

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Eemeli Vartiainen

ENERGIATODISTUKSEN LAADINTA JA  
SÄHKÖLÄMMITYSJÄRJESTELMÄN ENERGIAEHOVUUDEN  
PARANTAMINEN

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2014



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Toukokuu 2014**  
**Sähkötekniikan koulutus**  
**ohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
+358 50 260 6800

Tekijä  
Eemeli Vartiainen

Nimeke  
Energiatodistuksen laadinta ja sähkölämmitysjärjestelmän energiatehokkuuden parantaminen

Toimeksiantaja  
Karelia-ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Energiatehokkuus on nykyisin entistä tärkeämpää ja energiatodistus on yksi apuväline, jolla energiatehokkuutta pyritään lisäämään. Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia opas energiatodistuksen laadinnasta CADS Planner -ohjelmalla. Oppaassa käydään läpi energiatodistuksen laadinta Cads planner -ohjelmalla vaihe vaiheelta. Opinnäytetyön yhtenä osana laadittiin energiatodistus Kontiolahdella sijaitsevalle pientalolle. Energiatodistus laadittiin yhteistyössä rakennustekniikan opiskelijan Olli Vainikainen kanssa. Energiatodistuksen laadinnasta tehtiin erillinen raportti, jossa on selostettu tarkempi työnjako.

Opinnäytetyössä käydään läpi myös pientalojen lämmitysjärjestelmien energiatehokkuuden tehostaminen. Pientalojen yleisin lämmitysmuoto on huonekohtainen patterilämmitys, jonka energiatehokkuutta on helppo parantaa pienilläkin investoinneilla. Termostaattien uusimien on helppo toimenpide, jolla voidaan saada aikaan huomattavia säästöjä. Myös seinälämmittimien uusinta on tarpeen yli 20 vuotta vanhoissa järjestelmissä. Opinnäytetyön kohteena oli vuonna 1990 valmistunut sähkölämmitteinen omakotitalo, jonka energiatehokkuutta pyrittiin parantamaan sähkölämmitysjärjestelmää tehostamalla.

Kieli  
suomi

Sivuja 44  
Liitteet 9  
Liitesivumäärä 41

Asiasanat  
Energiatodistus, CADS Planner, Energiatehokkuus, Sähkölämmitysjärjestelmä



**THESIS**  
**May 2014 Degree Programme in**  
**electrical engineering**  
Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+358 50 260 6800

Author

Eemeli Vartiainen

Title

Creating energy audit and improving electrical heating systems energy efficiency

Commissioned by

Karelia university of applied science

Abstract

In this thesis an energy audit was created using CADS Planner- programme, also a guide was created on how to create an energy audit with CADS Planner -programme. One aim of this thesis was to create an energy audit to a detached house in the municipality of Kontiolahki.

The most common form of heating in detached houses is an individual radiator heating system. The energy efficiency of heating systems is easily improved by even small investments. Renewed thermostats are an easy way to create significant savings. Also, it is necessary to renew over 20 years old radiators. The subject of this thesis was an electrically heated detached house built in 1990. One aim of this thesis was to increase the energy efficiency of the house and its electric heating system.

Language  
Finnish

Pages 44  
Appendices 9  
Pages of Appendices 41

Keywords

An energy audit, energy efficiency, electrical heating system

# SISÄLTÖ

1	Johdanto .....	6
1.1	Energiatodistus .....	6
1.2	Energiatodistus uudistuu .....	7
1.3	Energiatehokkuusluokka .....	8
2	Energiamuodon kertoimet .....	9
2.1	Primäärikertoimet .....	10
2.2	Sähkön energiakerroin .....	10
2.3	Sähkötuotannon hyötysuhde .....	10
3	Kotitalouksien sähkönkäyttö .....	12
3.1	Valaistus ja sähkölaitteet .....	13
3.2	Laitesähkö .....	14
3.3	Valaistus .....	14
4	Lämmitysmuodot .....	15
4.1	Sähkölämmitys .....	16
4.2	Maalämpö .....	17
4.3	Hake-, pilke- ja halkokattilat .....	17
4.4	Ilmavesilämpöpumppu .....	17
4.5	Kaukolämpö .....	18
4.6	Maakaasu .....	19
4.7	Pellettilämmitys .....	19
4.8	Poistoilmalämpöpumppu .....	19
4.9	Sähkövaraajat ja -kattilat .....	19
4.10	Öljylämmitys .....	20
5	Sähkölämmitysjärjestelmän tehostaminen .....	20
5.1	Termostaatit .....	20
5.2	Lämmityslaitteet .....	21
5.3	Lämpöpumput .....	21
5.4	Kodinohjaustekniikka .....	22
6	Kohteen energiatehokkuuden parantaminen .....	23
6.1	Kohteen lämmitys .....	23
6.2	Kohteen sähkönkulutus .....	23
6.3	Kohteen lämmitysjärjestelmän tehostaminen .....	25
6.4	Valaistuksen energiatehokkuuden parantaminen .....	25
7	Energialaskenta ja laitesähkö .....	25
7.1	Valaistuksen sähkölaskenta .....	26
7.2	Ilmanvaihtokoneiden ja puhaltimien sähkönkulutuksen laskenta .....	28
7.3	Sähkölaitteiden kulutuksen laskenta .....	29
7.4	Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus .....	29
8	Energialaskenta CADS Planner -ohjelmalla .....	30
8.1	Projektin aloitus .....	31
8.2	Tilaelementit .....	32
8.3	Laskennan aloitus .....	33
8.4	Laskennan lähtötietojen tilat .....	34
8.5	Yleistiedot .....	34
8.6	Perustiedot .....	34
8.7	Johtuminen ja kylmäsillat .....	35
8.8	Vuotoilma .....	37

8.9	Lämmitysjärjestelmä .....	39
8.10	Käyttövesi .....	40
8.11	Ilmanvaihto .....	41
8.12	Laitesähkö .....	43
8.13	Lämpökuorma.....	44
8.14	Jäähdytys .....	45
8.15	Viimeistely .....	46
8.16	Yhteenveto, selvitys.....	47
8.17	Yhteenveto, todistus .....	47
8.18	IFC.....	48
9	Pohdinta.....	48
	Lähteet.....	50

## Liitteet

Liite 1	Laiteryhmäkohtaisia sähkönkulutuksia
Liite 2	Toimistorakennuksen laiteryhmäkohtaisia sähkönkulutuksia
Liite 3	Kattiloiden ja KL -lämmönjakokeskusten hyötysuhteita
Liite 4	Käyttöveden ominaiskulutus ja lämmitysenergian nettotarve
Liite 5	Rakennusten sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti
Liite 6	Lämpöpumppujen soveltuvuus eri talotyyppeihin
Liite 7	Ilmanvaihdon ilmavirrat ja käyntiajat käyttötarkoituksittain
Liite 8	Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja
Liite 9	Energiatodistuksen laatiminen CADS Planner -ohjelmalla -raportti

# 1 Johdanto

Suomessa vuodesta 2008 käytössä ollut energiatodistus on rakennusten energiatehokkuuden vertailuun ja parantamiseen tarkoitettu apuväline. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua energiatodistukseen ja sen laskemisen eri vaiheisiin, sekä tuottaa opas energiatodistuksen laatimiseen CADS Planner -ohjelmalla. Lisäksi opinnäytetyössä tutustuttiin eri lämmitysjärjestelmiin, sekä sähkölämmitysjärjestelmän energiatehokkuuden parantamiseen. Kohteena opinnäytetyössä oli vuonna 1990 valmistunut pientalo Kontiolahdella. Kohteelle laadittiin energiatodistus yhdessä rakennustekniikan opiskelija Olli Vainikainen kanssa. Energiatodistuksen laadinnasta kirjoitettiin erillinen raportti, joka on opinnäytetyön liitteenä. Raportissa on selostettu myös tarkempi työnjako. Energiatodistuksen laadinnassa käytettiin apuvälineenä Cads planner -ohjelmistoa, lisäksi sähköenergian kulutuksia laskettiin rakentamismääräyskokoelman osan D5 laskukaavoja käyttäen. Käsien laskettuja arvoja vertailtiin ohjelman antamiin tuloksiin.

## 1.1 Energiatodistus

Energiatodistuksessa käytetään energiatehokkuusluokkia asteikolla A–G (kuva 1). Todistus sisältää energiatehokkuutta lisääviä säästösuosituksia ja antaa tärkeää tietoa rakennuksen osto- tai vuokraustilanteissa. Todistuksen laatijalta vaaditaan pätevyys ja laatijan on oltava rekisteröitynyt ARA:n laatijarekisteriin. [5.]

ENERGIATODISTUS																	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Mallirakennus Kotikatu 1 00100 Helsinki																
Rakennustunnus:	427-403-2-17 D 001																
Rakennuksen valmistusvuosi:	2013																
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	Yhden asunnon talot																
Todistustunnus:																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Energiatodistusluokka</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td></td> </tr> <tr> <td>B</td> <td></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>E</td> <td></td> </tr> <tr> <td>F</td> <td></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Energiatodistusluokka	A		B		C	C	D		E		F		G	
	Energiatodistusluokka																
A																	
B																	
C	C																
D																	
E																	
F																	
G																	
Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku) <b>154</b> <small>kWh<sub>e</sub> / (m<sup>2</sup>vuosi)</small>																	
Todistuksen laatija:	Yritys:																
Eero Energiatodistuksenlaatija	Oy Yritys AB Katuosoite 1 00100 Helsinki																
Allekirjoitus:																	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:																
27.2.2013	27.2.2023																

Energiateodistus perustuu lakiin rakennuksen energiateodistuksesta (50/2013).

Kuva 1. Energiateodistus [1.]

## 1.2 Energiateodistus uudistuu

Energiateodistus uudistuu ja uudistukset tulevat käyttöön asteittain mm. kesäkuun 2013 jälkeen lähes kaikessa uudisrakentamisessa on vaadittu energiateodistus. Heinäkuun 2017 alusta alkaen energiateodistus tarvitaan myös ennen vuotta 1980 rakennetuille pientaloille, myynti- ja vuokrautilanteissa. Rivi- ja ketjutalot sekä liike- ja toimistorakennukset tarvitsevat energiateodistuksen jo heinäkuun 2014 alusta lähtien. Heinäkuun 2015 alusta alkaen todistuksen tar-

vitsevat myös hoitoalan rakennukset sekä kokoontumis- ja opetusrakennukset. [1.]

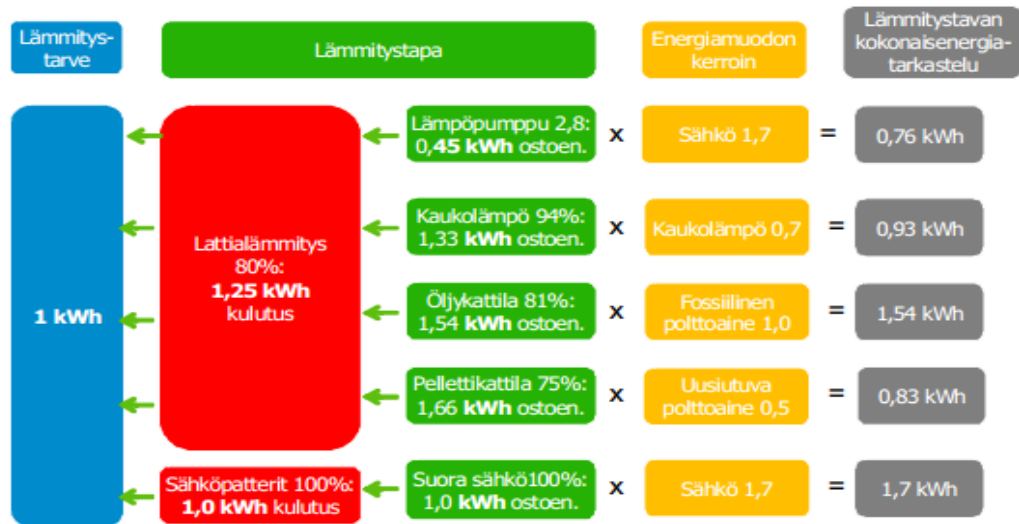
Energiatodistus voidaan laatia kevennetyllä menetelmällä, mikäli kohde on arvoltaan vähäinen, pieni vuokraltaan tai kohdetta ei esitellä julkisesti. Energiatodistusta ei vaadita loma-asunnoilta, suojelukohteilta eikä alle 50 m<sup>2</sup>:n kokoisilta kiinteistöiltä. Aikaisemman lain aikaan laaditut energiatodistukset ovat voimassa voimassaoloaikansa mukaisesti. Isännöitsijätodistukset ovat voimassa vain vuoden 2014 loppuun asti. [5.]

### **1.3 Energiatehokkuusluokka**

Energiatodistuksen laadinta perustuu erilaisten energiamuotojen kertoimiin ja se suosii uusiutuvia energiamuotoja. Tehokkuusluokan määrittää laskennallinen energialuku, joka koostuu vuotuisen ostoenergian tarpeesta neliometriä kohti. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien ja kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Energiatodistus perustuu rakennuksen ominaisuuksiin, eikä siihen vaikuta asukkaiden energiankulutustottumukset. [5.]

Rakennusten kokonaisenergian kulutusta kuvataan energiatehokkuusluokalla asteikolla A–G. Laskennallinen energialuku määrittää energiatehokkuusluokan, joka koostuu vuotuisesta ostoenergiantarpeesta rakennuksen neliometriä kohti. Laskentaan vaikuttavat energiamuodon kertoimet, jotka suosivat uusiutuvia energiamuotoja. Lämmitystavan vaikutus E-lukuun on kuvattu kuvassa 2. Laskennallinen energiankulutus on myös luettavissa ilman eri energiamuotojen painotuksia. [5.]





Kuva 2. Lämmitystavan vaikutus E-lukuun [6 s. 5.]

## 2 Energiamuodon kertoimet

Energiamuodon kertoimet kuvastavat kuinka paljon luonnonvaroja kukin energiamuoto käyttää. Energianlähteille on määritelty omat kertoimet (taulukko 1). Kertoimilla pyritään ohjaamaan rakentajia rakentamaan energiatehokkaasti ja valitsemaan kestävän energiankulutuksen ratkaisuja. Mitä suurempi kerroin energiamuodolla on, sitä energiatehokkaammaksi rakennus tulisi rakentaa. Kertoimella huomioidaan rakennuksen elinkaaren energiankulutuksen vaikutus luonnonvarojen käyttöön. [6 s. 3–5.]

Taulukko 1. Energiamuodon kertoimet vuonna 2012 [6 s. 5.]

Energiamuoto	Kerroin
Fossiiliset polttoaineet	1
Sähkö	1.7
Kaukolämpö	0.7

Kaukojäähdytys	0.4
Uusiutuvat polttoaineet	0.5

## 2.1 Primäärikertoimet

Energiamuodon kertoimet perustuvat primäärienergiakertoimiin, joilla on suora yhteys energiantuotannon hiilidioksidipäästöihin, kertoimet kuvaavat luonnonvarojen kulumista. Rakennusten energian käyttöä ei voida vertailla pelkästään energiakertoimia vertailemalla, energiamuoto on ensin muutettava rakennuksessa käytettäväksi lämpöenergiaksi. [6 s. 3–5.]

## 2.2 Sähkön energiakerroin

Sähkön energiakerroin on muita energiamuotoja korkeampi, koska sähköllä on korkea jalostusaste. Tämä tarkoittaa sitä että, sähköenergiaa voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. Monien koneiden ja laitteiden tarvitsemaa sähköenergiaa ei voida korvata muulla energialla, kun taas lämmitykseen kelpaavat monet muut energiamuodot. Suomessa sähkön energiakerroin on muuta Eurooppaa alhaisempi johtuen Suomen edistyksellisestä ja tehokkaasta sähkön tuotannosta. EU:n yhteiset sähkömarkkinat kehittyvät ja tämä saattaa muuttaa energiamuodon kertoimia tulevaisuudessa. Euroopassa tyypillinen sähkön energiamuodonkerroin on 2,5. [6 s. 5.]

## 2.3 Sähköntuotannon hyötysuhde

Sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia kutsutaan CHP-laitoksiksi, joissa tuotetaan samassa prosessissa sähkön lisäksi myös lämpöä. Sähkö voidaan tuottaa esimerkiksi höyry- tai kaasuturbiineilla ja näistä saatava lämpö voidaan hyödyntää esimerkiksi kaukolämpönä. Kokonaishyötysuhde CHP-laitoksilla on yleensä 85 %, josta lämmön osuus 55 % ja sähkön 35 %. Erikseen tuotettuina kokonaishyötysuhde olisi vain 58 %, erillissä sähköntuotannon hyötysuhde 36 % ja

lämmöntuotannon 80 %. Yhteistuotantolaitos on siis hyötysuhteeltaan parempi tapa tuottaa energiaa kuin erillistuotanto. Suomessa CHP-laitokset tuottavat melkein 40 % sähköntuotannosta, ydinvoimalla tuotetaan noin 26 % ja vesivoimalla noin 16 %. Loput sähköenergian tarpeesta tuotetaan muilla tavoin tai tuodaan ulkomailta. Taulukossa 2 on lueteltu erillis- ja yhteistuotannon vuosihyötysuhteita ja taulukossa 3 eri voimalaitostyyppien vuosihyötysuhteita. [28 s. 20.]

Taulukko 2. Sähkön- ja lämmön yhteis- ja erillistuotannon tilastolliset vuosihyötysuhteet [29 s. 21.]

Sähkön erillistuotanto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	<- ka.
Erillinen tavanom. lämpövoima	37,0	37,1	37,1	37,1	36,7	32,9	36,7	37,7	35,9	36,9

Yhteistuotanto, kaukolämpö	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	<- ka.
Kokonaishyötysuhde	84,9	83,7	84,6	85,0	85,0	84,9	85,0	84,7	85,1	84,8

Yhteistuotanto, teollisuus	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	<- ka.
Kokonaishyötysuhde	77,7	77,6	77,4	77,6	77,1	76,7	78,1	78,6	80,0	77,9

Lämmön erillistuotanto	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	<- ka.
Kaukolämpö, erillistuotanto	88,9	88,1	89,8	89,1	87,5	89,7	89,3	90,1	91,0	89,3
Teollisuushöyry, erillistuotanto	84,4	84,1	84,8	85,7	81,7	83,3	87,5	86,0	79,9	84,1

Taulukko 3. Voimalaitosten vuosihyötysuhteita [27 s. 6.]

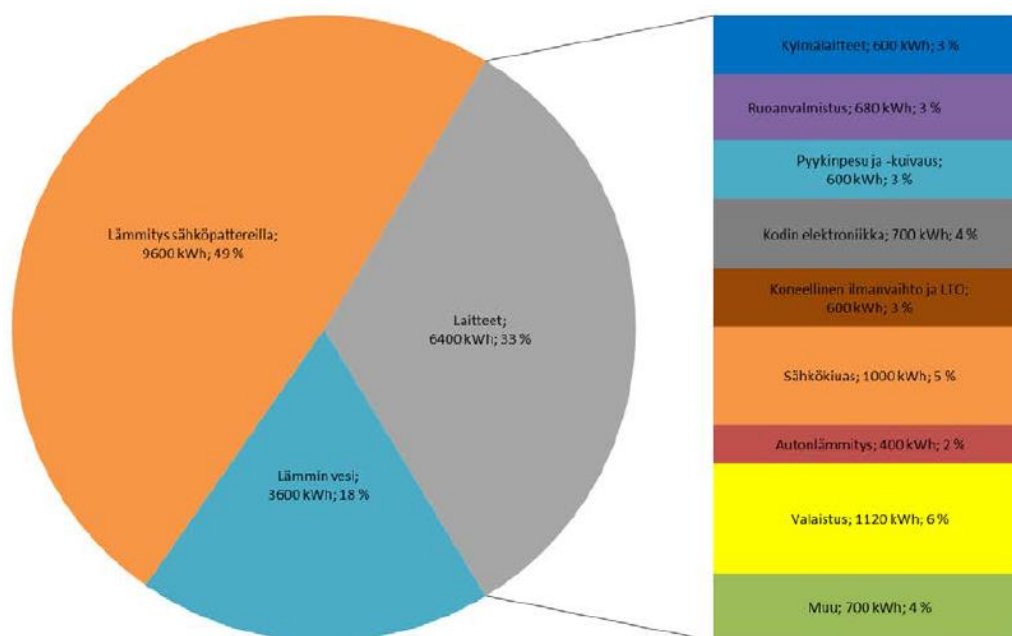
	Ydin	Kaasu	Hiili	Turve	Puu
Vuosihyötysuhde	37 %	58 %	45 %	40 %	33 %

### 3 Kotitalouksien sähkönkäyttö

Rakennuksissa kulutetaan yli 40 prosenttia koko Euroopan energiankulutuksesta, rakennusten energiankulutus on suurempi kuin liikenteen tai teollisuuden. Rakennusten energiankulutuksesta kaksi kolmasosaa kuluu kotitalouksissa, tutkimusten mukaan rakennusten energiankulutusta voitaisiin vähentää jopa viidennes tehostamalla energiatehokkuutta.

Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011 -tutkimusraportti, jonka päivitetty versio julkaistiin helmikuussa 2013. Tutkimusraportti tutkii vakituisesti asuttujen asuntojen sähkönkäyttöä. Tuloksista ilmenee, että kotitalouksien sähkönkäyttö on kasvanut lähes 2 TWh vuosina 2006–2011, sähkönkäytön kasvu on kokonaisu-

nessaan lämmitykseen kuuluvaa. Kuvassa 3 on neljän henkilön sähkölämmitteisen omakotitalon sähkönkulutus. Sähkölämmitys vie noin puolet sähkön lämmityskulutuksesta, perinteisen sähkölämmityksen ja lämpimän veden osuus sähkönkulutuksesta on noin 70 prosenttia ja 42 prosenttia asuntojen kokonaiskulutuksesta. [3 s. 5, 49.]



Kuva 3. Sähkölämmitteisen neljän asukkaan omakotitalon sähkönkulutus 2011 [3 s. 42.]

### 3.1 Valaistus ja sähkölaitteet

Valaistuksen ja sähkölaitteiden sähkönkäyttö ei ole kasvanut, koska laitteiden ja valaistuksen valmiustilakulutuksen lasku kattaa muiden laitteiden kulutuksen kasvun. Sähkönkulutuksen lasku laiteryhmissä johtuu tuotteiden ekosuunnitteludirektiivistä (ecodesign-direktiivi; 2009/125/EY), jonka tavoitteena on vähentää tuotteiden ympäristövaikutuksia ja parantaa energiatehokkuutta. [3. s. 49; 4.]

