösohjaukseen liittyvät eroavaisuudet ja tähän liittyvät maakohtaiset poliittiset päätökset.

Eroja rakentamismääräyksiä ja energiamääräyksiä osalta menetelmiin tulee varsinkin arviointivelvollisuutta koskevien rakennusten osalta, rakennusosien käyttöikien osalta, rakennuspinta-alojen osalta ja rakennuksen käyttövaiheen energiantarpeen arvioimisen osalta. Eroavaisuudet eri maiden rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjauksessa voidaan taas helpoimmin huomata varsinkin arvioitavien rakennuksen elinkaaren vaiheiden ja rakennusosien osalta, sekä arvioinnissa käytettävien tietojen osalta.

Arviointiin asetettavat päästöjen raja-arvot taas ovat hyvin pitkälti riippuvaisia maakohtaisista poliittisista päätöksistä, vaikka raja-arvojen asettamiseen tähtäävää tutkimustyötä tehdään myös Pohjoismaiden välisessä yhteistyössä. Kukin maa on kuitenkin loppupeleissä vastuussa omasta päätöksestään raja-arvojen osalta. Raja-arvoihin liittyvät päätökset pohjautuvat hyvin pitkälti kunkin maan omiin taustatutkimuksiin ja tapaustutkimuksiin rakennusten elinkaariarvioinnin osalta. Raja-arvot pohjautuvat myös kunkin maan omiin hiilineutraaliustavoitteisiin. Mitä pikemmin maan tavoitteena on hiilineutraalius, sitä tiukemmat raja-arvot tulee säätää myös rakentamisen ilmastovaikutuksille.

Ymmärrettävää on toki se, että niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin tapauksessa rakentamisen ilmastovaikutusten arvioiminen ja varsinkin sen säädösohjaaminen ovat hyvin uusia asioita. Tämän takia kukin maa on määritellyt itselleen sopivimman lähestymistavan arvioimiseen. Esimerkiksi Ruotsin tapauksessa haluttiin ensimmäisessä vaiheessa tehdä pakollisesta arvioinnista suppeampi, jotta aluksi menetelmää ja tietämystä saataisiin levitettyä alalle melko matalalla kynnyksellä. Sen sijaan Suomi ja Tanska ovat halunneet heti ensimmäisessä vaiheessa tehdä pakollisesta arvioimisesta niin kattavaa, kuin se vain on tutkimuksen ja tietämyksen valossa ollut kannattavaa. Hyvin todennäköistä on, että kaikki kolme maata pyrkivät kuitenkin tulevaisuudessa tekemään omasta arviointimenetelmästäan kattavuudeltaan niin täydellisen, kuin vain mahdollista. Tällöin olisi oivallinen paikka arviointimenetelmien yhdenmukaistamiseen myös maiden välillä.

Malli täysimittaiseen rakennuksen arviointiin on jo olemassa, sillä EU:n Level(s)-kehysmenetelmällä on mahdollista suorittaa perinpohjainen elinkaariarviointi rakennukselle. Täydellinen elinkaariarviointi kattaa ilmastovaikutusten lisäksi myös muut rakentamisen ympäristövaikutukset ja sisältäisi kaikki rakennuksen elinkaaren vaiheet ja rakennuksen osat. Parhaassa mahdollisessa tilanteessa arviointi tehtäisiin kaikissa tapauksissa, niin uudis-, korjaus- kuin laajennuskohteissakin ja mukaan otettaisiin kaikki rakentamisen ympäristövaikutukset. Toki EU:n Level(s)-kehysmenetelmän mukainen arviointi ei itsessään sisällä rakennuksen ympäristövaikutuksille raja-arvoja, joten nämä jäisivät joka tapauksessa kunkin maan omaksi poliittiseksi päätökseksi.

Kun EU:n yhteinen kansainvälisiin rakennusprojekteihin soveltuva kehysmenetelmä Level(s) on jo olemassa, on hyvä pohtia, tarvitseeko Pohjoismaiden rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien olla harmonisia keskenään. Ja kuten aiemmin todettua, vaikka arviointimenetelmät olisivatkin yhtenäiset, voivat maiden omat rakentamismääräykset ja muut seikat vaikuttavat arvioinnin suorittamiseen ja sen lähtötietoihin. Jos siis Pohjoismaissa halutaan saavuttaa harmoninen rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmä, voidaan asiaa lähestyä monesta näkökulmasta. Jokaisella maalla voisi olla oma arviointimene-

telmänsä, jotka kuitenkin kaikki olisivat keskenään samanlaiset, tai mahdollista voisi olla myös Pohjoismaiden oma yhtenäinen kehysmenetelmä, jota käytettäisiin Pohjoismaiden sisäisissä kansainvälisissä projekteissa.

Arviointimenetelmien lisäksi myös rakentamismääräykset ja energiamääräykset vaatisivat täydellisen harmonian saavuttamiseksi yhtenäistä menettelytapaa. Pohjoismaissa on pyritty rakentamismääräysten ja standardien yhdenmukaistamiseen viime vuosien aikana. Vuonna 2018 Suomen, Islannin, Norjan ja Ruotsin ministerit antoivat julkilausuman rakentamismääräysten ja standardien yhdenmukaistamisesta Pohjoismaissa. Tämä edistäisi maiden yhteistä visiota tehdä Pohjoismaista maailman integroiduin alue ja luoda Pohjoismaille yhtenäiset rakennusmarkkinat. Julkilausuman yhteydessä todettiin, että harmonisointi on pitkän aikavälin tavoite ja nopeimmin harmonisointi voisi edetä tällä hetkellä nimenomaan rakennetun ympäristön digitalisaatiossa ja vähähiilisessä rakentamisessa. Tällöin esitettiin, että Pohjoismaiden tulisi selvittää mahdollisuudet rakennusten elinkaarilaskennan ja tähän liittyvien digitaalisten ratkaisujen yhdenmukaistamiseen. Keväällä 2020 Pohjoismaat perustivat yhteisen ohjausryhmän koordinoimaan pohjoismaisten rakentamismääräysten yhtenäistämistä. Konkreettisia muutoksia maiden rakentamismääräyksiin harmonisoimisen edistämiseksi ei ole vielä tehty. (Ympäristöministeriö 2018.)

Tällä hetkellä toteutetaan vuosina 2021–2024 Pohjoismaisen kestävän rakentamisen ohjelmaa. Kyseisen ohjelman tavoitteena on vakiinnuttaa Pohjoismaita johtavaksi alueeksi kestävässä rakentamisessa erityisesti ympäristö- ja ilmastovaikutusten näkökulmasta. Ohjelma sisältää viisi työpakettia. Yksi työpaketeista liittyy juuri rakentamisen elinkaariarviointien harmonisoimiseen Pohjoismaissa. Tavoitteena on, että suunnittelu- ja rakennusyrietykset voisivat tarjota vähähiilisiä ratkaisuja kaikissa Pohjoismaissa. Tämän lisäksi yhtenäinen lähestymistapa hyödyttäisi poliittisia päättäjiä kansallisella ja kunnallisella tasolla. (Nordic Sustainable Construction n.d.b.)

Konkreettisia asioita on siis tapahtumassa niin Pohjoismaiden rakentamismääräysten harmonisoimisen osalta, kuin myös rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien harmonisoimisen osalta. Kaiken kaikkiaan yhteenvetona

säädösohjauksen ja arviointimenetelmien yhtäläisyyksistä ja eroavaisuuksista, sekä menetelmien harmonisoimisesta todettakoon, että aihe on hyvin monitahoinen. Tällä hetkellä Suomen, Ruotsin ja Tanskan menetelmät ovat hyvin erilaisia keskenään, eikä arviointien tuloksia voida täten vertailla esimerkiksi keskenään. Menetelmien ja rakentamismääräysten harmonisoiminen ei toki ole pelkästään Pohjoismaiden päänvaiva, vaan samaan ongelmaan törmätään myös kaikkialla muualla Euroopassa. Pohdittavaksi tosin jää, onko välttämätöntä, että menetelmien tulisi olla yhdenmukaisia keskenään. Varmasti tämä toisi tulevaisuudessa huomattavia hyötyjä niin Pohjoismaiden kuin Euroopankin tasolla, kun arviointimenetelmien tuloksia voitaisiin vertailla keskenään ja edesauttaa vähähiilisten ratkaisujen tarjoamista kansainvälisellä tasolla. Lisäksi tämä edesauttaisi kansainvälisiä projekteja, rakentamisanalyyttisten päästövähennystavoitteiden seuraamista ja Pariisin sopimuksen ilmastotavoitteiden saavuttamista.

#### 4.3 Vertaileminen aiempiin tutkimuksiin

Tutkimuksia kyseisestä aiheesta, jossa vertaillaan eri Pohjoismaiden rakennusten elinkaariarvioinnin menetelmiä, oli löydettävissä ainakin yksi. Kyseisen tutkimuksen on suorittanut Tanskan teknologinen instituutti (DTI) Rambollin kanssa vuosina 2020–2021 Tanskan asunto- ja suunnitteluviraston toimeenpanemana. Kyseisessä tutkimuksessa keskityttiin rakennuksen elinkaariarvioinnin eri näkökulmiin Tanskassa, Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa. Tutkimuksessa havainnollistettiin rakennusten elinkaariarvioinnin eroja menetelmien, tietokantojen, raja-arvojen ja sääntelyn osalta ja tavoitteena oli samalla koota tietoa ja kokemuksia elinkaariarvioinnista näiden maiden osalta. (Danish Technological Institute 2021, 4.)

Toinen tutkimus, missä on jokseenkin samanlainen aihepiiri, julkaistiin opinnäytetyöprosessin aikana lokakuussa 2022. Tutkimuksen suoritti One Click LCA ja sen aiheena oli katsaus rakennusta koskeviin säännöksiin hiilen osalta Euroopassa. Lisäksi tutkimuksessa perehdyttiin parhaisiin käytäntöihin sääntelyn osalta. Kyseisestä tutkimuksesta pystyttiin poimimaan Pohjoismaita koskevat tutkimustulokset ja peilata niitä tämän opinnäytetyön tuloksiin. One Click LCA:n

tutkimuksessa perehdyttiin rakentamisen elinkaariarviointia koskeviin säännöksiin ja niihin liittyviin tietokantoihin Euroopassa. Lisäksi tutkimuksessa analysoitiin tarkemmin Tanskan, Suomen, Ranskan, Alankomaiden, Norjan, Ruotsin ja Yhdistyneen kuningaskunnan voimassa olevia ja odotettavissa olevia kansallisia säädöksiä tämän osalta. Säännöksiä analysoitiin tutkimuksessa niin sääntelymekanismien ja niiden laajuuden, että myös teknisen toteutuksen ja elinkaariarvioinnin metodologian osalta. Lisäksi analysoitiin arviointimenetelmiin liittyviä tietokantoja niiden keskeisen sisällön, prosessien ja ominaisuuksien osalta. Analyysin jälkeen kaikki tutkimuksessa olevat sääntelymenetelmät ja päästötietokannat pisteytettiin ja niitä verrattiin keskenään eri parametrien mukaan. Pisteytyksen mukaisesti saatiin tutkimuksessa selville parhaimmat käytännöt Euroopan tasolla. (One Click LCA 2022, 1.)

Näiden kahden tutkimuksen lisäksi Pohjoismaiden rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmistä on löydettävissä taulukkomuotoinen esitys Swedish Life Cycle Centerin verkkosivuilta. Taulukon on laatinut Matti Kuittinen suomen ympäristöministeriöstä. Taulukossa on vertailtu Tanskan, Suomen, Norjan ja Ruotsin arviointimenetelmiä. Vertailussa on huomioituna sekä säädöspohjaiset menetelmät, että vapaaehtoiset menetelmät. Verkkosivuilla ei ole merkintää, milloin taulukkoa on viimeksi päivitetty. Voidaan olettaa, että taulukon tiedot eivät välttämättä ole täysin ajantasaiset, sillä eri maiden menetelmiä kehitetään jatkuvasti ja muutoksia tulee nopeallakin aikataululla. (Swedish Life Cycle Center n.d.)

### **Danish Technological Institute (DTI): Project on LCA and socioeconomics Task 2 - Analysis of other countries' approach to building LCA**

Kyseinen Tanskan teknologisen instituutin laatima tutkimus on aihepiiriltään eniten samankaltainen tämän opinnäytetyön kanssa. Vaikka tutkimus on laadittu melko hiljattain syksyn 2020 ja kevään 2021 aikana, on silti todennäköistä, että joitakin muutoksia maiden arviointimenetelmiin on ilmaantunut tämänkin jälkeen. Tutkimus toteutettiin Tanskan liikenneviraston laatiman alustavan listauksen perusteella, jossa oli listattuna menetelmiä, standardeja, säädöksiä ja

elinkaariarvioinnin työkaluja Pohjoismaissa. Listan pohjalta Tanskan teknologinen instituutti ja Rambøll yhdessä päivittivät ja laajensivat luetteloa. Lopullinen tutkimus sisälsi muun muassa eri menetelmissä käytettävät arviointijakson pituudet, käyttöiät, arvioitavat elinkaaren vaiheet, arvioitavat rakennuksen osat, sekä käytetyn yksikön ja laskentatyökalut. Tutkimus suoritettiin osittain kirjallisuuskatsauksena ja osittain haastattelututkimuksena. (Danish Technological Institute 2021, 4.)

