

Juuso Karhumaa

**ENERGIATODISTUKSEN LAATIMINEN JA KESÄAJAN OLOSUH-
DESIMULOINTI IDA ICE -SIMULOINTIOHJELMALLA**

ENERGIATODISTUKSEN LAATIMINEN JA KESÄAJAN OLOSUH- DESIMULOINTI IDA ICE -SIMULOINTIOHJELMALLA

Juuso Karhumaa
Opinnäytetyö
Syksy 2018
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Juuso Karhumaa

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Energiatodistuksen laatiminen ja kesäajan olosuhdesimulointi IDA ICE -simulointiohjelmalla

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Making Energy Performance Certificate and Summertime Circumstance Simulation with IDA ICE Simulation Software

Työn ohjaaja: Rauno Holopainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2018

Sivumäärä: 28 + 6 liitettä

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä mallipohjat rakennuksen energiatodistuksesta ja kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen mukaisuuden osoittamisen laskemisesta tilaajalta saatuihin esimerkkikohteisiin. Kohteet olivat päiväkotit, hoivakoti ja asuinkerrostalo.

Kohteisiin laadittiin uuden energiatodistusasetuksen 1048/2017 mukainen energiatodistus. Rakennuksista laskettiin asetunnit, jotka ylittävät tilatyyppin jäähdytysrajan arvon 25 °C tai 27 °C. Rakennusten laskennallinen ostoenergiankulutus ja kesäajan huonelämpötilan ylitys laskettiin IDA Indoor Climate and Energy (IDA ICE) -simulointiohjelmalla.

Jokaisesta kohteesta luotiin malli IDA ICE:n geometriatyökalulla. Malliin lisättiin kohteisiin suunnitellut rakenteet ja LVI-järjestelmät. E-luvun laskenta tehtiin asetuksessa 1048/2017 annetuilla ulkoilmavirran, valaistuksen, kuluttajalaitteiden, henkilöiden lämpökuorman ja lämpimän käyttöveden vakioituilla arvoilla. IDA ICE -ohjelmaan syötettävien häviöiden laskemista varten laadittiin Excel-laskuri. Kesäajan huonelämpötilaa laskettiin ilmanvaihdon suunnitelman mukaisella ulkoilmavirralla. Laskenta tehtiin säävyöhykkeen I säätiedoilla.

Rakennusten E-luku oli 90 kWh_E/m²a päiväkodissa, 149 kWh_E/m²a hoivakodissa ja 81 kWh_E/m²a asuinkerrostalossa. Laskennalliset energiatehokkuuden vertailuluvut (E-luvut) vastaavat energiatehokkuusluokkia A₂₀₁₈ – B₂₀₁₈. E-luvut ovat pienemmät kuin mitä on annettu rakennusten käyttötarkoituksiluokkien enimmäisarvoksi.

Kesäajan huonelämpötilat ylittivät jäähdytysrajan enimmillään 142 °Ch päiväkodissa, 133 °Ch hoivakodissa ja 142 °Ch asuinkerrostalossa. Lasketut asetuntilytykset alittavat annetun raja-arvon 150 °Ch.

Asiasanat: Energiatodistus, kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen mukaisuuden osoittaminen, päiväkotit, hoivakoti, asuinkerrostalo, IDA ICE

SISÄLLYS

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 3 |
| SISÄLLYS | 4 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 SISÄILMASTO | 6 |
| 2.1 Lämpöolot | 6 |
| 2.2 Ilmanlaatu | 6 |
| 3 LASKELMAT | 8 |
| 3.1 E-luvun laskenta | 8 |
| 3.2 Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen | 10 |
| 4 RAKENNUSKOHTEET | 12 |
| 4.1 Päiväkoti Kangasala Kuusitie | 12 |
| 4.2 Hoivakoti Savonlinna | 12 |
| 4.3 As Oy Oulun Pehtoori | 12 |
| 5 MALLIN LUOMINEN JA SIMULOINTI | 14 |
| 5.1 Suomi-lokaalisaatio | 14 |
| 5.2 IDA ICE -geometrian luominen | 14 |
| 5.3 Vyöhykkeet | 15 |
| 5.4 Oletusarvot | 16 |
| 5.5 Lisäenergia ja häviöt | 18 |
| 5.6 Vuotoilmavirta | 20 |
| 5.7 Kylmäsillat | 22 |
| 5.8 Energia- ja olosuhdesimulointi | 22 |
| 6 SIMULOINTITULOKSET | 23 |
| 6.1 E-luku | 23 |
| 6.2 Laskennallinen kesäajan huonelämpötila | 23 |
| 7 YHTEENVETO | 25 |
| LÄHTEET | 26 |
| LIITTEET | 28 |

1 JOHDANTO

Huonelämpötilan nousu kesäaikana on yleinen ongelma. Usein suuret ikkunat etelä- ja länsijulkisivuilla nostavat lämpötilan haitallisen korkeaksi. Huonetiloihin vaikuttaa sekä ulkoisia että sisäisiä lämpökuormia, joita voidaan hallita passiivisilla ja aktiivisilla keinoilla. Passiivinen auringonsuojaus tulisi huomioida jo suunnitteluvaiheessa arkkitehtonisilla ratkaisuilla. Lasituksen valinnalla ja ikkunoiden aurinkosuojauksessa on suuri merkitys auringonsäteilyn aiheuttamaan lämpökuormaan. (1, s. 8.)

Ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 mukaan kesäajan huonelämpötilalaskenta tulee tehdä käyttötarkoituksiluokkien 2–8 uusissa rakennuksissa ja laskennassa on käytettävä dynaamista laskentatyökalua.

Työn tavoitteena oli tehdä ohjeistus energiatodistuksen laatimisesta IDA ICE -ohjelmalla tilaajalta saatuihin esimerkkikohteisiin sekä mallipohja kesäajan huonelämpötilanlaskennan tulosten esittämisestä. Kohteet olivat päiväkotit, hoivakoti ja asuinkerrostalo. Rakennuksille oli opinnäytetyön tekohetkellä haettu rakennuslupa ja olivat joko rakenteilla tai juuri alkamassa. Työn toimeksiantajana oli Nuotek Oy.

2 SISÄILMASTO

Sisäilmasto käsittää perinteisesti sisäilman laadun ja lämpöolot. Näillä tarkoitetaan rakennuksessa vaikuttavia kemiallisia, fysikaalisia ja mikrobiologisia tekijöitä. Nykyään käytetään myös nimitystä sisäympäristö, joka kattaa edellä mainittujen lisäksi myös valaistuksen, akustiset olosuhteet sekä tilasuunnittelun. Hyvän sisäilmaston luomiseen ja ylläpitämiseen vaaditaan lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät. Suuri osa rakennuksen käyttämästä energiasta kuluu sopivien sisäilmaolojen tuottamiseen ja ylläpitämiseen. (2, s. 37.)

