

Suomen korjausrakentamisen strategia 2020–2050 tavoitteiden laskenta ja aineisto

Hanna-Liisa Kangas*, Terttu Vainio**, Paula Sankelo*, Sampo Vesanen* ja Santtu Karhinen*

*Suomen ympäristökeskus SYKE

**Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy

Tiivistelmä

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin artikla 2a velvoittaa EU:n jäsenvaltioita laatimaan etenemissuunnitelman kohti vähähiilistä rakennuskantaa vuosille 2020–2050. Etenemissuunnitelmassa on esitettävä indikaattorein seurattavia välitavoitteita vuosille 2030, 2040 ja 2050. Korjausrakentamisen strategia on laadittu ainoastaan vuoteen 2020 mennessä valmistuneille rakennuksille. Uudisrakennuksia ohjataan lähesnollaenergia-vaatimuksilla, jotka on annettu ympäristöministeriön asetuksella 1010/2017.

Strategian tavoitteiden laskentaa varten rakennettiin FineBuild-laskentamalli sekä kehitettiin menetelmä muuntaa rakennuskannan lämmitysenergiankulutus energiatehokkuutta kuvaavaksi E-lukujakaumaksi. Suomen laskennassa hyödynnetään tilastoja, rekisteritietoja ja tuoreita tutkimustuloksia mm. Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys (PITKO) -mallinnuksia. Laskennan tulosten perusteella Suomen rakennuskanta voidaan muuttaa vähähiiliseksi. Kehityksen ja laskennan epävarmuuksia seurataan strategian toteutumisen seurannan yhteydessä.

Tämä RetroCheck -hanke on toinen ympäristöministeriön EPBD artiklan 2a toimeenpanoon liittyvistä hankkeista. Sen ovat toteuttaneet Suomen ympäristökeskus SYKE ja Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy ympäristöministeriön rakennusneuvos Jyrki Kauppisen ohjauksessa.

27.3.2020

Sisällysluettelo

| | |
|--|----|
| 1. Tausta | 3 |
| 2. EPBD artiklan 2a vaatimukset indikaattorein ilmaistuilla tavoitteilla | 3 |
| 3. Käytetty aineisto ja oletukset | 4 |
| 3.1 Rakennuskanta 2020 | 4 |
| 3.2 Lämmitystapojen kehitys | 5 |
| 3.3 Poistuma..... | 6 |
| 3.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus | 6 |
| 3.5 Korjaustoimenpiteet ja kunnossapito | 7 |
| 3.6 Lämmitysöljyn käytöstä luopuminen | 8 |
| 3.7 Energia-avustukset..... | 8 |
| 3.8 Päästökertoimet..... | 8 |
| 3.9 Rakennusten energiatehokkuusluokat | 9 |
| 4. Laskentamalli | 12 |
| 4.1 Energiankulutuksen ja päästöjen laskenta..... | 12 |
| 4.2 Energiatehokkuusluokkien laskenta..... | 14 |
| 5. Välitavoitteet ja indikaattorit | 14 |
| 5.1 Lämmitysenergian kulutus..... | 14 |
| 5.2 Lämmitystapa | 15 |
| 5.3 Hiilidioksidipäästöt ja lämmityksen päästöintensiteetti..... | 16 |
| 5.4 Rakennuskannan energiatehokkuusluokkien kehitys | 17 |
| 6. Johtopäätökset..... | 18 |
| 7. Lähteet | 19 |
| LIITE A: EU komission suosittelemat indikaattorit (EU) 2019/786..... | 21 |
| LIITE B: E-lukujen ja energiatehokkuusluokkien avulla määriteltyjen indikaattorien laskeminen eri rakennustyypeille, välivaiheet ja lisätiedot | 25 |
| LIITE C: Energiatehokkuusluokkien jakauman sovittaminen rakennustyyppin keskimääräisiin E-lukuihin vuosina 2030, 2040 ja 2050. Esimerkkinä asuinkerrostalot..... | 28 |

1. Tausta

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) artiklan 2a alakohdassa 1 säädetään, että jäsenvaltioiden on laadittava asuin- ja ei-asuinrakennuskannan korjausrakentamisen strategia vuosille 2020–2050. Strategian tavoitteena on muuttaa vuoteen 2020 mennessä valmistunut rakennuskanta erittäin energiatehokkaaksi ja vähähiiliseksi vuoteen 2050 mennessä. Strategia on osa kansallista energia- ja ilmastosuunnitelmaa. Sen täytäntöönpanosta ja etenemisestä raportoidaan yhdessä energia- ja ilmastosuunnitelman raportoinnin kanssa ensimmäisen kerran 15. maaliskuuta 2023 mennessä ja sen jälkeen kahden vuoden välein.

EPBD:n artiklan 2a alakohdassa 2 säädetään, että jäsenvaltioiden strategioihin on liitettävä etenemissuunnitelma, joka sisältää toimenpiteitä, mitattavissa olevia edistymisen indikaattoreita ja näille ohjeelliset välitavoitteet vuosiksi 2030, 2040 ja 2050. Korjausrakentamisen strategian on esitettävä arvio, mikä osuus eri rakennustyypeistä on korjattu vuonna 2020, esitettävä toimenpiteitä erityisesti kuntien ja valtion käytössä oleville rakennuksille, eniten energiaa kuluttaville rakennuksille sekä heikoimmassa asemassa oleville kotitalouksille. Lisäksi strategiassa on otettava kantaa siihen, miten jäsenvaltion toimet edistävät direktiivin 2012/27/EU mukaisten unionin energiatehokkuustavoitteiden saavuttamista.

Vuoteen 2020 mennessä valmistuneen rakennuskannan muuttamisessa erittäin energiatehokkaaksi ja vähähiiliseksi on Suomessa tunnistettu kolme keskeistä keinoa: 1) Poistuma ja tilatehokkuuden parantaminen; 2) Energiatehokkuuden parannukset kunnossapidon ja korjaustoimien yhteydessä ja 3) Fossiilista polttoaineista luopuminen lämmöntuotannossa. Näissä kaikissa on nähtävissä jo käynnissä olevaa kehitystä rakenteellisten muutosten, teknologisen kehityksen ja arvostusten johdosta. Kehitystä edistetään velvoittavalla lainsäädännöllä, mahdollistavalla lainsäädännöllä, julkisella tuella sekä panostuksilla osaamiseen ja informaatio-ohjaukseen.

Tässä raportissa esitetään korjausrakentamisen strategia 2020–2050 Suomen ilmoituksen (julkaistu 10.3.2020 ympäristöministeriön verkkosivuilla¹) välitavoitteiden laskentamalli FineBuild ja laskennassa käytetty aineisto. Raportti etenee niin että luvussa 2 esitellään EPBD:n vaatimukset ja suositukset tavoitteille ja indikaattoreille. Luvussa 3 käydään läpi laskennassa käytetty aineisto ja oletukset ja luvussa 4 laskentamalli. Luvussa 5 esitellään laskennan päätulokset ja luvussa 6 johtopäätöksiä.

2. EPBD artiklan 2a vaatimukset indikaattorein ilmaistuille tavoitteille

EPBD artiklan 2a alakohdan 2 mukaan kunkin jäsenvaltion on esitettävä korjausrakentamisen strategiassaan etenemissuunnitelma, joka sisältää:

- mitattavissa olevia edistymisen indikaattoreita, jotka voivat olla määrällisiä tai laadullisia muuttujia, joilla mitataan edistymistä kohti vuoden 2050 tavoitetta vähentää kasvihuonekaasupäästöjä unionissa ja varmistaa erittäin energiatehokas ja hiilivapaa kansallinen rakennuskanta ja
- ohjeellisia välitavoitteita vuosille 2030, 2040 ja 2050, jotka voivat olla määrällisiä tai laadullisia. Jäsenvaltioiden on määriteltävä, miten ne edistävät energiatehokkuusdirektiivin mukaisten unionin energiatehokkuustavoitteiden saavuttamista.

Komission suositus (2019/786) tarkentaa, etteivät tavoitteet ole pelkästään rakennusalaakohtaisia eivätkä laillisesti sitovia, ellei jäsenvaltio erityisesti halua tehdä niistä sitovia. Jäsenvaltioiden on lupa räättälöidä välitavoitteet ja indikaattorit kansallisten erityispiirteidensä mukaisiksi. Suositus korostaa kunnianhimoisten ja selkeiden välitavoitteiden merkitystä sijoittajan riskien ja epävarmuustekijöiden vähentämisessä sekä sidosryhmien ja kaupallisten toimijoiden osallistamisessa.

Korjausrakentamisen strategiassa on lisäksi täsmennettävä, kuinka vuosille 2030, 2040 ja 2050 asetetut välitavoitteet edistävät jäsenvaltioiden energiatehokkuusdirektiivin (EED) 3 artiklan energiatehokkuudelle asetettujen tavoitteiden saavuttamista, jotta myös rakennuskannan energiankulutus otettaisiin huomioon energiapolitiisessa päätöksenteossa. Komission suosittelemat indikaattorit ja ohjeet välitavoitteiden asettamiseksi on käsitelty liitteessä A. Suositellut indikaattorit on arvioitu Taulukon 1 mukaisesti.

¹ Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050 https://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentamisen/Ohjelmat_ja_strategiat/Korjausrakentamisen_strategia

Taulukko 1. EU-komission suosittelmien indikaattoreiden arviointi tiedon saatavuuden ja luotettavuuden perusteella.

| Indikaattorin arvio | Julkinen tieto | Lähtötaso saatavilla | Tiedon päivittyminen | Tieto riittävän luotettava |
|-----------------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------------------|
| Potentiaalinen indikaattori | Kyllä | Kyllä | Kyllä | Kyllä |
| Selvitettävä indikaattori | Kyllä | Mahdollisesti | Mahdollisesti | Kyllä / Ei |
| Hylätty indikaattori | Kyllä / Ei | Vaatii otannan | Vaatii otannan | Kyllä / Ei |

Potentiaaliset indikaattorit ovat pääasiassa tietoja, jotka tuottaa joko Tilastokeskus osana Suomen virallista tilastointia tai Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). Tilastokeskuksen tuottamat tilastot käsittelevät väestöä, rakennuskannan laajuutta ja ikärakennetta, rakennusten energiankulutusta ja lämmitystapoja, asuminen energiankulutusta sekä väestön elinoloja. ARA ylläpitää energiatodistusten tietokantaa, josta voidaan koostaa tietoa rakennusten energiatehokkuudesta.

Selvitettäviä indikaattoreita ovat sellaiset, joista kerätään tietoa mutta ei laadita tilastoja esimerkiksi tietojen epäluotettavuuden takia. Esimerkiksi korjauslupien määrää pidetään alipeittoisena tietona, eikä se kerro energiatehokkuuden parantamisesta. Myös Digi- ja väestötietoviraston rakennusrekisterin tieto rakennusten lämmitystavoista on epäluotettava, koska rekisteriin ei viedä kaikkia lämmitystapojen muutoksia.

Indikaattorin hylkäämiseen tässä vaiheessa on päädytty monesta syystä. Osa suosituksista on Suomen oloissa epärelevanttejä, esimerkiksi sairastuminen asunnon kylmyyden takia. Muutamien suositeltujen indikaattoreiden lähtötason määrittäminen ja päivittäminen kahden vuoden välein luotettavasti olisi mahdotonta, esimerkiksi miten paljon sairauskustannuksia vältetään tai terveitä elinvuosien lisääntyä kansantalouden tasolla energiaremonttien ansiosta. Suomessa tilastoidaan mittavasti koulutusta, tutkimusta ja sairauksia, mutta koska luokitusmuuttujissa ei ole energia- ja ilmastonäkökulmaa, näitä tilastoja ei voida hyödyntää indikaattorien lähdeaineistona.

3. Käytetty aineisto ja oletukset

3.1 Rakennuskanta 2020

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) ohjaus kohdistuu vakinaisessa käytössä oleviin asuin- ja ei-asuinrakennuksiin (Taulukko 2). Sen ja strategian ulkopuolelle jäävät vapaa-ajan rakennukset, maatalouden rakennukset, teollisuus- ja varistorakennukset.

Taulukko 2. Korjausrakentamisen strategian kohderakennukset, rakennusten kerrosala ja asuntojen lukumäärä (Rakennusluokitus 2018, Tilastokeskus; Rakennukset ja kesämökit, Tilastokeskus; Rakennus- ja asuntotuotanto, Tilastokeskus; Asunnot ja asuinolot, Tilastokeskus).

| | Kerrosala milj.m ² | Asuntoja 1000 kpl |
|---|----------------------------------|----------------------|
| Asuinrakennukset | | |
| 0110; 0111 Omakoti- ja paritalot | 166 | 1161 |
| 112 Rivitalot | 35 | 414 |
| 12 Kerrostalot | 104 | 1442 |
| Ei-asuinrakennukset | | |
| 3 Liikerakennukset | 32 | |
| 4 Toimistorakennukset | 20 | |
| 5 Liikenteen rakennukset | 15 | |
| 6 Hoitoalan rakennukset | 13 | |
| 7 Kokoontumisrakennukset | 11 | |
| 8 Opetusrakennukset | 20 | |

EPBD:n mukaan vuodesta 2020 eteenpäin kaikki uudisrakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia. Mikäli niitä tulevaisuudessa korjataan, korjataan ne vähintään samalle energiatehokkuuden tasolle. Tästä syystä strategiassa käsitellään ainoastaan vuoteen 2020 mennessä valmistuneita rakennuksia. Koska virallinen rakennuskantatilasto valmistuu vasta 27.5.2020, on asuin- ja ei-asuinrakennusten määrä arvioitu vuoteen 2019 mennessä valmistuneen rakennuskannan ja vuoden 2019 rakennus- ja asuntotuotantotietojen perusteella.

Rakennuskannan energiatehokkuuden tilan lähteenä on käytetty ARA:n ylläpitämän rekisterin ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 määrittelemiä energiatodistuksia. Asetuksen energiatehokkuusluokkien asteikot otettiin käyttöön vuoden 2018 alusta. Koska energiatodistusten tietokannassa uudet rakennukset ovat ylliedustettuina, energiatehokkuusluokkajakaumat on laskettu kullekin rakennustyypille ensin ikäluokittain ja ikäluokakohtaiset jakaumat on painotettu ikäluokan kannan kerrosalaosuudella.