Verrattuna Tanskan teknologisen instituutin tutkimukseen, ovat menetelmät muuttuneet hieman tähän päivään mennessä. Tanskan osalta tutkimuksessa on otettu huomioon vapaaehtoisen kestävän kehityksen luokitusjärjestelmän mukainen menetelmä, sillä tämän oli tarkoitus lähes sellaisenaan siirtyä testivaiheen jälkeen säädösohjatuksi menetelmäksi vuoden 2023 alussa. Tanskan tulevaan säädösohjattuun menetelmään on kuitenkin tehty vuosien 2021–2022 aikana joitakin muutoksia verrattuna vapaaehtoiseen kestävän kehityksen luokitusjärjestelmään. Suurin muutos lienee se, että arviointiin otettavien rakennuksen elinkaaren vaiheiden määrä on muuttunut. Vapaaehtoisen menetelmän mukaan arvioinnissa ovat moduulit A1–A5, B4, B6, C3–C4 ja D. Tällä hetkellä näyttää kuitenkin siltä, että säädösohjatusta menetelmästä olisivat jäämässä pois tuotevaiheesta moduulit A4–A5. Myös Suomen tulevassa säädösohjatussa menetelmässä on muutoksia verrattuna Tanskan teknologisen instituutin laatiman tutkimuksen aikaiseen. DTI:n tutkimuksessa Suomen menetelmään on merkitty elinkaaren vaiheet A1–A5, B3, B4, B6, C1–C4 ja D. Nyt kuitenkin arvioinnin laajuus on muuttunut ja Suomen menetelmästä tultaisiin näillä näkymin poistamaan moduuli B3 ja lisäämään moduuli B5. Ruotsin osalta muutoksia elinkaaren vaiheiden osalta ei ole tullut. (Danish Technological Institute 2021, 13.)

Arvioinnissa käytettävän arviointijakson pituuteen eri maiden menetelmissä ei ole tullut muutosta verrattuna DTI:n tutkimukseen. Jo tällöin on ollut tiedossa, että arviointijakson pituudeksi valittaisiin 50 vuotta. Sen sijaan rakennuksessa käytettävien rakennusosien käyttöikien osalta on havaittavissa pieni muutos. DTI:n tutkimuksen mukaan Suomessa ilmastaselvityksen tekeminen perustuisi

One Click LCA -ohjelmiston käyttöön, jossa on määriteltynä valmiiksi käyttöiät materiaaleille. Tämän osalta muutoksena on, että kaikki käyttöiät tulee pääsääntöisesti hakea ja varmistaa Suomen päästötietokannan CO<sub>2</sub>datan käyttöikätaulukosta. (Danish Technological Institute 2021, 10–12, 14.)

Arvioitavien ympäristövaikutusten osalta tilanne on pysynyt lähes muuttumattomana verrattuna DTI:n tutkimukseen. Kuten ylempänä mainittua, Tanskan osalta tosin tutkimuksessa on otettu huomioon Tanskan vapaaehtoinen kestävä kehityksen luokitusjärjestelmä. Vapaaehtoisen järjestelmän mukaan ympäristövaikutukset tulisi arvioida pakollisena myös muilta osin, kuin pelkästään ilmaston lämpenemispotentiaalin (GWP) osalta. Tämän takia DTI:n tutkimukseen on merkitty Tanskan kohdalle ilmoittamisvelvollisuuden piiriin GWP:n lisäksi myös otsonikatopotentiaali (ODP), valokemiallinen otsoninmuodostuskyky (POCP), happamoitumispotentiaali (AP), rehevöitymispotentiaali (EP), ei-fossiilisten luonnonvarojen abiottinen ehtyminen (ADPe), fossiilisten luonnonvarojen abiottinen ehtyminen (ADPf) ja primäärienergian kokonaiskulutus (PEtot). Tämänhetkisen tiedon valossa kuitenkin myös Tanskassa olisi Suomen ja Ruotsin tavoin tulossa pakolliseksi ainoastaan ilmaston lämpenemispotentiaalin arvioiminen ja raportointi. (Danish Technological Institute 2021, 16.)

Rakennuksen ilmastovaikutuksiin liittyvien raja-arvojen osalta tilanne on edelleen sama, kuin DTI:n tutkimuksen aikoihin. Jo tällöin olivat määriteltynä Tanskan tulevat raja-arvot ja näiden kiristystoimenpiteet. Suomen osalta DTI:n tutkimuksessa todetaan, että tulevassa lainsäädännössä olisi odotettavissa samankaltainen raja-arvoihin pohjautuva lähestymistapa. Lisäksi myös Ruotsin osalta oli tiedossa, että raja-arvomenettely olisi tulossa osaksi säädösohjausta menetelmän toisessa vaiheessa, viimeistään vuonna 2027. (Danish Technological Institute 2021, 18–19.)

DTI:n tutkimus käsitteli hyvin pintapuolisesti joitakin muita arviointimenetelmiin liittyviä parametreja, joita taas tässä opinnäytetyössä on tutkittu hieman kattavammin. Näitä olivat arviointitulosten raportoinnin yksiköt, menetelmät rakennuksen bruttoalan kvantifointiin, arviointiin sisältyvät rakennuksen osat ja lähestymistavat moduulin D sisällyttämiseen osaksi laskelmia. Esimerkiksi



rakennuksen bruttopinta-alan laskentamenetelmästä todetaan, että sen osalta ei toistaiseksi olisi ollut mahdollista kerätä tarkkaa tietoa. Tämä voidaan todeta myös tämän opinnäytetyön osalta paikkaansa pitäväksi, sillä kyseinen aihealue vaikutti olevan vielä kehityksen alla, eikä spesifejä tietoja pinta-alojen laskemiselle löytynyt helposti. Arviointiin sisältyvien rakennuksen osien osalta DTI:n tutkimuksessa todettiin, että arvioinnin järjestelmäraajat voivat vaihdella jossakin määrin, mutta tyypillisesti ongelmana olisi kuitenkin enemmänkin tietojen saatavuudessa, varsinkin teknisten asennusten osalta. Tutkimuksessa ei siis käyty yksityiskohtaisesti läpi kunkin maan arviointimenetelmiin kuuluvia ja kuulumattomia rakennuksen osia. (Danish Technological Institute 2021, 20–21.)

Tutkimuksen mukaan biopohjainen hiilen varastoituminen otettaisiin huomioon Suomen ja Tanskan menetelmissä. Tanskan osalta tämä ei ole ollut osana vapaaehtoista menetelmää, sillä tähän käytetty saksalainen Ökobaudat päästötietokanta ei ole soveltunut sen arvioimiseen. Sen sijaan DTI:n mukaan tämä tultaisiin sisällyttämään kuitenkin säädösohjattuun menetelmään. Betonin karbonatisoituminen kuuluu DTI:n tutkimuksen mukaan osaksi Suomen menetelmää, mutta ei Tanskan menetelmää. Tanskassa tyypillisin jäteskenaario, eli betonin käyttäminen tiemateriaalina, ei salli merkittävää karbonatisoitumista. Betonin karbonatisoitumista ei oteta myöskään käyttövaiheessa huomioon, sillä menetelmä ei sisällä elinkaaren moduulia B1. Sen sijaan Suomessa karbonatisoituminen otettaisiin huomioon moduulissa B1. Uusiutuvan energian tuotannon ylijäämä sisällytettäisiin moduuliin D niin Suomen kuin Tanskankin menetelmissä. (Danish Technological Institute 2021, 20–23.)

Rakennustyömaan jätteiden osalta DTI:n tutkimus toteaa, että rakennusmateriaalien hävikki otetaan melko laajasti huomioon Pohjoismaisissa menetelmissä, mutta vankkoja ja läpinäkyviä menetelmiä tähän ei ole kehitetty. Tanskan vapaaehtoisessa menetelmässä määrätään yleiseksi hävikkiasteeksi 10 prosenttia kaikille rakennusmateriaaleille, koska tarkkoja tietoja ei ole saatavilla. Ruotsin tapauksessa päästötietokantaan tultaisiin DTI:n mukaan lisäämään hävikkiasteet yleisillä oletuksilla. Suomen menetelmästä ei ole DTI:n tutkimuksessa mainintaa hävikin osalta. DTI:n tutkimuksessa lisäksi huomautetaan, ettei

missään Pohjoismaisessa menetelmässä oteta huomioon haittana jäähdytysnes-teiden vuotoja. (Danish Technological Institute 2021, 20–23.)

Yhteenvedona siis DTI:n tutkimuksen mukaan Suomen menetelmässä huomioitaisiin biopohjaisen hiilen varastoituminen, betonin karbonatisoituminen, uusiutuvan energian ylijäämä ja rakennustyömaajäte. Tanskan osalta huomioitaisiin biopohjaisen hiilen varastoituminen, uusiutuvan energian ylijäämä ja rakennustyömaajäte. Ruotsin osalta moduuliin D on merkitty uusiutuvan energian ylijäämä ja rakennustyömaajäte. (Danish Technological Institute 2021, 23.)

Moduulin D osalta DTI:n tutkimuksen mukainen raja-  
aus poikkeaa hieman tämän opinnäytetyön tuloksista. DTI:n tutkimuksessa ei käsitellä moduulin D osalta lainkaan rakennusosien uudelleenkäyttöä ja kierrätystä, tai materiaalien hyödyntämistä kierrätyspolttoaineena tai energiana. Nämä molemmat tul-taisiin näillä näkymin ottamaan ylempänä mainittujen lisäksi osaksi Suomen arviointi-menetelmää. Tanskan menetelmän osalta ei löytynyt opinnäytetyötä tehtäessä täysin varmaa tietoa moduuliin D sisältyvistä parametreista. Myöskään Ruotsin menetelmän osalta ei tämän opinnäytetyön osalta löydetty vahvistettua tietoa. Asuntovirasto Boverket on ehdottanut elinkaaren ulkopuolisten hyötyjen lisäämistä pakolliseksi osaksi ilmastaselvitystä vuonna 2027 ainakin eloperäisen hiilen varastoitumisen ja paikallisesti tuotetun sähkön nettoviennin osalta, mutta vahvistusta tälle ehdotukselle ei löydetty. Rakennusmateriaalien hävikin osalta niin Suomen kuin Ruotsinkin päästötietokannoista on tällä hetkellä löydettävissä jokaiselle materiaalille ja tuotteelle omat hukkakertoimensa. (Danish Technologi-cal Institute 2021, 23.)

Menetelmät arvioinnissa käytettävien tietojen hankkimiseen ovat myös hieman muuttuneet DTI:n tutkimuksen aikaisista. DTI:n tutkimuksen aikoihin niin Suomen kuin Ruotsinkin kansalliset päästötietokannat olivat vasta kehitysvaiheessa, eikä niitä ollut julkaistu. Tanskassa käytössä oli DTI:n tutkimuksen aikoihin vielä päälähteenä geneerisille päästötiedoille Saksan Ökobaudat päästötietokanta. Koska Ökobaudat perustuu saksalaisiin materiaalituotantotietoihin, on Tanskassa suosittu pääsääntöisesti ympäristöselosteiden käyttöä. Asia tulee

olemaan näin myös tulevaisuudessa, vaikkakin Tanska on kehittänyt myös omaa päästötietokantaansa säädösohjattua arviointimenetelmää varten. Erityisesti Suomen osalta DTI:n tutkimuksessa todetaan uuden kansallisen päästötietokannan olevan tarpeellinen, sillä tuotekohtaisia ympäristöselosteita on olemassa vielä hyvin heikosti. Tähän päivään mennessä Suomen ja Ruotsin kansalliset päästötietokannat ovat jo julkaistu ja näistä saadaan kattava määrä päästötietoa niin tuotteiden, kuin myös joidenkin palveluiden osalta. Myös Tanska tulee todennäköisesti hyötymään omasta kansallisesta päästötietokannastaan, vaikka ympäristöselosteiden käyttäminen onkin pääsääntöisesti suositellumpaa. (Danish Technological Institute 2021, 24–25.)

Yhteenvedona kun vertaillaan DTI:n tutkimusta Pohjoismaiden lähestymistavoista rakennuksen elinkaariarviointiin tähän opinnäytetyöhön, voidaan havaita niin yhtäläisyyksiä kuin eroavaisuuksiakin tulosten osalta. Huomioitavaa on, että vaikka kyseinen tutkimus on hyvinkin tuore, on silti eri Pohjoismaiden säädösohjattuihin arviointimenetelmiin tullut muutoksia ja lisäyksiä. Muutokset ja lisäykset DTI:n tutkimuksen ja tämän opinnäytetyön välillä liittyvät enimmäkseen arvioinnissa huomioitaviin elinkaaren vaiheisiin, kansallisten päästötietokantojen julkaisuun ja moduulin D sisällyttämiseen osaksi arviointia. DTI:n tutkimuksessa myös joitakin aihealueita on tutkittu suppeammin ja annettu vain yleisluontoinen käsitys ja tilannekuva näistä aihealueista.