2.1 Lämpöolot

Sisäilman viihtyvyyden perustana ovat lämpöolot, joilla on suuri merkitys ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Usein sopivien lämpöolosuhteiden ylläpitäminen jokaisena vuodenaikana on vaikeaa, joten sisäilmaston tavoitteet on tärkeä valita oikein ja varmistua lopputuloksen laadusta. (2, s. 37.)

Lämpöolojen vaikutusta suorituskykyyn ja terveyteen on tutkittu paljon. Lämpötilan nousu aistitaan epämiellyttävänä, ja se laskee suorituskykyä. Alhainen huonelämpötila lisää vetoriskiä, joka nostaa tyytymättömien osuutta ja työsuoritukset huononevat (2, s. 40.)

Käyttöaikana rakennuksen huonelämpötilan on oltava viihtyisä eivätkä ilman liike, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää. Lämmityskauden suunnitteluarvona käytetään 21 °C:ta. Huonelämpötila saa vaihdella lämmityskaudella välillä 20–25 °C ja lämmityskauden ulkopuolella 20–27 °C. (3, s. 3.)

2.2 Ilmanlaatu

Ihmiset viettävät suurimman osan ajasta sisätiloissa, mikä lisää ilmanvaihdon ja epäpuhtauslähteiden poistamisen tärkeyttä. Ympäristöministeriön asetus 1009/2017 asettaa sisäilmanlaadulle seuraavanlaisia vaatimuksia:

Sisäilmassa ei saa esiintyä terveydelle haitallisessa määrin hiukkasmaisia epäpuhtauksia, fysikaalisia, kemiallisia tai mikrobiologisia tekijöitä eikä viihtyisyyttä jatkuvasti heikentäviä hajuja. Sisäilman hiilidioksidin hetkellisen pitoisuuden suunnitteluarvo huonetilan suunniteltuna käyttöaikana voi olla enintään 1450 mg/m³ (800 ppm) suurempi kuin ulkoilman pitoisuus. (3, s. 3.)

3 LASKELMAT

Tässä luvussa kerrotaan E-luvun ja laskennallisen kesäajan huonelämpötila laskentaan liittyvistä asetuksista ja käytettävistä laskentamenetelmistä.

3.1 E-luvun laskenta

Laskennallinen energiatehokkuuden vertailuku (E-luku) on energiamuotojen ker-toimilla painotettu laskennallinen ostoenergiankulutus, jonka yksikkönä on ($\text{kWh}_E/\text{m}^2 \text{ a}$). Rakennuksen vertailuluku ei saa ylittää taulukossa 1 esitettyjä käyt-tötarkoitussuokan raja-arvoja.

TAULUKKO 1. E-luvun raja-arvot käyttötarkoitussuokittain (4, s. 3)

| Käyttötarkoitussuokka | E-luvun raja-arvo $\text{kWh}_E/\text{m}^2 \text{ a}$ |
|---|--|
| Luokka 1) Pienet asuinrakennukset: a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joi-den lämmitetty nettoala (A_{netto}) on 50–150 m^2 b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joi-den lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 150 m^2 kuitenkin enintään 600 m^2 c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joi-den lämmitetty nettoala (A_{netto}) on enemmän kuin 600 m^2 d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enin-tään kahdessa kerroksessa | 200–0,6 A_{netto} 116–0,04 A_{netto} 92 105 |
| Luokka 2) Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähin-tään kolmessa kerroksessa. | 90 |
| Luokka 3) Toimistorakennus, terveyskeskus | 100 |
| Luokka 4) Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakau-pan alle 2000 m^2 yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera- | |

| | |
|--|---------------|
| , konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli | 135 |
| Luokka 5) Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntalo, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos | 160 |
| Luokka 6) Opetusrakennus ja päiväkot | 100 |
| Luokka 7) Liikuntahalli lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia | 100 |
| Luokka 8) Sairaala | 320 |
| Luokka 9) Muu rakennus, varistorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikkö, siirtokelpoinen rakennus | ei raja-arvoa |

Ohjeet ja laskenta-arvot laskennallisen ostoenergiankulutuksen laskemiseen saadaan ympäristöministeriön julkaisemasta ohjeesta Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta sekä Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.

E-luvun laskenta voidaan tehdä kuukausitason menetelmällä, jos rakennuksen sisäilman hallinta ei edellytä jäähdytystä tai jäähdytettyjen tilojen nettoala on alle 10 % rakennuksen lämmitetystä nettoalasta. Uuden jäähdytetyn rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus on laskettava dynaamisella laskentamenetelmällä. Dynaamisen laskentamenetelmän on otettava huomioon jäähdytysjärjestelmän lämpö- ja sähköenergian tarve sekä rakenteiden lämmönvarausominaisuuden enintään tunnin aika-askeleella. (4, s. 5.)

Olemassa olevan jäähdytetyn rakennuksen jäähdytyksen ostoenergia voidaan laskea vaihtoehtoista laskentatapaa käyttäen. Vaihtoehtoinen laskentatapa on esitettyä asetuksen 1048/2017 liitteessä 1 kohdassa 3. (5, s. 6.)

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017) 13. § mukaan yhden käyttötarkoituksen rakennus voidaan laskea E-luvun laskennassa yhtenä laskentavyöhykkeenä. Rakennuksen käsittäessä

useita käyttötarkoituksiluokkia on rakennus jaettava käyttötarkoitusta ja käyttöai-
koja vastaaviin laskentavyöhykkeisiin. Eri käyttötarkoitukseluokan rakennuksen osa
voidaan laskea kuuluvaksi suurimpaan käyttötarkoitukseluokkaan, jos sen lämmitetty
nettoala on 10 prosenttia koko rakennuksen lämmitetystä nettoalasta tai alle
50 m². (4, s. 4,8.)