Rakennuskanta on suositusten mukaan jaettava heikkokuntoisimpiin rakennuksiin ja jo korjattuihin rakennuksiin. Heikkokuntoisiksi on luokiteltu energiatehokkuusluokkiin F ja G kuuluvat rakennukset. Suomessa uudisrakentamisen rakennus- ja järjestelmäkohtaiset vaatimukset ovat olleet nykyisellä tasolla jo vuodesta 2010 lähtien, eli tasolla, joka vastaa nykyisiä lähes nollaenergiarakennuksen määräyksiä. Vuosina 2010–2020 rakennetut uudisrakennukset sijoittuvat energiatehokkuusluokkiin A, B ja C. Tämä on valittu tasoksi, johon kuuluvat rakennukset tulkitaan korjatuiksi. Tämän lisäksi eritellään lähes nollaenergiarakennukset.²

Asuinrakennusten energiankulutus ja lämmitystapajakauma ovat vuoden 2018 taso Asumisen energiankulutustilastosta (Asumisen energiankulutus, Tilastokeskus). Tämä tilasto erittelee talotyyppikohtaisen tilojen lämmityksen, mutta ilmoittaa käyttöveden ja saunojen lämmityksen talotyyppien summalukuna. Veden lämmitys on jaettu asuinrakennustyypeille tilojen lämmityksen suhteessa. Saunojen lämmitys on jätetty pois strategiasta. Ei-asuinrakennusten energiankulutus- ja lämmitystapajakaumassa on käytetty vuoden 2017 tasoa energiatilastojen taulukkopalvelusta (Rakennusten lämmityksen energialähteet rakennustyypeittäin, Tilastokeskus).

3.2 Lämmitystapojen kehitys

Rakennuskannan lämmitystapojen kehitystä on mallinnettu osana Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys (PITKO) -hanketta (Koljonen ym. 2019). PITKO-hankkeen lämmityslähteiden kehitys vuosina 2020–2050 perustuu Times -optimointimallin tuloksiin (Taulukko 3). PITKO-hankkeen rakennuskannan lämmityslähteiden kehitys -tulokset esitetään toisin kuin tässä raportissa: (1) Rakennuskannan lämmitys kattaa myös uudet rakennukset, (2) lämpöpumpujen kuluttama sähkö on mukana lämpöpumppu-energiassa. Tässä raportissa se sisältyy sähköenergiaan, kuten tehdään Tilastokeskuksen energiatilastoissa ja (3) rakennuskannan lämmitysenergiaa ei eritellä. Tässä raportissa se jaetaan neljään rakennustyyppiin (kts. luku 3.1).

Taulukko 3. PITKO-hankkeen lämmityslähteiden jakauma prosentteina (PITKO-hankkeen perusskenaario).

| Vuosi | Puu | Fossiiliset* | Lämpöpumput | Kaukolämpö | Sähkö | Yhteensä |
|-------|------|--------------|-------------|------------|-------|----------|
| 2020 | 15,9 | 7,3 | 17,1 | 45,3 | 14,4 | 100 |
| 2030 | 19,6 | 5,9 | 20,5 | 42,9 | 11,1 | 100 |
| 2040 | 21,3 | 3,9 | 25,9 | 40,2 | 8,7 | 100 |
| 2050 | 20,2 | 1,9 | 29,7 | 40,6 | 7,6 | 100 |

* Luokka "Fossiiliset" kattaa turpeen, hiilen, öljyn, bioöljyn ja maakaasun käytön rakennusten erillislämmityksessä.

Tämän raportin laskennassa hyödynnetään PITKO-hankkeen perusskenaarion rakennusten lämmitystapajakauman kehityksen *trendiä* vuosille 2030–2050. PITKO-hankkeen trendi voidaan hyödyntää ja sovittaa tässä raportissa käytettyyn rakennuskantaan, kun ensin (1) siirretään lämpöpumpujen kuluttama sähkö sähköenergiaan (oletuksena COP 3 lämpöpumpuissa) ja (2) sovitetaan PITKO-hankkeen lämmönlähteissä tapahtunut muutos tässä raportissa esitettyyn lähtöaineisoon (luku 3.1), ja (3) sovitetaan lähtöaineisto ja PITKO-hankkeen lämmönlähteiden jakauman kehitys vuosille 2030–2050. Lämmönlähteiden jakauman peruskehityksenä pide-

² Lähes nollaenergiarakennuksen määritelmä on tässä raportissa esitellyssä laskennassa raportin julkaisuajankohdan määräysten mukainen (1151/2016). Jos lähes nollaenergiarakennuksen määritelmää muutetaan, tulee myös tavoitteet asettaa niiden osalta uudestaan.

tään tässä raportissa näin johdettua lämmönlähdejakaumaa (Taulukko 4). Lämmönlähteiden jakaumaan vaikuttavat tämän peruskehityksen lisäksi oletetut lämmitysöljyn käytöstä luopuminen (kuvattu luvussa 3.6) ja energia-avustukset (kuvattu luvussa 3.7).

Taulukko 4. Laskennan lähtökohtana käytetty lämmönlähteiden jakauman kehitys prosentteina.³

| 2030 | Puu | Fossiiliset | Lämpöpumput | Kaukolämpö | Sähkö | Yhteensä |
|-----------------------|------|-------------|-------------|------------|-------|----------|
| Omakoti- ja paritalot | 31,3 | 9,0 | 23,8 | 6,9 | 29,0 | 100 |
| Kerrostalot | 0,0 | 3,3 | 2,4 | 88,7 | 5,6 | 100 |
| Rivitalot | 2,2 | 1,6 | 15,0 | 55,1 | 26,0 | 100 |
| Ei-asuinrakennukset | 7,4 | 15,4 | 2,6 | 63,2 | 11,4 | 100 |
| 2040 | Puu | Fossiiliset | Lämpöpumput | Kaukolämpö | Sähkö | Yhteensä |
| Omakoti- ja paritalot | 33,4 | 4,5 | 31,4 | 4,6 | 26,2 | 100 |
| Kerrostalot | 0,0 | 2,4 | 4,7 | 85,8 | 7,0 | 100 |
| Rivitalot | 2,5 | 1,2 | 19,4 | 52,0 | 24,9 | 100 |
| Palvelurakennukset | 9,9 | 11,2 | 4,9 | 61,5 | 12,6 | 100 |
| 2050 | Puu | Fossiiliset | Lämpöpumput | Kaukolämpö | Sähkö | Yhteensä |
| Omakoti- ja paritalot | 32,4 | 2,5 | 35,9 | 3,7 | 25,6 | 100 |
| Kerrostalot | 0,0 | 1,3 | 0,5 | 87,0 | 6,7 | 100 |
| Rivitalot | 2,4 | 0,6 | 21,4 | 51,6 | 23,8 | 100 |
| Ei-asuinrakennukset | 10,2 | 6,7 | 6,3 | 63,3 | 13,4 | 100 |

3.3 Poistuma

Rakennusten ikään sidotut käyttöikäoletukset on tehty yhdessä Suomen Akatemian rahoittaman *Optimal transformation pathway towards the 2050 low-carbon target: integrated buildings, grids and national energy system for the case of Finland* - projektin kanssa (Taulukko 6). Rakennusrekisteritietojen perusteella on tutkittu rakennuskannan elinkaarta, siis sitä miten suuri osuus historiassa rakennetuista rakennuksista on jäljellä 10, 20, 30... vuoden kuluttua (Asuminen ja Rakentaminen, Tilastokeskus; Rakennukset ja kesämökit, Tilastokeskus). Näiden tietojen perusteella eri ikäisille rakennuksille on laskettu odotettavissa oleva käyttöikä. Rakennuskanta 2030, 2040 ja 2050 kattaa ainoastaan ne rakennukset, jotka ovat käyttöikäoletusten perusteella jäljellä 2020 mennessä rakennetusta rakennuskannasta. Tässä raportissa ei käsitellä uudisrakentamista, eli rakennuskannasta tapahtunutta poistumaa ei korvaa uudisrakentaminen.

Taulukko 6. Vuoteen 2020 mennessä valmistuneiden rakennusten kerrosala poikkileikkausvuosina suhteessa edellisen poikkileikkausvuoden rakennuskantaan (poistuman vaikutus).

| Rakennustyyppi | 2030 | 2040 | 2050 |
|-----------------------|------|------|------|
| Omakoti- ja paritalot | 90 % | 89 % | 89 % |
| Rivitalot | 90 % | 89 % | 89 % |
| Asuinkerrostalot | 90 % | 89 % | 89 % |
| Ei-asuinrakennukset | 89 % | 88 % | 87 % |

3.4 Ilmastonmuutoksen vaikutus

Suomen leveysasteilla ilmaston lämpeneminen vähentää rakennusten lämmitysenergiantarvetta ja kasvattaa jäähdytysenergiantarvetta. Ilmastonmuutoksen etenemisestä riippuu, millä nopeudella ja kuinka voimakkaana tämä kehitys toteutuu. Ilmatieteen laitos on tutkinut eri ilmastoskenaarioiden vaikutusta rakennusten energiankulutukseen yhdessä Aalto-yliopiston ja Tallinnan teknillisen yliopiston kanssa. Käytetystä skenaariosta riippuen rakennusten lämmitystarpeen ennustetaan pienenevän 20–40 % vuoteen 2100 mennessä ja jäähdytystarpeen ennustetaan kasvavan 40–80 % vuoteen 2100 mennessä. Jäähdytystarve on Suomen rakennuskannassa huomattavasti pienempi kuin lämmitystarve, joten jäähdytystarpeen suuremmasta kasvusta huolimatta lämmitysenergian kulutuksen lasku dominoi kokonaisvaikutusta. Kaiken kaikkiaan rakennusten lämmitys- ja

³ Fossiiliset koostuu lähinnä lämmitykseen käytetystä polttoöljystä, bioöljy käsitellään laskennassa osana polttoöljyä.

jäähdytysenergiantarpeen ennustetaan pienevän 20–35 % vuoteen 2100 mennessä. Lyhyemmällä aikavälillä eli vuoteen 2050 mennessä eri skenaariot eivät ehdi erota toisistaan merkittävästi. (Jylhä ym. 2015.)

Korjausrakentamisen strategiassa on arvioitu ilmastonmuutoksen vaikutus vuoden 2020 rakennuskannan lämmitysenergiantarpeeseen rakennussimulaatioihin nojautuen. Simulaatioiden tulokset on ilmoitettu vuosille 2030, 2050 ja 2100. FineBuild-mallia varten vuoden 2040 tulos on interpoloitu lineaarisesti. Koska rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiantarpeessa eri ilmastoskenaarioiden väliset erot näkyvät merkittävästi rakennuskannassa vasta vuosisadan loppupuolella, laskennassa ei ole tehty varsinaista skenaariotarkastelua ilmaston lämpenemisen suhteen. (Jylhä ym. 2015)

Simuloitujen mallirakennusten ostoenergiankulutuksen perusteella on arvioitu keskimääräinen ostoenergian kulutuksen muutos vuosille 2030, 2040 ja 2050 verrattuna vuoden 2020 tasoon (Taulukko Taulukko). Keskiarvoistaminen on tehty sekä simuloitujen rakennusten että kolmen ilmastoskenaarion välillä. Ostoenergiaa koskevista tuloksista on vähennetty kuluttajalaitteiden ja valaistuksen osuus, joka on ollut simuloituille rakennustyypeille keskimäärin 42 % (Taulukko 7). Ostoenergian kulutuksen muutoksesta 58 % on tilojen ja käyttöveden lämmityksen sekä tilojen jäähdytyksen osuutta. Vuoteen 2030 mennessä rakennusten lämmitys- ja jäähdytysenergiantarpeen ennakoidaan vähenevän 5,8 %, vuoteen 2040 mennessä 7,3 % ja vuoteen 2050 mennessä 8,7 %.

Taulukko 7. Laskennassa käytetty arvio rakennuskannan 2020 lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen muutoksesta vuoteen 2020 verrattuna. Arvio perustuu rakennussimulaatioiden tuloksiin lähteessä Jylhä ym. (2015).

| | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|------|-------|------|
| Ostoenergian kulutuksen muutos, % | -10 | -12,5 | -15 |
| Lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutuksen muutos, % | -5,8 | -7,3 | -8,7 |

Ilmastonmuutoksen vaikutuksen arviointiin liittyy epävarmuustekijöitä ilmiön itsensä dynaamisen luonteen, monimutkaisten takaisinkytkentöjen ja hankalan ennakoitavuuden tähden. Laskenta on tehty tällä hetkellä käytävissä olevan tiedon mukaan, mutta havaintojen ja ilmastomallien päivittyessä ennakoituvat vaikutukset rakennusten energiantarpeeseen voivat muuttua ja tämä tulee huomioida laskentaa ja seurantarjestelmää kehitettäessä. Ilmastonmuutos aiheuttaa myös uudenlaisia kuormituksia rakenteille ja haasteita rakennusten kunnossapidolle (esim. Ala-Outinen ym. 2004, Saarelainen 2006, Chalmers 2014, Pakkala 2020). Tämä saattaa tulevaisuudessa näkyä rakennusten kunnan heikentymisenä, mikäli riittäviin korjaustoimenpiteisiin ja ongelmien ennaltaehkäisyyn ei muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa kyetä riittävän kattavasti ja johdonmukaisesti.

Myös laajemmassa perspektiivissä ilmastonmuutos on eräs suurimmista epävarmuustekijöistä rakennusten korjausrakentamisen strategian toteutumisessa. Sään ääri-ilmiöt ja ilmaston lämpenemiseen liittyvät mahdolliset yhteiskunnalliset kriisit voivat aiheuttaa ongelmia esimerkiksi energian jakelussa ja huoltovarmuudessa (esim. IPCC 2014). Ilmastonmuutoksen edetessä myös kotitalouksien energiaköyhyys ja heikkokuntoisissa rakennuksissa asuminen voivat lisääntyä (esim. Üрге-Vorsatz & Tirado Herrero 2012, Jessel ym. 2019.)

3.5 Korjaustoimenpiteet ja kunnossapito

Korjausrakentamisen ja kunnossapidon vaikutusta rakennusten lämmitysenergian kulutukseen on mallinnettu osana Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys (PITKO) -hanketta (Koljonen ym. 2019). PITKO-hankkeessa korjausrakentamisen vaikutus on laskettu rakennustyyppikohtaisesti VTT:n REMA-mallilla (Tuominen, 2015). Korjausten vaikutus vanhojen rakennusten energiankulutukseen perustuu energiatehokkuutta parantaviin toimenpiteisiin ulkovaippakorjauksissa (lisäeristykset ja tiiviys, uudet ikkunat) sekä teknisten järjestelmien korjauksissa (energiatehokkaammat laitteet ja lämmöntalteenotto, lämmityksen ja ilmanvaihdon älykäs automaatio). Rakennusten kunnossapidon tehtävänä on varmistaa järjestelmien toimivuus ja säätöjen pysyvyys sekä puuttua poikkeamiin, jotta saavutettuja säästöjä ei menetetä. Korjaustoimenpiteiden ja kunnossapidon vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen on esitelty taulukossa 8.