Toki DTI:n tutkimuksesta tekee erilaisen myös se, että siinä ovat mukana myös kaikki yleisimmin käytössä olevat vapaaehtoiset menetelmät ja erilaiset sertifiointimenetelmät. Lisäksi DTI:n tutkimukseen kuuluivat myös Norjan menetelmät. DTI:n tutkimuksen tavoite oli jokseenkin samankaltainen tämän opinnäytetyön tavoitteen kanssa. Tavoitteena DTI:n tutkimuksessa oli koota tietoja eri menetelmistä Suomen, Ruotsin, Tanskan ja Norjan osalta, sekä tämän jälkeen havainnollistaa vaihtelut menetelmissä, tietokantoissa, raja-arvoissa ja säädöksissä. Tavoitteena oli arvioida ja kuvata löydetyt eroavaisuudet mahdollisimman selkeästi läpinäkyvän perustan muodostamiseksi päättäjien avuksi. Tutkimuksessa onnistutaan hyvin, mutta tutkimuksen tuloksia tulisi

päivittää aika-ajoin, sillä tilanne arviointimenetelmien osalta on jatkuvassa kehitysvaiheessa.

### **One Click LCA: Construction carbon regulations in Europe – review & best practices**

One Click LCA:n laatima tutkimus rakentamisen ilmastovaikutusten säädöksistä Euroopassa laadittiin tämän opinnäytetyöprosessin kanssa samaan aikaan, joten mitä todennäköisimmin kyseisestä tutkimuksesta olisi odotettavissa samankaltaisia huomioita tämän opinnäytetyön kanssa. Tähän opinnäytetyöhön verrattuna otanta One Click LCA:n tutkimuksessa on toki suurempi, sisältäen kaikki Euroopan edistyksellisimmät maakohtaiset arviointimenetelmät. Myös tässä tutkimuksessa oli Tanskan teknillisen instituutin tutkimuksen tavoin tarkasteltu myös erilaisia sertifiointijärjestelmiä ja vapaaehtoisia menetelmiä, eikä pelkästään säädösohjattuja menetelmiä. Tutkimuksesta pystyttiin kuitenkin poimimaan Suomea, Ruotsia ja Tanskaa koskevat osiot, jotta pystyttiin vertailemaan tutkimusta tuloksineen tähän opinnäytetyöhön.

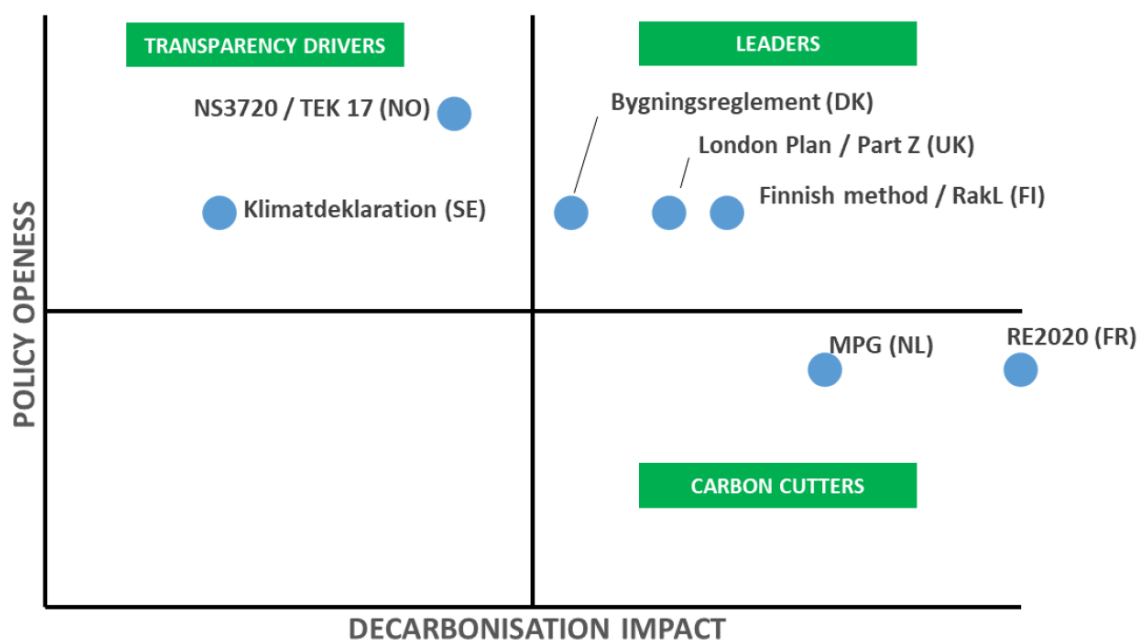
Jokaisen eri maan menetelmistä oli One Click LCA:n tutkimuksessa tehty yhteenveto. Näiden osalta oli tehty lyhyt markkinakatsaus, jonka jälkeen oli selvitetty kansalliset rakentamismääräykset, rakennuksen elinkaariarvioinnissa käytössä olevat raja-arvot, julkisia rakennuksia ja infrastruktuuria koskevat säännöt, kansallisesti käytetyn elinkaariarvioinnin metodologian yksityiskohdat, rakennustuotteiden vaatimukset, arvioinnissa käytettävät geneeriset tiedot ja tietokannat ja vapaaehtoiset sertifiointit. Lisäksi oli selvitetty myös maiden järjestelmien avoimuus kaupankäynnille ja muut kehitystiedot. Kuten voidaan huomata, oli tässä tutkimuksessa selvitetty tiedot hyvinkin erilaiset verrattuna tämän opinnäytetyön tutkimusprosessissa tutkittuihin tietoihin. One Click LCA:n tutkimuksessa kiinnostivat siis vertailun kannalta ennen kaikkea Pohjoismaiden raja-arvomenettelyt, elinkaariarvioinnin metodologioiden yksityiskohdat ja arvioinnissa käytettävät geneeriset tiedot ja päästötietokannat.

Vaikka One Click LCA:n tutkimus oli tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä vasta julkaistu, voitiin siitä silti löytää sellaisia kohtia, jotka olivat jo ehtineet muuttua säädösohjauksen ja arviointimenetelmien osalta.

Tanskan osalta oli One Click LCA:n tutkimuksessa oli havaittavissa joitakin muutoksia. Tutkimuksessa todetaan, että Ökobaumat päästötietokannan tietoja voitaisiin käyttää hyväksi laskelmissa siltä osin, kun tuotekohtaisia ympäristöselosteita ei olisi löydettävissä. Tällä hetkellä Tanska kuitenkin on laatinut taulukkomuotoisen esityksen omasta yleisestä päästötietokannastaan, joka olisi tulossa liitteenä osaksi rakentamismääräyksiä. Tanskan osalta oli myös merkitty arvioitavaksi elinkaaren vaiheet A4–A5, vaikka nämä eivät tämänhetkisen tiedon valossa ole tulossa pakolliseen arviointiin. Tämän lisäksi Tanskan osalta oli merkitty arvioinnin piiriin kaikki vapaaehtoisessa kestävä kehityksen luokitusjärjestelmässä arvioitavana olevat ympäristöindikaattorit, vaikka Tanska on ilmoittanut hiljattain, että rakentamismääräyksiin tulevaan pakolliseen arviointiin sisältyisi pelkästään ilmaston lämpenemispotentiaalin (GWP) ilmoittaminen. Muita muutoksia Tanskan menetelmään ei ollut huomattavissa. Suomen ja Ruotsin arviointimenetelmän osalta One Click LCA:n tutkimus oli täysin ajantasainen. (One Click LCA 2022, 12–13, 41, 44.)

Eriyksen mielenkiintoiseksi One Click LCA:n tutkimuksen tekee sen seuraava vaihe, jossa eri maiden arviointimenetelmiä pisteytettiin ja asetettiin tämän perusteella paremmuusjärjestykseen. Pisteytystä kukin arviointimenetelmä sai monien eri näkökulmien summana. Pisteytyksessä oli mukana arviointimenetelmien avoimuus ja läpinäkyvyys, jonka osalta pisteytettiin käytetyn datan avoimuus, käytettävän laskentatyökalun avoimuus ja menetelmän yhdenmukaisuus standardin EN 15804 kanssa. Toisena kategoriana pisteytyksessä oli säännösten tehokkuus hiilidioksidipäästöjen vähentämisessä. Tähän kategoriaan kuuluivat arvioinnin ajoittaminen, arvioinnin laajuus, arvioinnin tyyppi (ilmoitus- vai raja-arvomenettely) ja lisäkerroimen käyttäminen geneerisen datan kohdalla. Lisäksi tutkimuksessa pisteytettiin kansallisia päästötietokantoja, joiden osalta pisteytyskategoriat jakoutuivat saatavuuteen ja tietojen käyttöön, sekä tietokantojen tietojen kustannuksiin ja laatuun.

Kun pisteet eri kategorioiden osalta oli eri menetelmille annettu, asetettiin nämä kuvassa 36 näkyvään kaavioon verraten kunkin kategorian maksimipistemäärään. One Click LCA:n tutkimuksen perusteella Tanskan ja Suomen tulevat säädösohjatut arviointimenetelmät sijoittuivat johtajat-kategoriaan, joka tarkoittaa sitä, että menetelmät ovat sekä läpinäkyviä ja avoimia, että myös onnistuvat leikkaamaan hiilidioksidipäästöjä tehokkaasti. Ruotsin menetelmä sijoittui läpinäkyvyyttä edistävien kategoriaan, joka tarkoittaa sitä, että menetelmä keskittyy läpinäkyvyyteen ja avoimuuteen, mutta sen vaikutukset hiilidioksidipäästöjen määrän vähentämiseen ovat vaillinaiset. (One Click LCA 2022, 57.)



Kuva 36. One Click LCA:n laatima kaavio eurooppalaisista rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjatusta menetelmistä. Tarkastelun kohteena ovat menetelmien avoimuus ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen tehokkuus. (One Click LCA 2022, 57.)

Pisteytyksen lopputuloksena tasapainoisimmiksi menetelmiksi niin avoimuuden kuin tehokkuudenkin kannalta ylsivät Tanskan ja Suomen sääntelymenetelmät sekä Ison-Britannian London Plan / Osa Z. Tulos on hyvin samansuuntainen, kuin mitä tässä opinnäytetyössäkin on huomattu. Varsinkin vertaillessa Suomen, Ruotsin ja Tanskan menetelmiä, voidaan selkeästi huomata Suomen ja Tanskan

menetelmien laajuus ja yksityiskohtaisuus verrattuna Ruotsin menetelmään. Mielenkiintoista on, että Euroopan edelläkävijämaat Alankomaat ja Ranska sijoittuivat kyseisessä tutkimuksessa kuvan 36 mukaisesti kategoriaan hiilidioksidipäästöleikkurit, eli näiden menetelmien pääfokuksena on ennen kaikkea hiilidioksidipäästöjen merkittävä vähentäminen menetelmien läpinäkyvyyden ja avoimuuden jäädessä taka-alalle. (One Click LCA 2022, 57.)

Samanlainen kaavio tehtiin One Click LCA:n tutkimuksessa myös kansallisille päästötietokannoille. Tämän mukaan Suomen ja Ruotsin päästötietokannat CO<sub>2</sub>data ja Klimatdatabas päätyivät mahdollistajat-kategoriaan. Tämä tarkoittaa sitä, että näillä päästötietokannoilla on korkea saatavuus ja helppo lähestyminen, mutta johtajat-kategorian päästötietokantoihin nähden heikompi hinta- ja laatuluokitus. (One Click LCA 2022, 58.)

Kaiken kaikkiaan One Click LCA:n tutkimuksella oli aihepiirinsä takia paljonkin kosketuspintaa tähän opinnäytetyöhön. Eri maiden arviointimenetelmien pisteyttäminen toi konkretiaa siihen, minkälaiset metodit ja rajaukset toimivat parhaiten arviointimenetelmien tehokkuuden ja toisaalta myös avoimuuden osalta. Tässä opinnäytetyössä on perehdytty nimenomaan tehokkuuden näkökulmaan, joten One Click LCA:n tutkimus toi hyvän uuden näkökulman aiheen käsittelyyn. Vaikka One Click LCA:n tutkimuksen ja tämän opinnäytetyön tarkastelunäkökulmat olivat keskenään erilaiset, oli mielenkiintoista huomata johtopäätösten olevan silti samansuuntaisia sen suhteen, mitkä seikat tekevät arviointimenetelmästä tehokkaan ja miten arviointimenetelmien tehokkuutta voidaan vertailla keskenään.