E-luku saadaan kaavasta 1 (4, s. 5).

$$E = \frac{f_{\text{kaukolämpö}} Q_{\text{kaukolämpö}} + f_{\text{kaukojäähdytys}} Q_{\text{kaukojäähdytys}} + Q_{\text{polttoaine}} + f_{\text{säh}} W_{\text{säh}}}{A_{\text{netto}}} \text{ KAAVA 1}$$

E = energiatehokkuuden vertailuluku (kWh_E/(m² a))

$Q_{\text{kaukolämpö}}$ = kaukolämmön kulutus vuodessa (kWh/a)

$Q_{\text{kaukojäähdytys}}$ = kaukojäähdytyksen kulutus vuodessa (kWh/a)

$Q_{\text{polttoaine}}$ = polttoaineen i sisältämän energian kulutus vuodessa (kWh/a)

$W_{\text{sähkö}}$ = sähkön kulutus vuodessa, missä on otettu huomioon vähennykset ra-
kennukseen kuuluvalla laitteistolla ympäristöstä vapaasti hyödynnettävästä ener-
giasta otetusta energiasta siltä osin, kuin se on käytetty rakennuksessa siinä ta-
pahtuvan vakioituun käyttöön perustuvan energiankulutuksen kattamiseen
(kWh/a)

$f_{\text{kaukolämpö}}$ = kaukolämmön energiamuodon kerroin (6.)

$f_{\text{kaukojäähdytys}}$ = kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin (6.)

$f_{\text{polttoaine}}$ = polttoaineen i energiamuodon kerroin (6.)

$f_{\text{sähkö}}$ = sähkön energiamuodon kerroin (6.)

A_{netto} = rakennuksen lämmitetty nettoala (m²)

3.2 Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen

Kesäajan laskennallisen huonelämpötilan vaatimuksista säädetään ympäristömi-
nisteriön asetuksessa 1010/2017 uuden rakennuksen energiatehokkuudesta.

Asetuksen mukaan laskennallinen kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää jäähdytysrajan arvoa 25 °C enemmän kuin 150 astetuntia kesäkuun ensimmäisen päivän ja elokuun viimeisen päivän välisenä aikana käyttötarkoituksiluokissa 3–8. Käyttötarkoitukseluokassa 2 jäähdytysrajan arvona käytetään 27 °C:ta. Kesäajan huonelämpötilalaskennassa tulee käyttää suunnitteluratkaisun mukaisia ilmapuitteita, mutta muutoin E-luvun laskennan mukaisia lähtötietoja. Laskennassa on käytettävä dynaamista laskentatyökalua. (3, s. 14.)

Lämpötilalaskenta tehdään tiloille, jotka ovat ylimmissä kerroksissa, etelä- tai länsijulkisivuilla, suurilla lasipinnoilla varustetut tilat tai huoneille, joissa muuten on suuri riski ylikuumenemiselle (1, s. 9).

Talotekniikkajärjestelmät huomioidaan laskelmissa suunnitelman mukaisena. Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä sekä niiden ohjaus mallinnetaan tarkasteltaviin tiloihin suunnitelmien mukaisesti. Ilman oletetaan lämpenevän kanavistossa ja puhaltimessa molemmissa +1°C ellei toisin laskelmin osoiteta. Eristetyssä tuuloilmakanavassa voidaan lämpeneminen jättää huomioimatta. (1, s. 11.)

4 RAKENNUSKOHTEET

Tilaajan toimittamat esimerkkikohteet ovat joko suunnitteilla tai jo rakenteilla olevia. Tässä luvussa esitellään esimerkkikohteiden perustietoja sekä opinnäytetyössä tehtävien energiatodistuksen ja olosuhdesimuloinnin luomiseen vaikuttavat LVI-järjestelmien tiedot.

4.1 Päiväkoti Kangasala Kuusitie

Päiväkoti Kangasala Kuusitie on viisiryhmäinen päiväkotikoti, 96 lapselle. Päiväkoti sisältää jakelukeittiön, monitoimitiloja, lepo- ja toimintatiloja ja aputiloja. Teknisiä tiloja on kolme, joista kaksi on varattu ilmanvaihtojärjestelmille ja yksi on lämmönjakuhuone. Lämmitetty nettoala on 758 m².

Rakennuksen lämmitysmuotona on maalämpö vesikiertoisella lattialämmityksellä. Rakennuksessa on keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä kahdella ilmanvaihtokoneella. Rakennuksessa ei ole jäähdytystä eikä viilennystä.

4.2 Hoivakoti Savonlinna

Hoivakoti Savonlinna on 50 henkilölle mitoitettu palvelutalo. Asuinhuoneissa omat pesuhuoneet. Rakennuksessa on lisäksi yleisiä oleskelutiloja, valmistuskeittiö ja muita aputiloja. Lämmitetty nettoala on 2686 m².

Rakennus on liitetty kaukolämpöverkkoon ja lämmönjako on toteutettu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Ilmanvaihtokonehuone sijaitsee neljännessä kerroksessa. Rakennuksessa on kaksi ilmanvaihtokonetta, joissa on tuloilman viilennys. Lääkkeenjako- ja keittiössä on lisäksi ideaalinen eli huonekohtainen jäähdytyslaitte.

4.3 As Oy Oulun Pehtoori

As Oy Oulun Pehtoori rakennetaan Oulun Toppilansalmeen uuteen Möljän kortteliin. Pehtoori koostuu kahdeksankerroksisesta kerrostalosta, jonka vieressä on

kolmikerroksinen siipi. Asuntojen koko vaihtelee yksiöstä kattokerroksen isoon neliöön.

Kerrostalo on liitetty kaukolämpöön ja lämmönjako on toteutettu vesikiertoisella lattialämmityksellä. Ilmanvaihtojärjestelmä on toteutettu huoneistokohtaisella ilmanvaihtokoneella. Lämmitetty nettoala on 4550 m².

5 MALLIN LUOMINEN JA SIMULOINTI

Tässä luvussa kerrotaan laskentamallin luomisesta, energiasimuloinnista sekä kesäajan huonelämpötilan laskemisesta IDA ICElla