Taulukko 8. Vuoteen 2020 mennessä valmistuneiden rakennusten kerrosala poikkileikkausvuosina suhteessa edellisen poikkileikkausvuoden rakennuskantaan (korjaustoimenpiteiden ja kunnossapidon vaikutus).

| Rakennustyyppi | 2030 | 2040 | 2050 |
|-----------------------|--------|--------|--------|
| Omakoti- ja paritalot | 91,5 % | 91,5 % | 91,5 % |
| Rivitalot | 92,8 % | 92,8 % | 92,8 % |
| Asuinkerrostalot | 92,8 % | 92,8 % | 92,8 % |
| Ei-asuinrakennukset | 93,8 % | 93,8 % | 93,8 % |

3.6 Lämmitysöljyn käytöstä luopuminen

Suomen kansallisena energia- ja ilmastopoliitiikan tavoitteena on olla hiilineutraali vuonna 2035. Osa kaupungeista ja kunnista tavoittelee hiilineutraaliutta jo 2030 tai jopa aiemmin. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi fossiilisten polttoaineiden käyttöä rajoitetaan lämmöntuotannossa. Fossiilisen polttoöljyn jakelijat on veloitettu toimittamaan biopolttoöljyä kulutukseen (bioöljyn käytön edistämisen laki 418/2019). Fossiilisen öljyn käytöstä lämmityksessä luovutaan 2030-luvun alkuun mennessä. Valtio luopuu lähes kokonaan rakennusten öljylämmityksestä vuoteen 2024 mennessä ja suosittelee samaa paikallishallinnolle (Pääministeri Rinteen hallitusohjelma, 2019).

Korjausrakentamisen strategian laskennassa oletetaan, että rivitalot ja asuinkerrostalot luopuvat kiinteistökohtaisesta öljylämmityksestä vuoteen 2030 mennessä ja omakotitalot ja ei-asuinrakennukset vuoteen 2050 mennessä. Fossiiliset polttoaineet oletetaan korvattavan lämpöpumpuilla ja niiden kuluttamalla sähköllä niin että omakotitalojen kohdalla lämpöpumppujen hyötysuhde (COP) on 2 ja muiden rakennustyyppien kohdalla 3. Tästä poikkeuksena oletetaan, että pieni osa ei-asuinrakennuksista jää öljylämmitteisiksi, mikäli muut lämmitysmuodot eivät ole mahdollisia sijainnin tai muun syyn vuoksi. Tämä öljylämmitys oletetaan katettavan täysin bioöljyllä ja sen käytön oletetaan olevan ei-asuinrakennuksissa 3,6 GWh vuonna 2050.

3.7 Energia-avustukset

Laskennassa on otettu huomioon valtioneuvoston asetus asuinrakennusten energia-avustuksista vuosina 2020–2022 (1341/2019). Laskennassa oletetaan, että energiansäästö toteutuu asetuksen perustelumuioston mukaisesti. Energiansäästöstä kolmasosan oletetaan toteutuvan rakenteellisen energiatehokkuuden parantumisena ja kaksi kolmasosaa lämpöpumppujen lisääntymisen kautta. Säästön oletetaan jakautuvan rakennustyypeille perustelumuiostiossa esitettyjen osuuksien mukaisesti (Taulukko 9). Lämpöpumppujen lisääntymisen oletetaan lisäävän niiden sähkön kulutusta, toisaalta sen oletetaan vähentävän sähkölämmitystä, kaukolämmön käyttöä ja puulämmitystä.

Taulukko 9. Energia-avustusten vaikutukset (GWh).

| Rakennustyyppi | Rakenteellisen energiatehokkuuden parantuminen | Puupolttoaineet | Fossiiliset polttoaineet | Lämpöpumput | Kaukolämpö | Sähkö |
|------------------|--|-----------------|--------------------------|-------------|------------|-------|
| Omakotitalot | -72 | -108 | 0 | 144 | 0 | -36 |
| Rivitalot | -48 | 0 | 0 | 96 | -128 | 32 |
| Asuinkerrostalot | -120 | 0 | 0 | 240 | -320 | 80 |

3.8 Päästökertoimet

Sähkön ja kaukolämmön päästökerrointen kehitys 2020–2040 noudattelee työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) käyttämiä päästökertoimia rakennusten kaukolämmön ja sähkön kulutukselle. Sähkön päästökerroin on laskettu TEM:ssä kotimaan tuotannon ja kulutuksen mukaan (tuonti- ja vientisähkö ovat laskennallisesti nollapäästöisiä). Sähkön ja kaukolämmön päästökertoimet on laskettu keskimääräisen, ei marginaalisen energiantuotannon perusteella. Päästökerrointen laskennan politiikkatoimet ovat yhdenmukaiset NECP-strategian laskennan kanssa. Mukana ovat 2016 Energia- ja ilmastostrategiassa linjatut toimet, 2017 KAISU:ssa linjatut toimet sekä näitä edeltävät politiikkatoimet.

Koska TEM on arvioinut rakennusten energiankulutuksen päästökertoimet vain vuoteen 2040 saakka, Suomen ympäristökeskuksessa laskettiin tässä raportissa esiteltyä laskentaa varten päästökertoimet vuodelle 2050.

Laskennassa hyödynnettiin PITKO-hankkeen mallia ja sen oletukset yhtenäistettiin TEM:n laskemien päästö-kertoimien oletusten kanssa. Taulukossa 10 on esitelty käytetyt kaukolämmön ja sähkön päästökertoimet.

Taulukko 10. Kaukolämmön ja sähkön päästökertoimet (g/kWh).

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---------------------|------|------|------|------|
| Sähkönhankinta | 65 | 31 | 24 | 12 |
| Kaukolämmönhankinta | 160 | 76 | 64 | 45 |

3.9 Rakennusten energiatehokkuusluokat

Suomessa uusille rakennuksille laaditaan energiatodistus, jossa rakennuksen energiatehokkuutta kuvataan laskennallisella energiatehokkuuden vertailuluvulla, E-luvulla. E-luku lasketaan määrittämällä rakennuksen lämpöhäviöt ja vakioitu sähkönkulutus. Laskennallinen ostoenergian kulutus kerrotaan energiamuodoittain energiamuodon kertoimella. Yhteenlaskettu tulos ilmoitetaan kilowattitunteina rakennuksen lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa. E-luvun perusteella rakennus sijoittuu johonkin energiatehokkuusluokista A–G. Energiamuodon kertoimet on annettu valtioneuvoston asetuksella (788/2017), ja ne vaikuttavat rakennuksen E-lukuun merkittävästi.

Lähes nollaenergiarakennuksen E-luku täyttää uuden rakennuksen energiatehokkuuden määräystason, joka riippuu rakennuksen käyttötarkoitukseltaan (ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta, 1010/2017). Pääasiassa lähes nollaenergiarakennukset sijoittuvat energiatehokkuusluokkaan B. Heikkokuntoisia ovat energiatehokkuusluokkiin F–G kuuluvat rakennukset. 2010-luvulla valmistuneet uudet rakennukset ja tätä vanhemmat korjatut rakennukset sijoittuvat energiatehokkuusluokkiin A–C.

E-luvun yhteys strategian päästövähennystavoitteisiin ei ole suoraviivainen, koska tavoitteet on asetettu pelkästään rakennusten lämmitykselle. Yhteys lämmitysenergiankulutuksen pienenemisen ja E-lukujen kehityksen välille on muodostettu, jotta myös 2020 rakennuskannan energiatehokkuuden kehittymisestä voidaan seurata.

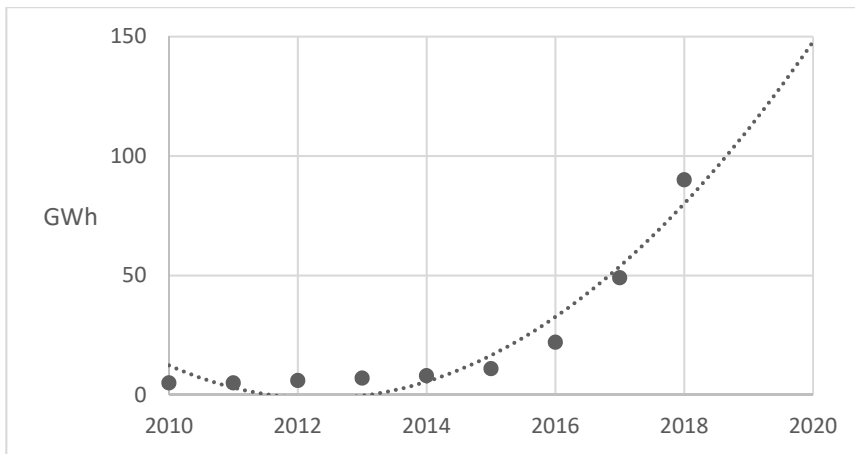
E-luokkien jakauman kehityksen arvioinnissa on lähdetty tämänhetkisen rakennuskannan E-luvuista. Vuoden 2020 rakennuskannan E-lukujen jakauma on otos, koska kaikille rakennuksille ei ole laadittu energiatodistusta. Vanhoille rakennuksille tai niiden osille tulee laatia energiatodistus vain silloin, jos rakennus tulee energiatodistusvelvoitteen piiriin. Tyypillisin tällainen tilanne on se, että rakennus myydään tai vuokrataan. Energiatodistus on myös laadittava ja asetettava esille olemassa olevassa julkisessa rakennuksessa, mikäli sen pinta-ala on yli 250 m² ja rakennus on yleisön toistuvien käyntien kohteena.

Energiatodistusta ei lain mukaan tarvitse päivittää rakennuksen peruskorjauksen tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, mutta se on suositeltavaa. Vuosina 2020–2022 myönnettävien energiakorjausavustusten kriteeri on sidottu rakennuksen E-lukuun, joten on oletettavaa, että etenkin peruskorjaukseen avustusta saavien kohteiden energiatodistukset ajantasaistetaan.

Energiatodistusrekisterissä on sekä vuoden 2013 että vuoden 2018 asetusten mukaisia energiatodistuksia. Näitä voi verrata keskenään, koska energiamuotojen kertoimet ovat muuttuneet. Rakennuskanta 2020 energiatehokkuutta arvioitaessa on käytetty ainoastaan vuoden 2018 määräysten mukaan laadittuja energiatodistuksia (ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta, 1048/2017). Lisäksi energiatehokkuusluokkajakauman arvioinnissa on laskettu aluksi energiatehokkuusluokkajakaumat ikäluokittain ja painotettu ikäluokkakohtaiset jakaumat kunkin ikäluokan kerrosalan mukaan. Uudet rakennukset ovat energiatodistusrekisterissä parhaiten edustettuina, joten ilman painotusta ne vääristäisivät energiatehokkuusluokkien jakaumaa.

Kun kullekin rakennustyyppille on tällä tavalla arvioitu vuoden 2020 lähtötilannetta kuvaava keskimääräinen E-luku, E-luvun kehitystä vuoteen 2050 on mallinnettu lämpöenergiankulutuksen laskevan trendin avulla. Keskimääräinen E-luku ei kuitenkaan pienene täsmälleen samaa tahtia kuin lämpöenergiankulutus: poistuma vaikuttaa koko rakennuskannan lämpöenergiankulutuksen pienenemiseen. On myös huomioitu, että vaikka lämpöpumpuenergia on mukana rakennuskannan lämpöenergiankulutuksessa, rakennuksen hyödyntämä ympäristön lämpö pienentää rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta ja siten myös E-lukua. Myös rakennuskohtaisen aurinkosähkön tuotannon yleistymisen ennakoitua pienentävän E-lukuja jonkin verran.

Tilastokeskuksen Sähkön ja lämmön tuotanto -tilaston avulla on arvioitu aurinkosähkön tuotantomäärää Suomessa vuonna 2020 (kuvio 1). Toisen asteen polynomisovituksella ekstrapoloiden saadaan 150 GWh aurinkosähkön tuotanto vuonna 2020. Aurinkosähkön tuotannon kehitystä vuoteen 2050 on puolestaan arvioitu PITKO-hankkeen avulla korjaten vuoden 2020 alkutilanne vastaamaan arvoa 150 GWh.



Kuvio 1. Aurinkosähkön tuotannon toteutunut kehitys (pisteet) ja 2. asteen polynomisovitus, jonka avulla arvioidaan tuotannon olevan 150 GWh vuonna 2020.

Aurinkosähkön kokonaistuotanto sisältää muutakin kuin rakennusten aurinkosähköasennukset. Lisäksi rakennusten aurinkosähkön tuotanto tulee osittain asuinrakennusten ja ei-asuinrakennusten kesken. Täsmällistä tilastotietoa aiheesta ei ole saatavilla, joten aurinkosähkön tuotannon jakautumista rakennustyyppien kesken on arvioitu lähteen Ahola (2019) avulla. Aholan arvio on, että aurinkosähkön tuotantokapasiteetista 40 % liittyy yksityisiin asuinrakennuksiin, 30 % on kaupallista tuotantoa ja 30 % teollista. Tässä selvityksessä 40 % aurinkosähkön tuotantoa jyvitetään asuinrakennuksille ja 30 % ei-asuinrakennuksille.

Aurinkosähkön tuotannon jakautuminen eri tyyppisten asuinrakennusten kesken on puolestaan mallinnettu taulukon 11 mukaan. Taulukko on tutkimusryhmän oletus. Oletuksen mukaan aurinkosähkön tuotanto kasvaa kaikissa rakennustyypeissä, mutta kerrostaloissa sen ennakoitaan kasvavan voimakkaimmin energiakorjausavustusten seurauksena ja hyvityslaskennan mahdollistuessa taloyhtiöille. Yllä kuvattujen lähtötietojen ja oletusten mukaisesti saadut aurinkosähkön tuotantomäärät asuinrakennuksissa ja ei-asuinrakennuksissa on koottu taulukkoon 12.

Taulukko 11. Oletus aurinkosähkön tuotannon osuuden jakautumisesta eri tyyppisten asuinrakennusten kesken. Tuotannon arvioidaan runsastuvan eniten kerrostaloissa.

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---------------------|------|------|------|------|
| Omakotitalot, % | 75 | 72,5 | 70 | 67,5 |
| Rivitalot, % | 25 | 22,5 | 20 | 17,5 |
| Asuinkerrostalot, % | 0 | 5 | 10 | 15 |

Taulukko 12. Aurinkosähkön ennakoitu tuotanto asuinrakennuksissa ja ei-asuinrakennuksissa 2020–2050.

| | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--------------------------|------|------|------|-------|
| PITKO, GWh | 88 | 1598 | 5292 | 7770 |
| Korjattu ennuste, GWh | 150 | 2724 | 9020 | 13244 |
| Omakotitalot, GWh | 45 | 790 | 2526 | 3576 |
| Rivitalot, GWh | 15 | 245 | 722 | 927 |
| Asuinkerrostalot, GWh | 0 | 54 | 361 | 795 |
| Ei-asuinrakennukset, GWh | 45 | 817 | 2706 | 3973 |

Taulukossa 13 on esitetty esimerkki, kuinka kerrostalon E-luvun keskiarvon kehitys on arvioitu vuosille 2030, 2040 ja 2050. Rakennuskannan mallin mukaisesta lämmitysenergiankulutuksesta on vähennetty lämpöpumpujen ympäristöstä ottama ilmaisenergia ja kerrostaloissa tuotetun aurinkosähkön määrä. Tällä tavalla korjattu energiakulutus on muutettu neliökohtaiseksi, jolloin poistuman vaikutus tulee huomioiduksi, eli poistuman ei anneta pienentää jäljelle jäävien rakennusten keskimääräistä E-lukua. Korjatun energiakulutuksen laskevan trendin avulla on määritetty E-luvun keskiarvolle samassa suhteessa laskeva trendi. Sama informaatio on annettu eri rakennustyyppien osalta liitteessä B (Omakoti- ja paritalot, rivitalot, asuinkerrostalot, toimistot, liikeraennukset ja opetusrakennukset).