### 3.2 Laitesähkö

Kodin laitesähkön kolme suurinta sähkön kuluttajaryhmää vuonna 2011 olivat valaistus, kodin elektroniikka ja kylmälaitteet. Valaistuksen osuus oli kahdeksan prosenttia ja kylmälaitteiden osuus oli seitsemän prosenttia. Kodin elektroniikan osuus oli seitsemän prosenttia, tähän ryhmään kuuluvat televisiot ja tietokoneet lisälaitteineen. Laitesähkön loppukäytön arvoja on lueteltu taulukossa 4. [3 s. 18–21.]

Elektroniikassa tietotekniikan kulutus on kaksinkertaistunut viidessä vuodessa. Kannan tehostumisen ja siirtyminen pöytäkoneista energiatehokkaampiin kannettaviin ei riitä kumoamaan laitteiden volyymikasvua. Televisiot eivät ole juuri-kaan yleistyneet, mutta laitekanta on uudistunut pääosin vuosina 2007–2010, jolloin ekosuunnitteluasetuksen mukaisesti valmiustilakulutus on alle yhden watin. Televisioissa sähkön kulutusta kasvattavat tekijät, kuten ruutukoon kasvu, jää vaikutukseltaan kulutusta pienentävän valmiustila kulutuksen alle. Televisioiden ja niiden lisälaitteiden kokonaiskulutus laski noin 30 prosenttia 2006–2011. [3 s. 18–21.]

### 3.3 Valaistus

Kotitalouksien sähkönkäytön raportista käy ilmi, että valaistuksen osuus koko rakennuksen energiankulutuksesta on noin 6 prosenttia. V. 2006–2011 valaistuksen energiankulutus laski noin 40 prosenttia (taulukko 4). Vuonna 2011 valaistuksen osuus on laskenut jo alle 10 prosentin. Syynä energiankulutuksen laskuun ovat tiukentuneet energiansäästövaatimukset ja energiatehokkaat lamput. Valaistuksen energiansäästövaatimukset perustuvat energiatehokkuusdirektiiviin 2002/91/EY. Valaistuksen tulee täyttää sille asetetut vaatimukset tuhmaamatta energiaa. Valaistusta suunniteltaessa tulisi ottaa huomioon luonnon valon hyödyntäminen, sekä valaistuksen ohjaaminen läsnäoloperusteisesti. [15;16;17.]

Taulukko 4. Asuntojen laitesähkön loppukäyttö vuosina 1993, 2006 ja 2011 [3 s. 19.]

	1993		2006		2011	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
<b>Ruoanlaitto</b>						
Liesi ja muu ruoanvalmistus	798	6 %	653	4 %	632	3 %
<b>Kodin sähkölaitteet</b>						
Astianpesukone	125	1 %	261	1 %	367	2 %
Pyykinpesu ja kuivaus	316	2 %	391	2 %	373	2 %
Kylmälaitteet	2 215	15 %	1461	8 %	1410	7 %
Televisio ja lisälaitteet	537	4 %	834	5 %	564	3 %
Tietokone ja lisälaitteet	(-)		407	2 %	848	4 %
Autonlämmitys	228	2 %	215	1 %	571	3 %
Muu	623	4 %	1468	8 %	1649	9 %
<b>Valaistus</b>						
Sisävalaistus	1 541	11 %	2427	14 %	1230	6 %
Ulkovalaistus	(-)		85	0 %	290	2 %
<b>Yhteensä</b>	<b>6 379</b>	<b>44 %</b>	<b>8201</b>	<b>46 %</b>	<b>7935</b>	<b>41 %</b>

#### 4 Lämmitysmuodot

Rakennuksen energiatehokkuuteen vaikuttavat merkittävästi käytetyn lämmitysjärjestelmän hyötysuhde ja energiamuoto. Eri lämmitysjärjestelmät tarvitsevat eri määrän ostoenergiaa, E-lukua laskettaessa energiamuodon kerroin vaikuttaa laskentaan. Lämpöpumpuilla hyötysuhteen sijasta E-luvun laskemisessa käytetään vuosilämpökerrointa eli SPF-lukua, joka osoittaa kuinka paljon lämpöä (kWh) tuotetaan yhdellä kilowattitunnilla sähköä. Taulukossa 5 on esitetty rakentamismääräyskokoelman hyötysuhteita eri lämmitysjärjestelmille. [11.]

Taulukko 5. Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkökulutuksen ohjearvoja. [20 s. 44.]

	Vuosihyötysuhde	Sähkö kWh/a m <sup>2</sup>
standardi öljy/kaasu	0,81 <sup>3)</sup>	0,99 <sup>1)</sup> 0,59 <sup>2)</sup>
kondenssi öljy	0,87 <sup>3)</sup>	1,07
kondenssi kaasu	0,92 <sup>3)</sup>	0,68
pellettikattila	0,75 <sup>3)</sup>	0,77
puukattila energiavaraajalla	0,73	0,38
sähkökattila	0,88 <sup>3)</sup>	0,02
kaukolämpö	0,94	0,60
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00	0,00

<sup>1)</sup> öljy

<sup>2)</sup> kaasu

<sup>3)</sup> Vuosihyötysuhde sisältää tyypillisen lämmöntuottoyksikköön integroidun varaajan häviöt. Mikäli varaaja on erillinen, voidaan sen häviöt arvioida interpoloiden käyttövesivaraajan häviöistä, ellei tarkempaa laskelmaa ole olemassa.

#### 4.1 Sähkölämmitys

Sähkö lämmitysmuotona on yleistynyt muiden päälämmitysmuotojen rinnalla ja sen käyttö on enemmän kuin kaksinkertaistunut 2006–2011. Lämmitysenergiana sähkö on varsin monipuolinen ja edullinen toteuttaa. Käyttökustannukset ovat usein muita lämmitysmuotoja korkeammat. Sähkön energiamuodonkerroin on muita energiamuotoja korkeampi ja siksi sähkölämmitys vaikuttaa energiatodistukseen varsin negatiivisesti. Perinteisesti sähkölämmitys on toteutettu huonekohtaisilla sähköpattereilla. Sähköpatterit ovat jatkuvatoimisia ja lämpötilan säätö tapahtuu termostaateilla tai keskitetyllä säädöllä. [3;7.]

Kattolämmitys on kahdesta muovikalvosta koostuva lämmityselementti, vastuselementit on laminoitu muovikalvojen väliin. Kattolämmitys sijoitetaan sisäkattoon verhoumateriaalin alle. Lämpö säteilee luonnollisesti ja huoneilma voidaan säätää 1–2 astetta alemmaksi kuin muissa lämmitysmuodoissa.



Sähköllä toteutettu lattialämmitys muodostuu lattian alle asennetusta lämmityskaapelista, vaihtoehtoina osittain varaava ja jatkuvatoiminen lattialämmitys. Osittain varaavassa lattialämmityksessä varaaminen tapahtuu käyttämällä 10–12 cm paksua betonilaattaa varaajana, joka lämmitetään yöllä ja lämpö vapautuu päivän mittaan. Talvipakkasilla yöllä varattu energia ei yksin riitä lämmittämään tiloja, tällöin tarvitaan lisälämmönlähdettä. Jatkuvatoimista lattialämmitystä käytetään tiloissa, joissa lämpötila pidetään suhteellisen korkeana esimerkiksi kosteuden vuoksi. [7.]

## **4.2 Maalämpö**

Maalämpöpumppu käyttää maaperään varastoitunutta energiaa, joka pumpataan kompressorin avulla maaperästä lämmönjakojärjestelmään. Maalämpöpumppu mielletään usein energiatehokkaaksi ja ympäristöystävälliseksi. Maalämpöpumpun tuottamasta lämmöstä kaksi kolmasosaa on maaperästä ja yksi kolmasosa on tuotettu sähköllä. Lämmitysmuotona maalämpö on edullinen lukuun ottamatta kallista hankintainvestointia.[7; 8.]

## **4.3 Hake-, pilke- ja halkokattilat**

Lämmitysmuotona puupolttoaineet ovat ympäristöystävällisiä, joka kuitenkin vaatii käyttäjältä enemmän työtä kuin moni muu lämmitysmuoto. Puukattilat käyttävät polttoaineina pilkkeitä, halkoja ja haketta. Lämpö jaetaan kiinteistöön yleensä vesikiertoisesti. Puulämmitysjärjestelmän osana voi olla varaaja, johon lämpöenergia varastoidaan. Hyvän puukattilan hyötysuhde nimellisteholla voi olla yli 80 prosenttia. Puukattilat ovat joko ylä-, ala- tai käänteisalakattiloita. [9.]

## **4.4 Ilmavesilämpöpumppu**

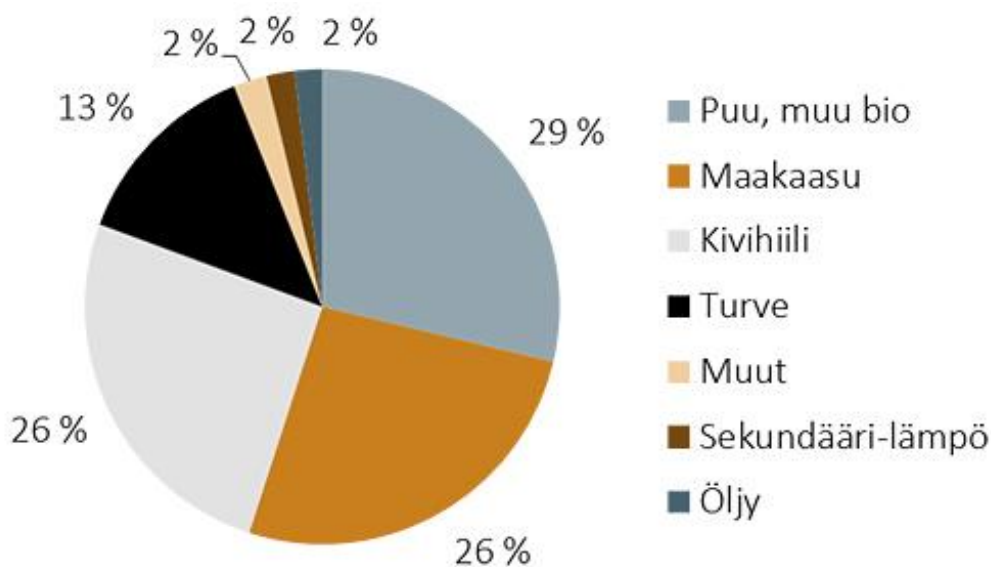
Ilmavesilämpöpumpun toimintaperiaate on sama kuin kaikilla lämpöpumpuilla, siinä on kaksi lämmönvaihdinta höyrystin ja lauhdutin. Ilmavesilämpöpumppu ottaa lämmitysenergian ulkoilmasta ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmönjako-

järjestelmään. IVLP on mahdollista hoitaa koko talon lämmitys, kuitenkin kovilla pakkasilla rakennus tarvitsee lisälämmitystä IVLP tueksi. [9.]

#### 4.5 Kaukolämpö

Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysjärjestelmä, vuonna 2012 melkein puolet Suomen lämmitysenergiasta tuotettiin kaukolämmöllä. Kaukolämmön periaate on se, että voimalaitoksessa lämmitetty vesi tai höyry johdetaan kiinteistön lämmönjakokeskukseen josta se jaetaan kiinteistölle lämmönsiirtimen kautta. Kiinteistöön lämmön siirtänyt, viilentynyt vesi tai höyry palaa takaisin voimalaitokselle lämmönjakokeskukselta.

Kaukolämpö tuotetaan lämpölaitoksissa tai yhteistuotantona sähkön kanssa yhteistuotantolaitoksissa, joissa sähköntuotannon yhteydessä turbiineissa syntävä hukkalämpö otetaan talteen. Yhteistuotantolaitokset, joissa tuotetaan sähköä ja lämpöä, toimivat erittäin hyvällä hyötysuhteella. Jos kaukolämpölaitoksen polttoaineena käytetään uusiutuvaa energiaa, ympäristövaikutukset vähenevät edelleen. Kuvassa 4 on kuvattu kaukolämmön- ja sähköntuotannon polttoaineiden osuuksia. [9;10.]



Kuva 4. Kaukolämmön ja siihen liittyvän sähköntuotantoon käytettyjen polttoaineiden suhteelliset osuudet vuonna 2013 [9.]

#### **4.6 Maakaasu**

Maakaasulla toimivan lämmitysjärjestelmän toimintaperiaate on samankaltainen kuin öljylämmitysjärjestelmän, useimpia öljylämmityskattiloita voidaankin käyttää myös kaasulla. Maakaasulla lämmitetään kattilaa kaasupolttimella, josta lämpö jaetaan vesikiertoisesti kiinteistöön. Maakaasua ei ole mahdollista varastoida, vaan se kytketään paikkakunnan jakeluverkostoon, joita löytyy Suomesta muutamalta paikkakunnalta. Maakaasu on fossiilisista polttoaineista vähäpäästöisin ja maakaasujärjestelmän vuosihyötysuhde on yli 90 prosenttia. Maakaasun hiukkaspäästöt ovat vähäiset ja se on rikitön polttoaine. [9.]

#### **4.7 Pellettilämmitys**

Pellettilämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, polttimesta, siirtoruuvista ja varastosiilosta. Pellettien raaka-aineena käytetään sahateollisuuden sivutuotteena saatavaa kutterinpurua, sahajauhoa ja hiontapölyä, jotka puristetaan pelleteiksi. [12.]

#### **4.8 Poistoilmalämpöpumppu**

Poistolämpöpumppu ottaa talosta poistettavasta ilmasta lämmitysenergiaa, jonka se siirtää tuloilmaan, lämpimään käyttövedeen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Poistolämpöpumppu vaatii suurimman lämmitystarpeen aikana lisälämmitysjärjestelmän, joka voi olla poistolämpöpumpun oma sähkövastus. Mahdollisuuksien mukaan pakkasien aikana kannattaa polttaa puuta. Poistoilmalämpöpumpulla saavutetaan noin 40 prosentin ostoenergian säästö verrattuna suoraan sähkölämmitykseen. [9.]

#### **4.9 Sähkövaraajat ja -kattilat**

Sähkövaraaja tuottaa rakennuksen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden käyttämän energian. Sähkövaraajalla pyritään käyttämään yösähköä, joka on edullisempaa. Tavoite yö sähköön osuuteen on noin 90 prosenttia. Sähkökattila

tuottaa rakennuksen tarvitseman lämmitysenergian ja siirtää sen vesikiertoisen lämmitysjakojärjestelmän kautta kiinteistöön. Varausmahdollisuutta sähkökattilassa itsessään ei ole, mutta se voidaan liittää erilliseen varaajaan. [9.]

#### **4.10 Öljylämmitys**

Öljylämmitys tuottaa kiinteistön tarvitseman lämmitysenergian sekä lämpimän käyttöveden tarvitseman energian. Öljylämmitys tarvitsee öljysäiliön, öljykattilan ja polttimen. Nykyaikaiset öljylämmitysjärjestelmän hyötysuhde on 90–95 prosenttia ja palaminen on puhdasta. Öljykattiloissa on varajärjestelmänä sähkövastukset mahdollisten häiriöiden varalta. [9.]

### **5 Sähkölämmitysjärjestelmän tehostaminen**

Vuonna 2008 Motiva ja Energiateollisuus ry käynnistivät yhdessä energia- ja talotekniikka-alan yritysten ja järjestöjen kanssa Elvariksi nimetyn sähkölämmityksen tehostamisohjelman. Ohjelman kohteena ovat sähkölämmitteiset pienkiinteistöt Suomessa.

#### **5.1 Termostaatit**

Termostaatit, eli lämmityslaitteen säätimet, ovat kehittyneet huomattavasti muutamana viime vuosikymmenen aikana. Tämän takia termostaattien vaihtaminen nykyaikaisempiin on varsin helppo ja kustannustehokas tapa tehostaa lämmityksen ohjausta. Jatkuvatoiminen lattialämmitys sähkölämmitteisissä pientaloissa on yleinen varsinkin kosteissa tiloissa. Tämä yhdistettynä mm. suureen kaapelitehoon, syväälle betoniin asennettuihin lämmityskaapeleihin, alapohjan puutteelliseen eristykseen tai suureen koneellisesti vaihdettavaan ilmamäärään ei ole energiatehokas yhdistelmä. Termostaateilla voidaan kompensoida monia näistä yhdistelmistä ja termostaatin uudistaminen on edullinen ja helppo tapa tehostaa lämmityksen energiatehokkuutta. Osittain varaaviin lämmitysjärjestel-

miin kannattaa myös lisätä ulkolämpötilaohjaus, jolloin hitaasti reagoiva lattialämmitys ehtii paremmin mukaan lämpötilan muutoksiin. [8.]

Yksi Elvari-hankkeen selvitettävistä aiheista onkin kuinka termostaattien vaihto vaikuttaa energiankulutukseen. Kohteina Elvarissa ovat suoralla sähköllä toimivat jatkuvatoimiset lattialämmitykset esimerkiksi kylpyhuoneissa. Elvarin alustavista tuloksista käy ilmi, että termostaatin uudistamisella voidaan lattialämmityksen sähkönkulutusta vähentää jopa puoleen. Tällöin lattialämmitteisen huoneen lämpötila nostetaan termostaatilla vain oleskelun ajaksi mukavuustasolle ja muuten lämpötilaa lasketaan alas, lattiarakenteen lämpöteknisten ominaisuuksien, lämmitystehon ja aikaviiveiden sallimissa rajoissa. [19; 22.]

## **5.2 Lämmityslaitteet**

Vanhojen seinälämmittimien uusiminen voi pudottaa lämmitysenergiankulutusta jopa kymmenen prosenttia ja kokonaisenergiankulutusta jopa viisi prosenttia. Vaihtamalla termostaatit ja lämmittimet voidaan lämmityksen energiankulutusta laskea jopa 20 prosenttia ja kokonaisenergiankulutusta noin kymmenen prosenttia. [22.]

Vanhat seinälämmittimet on usein varustettu mekaanisella termostaatilla, joka on hidas reagoimaan muihin lämmönlähteisiin, kuten ihmisiin, takkaan tai aurinkoon. Mekaaniset termostaatit reagoivat hitaasti ja tästä johtuen seinälämmitin on välillä tulikuuma ja välillä kylmä. Vanhat seinälämmittimet ovat usein myös raskasmassaisia ja hitaita lämpiämään. Nykyaikaiset seinälämmittimet on varustettu nopeammin reagoivalla termostaatilla, joka reagoi nopeammin muihin lämmönlähteisiin myös pieni massa nopeuttaa lämmönjakoa. [8.]

## **5.3 Lämpöpumput**

Lämpöpumpuista parhaiten suorasähkölämmitteisen kiinteistön lämmitysjärjestelmän tueksi käy ilmalämpöpumppu, sillä ilmavesi- ja maalämpöpumppu vaatii vesikiertoisesta lämmönjakojärjestelmästä. Ilmalämpöpumpun hankintainvestointi

vaihtelee 1500–2500 € ja sen tuomat energiansäästö on kiinteistöstä riippuen noin 3000 kWh/vuosi. Takaisin ilmalämpöpumppu maksaa itsensä noin 4–7 vuodessa. Jotta ilmalämpöpumpulla saadaan vähennettyä energiankulutusta, on sähkölämmitystä säädettävä alaspäin.

Poistoilmalämpöpumpulla voidaan saada aikaan jopa 40 prosentinsäästö lämmitysenergiasta mikäli kohteessa ei ole aikaisemmin ollut lämmöntalteenottoa. Poistolämpöpumppu on mahdollista liittää jo olemassa olevaan ilmanvaihtojärjestelmään, jolloin ilmanvaihtokoneet ja puhaltimet korvataan poistolämpöpumpulla. Poistolämpöpumppua hankkiessa on huomioitava järjestelmän tilantarve.

Mikäli kiinteistössä on vesikiertoinen lämmönjakojärjestelmä, on ilmavesi- tai maalämpöpumppu mahdollista hankkia jälkikäteen. Ilmavesipumpun hankintainvestoinnit vaihtelevat 7 000 ja 16 000 euron välillä ja vuotuinen energiansäästö vaihtelee 6000 kWh:n ja miltei 20 000 kWh:n välillä riippuen kiinteistöstä ja lämmitysvaraajan koosta. Maalämpöpumpun hankintainvestoinnit vaihtelevat 14 000–26 000 euron ja potentiaalinen energiasäästö 8 000–26000 kWh välillä, riippuen lämmitysvaraajan koosta ja kiinteistöstä. Ilmavesi- ja maalämpöpumppu vaativat molemmat suuren alkuinvestoinnin, mutta niiden tuoma säästö on kiinteistöstä riippuen melkoinen. Takaisin järjestelmä maksaa itsensä keskimäärin alle kymmenessä vuodessa. Liitteen 6 taulukosta on nähtävissä tarkemmin kunkin järjestelmän sopivuus erilaisiin kiinteistöihin. [34.]

#### **5.4 Kodinohjaustekniikka**

Suoran tai osittain varaavan lämmitysjärjestelmän tilapäinenkin lämpötilan pudotus säästää energiaa. Lämmitysjärjestelmää uudistettaessa kannattaa investoida keskitettyyn ohjausjärjestelmään. Yksinkertaisimmillaan järjestelmässä on poissa/kotona -kytkin jolla ohjataan lämmitystä. Monipuolisemmassa järjestelmässä voidaan lämmitystä, valaistusta ja ilmanvaihtoa etäohjata ja ohjelmoida. Keskitetyllä ohjausjärjestelmällä voidaan saada aikaan jopa 20 prosentin säästö lämmitysenergiassa. [32.]