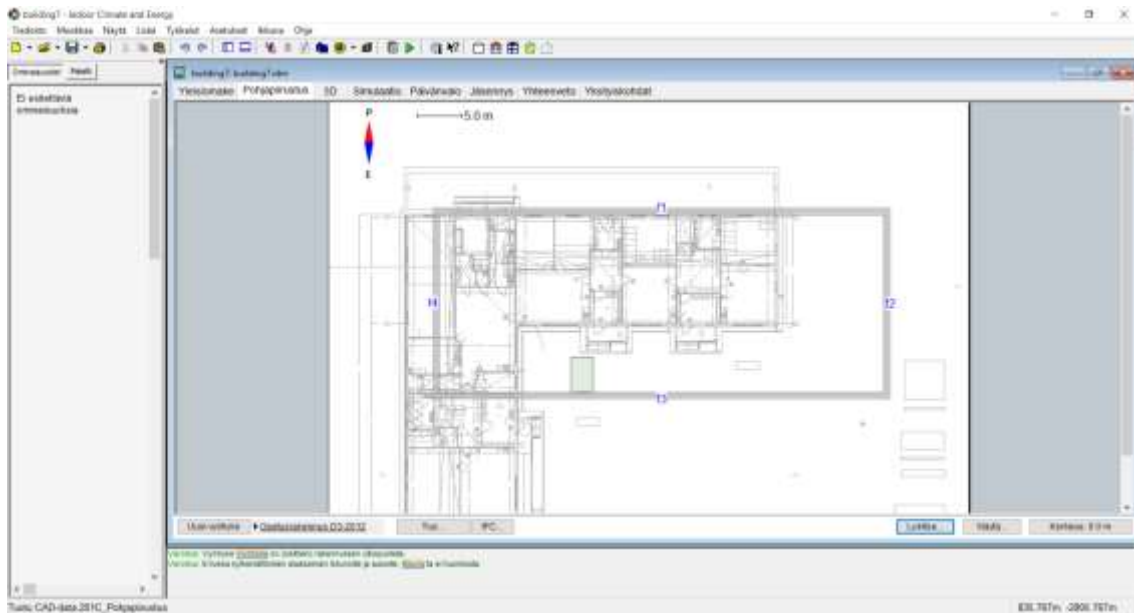
5.1 Suomi-lokaalisaatio

IDA ICE on dynaaminen simulointiohjelma, jolla voidaan tutkia rakennuksen lämpötasetta ja energiankulutusta. IDA ICEen on mahdollisuus saada lisäosana Suomi-lokalisointipaketti, joka sisältää suomenkielisen käyttöliittymän ja alueelliset sijainti- ja säädatat ja tukee voimassa olevia määräyksiä. Energiatodistuksen laatiminen ja vieminen Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskuksen (ARA) järjestelmään XML-koodina on mahdollista lokalisaatiolla. (7.)

5.2 IDA ICE -geometrian luominen

Rakennuksille luotiin geometriat energia- ja huonelämpötilalaskentaa varten IDA ICE -ohjelman omilla toiminnoilla. Mallin luominen aloitetaan valitsemalla rakennuksen käyttötarkoitusluokka, jolloin ohjelma luo rakennukselle määräystenmukaiset lähtöarvot. IDA ICE luo automaattisesti rakennuksen vaipan ("building body"), joka muokataan pohjakuvan mukaan simuloitavan kohteen muotoon.

Pohjan tuominen ohjelmaan tapahtuu tuo CAD ja vektorigrafiikka -toiminnolla. Isot pohjakuvat hidastavat ohjelman käyttöä ja voivat edellyttää piirustuksen siivoamista ennen ohjelmaan tuontia. Opinnäytetyön tekohetkellä IDA ICE tukee AutoCad 2004 DWG -tiedostomuotoa. Kuvassa 1 on esitettynä käyttöliittymän näkymä pohjakuva tuotuna.



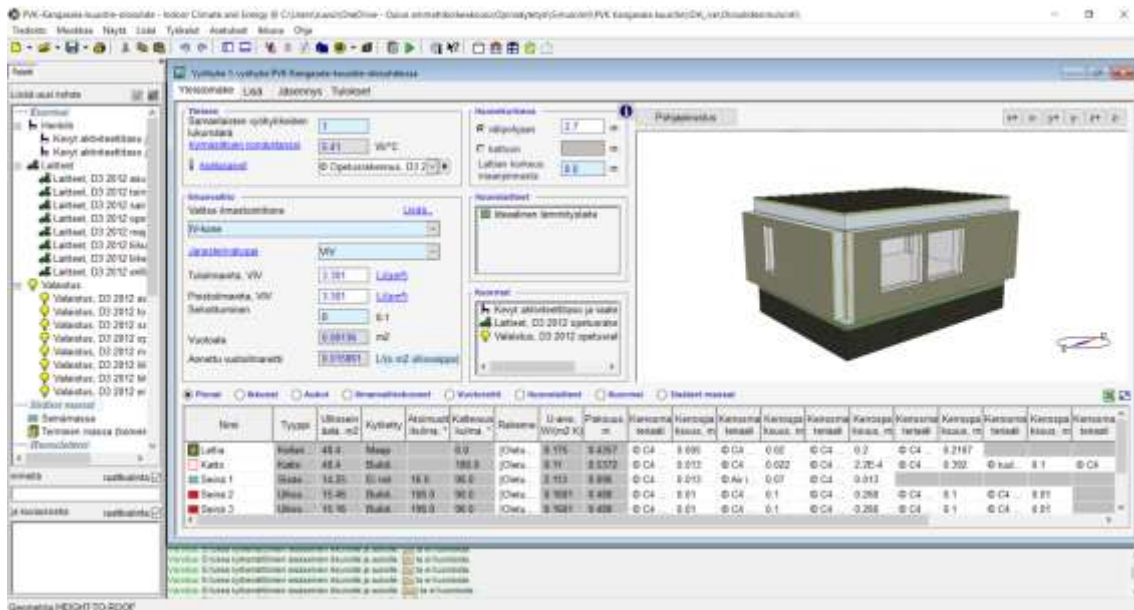
KUVA 1. IDA ICE ohjelman käyttöliittymä

5.3 Vyöhykkeet

Rakennuksen vaipan sisään luodaan vyöhykkeet uusi vyöhyke -toiminnolla. Vyöhykkeet kiinnittyvät automaattisesti niitä rajaaviin vaipan osiin sekä viereisiin vyöhykkeisiin. Vyöhykettä klikkaamalla aukeaa vyöhykkeen näkymä (kuva 2), josta pääsee muokkaamaan vyöhykkeen geometriaa, vyöhykkeessä vaikuttavia järjestelmiä sekä kuormia.

Vyöhykkeisiin lisätään rakennuksessa olevat aukot ja ikkunat. Ikkunan ja aukkojen lisääminen tapahtuu paletti-valikosta, josta se vedetään vyöhykkeen reunalle. Ikkunan tietoja pääsee muokkaamaan tuplaklikkaamalla ikkunaa, jolloin aukeaa ikkunantiedot.

E-lukua laskettaessa voidaan kokorakennus laskea yhtenä laskentavyöhykkeenä tai esimerkiksi kerroskohtaisilla vyöhykkeillä, jolloin ohjelma laskee lämmitetyn nettoalan suoraan oikein (4, s. 8). Kesäajan huonelämpötilan laskennassa on jokaiselle tarkasteltavalla tilalle muodostettava omat laskentavyöhykkeet, ja niihin mallinnetaan ilmanvaihtojärjestelmä suunnittelun mukaisesti.