Taulukko 13. E-luvun keskiarvon kehityksen arviointi vuosille 2020–2050 ja laskennan välivaiheet, esimerkkinä asuinkerrostalot.

| Asuinkerrostalot | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|-------|-------|------|------|
| Kerrosala milj. m ² | 104,0 | 97,8 | 90,9 | 83,6 |
| Laskennan tulosten mukainen lämpöenergiankulutus, GWh | 15442 | 12002 | 9635 | 7698 |
| Laskennan tulosten mukainen vähennys: lämpöpumppuenergia, GWh | 81 | 836 | 1181 | 1180 |
| Vähennys: aurinkosähkö, GWh | 0 | 54 | 361 | 795 |
| Korjattu vertailuenergiakulutus, GWh | 15361 | 11112 | 8093 | 5723 |
| Korjattu vertailuenergiakulutus, kWh / m ² | 148 | 114 | 89 | 68 |
| E-luvun keskiarvon ennakoitu kehitys | 152 | 117 | 92 | 70 |

On tärkeää huomata, että korjatun vertailuenergiakulutuksen ei ole tarkoitus olla sama kuin E-luku tai edes sen approksimaatio. Kerrostalo-esimerkin tapauksessa arvot ovat hyvin lähellä toisiaan, mutta näin ei ole kaikilla rakennustyypeillä. Korjattu vertailuenergiakulutus on laskennan apusuure. Yhteys E-lukujen ja rakennuskannan lämmitysenergiatarpeen välillä sisältää pakostakin paljon laskennallisia oletuksia, joista osaan sisältyy suurtakin epävarmuutta: esimerkiksi kaikki rakennuksissa tuotettu aurinkosähkö ei välttämättä pienennä E-lukua täysimääräisesti. Lisäksi tulee ottaa huomioon, että mikäli E-luvun laskentatapa tai energiamuodon kertoimet muuttuvat, E-lukujen ennakoitu kehitys täytyy tarkastella uudelleen.

Kun kunkin rakennustyyppien keskimääräisen E-luvun kehitys on arvioitu yllä kuvatulla tavalla vuosille 2030, 2040 ja 2050, näille vuosille on simuloitu energiatehokkuusluokkien A–G jakauma, joka tuottaa ennakoitua keskimääräisen E-luvun. Simuloinnissa lähtöaineistona on käytetty energiatodistusrekisteristä koostettuja rakennustyyppikohtaisia energiatehokkuusluokkien keskimääräisiä E-lukuja ja energiatehokkuusluokkien suhteellisia osuuksia kaikista rakennustyyppien rakennuksista. Jokaisen energiatehokkuusluokan sisäisten E-lukujen on oletettu olevan normaalisti jakautuneita siten, että jakauman keskiarvo on energiatehokkuusluokan keskimäinen E-luku. Minimi- ja maksimiarvot noudattavat energiatehokkuusluokan minimi- ja maksimiraja-arvoja. A-luokan alarajaksi on asetettu 0 ja G-luokan yläraja on ääretön. Kullekin välitavoitevuodelle simuloituista jakaumista on laskettu rakennustyyppien kaikkien rakennusten painotettu E-luvun keskiarvo, jota on verrattu ennakoitua E-luvun keskiarvoon. Vertailun avulla on määritetty skaalauksitekijä, jolla on skaalattu kunkin simuloitua energiatehokkuusluokan E-lukujakaumaa siten, että uudelleen laskettu painotettu keskiarvo täsmää kohdassa ennakoitua E-luvun keskiarvoon. Jakauman sovituksista on esitetty esimerkki liitteessä C. Esimerkkitalotyypin on asuinkerrostalot.

Rakennuksien energiatehokkuusluokat siis paranevat skaalaustekijästä ja rakennustyyppin lähtötilanteen keskimääräisestä E-luvusta riippuen. Rakennukset on luokiteltu energiatehokkuusluokkiin niiden skaalattujen E-lukujen perusteella noudattaen energiatehokkuusluokkien minimi- ja maksimiraja-arvoja.

Tässä raportissa on ei-asuinrakennusten lämmitysenergiankulutus ja päästöt käsitelty yhtenä kokonaisuutena. Energiatehokkuusluokkatarkastelut on sen sijaan tehty käyttötarkoitukseltaan, jotta erilaiset lähtötilanteet ja energiatehokkuusluokkien rajat voidaan ottaa huomioon. Energiatehokkuusluokkatarkastelu on tehty ainoastaan toimistoille, liikerakennuksille sekä opetusrakennuksille ja päiväkodeille. Ei-asuinrakennuksiin kuuluvista majoitusliikerakennuksista, sairaaloista ja liikuntahalleista on käytettävissä liian vähän vuoden 2018 määräysten mukaisia energiatodistuksia. Erityisesti majoitusliikerakennukset ja sairaalat kuluttavat runsaasti energiaa, joten tavoitteiden asettamiseen ja seurantaan on syytä palata, kun rekisteriaineistoa kertyy lisää.

4. Laskentamalli

4.1 Energiankulutuksen ja päästöjen laskenta

FineBuild (Finnish Emissions of Buildings) -laskentamalli rakennettiin tuottamaan Suomelle indikaattorein seurattava etenemisura rakennusten lämmitysenergiankulutukselle ja sen tuottamille päästöille. FineBuild-malli perustuu rakennustyyppikohtaiseen lämmitystapajakaumaan ja sen dynaamiseen kehitykseen politiikkatoimien ja teknologian kehityksen edistämänä. Lisäksi kehitykseen vaikuttavat peruskorjaukset, ilmastonmuutos ja rakennuskannan poistuma. FineBuild-malli ohjelmoitiin R-ohjelmointikielellä joustavaksi ja selkolukuseksi työkaluksi. Mallin rakenne on modulaarinen ja tarpeen tullen sitä on helppo laajentaa. Mallin tarvitsemat lähtöaineistot luetaan sisään standardisoidussa Excel-taulukkomuodossa, mikä suoraviivaistaa aineistojen hallintaa FineBuild-mallin kanssa työskenneltäessä. Mallin käyttäminen ei vaadi erityisiä ohjelmointitaitoja. FineBuild-laskentamallin tuottamia tuloksia voidaan tarkastella R-ohjelmointiympäristössä kuten RStudioissa, mallin automaattisesti tuottamassa Excel-tulostaulukossa tai vuorovaikutteisesti R:lle tarjolla olevan Shiny-kirjaston avulla.

FineBuild-mallin laskenta perustuu dynaamisiin moduuleihin (katso kuvio 2). **Ensimmäinen moduuli** (yhtälö 1.) laskee kyseisen ajanhetken $t \in [2020, 2030, 2040, 2050]$ lähtökohtaisen energiankulutuksen $a^t(r, h)$ rakennustyyppittäin r ja lämmitystavoittain $h \in [\text{wood}, \text{fossils}, \text{ambient}, \text{district}, \text{el}]$. Parametri $a^t(r, h)$ kuvaa lämmitystapojen lähtökohtaista jakaumaa ajanhetkellä t (katso luku 3.5), ja parametri $E^{t-1}(r, h)$ kuvaa edellisen ajanhetken lämmitysenergiankulutusta. Lähtökohtaisesta energiankulutuksesta on vähennetty saunojen energiankulutus $s^t(r, h)$:

$$1. \quad a^t(r, h) = \alpha^t(r, h)E^{t-1}(r, h) - [s^t(r, h)]$$

Toinen moduuli (yhtälö 2.) laskee rakennuskannan rakennustyyppikohtaisen poistuman $\beta^t(r)$ (katso luku 3.2) vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen. Parametri $b^t(r, h)$ on laskennan apuparametri:

$$2. \quad b^t(r, h) = \beta^t(r)a^t(r, h)$$

Kolmas moduuli (yhtälö 3.) laskee ilmastonmuutoksen δ^t (katso luku 3.3) vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen. Parametri $c^t(r, h)$ on laskennan apuparametri:

$$3. \quad c^t(r, h) = \delta^t b^t(r, h)$$

Neljäs moduuli (yhtälö 4.) laskee korjaustoimenpiteiden ja kunnossapidon $\varepsilon^t(r)$ (katso luku 3.4) vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen. Parametri $d^t(r, h)$ on laskennan apuparametri:

$$4. \quad d^t(r, h) = \varepsilon^t(r)c^t(r, h)$$

Viides moduuli (yhtälö 5.) laskee energia-avustusten $\theta^t(r, h)$ (katso luku 3.7) vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen. Energia-avustuksen vaikutukset eivät ole osuuksia vaan absoluuttisia lukuja. Parametri $e^t(r, h)$ on laskennan apuparametri:

$$5. \quad e^t(r, h) = \theta^t(r, h)$$

Kuudes moduuli (yhtälö 6.) laskee lämmitysöljystä luopumisen $\epsilon^t(r, h)$ (katso luku 3.6) vaikutukset lämmitysenergian kulutukseen. Lämmitysöljystä luopumisen vaikutukset lasketaan niin, että ne eivät vaikuta kokonaisenergiankulutukseen, joten lämmitysöljyn käytön vähentäminen lisää puolestaan muiden lämmitystapojen käyttöä. Laskenta on ohjattu niin, että lämmitysöljystä luopuminen lisää lämpöpumppujen ja siten myös sähkön käyttöä. Parametri $e^t(r, h)$ on laskennan apuparametri:

$$6. f^t(r, 'fossil') = \epsilon^t(r, 'fossil')d^t(r, h)[1 + \epsilon^t(r, 'ambient') + \epsilon^t(r, 'el')]$$

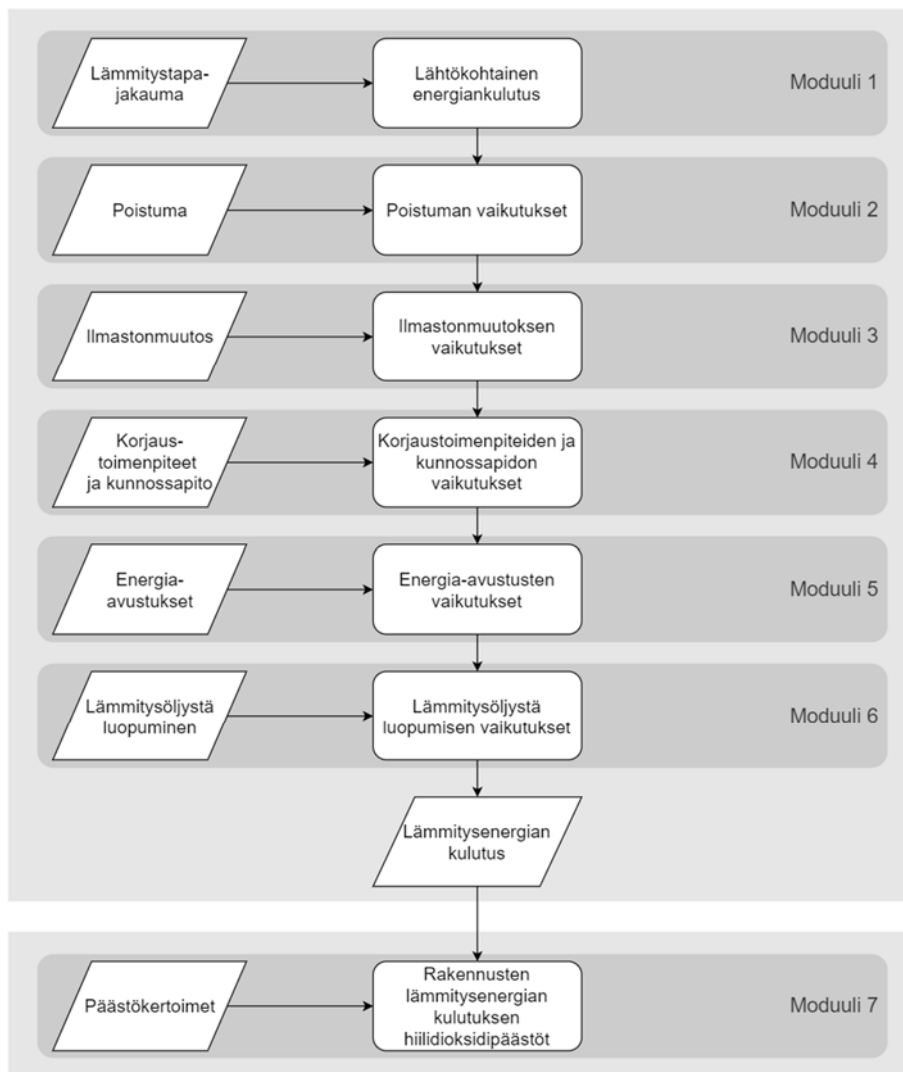
$$\text{s.t. } \epsilon^t(r, 'ambient') + \epsilon^t(r, 'el') = 1$$

Rakennusten lämmitysenergian kulutus $E^t(r, h)$ lasketaan moduulien apuparametrien avulla:

$$7. E^t(r, h) = a^t(r, h) - b^t(r, h) - c^t(r, h) - d^t(r, h) - e^t(r, h) - f^t(r, h)$$

Seitsemäs moduuli laskee rakennusten lämmitysenergian kulutuksen hiilidioksidipäästöt $C^t(r, h)$ lasketaan päästökertoimen $\vartheta^t(h)$ (katso luku 3.8) avulla.

$$8. C^t(r, h) = E^t(r, h)\vartheta^t(h)$$



Kuvio 2. FineBuild-mallin moduulien laskennan eteneminen.

4.2 Energiatohokkuusluokkien laskenta

Energiatohokkuusluokkien laskenta tehdään erikseen kaikille tarkastelluille rakennustyypeille r vuosina $t = [2030, 2040, 2050]$. Lähtövuoden 2020 keskimääräiset energiatohokkuusluokkakohtaiset ($k = 1, \dots, 7$, missä $A = 1, \dots, G = 7$) E-lukujen keskiarvot ($\bar{X}_{r,k}^{2020}$) ja energiatohokkuusluokkien suhteelliset osuudet ($Z_{r,k}^{2020}$) lasketaan energiatodistusrekisteristä. Vuosille 2030, 2040 ja 2050 asetetut rakennustyyppikohtaiset keskimääräiset E-lukujen vaatimukset (\bar{X}_r^t) on laskettu perustuen edellä kuvattuun laskentamalliin.

