



Anton Helanto

EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2024/1275 vaikutus korjattavien asuinrakennuksien mitoitukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

24.4.2025

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Anton Helanto
Otsikko:	EU:n energiatehokkuusdirektiivin 2024/1275 vaikutus korjattavien asuinrakennuksien mitoittamiseen
Sivumäärä:	38 sivua + 1 liitettä
Aika:	24.4.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto:	Rakennetekniikka
Ohjaaja(t):	Lehtori Jenni Pellinen

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kirjallisuustutkimuksena EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2024/1275 tuomat uudet vaatimukset jo olemassa oleville asuinrakennuksille, sekä näiden korjaamiselle ja mitoittamiselle.

Euroopan unionin rakennusten energiatehokkuusdirektiivi tuli voimaan 28.5.2024. Direktiivi esittää useita uusia vaatimuksia uusille ja jo olemassa oleville rakennuksille, sekä näiden teknisille järjestelmille. Opinnäytetyössä käytiin läpi vaatimusten sisältöä, joita energiatehokkuusdirektiivi asettaa jo olemassa oleville asuinrakennuksille sekä niiden täytäntöönpanoa Suomessa.

Tämän lisäksi tarkasteltiin EU:n komission toimeksiannolla rakennuksen energiatehokkuuden tarkastelua varten luotuja laskentamenetelmiä ja kuinka niillä voidaan määritellä rakennuksen vaipan lämmönläpäisykerroin eli U-arvo.

Työn tuloksena todettiin, että valtaosa päivitetyn energiatehokkuusdirektiivin vaatimuksista ovat vastaavia kuin edeltävissä direktiiveissä ja uutena asiana olemassa oleville asuinrakennuksille on sitova tavoite vähentää asuinrakennusten energiankulutusta ja päästöjä vuoteen 2050 mennessä. Vaatimusten sisältöä ei kyetty käymään yksityiskohtaisemmin läpi, koska niiden toimeenpano on vielä kesken, minkä seurauksena tarkempia vaatimuksia ei ole vielä määritelty.

Laskentamenetelmien osalta todettiin, että ne ovat vastaavat kuin Suomessa tällä hetkellä käytössä olevat laskentamenetelmät rakennusten energiatehokkuuden mitoittamisessa. Ympäristöministeriön ministeriön laskentaohjeet jopa viittavat näihin laskentamenetelmiin.

Avainsanat: EPBD, EPB-standardit, U-arvo, korjausrakentaminen

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author(s): Anton Helanto
Title: Affect of EU Energy Performance of Buildings Directive 2024/1275 on Renovation and Structural Design of Residential Buildings
Number of Pages: 38 pages + 1 appendix
Date: 24 April 2025

Degree: Bachelor of engineering
Degree Programme: Civil engineering
Specialisation option: Structural Engineering
Instructor(s): Jenni Pellinen, Senior Lecturer

The goal of this thesis was to examine the new regulations of the EU Energy Performance of Buildings Directive 2024/1275 as it pertained to the renovation and structural design of existing residential buildings and their implementation in Finland.

The thesis also examined the accompanying calculating methodology also known as EPB-standards of the Energy Performance of Buildings Directive as it pertained to calculating the thermal transmittance or U-value of buildings

The result of this thesis was a preliminary list of new regulation regarding existing residential buildings. The majority of the regulation was only a recast of previous energy performance directives and the only new major change regarding existing residential buildings is a mandatory objective on reducing the energy consumption and emissions of these buildings by 2050. The list of regulations is only preliminary because the implementation of the directive is still pending on the calculation methodology to determine minimum energy efficiency requirements.

As regarding calculation methodology the thesis concluded that the current methodology use in Finland is more or less identical to the methodology presented in the EPB-standards and local officials even cite them in their calculation guidelines.

Keywords: EPBD, EPB-standards, U-value, renovation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi	2
2.1	Tavoite	3
2.2	Rakennuksen energiatehokkuuden määritelmä	3
2.3	Päästöttömän rakennuksen määritelmä	3
3	Korjattavia asuinrakennuksia koskevat vaatimukset	4
3.1	Sitova asuinrakennuskannan energiatarpeen vähentäminen	4
3.2	Kansallinen perusparannussuunnitelma	5
3.2.1	Rakennusten energiatehokkuustietokannat	6
3.2.2	Perusparannuspassijärjestelmä	6
3.2.3	Laajamittaisen korjauksen määritelmä	6
3.3	Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset	7
3.4	Poikkeukset energiatehokkuusvaatimuksissa korjausrakentamisessa	8
3.5	Aikataulu	10
4	Mitoitusmenetelmät	11
4.1	EPB-standardit	11
4.1.1	Tausta	12
4.1.2	Moduulirakenne	12
4.1.3	EPB-standardien rajoitteet	13
4.1.4	EPB-standardien tulevaisuus	13
4.2	Rakenteiden mitoitus	14
4.3	Mitoitus EN 6946 yksinkertaistetun menetelmän mukaan	14
4.3.1	Lämmönvastusarvojen määrittäminen	15
4.3.2	Pintavastusarvot	15
4.3.3	Kokonaislämmönvastus	16
4.3.4	Lämmönläpäisykertoimien korjaukset	16
4.4	Alapohjien U-arvon mitoitus EN13370 mukaan	20
4.4.1	Maanvastainen laatta	22
4.4.2	Tuulettuva alapohja	24
4.4.3	Kellari	27
5	Direktiivin toimeenpano Suomessa	30

5.1	Kustannusoptimaalinen taso	30
5.2	Rakennusten U-arvo	30
5.3	Laskentamenetelmät	30
5.4	Laaja-alaisen korjaamisen määritelmä	30
5.5	Perusparannuspassi	31
6	Rakenteen laskentaesimerkki EPB-standardien mukaan: 1970-80-luvun kerrostalon ulkoseinä	31
6.1	Vanhan rakenteen U-arvon tarkastelu	32
6.2	Korjausratkaisuehdotus ja tarkastelu	32
6.2.1	Korjatun rakenteen kokonaislämmönvastus R_{tot}	33
6.3	Rakenteen U-arvo	33
6.3.1	Rakenteen U-arvon korjauskerroin	33
7	Johtopäätökset ja loppusanat	35
	Lähteet	36
	Liitteet	39
	EPB-moduulirakenne	39

1 Johdanto

Opinnäytetyön aihe syntyi omasta kiinnostuksesta selvittää päivitetyn EU:n rakennusten energiatehokkusdirektiivin vaikutus rakennesuunnitteluun korjausrakentamisen puolella.

Päivitetty EU:n rakennusten energiatehokkusdirektiivi 2024/1275 astui voimaan 28.5.2024. Direktiivi asetti uudet tavoitteet ja vaatimukset jäsenvaltioille rakennusten ja näiden teknisten järjestelmien energiankäytön osalta, jotka tulevat vaikuttamaan rakennusalaan laajamittaisesti.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää asuinrakennusten rakenteiden korjaamista koskevat vaatimukset päivitetystä energiatehokkusdirektiivistä, sekä Suomen päättämistä kansallisista valinnoista näiden osalta. Tämän lisäksi tarkastellaan direktiivin käytäntöönpanon aikataulua, sekä direktiivin tueksi kehitettyjä laskentamenelmiä, joilla osoitetaan tarkasteltavan rakenteen vaatimustenmukaisuus.

Opinnäytetyö tehdään kirjallisuustutkielmana, jossa lähdemateriaalina käytetään EU:n ja Suomen viranomaisten, sekä näiden sidosryhmien julkaisemia asiakirjoja aiheesta.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan direktiiviä vain niiltä osin, jotka liittyivät korjattaviin jo olemassa oleviin asuinrakennuksiin ja niiden vaatimuksiin. Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä rakennusten teknisiä järjestelmien ja muiden rakennustyyppien vaatimuksia, joihin energiatehokkusdirektiivi myös vaikuttaa.

2 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi, eli EPBD, on EU:n pääasiallinen lainsäädäntötyökalu rakennusten energiankäytön sääntelyyn. Uusin EPBD 2024/1275 astui voimaan 28.5.2024. Direktiivi on päivitys vuoden 2010 direktiiviin, joka on jatkumo alkuperäiseen, vuoden 2002 rakennusten energiatehokkuus direktiiviin. (1; 5.)

Päivitetty EPBD 2024 on osa Euroopan vihreän kehityksen ohjelma, jonka tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasujen nettopäästöjä 55% 1990-luvun tasoista unionin alueella vuoteen 2030 mennessä. (1, alkusanat kohta 2.)

Direktiivissä esitetään useita toimenpiteitä ja vaatimuksia rakennuksille ja niiden teknisille järjestelmille näiden energiatehokkuuden parantamiseksi jäsenmaissa. Alla on listattuna ne asiat joiden vaatimuksista EPBD:ssä säädetään:

- Kokonaisenergiatehokkuuden laskentamenetelmän yleisestä yhteisestä kehyksestä
- energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten soveltamisesta uusiin ja vanhoihin rakennuksiin, rakennusten osiin, talotekniikkaan ja rakennusten omaan energiantuotantoon.
- rakennusten elinkaarenaikaisen ilmakehän lämmitysvaikutuspotentiaalin laskemista ja ilmoittamista uusissa rakennuksissa
- perusparannuspassit
- kansalliset rakennusten perusparannussuunnitelmat
- kestävän liikkuvuuden infrastruktuuri rakennuksissa ja niiden läheisyydessä
- taloteknisten järjestelmien säännöllisistä tarkastuksista
- sertifiointista
- rakennusten sisäympäristön laadun tasosta.