KUVA 2. Vyöhykenäkymä

5.4 Oletusarvot

Oletusarvot-valikosta (kuva 3) määritetään rakennukselle tuotannon hyötysuhteet sekä oletusarvot rakenteille, lasitukselle, oville ja lasitukseen integroidulle suojaukselle. Muutettaessa oletusarvoa ohjelma muuttaa sen jokaiseen rakenteeseen, johon on valittuna oletusrakenne.

Rakennuksen oletusarvot

Rakenteet

| | |
|--------------------------------|--|
| Ulkoseinät | © D3 2012 ulkoseina(betoni),lammin tila |
| Sisäseinät | © C4 2012 eristamaton sisaseina(ilma vali) |
| Välipohjat | © C4 2012 välipohja(betoni) |
| Ulkokatto | © D3 2012 ylapohja(betoni),lammin tila |
| Alapohja | © D3 2012 alapohja maata vasten, lammin tila |
| Kellarin maanvastainen seinä | © D3 2012 ulkoseina(betoni),lammin tila |
| Maanvastainen laatta | © D3 2012 alapohja maata vasten, lammin tila |
| Lasitus | © D3 2012 ikkuna, lammin tila |
| Ovien rakenne | © D3 2012 ovi, lammin tila |
| Lasitukseen integroitu suojaus | © Sälekaihtimet uloimpien lasien välissä |

Tuotannon hyötysuhde

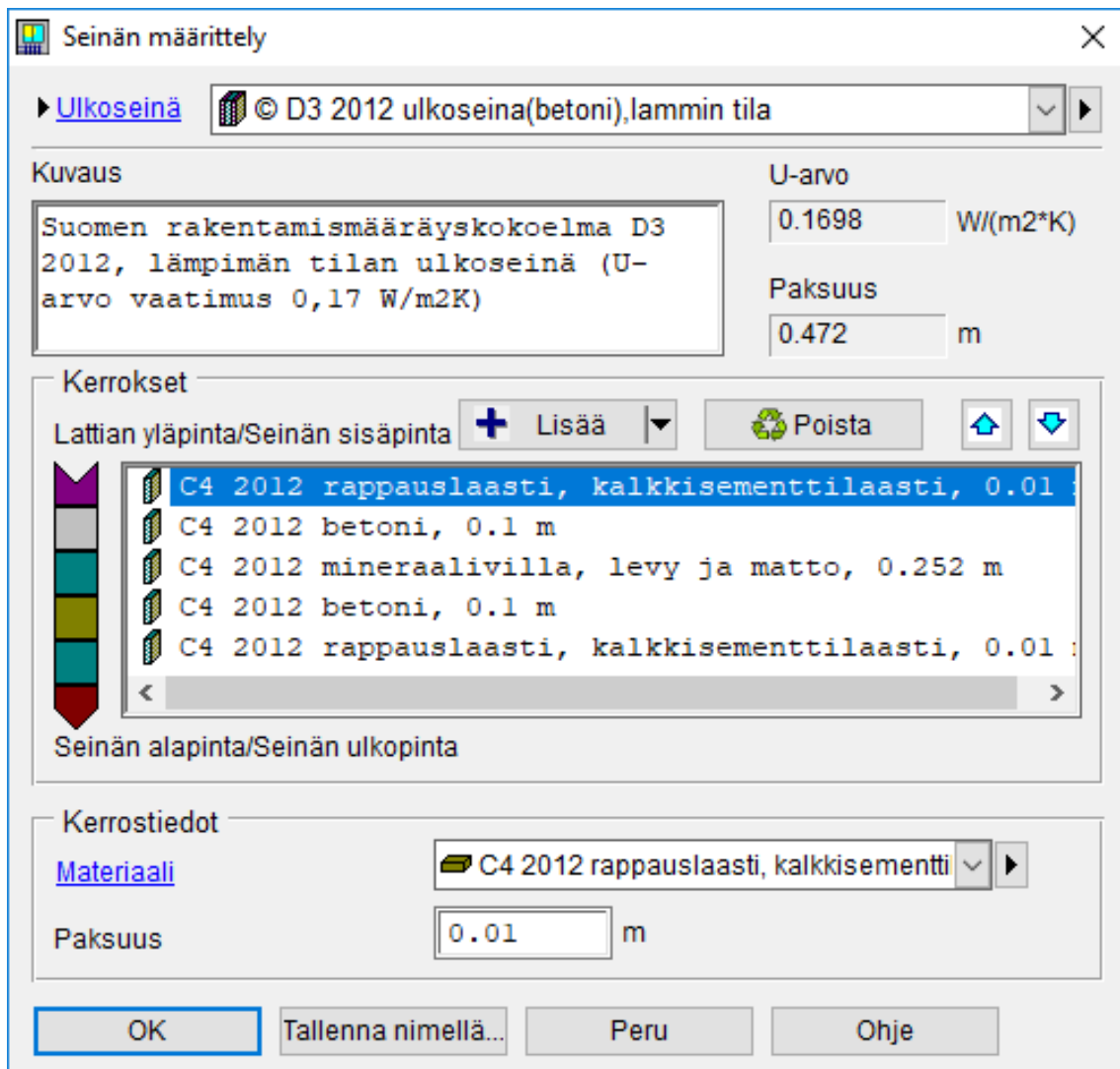
| | Electric | Fuel | District |
|-------------------|---|--|--|
| Lämmitys | Oletus energiamuoto <input type="radio"/> COP <input type="text" value="1"/> | <input type="radio"/> <input type="text" value="0.9"/> | <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="0.97"/> |
| Jäähdytys | Oletus energiamuoto <input checked="" type="radio"/> COP (EER) <input type="text" value="3"/> | <input type="radio"/> <input type="text" value="1"/> | <input type="radio"/> <input type="text" value="1"/> |
| Lämmin käyttövesi | Oletus energiamuoto <input type="radio"/> COP <input type="text" value="1"/> | <input type="radio"/> <input type="text" value="0.9"/> | <input checked="" type="radio"/> <input type="text" value="0.97"/> |

Energiamittarit

| Käyttö | Electric | Fuel | District |
|-------------------|------------------------|-------------------|----------------------|
| Lämmitys | Sähkölämmitys, kiintei | <määrittelemätön> | Lämmitys, kaukolämpö |
| Jäähdytys | Jäähdytys | <määrittelemätön> | Kaukojäähdytys |
| Lämmin käyttövesi | LKV, sähkölämmitys | <määrittelemätön> | LKV, kaukolämpö |
| Puhaltimet | LVI sähkö | | |
| Pumput | LVI sähkö | | |
| Kostutus | LVI sähkö | | |
| LVI - muu | LVI sähkö | | |
| Laitteet | Laitteet, asukas | <määrittelemätön> | <määrittelemätön> |
| Valaistus | Valaistus, kiinteistö | | |

KUVA 3. Oletusarvot-valikko IDA ICE -ohjelmassa

Rakenteita löytyy ohjelmasta valmiina, mutta rakenteen luominen ja muokkaus onnistuu avaamalla seinän määrittely (kuva 4). Kohtaan tuotannon hyötysuhde määritetään kohteen lämmönlähde sekä sen vuosihyötysuhde.