Laskennan lähtötilanteessa energiatohokkuusluokkien E-luvut oletetaan normaalisti jakautuneiksi $X_{r,k}^{2020} \sim N(\mu, \sigma^2)$ siten, että jakaumien keskiarvot ovat $\mu = \bar{X}_{r,k}^{2020}$. Jakaumien varianssit on asetettu siten, että jakaumien ala- ja ylärajat noudattavat rakennustyyppi- ja E-luokkakohtaisia ala- ja ylärajoja ($alaraja_{r,k} \leq X_{r,k}^t < yläraja_{r,k}$). Laskennassa oletetaan, että energiatohokkuusluokkien ala- ja yläraja-arvot eivät muutu yli ajan. Rakennusten määrä kussakin lähtötilanteen jakaumassa ($Y_{r,k}^{2020}$) on:

$$9. Y_{r,k}^{2020} = Z_{r,k}^{2020} \times Y_r^{2020}, \quad \forall r, k$$

missä Y_r^{2020} on rakennustyyppiin r kuuluvien rakennusten määrä vuonna 2020. Seuraavaksi muodostetaan energiatohokkuusluokkajakaumat yllä olevien tietojen perusteella ja lasketaan simuloitu E-lukujen keskiarvo \hat{X}_r^{2020} yli energiatohokkuusluokkien k . Mikäli $\hat{X}_r^{2020} \neq \bar{X}_r^t$, niin alkuperäisiä rakennustyyppiin r E-lukuja skaalataan seuraavasti:

$$10. \hat{X}_{r,k}^t = \frac{\bar{X}_r^t}{\hat{X}_r^{2020}} \times X_{r,k}^{2020}, \quad \forall r, k, t$$

missä $\hat{X}_{r,k}^t$ ovat skaalatut rakennustyyppi- ja energiatohokkuusluokkakohtaiset E-lukujakaumat, joista lasketaan rakennustyyppiin vuosikohtainen E-luvun keskiarvo yli energiatohokkuusluokkien \hat{X}_r^t . E-lukujakaumia skaalataan kunnes $\hat{X}_r^t = \bar{X}_r^t$.

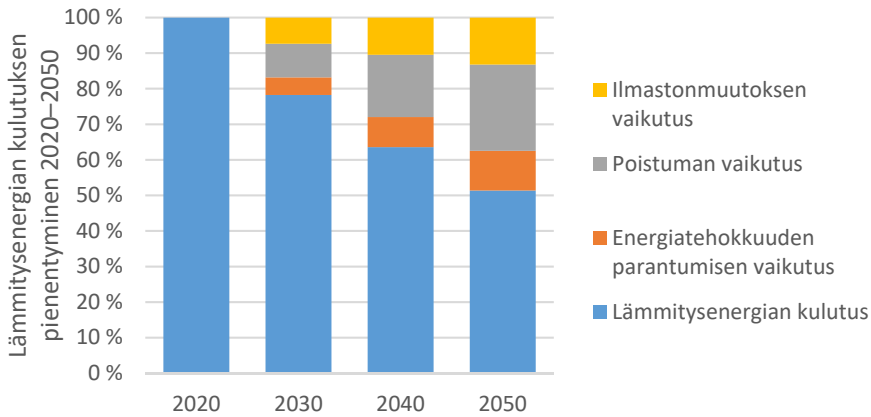
Perustuen $alaraja_{r,k}$ ja $yläraja_{r,k}$, rakennukset allokoidaan energiatohokkuusluokkiin. Lopputuloksena, skaalauksen jälkeen osa aiemmin luokkaan k kuuluvista rakennuksista voi siirtyä luokkaan $k - 1$ (kunnes $k = 1$) riippuen lähtötilanteen E-luvusta ja energiatohokkuusluokkien ala- ja ylärajoista. Lopuksi, osa rakennuksista luokitellaan lähes nollaenergiarakennuksiksi simuloitujen E-lukujen perusteella.

5. Välitavoitteet ja indikaattorit

5.1 Lämmitysenergian kulutus

Lämmitysenergian kulutus kuvaa vuonna 2020 olemassa olevien asuin- ja ei-asuinrakennusten lämmittämiseen, jäähdyttämiseen, ilmanvaihtoon ja lämpimän käyttöveden kulutukseen kuluvaa energiaa (Taulukko 14). Rakennusten bruttoenergian kulutus kattaa sekä ostoenergian että lämpöpumppujen tuottaman energian.

Lämmitysenergian kulutukseen vaikuttavat 2020–2050 aikavälillä ilmaston muutos, poistuma 2020 rakennuskannasta ja tilatehokkuuden parantuminen, ulkovaipan rakenteiden ja teknisten järjestelmien energiatohokkuuden parannukset sekä kunnossapidon toimenpiteet (Kuvio 3). Lämmitysenergian kulutuksen vähenemiseen vaikuttavat huomattavasti poistuman ja ilmastonmuutoksen kehitys. Poistumaan ja ilmastonmuutokseen sekä näiden lämmitysenergiankulutukseen liittyviin vaikutuksiin liittyy paljon epävarmuuksia. Energiatohokkuuden parantumisen vaikutuksia voidaan ohjata politiikalla, mutta siihenkin liittyy esimerkiksi suhdannevaihteluihin liittyviä epävarmuuksia.



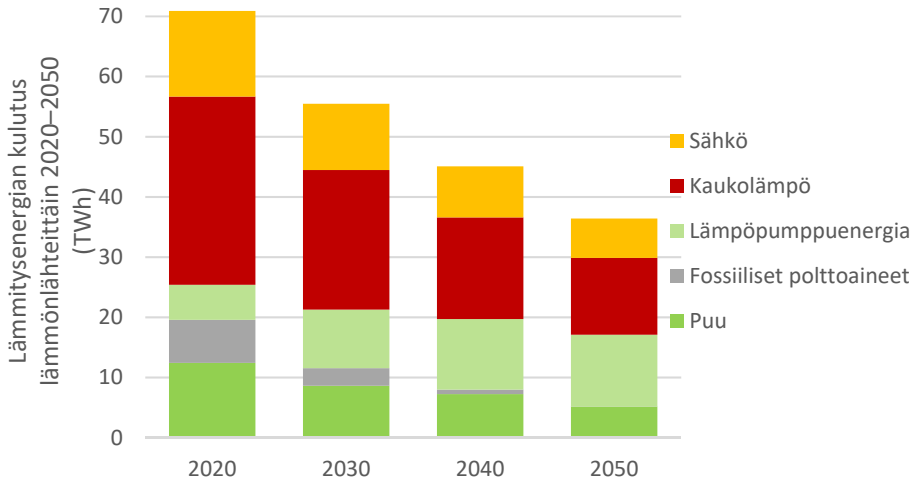
Kuvio 3. Lämmitysenergian kulutus 2020 olemassa olevassa rakennuskannassa 2020–2050. Siniset palkit osoittavat lämmitysenergian kulutuksen pienentymisen vuoteen 2020 verrattuna (%). Ilmaston lämpenemisen, rakennusten poistuman ja energiatehokkuuden parantumisen vaikutukset on osoitettu omilla väreillään.

Taulukko 14. Lämmitysenergian kulutuksen kehitys 2020–2050.

| Lämmitysenergian kulutus | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|--|---------|--------|--------|--------|--------|
| Asuin- ja ei-asuinrakennukset yhteensä | Lämmitysenergian kulutus (brutto) | GWh/a | 70 900 | 55 500 | 45 100 | 36 400 |
| Asuin- ja ei-asuinrakennukset yhteensä | Lämmitysenergian kulutus vuoteen 2020 verrattuna (brutto) | % | 100 | 78 | 64 | 51 |
| Asuin- ja ei-asuinrakennukset yhteensä | Lämmitysenergian kulutus (ostoenergia) | GWh/a | 65 100 | 45 700 | 33 300 | 24 500 |
| Asuin- ja ei-asuinrakennukset yhteensä | Lämmitysenergian kulutus vuoteen 2020 verrattuna (ostoenergia) | % | 100 | 70 | 51 | 38 |

5.2 Lämmitystapa

Lämmitystapojen kehitystä kuvataan vuoteen 2020 mennessä valmistuneiden rakennusten eri lämmönlähteiden osuuksien muutoksina (Taulukko 15). Lämmönlähteitä ovat puu, fossiiliset (kevyt polttoöljy ml. bioöljy, maakaasu, kivihiili, turve), kaukolämpö, lämpöpumppujen ympäristöstä ottama energia, sähkö (ml. lämpöpumppujen ja lämmitysjärjestelmien kuluttama sähkö). Lämmitystapojen kehityksessä huomattavaa on kaukolämmön merkityksen vähentyminen ja lämpöpumppujen merkityksen kasvu (Kuvio 4). Lämmitystapojen kehityksessä ei ole huomioitu uusia teknologioita, koska niitä ei tilastoida vielä Suomessa. Uudet teknologiat saattavat kuitenkin nousta tärkeään asemaan vuoteen 2050 mennessä.



Kuvio 4. Ennen vuotta 2020 rakennettujen asuin- ja ei-asuinrakennusten lämmitysenergian kulutus (TWh) vuosina 2020, 2030, 2040 ja 2050. Kuvassa sekä päästökauppasektorin keskitetysti tuotettu lämmitysenergia (sähkö, kaukolämpö) että taakanjakosektorilla kiinteistökohteisesti tuotettu lämmitysenergia (lämpöpumpuilla tuotettu energia, fossiiliset ja puu).

Taulukko 15. Lämmitystapojen kehitys 2020–2050.

| Lämmitystapa | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|-----------------------|--------------|---------|-------|-------|------|------|
| Omakoti- ja paritalot | Puu | GWh/a | 11385 | 7448 | 6257 | 4678 |
| | Fossiiliset | GWh/a | 3148 | 1464 | 296 | 0 |
| | Lämpöpumppu | GWh/a | 4958 | 7115 | 7881 | 7687 |
| | Kaukolämpö | GWh/a | 2629 | 1645 | 639 | 131 |
| | Sähkö | GWh/a | 9607 | 7253 | 5323 | 4200 |
| Rivitalot | Puu | GWh/a | 126 | 80 | 73 | 54 |
| | Fossiiliset | GWh/a | 186 | 0 | 0 | 0 |
| | Lämpöpumppu | GWh/a | 591 | 824 | 878 | 811 |
| | Kaukolämpö | GWh/a | 3105 | 2175 | 1594 | 1221 |
| | Sähkö | GWh/a | 1385 | 1132 | 861 | 650 |
| Asuinkerrostalot | Puu | GWh/a | 47 | 0 | 0 | 0 |
| | Fossiiliset | GWh/a | 543 | 0 | 0 | 0 |
| | Lämpöpumppu | GWh/a | 81 | 836 | 1181 | 1180 |
| | Kaukolämpö | GWh/a | 13635 | 10356 | 7767 | 6083 |
| | Sähkö | GWh/a | 1136 | 810 | 687 | 436 |
| Ei-asuinrakennukset | Puu | GWh/a | 874 | 1085 | 920 | 435 |
| | Fossiiliset | GWh/a | 3273 | 1460 | 435 | 4 |
| | Lämpöpumppu | GWh/a | 183 | 953 | 1788 | 2249 |
| | Kaukolämpö | GWh/a | 11902 | 9028 | 6871 | 5328 |
| | Sähkö | GWh/a | 2106 | 1810 | 1613 | 1261 |

5.3 Hiilidioksidipäästöt ja lämmityksen päästöintensiteetti

Vuonna 2020 olemassa olevan rakennuskannan hiilidioksidipäästöjen kehitystä seurataan raportissa esitettyjen eri rakennustyyppien osalta (absoluuttiset luvut). Lisäksi seurataan kyseisen rakennuskannan kokonaispäästökehitystä (absoluuttiset luvut ja suhteellinen muutos vuoteen 2020 verrattuna). Lämmityksen päästöintensiteetti kuvaa lämmityksen lämmönlähteiden vähähiilisyyshkehitystä. Se lasketaan kokonaispäästöjen ja lämmitysenergian kulutuksen (brutto) välisenä suhdelukuna yhteensä koko tarkasteltavan rakennuskannan osalta. Tulosten perusteella rakennuskannan energiankulutuksen hiilidioksidipäästöt laskevat 92 % vuosien 2020–2050 aikana (Taulukko 16). Lämmityksen päästöintensiteetti kuvaa yhden lämmitysyksikön (GWh) aiheuttamia päästöjä. Lämmityksen päästöintensiteetti laskee tulosten mukaan 84 prosenttia vuosien 2020–2050 aikana.

Taulukko 16. Hiilidioksidipäästöjen ja lämmityksen päästöintensiteetin kehitys.

| Päästöt | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|--|-----------------------------|------|------|------|------|
| Omakoti- ja paritalot | Hiilidioksidipäästöt | Mt CO ₂ | 1873 | 735 | 247 | 56 |
| Rivitalot | Hiilidioksidipäästöt | Mt CO ₂ | 636 | 200 | 123 | 63 |
| Asuinkerrostalot | Hiilidioksidipäästöt | Mt CO ₂ | 2398 | 812 | 514 | 279 |
| Ei-asuinrakennukset | Hiilidioksidipäästöt | Mt CO ₂ | 2902 | 1126 | 593 | 256 |
| Yhteensä | Hiilidioksidipäästöt | Mt CO ₂ | 7809 | 2874 | 1476 | 654 |
| Yhteensä | Hiilidioksidipäästöt vuoteen 2020 verrattuna | % | 100 | 37 | 19 | 8 |
| Lämmityksen päästöintensiteetti | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Asuin- ja ei-asuinrakennukset yhteensä | Päästöt/Lämmitysenergian kulutus (brutto) | 1000 t CO ₂ /GWh | 110 | 52 | 33 | 18 |

5.4 Rakennuskannan energiatehokkuusluokkien kehitys

Rakennuskannan E-lukujen kehitystä seurataan lähes nollaenergiarakennusten, 2010-luvulla valmistuneiden ja korjattujen rakennusten, sekä heikkokuntoisten rakennusten osuuksien kautta. Tulosten mukaan (taulukko 17) lähes nollaenergiarakennusten osuus vuonna 2050 on 82–100 % rakennuksista, rakennustyyppistä riippuen, ja heikkokuntoiset rakennukset poistuvat rakennuskannasta korjausten tai poistuman myötä.