## **6 Kohteen energiatehokkuuden parantaminen**

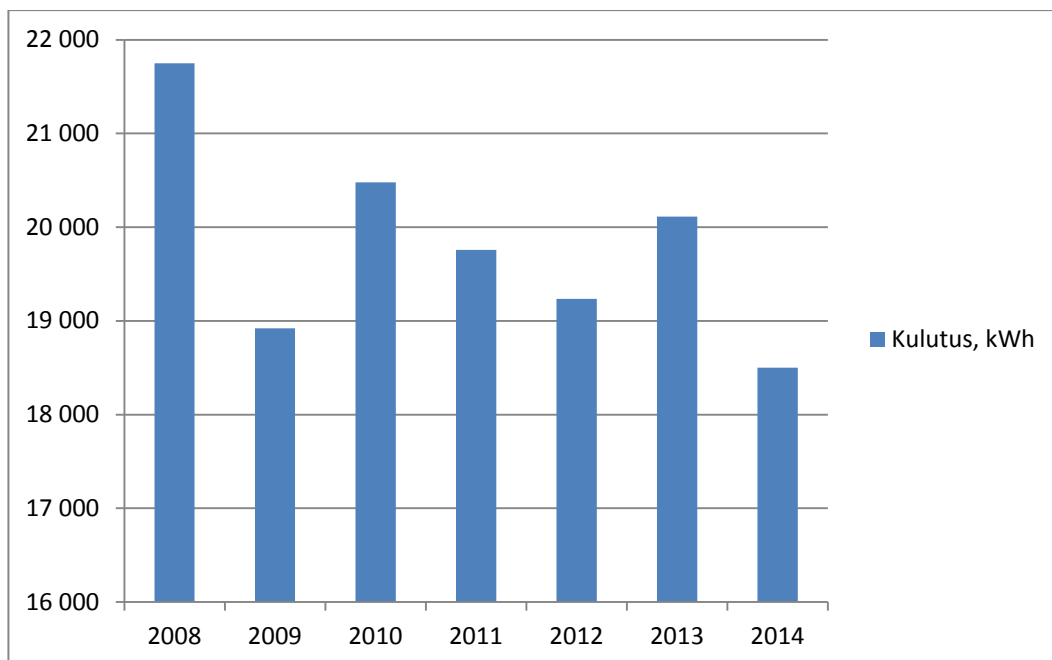
Kohteena opinnäytetyössä oli 1990 valmistunut omakotitalo, jolle laadittiin energiatodistus käyttäen CADS Planner pro -ohjelmaa. Energiatodistus kohteelle laadittiin yhteistyössä rakennustekniikan opiskelijan Olli Vainikaisen kanssa. Energiatodistuksen laadinnasta tehtiin raportti, jonka pohjalta molemmat laativat oman opinnäytetyönsä.

### **6.1 Kohteen lämmitys**

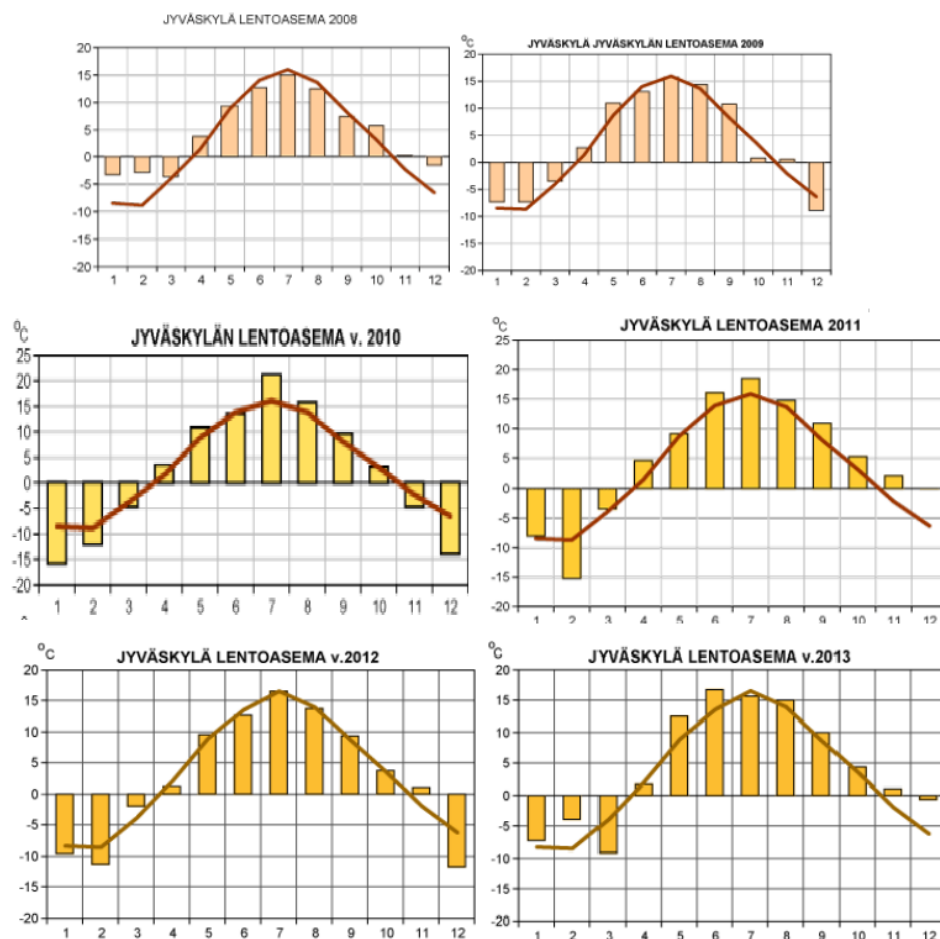
Kohteessa on huonekohtainen sähköpatterilämmitys, kosteissa tiloissa sähkölattialämmitys, lisäksi kohteessa on ilmalämpöpumppu, kaksi varaavaa tulisijaa sekä puulämmitteinen saunankiuas. Asukkaiden haastattelun perusteella, puulämmitys on runsasta, eikä sähkölämmitystä käytetä kuin kahdessa huoneessa. Lattialämmitystä ohjataan termostaateilla kosteissa tiloissa.

### **6.2 Kohteen sähkönkulutus**

Kohteen sähkönkulutus näkyy kuvassa 5. Keskikulutus kohteella on noin 20 000 kWh/vuosi, joka on melko normaali sähkönkulutus tämän ikä- ja kokoluokan sähkölämmitteisessä kiinteistössä. Kohdetta kuitenkin lämmitetään haastattelun perusteella runsaasti puulla, joten sähkön kulutuksen pitäisi olla pienempi. Sähkönkulutus on suurempi kylmempinä vuosina esim. 2010. Kuvasta 6 voidaan nähdä kuukauden keskilämpötilat 2008–2013. Vuona 2008 kiinteistöön asennettiin ilmalämpöpumppu, joka näkyy sähkönkulutuksen laskuna.



Kuva 5. Kohteen sähkönkulutus, kWh [30.]



Kuva 6. Jyväskylän lentoaseman kuukauden keskilämpötilat 2008–2013 [32.]



### 6.3 Kohteen lämmitysjärjestelmän tehostaminen

Kosteiden tilojen lattialämmitysten termostaatit uusittiin uudet termostaatit ovat tarkemmat ja reagoivat nopeammin lämmönvaihteluihin. Kohteeseen vaihdetaan tulevan remontin yhteydessä uudet seinälämmittimet. Lämmittimet vaihdetaan ainoastaan huoneisiin, joissa käytetään sähkölämmitystä. Uudet patterit ovat läpivirtaus seinälämmittimiä, jotka on varustettu elektronisella termostaatilla. Keskitettyä ohjausta ei ainakaan vielä kohteeseen päätetty hankkia, mutta se on harkinnassa. Mahdollinen sähköenergian kulutuksen lasku on nähtävissä aikaisintaan vuoden kuluttua.

### 6.4 Valaistuksen energiatehokkuuden parantaminen

Kohteelle on suunnitteilla pintaremontti ja samalla on mahdollisuus vaikuttaa valaistuksen parempaan ohjaukseen ja energiatehokkuuteen. Valaistuksen suunnittelulla on merkittävä osa valaistuksen tehokkuuteen. Kun valaisimet valitaan ja sijoitetaan oikein, voidaan saada aikaan huomattava parannus valaistuksessa. Oikeanlainen valaisin oikeassa paikassa on tärkeä osa valaistuksen toimivuutta, mutta parempaan energiatehokkuuteen päästään yleensä valaistuksen ohjauksella ja läsnäolotunnistimilla, jotka sammuttavat valot kun tila on ollut tyhjänä esimerkiksi kymmenen minuuttia. [21.]

## 7 Energialaskenta ja laitesähkö

Energialaskennan laitesähkökulutus on rakennuksen laitteiden yhteenlaskettu kulutus, johon kuuluu valaistus, ilmanvaihto ja laitesähkö. Lämmitys tai jäähdytys eivät kuulu laitesähkön piiriin. Kaavassa 1 nähdään laitesähkönenergiankulutuksen jakauma. Laskennassa voidaan käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D5 arvoja taulukko 6, mikäli tarkemmat arvot eivät ole saatavilla. Laitteiden sähkönkulutus  $W_{laitesähkö}$  lasketaan D5 ohjeen mukaan, bruttopinta-alan ja ominaissähkönenergian tulona. Käsin lasketut arvot ja tulokset löytyvät erillisestä raportista, joka on opinnäytetyön liitteenä. [20 s. 31.]

Laitteiden sähkönkulutus  $W_{\text{laitesähkö}}$  lasketaan kaavalla 1:

$$W_{\text{laitesähkö}} = W_{\text{valaistus}} + W_{\text{ilmanvaihto}} + W_{\text{muut laitteet}} \quad (1)$$

jossa

$W_{\text{laitesähkö}}$  = rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus (kWh)

$W_{\text{valaistus}}$  = valaistuksen sähköenergiankulutus, (kWh)

$W_{\text{ilmanvaihto}}$  = ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus, (kWh)

$W_{\text{muut laitteet}}$  = muiden laitteiden sähköenergiankulutus, (kWh)

Taulukko 6. Rakennuksen laitteiden ominaissähkönkulutusarvoja rakennustyypeittäin [20 s. 33.]

Rakennustyyppi	Laitteiden sähkönkulutus yhteensä	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	$W_{\text{laitesähkö}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{valaistus}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{ilmanvaihto}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{muut laitteet}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
Asuinkerrostalo	50	7	10	33
Rivitalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Liikerakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Lääkintärakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59

## 7.1 Valaistuksen sähkölukituksen laskenta

Mikäli valaistuksen-, ilmanvaihdon tai muiden laitteiden ominaissähkönkulutuksista on tiedossa realistiset arvot käytetään niitä laskennassa. Kuitenkin tarkempien arvojen puuttuessa voidaan laskennassa käyttää taulukon 6 arvoja. D5:ssä esitetään myös menetelmä ilmanvaihtojärjestelmän puhaltimien sekä valaistuksen sähkönkulutuksen laskemiseksi. Lisäksi D5:stä löytyy asuinpienalojen tyypillisiä laitekohtaisia sähköenergian kulutuksia. [20 s. 34.]

Valaistuksen sähkönkulutus  $W_{valaistus}$  voidaan laskea kaavalla 2:

$$W_{valaistus} = \sum P_{valaistus} A_{huone} \Delta t f / 1000 \quad (2)$$

jossa

$W_{valaistus}$  = valaistuksen sähkönkulutus, (kWh)

$P_{valaistus}$  = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, (W/hum<sup>2</sup>)

$A_{huone}$  = valaistavan tilan huonepinta-ala, (hum<sup>2</sup>)

$\Delta t$  = valaistuksen käyttöaika (LIITE 9), (h)

$f$  = valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauksetoimia:

- läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,70
- päivänvalosäädin 0,80
- läsnäolotunnistin 0,75
- huonekohtainen kytkin 0,90
- huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,90
- keskitetty päälle / pois 1,00

Laskennassa valaistuksen kokonaissähkötehona  $P_{valaistus}$  käytetään arvoa 15 W/hum<sup>2</sup>, jolloin valaistusvoimakkuus  $E$  on 336 luksia. Vaihtoehtoisesti valaistuksen kokonaisteho voidaan laskea kaavan 3 mukaisesti:

$$P_{valaistus} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\phi}} E \quad (3)$$

jossa

$P_{valaistus}$  = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, (W/hum<sup>2</sup>)

$\beta$  = valaistuksen alenemakerroin:

- puhdas ympäristö 0,70
- keskinkertainen ympäristö 0,60
- likainen ympäristö 0,50

$\eta$  = valaistushyötysuhde:

- suora valaistus 0,40

- yhdistetty suora-epäsuora valaistus
- epäsuora valaistus

$\eta_{\phi}$  = lamppujen valotehokkuus (taulukko 7), (lm/W)

E = tilan i valaistusvoimakkuus, (lx)

Valaistusvoimakkuus on tilan valaistusvoimakkuuden suunnittelu-arvo tai standardin SFS-EN 12464-1 mukainen ohje-arvo valaistusvoimakkuudelle. Taulukossa 7 on esitetty eri lamputyypeille arvoja valotehokkuuksille ja vaihteluväleille. [20 s.35]

Taulukko 7. Taulukon tehoarvojen laskennassa on käytetty valovirran alenemakertoimena  $\beta=0,70$  ja valaistushyötysuhteena  $\eta=0,40$  [20 s. 35.]

Lampputyyppe	Valotehokkuus, $\eta_{\phi}$ lm / W		Teho, $P_{\text{valaistus}}$ W/hum <sup>2</sup>			
	Tyypillinen arvo	Vaihtelu- väli	Valaistusvoimakkuus			
			100 lx	300 lx	500 lx	1000 lx
Hehkulamppu	10	8-12	36	107	179	357
Halogeenilamppu	12	10-24	30	89	149	298
Pienloistelamppu	50	50-85	7,1	21	36	71
Loistelamppu	80	50-100	4,5	13	22	45

## 7.2 Ilmanvaihtokoneiden ja puhaltimien sähkönkulutuksen laskenta

Ilmanvaihtokoneiden ja puhaltimien sähkönkulutus lasketaan ominaissähkötö-  
hon, ilmavirran ja käyntiajan tulona kaavan 4 mukaisesti:

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P_{es} q_v \Delta t \quad (4)$$

jossa

$W_{\text{ilmanvaihto}}$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköenergianku-  
lutus, (kWh)

$P_{es}$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähkötö-  
teho, (kW/(m<sup>3</sup>/s))

$q_v$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, (m<sup>3</sup>/s)

$\Delta t$  = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla,  
(h)

Ohjatun ilmanvaihdon vaikutus voidaan huomioida käyntiaikatekijöillä tai arvioidulla keskimääräisellä ilmavirralla. Koneelliselle tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmälle ominaissähköteho voidaan käyttää  $2,5 \text{ kW}(\text{m}^3/\text{s})$  ja koneelliselle poistoilmanvaihtojärjestelmällä  $1,0 \text{ kW}(\text{m}^3/\text{s})$ , tehot voidaan laskea myös konekohtaisesti kaavan 5 mukaisesti:

$$P_{es} = \frac{P_e}{q_v} \quad (5)$$

jossa

$P_{es}$  = puhaltimen tai IV-koneen ominaissähköteho, ( $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ )

$P_e$  = puhaltimen tai IV-koneen sähköteho, (kW)

$q_v$  = puhaltimen tai IV-koneen ilmavirta, ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehoon vaikuttavat ilmanvaihtojärjestelmän painehäviö ja puhaltimien hyötysuhde. Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho laskennassa käytetään käyttöajan tehostamatonta poistoilmavirtaa tai tuloilmavirtaa (suurempaa näistä). [20 s. 35.]

### 7.3 Sähkölaitteiden kulutuksen laskenta

Sähkölaitteiden sähkönkulutus voidaan laskea laiteryhmäkohtaisesti, mikäli laitteiden ominaissähkönkulutus on tiedossa. Laskentaan voidaan käyttää myös taulukon 6 arvoja. Laitteiden sähköenergiankulutus voidaan määrittää asuinrakennuksille D5 taulukon 7.4 (Liite 1) ja toimistorakennuksille taulukon 7.5 (Liite 2) ominaissähkönkulutusten perusteella. [20 s. 35.]

### 7.4 Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus

Lämmitysjärjestelmän sähköenergian kulutus lasketaan kaavan 6 mukaisesti:

$$W_{\text{Lämmitys}} = W_{\text{tilat}} + W_{\text{tuotto,apu}} + W_{\text{lkv,pumppu}} + W_{\text{Aurinko,pumput}} + W_{\text{LP,lämmitys}} \quad (6)$$

jossa

$W_{L\ddot{a}mmitys}$  = Lämmitysjärjestelmän sähköenergiankulutus, (kWh/a)

$W_{tilat}$  = lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, (kWh/a)

$W_{tuotto,apu}$  = lämmöntuottojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, (kWh/a)

$W_{lkv,pumppu}$  = lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, (kWh/a)

$W_{Aurinko,pumput}$  = aurinkolämpöjärjestelmän pumppujen sähköenergian kulutus, (kWh/a)

$W_{LP,l\ddot{a}mmitys}$  = lämpöpumppujärjestelmän sähköenergian kulutus, (kWh/a)

## 8 Energialaskenta CADS Planner -ohjelmalla

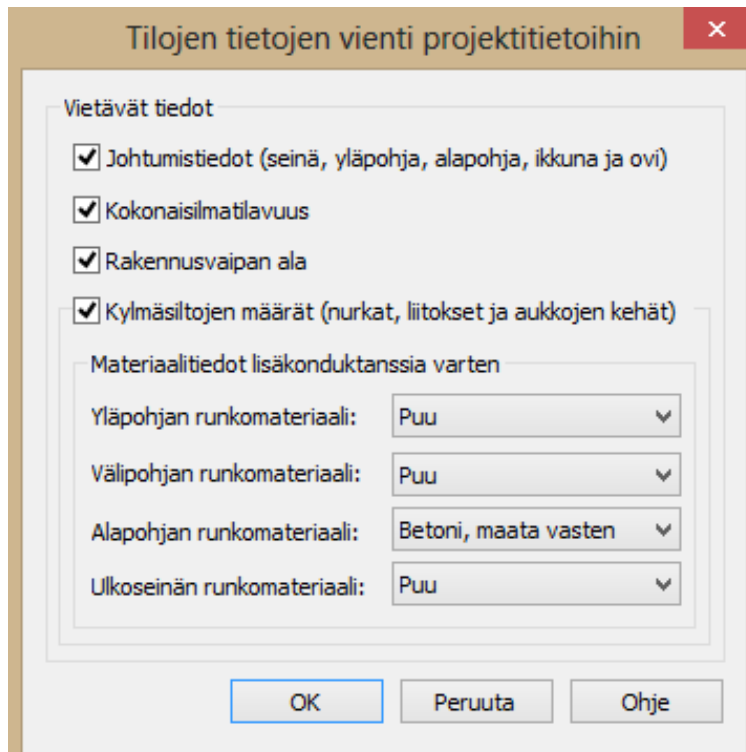
Energiaselvityksen ja -todistuksen laskenta on vakiona kaikissa CADS planner pro -sovelluksissa. Ohjelma tuottaa virallisen energiatodistuksen ja energiaselvityksen liitteineen ja ne ovat tulostettavissa suoraan ohjelmistosta. Laskenta perustuu Suomen rakennusmääräyskokoelman ohjeiden D5 kuukausitason laskentamenetelmään.

Energiatehokkuutta koskevat määräykset ja niiden vaatimuksenmukaisuuksien osoittamiseen käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 arvoja. Käyttäjän on itse huolehdittava siitä että käytettävät lähtöarvot ovat oikeita.

Ohjelmalla on mahdollista laskea käyttötarkoituksiluokkaan 1 ja 9 kuuluvien jäähdyttämättömien rakennusten lämmityksen energiantarpeen, ostoenergian kulutuksen, kokonaisenenergiankulutuksen ja lämmitystehon. Ohjelmalla voidaan laskea kuukausitasonlaskenta, joka mahdollistaa laskennan jäähdyttämättömille uudisrakennuksille ja olemassa oleville kaikille rakennuksille. Olemassa oleville rakennuksille jäähdytys voidaan laskea kuukausitasoon perustuvalla laskennalla.



Energialaskentaa voidaan lähteä tekemään tyhjältä pöydältä ilman tarkempia lähtötietoja, mutta projektin täytyy olla tallennettuna ennen työn aloittamista. Valmiista projektista voidaan tehdä energialaskenta, varsinkin jos projektissa on jo valmiit tilaelementit nopeuttaa se laskentaa. Mikäli tilaelementit ovat valmiina, viedään ne energialaskentaan tila-työkaluriviltä löytyvältä 'vie tilojen tiedot projektitietoihin' -painikkeella (kuva 9).



Kuva 9. Projektitietoihin vietävien tila-tietojen valinta

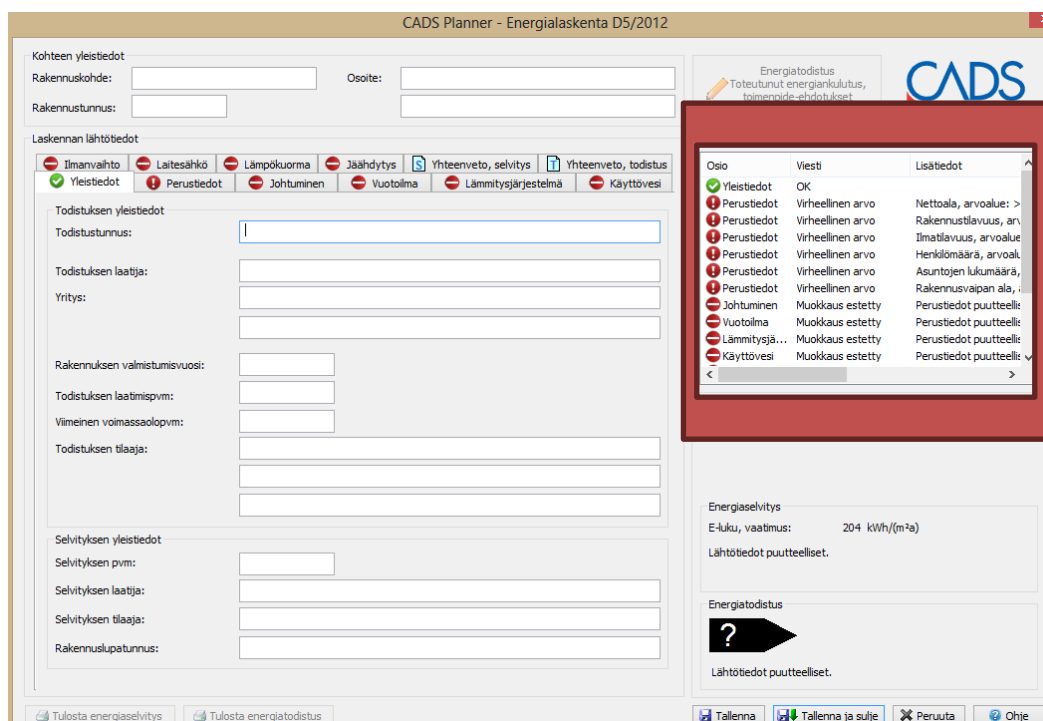
## 8.2 Tilaelementit

Rakennuksen jakaminen tiloihin tapahtuu Tila-työkaluriviltä löytyvillä 'Määritä vapaamuotoinen tila' tai 'Määritä suorakaidetila' -painikkeilla. Tilan luomisen jälkeen tilaa voidaan muokata 'Tila muokkaus' -alasvetovalikosta löytyvillä painikkeilla esim. 'Muokkaa tilan yksittäisen seinän tietoja' -painikkeella, jolla mm. voidaan vaihtaa seinän tyyppi ulkoseinästä sisäseinäksi.