### **Swedish Life Cycle Center (Matti Kuittinen, ympäristöministeriö): Nordic building LCA comparison**

Kahden edellä mainitun tutkimuksen lisäksi Pohjoismaiden rakentamisen ilmastovaikutusten arviointimenetelmistä on löydettävissä taulukkomuotoinen esitys Swedish Life Cycle Centerin verkkosivuilta. Taulukon on laatinut Matti Kuittinen Suomen ympäristöministeriöstä. Vertailussa on huomioituna sekä

säädöspohjaiset menetelmät, että vapaaehtoiset menetelmät Suomen, Ruotsin, Tanskan, Norjan ja EU:n tasolla. Verkkosivuilla ei ole merkintää, milloin taulukkoa on viimeksi päivitetty, joten voidaan olettaa, että tiedot eivät välttämättä ole täysin ajantasaiset. Kuvassa 37 on poimittuna lyhyenä otteena kyseisestä taulukosta Suomen, Ruotsin ja Tanskan voimassa olevia ja odotettavissa olevia kansallisia säädöksiä koskevia parametreja. Taulukossa on yhteensä kahdeksan osiota, jotka käsittelevät eri aihepiirejä. Kuvassa 37 näkyvän yleisen aihepiirin lisäksi taulukossa olivat aihealueena arviointiin sisältyvät elinkaaren vaiheet, arviointiin sisältyvät rakennusosat, arviointiin sisältyvät rakennustyyppit, arvioinnissa käytettävät tekniset käyttöiät ja vaihdot, energia, käytettävä data ja muut arviointimenetelmän metodologiset ominaisuudet.



|  | Denmark   | Finland   | Sweden  |   |
|--|---|---|---|---|
|  | <a href="#">Sustainability Class</a>                      | <a href="#">Climate Declaration</a>               | <a href="#">Klimat-deklaration 2022</a><br><a href="#">English info</a> | <a href="#">Klimat-deklaration 2027</a><br><a href="#">English info</a> |
| <b>General</b>                         |   |   |   |   |
| Description                            | Method for upcoming regulation                            | Method for upcoming regulation                    | Method for upcoming regulation  | Proposed extension to the upcoming regulation                           |
| Developed by                           | The Danish Transport, Construction, and Housing Authority | Ministry of the Environment                       | National Board of Housing, Building and Planning                        | National Board of Housing, Building and Planning                        |
| Status                                 | Test phase  | Under development                                 | Under development   | Under development   |
| At which stage can the method be used? | Building permission & completion                          | Building permission & completion                  | Completion of the building  | Completion of the building  |
| Methodological basis                   | EN15978, EN15804  | EN15978, Level(s)                                 | EN15978   | EN 15978  |
| Reference study period (RSP)           | 50  | 50  | n/a   | 50  |
| User-defined RSP allowed               | No  | No  | No  | No  |
| Unit for reporting                     | kgCO <sub>2</sub> e/ heated m <sup>2</sup> / year         | kgCO <sub>2</sub> e/ heated m <sup>2</sup> / year | kgCO <sub>2</sub> e/ gross m <sup>2</sup>                               | kgCO <sub>2</sub> e/ gross m <sup>2</sup> . year                        |
| Indicators                             | GWP, ODP, POCP, AP, EP, ADPe, ADPf, Petot,                | GWP, carbon handprint                             | GWP   | GWP   |
| Verification required                  | No  | No  | Yes   | Yes   |

Kuva 37. Ote Matti Kuittisen laatimasta vertailutaulukosta Pohjoismaisista arviointimenetelmistä. Taulukosta on oheiseen kuvaan poimittuna opinnäytetyön kannalta relevantit arviointimenetelmät. (Swedish life cycle center n.d.)

Heti ensimmäisenä huomiona taulukosta voidaan huomata, että Tanskan kohdalla on edellä mainittujen tutkimusten tapaan merkitty arviointimenetelmäksi ”Sustainability class”. Kuten jo aiemmin mainittua, tämä Tanskan vapaaehtoinen kestävän kehityksen luokitusjärjestelmä ei täysin sellaisenaan tule siirtymään

säädösohjatuksi menetelmäksi osaksi rakentamismääräyksiä. Kun taulukkoa tarkastellaan eteenpäin, huomataan, että muutoksia arviointimenetelmiin on tullut erityisesti Tanskan osalta, eikä taulukkoon ole päivitetty muutoksia. Tanskan menetelmään on tullut muutoksia etenkin indikaattorien, elinkaaren vaiheiden, sisällytettävien rakennuksen osien ja päästötietokannan osalta. Näiden lisäksi Tanskan arviointimenetelmään on hiljattain lisätty määritelmiä arvioitavien rakennustyyppien osalta, jonka seurauksena loma-asunnot ja saneeraukset jäävät ainakin toistaiseksi arviointivelvollisuuden ulkopuolelle (Videncenter om bygningers klimapåverknings n.d.). Myös Suomen ja Ruotsin osalta voidaan huomata pieniä muutoksia taulukossa esitettyihin tietoihin nähden.

Voidaan päätellä, että taulukkoa on päivitetty viimeksi vuoden 2021 puolella, sillä Ruotsin osalta arviointimenetelmä on astunut jo voimaan vuoden 2022 alussa. Tieto tästä puuttuu taulukosta (kuva 37), sillä Ruotsin kohdalla puhutaan tulevasta säädösohjauksesta ja arviointimenetelmän testivaiheesta. (Swedish life cycle center n.d.)

Kaiken kaikkiaan Matti Kuittisen laatimasta Swedish life cycle centerin taulukkomuotoisesta esityksestä voidaan todeta, että esitysmuoto toimii hyvin vertailtaessa eri menetelmiä. Menetelmistä saadaan taulukkomuotoisena esityksenä helposti ja nopeasti yleiskäsitys. Taulukkomuotoinen esitys voi tosin hankaloittaa yksityiskohtaisten tietojen ja sääntöjen esiintuomista, jolloin väärinkäsityksiä voi ilmaantua. Taulukkomuotoisen esityksen ohessa olisi toivottavaa löytyä laatimispäivämäärä ja viimeisin päivityspäivämäärä sekaannusten välttämiseksi.

#### 4.4 Yhteenveto vertailusta

Kirjallisuuskatsauksen toisessa osassa suoritettu vertailuosuus suoritettiin kaiken kaikkiaan kolmessa osiossa. Ensin vertailtiin Suomen, Ruotsin ja Tanskan vähähiilisen rakentamiseen ja siihen liittyvään säädösohjaukseen tähtäävää kehitystyötä, sekä tähän liittyviä taustatutkimuksia ja -selvityksiä. Tämän jälkeen siirryttiin vertailemaan voimassa olevia ja odotettavissa olevia kansallisia säädösohjauksen menetelmiä ja näihin liittyviä rakennuksen elinkaaren

arviointimenetelmiä. Viimeiseksi vertailtiin vielä tässä opinnäytetyötutkimuksessa tehtyjä johtopäätöksiä, havaintoja ja tuloksia muihin samankaltaisiin tutkimuksiin.

Kehitystyön ja taustatutkimuksien osalta yhteenvetona voidaan todeta, että Suomen, Ruotsin ja Tanskan laatimat taustatutkimukset ja -selvitykset palvelevat eri tarkoituksia kunkin maan tapauksessa. Ruotsissa taustatutkimusten ja -selvitysten rooli säädösohjatun rakennuksen ilmastaselvityksen kehittämistyössä on selkeä, sillä kehitystyötä on raportoitu aina alkuselvityksistä alkaen kohti säädösten voimaantuloa vuonna 2022 ja myös tulevaisuuden kehitystyötä kohti laajempaa ilmastaselvitystä raja-arvoineen. Suomen laatimat taustatutkimukset ja -selvitykset eivät antaneet lukijalleen kehitystyöstä niin yhtenevää kokonaiskuvaa kuin Ruotsin taustatutkimukset, vaan ne keskittyivät enemmänkin tiettyihin tarkkaan rajattuihin aihealueisiin, joista oli tarvittu enemmän tutkimustietoa kehitystyön aikana. Tanskan lähestymistapa tutkimusten osalta oli aiheesta kiinnostuneen kannalta suppein, sillä se sisälsi vain yhden varsinaisen taustatutkimuksen, jonka avulla oli laadittu kestävän rakentamisen kansallinen strategia.

Ruotsin osalta taustatutkimukset olivat helposti saatavilla asuntovirasto Boverketin verkkosivuilta, ne olivat muodoltaan yhteneviä ja antoivat asiasta kiinnostuneelle selkeän kokonaiskuvan vähähiilisen rakentamisen säädösohjauksen taustoista, sisällöstä ja kehitystyön kulusta. Myös Suomen osalta taustatutkimukset olivat helposti saatavilla ympäristöministeriön verkkosivuilta vähähiiliseen rakentamiseen keskittyneen osion alta. Tanskan kehitystyössä käytetty tausta-aineisto oli vaikeimmin löydettävissä, sillä aineistot eivät olleet selkeästi esillä asunto- ja suunnitteluviraston, eivätkä myöskään sisä- ja asuntoministeriön verkkosivuilla.

Kaiken kaikkiaan kehitystyön, taustatutkimuksien ja taustaselvitysten osalta todettakoon, että näitä vertailtiin etenkin kattavuuden, saatavuuden ja kehitystyön läpinäkyvyyden suhteen. Ruotsin oli tämän kirjallisuuskatsauksen hakuaineiston perusteella kattavin ja läpinäkyvin tausta-aineistonsa suhteen ja tausta-aineistojen perusteella oli muodostettavissa kokonaiskuva kehitystyön kulusta aina vuodesta 2015 vuoteen 2022, kun säädösohjaus astui voimaan.

Saatavuudeltaan niin Suomen kuin Ruotsinkin tausta-aineistot olivat helpoimmin löydettävissä, kun taas Tanskan tausta-aineiston löytämisessä oli vaikeuksia. Ruotsin jälkeen kattavuudessa ja tausta-aineiston läpinäkyvydessä seuraavaksi parhaiten suoriutui Suomi. Tanskan osalta löydetty tausta-aineisto oli suppein sisältäen vain yhden tutkimuksen ja kansallisen strategian. Laadultaan kaikki kirjallisuuskatsauksen otannassa mukana olevat tutkimukset ja selvitykset olivat luotettavia. Tutkimukset ja selvitykset olivat tieteellisiä, alan asiantuntijoiden laatimia, asiantuntevien auktoriteettien julkaisemia ja ne olivat selkeästi suunnattuja alan ammattilaisille ja tiedeyhteisölle.

Vaikka kaikkien kolmen maan arviointimenetelmät pohjautuvat samaan eurooppalaiseen standardiin EN 15978 ja Pohjoismailla on ollut yhteisenä tahtotilana harmonisoida menetelmiään samanlaisiksi keskenään, oli menetelmissä havaittavissa silti yllättävän paljon eroavaisuutta. Lähestulkoon jokaisen tässä tutkimuksessa tarkastellut seikan osalta on maiden menetelmien välillä eroja. Syitä tähän on pääsääntöisesti kaksi. Osittain erot johtuvat maiden välisistä erilaisista rakentamismääräyksistä ja energiamääräyksistä. Tämän lisäksi vaihteluun menetelmien välillä vaikuttavat itse rakentamisen ilmastovaikutusten arvioimisen säädösohjaukseen liittyvät eroavaisuudet ja tähän liittyvät maakohittaiset poliittiset päätökset. Näiden seikkojen lisäksi niin Suomen, Ruotsin kuin Tanskankin tapauksessa rakentamisen ilmastovaikutusten arvioiminen ja varsinkin sen säädösohjaaminen ovat hyvin uusia asioita. Tämän takia kunkin maa on määritellyt itselleen sopivimman lähestymistavan arvioimiseen, eikä maiden välinen arviointimenetelmien harmonisoiminen ole ollut tärkeimpänä prioriteettina. Tämän takia Suomen, Ruotsin ja Tanskan arviointimenetelmillä suoritettut rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnit eivät ole tällä hetkellä vertailukelpoisia keskenään. Eroavaisuuksista huolimatta Pohjoismailla on meneillään kehitystyö kohti harmonisia rakentamismääräyksiä sekä rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmiä. Nähtäväksi jää, milloin ja minkälaisilla menetelmillä arviointimenetelmiä tullaan tulevaisuudessa harmonisoimaan keskenään.

Aiheesta oli löydettävissä joitakin samankaltaista tutkimuksia. Oli mielenkiintoista huomata johtopäätösten olevan eri tutkimuksissa samansuuntaisia sen suhteen, mitkä seikat tekevät arviointimenetelmästä tehokkaan ja miten arviointimenetelmien tehokkuutta voidaan vertailla keskenään. Huomattavaa näitä tutkimuksia analysoidessa oli se, että vaikka tutkimukset olivat hyvinkin tuoreita, oli silti eri Pohjoismaiden säädösohjattuihin arviointimenetelmiin tullut muutoksia ja lisäyksiä. Muutokset ja lisäykset liittyivät enimmäkseen arvioinnissa huomioitaviin elinkaaren vaiheisiin, kansallisten päästötietokantojen julkaisuun ja joihinkin pieniin arvioinnin yksityiskohtiin. Tämän takia voidaan todeta, että olisi erityisen tärkeää päivittää tutkimustuloksia aika-ajoin, sillä tilanne arviointimenetelmien osalta on jatkuvassa kehitysliikkeessä ja tutkimukset aiheen tiimoilta vanhenevat nopeasti. Vanhentuneet tutkimustulokset voivat aiheuttaa sekaannusta aiheeseen perehtymättömälle.