Direktiivi asettaa vähimmäisvaatimukset näissä asioissa, sallien jäsenvaltiota käyttää tiukempia vaatimuksia ja toimenpiteitä, edellyttäen että tällaiset toimenpiteet ovat yhteensopivia unionin lainsäädännön kanssa. (1, 1 Artikla.)

2.1 Tavoite

Päivitetyn EPBD 2024:n tavoitteena on edistää rakennusten energiatehokkuuden parantamista ja rakennusten kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä unionissa päästöttömän rakennuskannan saavuttamiseksi vuoteen 2050 mennessä, huomioiden paikalliset ilmasto-olosuhteet, rakennuksen sisäympäristön laatuvaatimukset sekä kustannustehokkuus. (1, 1 artikla.)

2.2 Rakennuksen energiatehokkuuden määritelmä

Direktiivin liite I määrittää rakennuksen energiatehokkuuden joko lasketun tai mitatun energiankäytön perusteella, johon sisältyy rakennuksen lämmitykseen, jäähdytykseen, käyttöveden lämmitykseen, ilmanvaihtoon, kiinteään valaistukseen ja muihin rakennuksen teknisiin järjestelmiin tyypillisesti käytetty energia. (1, Liite I.)

2.3 Päästöttömän rakennuksen määritelmä

Artikla 2 ja 11 määrittelee päästöttömän rakennuksen rakennukseksi jolla on erittäin korkea energiatehokkuus ja jonka energiantarve on olematon tai erittäin alhainen ja joka ei aiheuta fossiilisista polttoaineista hiilidioksidipäästöjä paikan päällä ja joka aiheuttaa olemattoman tai hyvin alhaisen määrän kasvihuonepäästöjä rakennuksen käytöstä. (1, 2 artikla, 11 artikla.)

3 Korjattavia asuinrakennuksia koskevat vaatimukset

Päivitetty EPBD esittää useita vaatimuksia olemassa oleville asuinrakennuksille ja näiden teknisille järjestelmille, joista useat ovat peräisin jo edeltävistä energiatehokkuusdirektiiveistä. Uutena ja merkittävämpänä muutoksena edellisiin direktiiveihin jo olemassa olevien asuinrakennusten osalta on sitovat päästövähennystavoitteet, aikataulu ja kansallisen suunnitelman laatiminen tämän toteuttamiseksi. Päivitetty direktiivi antaa jäsenmaille mahdollisuuden asettaa eri tyyppisiä vaatimuksia jo olemassa olevien ja uusien rakennuksien välillä, sekä erilaisten rakennustyyppien välillä. Tässä luvussa käydään läpi direktiivin vaatimukset niiltä osin kuin ne koskevat jo olemassa olevien asuinrakennusten rakenteita ja niiden korjaamista. (1; 2.)

3.1 Sitova asuinrakennuskannan energiatarpeen vähentäminen

Artiklat 3 ja 9 velvoittaa jäsenmaita luomaan toteutettavan etenemissuunnitelman, direktiivi käyttää tästä nimeä kansallinen rakennusten perusparannussuunnitelma, jolla vähennetään rakennusten primäärienergian tarvetta rakennusten korjaustoimenpiteiden yhteydessä. Primäärienergialla tarkoitetaan energiaa, jota ei ole muutettu millään prosessilla toiseen muotoon rakennuksessa. Primäärienergia on esimerkiksi rakennuksen suora sähkönkulutus.

Direktiivi esittää sitovat välitavoitteet vuosille 2030 ja 2035 jossa:

- 2030 mennessä saavutetaan 16% vähennys asuinrakennuskannan primäärienergian käytössä vuoden 2020 tasoon nähden
- 2035 mennessä 20-22% vähennys vuoden 2020 tasoon nähden.

Vuodesta 2040 eteenpäin perusparannussuunnitelma tulee edetä kansallisesti asetettujen 5 vuoden välitavoitteiden mukaisesti, joiden tulee olla linjassa sen kanssa että jäsenvaltio saavuttaa päästöttömän rakennuskannan vuoteen 2050 mennessä.

Direktiivi velvoittaa, että 55% tästä primäärienergiakäytön vähennyksestä on saavutettava sellaisten asuinrakennusten osalta, jotka kuuluvat energiatehokkuudeltaan heikoimpaan 43% rakennuskannasta. Tämä energiatarpeen vähennys saavutetaan rakennuksien ja rakennusosien energiatehokkuutta koskevilla vähimmäisvaatimuksilla, joilla varmistetaan korjauksen riittävä perusteellisuus perusparannuksen yhteydessä. (1, 3 artikla, 9 artikla.)

3.2 Kansallinen perusparannussuunnitelma

Artikla 3 velvoittaa jäsenvaltioita laatimaan perusparannussuunnitelman maansa rakennuskannan muuttamisesta erittäin energiatehokkaiksi ja hiilineutraaleiksi 2050 mennessä. Kansallinen perusparannussuunnitelma tulee korvaamaan nykyisen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategian 2020–2050 välille, jonka vuoden 2018 päivitys energiatehokkuusdirektiiviin velvoitti jäsenvaltioita laatimaan. Jäsenvaltioiden on laadittava 31.12.2025 mennessä alustavan ja 31.12.2026 mennessä lopullisen kansallisen perusparannussuunnitelman, joka sisältää etenemissuunnitelman, välitavoitteilla vuosille 2030 ja 2040, jolla saavutetaan energiatehokas ja päästötön asuinrakennuskanta vuoteen 2050 mennessä.

Perusparannussuunnitelman tulee sisältää selvitys kansallisesta rakennuskannasta ja toimista, joilla suunnitelman tavoitteet saavutetaan.

Direktiivi sallii jäsenvaltioiden päättää ne menetelmät, joilla saavutetaan vaaditut parannukset kansallisessa asuinrakennuskannassa, kuten energiatehokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset ja tekniset ja taloudelliset tukitoimenpiteet, varmistaakseen mahdollisimman laajamittaiset korjaustoimenpiteet, siinä määrin kuin ne on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. (1, 3 artikla, 9 artikla.)

Jäsenvaltion on saatettava kansallinen perusparannussuunnitelma osaksi kansallista lainsäädäntöä viimeistään 29.5.2026. (1, 9 artikla, 35 artikla.)

3.2.1 Rakennusten energiatehokkuustietokannat

Artikla 22 velvoittaa jäsenvaltioita luomaan kansallinen rakennusten energiatehokkuustietokannan, johon kerätään ja keskitetään kaikki rakennusten energiatehokkuuteen liittyvät asiakirjat. (1, 22 artikla.)

3.2.2 Perusparannuspassijärjestelmä

Artikla 12 velvoittaa jäsenvaltioita ottamaan käyttöön kansallinen perusparannuspassijärjestelmän. Tavoitteena on kehittää tietokanta, johon perusparannuspassi voidaan ladata rakennusten energiatehokkuutta koskevaan kansalliseen tietokantaan, jolla perusparannuspassi laaditaan ja tarpeen mukaan päivitetään kun rakennuksen perusparannus on tehty tai rakennusosa on korvattu. Direktiivi antaa jäsenvaltioiden mahdollisuuden päättää perusparannuspassin laatimisesta ja myöntämisestä energiatehokkuustodistuksen yhteydessä. (1, 12 artikla.)

Perusparannuspassilla tarkoitetaan korjattavien rakennusten rakennuskohtaista etenemissuunnitelmaa, jolla parannetaan kyseisen rakennuksen energiatehokkuutta ja jota noudattamalla rakennus pystytään muuttua päästöttömäksi ennen vuotta 2050. Jäsenvaltioita päättävät itse passin käytön pakollisuudesta korjausrakentamisessa. (1, 12 artikla.)

3.2.3 Laajamittaisen korjauksen määritelmä

Kuten aiemmassa energiatehokkuusdirektiivissä vuodelta 2010, Jäsenvaltioiden tulee määritellä mitä ”laajamittainen korjaus” tarkoittaa käyttäen perusteena joko:

- rakennuksen vaippaan tai rakennuksen teknisiin järjestelmiin liittyvien korjausten kokonaiskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta, rakennusmaan arvo pois lukien.

- korjaus koskee yli 25:tä prosenttia rakennuksen vaipan pinta-alasta.

Tämä määrittää milloin korjausrakennushankkeissa tulee noudattaa energiatehokkuuden vähimmäisvaatimuksia mitoituksessa. (1, 2 artikla kohta 22; 2, 2 artikla kohta 10.)

3.3 Energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset

Artikla 5 velvoittaa jäsenvaltioita määrittämään ja vahvistamaan rakennusten ja rakennusosien energiatehokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset vähintään kustannusoptimaalinen tasoon perustuen, sallien jäsenvaltiota asettaa myös energiatehokkaampia vähimmäisvaatimuksia kuin kustannusoptimaaliset tasot. Direktiivi antaa mahdollisuudesta jäsenvaltioille tarkistaa säännöllisesti rakennusten energiatehokkuutta koskevia vähimmäisvaatimuksiaan ja päivittämään niitä tekniikan kehityksen perusteella. Näitä vaatimuksia voidaan soveltaa korjattavaan rakennukseen tai rakennuksen osaan. Jäsenvaltion on saatettava vaatimustaso voimaan viimeistään 29.5.2026. (1, 5 artikla, 35 artikla.)

