

Joonas Salovaara

KIINTEISTÖN LASKENNALLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN  
VERTAILU

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2013

# KIIINTEISTÖN LASKENNALLISEN ENERGIATEHOKKUUDEN VERTAILU

Salovaara, Joonas  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2013  
Ohjaaja: Kivioja, Teppo  
Sivumäärä: 60  
Liitteitä: 3

Asiasanat: Energiatehokkuus, Energiatodistukset, Rakentaminen, Sertifiointi

---

Opinnäytetyön kohteena on Kiinteistö Oy Kupittaa Kolmio, johon kuuluu toimistorakennus Intelligate. Toimistorakennuskokonaisuus koostuu kolmesta toimistorakennuksesta, joista tällä hetkellä rakennetaan toista vaihetta. Tähän toiseen rakennusvaiheeseen laaditaan tässä opinnäytetyössä energiamääräysten mukaiset todistukset. Opinnäytetyössä halutaan antaa lukijalle käsitys siitä, miten energiatehokkuus otetaan huomioon rakennusprojektissa.

Opinnäytetyössä perehdytään Suomen rakentamismääräyskokoelman osaan D3. D3 on määräys rakennuksen energiatehokkuudesta ja vuonna 2012 astui voimaan uusi energiamääräys D3 2012, jolla kumottiin vanhempi energiamääräys D3 2010. Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla eroja energiamääräysten välillä. Tarkoituksena on myös työstää energiamääräysten mukaiset laskelmat.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös LEED-ympäristösertifikaattia, joka halutaan laatia kohteelle. Tarkoituksena on käydä läpi sertifikaatin sisältöä yksityiskohtaisesti ja antaa lukijalle kuva siitä, millaisesta sertifiointijärjestelmästä on kyse. Opinnäytetyössä selvitetään myös LEED-ympäristösertifikaatin laadinnan vaiheet. Varsinaista ympäristösertifikaatin laadintaa työssä ei suoriteta

Työn lopputuloksena kohteelle saatiin laskettua määräyksen D3 2010 mukainen ET-luku. ET-luku saatiin rakennusmääräyksen asettaman tason mukaan energiatehokkuusluokkaan A. Uuden energiamääräyksen D3 2012 mukaan rakennuksen tulee saavuttaa E-luvulle asetettu raja-arvo. Raja-arvo toimistorakennuksille on määräyksen mukaan asetettu  $170 \text{ kWh/netto-m}^2/\text{v}$ , joka alitettiin kohdekiinteistössä.

# PROPERTIES COMPUTATIONAL COMPARISON OF ENERGY EFFICIENCY

Salovaara, Joonas

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

May 2013

Supervisor: Kivioja, Teppo

Number of pages: 60

Appendices: 3

Keywords: Energy efficiency, Energy certificate, Construction, Certification

---

The subject of the thesis was Kiinteistö Oy Kupittaa Kolmio, which includes office building Intelligate. The office building consists of three building phases which are three different office buildings combined together. At the time of this thesis the second office building of Intelligate was being built. This thesis was made for the second stage, meaning that the documents and calculations were done for the second building phase of the office building. The purpose of this thesis was also to go through the basic principles of energy efficiency in construction.

The subject matter of this thesis was to explore and examine the Finnish building regulations part D3. D3 is an energy efficiency regulation and in year 2012 the regulation D3 2012 came into effect. This new energy efficiency regulation revokes the earlier energy efficiency regulation D3 2010. The purpose of this thesis was to examine and compare the energy efficiency regulation and to formulate all needed energy efficiency documents and calculations.

The aim of this thesis was to also go through LEED-certification system. The certification system is used in the second building of the office building Intelligate. The purpose was to go through the content of the certification system and the steps of how the certification is compiled.

All needed calculations and documents were formulated during the thesis work. ETDigit was formulated to the level A of the energy efficiency regulation D3 2010. This was an excellent result. As for the new energy efficiency regulations D3 2012 the EDigit was formulated. The idea is to get a value under or the same boundary value set by the new energy efficiency regulations. The boundary value for office buildings is 170 kWh/nett-m<sup>2</sup>/year. This value was achieved and the results were even better than needed.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	ENERGIATEHOKKUUS RAKENNUSPROJEKTISSA .....	7
2.1	Energiatehokkuus rakentamisessa .....	7
2.2	Rakennushankkeen kulku .....	7
2.3	Tarveselvitys .....	8
2.4	Hankesuunnittelu .....	8
2.5	Yleissuunnittelu .....	10
2.6	Rakentaminen .....	11
2.7	Käyttöönotto .....	11
2.8	Energiatehokkaaseen rakentamiseen ohjaavat säännökset .....	13
3	TOIMISTORAKENNUS INTELLIGATE VAIHE 2.....	15
3.1	Yleistä .....	15
3.2	Rakennushankkeen tavoitteet.....	17
4	D3 2012 .....	19
4.1	Tavoitteet .....	19
4.2	Energiatehokkuuden vaatimukset .....	19
4.2.1	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus.....	19
4.2.2	Kesäajan huonelämpötilojen hallinta .....	21
4.2.3	Lämmitysjärjestelmä .....	23
4.2.4	Rakennuksen sisäiset lämpökuormat.....	24
4.3	Rakennuksen lämpöhäviöt .....	24
4.3.1	Rakennusvaipan ilmapitävyys ja lämpöhäviöt .....	25
4.3.2	Rakennusvaipan lämpöhäviöt.....	26
4.3.3	Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus .....	27
4.4	Tasauslaskenta .....	28
4.5	Energiaselvitys.....	29
5	D3 2010 .....	30
5.1	Tavoitteet .....	30
5.2	Energiatehokkuuden vaatimukset .....	30
5.2.1	Rakennuksen kokonaisenergiankulutus.....	30
5.2.2	Kesäajan huonelämpötilojen hallinta .....	31
5.2.3	Lämmitysjärjestelmät .....	32
5.2.4	Valaistusjärjestelmä.....	32
5.3	Rakennuksen lämpöhäviöt .....	33
5.3.1	Rakennusvaipan ilmapitävyys ja lämpöhäviöt .....	33
5.3.2	Rakennusvaipan lämpöhäviöt.....	34

5.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus .....	35
6 LEED- YMPÄRISTÖSERTIFIKAATTI.....	36
6.1 Yleistä .....	36
6.2 LEED-ympäristösertifikaatin rakenne .....	36
6.3 Pisteytys .....	37
6.4 Kategorioiden sisältö .....	38
6.4.1 Kestävä maankäyttö.....	38
6.4.2 Taloudellinen vedenkäyttö .....	40
6.4.3 Energian käyttö.....	41
6.4.4 Materiaali ja kierrätys .....	42
6.4.5 Sisäilman laatu.....	43
6.4.6 Innovatiivinen suunnittelu .....	45
6.4.7 Paikalliset painotukset.....	45
6.5 Arvosana rakennukselle .....	46
7 ET-LUVUN, E-LUVUN JA LEED-YMPÄRISTÖSERTIFIKAATIN LAADINTA .....	47
7.1 ET-luvun laadinta.....	47
7.2 E-luvun laadinta .....	49
7.3 LEED-ympäristösertifikaatin hakuprosessin vaiheet.....	52
8 LOPPUPÄÄTELMÄT .....	55
LÄHTEET.....	59
LIITTEET .....	61

## 1 JOHDANTO

Turkuun rakennetaan toimistorakennus Kiinteistö Oy Kupittaaan Kolmion laajenusosa. Rakennettava toimistorakennus on osa kokonaisuutta, jonka muodostavat kolme samanlaista toimistorakennusta. Olemassa oleva toimistorakennus, tällä hetkellä rakenteilla oleva toinen vaihe, ja tulevaisuudessa toteutettava rakennushankkeen kolmas ja viimeinen osa, muodostavat yhdessä toimistorakennuskokonaisuuden. Tämä toimistorakennuskokonaisuus kantaa nimeä Intelligate.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on antaa kuva energiatehokkaasta rakentamisesta, niitä ohjaavien määräysten avulla. Heinäkuussa vuonna 2012 astui voimaan uusi Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3, joka asetti uudet energiavaatimukset uusille rakennuksille. Työssä tutkitaan eroavaisuuksia uusien ja vanhojen energiämääräyksiä välillä (D3). On myös tarkoitus selvittää LEED-ympäristöluokituksen (Leadership in Energy and Environmental Design) sisältö.

Rakennettavasta toimistorakennuksen toisesta vaiheesta halutaan energiatehokas ja sille halutaan markkinointimielessä selvitettäväksi ET-luku, E-luku sekä LEED - ympäristöluokitus. Työssä selvitetään ja laaditaan energiaselvitys sekä energiatodistus, D3 2010 mukaan. D3 2012 mukaan laaditaan E-luvun laskelma. LEED- ympäristösertifikaatin osalta paneudutaan sen sisältöön ja laadintaprosessin kulkuun. ET-luvun laskennassa on ohjelmana käytetty Kymdatan CADS Planner Hepac Pro-sovelluksen energialaskentaohjelmaa. E-luvun laskenta on suoritettu Progman Oy:n MagiCAD Comfort & Energy-sovelluksella. Työ tehdään Insinööritoimisto Juhani Lehtonen Oy:lle, joka toimii rakennushankkeessa LVIA-suunnitelmien laatijana.

## 2 ENERGIATEHOKKUUS RAKENNUSPROJEKTISSA

### 2.1 Energiatehokkuus rakentamisessa

Energiatehokas rakentaminen toteutetaan yleensä tiiviissä yhteistyössä eri suunnittelijoiden avulla sekä rakennuttajan tarpeiden mukaisesti. Tällä tarkoitetaan sitä, että pelkästään yhdellä energiatehokkaalla ratkaisulla ei pystytä kattamaan muita mahdollisesti ei yhtä energiatehokkaasti tehtyjä ratkaisuja tai niiden vaikutuksia. On siis tärkeää, että arkkitehdit, LVI-, rakennus- ja sähkösuunnittelijat tekevät tiivistä yhteistyötä mahdollisimman energiatehokkaan lopputuloksen saavuttamiseksi.

Energiatehokas rakentaminen on siis energiaratkaisuiden ja sitä kautta energiankulutuksen optimoimista mahdollisimman alhaiselle tai vähintään määräysten asettamalle tasolle. Energiatehokkuus ei rajaudu pelkästään LVI-tekniisiin ratkaisuihin vaan kaikki osa-alat ovat liitoksissa energiatehokkaissa ratkaisuissa. Esimerkiksi arkkitehdin tulee ottaa huomioon rakennuksen suuntaukset aurinkoon nähden, kun taas rakennusinsinöörin tulee huomioida rakennuksen vaipan energiatehokas suunnittelu. Nykyään energiatehokasta rakentamista voidaan pitää jo itsestäänselvytenä, koska energiamääräykset tiukentuvat sekä ihmisten tietoisuus ja kiinnostus asiasta lisääntyy.

### 2.2 Rakennushankkeen kulku

Jokainen rakennushanke koostuu eri rakennushankkeen osista, oli sitten kyseessä uudisrakennuksesta tai vanhan kohteen remontoinnista. Rakennushanke voidaan yleensä jakaa viiteen pääkohtaan, jotka yhdessä muodostavat rakennushankkeen kokonaisuuden:

- tarveselvitys
- hankeselvitys
- yleissuunnittelu
- rakentaminen
- käyttöönotto.

### 2.3 Tarveselvitys

Tarveselvitys on rakennusprojektin ensimmäinen vaihe. Tarveselvityksen tarkoituksena on määritellä ja arvioida hankkeen laajuutta, toteuttamistapoja ja mahdollisia edellytyksiä. [1, s.43.] Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että rakennusprojektin varsinaisia tavoitteita eritellään yksityiskohtaisemmin. Nämä voivat olla esim. tilantarpeiden, energiatehokkuuden, teknisten, laadullisten ja taloudellisten yksityiskohtien erittelyä. Tarveselvityksen tärkeimpinä energiatehokkuuteen vaikuttavina tekijöinä voidaan pitää energiatarpeita ja kyseisen rakennuksen tilantarpeita. Tässä työssä keskitytään energiatehokkuuteen, ja sen läsnäoloon rakennusprojektissa.

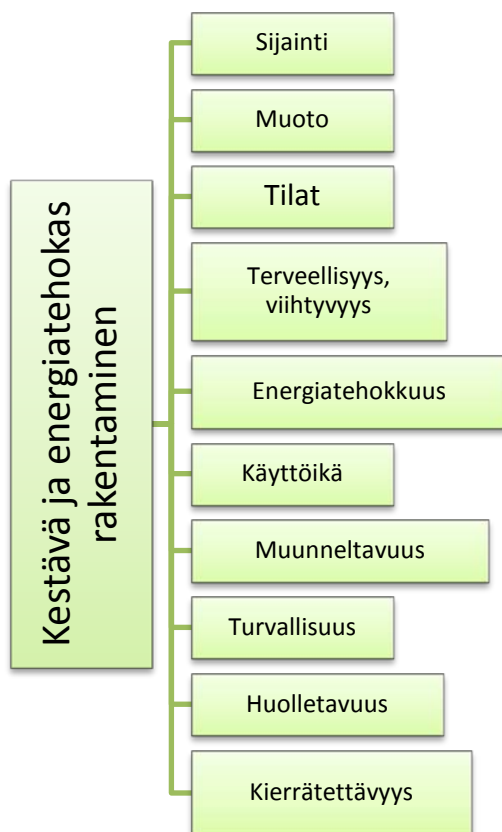
### 2.4 Hankesuunnittelu

Hankesuunnitteluvaihe on seuraava vaihe tarveselvityksen jälkeen. Hankesuunnittelussa perehdytään yksityiskohtaisemmin hankkeen tarveselvityksessä esille tulleisiin seikkoihin. Näistä laaditaan tarkemmat tavoitteet, joista pyritään pitämään kiinni rakennusprojektin edetessä. Kaaviossa 1 on esitetty kestävän ja energiatehokkaan rakentamisen yhteydessä tehtävän hankesuunnittelun sisältöä.

Hankesuunnittelussa voidaan, ja tulee yleensä, tarkentaa myös energiatehokkuutta koskevia tavoitteita. Tämä on hyvä tehdä sen vuoksi, että suunnittelutyön tilaamista varten on hyvä olla eriteltynä projektin energiatehokkuutta koskevat vaatimukset ja tavoitteet, sekä niiden todentamista varten suunnitteluvaiheessa vaadittavat asiakirjat. [1, s.43.]

Energiatarpeilla tarkoitetaan sitä tasoa, joka on rakennukselle tyypillisen käytön ja määräysten asettama laskennallinen energiankulutus. Määräykset määrittävät sen tason jolle rakennuksen on päästävä, mutta mikään ei estä rakentamasta vieläkin energiatehokkaammin. Energiatarpeet voivat olla määräysten asettamaa rajaa paremmat. [1, s.15.] Parempaa energiatehokkuutta tavoiteltaessa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että mahdolliset energiatehokkaammat ratkaisut ja parannukset eivät saa aiheuttaa haittaa rakennukselle.

Rakennusten energiankulutukseen vaikuttavat rakennuksen käyttötarkoitus ja säätilat. Siksi onkin haastavaa saada todellinen energiankulutus energiavoitteiden tasolle. Todellisen energiankulutuksen selvittämiseksi tulee tarkemmat laskelmat suorittaa käyttöönottovaiheessa. Käyttöönottovaiheessa saadaan selville todellisen energiankulutuslaskennan edellyttämät tarkat käyttöön liittyvät lähtötiedot. [1, s.15.]



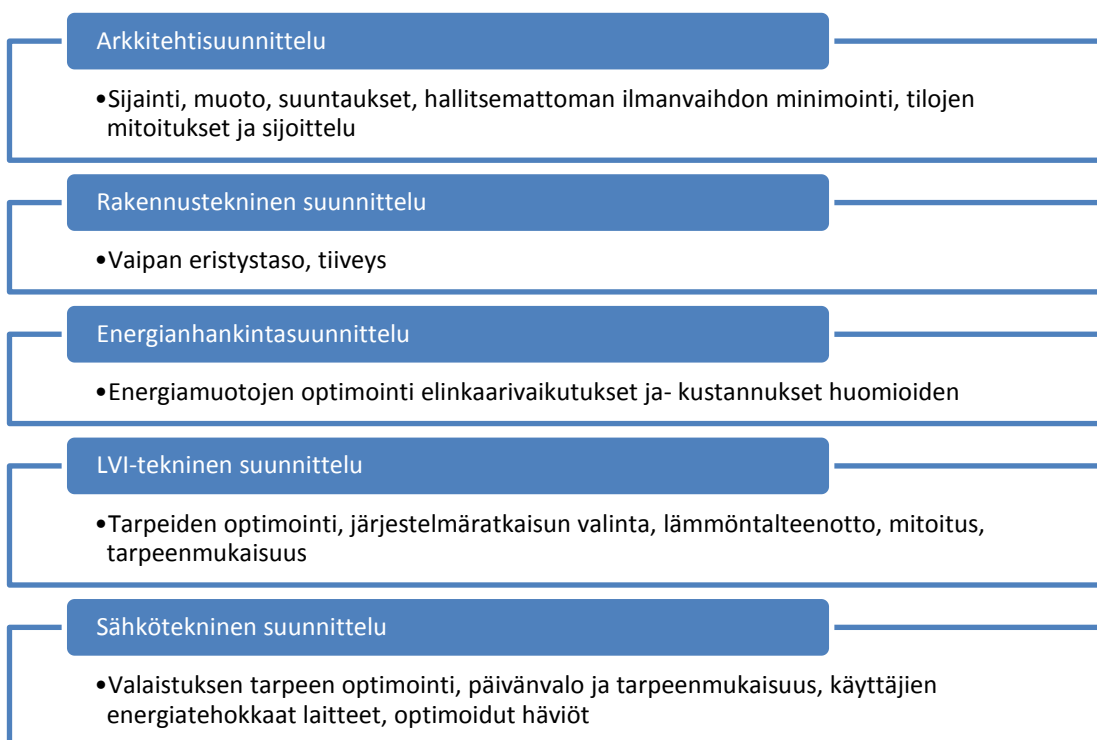
Kaavio 1.