Tämän opinnäytetyötutkimuksen ja muiden analysoitujen tutkimusten perusteella voidaan huomata, että muutoksia on tullut tällä hetkellä eniten Tanskan menetelmään. Tämä on helposti perusteltavissa sillä, että Tanskan arviointimenetelmä on tulossa voimaan vuoden 2023 alussa, joten kehitystyön myötä viimeiset pienet muutokset menetelmän osalta ovat tulleet syksyn 2022 aikana. Saman voidaan arvioida tapahtuvan myös Suomen menetelmälle sitten, kun tullaan lähemmäs menetelmän lopullista julkaisua vuosien 2024 ja 2025 tiimoilla. Ruotsin jo voimassa olevan kansallisen arviointimenetelmän voidaan arvioida pysyvän melko muuttumattomana siihen asti, kunnes seuraavat muutokset arviointimenetelmän laajuuteen ja raja-arvoihin astuvat voimaan viimeistään vuonna 2027.

## 5 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli ajankohtaiseen vähähiilisen rakentamisen aiheeseen perehtyminen ja siitä oppiminen. Alussa määriteltiin tutkimuskysymykset, joihin pyrittiin saamaan vastaukset. Tutkimuskysymysten lisäksi yleisenä tavoitteena oli tuottaa tietoa Suomen, Ruotsin ja Tanskan arviointimenetelmistä, säädösohjauksesta ja vähähiilisen rakentamisen kehitystyöstä suomeksi.

Työn alussa asetetut tutkimuskysymykset olivat

1. Mitä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien kehitystyössä, taustatutkimuksissa ja -selvityksissä on?
2. Mitä eroavaisuuksia ja yhtäläisyyksiä Suomen, Ruotsin ja Tanskan voimassa olevilla ja odotettavissa olevilla kansallisilla säädösohjatulla arviointimenetelmillä on?
3. Voidaanko Suomen, Ruotsin ja Tanskan säädösohjausta ja arviointimenetelmiä harmonisoida keskenään?

### 5.1 Tutkimustavoitteiden saavuttaminen

Yleisen tavoitteen mukainen suomenkielisen tiedon tuottaminen suoritettiin niin laajasti kuin mahdollista kirjallisuuskatsauksen ensimmäisessä osassa. Tässä onnistuttiin hyvin, sillä opinnäytetyö tarjoaa lukijalleen tietoa, jota ei ollut aikaisemmin löydettävissä suomenkielellä. Kirjallisuuskatsauksen toisessa osassa onnistuttiin vastaamaan kahteen ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vertailemalla maiden menetelmiä ja kehitystyötä kohti vähähiilistä rakentamista keskenään. Myös kolmanteen tutkimuskysymykseen pyrittiin löytämään vastauksia kirjallisuuskatsauksen toisessa osassa. Vastaaminen harmonisoimiseen liittyvään kysymykseen oli tutkimuksen kannalta vaikeinta, sillä aihe on monitahoinen ja sisältää hyvin vahvan poliittisen näkökulman.

Tutkimuksessa päädyttiin lopulta siihen, että arviointimenetelmiä ja säädösohjausta voitaisiin ehdottomasti harmonisoida enemmän maiden välillä, sillä eroavaisuuksia löydettiin paljonkin. Tällä hetkellä eri arviointimenetelmien avulla tuotetut arvioinnin tulokset eivät ole vertailukelpoisia keskenään. Kun Pohjoismaita halutaan yhtenäistää markkina-alueena rakennusalan osalta, voidaan olettaa jokaisessa maassa erilaisten kansallisten ilmastovaikutusten arviointimenetelmien ja säädösten hankaloittavan entisestään tätä missiota. Tämän takia yhtenäisen arviointimenetelmän ja säädösohjauksen kehittäminen vaikuttaisi olevan varsin järkevää. Kynnyskysymykseksi harmonisoimisen kannalta nouseekin enemmän se, että muutoksia jouduttaisiin tekemään todennäköisesti rakennusmääräyksiä myöten, ja lisäksi yhteisen poliittisen päätöksen aikaansaaminen arviointimenetelmän sisällöstä ja laajuudesta voisi koitua ongelmaksi ja neuvottelut olla aikaa vieviä. Pohjoismaat ovat kuitenkin sitoutuneet kehitystyöhön kohti rakentamismääräyksien ja arviointimenetelmien harmonisoimista, joten tulevaisuudessa voidaan odottaa jonkinlaisia muutoksia tapahtuvan.

Kun vertailtiin opinnäytetyötutkimusta muihin saman aihepiirin tutkimuksiin, voitiin huomata, että opinnäytetyössä onnistuttiin myös esittämään uudenlaista näkökulmaa ja syvällisempää tietoa. Kuten aiemmin mainittua, aiheesta ei ole aikaisempaa suomenkielistä tutkimusta. Tämän lisäksi otanta maiden suhteen oli uniikki muihin tutkimuksiin nähden, kun se sisälsi vain kolme Pohjoismaata. Aiemmin laadituissa tutkimuksissa maita oli enemmän ja säädösohjattujen menetelmien lisäksi oli paneuduttu myös vapaaehtoisiin arviointimenetelmiin ja standardisoimismenetelmiin. Opinnäytetyössä syventyminen pelkästään kolmeen menetelmään teki mahdolliseksi sen, että menetelmiin pystyttiin paneutumaan yksityiskohtia myöten ja näin ollen tutkimus onnistui antamaan laajan ja perusteellisen kuvauksen kustakin menetelmästä. Myös kirjallisuuskatsauksen vertailuosassa paneuduttiin muita tutkimuksia syvällisemmin kuhunkin aihepiiriin. Opinnäytetyössä onnistuttiin myös antamaan täysin uutta näkökulmaa perehtymällä kunkin maan kehitystyöhön kohti vähähiilistä rakentamista. Taustatutkimuksia ja -selvityksiä ei ole analysoitu ja

vertailtu aiemmissa tutkimuksissa. Kunkin maan taustatyön kartoittaminen toi opinnäytetyöhön aikajanamaisen lähestymistavan, joka sopii aiheeseen hyvin.

## 5.2 Tutkimusmuoto ja tutkimuksen luotettavuus

Kirjallisuuskatsaus toimi oivallisena tutkimusmuotona kyseiselle opinnäytetyölle. Katsauksen avulla pystyttiin muodostamaan kokonaiskuva asiakokonaisuudesta ja kyettiin arvioimaan olemassa olevaa tietoa ja tutkimusta aiheesta. Tämän lisäksi kirjallisuuskatsauksen avulla onnistuttiin melko perinpohjaisesti kuvaamaan vähähiilisen rakentamisen historiaa ja kehityskaarta Pohjoismaissa. Tutkimusta olisi voinut olla hyödyllistä täydentää varsinkin Pohjoismaisten menetelmien harmonisoinnissa osalta asiantuntijahaastattelujen avulla. Harmonisointityö on melko alkumetreillä, eikä tämän osalta ollut aivan niin paljon tietoa saatavilla, kuin mikä olisi ollut optimaalista opinnäytetyön kannalta.

Tutkimusmenetelmän ja tutkimuksen luotettavuudesta voidaan todeta, että tulokset vaikuttavat luotettavilta, sillä muissa aiemmin laadituissa saman aihepiirin tutkimuksissa ilmeni samansuuntaisia tuloksia. Lisäksi kirjallisuuskatsauksen tutkimusaineistoksi kelpuutettiin ainoastaan kunkin maan osalta virallisten lähteiden, eli tunnustettujen tai julkisen tahon vahvistamien tahojen, kuten tässä tapauksessa pääsääntöisesti ministeriöiden ja virastojen, laatima aineisto rakentamisen vähähiilisyyden säädösohjaukseen kuuluvista menetelmistä ja aineistoista taustatutkimuksineen. Lisäksi kelpuutettiin lakien säätämiseen liittyvät asiakirjat. Tämän seurauksena lähdemateriaali oli niin laadukasta ja luotettavaa kuin mahdollista. Joitakin pieniä asiavirheitä voidaan olettaa syntyneen ruotsin- ja tanskankielisen aineiston läpikäymisen seurauksena. Asiavirheet on pyritty kuitenkin minimoimaan ja tarkistamaan epäselväksi jääneitä seikkoja useammasta lähteestä. Ongelmia tutkimustulosten osalta voi aiheuttaa tulevaisuudessa ennen kaikkea säädösohjauksen nopeasti muuttuva tilanne ja jatkuva kehitystyö aiheen ympärillä. Tämän seurauksena opinnäytetyössä saavutetut tutkimustulokset voivat vanhentua nopeastikin, kuten voitiin osittain huomata aiemmin tehtyjen tutkimusten kohdalla.



Tutkimusta suoritettaessa huomattiin, että sen tulokset tarvitsevat hyvinkin nopealla aikataululla päivittämistä, mikäli se haluttaisiin pitää ajantasaisena. Tutkimuksen luotettavuutta siis jokseenkin syö aiheen nopeasti muuttuva tilanne ja jatkuva kehitystyö. Tämä voidaan jo ennen tutkimuksen julkaisemista huomata joulukuussa 2022. Kirjallisuuskatsaus suoritettiin toukokuun 2022 ja joulukuun 2022 välisellä ajanjaksolla. Kun kirjallisuuskatsaus suoritettiin, olivat maat hyvin eri vaiheissa omien säädöksiensä laatimisen kanssa. Kirjallisuuskatsauksen suoritusajankohtaan verrattuna muutoksia saatavilla olevaan aineistoon on tapahtunut Tanskan osalta syksyllä 2022. Tanska lähetti ilmoituksen rakentamismääräystensä muutoksesta EU:lle kesällä 2022 ja tämä palautui ilman kommentteja takaisin syyskuussa 2022. Tämän seurauksena Tanska pääsi jatkamaan prosessiaan kohti vuoden 2023 säädösohjattua rakennuksen ilmastovaikutusten arviointia. Tähän liittyen marraskuussa 2022 julkaistiin alustava ohjemateriaali kommentoitavaksi toimialajärjestöille. Lopullinen ilmoitus ilmastovaatimuksista julkaistiin joulukuun alussa 2022 ohjemateriaaleineen. Kaikki edellä mainittu materiaali julkaistiin vasta kirjallisuuskatsauksen suorittamisen jälkeen, joten näitä ei tästä syystä ole mukana tämän kirjallisuuskatsauksen hakuaineistossa.

Opinnäytetyön edetessä myös Norja ja Islanti ovat ottaneet edistysaskelia kohti vähähiilistä rakentamista, mutta rajaus opinnäytetyön aiheelle tehtiin ennen tätä. Esimerkiksi Norjassa rakennuksen ilmastovaikutusten arvioiminen tuli melko yllättäen osaksi rakentamismääräyksiä kesällä 2022, kun vielä vuoden 2021 aikana poliittisia päätöksiä tai aikataulua tämän osalta ei ollut tehty. Tämä toimii hyvänä esimerkkinä siitä, että opinnäytetyön aihe elää jatkuvasti ja on siitä haasteellinen, että uutta tietoa ja päätöksiä tuotetaan nopeallakin aikataululla.

### 5.3 Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimusta aiheeseen liittyen voisi tehdä monestakin eri näkökulmasta. Aihe on todella ajankohtainen ja jatkuvan kehitystyön alla. Mikäli haluttaisiin säilyttää tutkimuksen relevanttius jatkossa, olisi tutkimusta hyvä päivittää ainakin vuoden 2023 alkupuolella, kun Tanskan säädösohjaus ja arviointimenetelmä astuvat

voimaan, ja seuraavan kerran viimeistään vuosien 2024–2025 aikana, kun Suomen lopullinen versio menetelmästä ja säädösohjauksesta julkaistaan ja nämä astuvat voimaan.

Tutkimuksen päivittämisen lisäksi työtä olisi luontevaa laajentaa koskemaan Norjan kansallista arviointimenetelmää ja säädösohjausta. Norja jätettiin tämän opinnäytetyön ulkopuolelle siitä syystä, ettei päätöksiä säädösohjauksen suhteen ollut tehty opinnäytetyötutkimuksen alkamisajankohtana, eikä siksi myöskään aineistoa Norjan osalta ollut löydettävissä tarpeeksi tutkimusta varten. Nyt kuitenkin ensimmäinen versio Norjan arviointimenetelmästä ja säädösohjauksesta on astunut hyvin nopealla aikataululla voimaan, joten Norjan lisääminen osaksi jatkotutkimusta olisi luontevaa. Islanti ei ole vielä tehnyt päätöksiä oman säädösohjauksensa suhteen, joten tämä voitaisiin vielä edelleenkin jättää tarkastelun ulkopuolelle tässä vaiheessa.