Direktiivissä kustannusoptimaalisella tasolla tarkoitetaan sellaista energiatehokkuuden parantamisen tasoa rakennuksessa, jossa arvioidut taloudelliset kustannukset ovat pienimpiä rakennuksen taloudellisen elinkaaren aikana eli sinä aikana kun rakennuksen ylläpito ja korjaaminen on vielä taloudellisesti järkevää. (1, 2 artikla kohta 33.)

Artikla 6 velvoittaa jäsenmaita määrittämään kustannusoptimaalisen vähimmäisvaatimustason rakenteiden energiatehokkuudelle EU komission päivittämän vertailumenetelmäkehityksen mukaan. Jos jäsenvaltion nykyinen energiatehokkuuden vähimmäisvaatimustaso rakennuksille poikkeaa yli 15% päivitetyn vertailumenetelmäkehityksen mukaan lasketusta kustannusoptimaalisesta tasosta, tulee jäsenvaltion perustella tämä eroavuus

EU komissiolle tai ryhtyä asianmukaisiin toimiin eroavuuden pienentämiseksi 24 kuukauden sisällä. (1, 6 artikla.)

EU-komissio tarkistaa 30.6.2025 mennessä päivitetyn vertailumenetelmäkehys rakennusten energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten kustannusoptimaalisten tasojen laskentaa varten, jolla jäsenvaltiot pystyvät määrittämään rakennusten ja rakennusosien energia- ja päästötehokkuuden, sekä näihin liittyvien toimenpiteiden taloudelliset näkökohdat ja yhdistämään nämä tiedot. Päivitetty vertailumenetelmäkehys tulee perustumaan direktiiviin liittyviin asiaankuuluviin eurooppalaisiin standardeihin. (1, 6 artikla.)

Päivitetty kustannusoptimaalinen taso tulee määrittämään mahdolliset uudet vaatimukset rakenteille, jos tarkastelussa todetaan että rakenteille tehtävät muutokset ovat taloudellisestiärkevin toimenpide rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi.

Jäsenvaltion on toimitettava kustannusoptimaalisen tason laskennan tulokset komissiolle viimeistään 30.6.2028. (1, 6 artikla.)

3.4 Poikkeukset energiatehokkuusvaatimuksissa korjausrakentamisessa

Direktiivi esittää artiklassa 9 listan poikkeustapauksia, joissa jäsenvaltio voi jättää jo olemassa olevia asuinrakennukset pois energiatehokkuusvaatimusten piiristä. Tällaisia tapauksia on:

- rakennukset, joita suojellaan virallisesti osana määrättyä ympäristöä tai niiden erityisten arkkitehtonisten tai historiallisten ansioiden vuoksi, tai muut kulttuuriperintörakennukset, siltä osin kuin niiden luonne tai ulkonäkö muuttuisi vaatimusten noudattamisen vuoksi tavalla, jota ei voida hyväksyä, tai jos niiden peruseränus ei ole teknisesti tai taloudellisesti toteutettavissa
- asuinrakennusta käytetään tai on tarkoitettu käytettäväksi joko vähemmän kuin neljän kuukauden ajan vuodessa tai vaihtoehtoisesti rajoitetun ajan vuodessa ja joiden arvioitu energiankulutus on vähemmän kuin 25 prosenttia ympärivuotisen käytön kulutuksesta

- Asuinrakennus on hyötypinta-alaltaan alle 50 m²
(1, 9 artikla.)

Direktiivi esittää myös kustannustehokkuuden takia, että energiatehokkuutta koskevien vähimmäisvaatimusten soveltaminen olisi voitava rajoittaa tarpeen vaatiessa vain niihin korjattuihin osiin, joilla on suurin merkitys rakennuksen energiatehokkuuden kannalta. (1, alkusanat kohta 19.)

Näiden lisäksi artiklassa 17 kohdassa 16 esitetään poikkeus sellaisissa tapauksissa kun rakennuksen muuttaminen päästöttömäksi rakennukseksi ei olisi teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Tällöin rakennuksen perusparannus, joka vähentää rakennuksen primäärienergiatarvetta 60% katsottaisiin riittäväksi toimenpiteeksi. (1, 17 artikla kohta 16.)

3.5 Aikataulu

Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty direktiivissä jo olemassa olevien asuinrakennuksia koskevien vaatimusten ja tavoitteiden aikataulu.

Taulukko 1: Asuinrakennuksiin vaikuttavien toimien aikataulu. (1, 6 artikla, 3 artikla, 35 artikla, 28 artikla.)

Päivämäärä	Vaikutus jo olemassa oleviin asuinrakennuksiin.
30.6.2025	EU:n komissio määrittää laskentakehyksen energitehokkuusvaatimusten määrittämiseksi.
31.12.2025	Jäsenvaltion toimittaa alustavan perusparannussuunnitelman.
29.5.2026	Kansallinen perusparannussuunnitelma astuu voimaan. Perusparannuspassijärjestelmä astuu voimaan. Vähimmäisvaatimustaso astuu voimaan. Sitova asuinrakennusten energitarpeen vähentämissuunnitelma astuu voimaan.
2028	Kansalliset kustannusoptimaaliset tasot tulee olla määritetty. Energiatehokkuusdirektiivin uudelleentarkastelu.
2030	16% vähennys keskimääräisestä rakennusten 2020 energiatarpeen tasosta.
2035	20-22% vähennys keskimääräisestä rakennusten 2020 energiatarpeen tasosta.
2040	Kansallinen välitavoite
2045	Kansallinen välitavoite
2050	Päästötön asuinrakennuskanta

4 Mitoitusmenetelmät

EPBD ei itsessään anna mitään tiettyä määriteltyä sitovaa menetelmää tai laskentastandardia rakennusten energiatehokkuuden laskentaan, vaan esittää liitteessä I kehyksen jäsenvaltioille rakennusten energiatehokkuuden laskentaa varten, antaen jäsenvaltioille mahdollisuuden omille laskentamenetelmille tämän kehyksen puitteissa. (1, alkusanat kohta 12, liite I; 5.)

4.1 EPB-standardit

EPBD:n tueksi EU-komissio on luonut yleiseurooppalaiset laskentastandardit direktiivin toimeenpanon tueksi jäsenvaltioille. Tätä laskentastandardikokonaisuutta kutsutaan EPB-standardeiksi eli Energy performance of Buildings -standardeiksi. EPB-standardit muodostavat laskentakehyksen, jonka avulla pystytään määrittelemään rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluku, eli E-luku, rakennuksen energiatehokkuustodistuksia varten. Päivitetyssä EPBD:n Liitteessä I esitetyt standardit ovat EPB-standardikokonaisuuden kattavia ohjestandardeja, jotka muodostavat kehyksen rakennukset energiatehokkuuden mitoittamiseen. Nämä direktiivin liitteessä I mainitut standardit ovat:

- (EN.) ISO 52000-1
- (EN.) ISO 52003-1
- (EN.) ISO 52010-1
- (EN.) ISO 52016-1
- (EN.) ISO 52018-1
- (EN.) ISO 52120-1
- EN 16798-1
- EN 17423.

EPB-standardit muodostavat pelkkää rakennetarkastelua kattavamman kokonaisuuden rakennusten energiatehokkuuden mitoittamiseksi. Tämän

tavoitteena on mahdollistaa kokonaisvaltainen laskentamenetelmä jossa huomioidaan eri tekijöiden vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen ja täten luoda pohja eri menetelmien innovoinnille energiatehokkuuden parantamisessa. (1, liite I; 3; 5.)

4.1.1 Tausta

Aiempien energiatehokkuusdirektiivien tueksi CEN, European Committee for Standardization, on kehittänyt EU komission toimeksiannoilla laskentastandardit vuosina 2004-2008 alkuperäiselle vuoden 2002 EPBD:lle sekä päivitetyn laskentastandardikokoelman vuosina 2012-2017 vuoden 2010 EPBD:lle. (6.)

14.12.2010 EU:n komissio antoi toimeksiannon M/480 CEN:lle tavoitteena selkeyttää ja yhdenmukaistaa energiatehokkuuden laskentaa ja tarkastelua luomalla yleiseurooppalaiset rakennusten energiatehokkuusstandardit, EPBD:n toimeenpanon tueksi jäsenvaltioissa. Toimeksiannon pohjalta CEN:n kehitti ISO:n, kansainvälisen standardisointijärjestön, kanssa yhteistyössä laskentastandardikokonaisuuden, EPB-standardit, jotka kattaa uusien kehitettyjen standardien lisäksi monta aiempaa standardia, joita on päivitetty vastaamaan paremmin EUkomission M/480-toimeksiantoa. (3; 5.)

4.1.2 Moduulirakenne

EPB-standardien käytön selkeyttämistä varten on kehitetty moduulirakenne, joka on esitetty standardissa ISO EN 52000-1. Jokaisessa EPB-standardissa on merkitty moduulirakenteeseen kyseisen standardin soveltamisala rakennuksen energiatehokkuuden laskennassa. (15; 16.)