### 8.3 Laskennan aloitus

Energialaskenta aloitetaan Tila-työkaluriviltä löytyvällä 'energialaskenta'-painikkeella, jolloin ohjelma aukaisee kuvan 10 mukaisen uuden ikkunan. Tila-työkaluriviltä löytyy myös 'Energialaskenta, 2010' -painike, joka on olemassa vanhojen energiatodistusten päivitystä varten.



Kuva 10. Energialaskennan käyttöliittymä

Energialaskenta on jaettu välilehtiin aihealueittain, oikeasta reunasta voidaan seurata työn etenemistä sekä mahdollisia virheraportteja. Ohjelma antaa E-luvun vasta kun kaikki tarvittavat tiedot on annettu ohjelmalle. Tämän jälkeen tietoja voidaan vielä muokata ja seurata muutosten vaikutusta energiatodistukseen ja E-lukuun. Kun laskenta on valmis, laskennasta poistutaan 'tallenna ja sulje' -painikkeella. Mikäli työtä ei tallenneta välillä ja painetaan 'peruuta'-painiketta, ohjelma ei tallenna mitään tehtyjä muutoksia projektiin.

## 8.4 Laskennan lähtötietojen tilat

Dialogiliittymän oikeassa ylänurkassa sijaitseva Laskennan lähtötietojen tilat-ikkunasta seurataan laskennan edistymistä (kuva 10).

## 8.5 Yleistiedot

Ensimmäisenä välilehtenä avautuu yleistiedot-välilehti, johon täytetään kohteen perustietoja. Tiedot eivät varsinaisesti vaikuta energialaskentaan, mutta ovat tärkeitä tietoja itse energiatodistuksessa.

## 8.6 Perustiedot

Varsinaisesti laskentaan vaikuttavien tietojen täyttäminen aloitetaan perustiedot-välilehdeltä (kuva 11). Seuraavien välilehtien arvoja ei voida laskea, jos perustiedot välilehdeltä puuttuu tietoja. Ensimmäisenä perustietoihin lisätään kohteen käyttötarkoitusluokka, vaihtoehtoja on yhteensä yhdeksän. Jokaisella käyttötarkoitusluokalla on tiettyjä ennakoarvoja, jotka ohjelma täyttää automaattisesti. Alat ja tilavuudet voidaan syöttää numeerisina arvoina tai hakea suoraan projektitiedoista, mikäli tilatiedot on syötetty aikaisemmin. Perustiedot välilehdellä täytetään myös päälämmitysjärjestelmän tiedot, jotka voi tuoda projektista ja niitä voidaan myös muokata. Mikäli lämmöntuottotapoja on useampi, suunnittelijan on tiedettävä kunkin tuottotavan prosenttiosuus.

E-luvun laskenta tehdään aina I-säävyöhykkeen tiedoilla. Tehonlaskennassa käytetään todellista säävyöhykettä, joka valitaan perustiedot-välilehden vasemmasta alareunasta. Muilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia lisätään kWh/vuosi. Maanpäälliset kerrosalat tietoa käytetään tasauslaskennassa.

CADS Planner - Energialaskenta D5/2012

Kohteen yleisetiedot  
 Rakennuskohde:  Osoite:   
 Rakennustunnus:

Energiatodistus  
 Toimitunut energiankulutus,  
 toimenpide-ehdotukset  
 ja lämmittäminen...  
**CADS**  
 PLANNER

Laskennan lähtötiedot

Ilmanvaihto Laitesähkö Lämpökuorma Jäähdytys Yhteenveto, selvitys Yhteenveto, todistus  
 Yleistiedot Perustiedot Johtuminen Vuotoilma Lämmitysjärjestelmä Käyttövesi

Käyttötarkoituksuuksia: 2 Asuinkerrostalot

Henkilömäärä (Max. 6 asunon rakennustyyppissä henkilömäärä on makuuhuoneiden lukumäärä +1):  hlö

Alat ja tilavuudet  
 Nettoala:  m<sup>2</sup> Rakennustilavuus:  m<sup>3</sup>  
 Rakennusvaipan ala:  m<sup>2</sup> Ilmatilavuus:  m<sup>3</sup>  
 Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä:  m<sup>2</sup> Keskilämpötila: 21 °C

Tuo ilmatilavuus, sisälämpötila ja vaipan ala projektiedoista

Lämmöntuotto  
 Lämmöntuototapa Vuosihyötysuhde SPFtilat/SPFikv Sähkö % Energiamuotokerroin

Lämmöntuototapa	Vuosihyötysuhde	SPFtilat/SPFikv	Sähkö	%	Energiamuotokerroin
Huonekohtainen sähkölämmitys	1.0	0/0	0.0	100	1.7

Lisää lämmöntuototapa... Kopioi Poista Muokkaa...

E-luvun laskennassa käytettävät säävyöhykkeet  
 I Helsinki-Vantaa -26 °C

Muilla tuottojärjestelmillä tuotettu energia  
 Qmuu,tuotto: 0 kWh/a

Tehon laskennassa käytettävä todellinen säävyöhyke  
 I Helsinki-Vantaa -26 °C

Tulokset  
 Asuinkerrostalot

Energiaselvitys  
 E-luku, vaatimus: 130 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 Lähtötiedot puutteelliset.

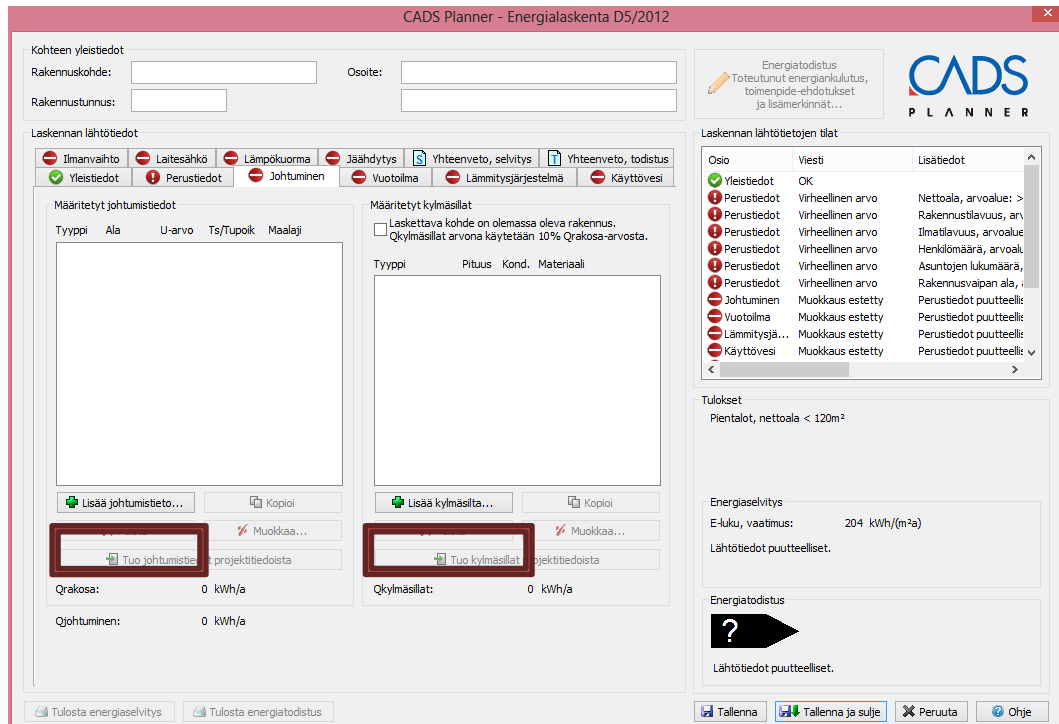
Energiatodistus  
 ?  
 Lähtötiedot puutteelliset.

Tallenna Tallenna ja sulje Peruuta Ohje

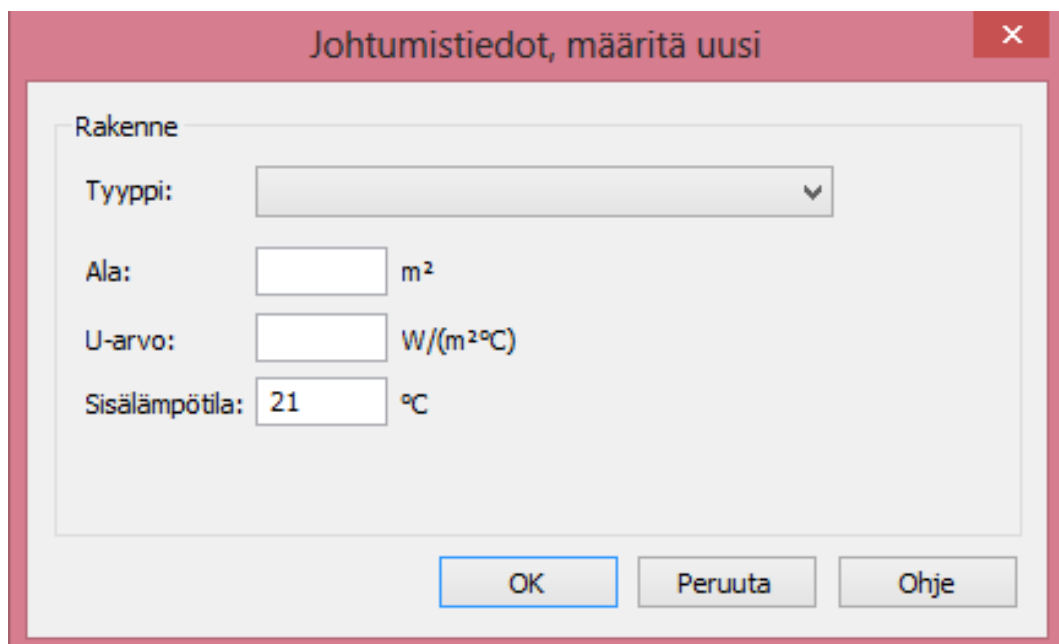
Kuva 11. Perustiedot välilehti

## 8.7 Johtuminen ja kylmäsillat

Johtumistiedot voidaan tuoda projektista rakennetyyppi kerrallaan, mikäli ne on aikaisemmin syötetty (kuva 12). Mikäli johtumistiedot tuodaan projektista, poistaa se kaikki aikaisemmin käsin syötetyt tiedot. Kaikki tiedot ovat jälkikäteen muokattavissa. Mikäli johtumistiedot syötetään käsin (kuva 13), annetaan rakennetyypille ala, U-arvo ja sisälämpötila, joka on rakenteen takana. Ohjelma laskee saman tien rakennusosista aiheutuvan lämpöhäviön.



Kuva 12. Johtuminen välilehti

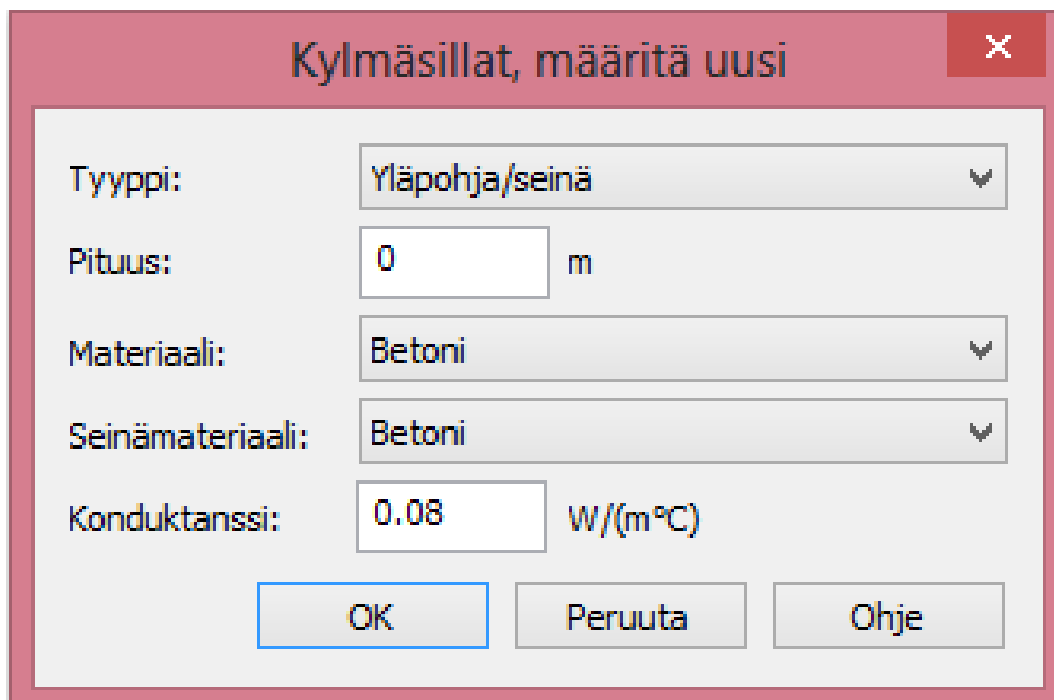


Kuva 13. Johtumistiedon lisääminen

Kylmäsiilat lisätään samalla periaatteella kuin johtumistiedot, kylmäsiiloille määritetään pituus ja materiaalit (kuva 14) ja näille ohjelma laskee D5 taulukon mu-

kaiset konduktanssit. Mikäli tiedossa on D5-taulukkoarvoja tarkempia arvoja voidaan ne syöttää käsin. Kylmäsilloissa on syytä olla tarkkana sisänurkkien kanssa, sillä jos projektiin on syötetty tiloja huone kerrallaan ennen energialaskentaa ohjelma ei löydä niitä jos ne muodostuvat kahdesta tilasta. Tällöin sisänurkat on lisättävä erikseen käsin.

Kylmäsilloille on määritetty olemassa oleville rakennuksille helpotus, jos niitä ei haluta laskea tarkemmin voidaan kylmäsillojen arvona käyttää 10 % rakennusosan johtumishäviöistä. Uudisrakennuksille arvot on laskettava tarkemmin.



**Kylmäsillat, määritä uusi** [X]

Tyyppi: Yläpohja/seinä

Pituus: 0 m

Materiaali: Betoni

Seinämateriaali: Betoni

Konduktanssi: 0.08 W/(m°C)

OK Peruuta Ohje

Kuva 14. Kylmäsillat

## 8.8 Vuotoilma

Uudelle vuotoilma -tiedolle annetaan nimi, ilmatilavuus, sisälämpötila, rakennusvaipan ala sekä rakennuksen korkeus (kuva 15). Vuotoilma voidaan määrittää rakennusvaipan ilmavuotoluvulla q50 tai ilmavuotoluvulla n50. Vertailuarvona taseaslaskennassa käytetään q50-arvona  $2 \text{ m}^3/(\text{hm}^2)$ , uudisrakennuksille 4

$\text{m}^3/(\text{hm}^2)$  on melko suuri, mutta käytettäessä pienempää arvoa vaaditaan lisäselvityksiä. Tuotaessa vuotoilmätietoja projektitiedoista ohjelmaa hävittää käsin lisätyt tiedot (kuva 16). Ohjelma laskee vuotoilman kWh/a välittömästi kun tiedot on syötetty ohjelmaan.

**Vuotoilma, määritä uusi**

**Vuotoilman tiedot**

Nimi:

Ilmatilavuus:  m<sup>3</sup>

Lämpötila:  °C

Rakennusvaipan ala:  m<sup>2</sup>

Kerroin x:  ▼

qv, vuotoilma: 0.00047 m<sup>3</sup>/s

**Perustiedoissa määritetyt arvot**

Ilmatilavuus: 651 m<sup>3</sup>

Rakennusvaipan ala: 15 m<sup>2</sup>

Sisälämpötila: 21 °C

n50:  1/h

q50:  m<sup>3</sup>/(hm<sup>2</sup>)

Kuva 2. Uuden vuotoilman määrittäminen

CAD5 Planner - Energialaskenta D5/2012

Kohteen yleiset tiedot

Rakennuskohde:  Osoite:

Rakennustunnus:

Laskennan lähtötiedot

Ilmanvaihto  Laitesähkö  Lämpökuorma  Jäähdytys  Yhteenveto, selvitys  Yhteenveto, todistus  
 Yleistiedot  Perustiedot  Johtuminen  Vuotoilma  Lämmitysjärjestelmä  Käyttövesi

Määritetyt vuotoilmätiedot

Nimi	Tilavuus	Vaipan ala	Kerroin x	Lämpötila	q50

qv, vuotoilma: 0 kWh/a

Energiatodistus  
Toteutunut energiankulutus, toimenpide-ehdotukset ja lisämerkinnät...

CAD5 PLANNER

Laskennan lähtötietojen tilat

Osoite	Viesti	Lisätiedot
<input checked="" type="checkbox"/> Yleistiedot	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Perustiedot	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Johtuminen	OK	Varoitus, ei johtumista
<input checked="" type="checkbox"/> Johtuminen	OK	Varoitus, ei kylmäsiirtoa
<input checked="" type="checkbox"/> Vuotoilma	OK	Varoitus, ei vuotoilmaa
<input checked="" type="checkbox"/> Lämmitysjärjestelmä	Virheellinen arvo	Lämmitysjärjestelmien
<input checked="" type="checkbox"/> Käyttövesi	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Ilmanvaihto	Virheellinen arvo	IV-koneiden yhteisala
<input checked="" type="checkbox"/> Laitesähkö	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Lämpökuorma	Virheellinen arvo	Lämpökapasiteetti, ar
<input checked="" type="checkbox"/> Jäähdytys	OK	

Tulokset

Pientalot, nettoala < 120m<sup>2</sup>

Energiaselvitys

E-luku, vaatimus: 204 kWh/(m<sup>2</sup>a)

Lähtötiedot puutteelliset.

Energiatodistus

Kuva 36. Vuotoilma-välilehti

## 8.9 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmiä voi olla rakennuksessa useita. Kullekin järjestelmälle annetaan kuvaus, joka tulostuu energiatodistukseen. Lämmitysjärjestelmä nimitään ja määritetään ala jota järjestelmällä lämmitetään (kuva 17), vaihtoehdot joita on mahdollisuus käyttää on listattu rakentamismääräyskokoelmassa kohdassa D5. Hyötysuhteena käytetään D5 taulukkoarvoa (liite 3), jos tiedossa ei ole tarkempaa hyötysuhdetta, joka voidaan syöttää ohjelmaan käsin. 'Lämmönjakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan' -arvona voidaan myös käyttää D5 taulukkoarvoa ellei tiedossa ole tarkempaa arvoa.

Lisälämmöntuotto kohdassa voidaan määrittää kohteessa olevat tulisijat ja ilmalämpöpumput, esimerkiksi takka voidaan ottaa huomioon laskennassa 2000 kWh/a/takka ja ilmalämpöpumppu 1000 kWh/a/ilmalämpöpumppu (kuva 18). Lisälämmöntuoton lisääminen on hyvä jättää laskennan loppupuolelle, kun E-luku on jo saatu jolloin nähdään onko takasta tai ilmalämpöpumpusta hyötyä E-luvun pienentämiseen.

**Lämmitysjärjestelmä, määritä uusi** ✕

---

**Lämmitysjärjestelmän tiedot**

Järjestelmän nimi:

Järjestelmän ala:  m<sup>2</sup> (100 % nettoalasta)

Lämmitysjärjestelmä:

Hyötysuhde nlämmitys,tilat:

Hyötysuhde lämmitysjärjestelmän ohjearvojen mukaan      nlämmitys,tilat:

Lämmön jakelujärjestelmän lämpöhäviö lämmittämättömään tilaan

Ominaislämpöhäviö ohjearvojen mukaan:

qjakeluhäviöt,ulos:  kWh/(m)

L:  m      Qjakelu,ulos:  kWh/a

Muut lämpöhäviöt

Qvarastointi,ulos:  kWh/a

Lämmön jakelujärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus

Ominaiskulutusarvo lämmitysjärjestelmän ohjearvon mukaan

etilat:  kWh/(m<sup>2</sup>a)      Wtilat:  kWh/a

Kuva 4. Uuden lämmitysjärjestelmän määrittäminen

Kuva 18. Lämmitysjärjestelmä-välilehti

## 8.10 Käyttövesi

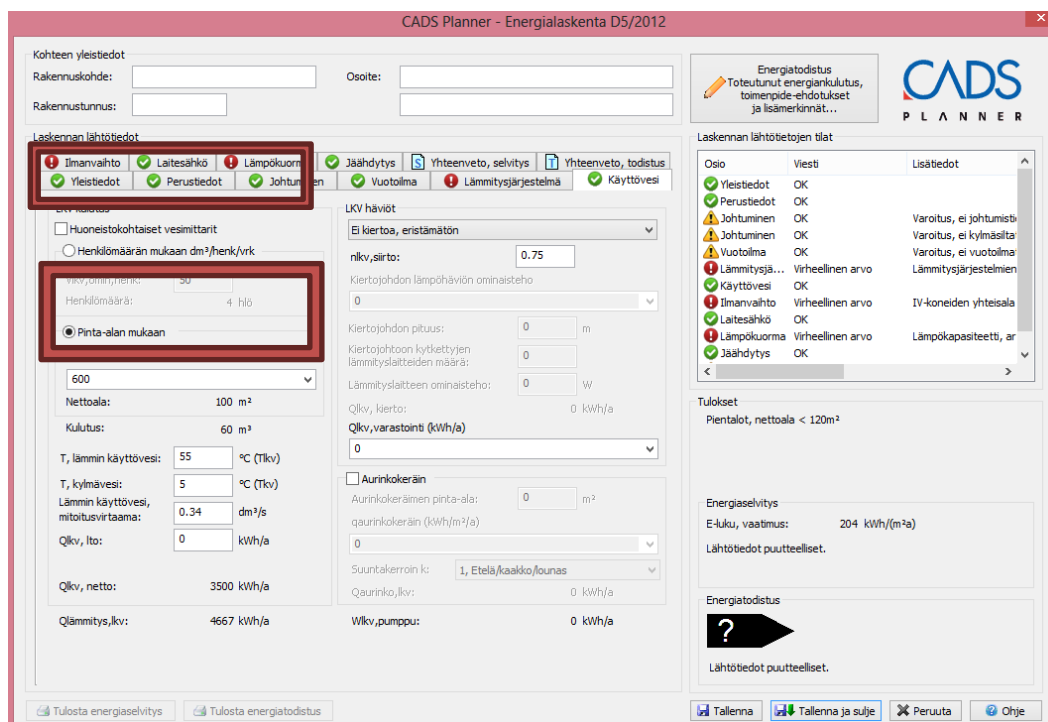
Lämpimän käyttöveden kulutus voidaan määrittää ohjelmassa joko henkilömäärän tai pinta-alan mukaan (kuva 19), mutta energiatodistukseen se pitää määrittää pinta-alan mukaan. Ominaiskulutukset on listattu rakentamismääräyskoelman kohdan D5 mukaan (LIITE 4), jolloin on helppo valita käyttötarkoituksen mukainen arvo. Tarkempien arvojen ollessa tiedossa syötetään ne lasuriin manuaalisesti.