Hankesuunnittelun keskeisiä pääkohtia energiatehokkaassa rakentamisessa. [1, s.44].

## 2.5 Yleissuunnittelu

Suunnitelmien laatiminen tehdään hankesuunnittelussa tehtyjen tarkempien tavoitteiden perusteella. Suunnittelu on eri suunnittelijoiden yhteistyötä parhaimman ja hankesuunnittelun asettaman tason saavuttamiseksi. Hankesuunnittelun pohjalta mietitään eri toteutusvaihtoehtoja eri ratkaisuille ja lopuksi tuotetaan toimiva ratkaisu kyseiselle kohteelle, joka voidaan suunnitella ja toteuttaa. [1, s.53.]

Jokaisen suunnittelijan tekemät ratkaisut vaikuttavat energiatehokkaassa rakentamisessa ja yhdessä muodostavat energiatehokkaan kokonaisuuden. Useissa tapauksissa kuitenkin rakennussuunnittelun osalta vaikuttavat asiat on jo päätetty ja lyöty lukkoon, ennen muuta suunnittelua kuten LVI- ja sähkösuunnittelua. Kaaviossa 2 on esitetty eri suunnittelijoiden mahdollisia energiatehokkuuteen vaikuttavia ratkaisuja.



Kaavio 2.

Suunnittelijoiden vaikutukset energiatehokkaassa rakentamisessa. [1, s.53].

## 2.6 Rakentaminen

Itse rakentamisvaihe toteutetaan tarkkojen suunnitelmien mukaan. Jokainen tuotettu suunnitelma pyritään toteuttamaan rakennusvaiheessa mahdollisimman hyvin, jotta energiatehokas kokonaisuus ei huonone. On pidettävä kiinni suunnitelmien asettamasta tasosta ja varmistuttava, että rakennus myös toteutetaan suunnitelmien mukaan.

Välillä rakennusvaiheessa saattaa kuitenkin tapahtua jotain, joka heikentää rakennuksen energiatehokasta kokonaisuutta. Tällaisia tapahtumia voivat olla mm. rakennuksen tiiveyden heikkeneminen johtuen rakennuksen rakennusaikaisista virheistä. Virheitä saattaa aiheutua mahdollisesti urakoitsijoiden tai heidän käyttämien aliurakoitsijoiden välisen tiedon tai taidon määrän heikkoudesta. Onkin tärkeää pitää huoli siitä, että tiedon kulku ja työmaan organisointi toimivat. Työmaan valvonnasta ja organisoinnista on vastuussa yleensä pääurakoitsija. Hyvänä keinona pidetäänkin säännöllisten palaverien pitämistä, joissa käydään läpi suunnitelmia ja rakennusvaiheita sekä mahdollisia parannuksia. [1, s.136].

## 2.7 Käyttöönotto

Käyttöönottovaihe on tärkeä vaihe rakennushankkeessa. Käyttöönottovaiheessa käyttäjät ja kiinteistönomistajat tulee perehdyttää rakennuksen käyttöön sekä energiankäytön hallintaan. [1, s.147.] Näin pystytään välttämään turha energiankulutus, joka saattaa johtua rakennuksen käytön perehdytyksen puutteesta. Käyttöönoton opastus saattaa sisältää mm. seuraavaa:

- Ilmanvaihtojärjestelmän käyttöajat.
- Jäähdytyksen ja lämmityksen hallinta.
- Valaistuksen hallinta.
- Henkilöstön käyttämien elektroniikkalaitteiden käyttötavat. [1, s.147.]

Käyttööntovaiheessa tulee seurata käyttäjien todellisia tarpeita, kuten käyttöaikoja ja lämpötiloja. Tämä voidaan toteuttaa rakennusvaiheessa asennetuilla tarpeellisilla kulutusmittareilla, kuten esimerkiksi vesi-, sähkö- ja lämpömittareilla. Näillä pystytään tarkkailemaan ja mahdollisesti myös puuttumaan käyttäjien käyttötottumuksiin. Kulutusmittarien ja käyttäjien käyttötottumuksien perusteella pystytään myös laatimaan rakennuksen todelliseen energiankulutukseen perustuva energiatodistus.

Rakennuksen käyttööntovaiheessa tulee todentaa tilaajan asettamat tavoitteet ja tavoitteiden perusteella tehdyt suunnitelmat. Todentamisella pyritään varmistamaan, että suunnitelmat ovat toteutuneet kohteessa halutulla tavalla. Tällä tarkoitetaan esimerkiksi laitteiston suunnitelmien mukaista toimivuutta. Rakennuksen tulevan ylläpidon yhteydessä tulee myös varmistaa, että energiatehokkuuteen vaikuttavat asiat pysyvät kunnossa. Tämä tarkoittaa esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän ja yleisten säätöjen säännöllistä tarkastamista. [1, s.151.] Nykypäivänä kehittynyt automaatiotekniikka edesauttaa laitteiden säädössä pitämistä ja mahdollisten häiriöiden korjaamista. On myös tärkeää seurata rakennuksen todellisia kulutuksia.

Rakennuksen ylläpidon ohjeena toimii rakennuksen huoltokirja. Suomen maakäyttö- ja rakennusasetuksen 66 § mukaan jokaiselle uudelle pysyvään käyttöön tarkoitettulle toimisto- ja asuinrakennukselle tulee laatia rakennuksen ylläpitoon ja käyttöön ohjaava huoltokirja. Huoltokirjan tarkoituksena on toimia ohjeena energiatehokkaiden ratkaisujen ylläpidossa, sekä antaa myös tietoa kiinteistöhuollon ja kunnossapidon tavoitteista ja ohjeista, mm. energiatehokkuuden seurannasta. [1, s.151.] Myös suoritettavien ylläpidonaikaisten korjausten ja mahdollisten muutosten sisältö on hyvä sisällyttää huoltokirjaan, jotta tehtyjen ylläpidon edellyttämien korjausten tieto säilyy.

## 2.8 Energiatehokkaaseen rakentamiseen ohjaavat säännökset

Vuonna 2010 Euroopan parlamentti julkisti uuden direktiivin 2010/31/EU, joka ohjaa jäsenvaltioiden rakentamiskantaa energiatehokkaampaan suuntaan. Direktiivi astui voimaan vuonna 2010 ja maakohtaisten säännösten tuli olla valmiina vuonna 2012. Direktiivi vaatii energiatehokasta rakentamista käytettäväksi uudis- ja olemassa olevaan rakennuskantaan. Direktiivin tavoitteena on ohjata rakentamista siihen suuntaan, että vuoden 2020 loppuun mennessä kaikki uudisrakennukset ovat lähes nollaenergiataloja. Julkisten rakennusten tulisi täyttää tämä vaatimus jo vuoteen 2019 mennessä. Euroopan energian kokonaiskulutuksesta ja hiilidioksidipäästöistä noin 40 % muodostuu rakennuksista. [2.]

Euroopan unionin ilmasto- ja energiapolitiikan keskeisiä tavoitteita ovat myös kasvihuonepäästöjen vähentäminen, uusiutuvan energian lisääminen sekä energiatehokkuuden parantaminen. Näitä kaikkia pyritään parantamaan 20 % vuoteen 2020 mennessä koko Euroopan unionin alueella. [3, s.1.]

Suomen tavoite on pysäyttää energiankulutuksen kasvu, ja kääntää se laskuun. Tämä tulisi tapahtua vuoteen 2020 mennessä. Suomen energiankulutus oli vuonna 2011 noin 310 TWh (terawattituntia), ja tästä noin 40 % kuului Suomen rakennuskannan kokonaisenergiankulutukseen. Energiankulutuksen tavoitteena pidetään vuoden 2011 kulutusta, joka olisi näin ollen myös vuoden 2020 Suomen kokonaisenergiankulutus. Euroopan unionin säätelemään uusiutuvan energian käytön kohdalla, Suomi haluaa lisätä uusiutuvan energian määrää kokonaisenergiankulutuksesta. EU:n säätelemään 20 % sijaan, Suomessa tavoitellaan 38 % uusiutuvan energian osuutta kokonaisenergiankulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. [3, s.1.]

Yleisesti katsottuna energiatehokkaaseen rakentamiseen ohjaavat säännöt ovat tehty edistämään energian säästöä. Euroopan unioni asettaa tavoitteita energian säästöä koskien, minkä perusteella jäsenmaat asettavat määräyksiä valtiollisella tasolla. Suomessa energiatehokkuuteen ohjaa ja vaatimustason asettaa Suomen rakentamismääräyskokoelman (RakMK) osa D3. Osan D3 tarkoitus on antaa tavoitteet ja suoritushjeet energiatehokkaalle rakentamiselle.

On myös olemassa ympäristösertifikaatteja kuten BREEM ja LEED. Näillä vihreää rakentamista suosivilla sertifikaateilla pyritään luomaan ympäristöystävällisempiä, terveellisempiä ja myös energiatehokkaita ratkaisuja. Ympäristösertifikaatit eivät ole pakollisia rakennettaville tai korjattaville rakennuksille, vaan ne ovat vapaaehtoisesti rakennukselle haettavissa. Suomessa ympäristösertifikaatteja käytetään vielä vähän, mutta sertifikaattien suosio on nousussa, sillä kansainvälisesti ympäristösertifikaatit ovat arvostettuja. Tässä työssä tutkitaan tarkemmin LEED-ympäristösertifikaattia, ja sen sisältöä.

## 3 TOIMISTORAKENNUS INTELLIGATE VAIHE 2

### 3.1 Yleistä

Toimistorakennus Intelligate on osa Kiinteistö Oy Kupittaaan Kolmiota. Intelligate toimistorakennus on saanut rakennusluvan vuonna 2005, ja samana vuonna rakennuksesta valmistui ensimmäinen Intelligate toimistorakennuksen osa. Toimistorakennuksen on tarkoitus koostua yhteensä kolmesta rakennuksesta, jotka muodostavat yhdessä Intelligate kokonaisuuden. Vuoden 2012 lopulla alettiin rakentamaan toimistorakennuksen toista vaihetta, joka valmistuu vuoden 2013 aikana. Tulevaisuudessa on tarkoitus rakentaa myös toimistorakennushankkeen kolmas osa, joka on viimeinen osa Intelligate-toimistorakennuksesta. Kuvassa 1 on esitetty Intelligate toimistorakennuksen kaikki kolme rakennusvaihetta.

Intelligate-toimistorakennus sijaitsee Turun Kupittaaan kaupunginosassa, Joukahaisenkadulla (Kuva 1 ja Kuva 2). Sijainti toimistorakennukselle on oivallinen hyvien kulkuyhteyksien ja palvelujen takia. Kulkuyhteydet ovat hyvät niin kaupungin keskustasta, kuin myös kaupunkiin tultaessa. Toimistorakennuksen vieressä sijaitsee mm. moottoritie sekä Kupittaaan rautatieasema, joka antaa mahdollisuuden pitkänmatkan matkustamiselle.



Kuva 1.

Toimistorakennus Intelligate. [4].

Rakennusprojektissa tuleva omistaja on kiinteistö-Tapiola Oy ja KVR-urakoitsijana toimii YIT. Insinööritoimisto Juhani Lehtonen Oy toimii LVIA-suunnitelmien laatijana rakennusprojektissa. Arkkitehtinä projektissa toimii Tommila Arkkitehdit Oy.

Rakennuksessa on seitsemän maanpäällistä kerrosta (lisäksi katolla iv-konehuone). Katutasen kerros toimii liike- ja toimistotiloina. Muut kuusi kerrosta toimivat toimistotiloina. Rakennus rakennetaan ensimmäisessä vaiheessa toteutetun kaksikerroksisen pysäköintitilan kannen päälle. Pysäköintitilan on tarkoitus palvella koko kiinteistöä.



Kuva 2.

Intelligate toimistorakennuksen kolme rakennusvaihetta Tykistönkadun puolelta. [4].

### 3.2 Rakennushankkeen tavoitteet

Rakennuskohde on saanut rakennusluvan vuonna 2005. Tuona ajankohtana ei rakennuksen suunnittelussa ole ollut velvoitteita noudattaa RakMK osaa D3 2010 ja 2012. Tämä tarkoittaa, että rakennukselle ei ole velvoitteita tai vaatimuksia laatia laskennallisia energiaselvityksiä. Kyseisestä rakennuksesta halutaan kuitenkin suunnitella ja rakentaa hyvä sekä energiatehokas kokonaisuus, joka on toteutettu RakMK osan D3 2010 määräystason mukaisesti.

Toinen rakennusvaihe halutaan siis toteuttaa energiatehokkaasti. RakMK osan D3 2010 määräystason ja ET-luvun perusteella määräytyvä energiatehokkuusluokan tavoitteeksi on asetettu A-luokka. Tämä tarkoittaa, että rakennuksen ET-luvun tulee olla  $\leq 90 \text{ kWh/brutto-m}^2/\text{v}$ . RakMK osaa D3 2010 käsitellään tarkemmin luvussa 5.

Uusien määräysten, RakMK osa D3 2012, osalta Insinööritoimisto Juhani Lehtonen Oy haluaa selvittää aikaisemman RakMK osan D3 2010 ja uuden RakMK osan D3 2012 vaatimusten eron käytännön kohteessa.

Toimistorakennus halutaan toteuttaa määräyksen mukaisesti, vaikka rakennuksen rakennusluvan myöntämisvuosi ei sitä edellytäkään. Energiatehokkaammat ratkaisut varmasti edesauttavat rakennuksen vuokrausta ja mahdollista jälleenmyyntiä myöhemmässä vaiheessa. Nykypäivänä energiatehokkaat ratkaisut ovat lähellä niin arkipäivän asioissa, kuin myös rakentamisessa. Siksi energiatehokkaat ratkaisut nousevat yhä tärkeämpään asemaan ja ovat tärkeitä varsinkin kiinteistöihin liittyvissä asioissa.

KVR-urakoitsija on lupautunut hankkimaan kohteelle myös LEED-ympäristösertifikaatin. Ympäristösertifikaatti on arvostettu sertifiointijärjestelmä maailmalla ja antaa huomattavan etulyöntiaseman muihin kiinteistöihin verrattuna, mikäli halutaan saada ulkomaalaisia vuokralaisia, sijoittajia tai ostajia. LEED-ympäristösertifioidulla kohteella ulkomaalaisten asiakkaiden saaminen tulee olemaan huomattavasti helpompaa.

## 4 D3 2012

### 4.1 Tavoitteet

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3 2012 astui voimaan 1.7.2012, ja sillä kumottiin 1.1.2010 voimaan astunut määräys rakennuksen energiatehokkuudesta D3 2010. [5, s.1]. On myös ehdotettu, että samana päivänä voimaan astunut määräys rakennuksen lämmöneristyksestä C3 kumotaan. Uuteen D3 2012 määräykseen on yhdistetty määräykset energiatehokkuudesta ja lämmöneristyksestä. Tämä määräys koskee vain 1.7.2012 jälkeen rakennuslupaa hakevia uusia rakennuksia. Jos halutaan edelleen määrittää rakennuksen ET-luku, voi tämän suorittaa RakMK osan D3 2010 mukaan. RakMK osan D3 uudistuksella parannetaan rakennusten energiatehokkuutta noin 20 %, edelliseen energiatehokkuusmääräykseen verrattuna. [3, s.1–2.]

RakMK osa D5 2012 luonnos toimii laskennallisena ohjeena RakMK osalle D3 2012. D5 2012 luonnos sisältää kaavat ja ohjeet kokonaislämpöhäviön selvittämiseen. Energiaselvitykseen ja tasauslaskentaan käytettävät ohjelmat käyttävät laskennallisena pohjana D5 2012 luonnoksen asettamia kaavoja ja ohjeita.

### 4.2 Energiatehokkuuden vaatimukset

RakMK osassa D3 on esitetty vaatimuksia energiatehokkuudelle. Vaatimuksilla tarkoitetaan sitä, että rakennuskohteen tulee täyttää tietyt määräyksien asettamat vaatimukset, mikäli kohteelle halutaan rakennuslupa. Määräyksissä opastetaan myös miten vaatimukset voidaan saavuttaa.