Taulukko 17. Rakennuskannan energiatehokkuusluokkien kehitys 2020–2050.

| Lähes nollaenergia-rakennusten osuus | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---------|------|------|------|------|
| Omakoti- ja paritalot E-luku < 100 | Lähes nollaenergiarakennusten osuus yht. | % | 10 | 25 | 57 | 99 |
| Rivitalot E-luku < 105 | Lähes nollaenergiarakennusten osuus yht. | % | 7 | 34 | 65 | 100 |
| Asuinkerrostalot E-luku < 90 | Lähes nollaenergiarakennusten osuus yht. | % | 10 | 17 | 47 | 82 |
| Toimistorakennukset E-luku < 100 | Lähes nollaenergiarakennusten osuus yht. | % | 12 | 28 | 75 | 100 |
| Liikerakennukset E-luku < 135 | Lähes nollaenergiarakennusten osuus yht. | % | 12 | 19 | 83 | 100 |
| Opetusrakennukset ja päiväkodit E-luku < 100 | Lähes nollaenergiarakennusten osuus yht. | % | 12 | 18 | 56 | 96 |
| 2010-luvulla valmistuneiden ja vanhojen korjattujen rakennusten osuus | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Omakoti- ja paritalot | A, B ja C-energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 26 | 50 | 98 | 100 |
| Rivitalot | A, B ja C-energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 22 | 54 | 99 | 100 |
| Asuinkerrostalot | A, B ja C-energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 23 | 67 | 98 | 100 |
| Toimistorakennukset | A, B ja C-energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 48 | 77 | 100 | 100 |
| Liikerakennukset | A, B ja C-energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 69 | 89 | 100 | 100 |
| Opetusrakennukset ja päiväkodit | A, B ja C-energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 40 | 57 | 90 | 100 |
| Heikkokuntoisten rakennusten osuus | Indikaattori | Yksikkö | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
| Omakoti- ja paritalot | F ja G -energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Rivitalot | F ja G -energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Asuinkerrostalot | F ja G -energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 10 | 1 | 0 | 0 |
| Toimistorakennukset | F ja G -energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 7 | 2 | 0 | 0 |
| Liikerakennukset | F ja G -energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 9 | 3 | 0 | 0 |
| Opetusrakennukset ja päiväkodit | F ja G -energiatehokkuusluokan osuus rakennuksista yht. | % | 20 | 9 | 0 | 0 |

6. Johtopäätökset

Tämä raportti esittelee Suomen korjausrakentamisen strategia 2020–2050 tavoitteiden asettamisessa käytetyn aineiston, oletukset ja laskennassa käytetyn FineBuild-mallin. Laskenta perustuu rakennuskannan ja lämmitystapojen kehitykseen. Laskenta perustuu parhaaseen mahdolliseen nykytietoon, mutta siihen vaikuttaa suuri määrä epävarmuustekijöitä, jotka heijastuvat myös tuloksiin ja jotka tulee huomioida strategian toteutumisen seurannassa.

Laskennan tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että Suomen rakennuskanta pystytään dekarbonisoimaan EU-tavoitteiden mukaisesti. Tätä kehitystä edistävät kaukolämmön ja sähkön tuotannon puhdistuminen, kiinteistökohtaisten lämmitystapojen muutokset sekä energiatehokkuuden parantuminen. Kehitykseen vaikuttaa voimakkaasti rakennusten poistuma ja ilmaston lämpeneminen. Heikkokuntoisimmat rakennukset joko poistuvat tai niiden energiatehokkuutta parannetaan vuoteen 2050 mennessä Suomessa. Lähes nollaenergiarakennukset tulevat olemaan määräävässä asemassa vuoteen 2050 mennessä. Teknologian kehitys saattaa muuttaa lähes nollaenergiarakennusten määritelmää ja tuoda muutostarpeita tavoitteisiin ja politiikkaan.

Tässä raportissa esitelty laskenta koskee rakennusten lämmitysenergian kulutusta ja siitä aiheutuvia päästöjä. Kun lämmityksen päästöt laskevat, nousee rakentamisen ja rakennusmateriaalien tuotannon aiheuttamien päästöjen suhteellinen osuus rakennusten elinkaaren päästöistä. Ympäristöministeriö kehittää ja testaa parhaillaan kansallista menetelmää rakennuksen elinkaarisen hiilijalanjäljen laskemiseksi, ja Suomen ympäristökeskuksessa valmistellaan kansallisen rakennusmateriaalien päästötietokantaa. Hiilijalanjäljen sääntely koskenee alkuvaiheissaan uusia rakennuksia, mutta laskentamenetelmällä voidaan arvioida myös korjausten hiilijalanjälki. (Ympäristöministeriö, 2019)

Kun sekä laskentamenetelmä että rakennusmateriaalien päästötietokanta ovat käytettävissä, rakennuskannan 2020 tilaa kuvaavaksi indikaattoriksi voidaan ottaa rakennusten korjauksista aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. Nykyisessä tarkastelumallissa rakennusten korjaukset parantavat energiatehokkuutta ja siten yksinomaan pienentävät rakennuskanta 2020 päästöjä. Korjausten hiilijalanjälkeä kuvaava indikaattori tarkentaisi rakennuskannan päästöjen seurantaa ja auttaisi kiinnittämään huomiota siihen, että myös korjausmateriaaleilla ja korjaustoiminnalla on omat päästövaikutuksensa, joita tulee johdonmukaisesti vähentää.

Vaikka korjausten hiilijalanjälki jatkossa huomioitaisiin, rakennuskannan 2020 päästöjen seuraaminen jättää edelleen huomioimatta purkamisen. Mikäli olemassa oleva rakennus puretaan ja tilalle rakennetaan uusi, rakennus poistuu vuoden 2020 kannasta ja näkyy tässä kannassa yksinomaan päästövähennyksenä. Tilalle rakennettava uusi rakennus voi olla vanhaa energiatehokkaampi ja tilatehokkaampi, mutta sen rakentamisesta aiheutuu välittömästi runsaasti kasvihuonekaasupäästöjä eli ns. rakentamisen hiilipiikki.

7. Lähteet

Direktiivit, lait, asetukset

Energiamuotokertoimet rakennuksissa valtioneuvoston asetus (2017/788) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>

Energiatehokkuuden parantaminen korjaus- ja muutostöissä ympäristöministeriön asetus (4/2013) <http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/40799>

Energiatehokkuuslaki (1429/2014) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20141429>

Energiatodistus ympäristöministeriö asetus (1048/2017) <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>

EU komission suositukset korjausrakentamisen strategian sisällöstä (2019/786) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H0786&from=EN>

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertomien lukuarvoista (788/2017). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>

Valtioneuvoston asetus asuinrakennusten energia-avustuksista vuosina 2020–2022. Luonnos 23.10.2019. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=11290>

Valtioneuvoston asetus asuinrakennusten energia-avustuksista vuosina 2020–2022. Perustelumuistio 21.10.2019. <https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/DownloadProposalAttachment?attachmentId=11293>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta (1048/2017). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>

Tilastot

Asuminen ja rakentaminen. Tilastokeskus. <https://www.doria.fi/handle/10024/67151>

Asumisen energiankulutus. Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/til/asen/index.html>

Asunnot ja asuinolot. Tilastokeskus. <http://stat.fi/til/asas/index.html>

Energiatodistusrekisteri. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) https://www.energiatodistusrekisteri.fi/public_html?command=browse

Rakennukset ja kesämökit. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/rakke/index.html>

Rakennus- ja asuntotuotanto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/ras/index.html>

Rakennusluokitus (2018) Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/fi/luokitukset/rakennus/>

Rakennusten lämmityksen energialähteet rakennustyypeittäin, Tilastokeskus, https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2018/html/suom0006.htm

Sähkön ja lämmön tuotanto. Tilastokeskus. <http://www.stat.fi/til/salatuo/tau.html>

Muut lähteet

Ala-Outinen, T., Harmaajärvi, I., Kivikoski, H., Kouhia, I., Makkonen, L., Saarelainen, S., Tuhola, M. & Törnqvist, J. (2004). ”Ilmastonmuutoksen vaikutukset rakennettuun ympäristöön [Impacts of climate change on the built environment].” Espoo 2004. VTT Tiedotteita / Research Notes 2227. <https://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2227.pdf>

- Ahola, J. (2019): "National Survey Report of PV Power Applications in Finland - 2018." International Energy Agency IEA.
- Chalmers, P. (toim.) (2014). "Climate Change: Implications for Buildings. Key Findings from the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report." European Climate Foundation (ECF). https://www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-business-briefings/pdfs/briefings/IPCC_AR5__Implications_for_Buildings__Briefing__WEB_EN.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC (2014). "AR5 Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability." <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
- Jessel S, Sawyer S & Hernández D (2019). "Energy, Poverty, and Health in Climate Change: A Comprehensive Review of an Emerging Literature." *Frontiers on Public Health* 7:357. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2019.00357>
- Jylhä, K., Jokisalo, J., Ruosteenoja, K., Pilli-Sihvola, K., Kalamees, T., Seitola, T., Mäkelä, H. M., Hyvönen, R., Laapas M., Drebs, A., 2015. "Energy demand for the heating and cooling of residential houses in Finland in a changing climate." *Energy and Buildings* 99: 104-116.
- Koljonen T., Soimakallio, S., Lehtilä, A., Similä, L., Honkatukia, J., Hildén, M., Rehunen, A., Saikku, L., Salo, M., Savolahti, M., Tuominen, P. & Vainio, T., 2019. "Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys." Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2019. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-656-0>
- Pakkala, T. (2020): "Assessment of the Climate Change Effects on Finnis Concrete Facades and Balconies." Tampere University Dissertations 204. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/118937/978-952-03-1423-1.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Pääministeri Marinin hallitusohjelma (2019). "Osallistava ja osaava Suomi – sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta." <https://valtioneuvosto.fi/rinteen-hallitus/hallitusohjelma>
- Saarelainen, S. (2006). "Climate change and risks to the built environment. FINADAPT Working Paper 9." Finnish Environment Institute, Helsinki. Finnish Environment Institute Mimeographs / Suomen ympäristökeskuksen moniste 339. 22 p. <http://hdl.handle.net/10138/41051>
- Tuominen, P. (2015). "Assessing energy efficiency potential in the building stock - method for estimating the potential for improvements and their economic effects."
- Ürge-Vorsatz, D. & Tirado Herrero, S. (2012). "Building synergies between climate change mitigation and energy poverty alleviation" *Energy Policy* 49, s. 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.093>.
- Ympäristöministeriö (2019). "Rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmä." Ympäristöministeriön julkaisu 2019:22. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-029-3>

LIITE A: EU komission suosittelemat indikaattorit (EU) 2019/786

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H0786&from=EN>
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019H0786&from=EN>

Vihreä: potentiaalinen indikaattori;

Sininen: kannattaa selvittää;

Punainen: hylätään (ei tietoa / ei luotettavaa tietoa)

| 1 kohta a) yleiskatsaus kansallisesta rakennuskannasta | |
|--|---|
| <p>Rakennuksia/asuntoja/m²:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyyppin mukaan • rakennuksen iän mukaan • rakennuksen koon mukaan • ilmastovyöhykkeen mukaan <p>Mahdollinen välitavoite:</p> <ul style="list-style-type: none"> • poistuma rakennustyypeittäin ennen 2020 valmistuneista rakennuksista | <p>Rakennustyyppit: omakotitalot, rivitalot, asuinkerrostalot ja ei-asuinrakennukset Rakennuksen ikä: -1959, 1960–69, 1970–79, 1980–89, 1990–99, 2000–09, 2010–19 Rakennuksen kokoluokat: ei käsitellä Ilmastovyöhykkeet: ei käsitellä (Suomen rakennusten energiatehokkuusvaatimuksia ei ole annettu ilmastovyöhykkeittäin)</p> <p>Tiedot saatavissa Tilastokeskuksen Rakennukset ja kesämökkit -tilastosta. Tietotaso 31.12. Julkaistaan toukokuussa.</p> <p>Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökkit [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-677X. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 19.8.2019]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/rakke/index.html</p> |
| <p>Vuotuinen energiankulutus:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyyppin mukaan • loppukäytön mukaan <p>Välitavoite</p> <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyypeittäin energiansäästö • absoluuttisena lukuna ja prosentteina | <p>Rakennustyyppit: omakotitalot, rivitalot, asuinkerrostalot ja ei-asuinrakennukset Loppukäyttö: lämmitys (tilat, ilmanvaihto, käyttövesi, (LVI - sähkö?))</p> <p>Tiedot saatavissa Tilastokeskuksen energiatilaston taulukkopalvelusta (Taulu: Rakennusten lämmityksen energialähteet rakennustyypeittäin). Tietotaso 31.12. Tiedot julkaistaan seuraavan vuoden joulukuussa.</p> <p>Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus / taulukkopalvelu [verkkojulkaisu]. ISSN=1799-795X. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 19.8.2019]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/ehk/index.html</p> |
| <p>Energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • lämmitysmuodon mukaan rakennustyyppin • rakennustyyppin mukaan <p>Välitavoite</p> <ul style="list-style-type: none"> • päästöttömän energian osuus CO₂-päästöjen väheneminen | <p>Lämmitysmuoto: kaukolämpö (fossiilinen/uusiutuva), sähkö (fossiilinen/uusiutuva), kiinteistökohtaiset uusiutuvat polttoaineet ja fossiiliset polttoaineet Rakennustyyppit: omakotitalot, rivitalot, asuinkerrostalot ja ei-asuinrakennukset</p> <p>Asennettu päästötön energia SULPU, lämpöpumpputilasto https://www.sulpu.fi/tilastot Sähkön tuotanto, https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto_ja_kaytto Kaukolämmön tuotanto https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampotilasto.html#material-view</p> <p>Laskennallisesti päästökertoimilla vuotuisesta energiankulutuksesta. Sovittava, mitä päästökertoimia käytetään. Mahdolliset päästökertoimien lähteet: TILASTOKESKUS http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html#_ga=2.216720086.1745346209.1566210663-1844925747.1557911546 MOTIVA https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipäästöjen_laskentaan/co2-päästökertoimet</p> |