Kulutus lasketaan nettoalan ja ominaiskulutuksen mukaan, sillä huomiolla että rakentamismääräyskoelman kohdan D3 muutosasiakirjassa määritettiin maksimiarvo per asunto, joka on  $72,4 \text{ m}^3$ .

Käyttövesi-välilehdellä määritetään lämpimän käyttöveden ja kylmän veden lämpötilat lisäksi määritetään lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama ja lämpi-



män käyttöveden talteenotto, jonka jälkeen ohjelma antaa välittömästi lämpimän käyttöveden nettokulutuksen kWh/vuosi.



Kuva 19. Käyttövesi-välilehti

## 8.11 Ilmanvaihto

IV-koneita voi olla useita ja ne lisätään ohjelmaan Lisää IV-kone -painikkeella. Energiatodistukseen mahtuu vain viisi IV-konetta, mutta samanlaisia koneita ei tarvitse kaikkia erikseen määrittellä. IV-koneille määritetään vaikutusala, ilmanvaihtokoneille annetaan suunnitelmien mukaiset ilmamäärät jolloin ohjelmasta saadaan todenmukainen SFP-luku.

Uuden ilmanvaihtokoneiden arvot (kuva 20), annetaan seuraavasti:

- Käyttöaikoina käytetään D3 mukaisia käyttöaikoja (LIITE 5).
- dTpuhallin arvoksi voidaan antaa 0,5, D5 ohjeiden mukaisesti.
- LTO (lämmöntalteenotto) vuosiyhötysuhde määritetään 0–1 arvona, jos koneella ei ole LTO-vaatimusta valitaan ohjelmasta ei LTO-vaatimusta.

- nt on LTO tuloilman lämpötilasuhde, ei käytetä laskennassa mutta vaaditaan tulostuksessa.
- Tsp on sisäänpuhalluslämpötila, eli lämpötila mihin ilma lämmitetään koneessa.
- Tsisä, eli sisälämpötila.
- Ppuh eli IV-koneen sähköteho.
- Ilmamäärän ja sähkötehon suhteesta saadaan laskettua SFP-luku.

Olemassa oleville rakennuksille energiatodistusta laadittaessa, kohteessa on usein painovoimainen,- tai koneellinen poisto -ilmanvaihto jolloin E-luvun laskenta D3 taulukkoarvojen mukaan ei anna oikeaa tulosta. Tällöin täytyy käyttää IV-koneen todellisia arvoja.

Ilmanvaihtokone, määritä uusi

IV-koneen tiedot

IV-kone:  Samanlaisten IV-koneiden lukumäärä:

Vaikutusala:  m<sup>2</sup> (100 % nettoalasta)

qv, poisto:  m<sup>3</sup>/s dTpuhallin:

qv, tulo:  m<sup>3</sup>/s LTO vuosihyötysuhde (0...1), na:   Ei LTO-vaatimusta

td:  h/24h (todellinen käyttöaika) nt:

tv:  vrk/7vrk Tsp:  °C

Tsisä:  °C

Puhaltimen tai IV-koneen sähköteho tehonsäätölaitteeseen, Ppuh:  kW

Jäätymisen esto:  °C SFP: 0.9 kW/(m<sup>3</sup>/s)

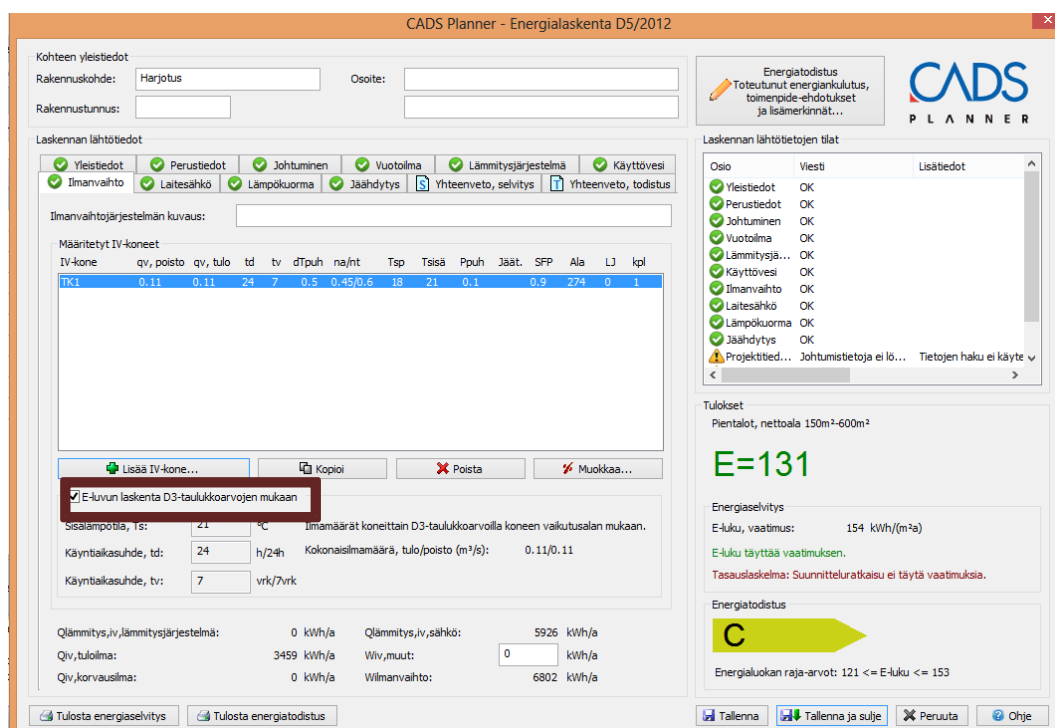
Lämmitysmuoto:

OK Peruuta Ohje

Kuva 20. Uuden ilmanvaihtokoneen määrittäminen

Mikäli kiinteistössä on koneellinen poistoilmanvaihto, ilmanvaihtokoneelle määritetään D3:n taulukon (liite 8) mukainen ilmamäärä 'qv, poisto' -kohtaan. 'LTO vuosihyötysuhde', 'qv,tulo' ja 'nt' -arvoiksi annetaan nolla (kuva 19). 'Qiv lämmityksen' arvo on tällöin nolla ja tuloilman lämmitystä ei ole. Kaikki ilman lämmitys tapahtuu tilassa, Qiv-korvausilma. [13.]

Mikäli kiinteistössä on painovoimainen ilmanvaihto, ei voida käyttää valintaa 'E-luvun laskentaa D3-taulukkoarvojen mukaan' (kuva 21). Kuvan 20 arvoihin määritetään ilmanvaihtokoneelle D3 taulukon mukainen arvo (liite 8), 'LTO vuosihyötysuhde', 'nt' ja 'Ppuh' -arvoiksi annetaan nolla, lämmitysmuodoksi valitaan huoneilma. Tällöin tuloilman lämmitystä ei ole ja kaikki lämmitys tapahtuu tilassa, 'Qiv korvausilma'. Ilmanvaihdon sähkönkulutusta, 'Wilmanvaihto' ei tällöin ole. [13.]



Kuva 21. Ilmanvaihto-välilehti

## 8.12 Laitesähkö

Laitesähkö-välilehdellä voidaan käyttää D3 taulukkoarvoja (kuva 22), jotka riippuvat käyttötarkoituksluokasta (liite 5). Laskennassa voidaan käyttää myös tarkempia arvoja, mikäli ne ovat tiedossa. Kuluttajalaitteet ja valaistus on eritelty omiin osastoihin. Lisäksi laskentaan voidaan syöttää mahdolliset omavarais-sähköenergiat, jotka vähennetään käytettävästä energiasta jolloin E-luku paranee.

CADS Planner - Energialaskenta D5/2012

Kohteen yleisetiedot  
 Rakennuskohde:  Osoite:   
 Rakennustunnus:

Energiatodistus  
 Toteutunut energiankulutus, toimenpide-ehdotukset ja lisämerkinnät...

CADS  
 P L A N N E R

Laskennan lähtötiedot

Yleistiedot Perustiedot Johtuminen Vuotoilma Lämmitysjärjestelmä Käyttövesi  
 Ilmanvaihto Laitesähkö Lämpökuorma Jäähdytys Yhteenveto, selvitys Yhteenveto, todistus

Perustiedoista  
 Rakennuksen käyttötarkoituksuuksia: 1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot  
 Rakennuksen nettoala: 143 m<sup>2</sup>

Laitteiden sähkönkulutus  
 Kuluttajalaitteet  
 Lasketaan D3-taulukkoarvojen mukaan  
 Lämpökuorma D3: 3 W/m<sup>2</sup>  
 Käyttöaste k: 0.6  
 Käyttöaste t: 24/7  
 Wkuluttajalaitteet: 2255 kWh/a

Valaistus  
 Lasketaan D3-taulukkoarvojen mukaan  
 Lämpökuorma D3: 8 W/m<sup>2</sup>  
 Käyttöaste k: 0.1  
 Käyttöaste t: 24/7  
 Wvalaistus: 1002 kWh/a

Omavarais sähköenergia  
 Aurinkosähkö: 0 kWh/a  
 Tuule sähkö: 0 kWh/a  
 Wkäytetty, omasähkö: 0 kWh/a

Laskennan lähtötietojen tilat

Oso	Viesti	Lisätiedot
Yleistiedot	OK	
Perustiedot	OK	
Johtuminen	OK	Varoitus, ei johtumista
Johtuminen	OK	Varoitus, ei kylmäsilta
Vuotoilma	OK	Varoitus, ei vuotoilma
Lämmitysja...	OK	
Käyttövesi	OK	
Ilmanvaihto	OK	
Laitesähkö	OK	
Lämpökuorma	OK	Varoitus, ei ikkunatiet
Jäähdytys	OK	

Tulokset  
 Pientalot, nettoala 120m<sup>2</sup>-150m<sup>2</sup>  
**E=170**  
 Energiaselvitys  
 E-luku, vaatimus: 172 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 E-luku täyttää vaatimuksen.  
 Tasauskalvema: Suunnitteluratkaisu ei täytä vaatimuksia.  
 Energiatodistus  
**C**  
 Energialuokan raja-arvot: 135 <= E-luku <= 171

Tallenna Tallenna ja sulje Peruuta Ohje

Kuva 22. Laitesähkövälilehti

### 8.13 Lämpökuorma

Lämpökuormiin kuuluu henkilöiden lämpöenergia joka saadaan D3 taulukkoarvona (liite 5) ja sähkölaitteiden lämpöenergia saadaan suoraan 'laitesähkö' -välilehdeltä (kuva 23). Lämpimän veden lämpökuormaksi lasketaan suoraan 50 % lämpimän käyttöveden häviöistä.

Ikkunoista tuleva lämpöenergia saadaan johtuminen -välilehdeltä jonne on syötetty ikkunoiden ilmansuunnat, pinta-alat ja u-arvot. Lisäksi ikkunoille määritellään 'fkehä', 'fverho', 'fympäristö', 'fylävarjostus', 'fsivuvarjostus' ja 'g kohtisuora'-arvot (kuva 24), arvot ovat rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaisia. Viimeisenä Lämpökuorma -välilehdeltä valitaan tehollinen lämpökapasiteetti, joka kertoo millainen rakennus on kyseessä.

CADS Planner - Energialaskenta D5/2012

Kohteen yleisetiedot  
 Rakennuskohde:  Osoite:   
 Rakennustunnus:

Laskennan lähtötiedot

Yleistiedot  Perustiedot  Johtuminen  Vuotoilma  Lämmitysjärjestelmä  Käyttövesi  
 Ilmanvaihto  Laitesähkö  Lämpökuorma  Jäähdytys  Yhteenveto, selvitys  Yhteenveto, todistus

Perustiedoista  
 Käyttötarkoituksuuksia: 1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot Anetto: 143 m<sup>2</sup>

Henkilöiden lämpöenergia  
 Lasketaan D3-talukkoarvojen mukaan

Lämpökuorma P: 2 W/m<sup>2</sup>  
 Käyttöaste k: 0,6  
 Käyttöaika: 24/7  
 Qhenk: 1503 kWh/a

Sähkölaitteiden lämpöenergia  
 Wkultttajalaitteet: 2255 kWh/a  
 Wvalaistus: 1002 kWh/a  
 Qsäh: 3257 kWh/a

Lämin käyttövesi  
 Qkv, kiertö, kuuma: 0 kWh/a  
 Qkv, varastointi, kuuma: 0 kWh/a

Ikkunoista tuleva lämpöenergia  
 Tyyppi Ala U-arvo Ts Fkehä Fverho Fympäristö Fyläv Fsiluv g kohtis.

Muokkaa ikkunan lämpöenergiatietoja... Qaur: 0 kWh/a

Tehollinen lämpökapasiteetti Crak, omin  
 Wh/(m<sup>2</sup> K) Qlämpökuorma: 4760 kWh/a

Energialaskentatulos: E=170  
 Energiaselvitys: E-luku, vaatimus: 172 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 E-luku täyttää vaatimuksen.  
 Tasauslaskelma: Suunnitteluratkaisu ei täytä vaatimuksia.

Energialaskentatulos: C  
 Energialuokan raja-arvot: 135 ≤ E-luku ≤ 171

Tulokset  
 Pientalot, nettoala 120m<sup>2</sup>-150m<sup>2</sup>

Tallenna Tallenna ja sulje Peruuta Ohje

Kuva 23. Lämpökuorma-välilehti

Lämpökuorma, ikkunat, lisää uusi

Ikkunan tiedot

Tyyppi: IKpo, Ikkuna pohjoiseen

Fkehä: 0.75

Fverho: 1.00, Ei verhoa

Fympäristö: 15 °

Fylävarjostus: 0 ° Fsiluvvarjostus: 0 °

g kohtisuora: 0.65, Eristyslasi +erillislasi

OK Peruuta Ohje

Kuva 24. Lisää uusi ikkuna

## 8.14 Jäähdytys

Uudisrakennuksille jäähdytys täytyy laskea dynaamisella tuntipohjaisella laskennalla jota CADs plannerissa ei ole, mutta olemassa oleville rakennuksille

jäähdytysenergian kulutus voidaan laskea CADs planner -ohjelmalla kuukausiperusteisesti.

Jäähdytysjärjestelmälle määritetään kuvaus, hyötysuhde 'nJäähdytys' (mikäli ei ole olemassa tarkempaa tietoa käytetään hyötysuhteelle arvoa 0.7), 'TS', 'Lask,keskim' on jäähdytyksen asetusarvo, Sisälämpötila 'Ts' on määritetty aikaisemmin, 'Qjäähdytys' -nettoarvo saadaan annetuista arvoista. Jäähdytystyyppistä riippuen saadaan ostojäähdytysenergia. Jäähdytystyyppinä on kaksi kauko- ja kompressorijäähdytys. Kompressorin kylmäkertoimeksi on määritetty kolme ja kaukojäähdytykselle yksi, jos käytössä on tarkempi arvo käytetään sitä laskennassa.

CADS Planner - Energialaskenta D5/2012

Kohteen yleiset tiedot  
Rakennuskohde: \_\_\_\_\_ Osoite: \_\_\_\_\_  
Rakennustunnus: \_\_\_\_\_

Energiatodistus  
Toteutunut energiankulutus, toimenpide-ehdotukset ja lisämerkinnät...

CADS PLANNER

Laskennan lähtötiedot

Yleistiedot  Perustiedot  Johtuminen  Vuotoilma  Lämmitysjärjestelmä  Käyttövesi  
 Ilmanvaihto  Laitesähkö  Lämpökuorma  Jäähdytys  Yhteenveto, selvitys  Yhteenveto, todistus

Laskettava kohde on olemassa oleva rakennus. Jäähdytys voidaan käsitellä kuukausiperusteisesti.

Jäähdytys käytössä

Jäähdytysjärjestelmän kuvaus: \_\_\_\_\_

nJäähdytys: 0.7

TS,lask,keskim: 23 °C

Sisälämpötila, Ts: 21 °C

Qjäähdytys, netto: 0 kWh/a Qjäähdytys: 0 kWh/a

Jäähdytystyyppi: Kompressori

Vuotuinen kylmäkerroin, eE: 3

Qjäähdytys, osto: 0 kWh/a Wjäähdytys: 0 kWh/a

Laskennan lähtötietojen tilat

Osoite	Viesti	Lisätiedot
<input checked="" type="checkbox"/> Yleistiedot	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Perustiedot	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Johtuminen	OK	Varoitus, ei kylmäsilta
<input checked="" type="checkbox"/> Vuotoilma	OK	Varoitus, ei vuotoilma
<input checked="" type="checkbox"/> Lämmitysjä...	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Käyttövesi	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Ilmanvaihto	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Laitesähkö	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Lämpökuorma	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Jäähdytys	OK	
<input checked="" type="checkbox"/> Projektitied...	Tiedostoa ei löydy	Tietojen hakuja ei voi...

Tulokset

Pientalot, nettoala 120m<sup>2</sup>-150m<sup>2</sup>

**E=170**

Energiaselvitys

E-luku, vaatimus: 172 kWh/(m<sup>2</sup>a)

E-luku täyttää vaatimuksen.

Tasauslaskelma: Suunnitteluratkaisu ei täytä vaatimuksia.

Energiatodistus

**C**

Energialuokan raja-arvot: 135 ≤ E-luku ≤ 171

Tallenna Tallenna ja sulje Peruuta Ohje

Kuva 25. Jäähdytys välilehti

## 8.15 Viimeistely

Kun kaikki vaaditut arvot on syötetty ohjelmaan ja kaikkiin välilehtiin on saatu vihreä pallo punaisen tilalle, ohjelma laskee E-luvun ja antaa energiatodistukseen energialuokan A–G. Tämän jälkeen tietoja voidaan raja vielä muokata, jolloin voidaan huomata kunkin osa-alueen vaikutus energiatodistukseen.

## 8.16 Yhteenveto, selvitys

Selvitys -välilehdellä esitetään saadut tulokset eriteltynä, lisäksi välilehdeltä löytyy taseaselaskelma ja käytetyt arvot kuukausitasolla. Arvot voidaan kopioida leikepöydälle ja ne voidaan kopioida myös esimerkiksi Excel- taulukkolaskentaohjelmaan.

## 8.17 Yhteenveto, todistus

Todistus -välilehdeltä löytyy energiatodistuksessa käytettävät lähtötiedot ja tulokset. Virallinen energiatodistus saadaan tulostettua alareunasta löytyvällä 'tulosta energiatodistus' -painikkeella. Olemassa olevien rakennusten energiatodistukseen on annettava korjaus- ja toimenpide-ehdotuksia (kuva 27), toiminto löytyy laskennan yläreunasta (kuva 26).

The screenshot shows the CADS Planner software interface for 'Energialaskenta D5/2012'. The main window displays various energy calculation parameters and results. A red box highlights the 'Energiatodistus' (Energy Certificate) button in the top right corner.

**Yhteenveto, selvitys (Summary, Report):**

Yleistiedot: Käytetyt laskentamenetelmät: D5/2012  
 Käytetyt säätiedot: I Helsinki-Vantaa  
 Tehon laskennassa käytetyt säätiedot: III Jyväskylä-Luonetjärvi

E-luku	170 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Vaatus: 172 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Eosto	129 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Rakek	76 kWh/(m <sup>2</sup> a)	

E-luvun erittely	Eosto	Energiam.kerroin	E kWh/a	E kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sähkö	12499	1.7	21248	148.6
Kaukolämpö	0	0.7	0	0
Kaukojäähdytys	0	0.4	0	0
Uusutuva polttoaine	5919	0.5	2960	20.7
Fossiilinen polttoaine	0	1.0	0	0
<b>Yhteensä</b>	<b>18418</b>		<b>24208</b>	<b>170</b>

Uusutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)
Aurinkosähkö	0	0
Aurinkolämpö	0	0
Tuulisähkö	0	0
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	5000	34.97

Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> a)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> a)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> a)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys	0.5	9.09	0
Tuulilman lämmitys	3.87		

**Energiaselvitys (Energy Assessment):**

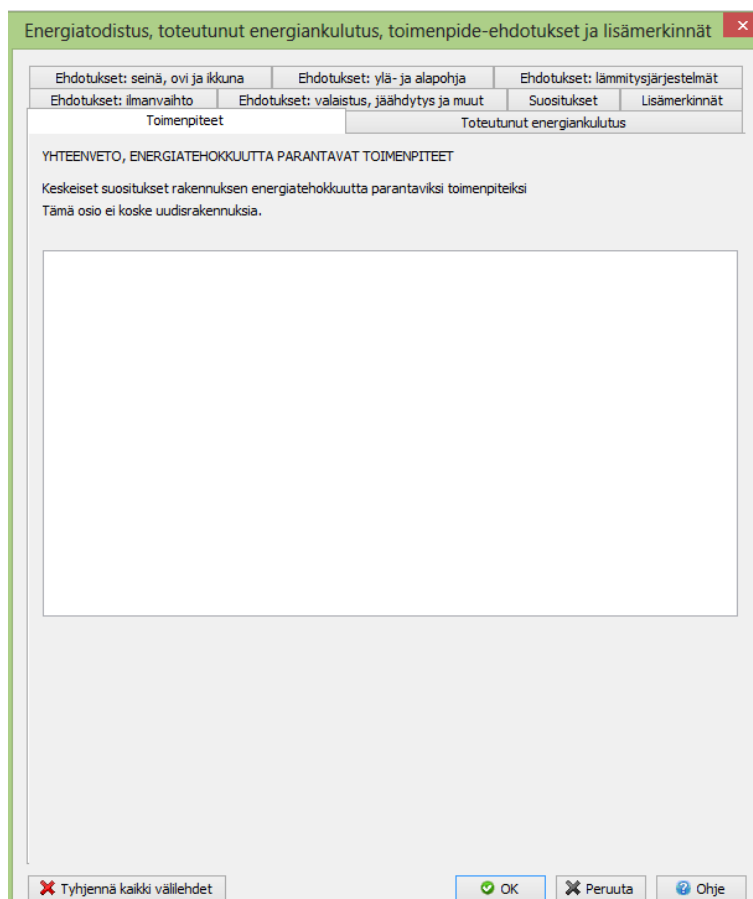
E-luku, vaatimus: 172 kWh/(m<sup>2</sup>a)  
 E-luku täyttää vaatimuksen.  
 Taseaselaskelma: Suunnitteluratkaisu ei täytä vaatimuksia.