Moduulirakenteessa huomioidaan kaikki rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat osa alueet ja niitä koskevat standardit, sekä päällekkäisyyden eri laskentastandardien välillä. Moduulirakennetta voidaan käyttää rakennuksen kokonaisenergiankäytön arviointiin joko mittaamalla tai laskemalla, sekä

energiatehokkuuden laskemiseen primäärienergian tai muiden energiaan liittyvien mittareiden osalta. Moduulirakenteessa huomioidaan eri tilanteiden erityismahdollisuudet ja rajoitukset, kuten uusien rakennusten suunnittelu, jo olemassa olevat rakennukset tai korjattavat rakennukset. (15; 16.)

Moduuli M2 kattaa itse rakennusta käsittelevät standardit, kun taas moduulin kohdat M3 - M11 tarkastelee taloteknisten järjestelmien laskemiseen käytettäviä standardeja. M12-M13 kohdat ovat varattu sellaisille asioille joita EPB-standardit ei itsessään käsittele. Ohjestandardi ISO EN 52000-2 taulukossa B.1 on esitetty kooste laskentamoduulin jokaiselle kohdalle sovellettavista standardeista, joilla ne voidaan laskea. (5; 15; 16.)

Moduulirakenne on esitetty tämän opinnäytetyön liitteessä 2.

4.1.3 EPB-standardien rajoitteet

EPB-standardit tarkastelee rakennusta vain energiatehokkuuden näkökulmasta, eikä ota huomioon sen muuttamisesta aiheutuvia sivuvaikutuksia rakenteiden muussa toiminnassa. Oleellinen esimerkki tästä on rakennuksen kosteusteknisen toiminnan tarkastelu, joka tulee huomioida rakennuksen lämpötekniistä toiminnan suunnittelun yhteydessä, koska lämpötekniisen toiminnan muuttaminen vaikuttaa suoraan rakenteen kosteustekniseen käyttäytymiseen. Tämän huomioimatta jättäminen voi luoda riskin tilanteelle, jossa vesihöyry saavuttaa kastepisteen esim. lisäeristetyin rakenteen sisällä.

4.1.4 EPB-standardien tulevaisuus

Aiemmat standardit kehittäneet ja päivittäneet sidosryhmät ovat esittäneet vetoomuksella EU:komissiolle tarpeen standardien päivittämiselle vastaamaan paremmin päivitetty EPBD:n vaatimukseen. Tämän opinnäytetyön tekohetkellä päivityksestä ei olla vielä tehty päätöstä, jolloin EPBD 2010:n pohjautuvat standardit ovat edelleen voimassa. (7.)

4.2 Rakenteiden mitoitus

Rakennusta käsittelevät standardit kuuluvat moduulirakenteessa kohtaan M.2 ja itse rakenteita käsittelevät standardit kuuluvat moduulin M.2-5. (15; 16; 17.)

Rakennuksen tai rakennuksen osan lämmönläpäisykerroin, eli U-arvo, voidaan osoittaa joko laskennallisesti tai mittaamalla. EPB-ohjestandardissa EN 52001-2 esitetään seuraavat EPB-standardit ja opasteet moduulissa M 2.5, joilla voidaan laskennallisesti osoittaa eri rakenteiden vaatimustenmukaisuus. Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty EPB-laskenta- ja ohjestandardit eri rakenneosien laskentaan. (15; 16; 17.)

Taulukko 2. Standardit jaoteltuna tarkasteltavan rakenteen mukaan. (16.)

Seloste:	Rakennuksen vaipan osa:			
	seinät, katot	Ikkunat ja ovet	maanvastaiset rakenteet	Kylmäsiilat
Laskenta-standardi	EN 6946 EN 12631 EN 13789	EN 10077-1 IEN 13789	EN 13370	EN 14683 EN 10211
Ohjestandardi	CEN/TR 52019-2	ISO 10077-2 CEN/TR 52019-2	CEN/TR 52019-2	ISO/TR 52019-2

4.3 Mitoitus EN 6946 yksinkertaistetun menetelmän mukaan

Rakenteiden U-arvon mitoittamiselle EPB-standardeissa esitetään useampi normi, joilla sen pystyy mitoittamaan. tässä opinnäytetyössä tarkastellaan saneerattavan rakenteen mitoitus EN 6946 yksinkertaistetun menetelmän mukaan. EN 6946 sopii valtaosalle rakennetapauksia, joissa rakennekerrokset ovat pääasiassa homogeenisia. On huomioitavaa, että EN 6946 ei sovellu alapohjarakenteiden vaipan laskentaan, vaan ne tulee laskea EN13770 mukaan. (18.)

Laskennan kulku seinä- ja kattorakenteille menee seuraavasti:

- jokaisen rakenneosan määrittäminen, lämmönvastuksen määrittäminen.
- rakenteen kokonaislämmönvastuksen määrittäminen yhteenlaskemalla rakenneosien lämmönvastuksen ja ulko- ja sisäpinnan pintavastuksen.
- Rakenteen lämmönjohtuvuuden laskenta.
- mahdollisten lämmönjohtuvuuden korjauskertoimien laskenta. (18.)

4.3.1 Lämmönvastusarvojen määrittäminen

Rakenneosan lämmön vastusarvo saadaan seuraavasta kaavasta 3. (18.)

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

jossa:

- R: lämmönvastusarvo ($m^2 \cdot K/W$)
- d: rakenneosan paksuus (m)
- λ : lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo ($W/(m \cdot K)$)

Rakenneosan lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot saadaan EN 10456 taulukosta 3, tai osan valmistajalta, jos varmennettuja suunnitteluarvoja on saatavilla. (18.)

4.3.2 Pintavastusarvot

Pintavastusarvot saadaan EN 6946 taulukosta 7, joka on esitettyä alempana taulukossa 3 (18):

Taulukko 3: Pintavastusarvot eri suunnissa, jossa R_{si} on rakenteen sisäpinnan pintavastus ja R_{se} on ulkopinnan pintavastus. (18.)

Pintavastusarvo (m ² *K/W.)	Lämmönsiirtymän suunta		
	Ylöspäin	vaakatasossa	alaspäin
R _{si}	0,10	0,13	0,17
R _{se}	0,04	0,04	0,04

4.3.3 Kokonaislämmönvastus

Rakenteen kokonaislämmönvastus saadaan laskemalla rakenneosien ja pintavastusten arvot yhteet kaavalla 4. (18.)

$$R_{tot} = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

4.3.4 Lämmönläpäisykertoimien korjaukset

SFS-EN 6946:2017 liitteessä F on esitetty korjauskertoimet seuraaville tapauksille:

- ilmaaot eristeessä
- eristeessä olevien kiinnikkeiden muodostamille kylmäsilloille
- sadeveden vaikutus käännettyihin kattoihin.

Korjattu lämmönläpäisykerroin U_c saadaan laskemalla rakenteen laskettu lämmönläpäisykerroin ja korjauskertoimien summa seuraavalla kaavalla:

$$U_c = U + \Delta U$$

jossa:

U : Rakennuksen laskettu lämmönläpäisykerroin (W/m²K.).

ΔU : Korjauskertoimien summa, joka saadaan seuraavalla kaavalla:

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

jossa:

ΔU_g : ilmaraon vaikutuksen lämmönläpäisyn korjauskerroin

ΔU_f : kiinnikkeiden vaikutuksen lämmönläpäisyn korjauskerroin

ΔU_r : käännetyin katon veden vaikutuksen lämmönläpäisyn korjauskerroin

Jokaiselle näistä korjauskertoimista on esitetty laskentakaavat liitteessä F.

Ilmaraon vaikutuksen korjauskerroin rakenteen U-arvoon saadaan seuraavalla kaavalla (18):

$$\Delta U_g = \Delta U'' \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

jossa:

$\Delta U''$ Taulukosta 3 saatava korjauskerroin ilmaraon tyypille

R_1 Rakennekerroksen lämmönvastus, jossa ilmarako sijaitsee

R_{tot} Rakenteen kokonaislämmönvastus

Taulukossa 4 on esitetty arvot kertoimelle $\Delta U''$ eri tapauksissa, jotka on esitetty liitteessä F. (18.)

Taulukko 4: Arvot muuttujalle $\Delta U''$ eri tapauksissa.

Taso	Seloste	$\Delta U''$ W/(m ² ·K.)
0	ilmarakoja ei ole, tai ne ovat niin pieniä että niiden vaikutus lämmönjohtavuuteen merkityksetön.	0,00
1	Ilmarakoja eristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä, mutta ilma ei pääse kiertämään näiden välillä.	0,01
2	Ilmarakoja eristeen lämpimän ja kylmän puolen välillä niin että ilma pääsee kiertämään näiden välillä.	0,04

Kiinnikkeiden kylmäsiltojen osalta liite F esittää kaksi menetelmää kiinnikkeiden korjauskerroin ΔU_f laskennalle. Ensimmäinen menetelmä vaatii EN 10211 standardin mukaisen laskennan määrittääkseen yhden kannakkeen lämmönjohtavuuden x , jotta kyseistä kaavaa voidaan käyttää. Toinen esitetty laskentakaava ei vaadi tätä, jolla ΔU_f määrittää (18):

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

jossa:

α : kerroin, joka määrittellään kiinnikkeen läpäisyvyvyyden mukaan.

λ_f : kiinnikkeen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo (EN 10456.)

A_f : kiinnikkeen poikittaispinta-ala (m².)

n_f : kiinnikkeiden määrä neliömetrin alueella.

d_1 : kiinnikkeen pituus eristekerroksessa (m.)