#### 4.2.1 Rakennuksen kokonaisenergiankulutus

RakMK osassa D3 2012 on keskitytty rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Kokonaisenergiankulutus kattaa kaiken rakennuksessa tapahtuvan lämmityksen, jäähdytyksen, valaistuksen, sähkölaitteiden, lämpimän käyttöveden lämmityksen ja ilmanvaihdon. RakMK osassa D3 2012 rakennukselle tulee laskea E-luku. Rakennus-

nuksen E-luku kuvastaa sitä, kuinka paljon rakennus käyttää energiaa. Yksinkertaisuudessaan E-luku tarkoittaa ostoenergian määrän kertomista energiamuodon kerroimella ja jakamalla nettoalalla. Tästä muodostuu vuotuinen kokonaisenergianenergiankulutus kyseisen rakennustyyppin lämmitettyä nettoalaa kohden (kWh/netto- $m^2/v$ ). On hyvä ottaa huomioon, että E-luku ei kuvaa rakennuksen todellista vuosittaista energiankulutusta, vaan sen tarkoitus on osoittaa määräysten mukaisuus sekä tehdä eri rakennusten ja energiaratkaisuiden välisestä vertailusta helpompaa. Jos rakennus palvelee useampaa kuin yhtä käyttötarkoitusta, tulee rakennus jakaa käyttötarkoitustyyppien mukaisesti eri osiin. [5, s.4.] Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että eri käyttötarkoituksiin, mutta silti samassa rakennuksessa oleville tiloille lasketaan oma E-luku.

Tämä määräys koskee vain uusia rakennuksia. Uudisrakennus ei saa ylittää rakentamismääräyskokoelman osan D3 asettamia E-luvun raja-arvoja. Mikäli näin käy, kyseinen rakennus ei saa rakennuslupaa. Taulukossa 1 on esitetty suurimmat sallitut E-luvut rakennustyypeittäin. [5, s.4.]

### Taulukko 1.

D3:sen asettamat raja-arvot E-luvulle. [5, s.4].

#### 2.1.4 Uudisrakennuksen E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja:

Luokka 1	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, $A_{\text{netto}}$	kWh/m <sup>2</sup> vuodessa
	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	204
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$372 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$173 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$	229
		$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \cdot A_{\text{netto}}$
		$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \cdot A_{\text{netto}}$
		$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkeuhastalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaika		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

Energiakertoimet ovat eri energiamuodoille asetettuja kertoimia joiden tarkoitus on ohjata rakennuksia käyttämään vähiten luontoa rasittavia energiavaihtoehtoa. Energiakerroin kuvastaa rakennuksen elinkaaren aikana käyttämän energian vaikutusta luonnonvaroihin. Kertoimien tarkoitus on ohjata rakentamista ympäristöystävällisempään, luonnonvaroja säästävempään ja energiatehokkaampaan suuntaan. Kertoimet ovat määriteltäviä niin, että mitä suurempi kerroin on, sitä suurempi vaikutus kyseisellä energian tuottamisprosessilla on luonnonvaroihin [3, s.3–4.] Ohessa on esitetty energiamuotojen kertoimet.

Energiamuotojen kertoimet:

- sähkö 1,7
- kaukolämpö 0,7
- kaukojäähdytys 0,4
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5. [5, s.4.]

Jos kyseinen rakennus käyttää uusiutuvaa omavaraisenergiaa hyödyksi, niin ei kertoimia tässä tapauksessa huomioida. Tämä johtuu siitä, että kertoimia käytetään vain ostoenergialle. Näissä tapauksissa omavaraisenergia vähentää vain ostoenergian määrää. [5, s.4.] Uusiutuvaa omavaraisenergiaa voi olla esim. aurinkopaneeleilla tai tuulivoimalla kohteessa tuotettua energiaa.

#### 4.2.2 Kesäajan huonelämpötilojen hallinta

Rakennukseen kohdistuu yleensä monenlaisia lämpökuormia, kuten aurinkokuormat ja erilaiset kuormat rakennuksen sisällä. Auringon aiheuttamat lämpökuormat tulee ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa niin, että suurta jäähdytystehoa vaativia lämpökuormia ei synny. Tämä voidaan ottaa suunnitteluvaiheessa huomioon vaikuttamalla mm. rakennuksen sijaintiin aurinkoon nähden, ikkunoiden kokoon sekä erilaisiin aurinkosuojiin (markiisit, sälekaihtimet, ulkopuolinen kasvusto ja mahdolliset kiinteät rakenteelliset suojat). Rakennuksen kesäaikaista jäähdytystä voidaan tehostaa myös yöllisellä tehostetulla ilmanvaihdolla, jonka tarkoitus on viedä lämmintä sisäilmaa ulos ja tuoda viileää ulkoilmaa sisälle. [5, s.4.]

Joissain tapauksissa kesäajan huonelämpötilavaatimuksien täyttämiseksi tulee kuitenkin käyttää jäähdytysjärjestelmää. Tässä tapauksessa jäähdytysjärjestelmän energiankulutus sisällytetään rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Tämä tulee laskea dynaamisella laskentaohjelmalla, joka kykenee simuloimaan rakennuksen jäähdytysenergian tarpeen tuntitasolla. Mikäli rakennuksessa ei ole jäähdytystä, ei dynaamista laskentaohjelmaa tarvita.

Kesäajan huonelämpötilavaatimuksien toteutuminen tulee osoittaa myös dynaamisella simulointiohjelmalla. Tämä toteutetaan huonetyypeille joissa odotetaan olevan eniten lämpökuormia ja näin ollen jäähdytysenergian tarvetta. Huoneiden sisälämpötila kesäaikaan ei saa ylittää taulukossa 2 olevia jäähdytysraja-arvoja enemmän kuin 150 astetuntia aikavälillä 1. kesäkuuta – 31. elokuuta. [5, s.4.] Tämä tarkoittaa sitä, että huonelämpötilan hallinta lasketaan tuntitasolla. Kesäajan huonelämpötilan hallintaa ei tarvitse kuitenkaan ottaa huomioon rakennuksen käyttötarkoituksissa 1 ja 9.

Tässä työssä huonetyyppien lämpötilavaatimuksien toteutumisen tutkiminen on jätetty pois. Eli työssä ei tutkita esimerkkihuonetyypeille kesäajan huonelämpötilavaatimuksien toteutumista.

## Taulukko 2.

Lämmitys- ja jäähdytysrajat sekä ulkoilmavirrat rakennusluokkakohtaisesti. [5, s.7.]

Käyttötarkoitukseluokka	Ulkoilmavirta dm <sup>3</sup> /(s m <sup>2</sup> )	Lämmitys- raja °C	Jäähdytys- raja °C
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	0,4	21	27
Asuinkerrostalo	0,5	21	27
Toimistorakennus	2	21	25
Liikerakennus	2	18	25
Majoitusliikerakennus	2	21	25
Opetusrakennus ja päiväkot	3	21	25
Liikuntahalli	2	18	25
Sairaala	4	22	25

### 4.2.3 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmitysjärjestelmän energiankäyttö muodostuu lämmitysverkoston, ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä. Lämmönjakoverkoston tilojen lämmitysjärjestelmä tulee mitoittaa niin, että rakennuksen lämpöolot voidaan ylläpitää lämmityskauden mitoittavan ulkolämpötilan mukaan. Lämmitystehon tarpeen laskenta suoritetaan rakennuksen maantieteellisen sijainnin perusteella. Suomi on jaettu neljään eri säävyöhykkeeseen (I, II, III ja IV), joita käytetään lämmitystehon ja energiankulutuksen laskennassa. On kuitenkin otettava huomioon, että kokonaisenergiankulutuksen määräystenmukaisuus osoitetaan vyöhykkeen I säätiedoilla. Lämmitystehon – ja energianlaskennassa käytettävät säätiedot ja säävyöhykkeet löytyvät D3 2012 liitteistä 2. [5, s.7–12.]

Lämpimän käyttöveden kulutus voidaan laskea henkilömäärän perustella. On myös tilanteita milloin tarkkaa henkilömäärää ei voida määrittää. Näissä tilanteissa käytetään taulukkoa 3, jossa on annettu käyttöveden kulutusta ja sitä vastaava lämmitysenergian määrä vuosittaisella tasolla nettoalaa kohden.

#### Taulukko 3.

Lämpimän käyttöveden kulutus ja sitä vastaava lämmitysenergiatarve nettoalaa kohden, rakennustyypeittäin. [5, s.4].

Käyttötarkoitusluokka	LKV:n ominaiskulutus $\text{dm}^3/(\text{m}^2 \text{ a})$	Lämmitysenergia $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$
Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalot, asuinkerrostalo	600	35
Toimistorakennus	103	6
Liikerakennus	68	4
Majoitusliikerakennus	685	40
Opetusrakennus ja päiväkot	188	11
Liikuntahalli	343	20
Sairaala	515	30

#### 4.2.4 Rakennuksen sisäiset lämpökuormat

Rakennuksen sisäiset lämpökuormat koostuvat pääosin rakennuksen sisällä olevista ihmisistä, valaistuksesta ja laitteista. Näistä syntyvä lämpö lämmittää rakennusta, joten tämä lämpö voidaan osittain lukea hyväksi. Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 on esitetty taulukko, joka sisältää rakennustyypeittäin rakennuksen käyttöajan sekä ihmisistä, laitteista ja valaistuksesta syntyneet lämpökuormat. Taulukosta 4 on esitetty käyttöajat ja lämpökuormat.

##### Taulukko 4.

Energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat nettoalaa kohden, rakennustyypeittäin. [5, s.8].

Käyttötarkoitusluokka	Kellonaika <sup>d</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus	Kuluttajalaitteet	Ihmiset <sup>a</sup>
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00–24:00	24	7	0,6	8 <sup>bc</sup>	3	2
Asuinkerrostalo	00:00–24:00	24	7	0,6	11 <sup>bc</sup>	4	3
Toimistorakennus	07:00–18:00	11	5	0,65	12 <sup>c</sup>	12	5
Liikerakennus	08:00–21:00	13	6	1	19 <sup>c</sup>	1	2
Majoitusliikerakennus	00:00–24:00	24	7	0,3	14 <sup>c</sup>	4	4
Opetusrakennus ja päiväkot	08:00–16:00	8	5	0,6	18 <sup>c</sup>	8	14
Liikuntahalli	08:00–22:00	14	7	0,5	12 <sup>c</sup>	0	5
Sairaala	00:00–24:00	24	7	0,6	9 <sup>c</sup>	9	8

<sup>a</sup> ei sisällä kosteuteen sitoutunutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

<sup>b</sup> asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

<sup>c</sup> ohjearvo uudisrakennuksille ellei tarkempaa tietoa ole käytettävissä, pienempää valaistuksen tehoa voi käyttää, mikäli valaistustaso säilyy ja siitä esitetään erilliselvitys kohtien 3.3.3 ja 3.3.4 mukaisesti.

<sup>d</sup> ilmanvaihdon käyttöaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

#### 4.3 Rakennuksen lämpöhäviöt

Rakennuksen lämpöhäviö koostuu muutamasta eri tekijästä, kuten rakennusvaipan ilmapitävyydestä, rakennusvaipan lämpöhäviöistä sekä ilmanvaihtojärjestelmästä. Näillä kaikilla on suuri merkitys rakennuksen energiatehokkuuteen ja niiden tulee täyttää RakMK D3 2012 asettamat vaatimukset.

### 4.3.1 Rakennusvaipan ilmapitävyys ja lämpöhäviöt

Määräyksissä on rakennuksen ilmapitävyydelle asetettu vaatimuksia, jotka rakennuksen tulee täyttää. Rakennus tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että rakennusvaipan ja tilojen väliset liitokset ovat niin tiiviit, että niistä ei koidu haittaa rakennuksen energiatehokkuudelle, käyttäjille tai rakenteille. Erityisesti läpivienneissä sekä rakenteiden liitoksissa tulee käyttää erityistä huomiota. Rakennuksen vaippaan kuuluvat ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimät, puolilämpimät, erityisen lämpimät sekä jäähdytettävät tilat ulkoilmasta tai maaperästä. [5, s.3–6].

Rakennuksen ilmanvuotoluku  $q_{50}$  saa olla enintään  $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Tasauslaskennassa vertailuarvona käytetään  $2,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . Poikkeustapauksina voidaan pitää rakennuksia, joissa käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat ilmapitävyyttä. Näissä tapauksissa ilmanvuotoluku voi ylittyä. Ilmanvuotoluvulla tarkoitetaan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa, rakennusvaipan kokonaisäsmittojen pinta-alaa kohden laskettuna. Mikäli ilmapitävyys on pienempi, tulee tämä osoittaa mittaamalla tai jollakin muulla menetelmällä. Mikäli tätä ei pystytä mittaamaan tai muullakaan menetelmällä todistamaan käytetään ilmanvuotolukuna arvoa  $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ . [5, s.2–6.] Kaavassa 1 on esitetty miten vuotoilman lämpöhäviö lasketaan ja kaavassa 2 vuotoilmavirran laskenta.

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i c_{pi} q_{v, \text{vuotoilma}}$$

jossa

$H_{\text{vuotoilma}}$  vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

$\rho_i$  ilman tiheys,  $1,2 \text{ kg/m}^3$

$c_{pi}$  ilman ominaislämpökapasiteetti,  $1000 \text{ Ws}/(\text{kgK})$

$q_{v, \text{vuotoilma}}$  vuotoilmavirta,  $\text{m}^3/\text{s}$

Kaava 1.

Rakennuksen vuotoilman lämpöhäviön laskentakaava.

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = \frac{q_{50}}{3600 \cdot x} A_{\text{vaippa}}$$

$q_{50}$  rakennusvaipan ilmanvuotoluku  $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$

$A_{\text{vaippa}}$  rakennusvaipan pinta-ala  $\text{m}^2$

$x$  kerroin, joka on yksikerroksisille rakennuksille 35, kaksikerroksisille 24, kolmi- ja neli- kerroksisille 20 ja viisikerroksisille korkeimmille rakennuksille 15

3600 kerroin, joka muuttaa ilmavirran  $\text{m}^3/\text{h}$  yksiköstä  $\text{m}^3/\text{s}$  yksikköön.

Kaava 2.

Vuotoilmavirran laskentakaava. [5, s.9].

#### 4.3.2 Rakennusvaipan lämpöhäviöt

Vaipan lämpöhäviön laskemista varten rakentamismääräyskokoelman D3 2012 kohdassa 2.5.4 on esitetty käytettäviä rakennekohtaisia lämmönläpäisykertoimien vertailuarvoja. Rakennekohtaiset lämmönläpäisykertoimet, eli U-arvot saavat olla suurempia kuin kohdassa 2.5.4 asetetut arvot, mikäli rakenteelliset ratkaisut niin edellyttävät. Näistä aiheutuvat ylimääräiset lämpöhäviöt tulee kompensoida muilla energiatehokkailla ratkaisuilla tai rakenteilla. Rakennekohtaiset lämmönläpäisykertoimet saavat olla myös pienempiä. Tämä ei kuitenkaan saa aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakenteisiin. [5, s.3-6.] Kaavassa 3 on esitetty rakennuksen vaipasta aiheutuvien lämpötilahäviöiden laskenta.

$$\Sigma H_{\text{joht}} = \Sigma(U_{\text{ulkoseinä}} A_{\text{ulkoseinä}}) + \Sigma(U_{\text{yläpohja}} A_{\text{yläpohja}}) + \Sigma(U_{\text{alapohja}} A_{\text{alapohja}}) + \Sigma(U_{\text{ikkuna}} A_{\text{ikkuna}}) + \Sigma(U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}})$$

jossa

$\Sigma H_{\text{joht}}$  rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K

U rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m<sup>2</sup>K)

A rakennusosan pinta-ala, m<sup>2</sup>

Kaava 3.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviön laskentakaava. [5, s.5].

#### 4.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus

Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuuden tavoitteena on varmistaa, että ilmavaihto ei aiheuta ylimääräisiä lämpöhäviöitä. Tämä tulee toteuttaa mahdollisimman hyvin, jotta pystytään luomaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. [5, s.6.]

Ilmanvaihtokoneille on asetettu ominaissähkötehon arvot, joita koneet eivät saa ylittää. Koneelliselle tulo- ja poistoilmajärjestelmälle ominaissähkötehon tulee olla enintään 2,0 kW(m<sup>3</sup>/s), ja koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho 1,0 kW(m<sup>3</sup>/s). Poikkeuksina voidaan pitää tilanteita, joissa ominaissähköteholle asetetut arvot on pakko ylittää, jotta saadaan määräysten mukainen sisäilmasto. Ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenotto tulee toimia vähintään 45 % vuosihyötysuhteella, joka vastaa 45 % vuosittaisesta ilman lämmitykseen tarvitsemasta lämpömäärästä. Tätä lämmöntalteenoton säästämää energiantarvetta voidaan kompensoida myös parantamalla vaipan lämmöneristystä ja ilmanpitävyyttä. Myös erilaiset ratkaisut ilmanvaihdon lämmitystarpeelle, lämmöntalteenoton sijaan ovat mahdollisia. Ilmanvaihdon lämpöhäviöt laskenta on esitetty kaavassa 4. [5, s.5–6.]

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v, poisto} t_d t_v (1 - \eta_a)$$

jossa

$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v, poisto}$	standardikäytön mukainen laskennallinen poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$\eta_a$	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian suhde ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

Kaava 4.

Ilmanvaihdon aiheuttaman lämpöhäviön laskentakaava. [5, s.6].