Kolmantena näkökulmana jatkotutkimukselle voisi olla Pohjoismaiden rakentamismääräysten ja rakennuksen ilmastovaikutusten arviointimenetelmien harmonisoimistyön jatkoseuranta, ja näihin liittyvien uusimpien tutkimustulosten ja päätösten raportoiminen.

Jatkotutkimusaiheita vähähiilisen rakentamisen saralla Pohjoismaissa on lukuisia. Edellä mainittujen aiheiden lisäksi voisi olla mielenkiintoista esimerkiksi seurata rakennusten päästöjen vähenemistä säädösten voimaantulon myötä kunkin maan osalta ja sitä, millä keinoilla näitä päästövähennyksiä tullaan ylipäättään mittaamaan jatkossa. Arviointimenetelmien mukaisen laskentametodin mukaan rakennuksen hiilijalanjälki jaetaan rakennuksen neliöille. Asuntokohteissa asukkaille jaettu hiilijalanjälki voisi myös toimia hyvänä seurantalukuna. Varsinkin Suomessa asukkaalle on asetettu hiilijalanjäljen tavoitearvoja, jotka sisältävät myös asumisen päästöt. Jatkotutkimuksessa voitaisiin selvittää asukkaan hiilijalanjäljen yhteyttä näihin uusiin rakentamisen ilmastovaikutusten säädösohjauksen menetelmiin ja rakentamisen ja asumisen päästövähennyksiin. Näin ollen voitaisiin tutkia rakentamisen päästövähennyksien nivoutumista jo aikaisemmin olemassa olleisiin asukaskohtaisiin päästövähennystavoitteisiin.

Kun eri Pohjoismaiden arviointimenetelmien avulla laskettuja rakennusprojektien hiilijalanjälkiä aletaan julkaisemaan enemmän, voisi tutkimuskohteena olla myös näiden vertaileminen maittaan keskenään esimerkiksi rakennustyypeittäin. Lisäksi rakennusprojekteista voitaisiin poimia tehokkaimpia päästövähennyskeinoja ja ottaa selvää Pohjoismaisista vähähiilisen rakentamisen innovaatioista. Tässä jatkotutkimusaiheessa voitaisiin myös perehtyä tarkemmin tuotesidonnaisten ja käyttösidonnaisten päästöjen väliseen yhteyteen ja merkitykseen rakentamisen päästöjen vähentämisessä.

## Lähteet

BFS 2021:7. Boverkets föreskrifter om klimatdeklaration för byggnader; beslutade den 21 september 2021. <https://rinfo.boverket.se/BFS2021-7/pdf/BFS2021-7.pdf>.

Bionova Ltd. 2021. Carbon footprint limits for common building types. Viitattu: 18.11.2022. [https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2021/03/Bionova\\_MinEnv\\_Finland\\_embodied\\_carbon\\_limit\\_values\\_report\\_1March2021.pdf](https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2021/03/Bionova_MinEnv_Finland_embodied_carbon_limit_values_report_1March2021.pdf)

Bionova Oy. 2017. Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. Viitattu 9.5.2022. [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC\\_4F20\\_43AB\\_AA62\\_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC\\_4F20\\_43AB\\_AA62\\_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf/1f3642e1-5d58-8265-40c1-337deeab782d/Tiekartta-rakennuksen-elinkaaren-hiilijalanjaljen-huomioonottamiseksi-rakentamisen-ohjauksessa-4B3172BC_4F20_43AB_AA62_A09DA890AE6D-129197.pdf?t=1603260760602)

Bolig- og planstyrelsen. 2022a. Høring over udkast til ændring af bygningsreglementet (krav om beregning af bygningers klimapåvirkning og grænseværdi). Viitattu: 13.9.2022. <https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/a25cc0f0-2669-42ea-bc8a-f2f84aca8600/H%C3%B8ringsbrev.pdf>

Bolig- og planstyrelsen. 2022b. Oversigt med begrundelser for ændringer i ændringsforslag til BR18 med ikrafttrædelse 1. januar 2023. Viitattu: 13.9.2022. <https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/a25cc0f0-2669-42ea-bc8a-f2f84aca8600/Oversigt%20over%20begrundelser%20for%20%C3%A6ndringsforslag.pdf>

Bolig- og planstyrelsen. 2022c. Bilag 2, tabel 6: Bygningsdele til beregning af klimapåvirkning 2023. Viitattu: 5.10.2022. <https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/a25cc0f0-2669-42ea-bc8a-f2f84aca8600/Tabel%206%20-%20Bygningsdele%202023%20-%20Kopi.pdf>

Bolig- og planstyrelsen. 2022d. Bilag 2, tabel 7: Generisk datagrundlag 2023. Viitattu: 12.10.2022.

<https://prodstoragehoeringspo.blob.core.windows.net/a25cc0f0-2669-42ea-bc8a-f2f84aca8600/Tabel%207%20-%20Generisk%20datagrundlag%202023.pdf>

Bolig- og planstyrelsen. 2022e. UDKAST – Vejledning til kapitel 11 Klimapåvirkning. Viitattu: 9.11.2022. <https://bpst.dk/da/-/media/BPST-DA/Byggeri/Lister/Publikationer/UdkastVejledning-til-deklarationskrav-297-stk-19.pdf>

Bolig- og planstyrelsen. 2022f. Materiale fra EU notification. Viitattu: 17.11.2022. [https://bpst.dk/da/-/media/BPST-DA/Byggeri/B%C3%A6redygtigt-byggeri/EU-notifikation\\_LCA-krav\\_BR18\\_2023.pdf](https://bpst.dk/da/-/media/BPST-DA/Byggeri/B%C3%A6redygtigt-byggeri/EU-notifikation_LCA-krav_BR18_2023.pdf)

Boverket. 2022a. Byggdelar som ingår. Verkkosivu. Viitattu: 22.9.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/byggdelar-som-ingar/>

Boverket. 2022b. Klimatdata till beräkningen. Verkkosivu. Viitattu: 12.10.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/klimatdata-till-berakningen/>

Boverket 2022c. Täckningsgraden ska beräknas. Verkkosivu. Viitattu: 12.10.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/berakna/tackningsgraden-ska-beraknas/>

Boverket. 2022d. Sök i Boverkets Klimatdatabas. Verkkosivu. Viitattu: 13.10.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/klimatdatabas/>

Boverket. 2022e. Indata om energi. Verkkosivu. Viitattu: 23.10.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/underlag/indata-om-energi/>

Boverket. 2021a. Klimatdeklarationens omfattning. Verkkosivu. Viitattu: 22.9.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>

Boverket 2021b. Om Boverkets Klimatdatabas. Verkkosivu. Viitattu: 23.10.2022. <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/>

Boverket. 2020a. Bakgrundsmaterial till uppdraget om klimatdeklarationer. Verkkosivu. Viitattu: 4.8.2022.

<https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/klimatdeklaration/bakgrundsmaterial/>

Boverket 2020b. Tidplan för insatser och åtgärder inför krav på klimatdeklarationer. Viitattu: 10.8.2022.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/tidplan-for-insatser-och-atgarder-infor-krav-pa-klimatdeklarationer.pdf>

Boverket 2020c. Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader. Viitattu: 10.8.2022.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2020/utveckling-av-regler-om-klimatdeklaration-av-byggnader.pdf>

Boverket. 2018a. Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan. Viitattu: 4.8.2022.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/hallbart-byggande-med-minskad-klimatpaverkan.pdf>

Boverket 2018b. Klimatdeklaration av byggnader. Viitattu: 4.8.2022.

[https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/klimatdeklaration-av-byggnader\\_slutrapport.pdf](https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/klimatdeklaration-av-byggnader_slutrapport.pdf)

Boverket. 2016. Miljö- och klimatanpassade byggregler. Viitattu: 4.8.2022.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2016/miljo-och-klimatanpassade-byggregler.pdf>

Boverket. 2015. Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv. Viitattu: 4.8.2022.

<https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/byggnaders-klimatpaverkan-utifran-ett-livscykelperspektiv.pdf>

Buildings Performance Institute Europe (BPIE). 2021. Whole-life carbon: challenges and solutions for highly efficient and climate-neutral buildings.

Viitattu: 28.10.2022. [https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/05/BPIE\\_WLC\\_Summary-report\\_final.pdf](https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/05/BPIE_WLC_Summary-report_final.pdf)

Buus, M. 2022. Overview – Building LCA regulation in the Nordic countries. Viitattu: 29.10.2022.

<https://nordicsustainableconstruction.com/Media/637985265523347408/NCFC%20%202022%20overview%20of%20regulation%20for%20the%20Nordic%20countries.pdf>

Danish ministry of climate, energy and utilities. 2020. Climate Act. Viitattu: 9.11.2022. [https://en.kefm.dk/Media/1/B/Climate%20Act\\_Denmark%20-%20WEBTILG%C3%86NGELIG-A.pdf](https://en.kefm.dk/Media/1/B/Climate%20Act_Denmark%20-%20WEBTILG%C3%86NGELIG-A.pdf)

Danish Technological Institute (DTI). 2021. Project on LCA and socioeconomics Task 2 - Analysis of other countries' approach to building LCA. Viitattu: 21.9.2022. <https://www.lifecyclecenter.se/wp-content/uploads/Analysis-of-other-countries-approach-to-building-LCA.pdf>

Einarsson, K. 2022. Boverket: Hearing gränsvärden vid klimatdeklaration. Viitattu: 19.10.2022.

<https://www.boverket.se/contentassets/e0dab92a894b4414b1408f9cf36fe140/20831-boverket-hearing-gransvarde-vid-klimatdeklaration.pdf>

Einarsson, K. & Malmqvist Stigell, T. 2022. Boverket Hearing om gränsvärden för klimatdeklaration 31 aug. YouTube-video. Julkaisija Boverket 31.8.2022.

Viitattu: 19.10.2022. [https://www.youtube.com/watch?v=d\\_e7gBVywPo](https://www.youtube.com/watch?v=d_e7gBVywPo)

European Commission. 2021a. LEVEL(S): Putting whole life carbon principles into practice. Viitattu: 2.11.2022. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/20761f2e-143f-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-230076864>

European Commission. 2021b. LEVEL(S): What's in it for architects, designers, engineers and quantity surveyors? Viitattu: 17.10.2021.

<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/95302146-143e-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-search>

European Commission. 2021c. Making our homes and buildings fit for a greener future. Viitattu: 27.10.2021.

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869476/Buildings\\_Factsheet\\_EN\\_final.pdf.pdf](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869476/Buildings_Factsheet_EN_final.pdf.pdf)

European Commission. 2020. Energy efficiency in buildings. Viitattu: 26.10.2022.

[https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/energy\\_climate\\_change\\_environment/events/documents/in\\_focus\\_energy\\_efficiency\\_in\\_buildings\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/energy_climate_change_environment/events/documents/in_focus_energy_efficiency_in_buildings_en.pdf)

European Commission. n.d. European Climate Law. Verkkosivu. Viitattu:

26.10.2022. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en)

European Parliamentary Research Service EPRS. 2021a. Climate action in Denmark – Latest state of play. Viitattu: 9.11.2022.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/679106/EPRS\\_BRI\(2021\)679106\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/679106/EPRS_BRI(2021)679106_EN.pdf)

European Parliamentary Research Service EPRS. 2021b. Climate action in Finland – Latest state of play. Viitattu: 9.11.2022.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/696187/EPRS\\_BRI\(2021\)696187\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/696187/EPRS_BRI(2021)696187_EN.pdf)

European Parliamentary Research Service EPRS. 2021c. Climate action in Sweden – Latest state of play. Viitattu: 9.11.2022.

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698764/EPRS\\_BRI\(2021\)698764\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/698764/EPRS_BRI(2021)698764_EN.pdf)

Hallitus. 2021. Luonnos hallituksen esityksestä rakentamislainsäädännöstä. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=16515>

Haugbølle, K.; Mahdi, V.; Morelli, M. & Wahedi, H. 2021. BUILD levetidstabel. Viitattu: 18.10.2022.

[https://build.dk/Assets/BUILD-levetidstabel/Levetidstabel\\_version2021.pdf](https://build.dk/Assets/BUILD-levetidstabel/Levetidstabel_version2021.pdf)

Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2021. Kohti vähähiilistä rakentamista – Opas arviointiin ja suunnitteluun. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Häkkinen, T.; Nibel, S. & Birgisdottir, H. 2021. Definition and methods for the carbon handprint of buildings. Viitattu 9.5.2022.