R_1 : eristekerroksen lämmönvastus, jonka kiinnike läpäisee

R_{tot} : rakenteen kokonaislämmönvastus.

α määrittellään seuraavilla tavoilla:

- kun kiinnike läpäisee eristekerroksen täysin: $\alpha = 0,8$
- kun kiinnike ei läpäise eristekerrosta täysin: $\alpha = 0,8 \cdot (d_1 / d_0)$

jossa

d_1 : Kiinnikkeen pituus eristekerroksessa (m)

d_0 : Eristekerroksen paksuus (m)

Käännettyjen kattojen veden vaikutuksen korjauskertoimen ΔU_r määrittämiseksi Liite F antaa seuraavan kaavan (18):

$$\Delta U_r = p \cdot f \cdot x \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

jossa:

p : tavanomainen sademäärä lämmityskaudella alueella (mm / päivä)

- f : osuus vesieristekerrokseen asti pääsevistä sadevedestä
- x : sadeveden aiheuttama lisälämpöhäviö $((W \cdot \text{päivä}) / (m^2 \cdot K \cdot \text{mm}))$
- R₁ : vesieristeen päällä olevan eristekerroksen lämmönvastus
- R_{tot} : rakenteen kokonaislämmönvastus.

P:n arvo saadaan meteorologisista tilastotiedoista. f on Euroopan unionin neuvoston direktiivi 89/106/ETY pohjalta luodun mukaisella ETAG 031 määritellyssä testillä saatu arvo testattavalle käännetylle kattorakennetyypille. Liite F esittää käytettäväksi $f \cdot x = 0,04$ koska tämä arvo vastaa sellaista kattorakennetta, joka tuottaa korkeimman korjauskerroin arvon. Pienempää $f \cdot x$ arvoa voi käyttää silloin kun se on osoitettu ja dokumentoitu ETAG 031 direktiivin mukaisella tavalla. (4.)

On huomioitavaa, että esitetty kaava käännetuille katoille soveltuu vain sellaisille tapauksille, joissa rakenteen eristeenä käytetään suulakepuristettua polystyreeniä eli XPS:ää. (18.)

4.4 Alapohjien U-arvon mitoitus EN13370 mukaan

Tässä luvussa käydään läpi laskentamenetelmät kolmelle eri tyyppiselle alapohjan perustapaukselle: maanvaraiselle laatalle, tuulettuvalle alapohjalle ja lämmitetylle kellarille. (20.)

Alapohjarakenteiden U-arvon määrittäminen alkaa laskemalla ensin rakenteen karakteristinen mitta B sekä ekvivalentti paksuus d_f . Karakteristinen mitta määritellään seuraavalla kaavalla kaikkiin alapohjatapauksiin (20):

$$B = \frac{A}{0,5 \times P}$$

jossa:

B: lattian karakteristinen mitta m

A: Lattian pinta-ala m²

P: Lattian piirin osa ulkoseinien kohdalla m

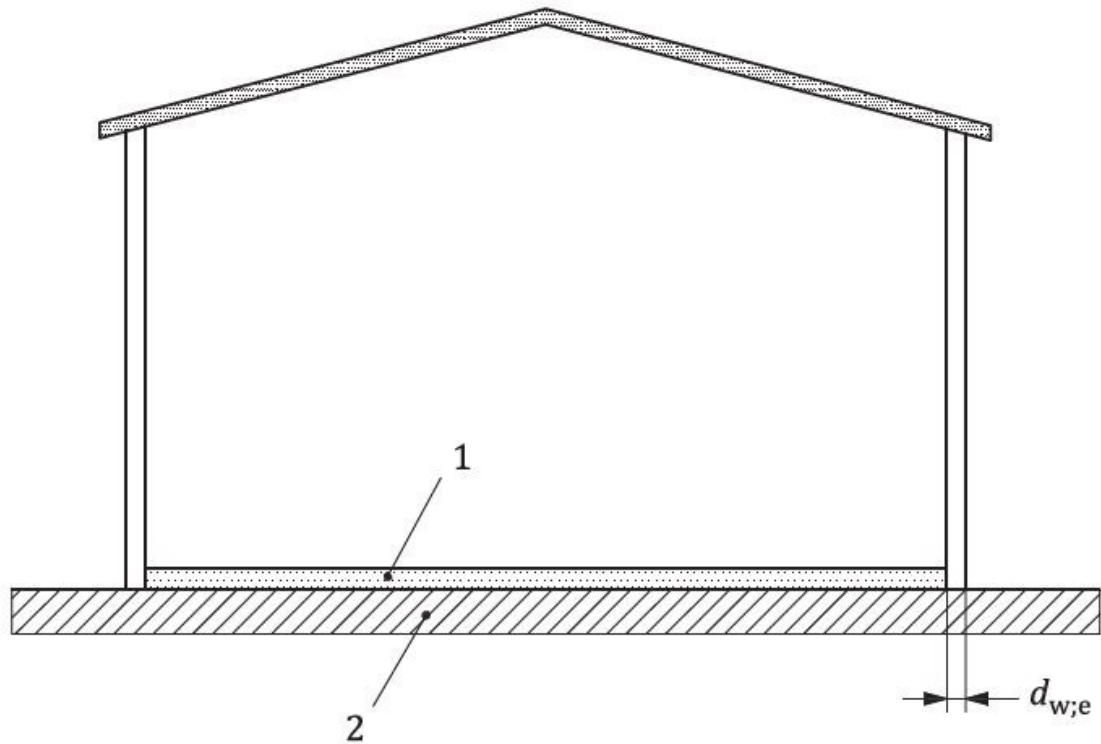
Valittava laskentakaava U-arvolle eri alapohjatapauksissa riippuu B ja d_f suhteesta toisiinsa. d_f määritellään eri tapauksien mukaisilla kaavoilla, jotka on esitettyä omissa kappaleissaan ohjekuvien kanssa. (20.)

Alapohjien U-arvon mitoituksessa tulee myös huomioida rakennetta ympäröivän maa-aineksen lämpötekniset ominaisuudet. Taulukossa 5 on EN13370 esitetyt tyypilliset suunnittelu-arvot eri maa-aineksille. (20.)

Taulukko 5: Eri maa-ainesten suunnittelu-arvot EN 13770 Taulukko 7:n mukaan. (20.)

Luokka	Maa-aines	lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo $\lambda_g = (W/(m \cdot K))$
1	Savi, Siltti	1,5
2	Hiekka, Sora	2,0
3	Kallio	3,5

4.4.1 Maanvastainen laatta



Kuva 1: Ohjekuva maanvaraisen laatan U-arvon laskentaan EN 13770 (20.)

Maanvaraisen laatan ekvivalentti paksuus d_f määritellään seuraavalla kaavalla:

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \times (R_{si} + R_{f;isog} + R_{se})$$

jossa:

$d_{w,e}$: on seinän paksuus maata vasten (m) (Katso kuva 1)

λ_g : maa-aineksen lämpötekninen suunnitteluarvo

R_{si} ja R_{se} : sisä- ja ulkopintavastukset SFS-EN 6946:2017 Taulukko 7.

$R_{f,sog}$: rakenneosien yhteenlaskettu lämpövastus EN 6946 mukaan

U-arvo määritellään maanvaraiselle laatalle jommalla kummalla seuraavista kaavoista:

1. Kun $d_f < B$:

$$U_{fg,sog} = \frac{2 \times \lambda_g}{\pi \times B + d_f} \times \ln \left(\frac{\pi \times B}{d_f} + 1 \right)$$

2. Kun $d_f \geq B$:

$$U_{fg,sog} = \frac{\lambda_g}{0,457 \times B + d_f}$$

joissa:

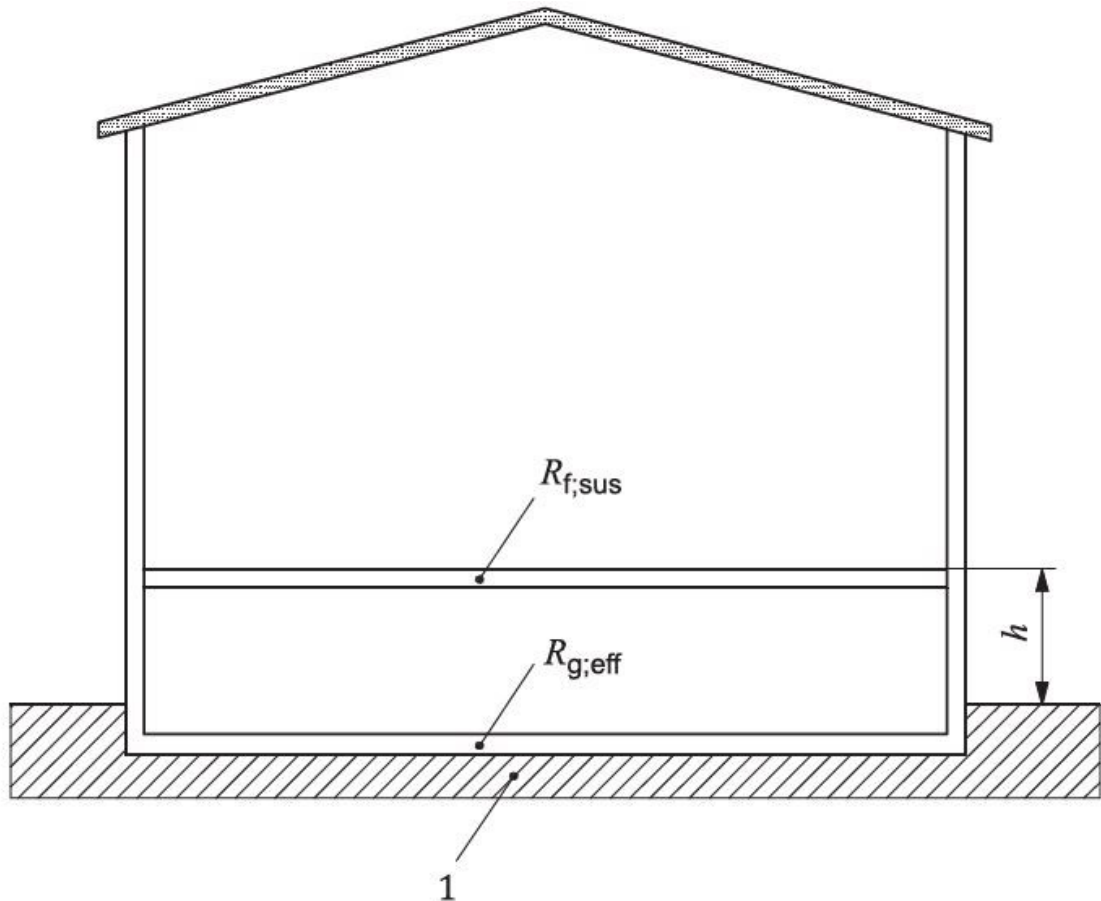
$U_{fg,sog}$: maanvastaisen laatan U-arvo

λ_g : maa-aineksen lämpötekninen suunnittelu-arvo (W/(m*K))

B: rakenteen karakteristinen mitta

d_f : ekvivalentti paksuus

4.4.2 Tuulettuva alapohja



Kuva 2: Ohjekuva tuulettuvan alapohjan U-arvon laskentaan EN 13770 (20.)

Tuulettuvan alapohjan U-arvo määritellään seuraavan kaavan mukaan:

$$\frac{1}{U_{fg;sus}} = \frac{1}{U_{f;sus}} + \frac{1}{U_g + U_x}$$

jossa:

$U_{fg;sus}$: tuulettuvalla alapohjalla varustetun laatan lämmönjohtavuus arvo, jossa on huomioitu maaperän lämmönjohtavuuden vaikutus.

$U_{f,sus}$: lattian U-arvo sisätilan ja ryömintätilan välillä.

U_g : lämmönjohtumisen arvo maan kautta tapahtuvalle lämmön siirtymiselle.

U_x : ekvivalentti lämmönjohtumisen arvo tuulettumisesta ja ulkoseinistä tapahtuvalle lämmön siirtymiselle ulkoilman ja ryömintätilan välillä.

lattian U-arvo $U_{f,sus}$ sisätilan ja ryömintätilan välillä saadaan kaavasta:

$$U_{f,sus} = \frac{1}{R_{f,sus}}$$

jossa:

$R_{f,sus}$: lattian kokonaislämmönvastus, joka määritellään EN6946 mukaan.

Lämmönjohtumisen arvo U_g maan kautta tapahtuvalle lämmön siirtymiselle saadaan seuraavasta kaavasta:

$$U_g = \frac{1}{R_{g,eff}}$$

jossa $R_{g,eff}$ on maaperän efektiivinen lämmönvastus, joka saadaan kaavasta:

$$R_{g,eff} = \frac{0,457 \times B}{\lambda_g}$$

jossa:

B : rakenteen karakteristinen mitta

λ_g : maa-aineksen lämpötekninen suunnittelu-arvo (W/(m*K.))

ekvivalentti Lämmönjohtumisen arvo U_x tuulettumisesta ja ulkoseinistä tapahtuvalle lämmön siirtymiselle saadaan seuraavasta kaavasta:

$$U_x = 2 \times \frac{h \cdot U_w}{B} + 1450 \times \frac{\varepsilon \cdot v \cdot f_w}{B}$$

jossa:

h : lattian korkeus maanpinnasta (katso kuva 2)

U_w : Tuulettuvan alapohjan seinienlämmönjohtumisen arvo EN6946 mukaan.

B : rakenteen karakteristinen mitta

ε : tuuletusaukkojen kokonaispinta-ala alapohjan piirin pituuteen nähden.

v : keskimääräinen tuulen nopeus 10 m korkeudessa maanpinnasta

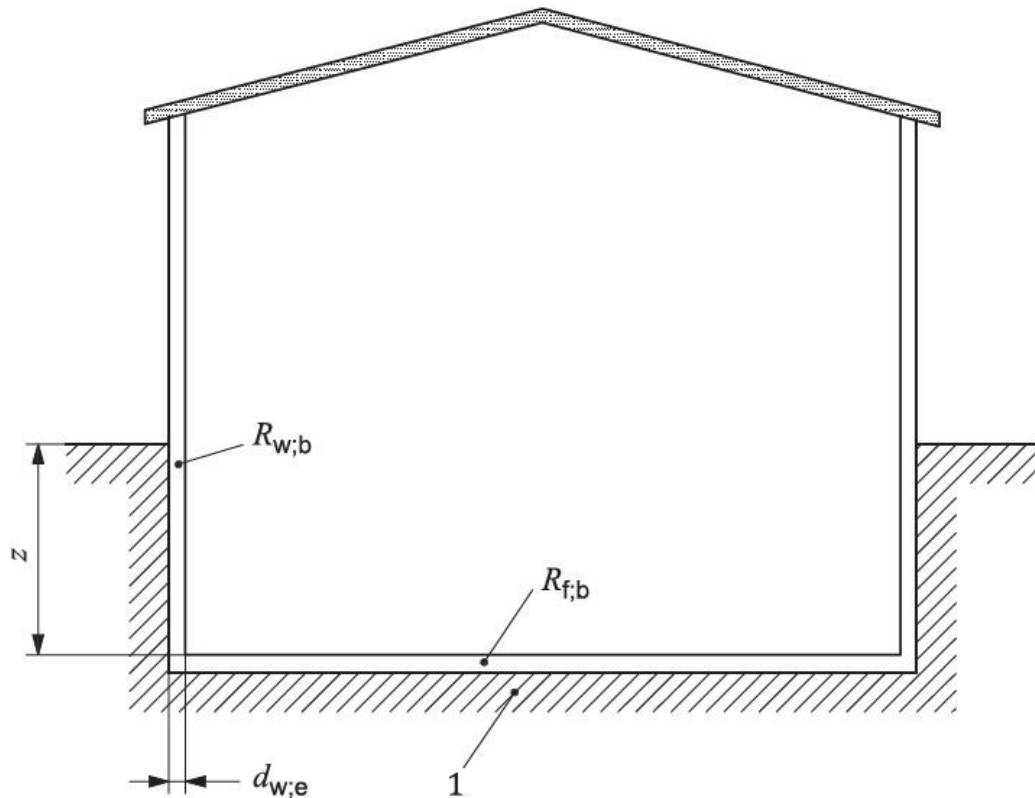
f_w : tuulensuojakerroin.

Tuulensuojakerroin f_w arvot eri tapauksille on esitetty alempana taulukossa 6.

Taulukko 6: Tuulensuojakertoimet esitettynä eri tapauksille EN13770 mukaan. (20.)

luokka	sijainti	esimerkki	tuulensuojakerroin f_w
1	suojaisa	kaupunki	0,02
2	tavallinen	esikaupunki	0,05
3	avoin	maaseutu	0,10

4.4.3 Kellari



Kuva 3: Ohjekuva kellarin U-arvon laskentaan EN 13770 (20.)

Kellarin maanvaraisen laatan ekvivalentti paksuus d_f määritellään vastaavalla kaavalla kuin maanpinnan tasossa olevan laatan, sillä poikkeuksella että seinän paksuuteen $d_{w,e}$ lasketaan kaikki maanalaiset seinän osat yhteen (20):

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \times (R_{si} + R_{f;b} + R_{se})$$

jossa:

$d_{w,e}$: seinärakenteen paksuus (m) (Katso kuva 3)

λ_g : maa-aineksen lämpötekninen suunnitteluuarvo (W/(m*K))

R_{si} ja R_{se} sisä- ja ulkopintavastukset SFS-EN 6946:2017 Taulukko 7.

$R_{f,b}$ Rakenneosien yhteenlasketu lämpövastus EN 6946 mukaan

U-arvo määritellään kellarin laatalle jommalla kummalla seuraavista kaavoista:

1. Kun $(d_f + 0,5 \cdot z) < B$:

$$U_{fg;b} = \frac{2 \times \lambda_g}{\pi \times B + d_f + 0,5 \times z} \times \ln \left(\frac{\pi \times B}{d_f + 0,5 \times z} + 1 \right)$$

2. Kun $(d_f + 0,5 \cdot z) \geq B$:

$$U_{fg;b} = \frac{\lambda_g}{0,457 \times B + d_f + 0,5 \times z}$$

jossa:

$U_{fg;b}$: Kellarin laatan U-arvo

z : Kellarin laatan yläpinnan korkeusero maanpintaan nähden (m)

$$d_{w;b} = \lambda_g \times (R_{si} + R_{w;b} + R_{se})$$

R_{si} ja R_{se} Sisä- ja ulkopintavastukset SFS-EN 6946:2017 Taulukko 7.