KUVA 4. Seinän määrittely IDA ICE -ohjelmassa

5.5 Lisäenergia ja häviöt

Lisäenergia ja häviöt -valikossa (kuva 5) voidaan muokata rakennuksen jakelu-järjestelmän häviöitä, käyttöveden kulutusta sekä lisäenergiankulutuksia. Häviöt syötetään IDA ICE -ohjelmaan yksikössä W/m².

Lämpimän käyttöveden ja siitä vyöhykkeisiin siirtyvä teho sisältävät kierto ja jakeluhäviöt (8, s. 4). Häviöiden laskemista varten työssä laadittiin taulukon 2 mukainen Excel-laskuri, jolla voidaan laskea häviöt neliöpohjaisiksi ympäristöministeriön julkaiseman ohjeen mukaisilla arvoilla.

TAULUKKO 2. Lämpimänkäyttöveden häviöiden laskentataulukko

| | | |
|-------------------------------|-------|------------------------|
| Pinta-ala | 4550 | m ² |
| $\Phi_{ikv,kiertohäviö,omin}$ | 6 | [W/m] |
| L_{ikv} | 300 | [m] |
| $L_{ikv,}$ | 0,07 | [m/m ²] |
| $t_{ikv,pumppu}$ | 24 | [h/vrk] |
| $\eta_{ikv,siirto}$ | 0,97 | |
| $Q_{ikv,varastointi}$ | 0 | [kWh/a] |
| $Q_{ikv,netto}$ | 35 | [kWh/m ² a] |
| Kierron häviövyöhykkeisiin | 50 % | |
| | | |
| $Q_{ikv,kierto}$ | 0,396 | [W/m ²] |
| Q_{iv} | 0,12 | [W/m ²] |
| $Q_{iv,varaaja}$ | 0,000 | [W/m ²] |
| | | |
| Häviöiden summa | 0,52 | [W/m ²] |
| | | |
| Häviövyöhykkeisiin | 38 % | |

Lämpövyöhykkeisiin-kohtaan laitetaan lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde. Lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde sekä apulaitteiden ominaissähkönkäytön ohjeavot saadaan ympäristöministeriön laskentaoppaasta. Lisäenergiankulutukseen voidaan syöttää apulaitteiden sähkönkulutuksia yksiköissä kW ja W/m². (9, taulukko 6.1.)

Lisäenergia ja häviöt: objekti Opinnäytessä

Lisäenergia ja häviöt

Domestic hot water use

Keskimääräinen LKV:n kulutus kWh/(lattia-m²,vuosi) [LKV jakelu](#)

[T_DHW = 55°C (saapuva 5°C); lisää yksityiskohtia täältä [Lämmön- ja jäähdytyksen tuote](#) ja lämmöntuotto]

[Käyrä automaattisesti uudellen skaataan annettuun keskimääräiseen käyttöön]

Jakelujärjestelmän häviöt

Lämmin käyttövesi W/(m² lattia-ala) % tiloihin*

Lämpö vyöhykkeisiin [Lämmitysjärjestelmän lämmöntuoton osuus \[%\]\(ml. ideaaliset lämmityslaitteet\)](#) % tiloihin*

Jäähdytys vyöhykkeisiin [Jäähdytysjärjestelmän kylmäntuoton osuus \[%\]\(ml. ideaaliset jäähdytyslaitteet\)](#) % tiloihin*

Ei liukua valittavissa

Tuloilmakanaviston häviöt W/(m² lattia-ala, 7 °C dT:lla_kanavasta vyöhykkeeseen) % tiloihin*

[*vyöhykkeiden häviöiden osuus jaetaan suhteessa lattia-alaan]

Lämmöntuoton häviöt

Häviö jäähdytyksen tuotosta W Häviö lämmityksen tuotosta W

Lisäenergiankulutus

| Nimi | Nimellisteho, kW | Nimellisteho, W/m ² | Kok. nimelliste... kW | Aikataulu | Energiamittari | Vuotuinen kok... kWh |
|----------------------|------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------|----------------|----------------------|
| Lämmityksen apula... | 0.0 | 0.228 | 0.002396 | © Aina 'On'/ikku... | LVI sähkö | 20.99 |
| KL-lämmönjakokes... | 0.0 | 0.00799 | 8.4E-5 | © Aina 'On'/ikku... | LVI sähkö | 0.7356 |
| LKV pumpaus | 0.0 | 0.0191 | 2.01E-4 | © Aina 'On'/ikku... | LVI sähkö | 1.758 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

KUVA 5. Lisäenergia ja häviöt -valikko IDA ICE -ohjelmassa

5.6 Vuotoilmavirta

Vuotoilmavirta-valikossa määritetään rakennuksen vuotoilmavirta yksikössä $\text{m}^3/(\text{h m}^2) \times A_{\text{vaippa}}$ (kuva 6).

Vuotoilma

Menetelmä

Vuotoilmayksiköt

Tuulesta johtuva ilmavirta

Ilmatiiviyys m3/(h.m2 ulkovaippa)

paine-erolla Pa

[Painekertoimet](#)

Vakio vuotoilmavirta

Vuotoilmavirta m3/(h.m2 ulkovaippa)

Jakautuminen vyöhykkeissä

Jaa suhteessa

Tuulesta johtuva ilma

Ilmanpitävyys (vyöhykkeessä) L/(s.m2 ulkovaippa)

paine-erolla Pa

Vakio vuotoilmavirta

Vakiovuotoilmavirta vyöhykkeissä L/(s.m2 ulkovaippa)

Rakennuksen vuotoilma voidaan mallintaa joko todellisen tuulen paineen tai vakiovuotoilmavirran avulla. Vakiovuotoilmavirran tapauksessa valitse Vakiovuotoilmavirta ja syötä sille arvo.