**Energiatodistus (Energy Certificate):**

**C**

Energialuokan raja-arvot: 135 ≤ E-luku ≤ 171

Kuva 26. Yhteenveto, selvitys



Kuva 27. Toimenpide-ehdotukset ja lisämerkinnät

## 8.18 IFC

Mikäli kohde on uudisrakennus ja tarvitaan dynaamista kesäajan lämpötilan tarkastuslaskentaa voidaan tiloista tehdä IFC-tiedosto, joka on mahdollista viedä muihin laskentaohjelmiin. Tila-työkalurivillä on 'IFC vienti' -painike, joka sovelluksesta riippuen on hieman erilainen.

## 9 Pohdinta

Energiatodistus on oiva apuväline kiinteistön energiankulutuksen tutkailuun, kuitenkin sitä on osattava tulkita, ympäristöministeriön energiatodistusoppaasta on apua todistusta tulkittaessa. Energiatodistus on lähtötiedoista riippuen helppo ja nopea laskea. Suurin työ onkin usein laskennassa tarvittavien lähtötietojen



selvittämisessä. Tämän vuoksi onkin hyvä, että todistuksen laatijan on aina käytävä kiinteistössä paikan päällä. Kun kyseessä on jo olemassa oleva rakennus, on sille annettava energiatehokkuutta koskevia parannusehdotuksia. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutustua energiatodistukseen ja sen laadintaan. Todistus ja sen laskenta tulivat kyllä tutuiksi, mutta todistuksen monet osa-alueet vain pääpiirteittäin. Monet laskennassa tarvittavat tiedot ja arvot saadaan suoraan rakentamismääräyskokoelmista ja niiden laskemiseen ei tässä opinnäytetyössä tutustuttu tarkemmin.

Energiankulutuksen pienentäminen on helpointa ja edullisinta muuttamalla kulutustottumuksia, kuitenkin vanhojen järjestelmien ja niiden ohjauslaitteiden vaihtaminen nykyaikaisempiin tuo selvää säästöä. Edullisin tapa on vaihtaa vanhat mekaaniset termostaatit uusiin elektronisiin termostaatteihin. Motivan Sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvarissa tutkittiin keinoja sähkölämmitteisten talojen energiakulujen alentamiseen. Tulosten mukaan sähkölämmitteisessä talossa voidaan varsin yksinkertaisin toimin saavuttaa jopa 20 prosentin säästö lämmityskustannuksissa.

CADS Planner pro -ohjelmilla energiatodistuksen laatiminen on nopeaa ja vaivatonta, mikäli laskennan kohde on piirretty CADS:illä, ohjelma laskee suurimman osan tarvittavista tiedoista suoraan projektitiedoista. CADS käyttää laskentaan rakentamismääräyskokoelman taulukkoarvoja. Nämä arvot kohteesta riippuen, joko huonontavat E-lukua, tai mahdollisesti antavat paremman tuloksen kuin realistiset arvot.

## Lähteet

1. Energiatodistus info. Saatavissa: <http://energiatodistus.info/>. [Viitattu 14.2.2014.]
2. Ympäristöministeriö Energiatodistusopas. Julkaistu 27.09.2013 | sivuja: 34. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2F479B50-D83D-4A2C-B726-749FBCF5F7CD%7D/91388> [Viitattu 14.4.2014]
3. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011 –tutkimusraportti. Julkaistu 26.02.2013 | sivuja 52. Saatavissa: [http://www.tem.fi/files/35856/Kotalouksien\\_sahkonkaytto\\_2011\\_raportti.pdf](http://www.tem.fi/files/35856/Kotalouksien_sahkonkaytto_2011_raportti.pdf) [Viitattu 14.04.2014]
4. Turvallisuus ja kemikaalivirasto, sähkölaitteiden vaatimukset. Julkaistu 14.01.2013 saatavissa: <http://www.tukes.fi/fi/Toimialat/Sahko-ja-hissit/Sahkolaitteet1/Sahkolaitteiden-vaatimukset/EcoDesign---Tuotteiden-ekologinen-suunnittelu-ja-energiamerkinnaat/> [Viitattu 16.04.2014.]
5. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu, rakennuksen energiato-distus. Julkaistu 3.10.2013, päivitetty 17.3.2014 saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/energiatodistus> [Viitattu 14.03.2014.]
6. Ympäristöministeriön muistio: Kalliomäki, P. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Julkaistu 28.03. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/4147/Muistio\\_rakentamismaaraysten\\_osasta\\_D3.pdf](http://www.motiva.fi/files/4147/Muistio_rakentamismaaraysten_osasta_D3.pdf) 2011 [Viitattu 20.04.2014.]
7. Mattinetti; Sähköopisto, sähkölämmitysvaihtoehdot. Saatavissa: <http://www.mattinetti.fi/sahkolammitysvaihtoehdot> [Viitattu 16.4.2014.]
8. Motiva: Tekniikka avuksi sähkölämmityksen tehostamiseen. Saatavissa: [www.stul.fi/Download.ashx?id=35704&type=1](http://www.stul.fi/Download.ashx?id=35704&type=1) [Viitattu 8.5.2014.]
9. Motiva: eri lämmitysmuodot. Päivitetty 17.4.2013 Saatavissa: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot) [Viitattu 13.02.2014.]
10. Energiateollisuus, koti ja lämmitys. Saatavissa: <http://energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys> [Viitattu 23.05.2014.]
11. Nilan lämpöpumput, E-luku ja uudet rakennusmääräykset. [Viitattu 25.03.2014] Saatavissa: <http://www.nilan.fi/uutiset/e-luku-ja-uudet-rakennusmaaraykset/>
12. Pellettienergia, Uusiutuvan energian pellettilämpöä laatulaitteilla. Saata-vissa: <http://www.pellettienergia.fi/Laitteet> [Viitattu 14.04.2014.]
13. CADS Planner -ohjelmiston Online-ohje [Viitattu 16.4.2014.]
14. EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI rakennusten energiatehokkuudesta. Julkaistu 13.11.2008 | sivuja: 60. Saatavissa: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0780:FIN:fi:PDF> [Viitattu 16.04.2014.]
15. SFS-EN 12464-1 Sisävalaistusstandardi. Julkaistu 10.10.2011 | sivuja: 95 [Viitattu 28.03.2014.]
16. Valonsäätö 2012 verkkodokumentti. Fagerhult Oy. Saatavissa: [http://fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/EU\\_direktiivi\\_12.pdf](http://fagerhult.fi/indoor/planering/technical-info/pdf/EU_direktiivi_12.pdf) . [Viitattu 28.03.2014.]

17. ST 21.32 Rakennusten energiatehokkuusvaatimusten huomioonottaminen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien suunnittelussa. Julkaistu 06.03.2012 | sivuja: 27 [Viitattu 28.03.2014.]
18. MSN sääpalvelu. Saatavissa:  
<http://weather.uk.msn.com/tenday.aspx?wealocations=wc:15652&q=Joensuu%2c+FIN+forecast:averagesm>
19. Motiva, sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvari. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/koti\\_ ja\\_ asuminen/nain\\_ saastat\\_ energiaa/sahkolammityksen\\_ tehostamisohjelma\\_ elvari](http://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/nain_ saastat_ energiaa/sahkolammityksen_ tehostamisohjelma_ elvari) [Viitattu 10.05.2014.]
20. Rakentamismääräyskokoelma osa D5 (2007), Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta julkaistu 19.06.2007 | sivuja: 72. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf> [Viitattu 02.5.2014.]
21. Lampputieto, valaistusvoimakkuus eri tiloissa. Saatavissa:  
<http://www.lampputieto.fi/valaistussuunnittelu/valaistusvoimakkuus/> [Viitattu 14.04.2014.]
22. Pohjois-Karjalan Sähkö, energianeuvonta. Saatavissa:  
<http://energianeuvonta.pks.fi/kaytaoikein/tehosta-lammitysta-uusimallatermostaatit> [Viitattu 18.04.2014.]
23. Ympäristöministeriö, Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi - laskentaopas Julkaistu 15.09.2011 | sivuja: 133. Saatavissa:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BCA99FFCB-627B-48C8-8EB0-607F36B178A5%7D/30751> [Viitattu 28.03.2014.]
24. Ympäristöministeriön asetus, rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta. Julkaistu 19.06.2007 | sivuja: 72. Saatavissa:  
<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf> [Viitattu 28.03.2014.]
25. Ympäristöministeriö, Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi - laskentaopas Julkaistu 15.09.2011 | sivuja: 133. Saatavissa:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BCA99FFCB-627B-48C8-8EB0-607F36B178A5%7D/30751> [Viitattu 28.03.2014.]
26. Rakentamismääräyskokoelma osa D3 (2012), Rakennuksen energiatehokkuus. Julkaistu 30.03.2011 | sivuja: 35. Saatavissa:  
[http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012\\_Suomi.pdf](http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Suomi.pdf) [Viitattu 02.5.2014.]
27. Keto A, Energiamuotojen kerroin Yleiset perusteet ja toteutuneen sähkön- ja lämmöntuotannon kertoimet Raportti Ympäristöministeriölle. Julkaistu 23.03.2010 | sivuja: 104. Saatavissa:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7BA6ABCFF7-55FA-412C-A0C7-FEE5CC0A2F24%7D/30744> [Viitattu 25.04.2014.]
28. Tarjanne R., Kivistö A. Sähkön tuotantokustannusvertailu-tutkimusraportti. Saatavissa:  
[http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74579/kandi\\_lauri\\_anttila.pdf?sequence=1](http://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/74579/kandi_lauri_anttila.pdf?sequence=1) [Viitattu 8.4.2014.]
29. Anttila L. Sekajätettä ja energiajätettä polttavien jätteenpolttolaitosten energiantuotannon hyötysuhteet. Julkaistu 21.11.2011 | sivuja: 48 Saatavissa:  
<https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/38219/isbn9789522145444.pdf> [Viitattu 6.5.2014.]
30. Pohjois-Karjalan Sähkö, Omawatti-palvelu

31. Ympäristöministeriö, Tasauskalkentaopas 2012. Julkaistu 24.11.2011| sivuja: 48. Saatavissa:  
<http://www.ym.fi/download/noname/%7B4A826B40-9B82-4749-B6BA-7A3537EA9DAE%7D/40514>[Viitattu 26.04.2014.]
32. Pohjois-Karjalan Sähkö, energianeuvonta. Saatavissa: Energianeuvonta.pks.fi [Viitattu 18.04.2014.]
33. Ilmatieteenlaitos vuositilastot. Saatavissa:  
<http://ilmatieteenlaitos.fi/vuositilastot> Viitattu [14.05.2014.]
34. Lämpöpumppujen soveltuvuus eri talotyyppeihin -PDF dokumentti. Saatavissa:  
[http://energianeuvonta.pks.fi/file/439/lampopumpputyypien\\_soveltuvuus\\_erilaisiin\\_taloihin-laajaversio.pdf](http://energianeuvonta.pks.fi/file/439/lampopumpputyypien_soveltuvuus_erilaisiin_taloihin-laajaversio.pdf) [Viitattu 5.4.2014.]

## Laiteryhmäkohtaisia sähkönkulutuksia

### 7.4 Laiteryhmäkohtaisia sähkönkulutuksia

#### 7.4.1

Mikäli rakennuksen sähkölaitteet tunnetaan tarkemmin, voidaan niiden sähkönkulutus laskea laiteryhmäkohtaisesti ominaissähkönkulutuksen perusteella. Näistä laskettua kulutusta voidaan käyttää taulukon 7.1 arvojen sijasta.

#### 7.4.2

Laitteiden sähköenergiankulutus voidaan määrittää asuinrakennuksille taulukon 7.4 ja toimistorakennuksille taulukon 7.5 ominaissähkönkulutusten perusteella.

<i>Taulukko 7.4 Asuinrakennusten tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia.</i>			
Laiteryhmä	Asuinkerrostalon kulutus	Pientalon kulutus	Yksikkö
<b>Pumput</b>			
Lämmitysverkosto	1 200	1 700	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
LKV-kierto	1 200	1 200	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> pumppujen energiankulutus on ilmoitettu vesivirtaa kohti			
<b>Muut kohteet</b>			
Talosauna	410	-	kWh/asunto
Talopesula	67	-	kWh/asunto
Hissi	23	-	kWh/asukas
Autopaikat	150	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	2	kWh/brm <sup>2</sup>
<b>Huoneistojen laitteet</b>			
Liesi	340	520	kWh/kpl
Mikroaaltouuni	50	55	kWh/kpl
Kahvinkeitin	70	70	kWh/kpl
Astianpesukone	170	250	kWh/kpl
Jääkaappipakastin	740	270 (Jääkaappi)	kWh/kpl
Jää-viileäkaappi	330	330	kWh/kpl
Kaappipakastin	380	380	kWh/kpl
Pyykinpesukone	130	240	kWh/kpl
Kuivausrumpu	300	300	kWh/kpl
TV	200	200	kWh/kpl
Video	95	95	kWh/kpl
PC	80	80	kWh/kpl
Huoneistos sauna	8	8	kWh/lämmityskerta

Lähde: Ympäristöministeriön asetus, rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta. Julkaistu 19.06.2007 s. 37.

## Toimistorakennuksen laiteryhmäkohtaisia sähkönkulutuksia

<i>Taulukko 7.5 Toimistorakennuksen tyypillisiä laiteryhmäkohtaisia sähköenergian vuotuisia ominaiskulutuksia.</i>		
Laiteryhmä	Ominaiskulutus	Yksikkö
<b>Pumput</b>		
Lämmitysverkosto	1 200	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
LKV-kierto	1 200	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
IV-verkosto	1 200	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
IV-patteripumput	700	kWh/(dm <sup>3</sup> /s) <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> pumppujen energiankulutus on ilmoitettu vesivirtaa kohti		
<b>Muut kohteet</b>		
Ruokala	0,75	kWh/annos
Edustussauna	20	kWh/kerta
Hissi	2000	kWh/(8 henkilön hissi)
Autopaikat	150	kWh/paikka
Pihavalaistus	2	kWh/brm <sup>2</sup>
<b>Toimistolaitteet</b>		
Kannettava PC	24	kWh/kpl
PC:t+näyttö	430	kWh/kpl
Kopiokoneet	1 700	kWh/kpl
Laserkirjoittimet	400	kWh/kpl

Lähde: Ympäristöministeriön asetus, rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta. Julkaistu 19.06.2007 s. 3

A lämmitetty nettoala, m<sup>2</sup>

Taulukko 5. Erillisten pientalojen sekä rivi- ja ketjutalojen kattiloiden ja KL-lämmönjako-keskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Huonekohtaisen sähkölämmityksen hyötysuhteena käytetään arvoa  $\eta_{\text{netto}}=1$  kaikille kuukausille ja koko vuodelle. Huonekohtaisen sähkölämmityksen lämmöntuoton sähkönkulutuksen ohjearvo = 0 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Kuukausi	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	pelletti kattila	puukattila energia- varaajalla	sähkö- kattila	kauko- lämpö
1	0,86	0,92	0,98	0,81	0,78	0,94	0,96
2	0,86	0,92	0,98	0,81	0,78	0,93	0,96
3	0,83	0,89	0,94	0,77	0,71	0,90	0,95
4	0,79	0,85	0,91	0,73	0,75	0,86	0,93
5	0,72	0,79	0,84	0,65	0,69	0,79	0,91
6	0,67	0,73	0,78	0,60	0,55	0,74	0,91
7	0,68	0,74	0,78	0,60	0,67	0,74	0,91
8	0,67	0,73	0,78	0,60	0,57	0,74	0,91
9	0,73	0,79	0,84	0,66	0,67	0,79	0,91
10	0,80	0,86	0,91	0,74	0,76	0,87	0,94
11	0,83	0,90	0,95	0,78	0,74	0,91	0,95
12	0,85	0,91	0,97	0,80	0,79	0,93	0,96
<b>Vuosi- hyötysuhde</b>	<b>0,81</b>	<b>0,87</b>	<b>0,92</b>	<b>0,75</b>	<b>0,73</b>	<b>0,88</b>	<b>0,94</b>
<b>Sähkö kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>0,99<sup>(1)</sup> 0,59<sup>(2)</sup></b>	<b>1,07</b>	<b>0,68</b>	<b>0,77</b>	<b>0,38</b>	<b>0,02</b>	<b>0,6</b>

<sup>1)</sup> öljy<sup>2)</sup> kaasu

Taulukko 6. Muiden (isompien) rakennusten kattiloiden ja KL-lämmönjakokeskusten hyötysuhteiden ja sähkönkulutuksen ohjearvoja. Huonekohtaisen sähkölämmityksen hyötysuhteena käytetään arvoa  $\eta_{\text{netto}}=1$  kaikille kuukausille ja koko vuodelle. Huonekohtaisen sähkölämmityksen lämmöntuoton sähkönkulutuksen ohjearvo = 0 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Kuukausi	standardi öljy/kaasu	kondenssi öljy	kondenssi kaasu	pelletti- kattila	puukattila energiavaraajalla	kaukolämpö
1	0,92	0,97	1,03	0,87	0,84	0,98
2	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,98
3	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98
4	0,88	0,93	0,99	0,80	0,80	0,95
5	0,78	0,83	0,88	0,64	0,71	0,88
6	0,68	0,73	0,77	0,51	0,60	0,83
7	0,67	0,71	0,76	0,50	0,59	0,82
8	0,67	0,72	0,77	0,51	0,61	0,83
9	0,77	0,82	0,87	0,63	0,72	0,88
10	0,88	0,93	0,99	0,81	0,82	0,96
11	0,91	0,96	1,02	0,86	0,83	0,98
12	0,92	0,97	1,03	0,88	0,84	0,99
<b>Vuosi- hyötysuhde</b>	<b>0,90</b>	<b>0,95</b>	<b>1,01</b>	<b>0,84</b>	<b>0,82</b>	<b>0,97</b>
<b>Sähkö kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	<b>0,24<sup>(1)</sup> 0,11<sup>(2)</sup></b>	<b>0,25</b>	<b>0,12</b>	<b>0,13</b>	<b>0,25</b>	<b>0,07</b>

<sup>1)</sup> öljy<sup>2)</sup> kaasu

Lähde: Ympäristöministeriö, Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi - laskentaopas Julkaistu 15.09.2011 s. 24.

## Käyttöveden ominaiskulutus ja lämmitysenergian nettotarve

Lämpimän käyttöveden tarvitsema vuotuinen lämmitysenergia lasketaan käyttämällä taulukon 9 ominaiskulutuksia ja niitä vastaavia lämmitysenergian nettotarpeita. Kylmän veden lämpötilana käytetään 5 °C ja lämpimän veden lämpötilana 55 °C.

*Taulukko 9. Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus ja sitä vastaava lämmitysenergian nettotarve lämmitettyä nettoalaa kohti.*

Käyttötarkoituserä	LKV:n ominaiskulutus dm <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)	Lämmitysenergia kWh/(m <sup>2</sup> 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

Lähde: Ympäristöministeriö, Lämmitysjärjestelmät ja lämmin käyttövesi - laskentaopas Julkaistu 15.09.2011 s. 89.



## Rakennusten sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti

### 3.3 Rakennuksen standardikäyttö ja sisäiset lämpökuormat

#### 3.3.1

Rakennusten standardikäyttö ja sitä vastaavat sisäiset lämpökuormat on määritelty taulukossa 3. Pientalojen arvoja käytetään myös pari-, rivi- ja ketjutaloille.

*Taulukko 3. Rakennusten standardikäyttö ja energialaskennassa käytettävät sisäiset lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohti. Käyttöaika esittää kuinka monta tuntia vuorokaudessa ja päivää viikossa rakennusta käytetään. Käyttöaste on keskimääräinen valaistuksen ja kuluttajalaitteiden käyttöaste sekä ihmisten läsnäolo rakennuksen käyttöajan aikana.*

Käyttötarkoitushuokka	Kellonaika <sup>a</sup>	Käyttöaika		Käyttöaste	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Ihmiset <sup>a</sup> W/m <sup>2</sup>
		h/24h	d/7d				
Erillinen pientalo sekä rivi- ja ketjutalo	00:00-24:00	24	7	0,6	8 <sup>b,c</sup>	3	2
Asuinkerrostalo	00:00-24:00	24	7	0,6	11 <sup>b,c</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
Lukuntahalli	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

a ei sisällä kosteuteen sitounutta lämpöä, kokonaislämmönluovutus saadaan jakamalla kertoimella 0,6

b asuinrakennusten valaistuksen käyttöaste on 0,1

c 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.

d ilmanvaihdon käyttöaika kohdan 3.3.7 mukaisesti

#### 3.3.2 Valaistuksen ja kuluttajalaitteiden vuotuinen lämpökuorma Q (kWh/m<sup>2</sup>) lasketaan:

$$Q = kP \frac{\tau_d}{24} \frac{\tau_w}{7} \frac{8760}{1000} \quad (4)$$

k käyttöaste;  
P lämpökuorma W/m<sup>2</sup>;  
 $\tau_d$  rakennuksen käyttötuntien lukumäärä vuorokaudessa h;  
 $\tau_w$  rakennuksen käyttöpäivien lukumäärä viikossa d.

#### 3.3.3

Taulukossa 3 on annettu E-luvun laskennassa käytettävät valaistuksen ohjearvot uudisrakennuksille. Kokonaisenergiankulutuksen laskennassa pienempää valaistustehoa voidaan käyttää mikäli valaistustaso säilyy. Valaistustasosta on tällöin esitettävä erilliselvitys energialaskennan lähtötietojen osana.

#### Selostus

Tilakohtaisia valaistuksen valaistustason ohjearvoja on annettu esimerkiksi standardissa SFS-EN 12464-1.

#### 3.3.4

Mikäli rakennuksessa on tarpeenmukainen valaistuksen ohjaus, lasketaan valaistuksen käyttötuntien määrä taulukon 3 käyttöajoilla. Tällöin keskimääräisen valaistustehon laskennassa käytettävän mallin on oltava tilakohtainen ja tilojen on täytettävä niille asetetut käyttötarkoituksen mukaiset valaistustasovaatimukset. Keskimääräisen valaistustehon laskenta voidaan tehdä tilatyypikohtaisesti, jolloin rakennuksen keskimääräinen valaistusteho saadaan tyyppitilojen pinta-aloilla painotettuna keskiarvona.

Lähde: Rakentamismääräyskokoelma osa D3 (2012), Rakennuksen energiatehokkuus. s. 19

## Lämpöpumppujen soveltuvuus eri talotyyppeihin

### Lämpöpumppujen soveltuvuus eri talotyyppeihin

Taulukkoon on koottu miten ilma-, ilmavesi- ja maalämpöpumput sopivat erilaisilla sähkölämmitysratkaisuilla varustettuihin pientaloihin. Talot on jaettu rakennusvuosikymmenen mukaan viiteen ryhmään. Lämpöpumppujen soveltuvuus eri lämmitysratkaisuihin perustuu sähkölämmityksen tehostamisohjelma Elvarin tutkimustuloksiin.