$R_{w;b}$ Rakenneosien yhteenlasketu lämpövastus EN 6946 mukaan

Kellarin seinien U-arvo saadaan taas seuraavalla kaavalla:

$$U_{wg;b} = \frac{2 \times \lambda_g}{\pi \times z} \times \left(1 + \frac{0,5 \times d_f}{d_f + z} \right) \times \ln \left(\frac{z}{d_{w;b}} + 1 \right)$$

jossa:

$U_{w;g;b}$: Kellarin seinän U-arvo

z : Kellarin laatan yläpinnan korkeusero maanpintaan nähden (m)

d_f : ekvivalentti paksuus (m)

$d_{w;b}$: Kellarin seinärakenteen kokonaispaksuus (m)

huom. mikäli $d_{w;b} < d_f$ niin d_f korvataan kaavassa $d_{w;b}$:llä.

5 Direktiivin toimeenpano Suomessa

Monet EPBD 2024:n esittämistä vaatimuksista on samoja kuin aiemman EPBD 2010 ja tämän seurauksena on näiltä osin jo asetettu osaksi Suomen kansallista lainsäädäntöä, asetuksia ja määräyksiä. (1; 2; 8; 10; 12.)

5.1 Kustannusoptimaalinen taso

Uuttalaskentakehystä ei ole vielä hyväksytty EU-komissiossa, joten sen mahdollisia vaikutuksia ei pystytä vielä arvioimaan.

5.2 Rakennusten U-arvo

Nykyiset voimassa olevat U-arvovaatimukset korjattaville rakenteille on määritelty Ympäristöministeriön asetuksessa 4/13. (9.)

5.3 Laskentamenetelmät

Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 määrittää idettisen laskentakehyksen rakennusten energiatehokkuudelle kuin mitä EPBD2024/1275 liitteessä I esitetään. Ympäristöministeriö myös sallii myös laskennan sfs-en-standardien mukaan, jolloin EPB-standardit sellaisenaan kelpaa rakennusten energiatehokkuuden mitoittamiseen. (8; 14.)

5.4 Laaja-alaisen korjaamisen määritelmä

Ympäristöministeriön asetuksessa 2/17 on määritelty, että laajamittaisella korjaamisella tarkoitetaan sitä, kun rakennuksen vaippaan tai rakennuksen teknisiin järjestelmiin liittyvien korjausten kokonaiskustannukset ovat yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta, rakennusmaan arvo pois lukien. (10.)

5.5 Perusparannuspassi

Tämän hetkisten ympäristöministeriön julkaisujen perusteella perusparannuspassi tulee olemaan vapaaehtoinen. (12.)

6 Rakenteen laskentaesimerkki EPB-standardien mukaan: 1970-80-luvun kerrostalon ulkoseinä

Laskentaesimerkki on julkisivusaneeraus tilanteesta, jossa ei kosketa taloteknisiin järjestelmiin. EPBD:n ja ympäristöministeriön mukaan kyseessä on ”laajamittainen korjaus”, jolloin energiatehokkuusvaatimukset koskevat kyseistä korjausta. Korjattavan rakenteen mitoitus tehdään laskemalla moduulin M.2-5 kohta, josta valikoidaan sopiva EPB-standardi kyseisen rakenneosan laskentaa varten. (1; 10.)

Edelliseen EPBD 2010 vaatimassa Suomen pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategiassa 2020-2050 todetaan, että kustannusoptimaalisesta näkökulmasta energiatehokkuuden parantaminen seinärakenteen muutoksella on järkevää niissä tilanteissa, kun julkisivuverhousta uusitaan. 1970-80-luvulla rakennettujen betonielementtikerrostalojen julkisivut lähestyvät teknisen käyttöikänsä loppua ja tulevat olemaan uusimistarpeessa lähitulevaisuudessa. (13; 21.)

Esimerkkirakenteena käytetään 1970-80-luvulla tyypillistä betonielementtiseinä rakennetta, joka muodostuu 60 mm ulkokuoresta 120 mm eristevillasta ja 70 mm sisäkuoresta. Laskentamenetelmänä käytetään EN 6946:2017 standardin yksinkertaistettua menetelmää, joka on johdettu direktiivissä mainitusta EN 52000-1 standardista esitetystä laskentatavoista koska kyseessä on homogeenisistä rakenneosista muodostuva seinärakenne. (11; 15.)

6.1 Vanhan rakenteen U-arvon tarkastelu

Aluksi tarkastellaan alkuperäisen rakenteen U-arvoa ja katsotaan, täyttääkö se nykyiset vaatimukset.

Määritellään rakenteen kokonaislämmönvastus R_{tot}

	d= (m.)	$\lambda= (W/(m \cdot K))$ ISO 10456	$R=d/\lambda = m^2 \cdot K/W$
sisäpintavastus			0,13
TB-kuori	0,07	2,5	0,028
Mineeraalivilla	0,120	0,035	3,428
TB-kuori	0,06	2,5	0,024
ulkopintavastus			0,04
$R_{tot} (m^2 \cdot K/W.)$			3,65

Tämän jälkeen lasketaan U-arvo.

$U = 1/ R_{tot} = 1/3,65 m^2 \cdot K/W = 0,27 W/(m^2 \cdot K)$ eli U-arvo ei täytä nykyisiä vaatimuksia ulkoseinälle, joka on $0,17 W/(m^2 \cdot K)$.

6.2 Korjausratkaisuehdotus ja tarkastelu

Sandwich-elementin ulkokuori puretaan, vanha eriste puretaan ja korvataan paksurappaus-eristejärjestelmällä, jolloin uusi korjattu rakenne olisi 70 mm TB

sisäkuori, 220 mm mineraalivilla, jonka läpi menee Merk-kiinnikkeet. Oletetaan, että rappaus ei vaikuta rakenteen U-arvoon. (22; 23; 24; 25.)

6.2.1 Korjatun rakenteen kokonaislämmönvastus R_{tot}

	d = (m.)	$\lambda = (W/(m \cdot K))$	$R = d/\lambda = m^2 \cdot K/W$
R_{si}			0,13
TB-kuori	0,07	2,5	0,028
Mineraalivilla	0,22	0,033	6,67
Kalkkilaasti	ei vaikuta	ei vaikuta	ei vaikuta
R_{se}			0,04
$R_{tot} (m^2 \cdot K/W.)$			6,868

6.3 Rakenteen U-arvo

Lasketaan rakenteen U-arvo.

$$U = 1/R_{tot} = 0,1456 \text{ W}/(m^2 \cdot K).$$

6.3.1 Rakenteen U-arvon korjauskerroin

Oletetaan että korjatun rakenteen eristeessä ei ole ilmarakoja, jolloin $\Delta U_f = 0$ ja koska kyseessä ei ole käännetty katto niin $\Delta U_r = 0$. Korjausehdotus tosin sisältää eristeen läpi meneviä kiinnikkeitä, joiden vaikutus rakenteen U-arvoon tulee tarkistaa jolloin $\Delta U = \Delta U_f$.

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2$$

kiinnikkeet menevät kokonaisuudessaan eristeen läpi, jolloin $\alpha = 0,8$. Kiinnikkeet ovat ruostumatonta terästä, jonka lämmönjohtavuuden suunnittelu-arvo saadaan EN10456, joka on $17 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Kiinnikkeet ovat halkaisijaltaan $n. 5 \text{ mm}$ ja pyöreitä, jolloin poikkipinta-ala on $n. 19,64 \text{ mm}^2$. Kiinnikkeitä tulee valmistajan ohjeen mukaan $6 \text{ kpl}/\text{m}^2$. Kannake on vaakatasossa eristeessä, jolloin d_1 on 220 mm . Lisätään nämä tiedot kaavaan, jolloin saadaan ΔU_f arvoksi (19; 25):

$$\Delta U_f = 0,8 \cdot \frac{17 \cdot 0,00001964 \cdot 6}{0,22} \cdot \left(\frac{0,033}{0,1456} \right)^2 \approx 0,00038 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

lasketaan korjattu U-arvo U_c seuraavalla kaavalla:

$$U_c = U + \Delta U = 0,144 + 0,00038 = 0,14438 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Huomataan, että kiinnikkeiden tuoma vaikutus rakenteen U-arvoon on lähes olematon ja ehdotettu korjaustapa täyttää nykyisen vähimmäisvaatimustason Suomessa seinän U-arvolle korjausrakentamisessa, mikä on määritelty ympäristöministeriön asetuksessa 4/13, joka on $0,17 \text{ (W}/\text{m}^2\text{K)}$. (9.)

7 Johtopäätökset ja loppusanat

Isoimmain haasteen opinnäytetyössä aiheutti päivitetyn energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanon keskeneräisyys opinnäytetyön teon hetkellä keväällä 2025. Tämän seurauksena tässä opinnäytetyössä esitetyt EPBD:n vaatimukset ovat pitkälti esitetty vasta kehystasossa, eikä konkreettisina raja-arvoina, koska laskentamenetelmät, jolla päivitetyt raja-arvot tullaan määrittelemään ovat vasta lausuntokierroksella EU:ssa ja sitovaa menetelmää ei ole vielä päätetty. EPBD:n esittämässä aikataulukehyksessä Suomen määrittämät päivitetty vaatimukset ja toimenpiteen jo olemassa oleville asuinrakennuksille tulevat aikaisintaan kesäkuussa 2025 ja viimeistään joulukuussa vuonna 2025, sillä mahdollisuudella että ne voidaan vielä joutua päivittämään lopulliseen muotoon vuoden 2026 loppuun mennessä. On olemassa mahdollisuus että päivitetyn tarkastelun pohjalta vaatimukset eivät tule välttämättä muuttumaan nykyisistä.