Tuulesta riippuvan vuotoilmavirran tapauksessa valitse Tuulen paineesta riippuva vuotoilmavirta, aseta rakennuksen vaipan ilmatiiviyys ja [anna ulkopintojen painekertoimet](#). Sisäiset vuotoilmareitit vyöhykkeiden välillä tulee määrittellä erikseen. Lisää ovet tai sisäseinien vuotoilma-aukot.

Vuotoilmadata päivittyy automaattisesti vyöhykkeille ja korvaa sen hetkisen vyöhykkeen "Vuoto-alaan ...". Kuitenkaan erikseen määritellyt pintojen vuotoja ei korvata.

ACH = ilmanvaihtuvuus (huonetilavuus tunnissa)

KUVA 6. Vuotoilma -valikko IDA ICE -ohjelmassa

Jos rakennuksen ilmanpitävyys osoitetaan mittaamalla tai teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyllä ilmanvuotolukuna käytetään E-luvun laskennassa suunnitteluarvoa. Muussa tapauksessa laskennassa käytetään arvoa $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Vuotoilmavirta lasketaan kaavalla 2. (4, s. 9.)

$$q_v = \frac{q_{50}}{x} A_{vaiippa} = \frac{2 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)}{15} = 0,1333 \text{ m}^3/(\text{h m}^2) A_{vaiippa}$$

KAAVA 2

q_v = vuotoilmavirta (m^3/h)

q_{50} = Ilmanvuotoluku ($\text{m}^3/\text{h m}^2$)

x = kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja nelikerroksisille 20 ja näitä korkeammille 15

5.7 Kylmäsillat

Rakenteiden ja niiden liitosten kylmäsillat on otettava huomioon E-lukua laskettaessa (4, s. 9). Kylmäsillat määritetään rakennukselle kylmäsillat-valikosta. Ohjearvoja viivamaisen kylmäsillan lisäkonduktanssille annetaan energiatehokkuuden laskentaohjeen luvussa 3 (9, s. 19).

5.8 Energia- ja olosuhdesimulointi

Simulointivälilehdeltä löytyy useita simulointivaihtoehtoja, joita voi tehdä yksitellen tai kaikki kerralla. Energiatodistusta varten tehdään energiasimulointi. Laskennallisen kesäajan huonelämpötilan simulointi tehdään yllämpenemissimuloinnilla. Yllämpenemissimuloinnin asetussivuilta (kuva 8) valitaan säätiedosta käytävä mitoitusjakso. Simulointi tehdään kesäkuun 1. päivän ja elokuun 31. päivän väliselle ajanjaksolle.

The screenshot shows the 'Yllämpö' (Summer Simulation) settings window. The window title is 'Yllämpö' and it has a close button (X) in the top right corner. The main content is divided into two columns: 'Yllämpenemissimulointi' (Summer Simulation) on the left and 'Kuvaus' (Description) on the right. The 'Yllämpenemissimulointi' section includes: 'Muuttuja' (Variable) set to 'Ilman lämpötila huoneen kesk' (Room air temperature); 'Kuormat' (Loads) with 'Sisäisten kuormien osuus' (Internal load share) set to 100%; 'Sää' (Weather) with 'Käytä synteettistä säätä' (Use synthetic weather) selected and a 'Vähennä' (Reduce) button; 'Valitut kuukaudet' (Selected months) with a note '(käytä kuuminta kuukautta jos mitään ei valittu)' (use the warmest month if nothing is selected) and a grid of month checkboxes (Tam, Huh, Hei, Lok, Hel, Tou, Elo, Mar, Maa, Kes, Syys, Jou) all checked; 'Säätiedostoa käyttävä mitoitusjakso' (Simulation period using weather data) with a dropdown set to '© HKI-Vantaa_Ref_2012' and a right arrow button; 'Alkaen' (Start) set to '1.6.2018, Perjantai' and 'Saakka' (End) set to '31.8.2018, Perjantai'; and buttons for 'Suorita' (Run), 'Sulje' (Close), and 'Ohje' (Help). The 'Kuvaus' section is currently empty. The 'Mitoituspäivät' (Simulation days) section includes: 'Kumulatiivinen toistuvuus ilman maks. lämpötilalle' (Cumulative frequency for max temperature) with a dropdown and '%' sign; 'Min. kuivalämpötila' (Min. dry-bulb temperature) with a text box and '°C'; 'Maks. kuivalämpötila' (Max. dry-bulb temperature) with a text box and '°C'; 'Maks. märkälämpötila' (Max. wet-bulb temperature) with a text box and '°C'; 'Tuulen suunta' (Wind direction) with a text box and '°'; 'Tuulen nopeus' (Wind speed) with a text box and 'm/s'; 'Auringon säteilykerroin tau_b' (Solar radiation coefficient tau_b) with a text box; and 'säteilykerroin tau_d' (Radiation coefficient tau_d) with a text box.

KUVA 8. Yllämpenemissimulointi-valikko IDA ICE -ohjelmassa

6 SIMULOINTITULOKSET

Tässä luvussa esitellään esimerkkikohteiden IDA ICE -ohjelmalla lasketut E-luvut ja laskennallinen kesäajan huonelämpötila eli jäähdytysrajan ylittävät astetunnit.

6.1 E-luku

Energiasimuloinnin tuloksena saatiin rakennuksien ostoenergian tarve. Simulointituloksista laaditut energiatodistukset löytyvät liitteistä 1–3. Taulukossa 3 on esitettyä rakennusten E-luvut ja käyttötarkoituksen raja-arvot. Rakennukset täyttävät määräyksiensä asettamat E-luvun raja-arvot.

TAULUKKO 3. Rakennusten E-luvut ja raja-arvot

| Rakennus | $Q_{\text{Kaukoiämpö}}$ [kWh/a] | $Q_{\text{Sähkö}}$ [kWh/a] | $f_{\text{Kaukoiämpö}}$ | $f_{\text{Sähkö}}$ | A_{netto} | E-luku [kWh _E /(m ² a)] | E-Luku raja-arvo [kWh _E /(m ² a)] |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--|--|
| Päiväkoti | 0 | 56 717 | 0,5 | 1,2 | 758 | 90 | 100 |
| Palvelutalo | 392 580 | 168 950 | 0,5 | 1,2 | 2679 | 149 | 160 |
| Asuinkerrostalo | 225 132 | 214 843 | 0,5 | 1,2 | 4581 | 81 | 90 |

E-lukua vastaavat energiatehokkuusluokat vaihtelevat rakennuksen käyttötarkoitukseluokittain. Energiatehokkuusluokat saadaan ympäristöministeriön asetuksesta 1048/2017. Lasketut E-luvut vastaavat energiatehokkuusluokkia A₂₀₁₈ – B₂₀₁₈. (4, s. 22.)