| | |
|---|---|
| <p>Energiatodistusten lukumäärä:</p> <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyyppin mukaan • energiatehokkuusluokittain • peruskorjattu • lähesnolla • erityisen huonokuntoiset <p>Välitavoite</p> <ul style="list-style-type: none"> • energiatehokkuusluokkien kehitys | <p>Rakennustyyppi: omakotitalot, rivitalot, asuinkerrostalot ja ei-asuinrakennukset Energiatehokkuusluokat: G, F, E, D, C, B, A Peruskorjattu: C, B, A Lähesnolla: A Erityisen huonokuntoiset G, F</p> <p>Päivitys sovittavissa EU raportointia palvelevaksi? ARA tilasto: Rakennusten energiatodistukset käyttötarkoituksen mukaan https://www.ara.fi/fi-FI/Tietopankki/Tilastot_ ja_selvitykset/Energiatodistukset</p> |
| <p>Peruskorjausluvut ??</p> <ul style="list-style-type: none"> • % kannasta rakennustyypeittäin (kerrosala, lukumäärä) • eri ikäiset rakennukset • korjausaste | <p>Rakennustyyppit: omakotitalot, rivitalot, asuinkerrostalot ja ei-asuinrakennukset Rakennuksen ikä: -1959, 1960–69, 1970–79, 1980–89, 1990–99, 2000–09, 2010–19 Korjausaste: ei Rakennusrekisteripöytäkirja peruskorjausluvista. Tieto on epävarma, koska a) rakennusten omistajat eivät hae lupia; b) toimenpiteet eivät tarvitse lupaa ja c) kunnat eivät toimita tietoja rekisteriin. Tästä syystä esim. Tilastokeskus ei tuota tilastoa peruskorjausluvista. Testaus: näkykö korjausrakentamisen asetuksen vaikutus esim. 5 v jänteellä ennen asetusta (2008-2012) ja asetuksen jälkeen 2014-2018 lupien määrässä?</p> <p>Mahdollinen lähde: Rakennusrekisteri</p> |
| <p>Peruskorjaustoimenpiteiden kustannustehokkuus (esim. netto-nykyarvo, takaisinmaksuaika, investointikustannus/vuosisäästö)</p> <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyypeittäin mukaan • ilmastovyöhykkeen mukaan • energiansäästöpotentiaali | <p>Kustannustehokkaimmat ja vaikuttavimmat toimenpiteet tunnistettavissa. Rakennusten tila ennen korjauksia moninainen ja vaikuttaa merkittävästi saavutettavaan energiansäästöön ja takaisinmaksu-aikaan. Esim. PILP:n kustannustehokkuus erilainen lamellitalossa kuin korkeassa pistetalossa tai MLP:n isossa tai pienessä kerrostalossa. Ei riittävää todistusaineistoa julkaistavaksi ympäristöministeriön raporttina.</p> |
| <p>1 kohta c) politiikat ja toimet, joilla edistetään rakennusten kustannustehokasta pitkälle menevää perusparantamista, mukaan lukien vaiheittain pitkälle menevä perusparantaminen, ja tuetaan kohdennettuja kustannustehokkaita toimenpiteitä ja peruskorjauksia esimerkiksi ottamalla käyttöön vapaaehtoinen rakennusten peruskorjausspissijärjestelmä</p> | |
| <p>Julkiset, pitkälle menevää perusparantamista koskevat ohjelmat</p> <ul style="list-style-type: none"> • toteutuneet hankkeet • aikaansaatu energiansäästö • päästövähennys • vammaisten henkilöiden esteiden poistaminen/ ennaltaehkäisy | <p>Tieto saadaan ARAn tuottamista tilastoista tai keräämistä tiedoista analysoimalla (energian-säästö ja päästövähennykset). Tähän kategoriaan kuuluvat myös vuokratalojen purkuavustukset sekä erityisryhmien asuinolojen parantamiseen suunnatut avustukset.</p> <p>Kalenterivuoden tiedot. Julkaistaan helmikuussa.</p> <p>ARAn tuottamat tilastot https://www.ara.fi/fi-FI/Tietopankki/Tilastot_ ja_selvitykset</p> |
| <p>Riittämättömissä asuinoloissa asuva väestö</p> <p>Välitavoite</p> <ul style="list-style-type: none"> • asuinolojen tilanne ei heikkene | <p>EU vertailun mukaan Suomessa heikot asuinolot ovat äärimmäisen harvinaiset. Päivitys vuosittain. Julkaistaan maaliskuussa.</p> <p>Suomen virallinen tilasto (SVT): Elinolotilasto [verkkojulkaisu]. ISSN=2669-8854. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.2.2020]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/eot/index.html</p> |
| <p>Energiaköyhyys</p> <p>Välitavoite</p> <ul style="list-style-type: none"> • energiaköyhyys pysyy vähäisenä | <p>Energy poverty observation: Suomessa energiaköyhyyttä on äärimmäisen vähän. EU:n yhteiset indikaattorit määriteltä, päivitystiheys auki. https://www.energy-poverty.eu/about/about-observatory</p> |
| <p>Jakautuneiden kannusteiden ongelma</p> <ul style="list-style-type: none"> • prosenttiosuus vuokrataloista, joiden energiatehokkuus-todistus on tietyn tehokkuus-tason alapuolella | <p>Jakaantunut kannuste: vuokranantaja maksaa korjauksen, vuokralainen korjaa hyödyn. Koska Suomessa on käytössä lämmin vuokra, vuokranantaja sekä investoi että hyötyy, joten jakaantuneen kannusteen ongelmaa ei ole.</p> <p>Otanta olisi ehkä mahdollinen energiatodistusrekisteristä, indikaattori on kuitenkin lämpimän vuokran takia tarpeeton?</p> |

| | |
|---|---|
| 1 kohta e) politiikat ja toimet, jotka kohdistuvat kaikkiin julkisiin rakennuksiin | |
| Peruskorjatut julkiset rakennukset <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyyppin mukaan • rakennuksen koon mukaan • ilmasto- ja viihteyshyönteiden mukaan | Rakennustyyppit: julkiset palvelurakennukset Testattava onko mahdollista tuottaa tilasto julkisten rakennusten korjausluvuista. Esim. näkykö korjausrakentamisen asetuksen vaikutus esim. 5 v jänteellä ennen asetusta (2008-2012) ja asetuksen jälkeen 2014-2018. Energiansäästö laskennallinen. Mahdollinen lähde: Rakennusrekisteri |
| 1 kohta f) katsaus älykkään teknologian ja hyvin verkottuneiden rakennusten ja yhteisöjen edistämiseen tähtääviin kansallisiin aloitteisiin sekä rakennus- ja energiatehokkuusalan osaamiseen ja koulutukseen | |
| Rakennusten energianhuolto-järjestelmiä (BEMS) tai vastaavia älykkäitä järjestelmät: <ul style="list-style-type: none"> • rakennustyyppittäin (erityisesti ei-asuinrakennukset), osuus % | Ympäristöministeriölle tehty selvitys BEMs nykytilanteesta, hallituksen esityksen mukainen velvoite asentaa tai päivittää järjestelmät. Korkea konsentraatio. Tiedon päivittämiseen ei ole lähdeä? |
| Julkiset ja yksityiset investoinnit älykkäisiin teknologioihin (mukaan lukien älykkäät verkot) | Voisiko tarkoittaa esim. seuraavan sukupolven sähkömittareiden yleistymistä? Ne investoinnit tekee energiayhtiöt, ei rakennusten asia? |
| Energiayhteisöihin osallistuvat kansalliset | Epävirallisesti energiayhteisöllä tarkoitetaan sähkön hajautettua (pien)tuotantoa yhteisön jäsenten käyttöön ja mahdollisesti myös muille myytäväksi? Pilotteja käynnissä mm. Stardust/Ilokkaanpuisto, Finsolar taloyhtiökokeilu. |
| Valmistuneiden opiskelijoiden lkm yliopisto ja AMK kurssit, joissa energiatehokkuutta ja siihen liittyviä älykkäitä teknologioita Uudet teknologiat ja työskentelymenetelmät tuntevien asentajien lukumäärä (valmistuneet ammattillinen/tekninen koulutus (energiatehokkuustodistusten laatijat sertifioidut, LVI-tarkastajat jne.) | Opetushallituksen tilastointi tunnistaa yliopistoista, AMK:sta ja ammattioppilaitoksista saa tilastotiedon ”sähkö ja energia” ja ”elektroniikka ja automaatio” -koulutusaloilta. Näiltä koulutusaloilta valmistuvat opiskelijat sijoittuvat myös teollisuuteen, joten valmistuneiden määrä olisi karkea estimaatti, eikä ehkä sitä, mitä tässä yhteydessä tarkoitetaan? Ammattikorkeakouluista, yliopistoista ja ammattiopistoista valmistuneet https://www.oph.fi/fi/tilastot/tilastopalvelu-vipunen Energiatodistusten laatijat, erikseen perustason pätevyys ja ylempitaso https://www.energiatodistusrekisteri.fi/public_html?p=laatijat&command=browse Pätevöityneet katselmoijat erikseen energia ja sähköenergia https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotieto_katselmuksista/patevoityneet_katselmoijat_vuosittain Sertifioidut lämpöpumppuasentajat https://www.sulpu.fi/laatumerkit-ja-sertifikaatit Uusituvan energianasentajien koulutus on aloitettu, tilastoja ei vielä olemassa https://energiavirasto.fi/uusiutuvan-energian-asentajat |
| Rakennusten energiatehokkuutta koskevien kansallisten tutkimusohjelmien budjetti | T&K tilastoidaan tieteenaloittain. Koska ”Energiatehokkuus” ei ole tieteenala, tilastot eivät auta seurannassa. Tieto olisi kerättävä rahoittajilta (Akademia, Business Finland, ...) |
| Kohta 1 (g) näyttöön perustuva arvio odotetuista energiansäästöistä ja esimerkiksi terveyteen, turvallisuuteen ja ilmanlaatuun liittyvistä laajemmista hyödyistä. | |
| Energiakustannusten väheneminen kotitaloutta kohden (keskiarvo) / energiaköyhyyden väheneminen | Lyhyellä aikavälillä kustannukset nousevat, mikäli toimenpiteen kustannukset otetaan huomioon (LCC laskenta). Energiatehokkuuden parantumisesta huolimatta kustannukset voivat nousta, jos yksikkökustannukset nousevat. |

| | |
|---|--|
| Keskimääräiset/kootut sisäilmanlaadun indeksit (IAQI) ja lämpöviihtyvyyssindeksit (TCI) | Tietoa ei ole saatavissa |
| Vältetyt sairauskustannukset / energiaremontteihin liitettävä terveystkustannusten väheneminen | Tietoa ei ole saatavissa |
| Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen vähentäminen | Tietoa ei ole vielä saatavissa. |
| Sairastavuusvakioidujen elinvuosien (DALY) tai laatuainotettujen elinvuosien (QALY) parannukset, jotka johtuvat rakennuskannan ja elinolosuhteiden paranemisesta | EU vertailujen mukaan Suomen asuinolosuhteet ovat hyvät lämmityksen suhteen, joten tästä ei aiheudu ylimääräisiä kuolemia |
| Työn tuottavuuden paraneminen paremman työympäristön ja parempien asuinolosuhteiden ansiosta | EU vertailujen mukaan Suomen asuin- ja työolosuhteet ovat hyvät lämmityksen suhteen, joten tästä ei aiheudu tuottavuuden laskua |
| Yhteiskunnalliset vaikutukset energiatehokkuuden parannusten arvo ja osuus bruttokansantuotteesta, energiatehokkuuden parannusten työllisyysvaikutus rakennus- alalla (htv/milj.€), vaikutus tuontienergian tarpeeseen | Tietoja ei tilastoida. Voidaan tuottaa laskennallisesti osuutena koko korjausrakentamisen volyymin ja tuontienergiasta (sähkö, öljy). Työllisyysvaikutus laskettavissa kertoimilla. |
| 3 kohta a) liitetään hankkeita yhteen, muun muassa toteuttamalla investointijärjestelyjä ja -ryhmiä sekä pienten ja keskusurten yritysten konsortioita investoijien pääsyn mahdollistamiseksi ja pakettiratkaisujen tarjoamiseksi potentiaalisille asiakkaille; | |
| Integroidut hankkeet | Tähän kohtaan voisi raportoida merkittävät hankkeet esim. SYKE aurinkovoimahankinta tyyppiset https://www.syke.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Tiedotteet/34_kuntaa_mukaan_aurinkovoimaloiden_yhte(39744) |
| 3 kohta b) vähennetään energiatehokkuuteen liittyvän toiminnan havaittua riskiä investoijien ja yksityisen sektorin kannalta; | |
| Energiaremonttien havaitut riskit | Tiedon saatavuus? |
| 3 kohta c) hyödynnetään julkista rahoitusta yksityisen sektorin lisäinvestointien houkutteluun tai markkinoiden toimivuuden parantamiseen | |
| Julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuudet | Rakennuskannan energiatehokkuusparannuksiin liittyvät ESKO -hankkeet (onko?) MOTIVA https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuus- ja_esco-palvelut |
| 3 kohta d) ohjataan investointeja energiatehokkaaseen julkiseen rakennuskantaan Eurostatin ohjeiden mukaisesti; ja | |
| Julkisen rakennuskannan energiaperuskorjauksiin investointi | Rakennuskantaan liittyvät energiatehokkuussopimukset MOTIVA https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatehokkuussopimukset |
| 3 kohta e) tarjotaan helposti saatavilla olevia avoimia neuvontavälineitä, kuten kuluttajille tarkoitettuja keskitettyjä palvelupisteitä ja energianeuvontapalveluja, jotka antavat tietoa asiaankuuluvista energiatehokkuutta parantavista peruskorjauksista ja rahoitusvälineistä. | |
| Energianeuvonta Organisointi Saavutettu yleisö Vaikuttavuus | Kuluttajaneuvonta, kestävien julkisen hankintojen neuvonta, Buildup skills (tähän tarkennuksia Remppa -hankkeesta) MOTIVA https://www.motiva.fi/palvelumme/viestija/neuvontapalvelut |

LIITE B: E-lukujen ja energiatehokkuusluokkien avulla määriteltyjen indikaattorien laskeminen eri rakennustyypeille, välivaiheet ja lisätiedot

Taulukko B 1. Omakoti- ja paritalojen E-lukujen keskiarvon kehitys 2020–2050, E-luokkajakaumat ja laskennan välivaiheet.

| Omakoti - ja paritalot | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kerrosala milj. m ² | 166,0 | 156,0 | 145,1 | 133,5 |
| Mallin mukainen lämpöenergiankulutus, GWh | 31727 | 24925 | 20396 | 16696 |
| Vähennys: lämpöpumppuenergia, GWh | 4958 | 7115 | 7881 | 7687 |
| Vähennys: aurinkosähkö, GWh | 45 | 790 | 2526 | 3576 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, GWh | 26724 | 17020 | 9989 | 5433 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, kWh / m ² | 161 | 109 | 69 | 41 |
| E-luvun keskiarvon ennakoitu kehitys | 234 | 159 | 100 | 59 |
| Energiatehokkuusluokan A osuus, % | 1 | 12 | 42 | 71 |
| Energiatehokkuusluokan B osuus, % | 12 | 29 | 26 | 29 |
| Energiatehokkuusluokan C osuus, % | 13 | 10 | 30 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan D osuus, % | 36 | 40 | 2 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan E osuus, % | 32 | 10 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan F osuus, % | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan G osuus, % | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan A–C osuus, % | 26 | 50 | 98 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan F–G osuus, % | 6 | 0 | 0 | 0 |
| Lähes nollaenergiarakennusten osuus, % | 10 | 25 | 57 | 99 |

Taulukko B 2. Rivitalojen E-lukujen keskiarvon kehitys 2020–2050, E-luokkajakaumat ja laskennan välivaiheet.