#### 4.4 Tasauslaskenta

Tasauslaskennassa on tarkoitus osoittaa rakennuksen määräysten mukaisuus. Tarkastelu suoritetaan suunnitteluarvojen ja rakentamismääräyskokoelman D3 2012 asettamien vertailuarvojen välillä. Mikäli tasauslaskenta suoritetaan D3 2010 mukaan, vertailuarvot löytyvät rakennusmääräyskokoelman osasta C3. Vertailuarvoja ovat rakenteiden U-arvot, ikkunapinta-alat, rakennuksen vuotoilmakerroin sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde. Rakenteiden tasauslaskennassa käytettävät vertailu U-arvot eivät ole muuttuneet uusien määräysten myötä. [6, s.8-11.]

Tasauslaskennan tarkoituksena on nähdä, miten suunnitellut ratkaisut toteutuvat vertailuarvojen asettamaan tasoon nähden. On myös mahdollista, että osa rakenneratkaisuista johtuvat U-arvojen ylitykset ovat huonompia, kuin vertailuarvojen asettamat rajat. Näin ollen voidaan näissä tapahtuvaa mahdollista ylimääräistä lämpöhäviötä kompensoida muissa rakenneratkaisuissa. [6, s.8-11.]

Suunnitteluarvojen antama lopputulos rakennuksen lämpöhäviöille tulee olla vähintäänkin samansuuruinen, kuin vertailuarvojen antamat tulokset. Mikäli rakennuksen suunnitteluarvoilla laadittu tasauslaskenta ei saavuta vertailuarvoilla saatua tulosta, tulee suunnitteluarvoja muuttaa niin, että päästään vertailuarvojen asettamaan lämpöhäviöön. Tasauslaskennan laatii rakennuksen LVI-suunnittelija. [6, s.8-11.]

#### 4.5 Energiaselvitys

Energiaselvitys tehdään pääsuunnittelijan toimesta rakennukselle rakennuslupahakemuksen yhteydessä. Tämä pätee sekä uusien, että vanhojen energiatehokkuusmääräyksien kohdalla. Pääsuunnittelijan tulee myös varmentaa energiaselvitys ennen rakennuksen käyttöönottoa. [5, s.10.]

Energiaselvitys sisältää yksityiskohtaiset tiedot rakennuksesta ja rakennuksen energiankulutuksesta sekä todentaa, että rakennus on määräysten mukainen. Energiaselvityksen lisäksi laaditaan energiatodistus, jonka perusteella voidaan vertailla rakennusten energiatehokkuutta. Tämä pätee tällä hetkellä vain RakMK osan D3 2010 kohdalla, sillä uusien energiamääräysten D3 2012 mukaista energiatodistusta ei vielä pystytä tekemään, koska tähän edellyttäviä ohjeistuksia ei ole vielä annettu. Uuden energiatodistuksen pitäisi kuitenkin astua voimaan vuoden 2013 aikana.

## 5 D3 2010

### 5.1 Tavoitteet

Rakentamismääräyskokoelman osa D3 2010 astui voimaan 1.1.2010, ja sillä kumottiin 19.6.2007 voimaan astunut energiatehokkaaseen rakentamiseen ohjaava määräys D3 2007. Nämä määräykset koskivat 1.1.2010 jälkeen rakennuslupaa hakevia uusia rakennuksia. [7, s.1.] Määräyksen tukena toimivat rakentamiskokoelman osa C3 2010 eristyksistä sekä D5 2007, jossa on energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskentaa ohjaavat kaavat. Uudella määräyksellä D3 2010 pyrittiin parantamaan energiatehokkuutta 30 % edelliseen määräystasoon verrattuna. [8, s.6.]

### 5.2 Energiatehokkuuden vaatimukset

RakMK osa D3 2010 asettaa energiatehokkuudelle tietyt vaatimukset, jotka rakennuskohteen tulee täyttää. Samalla tavalla kuin D3 2012, niin myös D3 2010 ohjeistaa vaatimuksien saavuttamiseksi. Vaatimukset tulee täyttää, jotta kohde saa rakennusluvan.

#### 5.2.1 Rakennuksen kokonaisenergiankulutus

RakMK osassa D3 2010 jokaiselle rakennukselle lasketaan vuotuinen energiantarve, joka ilmaistaan ET-lukuna. ET-luku saadaan jakamalla vuosittainen energiantarve rakennuksen bruttoalalla ( $\text{kWh/brutto-m}^2/\text{v}$ ). Vuosittainen energiantarve sisältää mm. lämmityksen, sähkölaitteet, lämpimän käyttöveden ja jäähdytyksen. Uusissa rakennuksissa ET-luku kuvastaa E-luvun tavoin rakennuksen laskennallista energiankulutusta. ET-lukua ei tule sekoittaa E-lukuun, joka on taas vuotuinen kokonaisenergiankulutus, kyseisen rakennustyyppin lämmitettyä nettoalaa kohden ( $\text{kWh/netto-m}^2/\text{v}$ ).

Toisin kuin RakMK osassa D3 2012 vanhoissa määräyksissä ei ole ollenkaan puututtu käytettävän ostoenergian muotoihin. Toisin sanoen energiamuotojen kertoimia ei

ole. Energiamuotojen kertoimilla on uusissa määräyksissä huomattava vaikutus E-luvun muodostumiseen.

RakMK osa D3 2010 energiamääräykset eivät aseta rakennuksen ET-luvulle vaatimuksia. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että energiaselvitys tehdään paikkakunnan omilla säätiedoilla, riippuen siitä millä vyöhykkeellä kohde sijaitsee. Energiatodistus laaditaan Jyväskylän säätiedoilla, eli säävyöhykkeen III mukaan. Uudessa D3 2012 määräyksessä kokonaisenergiankulutuksen ja kesäajan huonetilojen lämpötilan laskennan vaatimustenmukaisuus osoitetaan säävyöhykkeen I säätiedoilla, riippumatta siitä millä säävyöhykkeellä rakennus sijaitsee. [5, s.12]. Syynä saman säävyöhykkeen käyttöön on energiankulutukselle määräyksissä esitetyt raja-arvot eri rakennustyypeille. Tarkoituksena on käyttää samaa säävyöhykettä E-luvun selvittämiseksi, jotta E-luvun ja rakennusten välinen vertailu olisi helpompaa. Todelliset lämmitystehon ja jäähdytystehontarpeet lasketaan edelleen rakennuksen maantieteellisen sijainnin perusteella.

### 5.2.2 Kesäajan huonelämpötilojen hallinta

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava niin, että rakennuksen sisätilat eivät lämpene haitallisesti. Kesäaikainen liiallinen tilojen lämpeneminen tulee estää ensisijaisesti rakenteellisin keinoin. Rakenteellisia keinoja ovat D3 2012 tavoin markiisit, sälekaihtimet, aurinkosuojalasit ja mahdolliset kiinteät rakenteelliset suojat. [7, s.8.]

Suunnittelussa kesäkuukausien aikaisena keskimääräisenä sisälämpötilana käytetään arvoa 23 °C. Lämpötila ei saa nousta haitallisen tason yli, joka luokitellaan D3 2010:ssä olevan 25 °C. [7, s.8.] RakMK osassa D3 2012 on asetettu taas eri rakennusluokille sisälämpötilan maksimilämpötilat (taulukko 2). Asetetut lämpötilat saavat ylittyä ainoastaan 150 astetuntia aikavälillä 1. kesäkuuta – 31. elokuuta. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että lämpötila saa ylittyä vain yhden asteen 150 tunnin verran kesäkuukausien aikana. [7, s.4.]

### 5.2.3 Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmät määritellään rakennusmääräyskokoelman osassa D3 2010 käyttöveden ja tilojen lämmitysjärjestelmänä. Käyttöveden lämmitysjärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa rakennuksen käyttötarkoitusta vastaavaksi. Tämä tulee suorittaa niin, että ylimääräinen energiankulutus vältetään. Järjestelmän lämmitysteho suunnitellaan niin, että lämmintä käyttövettä on riittävästi käytettävissä. [7, s.6.]

Tilojen lämmitysjärjestelmällä tarkoitetaan esimerkiksi patteriverkostoa. Tämä tulee suunnitella energiatehokkaaksi niin, että rakennuksessa voidaan saavuttaa käyttötarkoitusta vastaavat lämpöolot. Järjestelmän pitää toimia hyvällä hyötysuhteella huippu- että osakuormilla. Lämmitysjärjestelmässä tulee olla tarpeeksi säätölaitteita, joilla voidaan säätää lämpötiloja mahdollisimman tarkasti. Esimerkiksi patterikohtaiset säädettävät termostaattipatteriventtiilit. Lämmitystehoa laskettaessa otetaan huomioon paikalliset vyöhykkeen sääolot, jotka löytyvät RakMK osasta D5 2007. [7, s.6–7.]

Kaikki järjestelmät kuten lämmitys-, jäähdytys- ja ilmanvaihtojärjestelmät tulee suunnitella ja toteuttaa niin, että järjestelmiä voidaan säätää vastaamaan käyttötarkoituksen edellyttämiä olosuhteita. Näin ollen kaikkia järjestelmiä voidaan käyttää sekä huippu- että osateholla. [7, s.7.]

### 5.2.4 Valaistusjärjestelmä

Rakennusmääräyskokoelman osan D3 mukaan tulee valaistusjärjestelmä suunnitella ja toteuttaa niin, että valaistus vastaa rakennuksen käyttötarkoitusta mahdollisimman hyvin. Tämä tulee toteuttaa valitsemalla oikeat valaisinjärjestelmät käyttötarkoituksen mukaan. Myös päivänvaloa suositellaan käyttämään hyväksi mahdollisuuksien mukaan. [7, s.8.]

Valaisinjärjestelmä ei saa aiheuttaa ylimääräistä lämpökuormaa, joka nostaisi huone- lämpötilaa. Tämä saattaisi johtaa siihen, että jäähdytystä joudutaan käyttämään huone- lämpötilojen noustessa. [7, s.8.]

### 5.3 Rakennuksen lämpöhäviöt

Rakennuksen lämpöhäviöt muodostuvat eri tekijöistä, kuten rakennusvaipan ilmapitävyydestä, rakennusvaipan lämpöhäviöistä ja ilmanvaihdosta. Rakennuksen lämpöhäviöiden laskentakaavat on esitetty RakMK osassa D3 2010 ja laskennan tukena toimii RakMK osa D5. Rakennuskohteen tulee täyttää RakMK osassa D3 2010 esitetyt vaatimukset koskien rakennuksen lämpöhäviötä.

#### 5.3.1 Rakennusvaipan ilmapitävyys ja lämpöhäviöt

Rakennusvaipan vuotoilmasta johtuva lämpöhäviö lasketaan pitkälti uusien määräysten kaltaisesti. Eroavaisuuksia löytyy kuitenkin vuotoilmavirran ( $q_v$ , vuotoilma) laskennasta.

Uudessa RakMK D3 2012 vuotoilmavirta lasketaan rakennusvaipan ilmanvuotoluvun  $q_{50}$  perusteella. Ilmanvuotoluku ilmaisee rakennuksen ilmavuotoa rakennusvaipan pinta-alaa kohden tunnissa  $m^3/(h \cdot m^2)$ . Vuotoilmavirta lasketaan vaipan pinta-alaan suhteutettuna. Tämä on nähtävissä kaavasta 2. Vanhassa RakMK D3:ssa vuotoilmavirta lasketaan  $n_{50}$  ilmanvuotoluvun perusteella. Ilmanvuotoluku kuvastaa rakennuksen vuotoilmaa tunnissa (1/h) 50 Pa paine-erolla. Vuotoilmavirta lasketaan rakennuksen ilmatilavuuteen suhteutettuna. Vuotoilmavirran laskenta on esitetty kaavassa 5 ja vuotoilmakertoimen laskenta kaavassa 6.

$$q_{v,vuotoilma} = n_{vuotoilma} V/3600$$

jossa

$q_{v,vuotoilma}$  vuotoilmavirta,  $m^3/s$

$n_{vuotoilma}$  rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

$V$  rakennuksen ilmatilavuus,  $m^3$

3600 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos  $m^3/h \Rightarrow m^3/s$ , yksikkö on s/h.

Kaava 5.

Määräysten D3 2010 vuotoilmavirran laskentakaava. [7, s.11].

$$n_{vuotoilma} = n_{50}/25$$

jossa

$n_{vuotoilma}$  rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

$n_{50}$  rakennuksen ilmanvuotoluku 50 Pa paine-erolla, kertaa tunnissa, 1/h.

Kaava 6.

Määräysten D3 2010 vuotoilmakertoimen ( $n_{vuotoilma}$ ) laskentakaava. [7, s.11].

### 5.3.2 Rakennusvaipan lämpöhäviöt

Rakennuksen vaippaan kuuluvat ne rakennusosat, jotka erottavat lämpimät, puoli-lämpimät, erityisen lämpimät ja jäähdytettävät tilat ulkoilmasta tai maaperästä. Rakennuksen vaipan lämpöhäviöt on laskettu pitkälti samoin menetelmin uusissa ja vanhoissa määräyksissä, kaavan 3 mukaan. D3 2010 mukaan suoritettavan tasauslaskennan vertailuarvot löytyvät rakennusmääräyskokoelman osasta C3. [7, s.6–12.] Tasauslaskenta toteutetaan vertailuarvojen ja suunniteltavien arvojen välillä samalla tavalla kuin uusissa energiamääräyksissä, D3 2012.

### 5.3.3 Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuus

Ilmanvaihtojärjestelmä tulee suunnitella niin, että saavutetaan käyttötarkoitusta vastaava sisäilmasto energiatehokkaasti. Ilmanvaihdosta johtuvat lämpöhäviöt on laskettu pitkälti samoin menetelmin uusissa ja vanhoissa määräyksissä. Lämmöntalteenoton vertailuarvona on uusissa määräyksissä edelleen 45 % vuosihyötysuhde. [7, s.6–12.]

Yhtenä poikkeuksena on muuntokerroimen  $r$  poistuminen rakennuksen ilmanvaihdon lämpöhäviön kaavasta. Tällä kertoimella kuvataan ilmanvaihtokoneen vuorokautista käyntiaikaa. Uusissa määräyksissä (D3 2012) tämä kerroin on unohdettu. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että uusissa määräyksissä koneet oletetaan olevan ympäri vuorokautisessa käytössä. Ilmanvaihdosta aiheutuva lämpöhäviö on esitetty kaavassa 7.

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} t_d r t_v (1-\eta_a)$$

jossa

$H_{iv}$	ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K
$\rho_i$	ilman tiheys, 1,2 kg/m <sup>3</sup>
$c_{pi}$	ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)
$q_{v,poisto}$	poistoilmavirta, m <sup>3</sup> /s
$t_d$	ilmanvaihtojärjestelmän keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
$t_v$	ilmanvaihtojärjestelmän viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
$r$	muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtojärjestelmän vuorokautisen käyntiajan, kerroin $r$ on 1,00 ympärivuorokautisessa käytössä, 0,93 päiväaikaisessa käytössä ja 1,07 yöaikaisessa käytössä
$\eta_a$	ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde, joka on lämmöntalteenottolaitteistolla vuodessa talteenotettavan ja hyödynnettävän energian suhde ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan energiaan, kun lämmöntalteenottoa ei ole.

Kaava 7.

Ilmanvaihdon lämpöhäviön laskentakaava. [7, s.12].

## 6 LEED- YMPÄRISTÖSERTIFIKAATTI

### 6.1 Yleistä

LEED on sertifiointijärjestelmä, jolla pyritään rakentamaan tehokkaasti ja rinnastamaan rakentaminen myös ympäristöön sekä sen kuormitukseen. Periaatteeltaan LEED-sertifiointi perustuu kestäväänkehitykseen ja ympäristöystävälliseen rakentamiseen. LEED muodostuu sanoista leadership in energy and environmental design. Eli vapaasti suomennettuna johtajuus energia- ja ympäristösuunnittelussa. [9.]

LEED on yhdysvaltalainen globaalisti käytetty sertifiointituote, joka suosii vihreitä arvoja rakentamisessa. LEED-sertifikaatti on täysin vertailukelpoinen ja kansainvälinen vihreiden kiinteistöjen sertifiointijärjestelmä. U.S. Green Building Councilin (USGBC) myöntämä LEED-sertifiointi on täysin riippumattoman kolmannen osapuolen laatima. Sertifikaatin laatimiseen vaikuttavat rakennus, tilat, kokonaishanke ja hankkeen ympäristöominaisuudet. Jotta rakennus saa LEED-sertifikaatin tulee rakennuksen täyttää tietyt asetetut kriteerit mm. sijainnin, energiankulutuksen, vedenkulutuksen sekä materiaalien kulutuksen osalta, rinnastettuna koko rakennuksen elinkaareen. LEED-sertifikaatti on haettavissa uudiskohteille sekä olemassa oleville rakennuksille. [10.]








### 6.2 LEED-ympäristösertifikaatin rakenne

Sertifikaatti koostuu viidestä pääkohdasta: kestävästä maankäytöstä, taloudellisesta vedenkäytöstä, energian käytöstä, materiaaleista ja kierrätyksestä sekä sisäilman laadusta. Sertifikaatti sisältää myös kaksi lisäkategoriaa: innovatiivinen suunnittelu ja paikalliset painotukset. Jokaisesta pääkohdasta annetaan rakennukselle tietty määrä pisteitä, riippuen miten rakennus pärjää kussakin kategoriassa. Kuvasta 3 on esitetty pääkohdat ja lisäkategoriat.