Talomäärittelyt ja energiankulutus vuodessa	Lämmitysratkaisu lähtötilanteessa	Lämpöpumppujen kannattavuus*, investoinnit (€), säästöt (kWh), säästöt (€), takaisinmaksuaika (v)		
		Ilmalämpöpumppu	Ilmavesilämpöpumppu	Maalämpöpumppu
<p>Lähteet: Sähkön kokonaiskulutus tyypitaloitain, Adatan sähkökäyttöselvitys 2011 ja Energiantarpeen jakautuminen, Elvari tutkimukset</p>				
<p>Uusi tai uudehko okt, rak.1990 jälkeen, 150 m<sup>2</sup> Kokonaiskulutus 19 500 kWh/a huonetilojen lämmitys 8 000 kWh käyttöveden lämmitys 4000 kWh kotitaloussähkö 7 500 kWh</p>	<p>Sähköpatterit</p>	<p>++++ 1500-2500 € 3020 kWh 393 € 3,8-6,4 v</p>	-	-
	<p>Vesikiertoinen lattialämmitys + 1000-2000 litran vesivaraaja</p>	<p>++++ 1500-2500 € 3020 kWh 393 € 3,8-6,4 v</p>	<p>+++ 7000-14000 € 6300 kWh 819 € (32 % kok. kul.) 8,5-17 v</p>	<p>++ 14000-18000 € 8000 kWh 1040 € (41 % kok. kul.) 13,5-17,3 v</p>
<p>1980 -luvun okt, 120 m<sup>2</sup> Kokonaiskulutus 20 400 kWh/a huonetilojen lämmitys 9 900 kWh käyttöveden lämmitys 4 000 kWh kotitaloussähkö 6 500 kWh</p>	Sähköpatterit	<p>++++ 1500-2500 € 3020 kWh 393 € 3,8-6,4 v</p>	-	-
<p>1970 -luvun pieni okt, 100 m<sup>2</sup> Kokonaiskulutus 20 000 kWh/a huonetilojen lämmitys 11 000 kWh käyttöveden lämmitys 4 000 kWh kotitaloussähkö 5 000 kWh</p>	Sähköpatterit	<p>++++ 1500-2500 € 3020 kWh 393 € 3,8-6,4 v</p>	-	-
<p>1960 -luvun iso ja matala 1-krs okt, 200 m<sup>2</sup> Kokonaiskulutus 44 000 kWh/a huonetilojen lämmitys 33 000 kWh käyttöveden lämmitys 5 000 kWh kotitaloussähkö 6 000 kWh</p>	Vesikiertoinen sähkölämmitys pattereilla ja 3000-5000 litran lämmitysvaraaja	<p>++++ 1500-2500 € 3780 kWh 491 € 3,1-5,1 v</p>	<p>++++ 9000-16000 € 19900 kWh 2587 € (45 % kok. kul.) 3,5-6,2 v</p>	<p>++++ 18000-26000 € 25300 kWh 3289 € (58 % kok. kul.) 5,4-7,9 v</p>
<p>Rintamamiestalo 1945-1960, 120 m<sup>2</sup>+40 m<sup>2</sup> Kokonaiskulutus 32 000 kWh/a huonetilojen lämmitys 23 000 kWh käyttöveden lämmitys 4 000 kWh kotitaloussähkö 5 000 kWh</p>	Vesikiertoinen sähkölämmitys pattereilla ja 3000-5000 litran lämmitysvaraaja	<p>++++ 1500-2500 € 3780 kWh 491 € 3,1-5,1 v</p>	<p>++++ 8000-15000 € 14100 kWh 1833 € (44 % kok. kul.) 4,4-8,2 v</p>	<p>++++ 16000-23000 € 18000 kWh 2340 € (56 % kok. kul.) 6,8-9,8 v</p>
<p>Kokonaiskulutus sisältää tilojen ja käyttöveden lämmityksen sekä taloussähkön. Kulutus ja lämpöpumpulla saatava säästö voivat tapauskohtaisesti olla pienempiä tai suurempia kuin ikäkauden tyypitalojen kohdalla on arvioitu.</p>		<p>* erittäin huonosti kannattava + erinomaisesti kannattava +++++ teknisesti soveltumaton - oletuksena sähkön kokonaishinta 13 c/ kWh, korko 0 %</p>		

Sähkölämmityksen tehostaminen



Toteutuneeseen kulutuslukemaan vaikuttavat oleellisesti:

- maantieteellinen sijainti
- vuosien välinen lämmitystarpeen vaihtelu
- käyttötottumukset
- LVI-järjestelmien säädöt
- takan käyttö ja
- talon remontointiaste energiatehokkuustoimien osalta

Kannattavuus /soveltavuus on ilmaista asteikolla:

erittäin huonosti kannattava + -> erinomaisesti kannattava +++++  
teknisesti soveltumaton -

#### Ilmalämpöpumpun soveltavuus eri lämmitysratkaisuihin tai asunnon sijaintiin

- Säästö noin 1500-5 000 kWh vuodessa
- Edellyttää pattereiden/lattialämmityksen säätämistä noin 4 astetta alaspäin, suodattimen puhdistusta kuukausittain sekä ilman esteetöntä leviämistä rakennuksen tiloihin.
- Olosuhteet, käytötapa ja maantieteellinen sijainti vaikuttavat merkittävästi säästöihin

Lämmitystapa tai sijainti	Kannattavuus/soveltavuus
kuiva sähkölämmitys / patterit	++++
kuiva sähkölämmitys / lattialämmitys kaapeleilla	++++
vesikiertoinen lämmitys / patterit	++++
vesikiertoinen lämmitys / lattialämmitys	++++
Etelä-Suomi	++++
Pohjois-Suomi	+++

Lähteet: Säästölaskelman osalta Ympäristöministeriön vahvistama laskentamalli (Käytetty SPF-lukua 2,7) ja säästön yleinen vaihteluväli: Elvari-tutkimus 2012, seuranta vuosilta 2005-2011)

#### Ilma-vesilämpöpumpun soveltavuus eri lämmitysratkaisuihin tai asunnon sijaintiin

- Säästö 17-52 % kokonaisenergiakuluksesta
- Kannattavaa, kun kokonaisenergiakulutus on yli 25 000 kWh vuodessa
- Lämmitysenergiakulutusmäärä, lämpimän käyttöveden tarve, lämmitysveden lämpötila ja maantieteellinen sijainti vaikuttavat oleellisesti säästötekijöihin.

Lämmitystapa tai sijainti	Kannattavuus/soveltavuus	Edellytykset
kuiva sähkölämmitys / patterit	-	soveltuu vain käyttöveden lämmitykseen, edellyttää vesikiertoista lämmönjakoverkkoa
kuiva sähkölämmitys / lattialämmitys kaapeleilla	-	soveltuu vain käyttöveden lämmitykseen, edellyttää vesikiertoista lämmönjakoverkkoa
vesikiertoinen lämmitys / patterit	+++	
vesikiertoinen lämmitys / lattialämmitys	++++	
Etelä-Suomi	++++	
Pohjois-Suomi	++	

Lähde: Elvari-tutkimus 2012, seuranta lähinnä vuosilta 2008-2011. Säästölaskelma on tehty käyttäen SPF-lukua 2,1.

#### Maalämpöpumpun soveltavuus eri lämmitysratkaisuihin

- Säästö 40-62 % kokonaisenergiakuluksesta
- Kannattavaa, kun kokonaisenergiakulutus on yli 35 000 kWh vuodessa
- Lämmitysenergian kulutus, lämpimän käyttöveden tarve ja lämmitysveden lämpötila vaikuttavat oleellisesti säästötekijöihin.
- Lämmönkeruutapa vaikuttaa oleellisesti investointikustannuksiin ja edelleen hankinnan takaisinmaksuaikaan suurissa kohteissa.

Lämmitystapa	Kannattavuus/soveltavuus	Edellytykset
kuiva sähkölämmitys / patterit	-	soveltuu vain käyttöveden lämmitykseen, edellyttää vesikiertoista lämmönjakoverkkoa
kuiva sähkölämmitys / lattialämmitys kaapeleilla	-	soveltuu vain käyttöveden lämmitykseen, edellyttää vesikiertoista lämmönjakoverkkoa
vesikiertoinen lämmitys / patterit	++++	
vesikiertoinen lämmitys / lattialämmitys	++++	

Lähde: Elvari-tutkimus, kulutusseuranta vuosilta 2006-2011. Säästölaskelma on tehty käyttäen SPF-lukua 3,0.

#### Poistoilma-lämpöpumppu soveltuu parhaiten

pieneen tai keskikokoiseen uudistaloon, jossa on matalaenergia tai passiivitaso energiatehokkuus.

Lähde: Lämpöpumppujen soveltavuus eri talotyyppeihin -PDF dokumentti.



### Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja

<i>Taulukko 7.2.</i>	<i>Rakennuksen valaistuksen tyypillisiä käyttöaikoja <math>\Delta t</math> rakennustyypeittäin.</i>
Rakennustyyppi	Tuntia vuodessa
Asuinkerrostalo	550
Rivitalo	550
Pientalo	550
Toimistorakennus	2 500
Opetusrakennus	1 900
Liikerakennus	4 000
Hotelli	5 000
Ravintola	3 500
Liikuntarakennus	5 000
Sairaala	5 000
Muut rakennukset	2 500

Rakentamismääräyskokoelma osa D5 (2007), Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. s. 34.


## Energiatodistuksen laatiminen CADS Planner -ohjelmalla -raportti


KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Rakennus- ja sähkötekniikan koulutusohjelma

Olli Vainikainen  
Eemeli Vartiainen

ENERGIATODISTUKSEN LAATIMINEN CADS PLANNER-OHJELMALLA

Raportti  
Kesäkuu 2014

	<p><b>Kesäkuu 2014</b> <b>Rakennus- ja sähkötekniikan</b> <b>koulutusohjelma</b></p> <p>Karjalankatu 3 80200 JOENSUU +358 50 260 6800</p>
<p><b>Tekijä</b> Olli Vainikainen, Eemeli Vartiainen</p>	
<p><b>Nimeke</b></p> <p>Energiatodistuksen laatiminen Cads planner ohjelmalla</p>	
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Tämä raportti sisältää ohjeet energiatodistuksen laadintaan Cads Planner Pro ohjelmistolla, lisäksi raportissa on laskettu vertailuarvoja käsin, rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeiden mukaan. Raportti tehtiin rakennus- ja sähkötekniikan opiskelijoiden toimesta. Raportti toimii liitteenä molempien opinnäytetöissä.</p>	
<p><b>Kieli</b> suomi</p>	<p><b>Sivuja</b> 24</p>
<p><b>Asiasanat</b> Energiatodistus, Cads Planner, energiatehokkuus</p>	

 <p><b>Karelia</b> UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES</p>	<p>June 2014 Degree Programme in Civil and Electrical Engineering</p> <p>Karjalankatu 3 FI 80200 JOENSUU FINLAND +358 50 260 6800</p>
<p>Authors</p> <p>Olli Vainikainen, Eemeli Vartiainen</p>	
<p>Title</p> <p>Karelia university of applied sciences</p>	
<p>Abstract</p> <p>This report contains the instructions for the preparation of the energy audit using CADs Planner Pro –software. The report benchmarks have been hand calculated, according to the National Building Code Part D5 instructions. The report was made by civil engineering student Olli Vainikainen and electrical engineering student Eemeli Vartiainen. The report is used in both students' theses.</p>	
<p>Language Finnish</p>	<p>Pages 24</p>
<p>Keywords</p> <p>Energy audit, Cads Planner</p>	



## SISÄLTÖ

1	Johdanto.....	5
2	Yleistä käytetyistä ohjelmista.....	5
2.1	AutoCad.....	5
2.2	CADS Planner.....	5
2.3	IFC.....	5
3	Kohde.....	6
4	Paperikuvat sähköiseen muotoon.....	6
5	Piirtäminen AutoCad ohjelmistolla.....	6
6	Cads Planner House Pro.....	7
6.1	Piirtäminen.....	7
6.2	Seinän piirto.....	8
6.3	Ikkunoiden ja ovien lisäys.....	9
6.4	Tilajako.....	10
6.5	Uusien rakennetyyppien määrittäminen.....	10
6.6	Tilojen määrittäminen.....	11
6.7	Aukkojen määrittäminen tilaan.....	12
6.8	Tilatietojen muokkaus.....	13
6.9	Tilatietojen hyödyntäminen energialaskelmassa.....	14
7	Energialaskenta.....	15
7.1	Yleistiedot ja perustiedot.....	16
7.2	Johtuminen ja vuotoilma.....	16
7.3	Lämmitysjärjestelmä.....	17
7.4	Ilmanvaihto.....	17
7.5	Valaistus.....	19
7.6	Kuluttajalaitteet.....	22
7.7	Lämpökuorma ja jäähdytys.....	22
7.8	Todistus.....	22
8	Pohdinta.....	22
	Lähteet.....	24

## Liitteet

Liite 1      Energiatodistus

## 1 Johdanto

Tässä raportissa keskityttiin pientalon energiatodistuksen laadintaan. Laskelmat tehtiin Cads Planner ohjelmaa apuna käyttäen. Kohteeksi valittiin Kontiolahdella sijaitseva omakotitalo, jolle laadittiin energiatodistus CADS Planner ohjelmalla, jonka pohjalta molemmat laativat omat opinnäytetyönsä. Rakennustekniikan opiskelija Olli Vainikainen kirjoitti osat 3-6, ja digitalisoi piirustukset. Sähkötekniikan opiskelija Eemeli Vartiainen kirjoitti osat 2 ja 7 ja kertoi yleistä tietoa energiatodistuksen laatimisesta.

## 2 Yleistä käytetyistä ohjelmista

Energiatodistuksen laadinnassa käytettiin CADS Planner –ohjelmaa, kuvien digitalisointiin käytettiin myös Autocad ohjelmaa.

### 2.1 AutoCad

AutoCAD on yhdysvaltalaisen Autodesk Inc kehittämä yleissuunnitteluohjelma, jolla on useita rajapintoja, joiden avulla on mahdollista luoda sisätoimintoja useita eri ohjelmistokieliä käyttäen. Autocadia on mahdollista laajentaa sovelluskohdaisilla laajennuksilla, joita valmistaa Autodesk sekä monet muut yritykset (1).

### 2.2 CADS Planner

Cads Planner on vuonna 1979 perustetun Kyndata Oy:n perustama ohjelmisto, joka on taloteknisten ja arkkitehti- ja rakennesuunnittelun CAD-ohjelma. Ohjelma on IFC-yhteensopiva ja se sisältää eri laitevalmistajien tuotekirjastoja, joita on mahdollista käyttää suunnittelun apuna järjestelmien mitoituksessa ja 3d-mallinnuksissa (2).

### 2.3 IFC

IFC (Industry Foundation Classes) on kansainvälisesti käytetty rakennusalan ISO/PAS 16739 standardi, tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen. IFC-tiedonsiirtoa käytetään tuotemalliperusteisessa rakennussuunnittelussa, standardin avulla on mahdollista siirtää tuotemallitietoa CAD-järjestelmien välillä

kuitenkin vain 3D-geometria ja parametreja, sillä ei voida siirtää piirustusmuotoista tietoa. IFC-standardia kehittää IAI-järjestö (International Alliance for Interoperability) (3).

### 3 Kohde

Kohteeksi valitsimme vuonna 1990 valmistuneen yksikerroksisen kalkkitiili verhoillun omakotitalon, jonka huoneistoala oli 148 m<sup>2</sup> ja kerrosala 163 m<sup>2</sup>. Kohteen autotalli oli myöhemmässä vaiheessa puolitetty ja toisesta puolikkaasta oli tehty makuuhuone. Kohteen avokuisti oli muutettu umpinaiseksi lämpimäksi tilaksi.

### 4 Paperikuvat sähköiseen muotoon

Kiinteistön rakennuspiirustukset piirrettiin ensin Autocad ohjelmalla käyttäen apuna alkuperäisiä paperipiirustuksia, ideana oli siirtää Autocadilla piirretty kuva Cads Planneriin, jolla energiatodistus laadittiin. Autocad ohjelmalla laadittu kuva saatiin siirrettyä Cads Planneriin, mutta rakenteiden ominaisuudet eivät siirtyneet kokonaisuudessaan, ja niinpä piirustukset laadittiin uudestaan käyttäen CADs Planneria. Kohteelle laadittiin energiatehokkuutta parantavia ehdotuksia joille laskettiin kustannukset ja kannattavuus, näistä lisätietoa löytyy varsinaisista opinnäytetyön raporteista.

### 5 Piirtäminen AutoCad ohjelmistolla

Pientalokuvat piirrettiin pohjakuvien ja rakennustapaselosteen pohjalta käyttäen koululle lisensoitua Autocad 2013 Rak ohjelmaa. Piirtäminen alkoi ulkoseinälinjoista, jonka jälkeen tehtiin väliseinälinjat. Seinien piirto tapahtui siten, että ohjelmalla luotiin uusia seinätyyppejä, jotka vastasivat kyseisen talon rakennustapaselosteesta löytyviä seiniä. Kun seinät oli saatu piirrettyä, vuoroon tulivat ikkuna- ja oviaukot, niiden luominen tapahtui samaan tapaan kuin seinien. Tarkkuuden parantamiseksi ikkuna- ja ovikohtiin, tehtiin alkamiskohtaan apuviivat

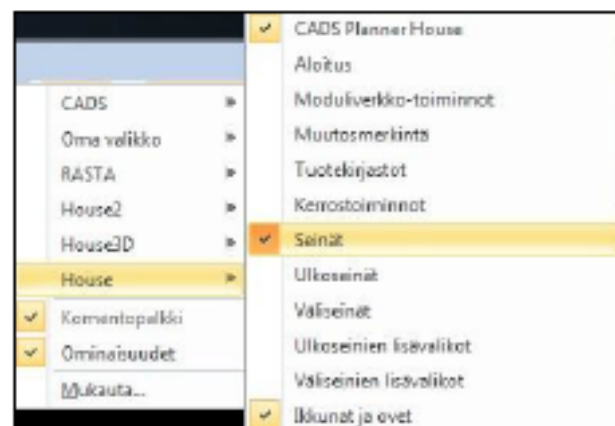
ennen ikkunoiden ja ovien lisäämistä. Kun tämä oli tehty, piirustus tallennettiin dwg-muodossa ja siirryttiin käyttämään Cads Planner ohjelmaa.

## 6 Cads Planner House Pro

Cads Planner House Pro ohjelmisto ei ollut meille entuudestaan tuttu, mutta pohjimmiltaan se on hyvin samantapainen kuin Autocad. Autocadissa laadittu talopiirustus avattiin Cads planner ohjelmassa, pian huomataksimme, ettei Autocadista tuotu kuva toiminut Cads Planner House Pro:ssa kuten odotimme. Ohjelma ei ymmärtänyt kaikkia Autocadissa laadittuja seiniä seininä. 3D restauroinnin jälkeen huomasimme, etteivät kaikki seinät ja aukot olleet kohdallaan. Tästä syystä piirsimme talon uudestaan käyttäen Cads Planner House Pro ohjelmaa.

### 6.1 Piirtäminen

Piirtäminen Cads:llä on hyvin samankaltaista kuin Autocad:llä ja se eteni hyvin, ohjelman tultua tutuksi. Ennen kuin rakenteita päästiin piirtämään, piti ohjelmaan lisätä tarvittavat työkalut. Tämän onnistui painamalla hiiren oikeaa painiketta ylhäällä ohjelman toiminto palkin kohdalla. Hiiren kursori vietiin kohtaan House, jolloin aukesi uusi valikko. Valikosta valittiin tarvittavat työkalut piirtämiseen (Kuva 1).



Kuva 1. Seinä työkalu.

## 6.2 Seinän piirto

Seinän piirtäminen tapahtui Määritä ulkoseinä painikkeella (Kuva 2).



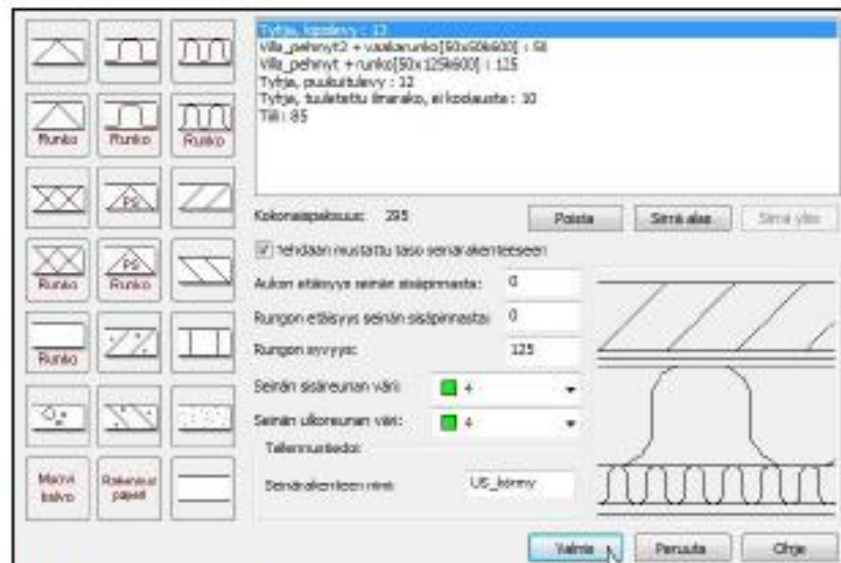
Kuva 2. Ulkoseinän määrittäminen.

Tämän jälkeen aukesi uusi ikkuna, jossa seinän rakenteita pystyi määrittämään (Kuva 3).



Kuva 3. Seinärakenteiden määrittäminen.

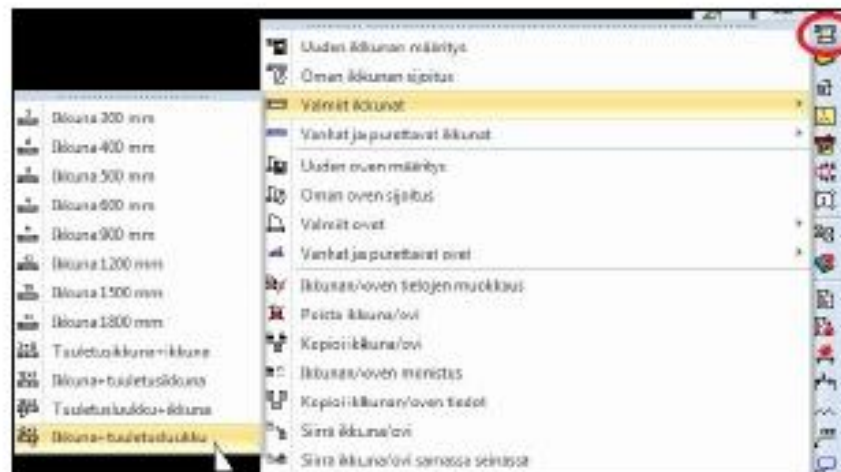
Seinärakenteiden määrittäminen tapahtui sisältä ulospäin. Kun haluttu seinärakenne oli saatu luotua, sille annettiin nimi ja painettiin valmis (Kuva 4). Määritetty seinärakenne pystyttiin nyt piirtämään halutun seinälinjan mukaan.