<https://ym.fi/documents/1410903/40549091/Raportti+-+Definition+and+methods+for+the+carbon+handprint+of+buildings.pdf/ed3c5535-c1b8-3beb-7765-ec0ee1f61443/Raportti+-+Definition+and+methods+for+the+carbon+handprint+of+buildings.pdf?t=1617775615867>

Häkkinen, T. & Vares, S. 2018. Rakennusten khk-päästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2018/T324.pdf>



Høringsportalen. 2022. Høring over udkast til ændring af bekendtgørelse om bygningsreglement 2018 (BR18). Verkkosivu. Viitattu: 15.11.2022.

<https://hoeringsportalen.dk/Hearing/Details/66338>

Johansson, K.; Axelin, A.; Stolt, M. & Ääri, R-L (toim.). 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: Turun Yliopisto.

Laasonen, L.; Pluuman, K. & Suur-Uski, T. 2021. Talotekniikan päästötietojen selvityshanke. Viitattu 9.5.2022.

[https://ym.fi/documents/1410903/40549091/YM\\_TATE\\_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t\\_loppuraportti.pdf/d9c1c20c-e50f-49c1-4946-26b94dd7463d/YM\\_TATE\\_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t\\_loppuraportti.pdf?t=1619092963729](https://ym.fi/documents/1410903/40549091/YM_TATE_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t_loppuraportti.pdf/d9c1c20c-e50f-49c1-4946-26b94dd7463d/YM_TATE_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t_loppuraportti.pdf?t=1619092963729)

Landblom, J. 2021. LEVEL(s) - a European framework for sustainable buildings. YouTube-video. Julkaisija AHK debelux Chamber of Commerce 20.5.2021.

Viitattu: 2.11.2022. [https://www.youtube.com/watch?v=Nmyj\\_a0KYt8](https://www.youtube.com/watch?v=Nmyj_a0KYt8)

Lausuntopalvelu. 2021. Lausuntopyyntö: ehdotus ympäristöministeriön asetukseksi rakennuksen ilmast selvityksestä. Verkkosivu. Viitattu: 15.11.2022.

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposalId=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d>

London Energy Transformation Initiative (LETI). 2020. LETI Climate Emergency Design Guide – How new buildings can meet UK climate change targets.

Viitattu: 3.11.2022.

[https://www.leti.uk/files/ugd/252d09\\_3b0f2acf2bb24c019f5ed9173fc5d9f4.pdf](https://www.leti.uk/files/ugd/252d09_3b0f2acf2bb24c019f5ed9173fc5d9f4.pdf)

Malmqvist Stigell, T. 2022. Underlag till hearing 31 aug. Viitattu: 20.10.2022.

<https://www.boverket.se/contentassets/e0dab92a894b4414b1408f9cf36fe140/underlag-till-hearing-31-aug.pdf>

Malmqvist, T.; Borgström, S.; Brismark, J. & Erlandsson, M. 2021.

Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader. Viitattu: 20.10.2022.

[https://www.boverket.se/contentassets/3537859bcbf24e83b0073b1dbb512247/referensvarden-for-klimatpaverkan-vid-uppforande-av-byggnader\\_kth-2021.pdf](https://www.boverket.se/contentassets/3537859bcbf24e83b0073b1dbb512247/referensvarden-for-klimatpaverkan-vid-uppforande-av-byggnader_kth-2021.pdf)

Ministry of the Interior and Housing. 2021. National Strategy for Sustainable Construction. Viitattu: 22.8.2022.

[https://im.dk/Media/637602217765946554/National\\_Strategy\\_for\\_Sustainable\\_Construktion.pdf](https://im.dk/Media/637602217765946554/National_Strategy_for_Sustainable_Construktion.pdf)

Nordic Sustainable Construction. n.d.a. About. Verkkosivu. Viitattu: 2.11.2022.  
<https://nordicsustainableconstruction.com/about>

Nordic Sustainable Construction. n.d.b. Life Cycle Assessment and Data. Verkkosivu. Viitattu: 22.11.2022.  
<https://nordicsustainableconstruction.com/work-packages/life-cycle-assessment-and-data>

One Click LCA. 2022. Construction carbon regulations in Europe – review & best practices. Viitattu: 22.11.2022. [https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2022/10/Construction-Carbon-Regulations.pdf?vgo\\_ee=zRCH9W9xg%2FAk25Wd%2Bq7meXrzFdmzOP8fKloFkiicgu0%3D](https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2022/10/Construction-Carbon-Regulations.pdf?vgo_ee=zRCH9W9xg%2FAk25Wd%2Bq7meXrzFdmzOP8fKloFkiicgu0%3D)

Pasanen, P. 2022. European construction LCA policy review. Viitattu: 1.11.2022.  
[https://nordicsustainableconstruction.com/Media/637985265548914494/NCFC\\_2022\\_European%20construction%20LCA%20policy%20development.pdf](https://nordicsustainableconstruction.com/Media/637985265548914494/NCFC_2022_European%20construction%20LCA%20policy%20development.pdf)

Pasanen, P.; Jacquemont, B.; Lindblom, J.; Moseley, P.; Buus, M.; Kuittinen, M.; Rück, L.; Einarsson, K.; Rønning, A.; Myhre, L. & Redder Momsen, H. 2022. Nordic Climate Forum For Construction 2022. YouTube-video. Julkaisija NordicSustainableConstruction 3.9.2022. Viitattu: 29.10.2022.  
<https://www.youtube.com/watch?v=nXYf5sEI33A>

Pohjoismaiden neuvosto ja Pohjoismaiden ministerineuvosto. 2019. Pohjoismainen julkilausuma vähähiilisestä rakentamisesta ja rakennusalan kiertotalousperiaatteista. Viitattu: 28.10.2022.  
<https://www.norden.org/fi/declaration/pohjoismainen-julkilausuma-vahahiilisesta-rakentamisesta-ja-rakennusalan>

Pohjoismaiden neuvosto ja Pohjoismaiden ministerineuvosto. 2018. Declaration from the Nordic Ministerial meeting concerning buildings and construction on the 29th of May 2018, Stockholm. Verkkosivu. Viitattu: 29.10.2022.  
<https://www.norden.org/en/declaration/declaration-nordic-ministerial-meeting-concerning-buildings-and-construction-29th-may>

Rakennusteollisuus RT ry. 2020. Rakennusteollisuuden tiekartta vähähiilisyteen. Viitattu: 9.11.2022.

[https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys\\_uudet/rt-vahahiilinen-rakennusteollisuus-tiivistelma-2020-08-20.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiilisyys_uudet/rt-vahahiilinen-rakennusteollisuus-tiivistelma-2020-08-20.pdf)

Rakennustietosäätiö ja Haahtela-kehitys Oy. 2006. Talon 2000-hankenimikkeistö. Viitattu: 5.10.2022.

[https://login.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2lh5ORz/5k2INszi/Files/CURRENTFile/Talon\\_2000\\_hankenimikkeisto\\_nettiin\\_260207.pdf](https://login.rakennustieto.fi/material/attachments/5k2lh5ORz/5k2INszi/Files/CURRENTFile/Talon_2000_hankenimikkeisto_nettiin_260207.pdf)

Regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre; Dansk Folkeparti; Socialistisk Folkeparti; Radikale Venstre; Enhedslisten; Det Konservative Folkeparti & Alternativet. 2021. Aftale om: National strategi for bæredygtigt byggeri. Viitattu: 9.11.2022.

<https://im.dk/Media/C/4/Endelig%20aftaletekst%20-%20B%C3%A6redygtigt%20byggeri%20-%205.%20marts%202021.pdf>

Regeringens proposition 2020/21:144. Stockholm den 18 mars 2021.

<https://www.regeringen.se/4955e9/contentassets/8012373f173e44b19b96d9c7c314ffd9/klimatdeklaration-for-byggnader-prop.-202021144.pdf>

ROTI. 2021. Rakennetun omaisuuden tila 2021. Viitattu: 26.10.2022

[https://www.ril.fi/media/2021/vaikuttaminen/roti2021\\_low.pdf](https://www.ril.fi/media/2021/vaikuttaminen/roti2021_low.pdf)

SFS-EN 15804:2012 + A2:2019. Kestävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet. Laadinnan yleissäännöt. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN 15978:2011. Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

SFS 2021:787. Lag om klimatdeklaration för byggnader. Utfärdad den 1 juli 2021. <https://svenskfornattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2021-07/SFS2021-787.pdf>

SFS 2021:788. Lag om ändring i plan- och bygglagen (2010:900). Utfärdad den 1 juli 2021. <https://svenskfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2021-07/SFS2021-788.pdf>

SFS 2021:789. Förordning om klimatdeklaration för byggnader. Utfärdad den 1 juli 2021. <https://svenskfattningssamling.se/sites/default/files/sfs/2021-07/SFS2021-789.pdf>

SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Suikki, J.; Wallbaum, H.; Hafner, A.; Mikkonen, K.; Hakaste, H.; Kuittinen, K.; Pesu, J.; Vuorinen, P.; Laine, A.; Somersalmi, M.; Airaksinen, M.; Nousiainen, M.; Wallström H.; Tähkänen, M., Ruuska, A. & Vuorenpää, H. 2020. Vähähiilisen rakentamisen vuosiseminaari. YouTube-video. Julkaisija VideonetChannel 9.3.2020. Viitattu: 28.10.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=59clm5MAfgQ>

Swedish Life Cycle Center. n.d. Nordic building LCA comparison. Viitattu 9.5.2022. <https://www.lifecyclecenter.se/nordic-building-lca-comparison/>

SYKE. 2022. Sopimukset ohjaavat kansainvälistä ilmastopolitiikkaa. Verkkosivu. Viitattu: 1.11.2022. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/sopimukset-ohjaavat-kansainvalista-ilmastopolitiikkaa>

SYKE ja Ympäristöministeriö. 2022. Rakentamisen päästötietokanta. Verkkosivu. Viitattu 13.10.2022. <https://www.co2data.fi/>

Trafik-, bygge- og boligstyrelsen. 2021. LCA i praksis - Introduktion og eksempler på livscyklusvurderinger i byggeprojekter. Viitattu: 21.10.2022. <https://xn--bredygtighedsklasse-lxb.dk/Media/637992706493234310/LCA%20i%20praksis%20-%20Introduktion%20og%20eksempler%20p%c3%a5%20livscyklusvurderinger%20i%20byggeprojekter%20-%20Januar%202021.pdf>

Turun Ammattikorkeakoulu. 2022. Johdatus tiedonhankintaan -opas: Tiedonhaun arviointia. Verkkosivu. Viitattu: 26.9.2022. <https://libguides.turkuamk.fi/tiedonhankinnanopas/tiedonhaunarviointia>

United Nations Environment Programme (2021). 2021. Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Viitattu: 26.10.2022.

[https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC\\_Buildings-GSR-2021\\_BOOK.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf)

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). n.d. The Paris Agreement. Verkkosivu. Viitattu: 26.10.2022. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Valtioneuvosto. 2022. Pohjoismaiden yhteiselle Nordic Carbon Neutral Bauhaus -hankkeelle eurooppalainen tunnustus. Verkkosivu. Viitattu: 2.11.2022.

<https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/pohjoismaiden-yhteiselle-nordic-carbon-neutral-bauhaus-hankkeelle-eurooppalainen-tunnustus>

Valtioneuvosto. 2019. 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. Verkkosivu. Viitattu: 9.11.2022. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>

Videncenter om bygningers klimapåvirkninger. n.d. FAQ. Verkkosivu. Viitattu: 15.11.2022. <https://byggeriogklima.dk/fag/>

Ympäristöministeriö. 2021a. Arviointimenetelmä 2021 lausuntokierrokselle. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=15860>

Ympäristöministeriö. 2021b. Luonnos YMA rakennuksen ilmastaselvityksestä 04062021. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=15854>

Ympäristöministeriö. 2021c. Yma rakennuksen ilmastaselvityksen perustelumuuisto 04062021. Viitattu 9.5.2022.