### 6.3 Pisteytys

Rakennuksen saama arvosana riippuu täysin siitä miten rakennus pärjää kussakin kategoriassa. Kukaan kategoriassa sisältää tietyn määrän pisteitä. Pisteitä tulee sen mukaan, miten kohde täyttää eri kohdat ja vaatimukset kategorioissa. Kategorioiden sisältämä pistemäärä riippuu myös siitä, minkä tyyppinen rakennus on kyseessä. Erityyppisille rakennuskohteille käytetään erilaisia arvosteluasteikkoja, joissa pistemäärät kussakin kategoriassa ovat hieman erilaiset. Yhteneväistä niillä on kuitenkin se, että maksimi pistemäärä on 110 pistettä, kaikissa eri arvosteluasteikoissa. Tässä tapauksessa kyseessä on uudesta rakennustyöstä ja toimistorakennuksesta, joten arvosteluun käytetään LEED for Core & Shell arvosteluasteikkoa. Oheisessa kuvassa on esitetty eri kategorioiden tarkat pistemäärät tällä kyseisellä arvosteluasteikolla.

**LEED® for Core & Shell**

<b>Total Possible Points** 110*</b>	
 Sustainable Sites	28
 Water Efficiency	10
 Energy & Atmosphere	37
 Materials & Resources	13
 Indoor Environmental Quality	12
 Innovation in Design	6
 Regional Priority	4

\* Out of a possible 100 points + 10 bonus points  
 \*\* Certified 40+ points, Silver 50+ points, Gold 60+ points, Platinum 80+ points

Kuva 3.

LEED-sertifikaatin Core & Shell arvosteluasteikko. [11].

Kategorioiden sisältämät pisteet annetaan aina kohteelle tiettyjä sääntöjä noudattaen. Pisteytysohjekirjassa LEED for Core & Shell on asetettu pisteytysäännöt rakennuksen arvosteluun. Säännöt menevät seuraavasti:

- Jokainen LEED arvostelussa annettu piste on vähintään yhden pisteen arvoisen.
- Kaikki pisteet ovat positiivisia ja kokonaislukuja eivät murtolukuja tai negatiivisia lukuja.
- Jokainen ansaittu piste saa oman arvonsa, omassa arvosteluasteikossaan. Ei ole yksilöityjä arvosteluasteikkoja.
- Kaikki LEED-arvosteluasteikot sisältävät 100 peruspistettä. On mahdollista saada 10 lisäpistettä innovatiivisesta suunnittelusta sekä paikallisen painotuksen kategorioista. [12, xii.]

#### 6.4 Kategorioiden sisältö

Kokonaispistemäärä muodostuu eri kategorioista saaduista pisteistä. Tässä luvussa käydään yksityiskohtaisemmin läpi eri kategorioiden sisältö sekä pisteiden saantiin vaikuttavia tekijöitä.

##### 6.4.1 Kestävä maankäyttö

Kestävän maankäytön kategoriassa keskitytään lähinnä rakennuskohteeseen ja miten rakennus vaikuttaa ympäröivään alueeseen. Myös rakennuksen käyttäjät on otettu huomioon. Katteoria koostuu mm. seuraavista pääkohdista:

- Rakennuspaikan valinta ja sen vaikutus ympäristöön.
- Kohteen ympäröivän luonnon monimuotoisuuden suojeleminen.
- Maaperän käyttö.
- Luontaisen hydrologian hallinta.
- Vaihtoehtoiset liikkumistavat.
- Valosaaste.
- Lämpökuormat.

- Mahdollisten vuokralaisten valistaminen luontoystävällisestä ja energiatehokkaasta käyttäytymisestä kyseisessä rakennuksessa. [12, s.1–21.]

Rakennuksen sijaintina tulee suosia jo valmiiksi asutettuja alueita, jolloin rakennuksen vaikutus ympäristöön ei ole niin suuri. Yhtenä syynä on myös se, että tällaisissa alueissa kaikki palvelut ovat lähellä. Kategoriassa kuitenkin suositaan myös kohteita, jotka rakennetaan sijaintiin, jossa yritetään kuntouttaa ja kehittää aluetta. Nämä alueet voivat olla ympäristöllisistä syistä hyvinkin vaikeita kohteita. [12, s.1–21.]

Rakennuksen sijainnin lisäksi pyritään puuttumaan rakennuksen ympäröivään luontoon. Pisteitä saa, jos rakennuksen ympäröivää maastoa ja luontoa on pyritty suojelemaan tai entisöimään luonnolliseen tilaan. Jotta voidaan säilyttää luonnon tarjoama monimuotoisuutta, tulee suunnitteluvaiheessa tarkoin miettiä rakennuksen sijaintia ja mahdollisen sijainnin vaikutusta luontoon. [12, s.1–21.]

Rakennusvaiheessa on pyritty antamaan ohjeita maaperän käytöstä. Rakennusvaiheessa tulee kontrolloida maaperän eroosiota joita aiheuttavat sateet ja tuulet. Maaperä altistuu eroosiolle varsinkin rakennusvaiheessa, kun maaperä on paljas. Myös vesiteitse tapahtuvaa sedimentaatiota tulee valvoa. Tämän seurauksena saattaa olla esimerkiksi tukkeutuneet sadevesiviemärit. [12, s.1–21.]

Tontilla sijaitsevat mahdolliset rakennukset eivät itsessään saisi häiritä luontaista hydrologiaa. Tällä tarkoitetaan sitä, että veden tulee saada imeytyä maaperään luonnollisesti ilman häirintää. Rakennuksessa tulisikin näin ollen käyttää läpäiseviä pintoja läpäisemättömien pintojen sijaan. Läpäiseviksi pinnoiksi lasketaan esim. talon katolle sijoitetut kasvustot. Mahdolliset sade- ja tulvavedet voidaan ottaa talteen ja niitä voidaan halutessa käyttää hyväksi, mm. rakennuksen piha-alueen kasteluun verkostoveden sijaan. [12, s.1–21.]

Yhtenä kestävä maankäytön kohtana ovat myös vaihtoehtoiset kulkuneuvot kohteeseen. Näihin lukeutuvat mm. junat, metrot ja bussit. Kohteen on hyvä sijaita lähellä julkisen liikenteen väyliä. Tällä pyritään vähentämään autoilusta syntyvien hiilidioksidipäästöjen määrää ja sitä kautta ympäristökuormitusta. Myös polkupyöräilijät huomioiden voi saada lisäpisteitä. Tämä edellyttää pyöräparkkia, ja pukuhuoneita

siistiytymistä varten. Matalakulutteisia ajoneuvoja tulee suosia ja tarjota näille mahdollisuus pysäköimiseen. Tällaisia ajoneuvoja voivat olla sähkö-, kaasu- tai hybridi-autot. Mikäli tällaisille ajoneuvoille tarjotaan tankkauspaikka, saa tästä lisäpisteitä. Tankkauspaikka voi olla vaikka sähköpistoke, sähköautoille. On kuitenkin suotavaa pitää autojen pysäköintimahdollisuudet mahdollisimman vähäisenä, jotta suositaan julkisia kulkuneuvoja. Yhteinen pysäköimisalue usean kiinteistön välillä on suositeltava vaihtoehto. Myös mahdolliset yhteiskyydit kohteeseen ovat suotavia. [12, s.1–21.]

Valaistuksen tulee olla fiksusti suunniteltu ja valaistuksen käyttöalue hallittu. Tällä pyritään siihen, että toimiston käyttöajan ulkopuolinen turha valaistus ns. valosaaste poistuisi rakennuksen sisä- ja ulkopuolelta. [12, s.1–21.]

Rakennuksen ulkopuolisten materiaalien valinta tulee tehdä niin, etteivät materiaalit sido itseensä ylimääräistä lämpökuormaa, tehden olosuhteita rakennuksessa ja sen ympäristössä epämukavaksi. Esimerkiksi asfaltoinnin sijaan voidaan käyttää muita materiaaleja, jotka eivät sido itseensä niin paljon lämpöä. Auringolta ja näin ollen ylimääräisiltä lämpökuormilta voi suojautua puilla ja istutuksilla, jotka takaavat mahdollisuuden luonnolliseen varjostukseen. [12, s.1–21.]

Kategoriassa suositellaan myös ohjeistamaan kyseisen rakennuksen mahdollisia vuokralaisia ympäristöystävällisestä ja energiatehokkaasta käyttäytymisestä. Onkin suositeltavaa laatia kirjalliset ohjeet, joita tulkitsemalla voidaan saavuttaa ja ylläpitää asetetut tavoitteet. [12, s.1–21.]

#### 6.4.2 Taloudellinen vedenkäyttö

Tässä kategoriassa pyritään ohjaamaan taloudelliseen vedenkäyttöön ja vähentämään luonnon kuormitusta veden käytöstä johtuen. Käyttöveden kulutuksen tarkkailu ja käytön vähentäminen ovat oleellisia kohtia tässä kategoriassa. Myös jäteveden tuottaminen ja sen käsittely ovat vaikuttavia tekijöitä. [12, s.23–28.]

Kategoriassa pyritään kannustamaan veden säästämiseen. Mitä tehokkaammin pystytään säästämään vettä, sitä enemmän pisteitä kategoriassa saavutetaan. Vettä pyritään säästämään vesikalusteilla, jotka käyttävät vähän vettä. Mikäli vedenkulutusta pystytään pienentämään normaalitasoon verrattuna, niin se kerryttää pisteitä. Pisteet jakautuvat taulukon 5 mukaisesti. [12, s.23–28.]

Taulukko 5.

Veden säästöstä kertyvät pisteet. [12, s.28].

The minimum water savings percentage for each point threshold is as follows:

Percentage Reduction	Points
30%	2
35%	3
40%	4

Jos mahdollista, on jätevedellä hyvä pystyä esikäsittämään kohteessa, esim. poistamalla suurimpia epäpuhtauksia. Tämän voisi suorittaa luonnollisella tai mekaanisella puhdistusjärjestelmällä. [12, s.27.] Kaupunkialueella rakennukset liitetään kaupungin omaan jätevesiverkostoon.

#### 6.4.3 Energian käyttö

Tässä kategoriassa pyritään optimoimaan energian käyttöä eri tavoin. Kategoriassa keskitytään mm. seuraaviin asioihin:

- Uusituvan energian tuottaminen kohteessa.
- Vihreän energian käyttö kohteessa.
- Energiankäytön optimointi.
- Kokonaisenergiankulutuksen tarkkailu. [12, s. 31–49.]

Kohteessa suositellaan käyttämään uusiutuvia luonnonvaroja polttoaineina ja myös rakennuskohteessa tuotetusta energiasta saa lisäpisteitä. Rakennuskohteeseen voidaan sijoittaa aurinkopaneeleita, maalämpöä tai tuulivoimaa, jotka ovat uusiutuvaa omavaraisesti tuotettua energiaa. Jos rakennuskohteessa tuotettu energia on 1 % vuotuisesta energiantarpeesta, on kohde ansainnut jo neljä pistettä. [12, s. 41.] Vihreäksi energiaksi voidaan luokitella sähköyhtiön myymä, ympäristöystävällinen sähkö, esim. tuulivoimalla tai aurinkopaneeleilla tuotettua sähköä.

Kokonaisenergian optimoinnin osalta kannustetaan vähentämään kulutusta kyseisen rakennuksen tavanomaiseen tasoon verrattuna. Optimoimalla ja simuloimalla rakennuksen kokonaisenergiankulutusta saadaan suunnitteluvaiheessa luotua ratkaisuja, jotka tiputtavat energiankulutusta tavanomaiseen ja tavanomaisilla ratkaisuilla tehtyihin suunnitelmiin verrattuna. Ratkaisut voivat koskea eri osa alueita, kuten esimerkiksi lämmitystä, valaistusta, jäähdytystä tai ilmanvaihtoa. Optimoimalla ja simuloimalla voidaan saavuttaa huomattavia eroja tavanomaiseen energiankulutuksen tasoon verrattuna. Siksi energiankulutuksen optimoisesta on jaossa 3-21 pistettä. [12, s.37–40.]

Kokonaisenergiankulutuksen tarkkailulla pyritään takaamaan rakennuksen energiankulutuksen seuranta, myös sen jälkeen kun kohde on valmistunut. Simuloinnin lisäksi on pyrittävä saamaan aitoja lukemia energiankulutuksesta. Tämä edellyttää automaatiolaitteita, joilla selvitetään todellinen energiankulutus ja sitä kautta verrataan sitä simuloituun ja tavoiteltuun energiankulutukseen. Jos kulutukset eivät täsmää, on etsittävä ratkaisuja. [12, s. 47.]

#### 6.4.4 Materiaali ja kierrätys

Rakennuksessa syntyville jätteille tulee olla paikka säilytykseen ja kierrätykseen. Kierrätysmahdollisuudet tulee olla vähintään paperille, pahville, lasille, muoville ja metallille. Tämä koskee niin rakennusaikaista työmaakierrätystä, kuin myös rakennuksen käyttöaikaista kierrätystä.

Kategoriassa saa lisäpisteitä siitä, jos rakennus on tehty materiaaleista joita voidaan käyttää hyväksi rakennuksen elinkaaren jälkeenkin. Jos rakennuksessa on käytetty kierrätettäviä materiaaleja, esim. muista rakennuskohteista, saa niistä lisäpisteitä. Kierrätettävyydestä jaettavat pisteet on esitetty taulukossa 6. Myös rakennusaikaiset ympäristökuormitukset otetaan huomioon. Näitä voivat olla mm. materiaalin kuljetukset työmaille, itse materiaalin valmistus menetelmät sekä rakennusaikaiset jätteet. Kuljetuksien aiheuttamaa ympäristökuormitusta pyritään vähentämään suosimalla paikallisia toimijoita ja yrityksiä, joiden toimittamien tuotteiden avulla säästetään luonnon kuormittamista materiaalien kuljetuksista johtuen. [12, s.51–57.]

Taulukko 6.

Kierrätettävyyden mukaan jaettavia pisteitä. [12, s.52].

Building Reuse	Points
25%	1
33%	2
42%	3
50%	4
75%	5

#### 6.4.5 Sisäilman laatu

Tässä kategoriassa keskitytään sisäilman laatuun sekä luonnonvalon vaikutukseen rakennuksessa. Kategorian pääkohtia ovat seuraavat:

- Epäpuhtauksien kulkeutumisen minimointi rakennuksen sisälle.
- Ilmanvaihdon tehostaminen.
- Rakennusaikaisten ja materiaaleista johtuvien epäpuhtauksien kontrollointi.
- Ilmanvaihdon lämpötilan tarkkailu.
- Luonnonvalon pääsy rakennukseen. [12, s.59–80.]

Epäpuhtauksien kulkeutumista pyritään ja opastetaan vähennettäväksi ulkoilmasta sisäilmaan. Tätä voidaan vähentää suodattamalla mahdollisia epäpuhtauksia sisältävä raitisilma. Raitisilman ja tuloilman laatua on kategoriassa suositeltu tarkkailtavaksi. Myös sisäilman laatua tulee tarkkailla. Pisteytysäännöissä suositellaankin, että asennetaan huoneisiin CO<sub>2</sub>-mittareita, joilla tarkkaillaan huoneilman laatua. [12, s.59–80.]

Ilmanvaihdon tehostamisella tarkoitetaan tässä tapauksessa koneellista tai mahdollista painovoimaista ilmanvaihtoa, jolla edistetään sisäilman laatua. Koneellinen ilmanvaihto on toteutettu tulo ja poistokoneilla, jotka tehostavat itsessään jo ilmanvaihtoa verrattuna painovoimaiseen ilmanvaihtoon. Mikäli käytetään koneellista ilmanvaihtoa, tulee ilmanvaihtokone varustaa lämmöntalteenotolla. Painovoimaisen ilmanvaihdon tehostamiseksi tulee tarkoin suunnitella tulevan ja poistuvan ilman reitit. Sisäilman laadun tulee kummallakin menetelmällä täyttää hyvän sisäilman vaatimukset. [12, s.59–80.]

Rakennusaikana saattaa epäpuhtauksia ja kosteutta päästä rakennusmateriaaleihin sekä laitteisiin. Kategoriassa pyritäänkin ennaltaehkäisemään rakennusaikaisten epäpuhtauksien syntyminen estämällä mahdollisten epäpuhtauksien kulku laitteisiin ja rakenteisiin, josta ne saattavat aiheuttaa ongelmia rakennuksen käytön aikana. Sisärakennusmateriaalit tulee valita niin, etteivät ne sisällä sellaisia aineita, jotka saattavat ajan myötä luovuttaa haitallisia aineita ja epäpuhtauksia sisäilmaan. Tällaisia materiaaleja saattavat olla erilaiset maalit, puulevyt ja lattiapinnoitteet. Myös kemikaalien ja saasteiden leviäminen ulkoilmasta sisäilmaan tulee estää. Mikäli rakennuksessa on eri osastoja, joiden huoneilman laatu on erilainen, tulee eri osastojen välistä ilmanvaihtoa rajoittaa. [12, s.59–80.]