6.2 Laskennallinen kesäajan huonelämpötila

Kesäajan huonelämpötilan laskenta tehtiin ympäristöministeriön julkaisemien määräysten ja ohjeiden mukaisesti. Ympäristöministeriön julkaisemassa laskentaoppaassa Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksen mukaisuuden osoittaminen on esitetty yksityiskohtaisesti ja esimerkkilaskelmin huonelämpötilan laskenta. Työssä laadittiin oppaan esimerkin mukainen Excel-pohja kesäajan huonelämpötilalaskennan lähtötietojen ja tulosten esittämisestä.

Vaatimuksen mukaiseen kesäajan huonelämpötilaan päästiin tilaajan antamilla lähtötiedoilla. Eniten jäähdytysrajan ylittäviä astetunteja oli ylimmissä kerroksissa sekä tiloissa, joissa oli suurimmat lämpökuormat ja ikkunan pinta-alat.

Taulukoissa 4–6 on esitettyä esimerkkikohteiden tarkasteltujen tilojen jäähdytysrajan ylittävät astetunnit. Tarkemmat tulokset kesäajan huonelämpötilalaskennasta löytyvät liitteistä 4–6.

TAULUKKO 4. Jäähdytysrajan ylittävät astetunnit päiväkodissa

| Tila | krs. | Ikkunan ilmansuunta | Jäähdytysraja [°C] | Astetuntia [°Ch] |
|--------------|-------|---------------------|--------------------|------------------|
| Toimisto | 1 (1) | Itä | 25 | 130 |
| Ryhmähuone 2 | 1 (1) | Itä | 25 | 142 |
| Ryhmähuone 3 | 1 (1) | Etelä | 25 | 140 |

TAULUKKO 5. Jäähdytysrajan ylittävät astetunnit hoivakodissa

| Tila | krs. | Ikkunan ilmansuunta | Jäähdytysraja [°C] | Astetuntia [°Ch] |
|----------------|-------|---------------------|--------------------|------------------|
| Asuinhuone 308 | 3 (3) | Länsi | 25 | 133 |
| Toimisto | 1 (3) | Itä | 25 | 0 |
| Neuvottelu | 2 (3) | Itä | 25 | 0 |

TAULUKKO 6. Jäähdytysrajan ylittävät astetunnit asuinkerrostalossa

| Tila | krs. | Ikkunan ilmansuunta | Jäähdytysraja [°C] | Astetuntia [°Ch] |
|-------------|-------|---------------------|--------------------|------------------|
| B77 OH+K+ET | 7 (8) | Kaakko | 27 | 142 |
| B81 MH | 8 (8) | Kaakko | 27 | 40 |

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli laatia energiatodistus ja laskea kesäajan huonelämpötila IDA ICE -simulointiohjelmalla sekä luoda mallipohja kesäajan huonelämpötilanlaskennan tulosten esittämisestä. Työssä laadittiin mallipohjat kesäajan huonelämpötilalaskennan tulosten esittämiseen sekä laadittiin energiatodistus IDA ICE -ohjelmalla tilaajalta saatuihin esimerkkikohteisiin.

Määräysten mukaisten häviöiden syöttämistä varten laadittiin Excel-laskuri, jolla voidaan laskea ja muuttaa yksiköt IDA ICE -ohjelmaan sopivaksi. Mallipohja laadittiin ympäristöministeriön D3 laskentaopas kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen ohjeen mukaisesti Exceliin.

E-luvun laskenta ja energiatodistuksen luominen IDA ICE -ohjelmalla osoittautui yllättävän helpoksi ja käteväksi. Geometrian luominen ohjelman omalla toiminnolla on ehkä hieman hitaampaa kuin jollain toisella ohjelmalla. Nopeinta olisi käyttää rakennuksesta tarkasti tehtyä IFC-mallia, joka tuodaan ohjelmaan.

Esimerkkirakennusten kesäaikaisen huonelämpötilat ja E-luvut todettiin vaatimuksenmukaisiksi. Tilaaja voi hyödyntää tulevissa kohteissa esimerkkisuoritusta sekä mallipohjaa kesäaikaisen huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa.

LÄHTEET

1. D3 laskentaopas. Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuuden osoittaminen RakMK D3 2012 mukaan. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7B7B8D0893-4715-4FD1-B685-D2B71D6A6559%7D/31274>. Hakupäivä 30.10.2018.
2. Sandberg, Esa. Sisäilmasto ja ilmanvaihtojärjestelmät: ilmastointekniikka osa 1. Talotekniikka julkaisut Oy. 2014.
3. 1009/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 27.12.2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BAAD7DB92-F571-4766-A3F1-BFF63383191B%7D/133875>. Hakupäivä 8.10.2018.
4. 1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 27.12.2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BFD99E48D-F28B-452E-8175-29EA77ABD4CA%7D/133872>. Hakupäivä 12.10.2018.
5. 1048/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 28.12.2017. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ym.fi/download/noname/%7BED0F67A6-AF20-4B3F-B191-7311189B65FD%7D/133978>. Hakupäivä 12.10.2018.
6. 788/2017 Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170788>. Hakupäivä 31.10.2018.
7. Suomi-lokalisaatio. Equa. Saatavissa: <https://www.equa.se/fi/ida-ice/localization/finland>. Hakupäivä 15.10.2018.
8. IDA Indoor Climate and Energy. Suomi lokalisointiopas. 2018. Equa Simulation Oy. Saatavissa: <http://forum.equa.se/upfiles/1524035353954112.pdf>. Hakupäivä 5.11.2018.

9. Energiatohokkuus - Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. 2018. Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymp.fi/download/noname/%7B4332AA81-75E1-4CA0-B208-B0ACB60A267F%7D/133692> Hakupäivä 2.11.2018.

LIITTEET

Liite 1 Päiväkoti Kangasala energiatodistus

Liite 2 Hoivakoti Savonlinna energiatodistus

Liite 3 As Oy Oulun Pehtoori energiatodistus

Liite 4 Päiväkoti Kangasala kesäajan huonelämpötila

Liite 5 Hoivakoti Savonlinna kesäajan huonelämpötila

Liite 6 As Oy Oulun Pehtoori kesäajan huonelämpötila