<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=15856>

Ympäristöministeriö. 2019. Johdatus rakennusten elinkaariarviointiin. Viitattu: 21.10.2022. [https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus\\_rakennusten\\_elinkaariarviointiin.pdf](https://elinkaarilaskenta.fi/wp-content/uploads/sites/6/2019/08/johdatus_rakennusten_elinkaariarviointiin.pdf)

Ympäristöministeriö. 2018. Pohjoismaiden ministereiltä avaus rakentamismääräysten yhdenmukaistamisesta. Verkkosivu. Viitattu: 22.11.2022. [https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Pohjoismaiden\\_ministereilta\\_avaus\\_rakent\(46918\)](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Pohjoismaiden_ministereilta_avaus_rakent(46918))

Ympäristöministeriö. n.d. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Verkkosivu. Viitattu: 14.6.2022. <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

Ympäristöosaava ammattilainen. n.d. Rakentamisen ympäristövaikutukset. Verkkosivu. Viitattu: 8.11.2022. <https://www.ymparistoosaava.fi/rakennusala/index.php?k=22800>

Zimmermann, R. K.; Andersen, C. E.; Kanafani, K. & Birgisdóttir, H. 2021. Whole Life Carbon Assessment of 60 buildings. Viitattu: 22.8.2022. <https://build.dk/Assets/Whole-Life-Carbon-Assessment-of-60-buildings/BUILD-Report-2021-12.pdf>

## Liite 1

Liite 1. Lähdesivustot, hakupolut ja kaikki näistä löydetyt materiaalit ennen sisäänottoa ja poissulkua.

| Verkkosivu                                | Polku   | Selvitykset, materiaalit, aineistot   |
|---|---|---|
| Ympäristöministeriö<br>www.ym.fi          | Etusivu<br>> Vastuualueet<br>> Rakentaminen ja maankäyttö<br>> Vähähiilinen rakentaminen<br>> Vähähiilisen rakentamisen tiekartta | Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa (pdf).<br><br>Rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi (pdf).<br><br>Definition and methods for the carbon handprint of buildings (pdf).<br><br>Talotekniikan päästötietojen selvityshankkeen loppuraportti (pdf).  |
| Lausuntopalvelu<br>www.lausuntopalvelu.fi | Etusivu<br>> Lausuntopyyntö<br>> Lausuntopyyntö luonnoksesta hallituksen esitykseksi kaavoitus- ja rakentamislainsäädännön osana  | HE Kaavoitus- ja rakentamislaki (pdf).<br><br>RP plan- och bygglagen (pdf).<br><br>Pääasiallinen sisältö KRL inarinsaame (pdf).<br><br>Pääasiallinen sisältö KRL koltansaame (pdf).<br><br>Pääasiallinen sisältö KRL pohjoissaame (pdf).<br><br>Lausuma Häkkänen (pdf).<br><br>Lausuma Kuntaliitto (pdf).<br><br>Uttalande Kommunförbundet (pdf).<br><br>Lausuma Maakuntaliitot (pdf).<br><br>Lausuma maa- ja metsätalousministeriö (pdf).<br><br>Lausuntopyyntö luonnoksesta hallituksen esitykseksi kaavoitus- ja rakentamislainsäädännön osana (pdf).<br><br>Begäran om utlåtande om utkastet till regeringens proposition med förslag till plan- och bygglag (pdf). |

(jatkuu)

## Liite 1 (jatkuu).

| Verkkosivu                                 | Polku   | Selvitykset, materiaalit, aineistot   |
|--|---|---|
| Lausuntopalvelu<br>www.lausuntopalvelu.fi  | Etusivu<br>> Lausuntopyyntöt<br>> Lausuntopyyntö:<br>ehdotus<br>ympäristöministeriön<br>asetukseksi<br>rakennuksen<br>ilmastonselvityksestä | Luonnos YMA rakennuksen<br>ilmastonselvityksestä 04062021 (pdf).<br><br>Luonnos YMA rakennuksen<br>ilmastonselvityksestä 04062021 SVE (pdf).<br><br>Yma rakennuksen ilmastonselvityksen<br>perustelumustio 04062021 (pdf).<br><br>Arviointimenetelmä 2021 lausuntokierrokselle<br>(pdf).<br><br>UTKAST FÖR REMISSRUNDAN Metod för<br>beräkning av byggnaders klimatpåverkan<br>(pdf).         |
| Boverket<br>www.boverket.se                | Start<br>> Byggnade<br>> Uppdrag<br>> Klimatdeklaration<br>vid uppförande av<br>byggnad<br><br>> Bakgrunds-<br>material                     | Tidplan för insatser och åtgärder inför krav på<br>klimatdeklaration (pdf).<br><br>Utveckling av regler om klimatdeklaration av<br>byggnader (pdf).<br><br>Klimatdeklaration av byggnader (pdf).<br><br>Hållbart byggande med minskad<br>klimatpåverkan (pdf).<br><br>Miljö- och klimatanpassade byggregler (pdf).<br><br>Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett<br>livscykelperspektiv (pdf). |
| Regeringskansliet<br>www.regeringen.se     | Start<br>> Sveriges Regering<br>> Finans-<br>departementet<br>> Artiklar<br>> Ny reglering om<br>klimatdeklarationer                        | Lag om klimatdeklaration för byggnader (pdf).<br><br>Lag om ändring i plan- och bygglagen<br>(2010:900) (pdf).<br><br>Förordning om klimatdeklaration för<br>byggnader (pdf).<br><br>Prop. 2020/21:144 Klimatdeklaration för<br>byggnader (pdf).  |
| Høringsportalen<br>www.hoeringsportalen.dk | Forside<br>> Høringer<br>> Høring over<br>udkast til ændring af   | Høringsbrev (pdf).<br><br>Udkast til bekendtgørelse (pdf).  |

(jatkuu)



## Liite 1 (jatkuu).

| Verkkosivu   | Polku   | Selvitykset, materiaalit, aineistot  |
|--|---|--|
|  | bekendtgørelse om bygningsreglement 2018 (BR18)   | Tabel 6 – Bygningsdele 2023 (pdf).<br>Tabel 7 - Generisk datagrundlag 2023 (pdf).<br><br>Oversigt over begrundelser for ændringsforslag (pdf).<br><br>Høringsliste (pdf).<br><br>Økonomisk høringsbrev (pdf).<br><br>Høringsnotat (pdf).<br><br>Høringsnotat - bilag 1 (pdf).<br><br>Hørings svar - bilag 2 (pdf). |
| Indenrigs- og Boligministeriet<br><a href="http://www.im.dk">www.im.dk</a>                     | Foreside<br>> Publikationer<br>> 2021<br>> apr<br>> National strategi for bæredygtigt byggeri | National strategi for bæredygtigt byggeri (pdf).<br><br>National Strategy for Sustainable Construction (pdf).  |
| Build – Institut for byggeri, by og miljø<br><a href="https://build.dk/">https://build.dk/</a> | Build<br>> Publikationer<br>> Build Report<br>> Whole life carbon assessment of 60 buildings  | BUILD REPORT 2021:12:<br>Whole Life Carbon Assessment Of 60 Buildings:<br>Possibilities To Develop Benchmark Values For LCA Of Buildings (pdf).  |

## Liite 2

Liite 2. Hakuaineistot, jotka ovat sisäänottokriteerien mukaiset. Aineiston nimi, tekijät, julkaisuvuosi ja pääasiallinen sisältö.

| <b>Nimi (lähde-merkintä tekstissä)</b>   | <b>Tekijät, vuosi</b>  | <b>Pääasiallinen sisältö</b>   |
|--|--|--|
| Tiekartta rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen huomioimiseksi rakentamisen ohjauksessa. (Bionova Oy 2017) | Bionova Oy. 2017.  | Selvitys tiekartasta, jolla vähennetään rakentamisen ja rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä, sekä edistetään Suomen ilmastotavoitteita rakennus- ja kiinteistöalan osalta. |
| Rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen ohjauksen vaikutusten arviointi. (Häkkinen & Vares 2018)                | Tarja Häkkinen ja Sirje Vares. 2018.                         | Arvioidaan vaihtoehtoisten ohjaustoimien vaikutuksia ja soveltuvuutta rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tiekartan pohjalta.                                 |
| Definition and methods for the carbon handprint of buildings. (Häkkinen ym. 2021)                            | Tarja Häkkinen, Sylviane Nibel ja Harpa Birgisdottir. 2021.  | Ehdotus hiilikädenjäljen määrittämisestä rakennuksille ja menetelmistä hiilikädenjäljen laskemiseksi.  |
| Talotekniikan päästötietojen selvityshankkeen loppuraportti. (Laasonen ym. 2021)                             | Niina Laasonen, Karoliina Pluuman ja Tuomas Suur-Uski. 2021. | Tarkennetaan talonrakennuksen hiilijalanjälkilaskentaa talotekniikan osalta tuomalla käyttöön päästökertoimet rakennustyypeittäin.   |
| HE Kaavoitus- ja rakentamislaki. (Hallitus 2021)   | Hallitus. 2021.  | Luonnos hallituksen esitykseksi kaavoitus- ja rakentamislainsiksi.   |
| Luonnos YMA rakennuksen ilmastaselvityksestä 04062021. (Ympäristöministeriö 2021b)                           | Ympäristöministeriö. 2021.                                   | Luonnos ilmastaselvityksestä.  |
| Yma rakennuksen ilmastaselvityksen perustelumuuisto 04062021. (Ympäristöministeriö 2021c)                    | Ympäristöministeriö. 2021.                                   | Ilmastaselvityksen perustelumuuisto.   |
| Arviointimenetelmä 2021 lausuntokierrokselle. (Ympäristöministeriö 2021a)                                    | Ympäristöministeriö. 2021.                                   | Arviointimenetelmä lausuntokierrokselle.   |
| Tidplan för insatser och åtgärder inför krav på klimatdeklaration. (Boverket 2020b)                          | Boverket. 2020.  | Aikataulu aloitteille ja toimenpiteille rakennusten säädöspohjaista ilmastaselvitystä varten. Viisi osaprojektia.  |
| Utveckling av regler om klimatdeklaration av byggnader. (Boverket 2020c)                                     | Boverket. 2020.  | Raportti rakennusten ilmastaselvitystä koskevien säädösten kehittämisestä. Alustava aikataulu säädösten  |

(jatkuu)

Liite 2 (jatkuu).

| Nimi (lähdemerkintä tekstissä)   | Tekijät, vuosi                 | Pääasiallinen sisältö   |
|--|--------------------------------|---|
|  |                                | kehittämistoimenpiteille.   |
| Klimatdeklaration av byggnader.<br>(Boverket 2018b)  | Boverket. 2018.                | Ehdotus rakennuksen ilmastaselvityksen laadinnan metodista ja säännöistä.   |
| Hållbart byggande med minskad klimatpåverkan.<br>(Boverket 2018a)                              | Boverket. 2018.                | Ehdotuksia konkreettisista toimenpiteistä kohti kestäväää rakentamista erityisesti rakennusmateriaalien ilmastovaikutusten hillitsemisen avulla.  |
| Miljö- och klimatanpassade byggregler.<br>(Boverket 2016)                                      | Boverket. 2016.                | Lisäselvityksiä vuoden 2015 tutkimuksessa ilmenneiden seikkojen osalta, jotka koskevat eritoten elinkaarianalyysiä, ekosysteemipalveluja ja ilmastomuutokseen sopeutumista.                                       |
| Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv.<br>(Boverket 2015)                  | Boverket. 2015.                | Esiselvityksessä analysoidaan tutkimuksen ja tietämyksen tilaa Ruotsissa rakennusten ilmastovaikutuksista elinkaarinäkökulmasta. Samalla selvitetään rakennusalan tiedottamisen ja ohjaustoimenpiteiden tarvetta. |
| Lag om klimatdeklaration för byggnader.<br>(SFS 2021:787)                                      | Sveriges Riksdag. 2021.        | Laki ilmastaselvityksestä rakennuksille.  |
| Lag om ändring i plan- och bygglagen (2010:900).<br>(SFS 2021:788)                             | Sveriges Riksdag. 2021.        | Laki muutoksista kaavoitus- ja rakentamislakiin.  |
| Förordning om klimatdeklaration för byggnader.<br>(SFS 2021:789)                               | Sveriges Riksdag. 2021.        | Asetus ilmastaselvityksestä rakennuksille.  |
| Prop. 2020/21:144<br>Klimatdeklaration för byggnader.<br>(Regeringens proposition 2020/21:144) | Regeringen. 2021.              | Hallituksen lakiehdotus ilmastaselvityksestä rakennuksille.   |
| Höringsbrev.<br>(Bolig- og planstyrelsen 2022a)  | Bolig- og planstyrelsen. 2022. | Rakentamismääräysten muutosehdotuksen kuulemiskirje (vaatimus rakennusten ilmastovaikutusten ja raja-arvon laskemiselle).   |
| Oversigt over begrundelser for ændringsforslag.  | Bolig- og planstyrelsen. 2022. | Yleiskatsaus rakentamismääräysten muutoksiin  |

(jatkuu)

Liite 2 (jatkuu).

| <b>Nimi (lähdemerkintä tekstissä)</b>   | <b>Tekijät, vuosi</b>  | <b>Pääasiallinen sisältö</b>   |
|---|--|--|
| (Bolig- og planstyrelsen 2022b)   |  | perusteluineen.  |
| National Strategy for Sustainable Construction. (Ministry of the Interior and Housing 2021)   | Ministry of the Interior and Housing. 2021.  | Hallituksen toimialakohtainen rakennusalan toimintasuunnitelma kohti kestäväää rakentamista.   |
| BUILD REPORT 2021:12: Whole Life Carbon Assessment Of 60 Buildings: Possibilities To Develop Benchmark Values For LCA Of Buildings. (Zimmermann ym. 2021) | Regitze Kjær Zimmermann, Camilla Ernst Andersen, Kai Kanafani ja Harpa Birgisdóttir. 2021. | Raportin tarkoituksena on luoda laajempi tietopohja rakennusten koko elinkaaren hiiliarvioinnista, jota voidaan käyttää hyväksi rakennusten ilmastovaikutusten säädöspohjaisten raja-arvojen kehittämistyössä. |