Ilmanvaihdon lämpötilaa tulee tarkkailla mahdollisuuksien mukaan. Lämpötila tulee olla myös säädettävissä eri osastojen ja ihmisten mieltymyksien mukaan. Sääto voi tapahtua säädettävien termostaattien avulla. [12, s.59–80.]

Kategoriassa halutaan myös, että luonnonvaloa pääsisi rakennukseen sopivissa määrin, ikkunoista ja kattoikkunoista. Ei kuitenkaan niin, että se auringon valon määrä häiritsisi ja aiheuttaisi ylimääräisiä lämpökuormia. Rakennuksen sisälle voidaan asettaa pysyviä varjostusratkaisuja, joilla ennaltaehkäistään ylimääräisien lämpökuormien syntymistä. Tällaisia ratkaisuja voivat olla esimerkiksi sermit, kaihtimet ja väliseinät, jotka estävät liiallisen valon pääsyn ympäri rakennusta. Myös näkymät ulos vaikuttavat arvosteluun. [12, s.59–80.]

#### 6.4.6 Innovatiivinen suunnittelu

Tässä kategoriassa pisteitä annetaan ratkaisuihin, joita USGBC neuvosto ei itse ole ohjeissa määrännyt. Näiden ratkaisujen tulee olla uusia, innovatiivisia, LEED-sertifikaatin edun mukaisia ja yleensä sellaisia ratkaisuja, joita ei ole ennalta määrätty, mutta ne todetaan hyväksi. Pisteitä voi ansaita mm. energiaa ja vettä säästäväillä uusilla ratkaisuilla. [12, s. 81.]

Lisäpisteen voi saada myös siitä, että rakennusprojektissa työskentelee vähintään yksi LEED Accredited Professional (LEED-akkreditoitunut ammattilainen). Tämä henkilö toimii koordinaattorina suunnittelu- ja rakennusprojektissa. [12, s. 82.]

#### 6.4.7 Paikalliset painotukset

Tässä kategoriassa USGBC neuvosto jakaa 1-4 pistettä riippuen rakennuskohteen paikallisista olosuhteista. Suomessa tästä kategoriasta saatavat pisteet kohdistuvat energian- ja vedenkäyttöön. Tämän kategorian pisteytys on tarkemmin määritelty Yhdysvaltojen alueella. Yhdysvaltojen alueen ulkopuolella olevat kohteet, jotka hakevat LEED-sertifikaattia saavat lisäpisteensä neuvoston määrittelemistä muista kategorioista ja niiden osa-alueista. [13].

## 6.5 Arvosana rakennukselle

Lopullinen arvosana kohteelle muodostuu yhteenlasketuista pisteistä kustakin kategoriasta. Arvosanaksi voi myös tulla hylätty, eli kohde ei saa LEED-sertifikaattia. Tämä on tosin hyvin harvinaista, koska yleensä ei lähdetä hakemaan LEED-sertifikaattia kohteelle, joka ei ole rakennettu tai suunniteltu sertifikaatin tavoitteiden mukaisesti.

Lopulliseksi arvosanaksi kohde voi saada pelkästään hyväksytyyn arvosanan, joka tässä tapauksessa tarkoittaa alhaisinta LEED-sertifikaatin arvosanaa. Hyväksytystä paremmat arvosanat ovat hopea-, kulta- ja platinataso. Asetetut pisterajat kertovat kyseisen rakennuskohteen saaman kokonaisarvosanan. Kuvassa 4 on esitetty arvosanat ja pisterajat rakennukselle.



Source- LEED Core Concepts and Strategies online course

Kuva 4.

Arvosanat ja pisterajat. [14].

## 7 ET-LUVUN, E-LUVUN JA LEED-YMPÄRISTÖSERTIFIKAATIN LAADINTA

### 7.1 ET-luvun laadinta

Energiaselvitys ja todistus tehtiin RakMK osan D3 2010 osalta Kyndatan ohjelmalla CADS Planner Hepac Pro. Ohjelmalla pystytään toteuttamaan energiaselvityksen ja todistuksen edellyttämä laadinta. Energiaselvityksen yhteydessä saadaan toteutettua myös tasaaslaskenta jolla nähdään, että suunnitteluarvot täyttävät vertailutason vaatimukset.

Ohjelmalla energiaselvityksen laadinta eteni syöttämällä perustietoja ohjelmaan, jotka saadaan rakennushankkeessa mukana olevilta suunnittelijoilta ja suunnitteluasiakirjoista. Tällaisia arvoja olivat esimerkiksi: pinta-alat, henkilömäärät ja rakennustilavuus. Kuvassa 5 on esitetty yhdeksän eri kohtaan joihin tietoja syötettiin, mukaan lukien perustiedot.



Kuva 5.

Energiatehokkuuteen vaikuttavat eri kategoriat.[15].

Perustietojen syötön jälkeen, ohjelmaan syötettiin tarkempia tietoja. Ohjelmaan syötettiin tietoja mm. rakenteista, iv-koneista, käyttövedestä, lämmitysjärjestelmästä, jäähdytyksestä, yms. Ohjelma pystyy hakemaan myös tietoja projektista. Tämä edellyttää, että lämmitystehontarpeet on laskettu kohteesta. Mm. näiden tietojen perusteella ohjelma kykeni laskemaan lämmitystehontarpeet sekä kesäaikaisen jäähdytystehontarpeet. Kuvassa 6 on esitetty miten iv-koneiden arvot syötetään ohjelmaan.

**Energialaskenta - Ilmanvaihto**

IV-koneen tiedot

IV-kone:  r:

qv, poisto:  m<sup>3</sup>/s na:  LTO vuosihyötysuhde (0...1)

qv, tulo:  m<sup>3</sup>/s Ttulo:  °C

td:  h/24h Tsisä:  °C

tv:  vrk/7vrk Tuloilman jälkilämmityksen säätö sisälämpötilan mukaan

Kyllä  Ei

Puhaltimien yhteissähköteho:  kW

IV-kone	qv, poisto	qv, tulo	td	tv	r	na	Ttulo	Tsisä	Säätö	kW
TK11	3.2	3.2	10	6	0.93	0.78	18	18	k	6.4
TK12	4.7	4.7	10	6	0.93	0.6	18	18	k	9.4
TK13 muut tilat	2.7	2.7	24	7	1	0.5	18	18	k	5.4

Kuva 6.

IV-koneen syöttötiedot. [15].

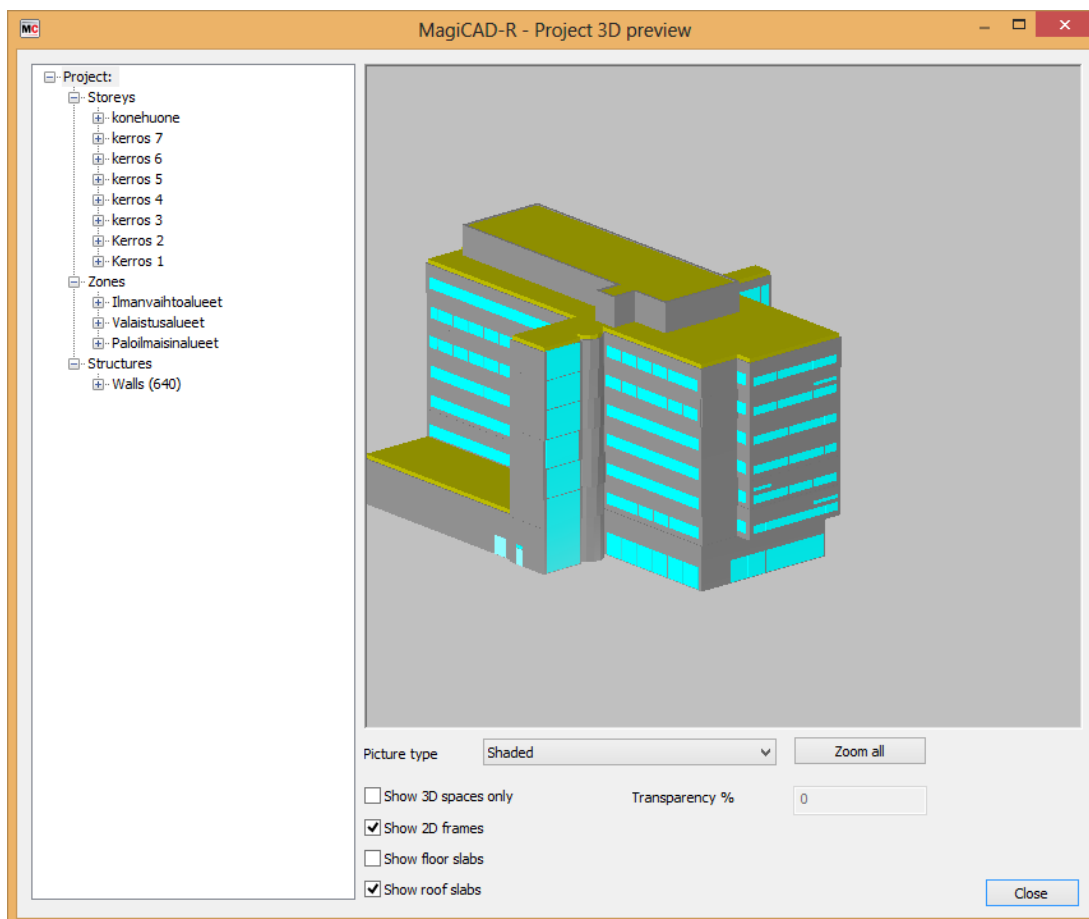
Lopputuloksena ohjelmasta pystyi tulostamaan energiaselvityksen sekä energiatodistuksen, josta selviää rakennuksen ET-luku.. Energiaselvityksen yhteydessä on myös tasauslaskelma. Lopputulosten tulostaminen onnistui vasta sitten, kun kaikki yhdeksän eri kohtaa oli täytetty.

Tässä opinnäytetyössä rakennuskohteelle lähdettiin tavoittelemaan energialuokkaa A, joka myös saavutettiin. RakMK osan D3 on asettanut A luokalle energiakulutusvaatimuksen, joka tulee olla  $\leq 90$  kWh/brutto-m<sup>2</sup>/v. Energiaselvityksen lopputulokset näemme liitteessä 1 ja energiatodistuksen liitteessä 2.

## 7.2 E-luvun laadinta

E-luvun laadinta tehtiin Magicad Comfort & Energy ohjelmalla. Magicadin Comfort & Energy ohjelma sisältää Granlund Oy:n Riuska ohjelman. Riuska on dynaaminen laskentaohjelma, jolla pystytään laskemaan ja simuloimaan rakennuksen kokonaisenergiankulutus. Riuska täyttää myös RakMK osan D3 2012 asettamat vaatimukset dynaamiselle laskentaohjelmalle. D3 2012 mukaan ohjelma tulee olla validoitu SFS EN, CIBES tai ASHRAE standardien mukaisesti. [5, s.11]. Dynaamista laskentaohjelmaa jouduttiin käyttämään Intelligaten toisen rakennusvaiheen kohdalla, koska rakennuksessa on jäähdytys. Jäähdytys on toteutettu jäähdytyspalkeilla ja puhallin- konvektoreilla.

E-luvun laskenta aloitettiin Magicadin Room-sovelluksella. Tällä sovelluksella määritettiin rakennuksen ulkoseinät, sisäseinät, ovet, ikkunat, huonekorkeudet yms. Sovellus laski rakennukselle myös lämpöhäviöt, mutta tässä vaiheessa sillä ei ollut merkitystä, koska Riuskalla simuloitiin tarkemmat lämpöhäviöt myöhemmässä vaiheessa. Magicad Room-sovelluksella toteutettiin BIM-tietomalli (Building Information Modelling), joka sisältää rakennuksen tarkat geometriset tiedot kaikkine yksityiskohtineen. Kuvassa 7 on esitetty miltä BIM-tietomalli Magicad Room-sovelluksella toteutettuna.



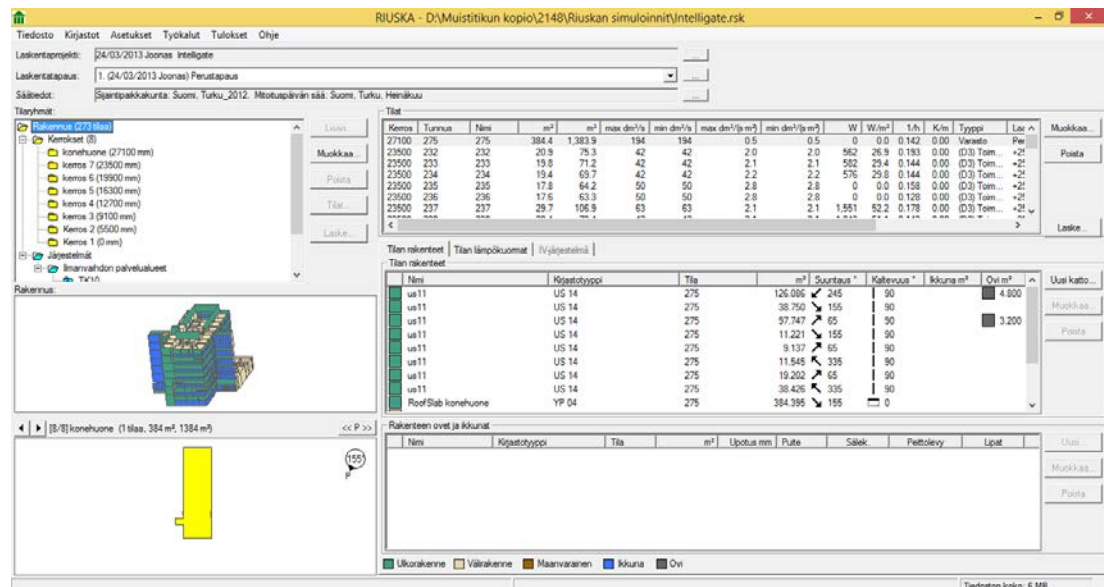
Kuva 7.

Magicad Room-sovelluksella luotu BIM-tietomalli Intelligaten toisesta rakennusvaiheesta. [16].

Kun BIM-tietomalli oli luotu, luotiin tietomallista IFC-tiedosto (Industry Foundation Classes). IFC-tiedosto antaa mahdollisuuden viedä BIM-tietomallin eri dynaamisiin laskentaohjelmiin, kuten IDA ICE tai Riuska. Tässä työssä IFC-tiedosto vietiiin käytettävään laskentaohjelmaan, Riuskaan. Riuska-laskentaohjelma on esitetty kuvassa 8.

Riuskaan syötettiin perustietoja mm. lämpökuormista, lämmön ja jäähdytyksen tuotantotavoista, ilmastointikoneiden palvelualoista, ilmamääristä yms. Myös rakenteiden tiedot tuli syöttää mahdollisimman yksityiskohtaisesti ohjelmaan. Rakenteiden tietojen perusteella ohjelma kykeni simuloimaan rakenteisiin varautuvat lämpökuormat, ja näiden vaikutukset lämmitys- ja jäähdytysenergiantarpeeseen. Ohjelmaan syötettäviä perustietoja ja arvoja saatiin projektissa mukana olevilta eri alan suunnittelijoilta sekä suunnitteluasiakirjoista. On myös tilanteita, joissa ei ole tietoa mahdol-

lisistä ohjelmaan syötettävistä arvoista. Näissä tilanteissa voidaan käyttää määräysten mukaisia ohjearvoja. Ohjelma ottaa itse tarvitsemansa pinta-alatiedot, tilavuudet, kylmäsiilat yms. BIM-tietomallista.



Kuva 8.

Riuska laskentaohjelma. [17].

Rakennus palvelee toimistorakennuksena, joten laskenta suoritettiin toimistorakennukselle annettujen ohjearvojen mukaisesti. Jokaisella eri käyttötarkoituksella on omia E-lukuun vaikuttavia ohjearvoja, kuten esimerkiksi lämpökuormat, ilman laatu-taso, huonelämpötilat, ilmanvaihtokoneen toiminta-ajat yms. Näitä ei tarvitse tietenkään käyttää, mikäli rakennuksessa on toteutettu erilaisia, mutta määräyksien mukaisia ratkaisuja. Tällainen ratkaisu voi olla esimerkiksi valaistus, joka aiheuttaa vähemmän lämpökuormaa, kuin määräysten ohjearvo.

Syötettyjen arvojen perusteella ohjelma laski rakennukselle E-luvun. Liitteessä 3 on esitetty E-lukulaskelman lopputulokset. Suomen RakMK osa D3 määrittää toimistorakennukselle raja-arvoksi 170 kWh/netto-m<sup>2</sup>/v. Toimistorakennusten tulee päästä samaan lukemaan raja-arvon kanssa tai mahdollisesti lukeman alle. Tulokset Intelligaten kohdalla olivat hyvät ja E-luvun raja-arvo saavutettiin ja päästiin jopa sen alle. Tulokset ja lähtötiedot on esitetty liitteessä 3 RakMK osan D3 2012 mukaisella tavalla.