Laskentastandardien päivittämisen mahdollisuudesta ei ole myöskään tehty päätöstä, jolloin on olemassa mahdollisuus että joitain muutoksia tulee tapahtumaan tässä opinnäytetyössä esitetyissä standardeissa.

Ainoa varma vaatimus päivitettyssä EPBD:ssä on sitova aikataulu ja suunnitelman laadinta rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi esitettyjen rajojen puitteissa, muuten direktiivin täytäntöönpano on vielä kesken.

Lähteet

Euroopan unioni:

- 1 Euroopan parlamentti, Euroopan unionin neuvosto 2024. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU.) 2024/1275, annettu 24 päivänä huhtikuuta 2024, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu.) (ETA:n kannalta merkityksellinen teksti.). < <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj>> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 2 Euroopan parlamentti, Euroopan unionin neuvosto 2021 Konsolidoitu teksti: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU, annettu 19 päivänä toukokuuta 2010, rakennusten energiatehokkuudesta (uudelleenlaadittu.). <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/2021-01-01> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 3 Euroopan komissio, Energiapäösasto 2010, Euroopan komission toimeksianto M/480 CEN:lle vuonna 2010. https://energy.ec.europa.eu/publications/2010-european-commission-mandate-cen-m480_en?prefLang=fi (tarkistettu 24.4.2025.)

Sidosryhmät:

- 4 EOTA 2010, European Technical Approval Guidelines 031 Inverted Roof Insulation Kits Part 1: General <<https://www.eota.eu/sites/default/files/uploads/ETAGs/etag31-part1-en.pdf>> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 5 EPB-center, EPB-standardit. <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 6 EPB-center, EPB-standardien tausta.< <https://epb.center/epb-standards/background/>> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 7 CEN 2025, vetoamus EU:n komissiolle EPB-standardien päivittämisestä. <https://epb.center/media/filer_public/b7/3a/b73ac0d6-dd00-4f25-9e52-6d9c2e2ccfec/los_third_mandate-epb_standards_2025-02-05.pdf> (tarkistettu 24.4.2025.)

Ympäristöministeriö:

- 8 Ympäristöministeriö 2017, Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.<<https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokooma/2017/1010>> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 9 Ympäristöministeriö. 2013. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä.><https://finlex.fi/fi/viranomaiset/maarayskokoelmat/ymparistoministerio/2013/40799>> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 10 Ympäristöministeriö. 2017. 2/17 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta.
<https://finlex.fi/fi/viranomaiset/maarayskokoelmat/ymparistoministerio/2017/43242> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 11 Ympäristöministeriö. 2018. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja Energiatodistusoppaan 2018 liite 1.11.2018.
https://www.motiva.fi/files/16465/Tyypillisia_olemassa_olevien_vanhojen_rakennusten_alkuperaisia_suunnitteluarvoja_-_Energiatodistusoppaan_2018_liite.pdf (tarkistettu 24.4.2025.)
- 12 Hippinen, I. 2024. Mitä uusi EPBD voi tuoda energiatodistuksiin. Ympäristöministeriö.
https://www.motiva.fi/files/22908/1._Ajankohtaiset_ymparistoministeriosta_Mita_uusi_EPBD_voi_tuoda_energiatodistuksiin_Ilkka_Hippinen_ymparistom.pdf (tarkistettu 24.4.2025.)
- 13 kiinteistö- ja rakennusalan toimialajärjestöjen ja valtion virastojen edustajista koottu ryhmä. 2020. Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020-2050 Suomi.
https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Suomen-EPBD-2a-ilmoitus_final_10-03-2020-242AE19E_F497_4A38_8DF2_95556530BA53-156573.pdf/37a549e9-b330-5f8c-d863-2e51f2e8239a/Suomen-EPBD-2a-ilmoitus_final_10-03-2020-242AE19E_F497_4A38_8DF2_95556530BA53-156573.pdf?t=1603259873424 (tarkistettu 24.4.2025.)
- 14 Ympäristöministeriö. 2017. Energiatehokkuus Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta 2018.
https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ohje---Rakennuksen-energiankulutuksen-ja-lammitystehontarpeen-laskenta-20-12-2017-4332AA81_75E1_4CA0_B208_B0ACB60A267F-133692.pdf (tarkistettu 24.4.2025.)

SFS-standarditoimisto:

- 15 SFS-EN 52000-1:2017 (tarkistettu 24.4.2025.)
- 16 SFS-EN 52000-2:2017 (tarkistettu 24.4.2025.)
- 17 CEN/TR 52019-1:2017 (tarkistettu 24.4.2025.)
- 18 SFS-EN 6946:2017 (tarkistettu 24.4.2025.)
- 19 SFS-EN 10456+AC (tarkistettu 24.4.2025.)
- 20 SFS-EN 13770:2017 (tarkistettu 24.4.2025.)

Rakennustieto:

- 21 RT 18-10922. esitetty <https://www.elementtisuunnittelu.fi/julkisivut/huolto-ja-kunnossapito> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 22 Keskeisiä eristerappauksen suunnittelussa ja toteutuksessa huomioonotettavia asioita. <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK150203.pdf> (tarkistettu 24.4.2025.)

Korjausehdotuksen työohje:

- 23 Korjausratkaisun kuvaus <https://www.fescon.fi/ratkaisut/rakentaminen-ja-rakennusteollisuus/julkisivut-ja-parvekkeet/eriste-ja-levyrappaukset/paksurappaus-eristejarjestelma> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 24 Paroc eristevilla. <https://www.paroc.com/fi-fi/applications/building-insulation/renovation/external-walls-renovation/new-etics-solutions-replace-old-demolished-concrete-sandwich-element> (tarkistettu 24.4.2025.)
- 25 Verkkokiinnike <https://fi.sormat.com/fi-FI/products/MERK> (tarkistettu 24.4.2025.)

Liitteet

EPB-moduulirakenne

alla on esitettyä EN52000-1 esitetty moduulirakenne rakennuksen energiatehokkuuden laskentaa varten

Ala-moduuli	Yleinen		Rakennus (sellaisenaan)		Talotekniset järjestelmät									
	Kuvaukset		Kuvaukset		Kuvaukset	Lämmitys	Jäähdytys	Ilmanvaihto	ilman-kostutus	Ilman kuivaus	Lämmin käyttövesi	Valaistus	Kiinteistöautomaatio ja ohjaus	Aurinkovoima, tuuli-voima, ..
	sub1	M1	M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	
1	Yleistä	ISO 52000-1	Yleistä		Yleistä									
2	Yleiset termit ja määritelmät; merkinnät, yksiköt ja alaindeksit	ISO 52000-1	Rakennuksen energiantarpeet		Tarpeet								a	
3	Sovellukset	ISO 52000-1	(Vapaat) Sisäilmas- to-olot ilman järjestelmiä		Enimmäis-kuormitus ja -teho									
4	Energiatehokkuuden ilmoittamistapoja		Energiatehokkuuden ilmoittamistapoja		Energiatehokkuuden ilmoittamistapoja									
5	Rakennuksen luokat ja rajat	ISO 52000-1	Lämmön-siirto joh- tumalla		Lämmön- luovutuk- sen ohjaus									
6	Rakennuksen käyttöaste ja käyttö-olosuhteet		Vuotoil- manvaihdosta ja ilman- vaihdosta aiheutuva lämmön- siirto		Jakojär-jestelmien ohjaus									
7	Energia- palveluiden ja energian- kantajien yhdistämi- nen	ISO 52000-1	Sisäinen lämpö- kuorma		Varas- tointi ja ohjaus									

Ala-moduuli	Yleinen		Rakennus (sellaisenaan)		Talotekniset järjestelmät									
	Kuvaukset		Kuvaukset		Kuvaukset	Lämmitys	Jäähdytys	Ilmanvaihto	ilman-kostutus	Ilman kuivaus	Lämmin käyttövesi	Valaistus	Kiinteistöautomaatio ja ohjaus	Aurinkovoima, tuuli-voima, ..
	sub1	M1	M2		M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	
8	Rakennus- ten vyöhy- kejakko	ISO 52000-1	Auringon lämpö- kuorma		Tuottojär-jestelmien ohjaus									
9	Laskettu energiate- hokkuus	ISO 52000-1	Rakennuk- sen dyna- miikka (lämpö- massa)		Kuormi- tuksen jakaminen ja käyttö- olosuhteet									
10	Mitattu energiate- hokkuus	ISO 52000-1	Mitattu energiate- hokkuus		Mitattu energiate- hokkuus									
11	Tarkastus		Tarkastus		Tarkastus									
12	Sisäolo- suhteiden ilmoitta- mistapoja				Kiinteis- tönhallin- tajärjes- telmä									
13	Ulkoiset ympäristö- olosuhteet													
14	Talou- delliset laskeimat													

HUOM. Harmaat moduulit eivät ole sovellettavissa.