| Rivitalot | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Kerrosala milj. m ² | 35,0 | 32,9 | 30,6 | 28,1 |
| Mallin mukainen lämpöenergiankulutus, GWh | 5393 | 4211 | 3407 | 2736 |
| Vähennys: lämpöpumppuenergia, GWh | 591 | 824 | 878 | 811 |
| Vähennys: aurinkosähkö, GWh | 15 | 245 | 722 | 927 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, GWh | 4787 | 3142 | 1807 | 998 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, kWh / m ² | 137 | 96 | 59 | 35 |
| E-luvun keskiarvon kehitys | 208 | 145 | 90 | 54 |
| Energiatehokkuusluokan A osuus, % | 0 | 15 | 46 | 86 |
| Energiatehokkuusluokan B osuus, % | 1 | 26 | 22 | 14 |
| Energiatehokkuusluokan C osuus, % | 21 | 13 | 31 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan D osuus, % | 39 | 26 | 1 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan E osuus, % | 35 | 20 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan F osuus, % | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan G osuus, % | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan A–C osuus, % | 22 | 54 | 99 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan F–G osuus, % | 4 | 0 | 0 | 0 |
| Lähes nollaenergiarakennusten osuus, % | 7 | 34 | 65 | 100 |

Taulukko B 3. Asuinkerrostalojen E-lukujen keskiarvon kehitys 2020–2050. E-luokkajakaumat ja laskennan välivaiheet.

| Asuinkerrostalot | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|-------|-------|------|------|
| Kerrosala milj. m ² | 104,0 | 97,8 | 90,9 | 83,6 |
| Mallin mukainen lämpöenergiankulutus, GWh | 15442 | 12002 | 9635 | 7698 |
| Vähennys: lämpöpumppuenergia, GWh | 81 | 836 | 1181 | 1180 |
| Vähennys: aurinkosähkö, GWh | 0 | 54 | 361 | 795 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, GWh | 15361 | 11112 | 8093 | 5723 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, kWh / m ² | 148 | 114 | 89 | 68 |
| E-luvun keskiarvon kehitys | 152 | 117 | 92 | 70 |
| Energiatehokkuusluokan A osuus, % | 1 | 10 | 21 | 62 |
| Energiatehokkuusluokan B osuus, % | 11 | 15 | 46 | 36 |
| Energiatehokkuusluokan C osuus, % | 11 | 42 | 31 | 2 |
| Energiatehokkuusluokan D osuus, % | 39 | 27 | 1 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan E osuus, % | 28 | 5 | 1 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan F osuus, % | 8 | 1 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan G osuus, % | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan A–C osuus, % | 23 | 67 | 98 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan F–G osuus, % | 10 | 1 | 0 | 0 |
| Lähes nollaenergiarakennusten osuus, % | 10 | 17 | 47 | 82 |

Taulukko B 4. Ei-asuinrakennusten E-lukujen keskiarvon kehityksen laskemisen välivaiheet.

| Kaikki ei-asuinrakennukset | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|-------|-------|-------|------|
| Kerrosala milj. m ² | 110,0 | 101,2 | 92,1 | 82,9 |
| Mallin mukainen lämpöenergiankulutus, GWh | 18338 | 14337 | 11626 | 9277 |
| Vähennys: lämpöpumppuenergia, GWh | 183 | 953 | 1788 | 2249 |
| Vähennys: aurinkosähkö, GWh | 45 | 817 | 2706 | 3973 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, GWh | 18110 | 12567 | 7132 | 3055 |
| Korjattu vertailuenergiankulutus, kWh / m ² | 165 | 124 | 77 | 37 |

Taulukko B 5. Toimistorakennusten E-lukujen keskiarvon kehitys ja E-luokkajakaumat 2020–2050.

| Toimistorakennukset | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|------|------|------|------|
| E-luvun keskiarvon kehitys | 173 | 130 | 81 | 39 |
| Energiatehokkuusluokan A osuus, % | 1 | 12 | 56 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan B osuus, % | 14 | 29 | 39 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan C osuus, % | 33 | 36 | 5 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan D osuus, % | 27 | 20 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan E osuus, % | 17 | 1 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan F osuus, % | 4 | 2 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan G osuus, % | 3 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan A–C osuus, % | 48 | 77 | 100 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan F–G osuus, % | 7 | 2 | 0 | 0 |
| Lähes nollaenergiarakennusten osuus, % | 12 | 28 | 75 | 100 |

Taulukko B 6. Liikerakennusten E-lukujen keskiarvon kehitys ja E-luokkajakaumat 2020–2050.

| Liikerakennukset | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| E-luvun keskiarvon kehitys, toimitot | 225 | 170 | 106 | 50 |
| Energiatehokkuusluokan A osuus, % | 1 | 5 | 27 | 95 |
| Energiatehokkuusluokan B osuus, % | 16 | 61 | 66 | 5 |
| Energiatehokkuusluokan C osuus, % | 52 | 24 | 7 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan D osuus, % | 14 | 5 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan E osuus, % | 8 | 3 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan F osuus, % | 4 | 3 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan G osuus, % | 5 | 0 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan A–C osuus, % | 69 | 89 | 100 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan F–G osuus, % | 9 | 3 | 0 | 0 |
| Lähes nollaenergiarakennusten osuus, % | 12 | 19 | 83 | 100 |

Taulukko B 7. Opetusrakennusten E-lukujen keskiarvon kehitys ja E-luokkajakaumat 2020–2050.

| Opetusrakennukset ja päiväkodit | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| E-luvun keskiarvon kehitys | 223 | 168 | 105 | 50 |
| Energiatehokkuusluokan A osuus, % | 3 | 13 | 50 | 92 |
| Energiatehokkuusluokan B osuus, % | 12 | 25 | 17 | 8 |
| Energiatehokkuusluokan C osuus, % | 25 | 19 | 22 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan D osuus, % | 26 | 24 | 10 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan E osuus, % | 14 | 11 | 1 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan F osuus, % | 7 | 7 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan G osuus, % | 13 | 1 | 0 | 0 |
| Energiatehokkuusluokan A–C osuus, % | 40 | 57 | 90 | 100 |
| Energiatehokkuusluokan F–G osuus, % | 20 | 9 | 0 | 0 |
| Lähes nollaenergiarakennusten osuus, % | 12 | 18 | 56 | 96 |

LIITE C: Energiatohokkuusluokkien jakauman sovittaminen rakennustyyppin keskimääräisiin E-lukuihin vuosina 2030, 2040 ja 2050. Esimerkkinä asuinkerrostalot.

```
# ESTIMATION OF BUILDING STOCK E-CLASS DISTRIBUTION IN 2030, 2040 AND 2050 #
# Example script for apartment buildings
```

```
# RetroCheck-project, Santtu Karhinen, 2.3.2020
```

```
##### DEFINE THE MEANS AND SHARES IN THE SAMPLE DATA #####
```

```
a_mean <- 72
b_mean <- 88
c_mean <- 116
d_mean <- 146
e_mean <- 176
f_mean <- 216
g_mean <- 289
```

```
a_share <- 0.01
b_share <- 0.11
c_share <- 0.11
d_share <- 0.39
e_share <- 0.28
f_share <- 0.08
g_share <- 0.02
```

```
shares_2020 <- as.matrix(c(a_share, b_share, c_share, d_share, e_share, f_share, g_share))
```

```
##### DEFINE THE PARAMETERS NEEDED IN THE SIMULATION #####
```

```
weighted_mean <- a_mean*a_share + b_mean*b_share + c_mean*c_share + d_mean*d_share + e_mean*e_share +
f_mean*f_share + g_mean*g_share
weighted_mean
```

```
weighted_mean <- 117 # Required E-value mean in 2030. Uncomment this line to simulate year 2030.
#weighted_mean <- 92 # Required E-value mean in 2040. Uncomment this line to simulate year 2040.
#weighted_mean <- 70 # Required E-value mean in 2050. Uncomment this line to simulate year 2050.
```

```
scaling_factor <- weighted_mean/mean(all) # Iterate the first round to get initial guess of mean(all)
```

```
apart_build_number <- 100000 # The number of buildings used in the simulation. This is arbitrary choice, but it is set
high to ensure smooth distributions.
```

```
a_number <- apart_build_number*a_share
b_number <- apart_build_number*b_share
c_number <- apart_build_number*c_share
d_number <- apart_build_number*d_share
e_number <- apart_build_number*e_share
f_number <- apart_build_number*f_share
g_number <- apart_build_number*g_share
```

```
##### SIMULATE THE NEW ENERGY CLASS DISTRIBUTIONS #####
```

```
# Energy class A #
```

```
a_distr = as.matrix(rnorm(a_number, mean = 72, sd = 1.4)) # Mean is the middle E-value in A-class. Standard deviation
is set such that the minimum and maximum represent the upper and
lower limit of the energy class.
```

```
a_distr_trunc <- subset(a_distr, a_distr > as.matrix(quantile(a_distr, seq(0,1,0.01)))[2]
& a_distr < as.matrix(quantile(a_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated
distribution values are excluded.
```

```
min(a_distr_trunc)
max(a_distr_trunc)
```

```

a_distr_new <- as.matrix(a_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                                    over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                                    2040 or 2050).

min(a_distr_new)
max(a_distr_new)
# Energy class B #

b_distr = as.matrix(rnorm(b_number, mean = 88, sd = 5.1)) # Mean is the middle E-value in B-class. Standard deviation
                                                    is set such that the minimum and maximum represent the upper and
                                                    lower limit of the energy class.

b_distr_trunc <- subset(b_distr, b_distr > as.matrix(quantile(b_distr, seq(0,1,0.01)))[2]
                    & b_distr < as.matrix(quantile(b_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated
                                                    distribution values are excluded.

min(b_distr_trunc)
max(b_distr_trunc)

b_distr_new <- as.matrix(b_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                                    over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                                    2040 or 2050).

min(b_distr_new)
max(b_distr_new)

# Energy class C #

c_distr = as.matrix(rnorm(c_number, mean = 116, sd = 6.1)) # Mean is the middle E-value in C-class. Standard deviation
                                                    is set such that the minimum and maximum represent the upper and
                                                    lower limit of the energy class.

c_distr_trunc <- subset(c_distr, c_distr > as.matrix(quantile(c_distr, seq(0,1,0.01)))[2]
                    & c_distr < as.matrix(quantile(c_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated
                                                    distribution values are excluded.

min(c_distr_trunc)
max(c_distr_trunc)

c_distr_new <- as.matrix(c_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                                    over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                                    2040 or 2050).

min(c_distr_new)
max(c_distr_new)

# Energy class D #

d_distr = as.matrix(rnorm(d_number, mean = 146, sd = 6.3)) # Mean is the middle E-value in D-class. Standard deviation
                                                    is set such that the minimum and maximum represent the upper and
                                                    lower limit of the energy class.

d_distr_trunc <- subset(d_distr, d_distr > as.matrix(quantile(d_distr, seq(0,1,0.01)))[2]
                    & d_distr < as.matrix(quantile(d_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated
                                                    distribution values are excluded.

min(d_distr_trunc)
max(d_distr_trunc)

d_distr_new <- as.matrix(d_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                                    over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                                    2040 or 2050).

min(d_distr_new)
max(d_distr_new)

# Energy class E #

e_distr = as.matrix(rnorm(e_number, mean = 176, sd = 6.2)) # Mean is the middle E-value in E-class. Standard deviation
                                                    is set such that the minimum and maximum represent the upper and
                                                    lower limit of the energy class.

e_distr_trunc <- subset(e_distr, e_distr > as.matrix(quantile(e_distr, seq(0,1,0.01)))[2]

```

```

        & e_distr <- as.matrix(quantile(e_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated
                                distribution values are excluded.
min(e_distr_trunc)
max(e_distr_trunc)

e_distr_new <- as.matrix(e_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                2040 or 2050).

min(e_distr_new)
max(e_distr_new)

# Energy class F #

f_distr = as.matrix(rnorm(d_number, mean = 216, sd = 10.6)) # Mean is the middle E-value in F-class. Standard devia-
                                tion is set such that the minimum and maximum represent the upper
                                and lower limit of the energy class.
f_distr_trunc <- subset(f_distr, f_distr > as.matrix(quantile(f_distr, seq(0,1,0.01)))[2]
        & f_distr < as.matrix(quantile(f_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated dis-
distribution values are excluded.
min(f_distr_trunc)
max(f_distr_trunc)

f_distr_new <- as.matrix(f_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                2040 or 2050).

min(f_distr_new)
max(f_distr_new)

# Energy class G #

g_distr = as.matrix(rnorm(g_number, mean = 289, sd = 20)) # Mean is the middle E-value in G-class. Standard deviation
                                is set such that the minimum and maximum represent the upper and
                                lower limit of the energy class.
g_distr_trunc <- subset(g_distr, g_distr > as.matrix(quantile(g_distr, seq(0,1,0.01)))[2]
        & g_distr < as.matrix(quantile(g_distr, seq(0,1,0.01)))[100]) # Lowest and highest 1 % of the simulated
distribution values are excluded.
min(g_distr_trunc)
max(g_distr_trunc)

g_distr_new <- as.matrix(g_distr_trunc*scaling_factor) # The empirical distribution is scaled such that the mean E-value
                                over the E-classes is equal to the estimated weighted mean in 2030 (or
                                2040 or 2050).

min(g_distr_new)
max(g_distr_new)

##### SUMMARY #####

all <- rbind(a_distr, b_distr, c_distr, d_distr, e_distr, f_distr, g_distr)
all_new <- rbind(a_distr_new, b_distr_new, c_distr_new, d_distr_new, e_distr_new, f_distr_new, g_distr_new)

a_class <- subset(all_new, all_new <= 75) # Allocate buildings to A-class
b_class <- subset(all_new, all_new > 75 & all_new <= 100) # Allocate buildings to B-class
c_class <- subset(all_new, all_new > 100 & all_new <= 130) # Allocate buildings to C-class
d_class <- subset(all_new, all_new > 130 & all_new <= 160) # Allocate buildings to D-class
e_class <- subset(all_new, all_new > 160 & all_new <= 190) # Allocate buildings to E-class
f_class <- subset(all_new, all_new > 190 & all_new <= 240) # Allocate buildings to F-class
g_class <- subset(all_new, all_new > 240) # Allocate buildings to G-class

# NEW SHARES OF E-CLASSES #

a_share <- dim(a_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of A-class buildings
b_share <- dim(b_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of B-class buildings
c_share <- dim(c_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of C-class buildings

```

```
d_share <- dim(d_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of D-class buildings
e_share <- dim(e_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of E-class buildings
f_share <- dim(f_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of F-class buildings
g_share <- dim(g_class)[1]/dim(all_new)[1] # New share of G-class buildings

shares <- as.matrix(rbind(a_share, b_share, c_share, d_share, e_share, f_share, g_share))
mean(all_new) # This must be equal to the estimated mean E-value

# NEAR ZERO ENERGY BUILDINGS, NZEB #

limit <- 90 # Set here the building-type specific limit for NZEB

nzeb <- subset(all_new, all_new <= limit)
nzeb_share <- dim(nzeb)[1]/dim(all_new)[1] # Calculate the share of NZEB buildings of all buildings
nzeb_share # This is the share of NZEB buildings of all buildings
```