### 7.3 LEED-ympäristösertifikaatin hakuprosessin vaiheet

LEED-ympäristösertifikaatin hakuprosessi on kuusivaiheinen. Ensimmäinen vaihe on pitää aloituspalaveri koskien LEED-sertifikaatin hakua. Palaveriin olisi hyvä osallistua LEED-asiantuntija, rakennuksen tilaaja, rakennuttaja, arkkitehti ja eri alojen suunnittelijat, jotta ratkaisuihin voidaan keskustella avoimesti sekä saada ammattilaisen mielipide mahdollisista ratkaisuksista ja niiden vaikutuksista. Palaverin tarkoituksena on asettaa tavoiteltavat pisteet ja kokonaisarvosana rakennukselle. Palaverissa pohditaan mahdollisia suunnittelu- ja toteutusratkaisuja, joiden perusteella voidaan kustakin kategoriasta saada mahdollisia pisteitä. Mahdollisten ratkaisujen valossa nähdään myös kokonaiskustannukset rakennukselle. Rakennukseen suunniteltavat ratkaisut on hyvä valita niin, että mahdollisten kategorioiden saatavien pisteiden kokonaiskustannus ei nouse kohtuuttomaksi. [18.]

Seuraava vaihe kokouksen ja suunnitelmien jälkeen on projektin rekisteröiminen USGBC-tietokantaan. Rekisteröimisestä maksetaan rekisteröintimaksu, joka on jäsenille 900\$ ja ei jäsenille 1200\$. Rekisteröimisellä saadaan käyttöön apuvälineitä, kuten LEED-online palvelu, joka helpottaa sertifiointiprosessia. Rekisteröimisen yhteydessä projektitiimin tulee valita LEED-projektin hallinnoija. Projektin hallinnoijalla on suoritettavia velvollisuuksia, kuten tehtävien anto tiimin jäsenille ja varsinaisen hakemuksen luovuttaminen arvostelua varten. Projektin hallinnoijan ei tarvitse olla LEED Accredited Professional, eli LEED-akkreditoitunut ammattilainen. [18.]

LEED-online palvelu antaa mahdollisuuden mm. seuraaviin asioihin:

- Palvelu on yleinen säilytyspaikka oleelliselle rakennuskohteeseen liittyvälle materiaalille, kuten kuville ja piirustuksille.
- Antaa mahdollisuuden kaikkien tiimiin kuuluvien henkilöiden pääsyn tarpeelliseen tietoon ja materiaaliin.
- Tarkastella ja jättää pisteytykseen vaikuttavia tietoja.
- Tutkia ja vastata tarkastajan antamiin kommentteihin kohteessa tehdyistä ratkaisuksista. [18.]

Tämä kokonaisuus hoituu Suomessa ja useassakin muussa maassa yrityksen kautta, jotka ovat erikoistuneet ja kykeneväisiä LEED-ympäristösertifikaatin laadintaan. Intelligaten toisessa rakennusvaiheessa LEED-ympäristösertifikaatin laadinnasta huolehtii YIT.

Kolmantena vaiheena LEED-prosessin etenemisessä on sertifikaatin maksaminen. Projektitiimin tulee suorittaa sertifiointimaksu rekisteröintimaksun lisäksi. Sertifiointimaksun suuruus riippuu laatijan jäsenyyssstatuksesta sekä sertifioitavan rakennuksen neliömäärästä. Mikäli rakennus, jolle sertifikaattia laaditaan saavuttaa platina-tason eli korkeimman arvosanan, saa kohde sertifikaatin maksusta palautuksen. [18.]

Neljäs vaihe on itse arvostelun kannalta vaikuttavin vaihe. Projektitiimi kerää tietoja suunnittelijoilta suunnitelluista ja tehdyistä ratkaisuksista, joista on jo sovittu ensimmäisessä kokouksessa. Näiden tietojen perusteella täytetään USGBC:n laatima taulukkopohja, joka sisältää tarvittavat tiedot varsinaisen arvostelun suorittamiseen. Tämä taulukko ladataan LEED-online palveluun. [18.]

Viidentenä vaiheena on arvosteluvaihe. Arvosteluvaihe voidaan suorittaa osissa tai kokonaisuutena. Osissa suoritettava arvostelu tarkoittaa, että projektitiimi voi palauttaa vain sen osan rakennusprojektin suunnittelutiedoista, mikä on käynnissä. Tämä antaa tiimille mahdollisuuden ennakoita mahdollista kokonaisarvosanaa rakennusprojektista. [18.]

Palautetuista rakennusprojektin eri suunnitteluvaiheista saadaan palaute LEED-online palvelussa. Palaute voi olla jokin seuraavista:

- Odotettu tulos. Tarkoittaa, että projektitiimi on osannut arvioida tehdyt ratkaisut niin, että pisteitä saadaan.
- Selventämistä vaaditaan. Tarkoittaa, että LEED-onlineen annettujen tietojen perusteella arvostelija ei pysty antamaan pisteitä tietojen epäselvyyden takia. Tilanne voidaan yleensä korjata selventämällä mahdollisia annettuja tietoja.
- Saavutettu tulos. Tarkoittaa, että tiedot ovat riittävät ja piste tai pisteet ovat ansaittu.

- Hylätty. Kyseisestä kategoriasta tai kategorian kohdasta ei saada pisteitä, koska rakennus tai rakennuksen suunnitteluratkaisu ei vastaa LEED-sertifikaatin asettamia ehtoja. [18.]

Viimeisenä eli kuudentena vaiheena on todistuksen antaminen. USGBC luovuttaa valmistuneelle rakennuskohteelle LEED-ympäristösertifikaatin, kun projektin kaikki kohdat on arvosteltu ja pisteytetty. Kokonaispistemäärä kertoo kyseisen rakennuksen saaman arvosanan. Projektitiimi pystyy ennen viimeisen arvosanan antamista protestoimaan mahdollisista erimielisyyksistä, jotka ovat johtaneet pisteiden menetykseen. Tämän seurauksena rakennuskohteen pisteet arvioidaan uudelleen. [18.]

Itse kokonaisarvosanan saaminen rakennukselle saattaa kestää useita kuukausia riippuen tarkastajien ja tarkistettavien kohteiden määrästä. Ympäristösertifikaatin saaminen on pitkälti kiinni USGBC:n toimintanopeudesta.

## 8 LOPPUPÄÄTELMÄT

Uudet energiamääräykset tuovat mukanaan muutamia muutoksia energiatehokkuuden laskentaan. Energiatehokkuusluvun laadintatapaan ei kuitenkaan tule kovinkaan suuria muutoksia, jos rakennuskohteessa ei ole jäähdytystä, joka edellyttäisi kohteen simulointia. Tällaisissa tapauksissa laskenta voidaan suorittaa edelleen kuukausitason energialaskentaohjelmalla.

Intelligaten ET-luvun laadinta Kyndatan CADs Hepac pro:n energialaskentaohjelmalla tapahtui arvojen syöttämällä ohjelmaan. Energialaskentaohjelmaan voidaan tuoda tietoja myös projektista tai vaihtoehtoisesti tiedot voidaan syöttää ohjelmaan käsin. Ohjelmaan syötetään perustietoja ja tarkempia tietoja mm. rakennuksesta, rakenteista ja lvi-ratkaisuista. Kyndatan CADs Hepac Pro sovelluksella voidaan laskea myös E-luku, kohteissa joissa ei ole jäähdytystä. Periaatteeltaan E-luvun laadinta kuukausitason laskentaohjelmalla tapahtuu samalla tavalla kuin ET-luvun laadinta. Huomioitavaa on kuitenkin se, että vaikka kohteen E-luku lasketaan kuukausitason laskentaohjelmalla, tulee kesäajan huonelämpötilojen määräystenmukaisuus osoittaa dynaamisella laskentaohjelmalla.

ET-luvun lopputulokseksi saatiin 90 kWh/(brutto-m<sup>2</sup> a). Intelligaten tapauksessa tavoitteeksi oli asetettu energiatehokkuusluokka A, jonka raja-arvoksi RakMK osa D3 2010 asetti  $\leq 90$  kWh/(brutto-m<sup>2</sup> a). Määräyksen energiatehokkuudelle A asettama raja saavutettiin täpärästi.

E-luvun laadinnassa Intelligaten tapauksessa käytettiin dynaamista laskentaohjelmaa, koska rakennuksessa oli jäähdytys. Dynaamisen laskentaohjelman eli Riuskan käyttäminen toi oman hankaluuden E-luvun laadintaan. Riuskan käyttäminen vaatii tutustelua ja opettelua, niin kuin mikä tahansa muukin uusi ohjelma. E-luvun laadinta on kuitenkin huomattavasti työlämpää jo pelkästään sen takia, että BIM-tietomallin luominen edellyttää tarkkaavaisuutta, jotta tietomalli on oikeasti kohteen näköinen. Simulointi edellyttää myös tarkkojen huonekohtaisten arvojen lisäämisen ohjelmaan. Simuloiminen on hyvinkin työlästä kohteissa, joissa on paljon huoneita. Tällaisissa kohteissa simulointi on kattavampi ratkaisu, verrattuna vanhojen energiamääräysten

mukaan laskettuun ET-lukuun, joka ei vaatinut simulointia. Tämän perusteella voi todeta, että simuloinnilla pystytään huomioimaan rakenteiden ominaisuudet huomattavasti kattavammin, verrattuna kohteeseen jossa simulointia ei tarvitse suorittaa. Tarvitsee kuitenkin huomioida, että tulokset uusien ja vanhojen määräysten pohjalta ovat vain laskennallisia, eivätkä perustu rakennuksen todelliseen energiankulutukseen.

E-luvun laskennan työprosessi helpottuu huomattavasti, mikäli arkkitehti luo mallinnuksesta IFC-tiedoston, jonka voi siirtää eri simulointiohjelmiin. Tulevaisuudessa tämä tulee mahdollisesti yleistymään, mutta mikäli arkkitehti ei tee mallinnusta jää tämä lvi-suunnittelijan vastuulle.

Lopputuloksena rakennukselle saatiin simuloitua E-luku. E-luvuksi muodostui 123,1 kWh/(netto-m<sup>2</sup> a). Raja-arvoksi RakMK D3 2012 oli asettanut 170 kWh/(netto-m<sup>2</sup> a), jonka alittaminen onnistui kohteelta helposti.

Uudet määräykset tuovat mukanaan eroavaisuuksia vanhoihin määräyksiin verrattuna ja näiden vaikutus näkyy muodostuneissa ET- ja E-luvussa. Ohessa on eriteltyä suurimmat muutokset uusien ja vanhojen energiamääräysten välillä:

- RakMK osa D3 2012 määräyksenmukaisuus osoitetaan I säävyöhykkeen säätiedoilla. RakMK osa D3 2010 määräyksenmukaisuus ositettiin III säävyöhykkeen säätiedoilla.
- Pinta-alatietojen muutos. Uusissa energiamääräyksissä D3 2012 E-luku muodostuu rakennuksen nettoalaa kohden. D3 2010 ET-luku on laskettu rakennuksen bruttoalaa kohden.
- E-luvun laskennassa käytetään energiamuotojen kertoimia. Kertoimilla on hyvin suuri vaikutus E-luvun laskennassa.
- Kesäajan huonelämpötilojen hallinta. Rakennuskohteesta tulee simuloida esimerkkihuoneet, joissa oletetaan olevan eniten lämpökuormia. Lämpötilavaatimusten saavuttaminen saattaa edellyttää jäähdytysjärjestelmän käyttämistä, mikä taas edellyttää simulointiohjelman käyttöä.

- Vuotoilmavirran muutos. Uusissa määräyksissä D3 2012 vuotoilmavirta on suhteutettu vaipan pinta-alaan, kun taas vanhoissa määräyksissä D3 2010 vuotoilmavirta on suhteutettu rakennuksen ilmatilavuuteen.

Mm. näiden muutosten myötä RakMK osan D3 2012 tavoitteena on tiputtaa energiankulutusta 20 % edelliseen energiamääräykseen D3 2010 verrattuna. Samalla tiukentuvat vaatimukset laskentaohjelmille. Suoritetaan laskenta sitten kuukausitason laskentaohjelmalla tai dynaamisella laskentaohjelmalla, joutuvat insinööritoimistot hankkimaan uusia ohjelmistoja näiden suorittamiseen.

LEED-ympäristösertifikaatti on huomattavasti laajempi ja on sisällöltään erilainen kuin RakMK osat D3. Ympäristösertifikaatti kertoo nimensä puolesta vihreästä ja luontoa ajattelevasta sertifiointijärjestelmästä. RakMK D3 2010 ja 2012 keskittyvät energiatehokkuuden ohjaamiseen, eivätkä niin sen saavuttamisen seurauksiin yms. LEED-ympäristösertifikaatissa on mahdollista saavuttaa eri tasoja. Tämä on samanlainen käytäntö, kuin SRMK osassa D3 2010. Sisällöltään ympäristösertifikaatissa keskitytään rakennuksen ulkopuolisiin asioihin, kuten tonttiin ja sijaintiin yms. RakMK D3 perehtyy pelkästään rakennukseen ja rakennuksen energiatehokkuuteen. Energiatehokkuuteen vaikuttavat myös ulkoiset tekijät, kuten aurinko sekä sitä kautta rakenteiden lämmönvarauskyky, joka taas vaikuttaa jäähdytysenergian tarpeeseen. Rakennuksen ulkopuolisiin asioihin ei ole RakMK osassa D3 sen suuremmin puututtu.

LEED-ympäristösertifikaatissa ja RakMK osassa D3 on myös samanlaisuuksia. Mm. ympäristösertifikaatissa suositaan energiantarpeiden optimoimista ja simuloimista, jotta saadaan energiatehokkaita ratkaisuja. Tämä on uudessa energiamääräyksessä D3 2012 keskeinen asia. Vaikka yhteneväisyyksiä löytyy, niin suurimmaksi osaksi ympäristösertifikaatti keskittyy mahdolliseen rakennuksen rakennusaikaiseen ja rakennuksen käytön aiheuttamaan ympäristön kuormitukseen, esim. rakennuksessa käytettävien materiaalien kautta. RakMK osan D3 kannalta ei puututa käytettäviin materiaaleihin niiden ympäristövaikutusten kannalta, vaan materiaalien käytön vaikutukset energiatehokkuuteen on keskeinen asia. Esimerkiksi seinärakenteen materiaalisältö on epäolennainen seikka, mikäli saavutetaan määräysten asettaman vertailuarvon taso. Ympäristösertifikaatissa halutaan materiaalien olevan kierrätettäviä ja

ympäristöystävällisiä, myös energiatehokkaita, mutta rakenteiden energiatehokkuuteen ei ole sen suuremmin ympäristösertifikaatissa ohjattu.

LEED-ympäristösertifikaatti palvelee varmasti tarkoitustaan tässä ja muissakin rakennusprojekteissa, tarjoten mahdollisuuden ottaa huomioon rakennuksen vaikutuksen ympäristöön laajemmalla skaalalla. Vaikka RakMK osassa D3 ja LEED-ympäristösertifikaatissa on eroavaisuuksia, niin molemmilla pyritään asettamaan uusi suunta rakentamisen ja rakennuskannan tulevaisuudelle.

## LÄHTEET

1. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2012. RIL 259-2012 Matala-energiarakentaminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
2. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, Rakennusten energiatehokkuus 2010/31/EU.
3. Kalliomäki P. 28.3.2011. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Ympäristöministeriön julkaisu 28.3.2011. Viitattu 2.2.2013 <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=126233&lan=fi>
4. Arkkitehdit Tommila Oy. 2008. Intelligate toisen rakennusvaiheen esittelyvihko 19.5.2008.
5. Suomen RakMK D3. 2011. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.
6. Tasauslaskentaopas 2012. 2011. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisu 24.11.2011. Viitattu 1.1.2013. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135662&lan=FI>
7. Suomen RakMK D3. 2008. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2010. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.
8. Tasauslaskentaopas 2010. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön julkaisu 5.6.2010. Viitattu 23.1.2013. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=120826&lan=en>
9. Erms Fimera Oy:n www-sivut. 2012. Viitattu 11.12.2012. <http://www.erms.fi>
10. Green building council Finland www-sivut. 2012. Viitattu 11.12.2012. <http://www.figbc.fi>
11. Ryan Detweiler. LEED - Leadership in Energy and Environmental Design Blogspot. 31.11.2011. Viitattu 22.12.2012. <http://www.uiowaesd.blogspot.fi/>
12. U.S. Green Building Council. 2009. LEED for Core & Shell, version 2009. Washington DC: U.S. Green Building Council.
13. Regional Priority Credits 2010. U.S. Green Building Council. Julkaisu 11.2010. Viitattu 1.1.2013. <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=8156>

14. Envirometal geography www-sivut. 2013. Viitattu 1.1.2013.  
<http://www.environmentalgeography.wordpress.com>
15. Kymdata Oy (versio 16.0.3) 2012. CADS Planner Hepac Pro.
16. Progman Oy (versio 2012.11) 2012. MagiCAD for AutoCAD.
17. Granlund Oy (versio 4.8.14) 2012. Riuska.
18. Greenprep www-sivut.2013. Viitattu 22.2.2013.  
<http://www.greenprep.wordpress.com>

# ENERGIASELVITYS

## TUNNISTE/PERUSTIEDOT

Rakennuskohde: KOY Kupittaankolmio  
Rakennustyyppi: Toimistorakennukset  
Osoite: Joukahaisenkatu 6  
20520 Turku

Rakennustunnus:  
Rakennuslupatunnus:  
Energiaselvityksen tekijä:  
Pääsuunnittelija:

Pääsuunnittelijan allekirjoitus: \_\_\_\_\_

Päiväys:

## LÄMPÖHÄVIÖN MÄÄRÄYSTENMUKAISUUS

LÄMPIMIEN TILOJEN OMINAISLÄMPÖHÄVIÖ YHTEENSÄ (W/K)	8623
Rakennuksen lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö:	72 % vertailutasosta
PUOLILÄMPIMIEN TILOJEN OMINAISLÄMPÖHÄVIÖ YHTEENSÄ (W/K)	0
Rakennuksen puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö:	0 % vertailutasosta

Lämpöhäviöiden tasauslaskelmassa ja määräystenmukaisuuden tarkistuslistassa tarkemmat tiedot.

# ENERGIASELVITYS

## ILMANVAIHDON OMINAISSÄHKÖTEHO

IV-Kone	Poistoilmavirta m <sup>3</sup> /s	Tuloilmavirta m <sup>3</sup> /s	Sähköteho kW	SFP kW/(m <sup>3</sup> /s)
TK10	3.5	3.5	7	2
TK11	3.2	3.2	6.4	2
TK12	4.7	4.7	9.4	2
TK13 muut tilat	2.7	2.7	5.4	2

Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).

Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla yleensä enintään 1,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).

# ENERGIASELVITYS

## RAKENNUKSEN LÄMMITYSTEHO

Lämmöntuottotapa: Kaukolämpö

Tilojen lämmitysjärjestelmä:

Vesiradiaattorit 70/40 jakojohdot eristetty

Käyttöveden lämmitysjärjestelmä:

Lämpimälle käyttövedelle ei ole kiertojohtoa.

Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama:

1.1 dm<sup>3</sup>/s

Käyttöveden lämpimän ja kylmän veden lämpötilaero:

48 °C

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän teho:

246.4 kW

Käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:

0.9

Johtuminen:

106846 W

Vuotoilma:

36008 W

Ilmanvaihto:

524520 W

Ilmanvaihto jälkilämmityspatteri:

524520 W

Huonelämmitysjärjestelmän teho:

158.7 kW

Ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän teho:

582.8 kW

Huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:

0.9

IV:n tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa:

0.9

IV:n jäteilman lämpötila mitoitusolosuhteissa:

+5 °C

Mitoittava ulkolämpötila:

-26 °C

# ENERGIASELVITYS

## ARVIO KESÄAIKAISESTA HUONELÄMPÖTILASTA

Kuukauden keskimääräinen huonelämpötila on enintään: 25 °C

Kesäkuukausien keskimääräiset huonelämpötilat:

Toukokuu: 25 °C

Kesäkuu: 25 °C

Heinäkuu: 25 °C

Elokuu: 25 °C

Syyskuu: 25 °C

Jäähdytystehotarve: 155146 kWh

Jäähdytyksen mitoittava huonelämpötila: 25 °C

Käytetyt laskenta menetelmät: D5/2007

Käytetyt säätiedot: I Helsinki-Vantaa

# ENERGIASELVITYS

## RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS

### JA OSTOENERGIANKULUTUS

Rakennuksen energiankulutus rakennuksen säävyöhykkeen säätiedoilla:

Lämmitysenergiankulutus: 388656 kWh vuodessa (47 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa)

Sähköenergiankulutus: 139927 kWh vuodessa (17 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa)

Jäähdytys: 172385 kWh vuodessa (21 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa)

Rakennuksen energiankulutus on yhteensä: 700968 kWh vuodessa (85 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa)

Rakennuksen ostoenergiankulutus energialajeittain rakennuksen säävyöhykkeen säätiedoilla:

Kaukolämpöä 388656 kWh vuodessa

Sähköä: 139927 kWh vuodessa

Kaukokylmää: 172385 kWh vuodessa

Käytetyt laskenta menetelmät: D5/2007

Käytetyt säätiedot: I Helsinki-Vantaa

# ENERGIASELVITYS, TASAUSLASKELMA

## Suunnitteluratkaisu TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET

### Rakennuksen laajuustiedot

Rakennustilavuus 33299 (rak-m<sup>3</sup>)  
 Maanpäälliset kerrostasoalat yhteensä 7806 (m<sup>2</sup>)  
 Ilmatilavuus, V,lämpimät tilat 28730 (m<sup>3</sup>)

Perustiedot	Pinta-alat, m <sup>2</sup> [A]		U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K) [U]			Lämpöhäviöiden tasaus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Enimmäis- arvo	Suunnittelu- arvo	Ominaislämpöhäviö, W/K [Hjoht = A x U]	Vertailu- ratkaisu
<b>RAKENNUSOSAT</b>							
Lämpimät tilat							
Ulkoseinä	3826.2	2971	0.17	0.6	0.17	650.5	505.1
Ulkoseinä, hirsi	0	0	0.4	0.6	0	0	0
Yläpohja	1519.9	1505	0.09	0.6	0.09	136.8	135.5
Alapohja (ulkoilmaa vasten)	0		0.09	0.6	0	0	0
Alapohja (ryömintätila)	0		0.17	0.6	0	0	0
Alapohja (maanvastainen)	0		0.16	0.6	0	0	0
Muu maanvastainen rak.osa	0		0.16	0.6	0	0	0
Ikkunat	1150.8	2006	1	1.8	0.8	1150.8	1604.8
Ulko-ovet	0		1	-	0	0	0
Kattoikkunat	20.1	35	1	1.8	0.8	20.1	28
<b>Lämpimät tilat yht.</b>	<b>6517</b>	<b>6517</b>				<b>1958.1</b>	<b>2273.3</b>
Puolilämpimät tilat							
Ulkoseinä	0	0	0.26	0.6	0	0	0
Ulkoseinä, hirsi	0	0	0.6	0.6	0	0	0
Yläpohja	0	0	0.14	0.6	0	0	0
Alapohja (ulkoilmaa vasten)	0		0.14	0.6	0	0	0
Alapohja (ryömintätila)	0		0.26	0.6	0	0	0
Alapohja (maanvastainen)	0		0.24	0.6	0	0	0
Muu maanvastainen rak.osa	0		0.24	0.6	0	0	0
Ikkunat	0	0	1.4	2.8	0	0	0
Ulko-ovet	0		1.4	-	0	0	0
Kattoikkunat	0	0	1.4	2.8	0	0	0
<b>Puolilämpimät tilat yht.</b>	<b>0</b>	<b>0</b>				<b>0</b>	<b>0</b>
<b>VAIPAN ILMAVUODOT</b>	<b>Ilmanvuotoluku, 1/h</b> [n50]		<b>Vuotoilmavirta, m<sup>3</sup>/s</b> [qv,v = n50/25xV/3600]		<b>Ominaislämpöhäviö, W/K</b> [Hvuotoilma = 1200xqv,v]		
<b>Vuotoilma</b>	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat	2	2	0.6384	0.6384	<b>766.1</b>	<b>766.1</b>	
Puolilämpimät tilat	2						
<b>ILMANVAIHTO</b>	<b>Poistoilmavirta, m<sup>3</sup>/s</b> [qv,p]		<b>LTO:n vuosihyötysuhde, %</b> [na]		<b>Ominaislämpöhäviö, W/K</b> [Hiv = 1200x qv,p x(1-na)]		
<b>Hallittu ilmanvaihto</b>	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu	
Lämpimät tilat	14.1		45	67	<b>9306</b>	<b>5583.6</b>	
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta							
Puolilämpimät tilat	0		45	0	<b>0</b>	<b>0</b>	
Puolilämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta							
<b>Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus</b>					<b>Ominaislämpöhäviö, W/K</b> [H=Hjoht+Hvuotoilma+Hiv]		
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>					<b>12030.3</b>	<b>8623</b>	
<b>Puolilämpimien tilojen ominaislämpöhäviö yhteensä</b>					<b>0</b>	<b>0</b>	

Ryömintätilaan rajoittuva alapohjan lämpöhäviö kerrotaan luvulla 0,8 rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaisesti.

Tällä tavalla otetaan huomioon ryömintätilan ilman ulkoilmaa korkeampi vuotuinen keskilämpötila.

Ryömintätilan tuuletusaukkojen määrä on enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta.

## ENERGIASELVITYS, TARKISTUSLISTA

### Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista

#### Pinta-alat

Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta

**KYLLÄ**

Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisuissa

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

**KYLLÄ**

Rakennusosien U-arvot ja vaipan lämpöhäviö

U-arvot ovat enintään enimmäisarvojen suuruisia

**KYLLÄ**

Vaipan suunnittelu- ja vertailuratkaisun ominaislämpöhäviön suhde on enintään 1.3

- lämpimissä tiloissa (suhde 1.2)
- puolilämpimissä tiloissa (suhde 0)

**KYLLÄ**

Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen

- lämpimissä tiloissa
- puolilämpimissä tiloissa

**KYLLÄ**

Tarkistuslistan yhteenveto

**Suunnitteluratkaisu TÄYTTÄÄ VAATIMUKSET**

### Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötaso

Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään 85 vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä

85 vertailuarvo

Suunnitteluarvo

- lämpimissä tiloissa

10225.7

8623

**KYLLÄ**

- puolilämpimissä tiloissa

0

0

**Suunnitteluratkaisu VASTAA Matalaenergiarakennuksen lämpöhäviötasoa**

# ENERGIATODISTUS









## Rakennus

Rakennustyyppi: Toimistorakennukset  
Osoite: KOY Kupittaankolmio  
Joukahaisenkatu 6  
20520 Turku

Valmistumisvuosi: 2013  
Rakennustunnus:

## Energiatodistus on annettu

- rakennuslupamenettelyn yhteydessä ja perustuu laskennalliseen kulutukseen  
 energiakatselmuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen  
 erillisen tarkastuksen yhteydessä ja perustuu toteutuneeseen kulutukseen

ET-luku	Vähän kuluttava	Rakennuksen ET-luokka
- 90		
91 - 110		
111 - 130		
131 - 170		
171 - 230		
231 - 320		
321 -		
<i>Paljon kuluttava</i>		

Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku, kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi):

**90**

Energiatehokkuusluvun luokitteluasteikko: Toimistorakennukset

Todistuksen antaja:

Todistuksen tilaaja:

Allekirjoitus:

Todistuksen antamispäivä:

Viimeinen voimassaolopäivä:

## RAKENNUKSEN ENERGIANKULUTUS

### Energiatohokkuusluvun laskenta

Lämmitysenergian kulutus *	<b>453051</b> kWh/vuosi
Kiinteistösähkön kulutus	<b>139927</b> kWh/vuosi
Jäähdytysenergian kulutus *	<b>146017</b> kWh/vuosi
Yhteensä	<b>738995</b> kWh/vuosi
Rakennuksen bruttoala	<b>8231</b> brm <sup>2</sup>
<b>Rakennuksen energiatohokkuusluku</b>	<b>90 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi</b>

\* Uudisrakennuksen energiankulutus lasketaan käyttäen RakMk D5 Liite 1 säävyöhyke III (Jyväskylä-Luonetjärvi) mukaisia säätietoja

### Toteutuneet energian ja veden kulutukset


Kulutuskohde	Kulutus	Yksikkö	Vuosi
<b>Lämmitysenergia</b>			
<b>Kiinteistösähkö</b>			
Mitattu kiinteistösähkö		kWh	
<b>Jäähdytysenergia</b>			
Kaukojäähdytys		kWh	
Jäähdytysenergia		kWh	
<b>Vedenkulutus</b>			
Kokonaiskulutus		m <sup>3</sup>	
Lämpimän veden kulutus		m <sup>3</sup>	


### Toteutuneiden kulutusten muuntaminen energiatohokkuusluvun laskentaa varten

Vertailupaikkakunta:  
 Normaaliavuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla:  
 Vuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla:  
 Paikkakuntakohtainen korjauskertoimen Jyväskylään k<sub>2</sub>  
 Lämmöntuottojärjestelmän hyötysuhde:

### Rakennuksen sisäilmasto sekä ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmä

Painovoimainen ilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Ulkoilmaventtiilit	<input type="checkbox"/>
Koneellinen poistoilmanvaihto	<input type="checkbox"/>	Tuloilman suodatus	<input type="checkbox"/>
Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	<input checked="" type="checkbox"/>	Lämmöntalteenotto	<input checked="" type="checkbox"/>
Lämmönjakotapa: <u>Vesiradiaattorit 70/40 jakojohdot eristetty</u>		Jäähdytys	<input checked="" type="checkbox"/>
Ilmanvaihdon ilmavirrat on mitattu ja todettu riittäviksi vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmanvaihtojärjestelmä on puhdistettu ja tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Ilmastoinnin kylmälaitteiden kunto ja energiatohokkuus on tarkastettu vuonna			<input type="checkbox"/>
Lämmitysjärjestelmä on tasapainotettu vuonna			<input type="checkbox"/>

		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI</b> <b>E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET</b>		
<b>Intelligate</b>		Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laatija/Tark. Viim. muutos Joonas Salovaara Laadittu 03/04/2013 Joonas		
Rakennuksen käyttötarkoitus	Toimisto			
Rakennusvuosi	2013			
Lämmitetty nettoala	7,390.4	m <sup>2</sup>		
<b>E-luku</b>	123.1	kWh/(m <sup>2</sup> ,a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
<b>E-luvun erittely</b>	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)
Sähkö	349,917	1.70	594,859	80
Kaukolämpö	399,300	0.70	279,510	38
Kaukojäähdytys	88,616	0.40	35,447	5
Uusiutuva polttoaine	0	0.50	0	0
Fossiilinen polttoaine	0	1.00	0	0
			0	0
Yhteensä	837,833	4.3	909,815	123
<b>Uusiutuva omavaraisenergia</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)		
Aurinkosähkö	0	0		
Aurinkolämpö	0	0		
Tuulisähkö	0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0		
<b>Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus</b>	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> ,a)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> ,a)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> ,a)	
Lämmitysjärjestelmä	-			
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>				
Tuloilman lämmitys				
Lämpimän käyttöveden valmistus				
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		-		
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		-		
Yhteensä	0.0	0.0	0.0	
<sup>1</sup> ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
<b>Energian nettotarve</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)		
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>	256,761	34.7		
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>	45,721	6.2		
Lämpimän käyttöveden valmistus	96,817	13.1		
Jäähdytys	88,616	12.0		
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
<sup>3</sup> laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
<b>Lämpökuormat</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> ,a)		
Aurinko	157,335	21.3		
Ihmiset	54,918	7.4		
Kuluttajalaitteet	111,521	15.1		
Valaistus	141,983	19.2		
Laskentatyökalun nimi ja versio numero		RIUSKA 4.8.14		
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys		

		<b>RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI</b> <b>E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT</b>			
<b>Intelligate</b>		Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laatija/Tark. Viim. muutos Joonas Salovaara Laadittu 03/04/2013 Joonas			
Rakennuksen käyttötarkoitus	Toimisto				
Rakennusvuosi	2013				
Lämmitetty nettoala	7,390.4	m <sup>2</sup>			
<b>Ilmanvuotoluku q50</b>	4.0	m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )			
<b>Rakennusvaipan umpiosat</b>	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	U A W/K	%	
Ulkoseinät	3,028.9	0.17	505.99	27.5	
Yläpohja	403.2	0.09	64.20	3.5	
Alapohja	0.0	0.16	0.67	0.0	
Ikkunat	1,505.0	0.81	1,226.58	66.8	
Ulko-ovet	39.8	1.00	39.60	2.2	
Kylmäsiilat			0.00	0.0	
<b>Ikkunat ilmansuunnittain</b>	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> ·K)	g-arvo -		
Pohjoinen	0.0	0.00	0.00		
Koillinen	389.5	0.81	0.38		
Itä	0.0	0.00	0.00		
Kaakko	324.1	0.81	0.38		
Etelä	0.0	0.00	0.00		
Lounas	429.0	0.81	0.38		
Länsi	0.0	0.00	0.00		
Luode	362.4	0.81	0.38		
Kattoikkunat	0.0	0.00	0.00		
	1,505.0				
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s)/(m <sup>3</sup> /s)		Järjestelmän SFP-luku kW/(m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpö- tilasuhde -	Jäätymisen esto °C
TK10	3.5	3.5	2.0	78	-8
TK11	3.2	3.2	2.0	78	-8
TK12	4.7	4.7	2.0	78	-8
TK13	2.7	2.7	2.0	50	0
Ilmanvaihtojärjestelmä	14.1	14.1	2.0		
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>	Tuoton hyötysuhde		Lämmitysjärj. hyötysuhde	Lämpökerroin <sup>1</sup>	Apulaitteiden sähkökäyttö <sup>2</sup> W
Tilojen ja IV:n lämmitys	-		-	-	0
LKV:n valmistus	1		0.97		
	1		0.85		
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle					
<sup>2</sup> lämpöpumpputjärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen					
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -				
<b>LKV:n käyttö</b>	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·a)		yht. m <sup>3</sup> /a		
	0.103		761		
<b>Sisäiset lämpökuormat</b>	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Käyttöaste -	
	5	12	12	0.65	
Päiväys	Allekirjoitus		Nimen selvennys		