Kuva 4. Valmis seinärakenne.

### 6.3 Ikkunoiden ja ovien lisäys

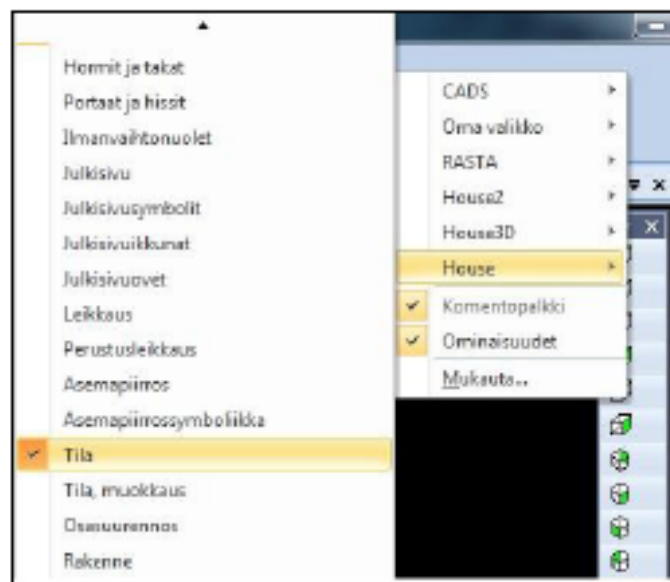
Ikkunat ja ovet voitiin lisätä ohjelmassa samaan tapaan, kuin Autocadissä. Oikeasta reunasta löytyvän ikkunan- ja oven kuvakkeen alta löytyi työkaluja, joilla lisääminen valmiiseen seinään onnistui helposti (Kuva 5). Ikkunoiden ja ovien tietoja ja kokoa pystyi myös muokkaamaan jälkepäin.



Kuva 5. Ikkunoiden ja ovien lisääminen.

#### 6.4 Tilajako

Kun seinät, ovi- ja ikkuna-aukot olivat paikallaan, siirryimme seuraavaksi luomaan tilarajoja. Tilajakoon tarvittiin tilatyökalu. Tilatyökalurivin sai näkyviin painamalla oikeaa hiirenpainiketta ylhäällä ohjelman toiminto palkin kohdalla, jolloin aukeaa valikko. Valikosta hiiren kursori viedään kohtaan House, jolloin aukeaa uusi valikko. Tästä valikosta löytyy Tila, ja tätä klikkaamalla saadaan ohjelmaan lisättyä tila -palkki (Kuva 6).



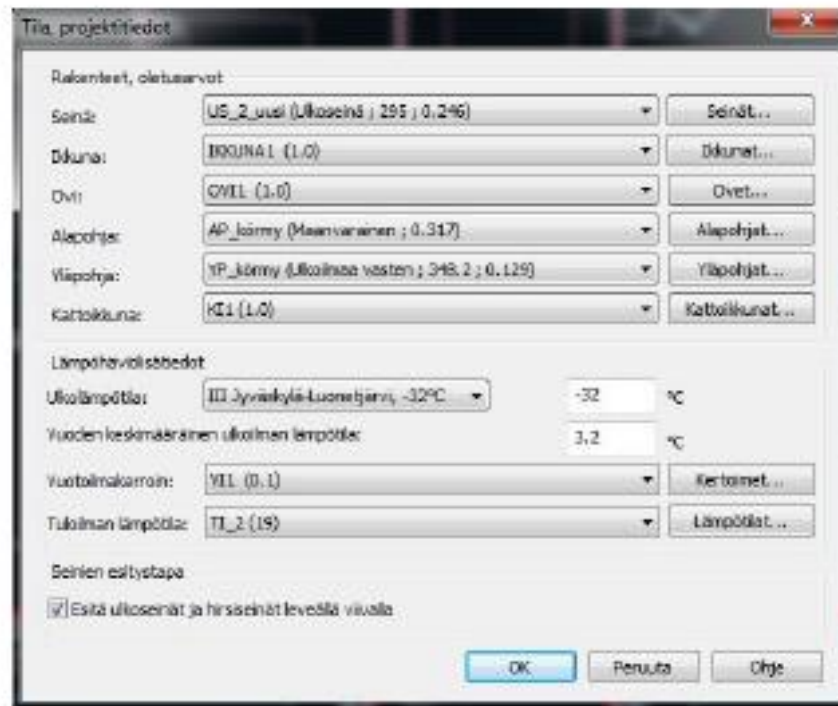
Kuva 6. Tila-palkin lisäys.

#### 6.5 Uusien rakennetyyppien määrittäminen

Uudet rakennetyypit saatiin määritettyä Tila palkista löytyvällä, Määritä tilojen projektitiedot painikkeella (Kuva 7). Tilan projektitietoihin voitiin luoda uudet rakennetyypit valitsemalla oikeanpuoleisista painikkeista, haluttu rakennetyyppi (Kuva 8). Kaikki rakenteet olivat aluksi perusarvoilla, ja ne muutettiin kohteen mukaisiksi. Lämpöväiölisätieto kohtaan valittiin maantieteellisesti lähimpänä sijaitseva kohde, tässä tapauksessa Jyväskylä. Vuotoilmakerroin ja tuloilman lämpötila saatiin valittua kohteeseen sopiviksi.



Kuva 7. tilojen projektitiedot.



Kuva 8. projektitietojen muokkaus.

Projektitietojen muokkaaminen tuotti kuitenkin päänvaivaa, sillä kohteessa oli kaksi erilaista ulkoseinätyyppiä. Oletusarvoksi piti siis valita näistä toinen ja muokata piirustuksen luotuihin tilarajoihin yksi kerrallaan ne seinät, jotka olivat erilaisia.

## 6.6 Tilojen määrittäminen

Piirretty rakennus jaettiin tiloihin käyttäen tila-työkaluriviltä löytyvää Määritä tila-painiketta (Kuva 9). Tilat piirrettiin sisäseinien mukaan huonekohtaisesti.





Kuva 9. Tila palkin tilanmääritys.

### 6.7 Aukkojen määrittäminen tilaan

Ikkunoiden ja ovien kohdat määritettiin tiloihin lisäämällä tilaan aukko (Kuva 10). Ensiksi valittiin aukon alku- ja loppupiste, jonka jälkeen aukon muokausvalikko (Kuva 11).



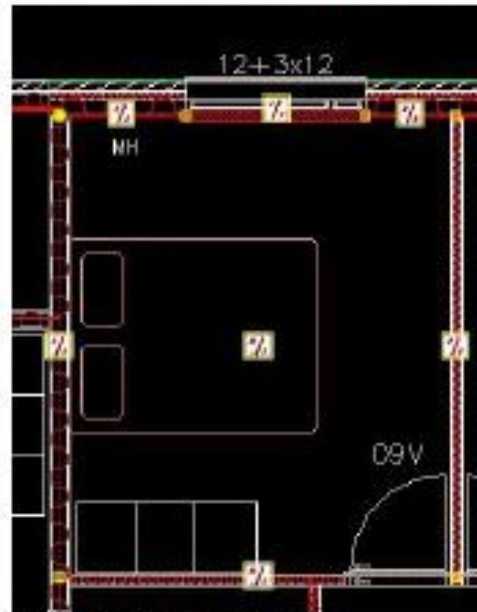
Kuva 10. aukon lisäys tilaan.



Kuva 11. aukon määrittäminen.

### 6.8 Tilatietojen muokkaus

Kun huoneelle oli määritetty tila, tilatietoja päästiin muokkaamaan painamalla luotua tilarajaa. Tilarajan ollessa aktiivinen, ilmestyi tilaan prosentti merkkejä (Kuva 12). Tämän jälkeen voitiin muokata haluttua tilarajan seinää klikkaamalla sen prosenttimerkkiä, tai koko tilan tietoja keskellä olevasta merkistä.



Kuva 12. Luotu tila aktiivisena.

Tilarajan seinän tietoja muokattaessa voitiin valita ulkoseinätyyppi. Jos kyseinen tilaraja ei ollut ulkoseinä, valittiin ylhäältä pelkkä reunalinja, jolloin kyseiselle tilanreunalle ei määritetty u-arvoa. Ohjelma mahdollisti myös poikkeavan ulkolämpötilan valinnan, mikäli viereinen tila olisi esimerkiksi puolilämmin tila (Kuva 13).

Ei seinää, pelkkä tilan reunalinja

Seinätyyppi

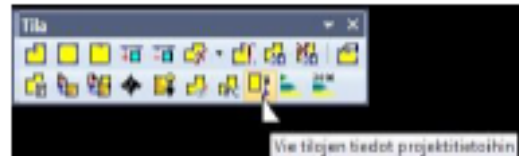
Laatiedot  
 Pintamateriaali/-käyttötyyppi:

Poikkeava ulkolämpötila:

Kuva 13. Tilan seinän tiedot.

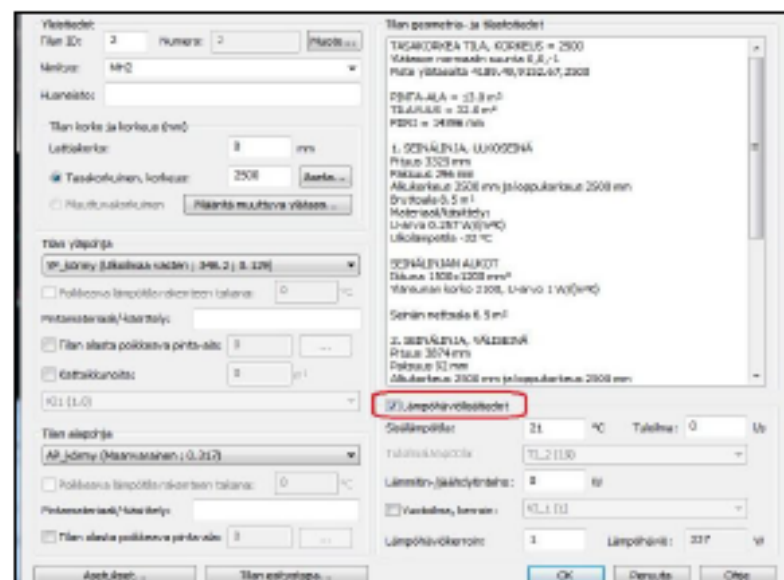
### 6.9 Tilatietojen hyödyntäminen energialaskelmassa

Kun koko rakennus oli jaettu tiloihin, ja tiloihin oli syötetty kohteen tiedot voitiin siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Tilatiedot siirrettiin projektitietoihin (Kuva 14).



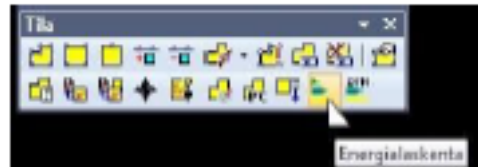
Kuva 14. Tilatietojen siirto projektitietoihin.

Ongelmaksi osoittautuivat lämpöhäviölisätiedot, joita ilman ohjelma ei ymmärtänyt siirtää tilatietoja projektitietoihin. Kun yritimme lisätä tilan tietoja projektitietoihin, ohjelma ilmoitti: "Kuvasta ei löytynyt tilaryhmiä tai yhdellekään tilaryhmälle ei ole määritetty lämpöhäviölisätietoja." Aluksi syötimme kaikki rakennuksen johtumistiedot käsin Cads Planner:in energianlaskennan johtumistietoihin. Tämä tapahtui lisäämällä yksi rakenneosa kerrallaan, ja antamalla sille pinta-ala, u-arvo ja sisälämpötila. Satuimme kuitenkin löytämään lämpöhäviölisätiedot sattumalta, kun olimme tarkastelemassa tilatietoja tilan keskellä olevasta prosenttimerkistä. Tilan tietoihin täytyi laittaa valinta lämpöhäviölisätiedot kohtaan, ja määrittää kohteen sisälämpötila.



Kuva 15. Lämpöhäviölisätiedot.

Kun lämpöhäviölisätiedot oli saatu määritettyä kohteen kaikille tiloille, voitiin tilatiedot siirtää uudestaan projektitietoihin (Kuva 14). Tällä kertaa ohjelma ei enää valittanut tietojen puuttumisesta. Kun tilatiedot oli saatu siirrettyä projektitietoihin, voitiin aloittaa energianlaskenta (Kuva 16).



Kuva 16. Energialaskenta.

## 7 Energialaskenta

Energialaskentaan siirytään Energialaskenta-painikkeella, jolloin ohjelma avaa dialogikäyttöliittymän. Käyttöliittymä on jaettu välilehtiin, jotka on nimetty aihealueittain:

- Yleistiedot
- Perustiedot
- Johtuminen
- Vuotoilma
- Lämmitysjärjestelmä
- Käyttövesi
- Ilmanvaihto
- Laitesähkö
- Lämpökuorma
- Jäähdytys
- Yhteenvedo, selvitys
- Yhteenvedo, todistus

Energialaskenta Cads Planner -ohjelmalla perustuu Suomen rakentamismääräyskokoelman kohdan D5 kuukausitason laskentamenetelmään. Rakennusten energiatehokkuutta koskevat määräykset ja niiden vaatimusten täyttymiseen

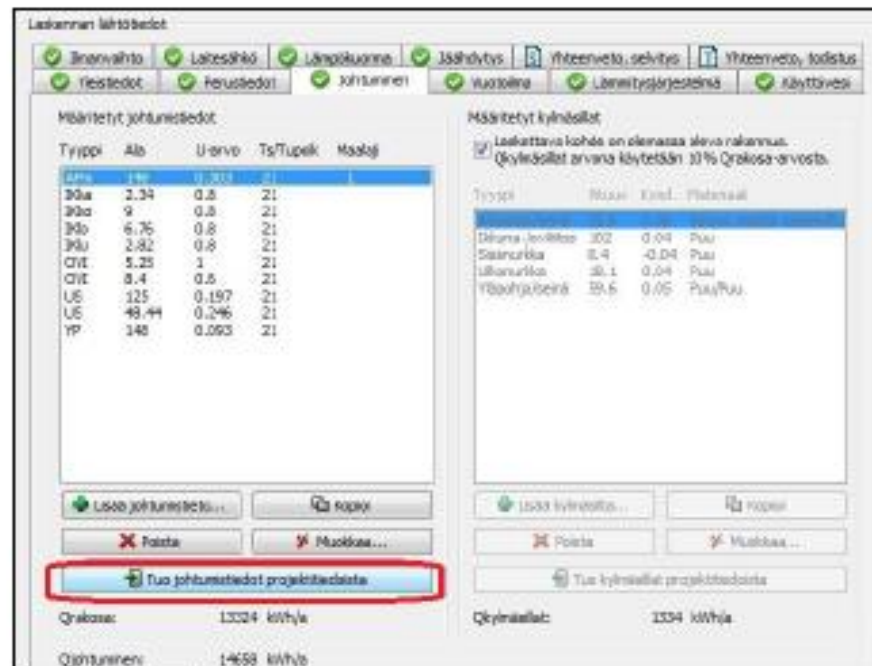
käytetään rakentamismääräyskokoelman osan D3 arvoja. Laskennassa voidaan kuitenkin käyttää tarkempia arvoja mikäli mahdollista. Tarkemmat tiedot voidaan tuoda projektista, mikäli ne ovat sinne aikaisemmin syötetty.(5)

### 7.1 Yleistiedot ja perustiedot

Yleistiedot välilehdelle annettiin yleistietoja rakennuksesta, todistuksesta ja energiaselvityksestä, nämä arvot eivät vaikuttaneet laskentaan. Perustiedot välilehdellä ohjelmaan annettiin laskennassa tarvittavat rakennuksen alat ja tilavuudet, käyttötarkoitus, sekä lämmöntuottotapa ja käytettävä säävyöhyke. Rakennuksen alat ja tilavuudet saatiin tuotua suoraan projektista, lämmöntuottotapana kohteessa on sähkölämmitys ja säävyöhyke on vyöhyke III. Laskentaa ei voi suorittaa ilman kaikkia perustiedot välilehden arvoja.

### 7.2 Johtuminen ja vuotoilma

Tuotuja tilatietoja pystyttiin hyödyntämään energianlaskentaa tehtäessä siten, että johtuminen välilehdellä olevat rakenteelliset johtumistiedot voitiin tuoda laskentaan painamalla tuo johtumistiedot projektitiedoista (Kuva 17). Samaten vuotoilma -välilehden määritetyt vuotoilmatiedot saatiin tuotua suoraan projektitiedoista.



Kuva 17. Johtumistiedot.

### 7.3 Lämmitysjärjestelmä

Kohde kuuluu käyttötarkoitukseluokkaan 1, erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot. Kohteessa on huonekohtainen sähkölämmitys jonka lisäksi kohteen lisälämmöntuotto tapahtuu kahdella tulisijalla ja yhdellä ilmalämpöpumpulla, tulisijojen tuotto on yhteensä 4000 kWh/vuosi ja lämpöpumpun 1000 kWh/vuosi. Käyttöveden kulutus laskettiin pinta-alan mukaan, sillä kohteessa ei ollut huonekohtaisia vesimittareita.

### 7.4 Ilmanvaihto

Kiinteistössä on painovoimainen ilmanvaihto ja tällöin ei voida valita laskentaa D3-taulukkoarvojen mukaan (Kuva 13). Ilmanvaihtokoneelle määritettiin qv,poisto arvon ohjelma toi automaattisesti, tämä on D3 taulukon mukainen arvo. LTO vuosihyötysuhde, nt ja Ppuh arvoiksi annettiin nolla kuva 14. Tällöin tuloilman lämmitystä ei ole ja kaikki lämmitys tapahtuu tilassa, Qiv korvausilma. Ilmanvaihdon sähkönkulutusta,  $W_{\text{ilmanvaihto}}$  ei ole, kun Ppuh arvo on nolla ja lämmitysmuoto on lämmitysjärjestelmä.

IV-kone	qv, poisto	qv, tulo	td	tr	dTpuh	na/nt	Tapi	Tsai	Ppuh	Jaat.	SFP	Wa	L3	lpi
IV1	0.11	0.11	24	7	0.5	0.45/0.6	18	21	0.1	0.9	274	0	1	

E-luvun laskenta D3-talukkoarvojen mukaan

Sääntöpöytä, Ts:  °C Ilmanäärät koneittain D3-talukkoarvoilla koneen vaikutusalan mukaan.  
 Käyntikasusuhde, td:  h/24h Kokonaisilmanäärä, tulo/poisto (m³/s): 0.11/0.11  
 Käyntikasusuhde, tr:  vrk/7vrk

Qlämmitys,v,järjestelmä: 0 kWh/a Qlämmitys,v,sähkö: 5926 kWh/a  
 Qiv,tuloilma: 3469 kWh/a Wiv,muut:  kWh/a  
 Qiv,korvausilma: 0 kWh/a Wilmenvaihto: 6802 kWh/a

Kuva 13. Ilmanvaihto-välilehti.

Ilmanvaihtokone, muokkaa

IV-koneen tiedot

IV-kone:  Samanlaisten IV-koneiden lukumäärä:

Vaikutusala:  m² (100 % nettoalasta)

qv, poisto:  m³/s dTpuhallin:

qv, tulo:  m³/s LTD vuorokausi- tai vuorokausi- (0...1), na:   E-LTO-vaatimusta

td:  h/24h (todellinen käyttöaika) mt:

tr:  vrk/7vrk Tapi:  °C

Puhallimen tai IV-koneen sähköteho tehonsäätötilassa, Ppuh:  kW

Jäätymisen estö:  °C SFP:  kW/(m³/s)

Lämmitysmuoto:

Kuva 13. Uuden ilmanvaihtokoneen määrittäminen.

## 7.5 Valaistus

Kuluttajalaitteiden ja valaistuksen ohjelma laskee automaattisesti rakennuksen nettoalan mukaan, lasketaan ohjelma käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukon 7.1 arvoja (Kuva 14). Valaistuksen sähköenergiankulutukseksi  $W_{\text{valaistus}}$  ohjelma laskee 1037 kWh/a. Sama tulos saadaan siis laskemalla valaistuksen sähköenergian kulutus D5:n taulukon 7.1 arvolla, 7 kWh/brm<sup>2</sup>/a rakennuksen, nettopinta-ala brm<sup>2</sup> on 148 m<sup>2</sup> ja näiden tulo on siis valaistuksen sähköenergiankulutus (Kaava1).

$$W_{\text{valaistus}} = 148 \text{ brm}^2 \times 7 \text{ kWh/brm}^2 / \text{a} \quad (1)$$

$$W_{\text{valaistus}} = 1037 \text{ kWh/a}$$

Laskennassa voidaan käyttää taulukossa 7.1 esitettyjä rakennustyyppikohtaisia ominaissähköenergiankulutuksen arvoja, mikäli rakennuksen pinta-ala lisäksi tarkempia tietoja ei ole käytettävissä. Rakennuksen laitteiden sähköenergiankulutus lasketaan ominaissähköenergiankulutuksen ja bruttopinta-alan tulona.

Taulukko 7.1. Rakennuksen laitteiden ominaissähköenergiankulutuksen arvoja rakennustyyppittäin.

Rakennustyyppi	Laitteiden sähkökulutus yhteensä	Valaistus- järjestelmä	Ilmanvaihto- järjestelmä	Muut laitteet
	$W_{\text{laitteet}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{valaistus}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{ilmanvaihto}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi	$W_{\text{muut laitteet}}$ kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi
Asuminkerrostalo	50	7	10	33
Ravintalo	50	7	7	36
Pientalo	50	7	7	36
Toimistorakennus	70	30	12	28
Opetusrakennus	60	23	12	25
Lukkarakennus	80	48	17	15
Hotelli	110	60	17	33
Ravintola	110	42	36	32
Lukkarakennus	180	60	41	79
Sairaala	100	60	28	12
Muut rakennukset	100	30	11	59

Kuva 14. Rakennusten ominaissähköenergiankulutuksia [5 s.33]

Vertailun vuoksi valaistuksen ja muiden laitteiden sähkön kulutus laskettiin myös käsin. Valaistuksen sähköenergian laskemiseen käytettiin D5 kaavaa (2)



$$W_{\text{valaistus}} = \sum P_{\text{valaistus}} A_{\text{huone}} \Delta t f / 1000 \quad (2)$$

jossa,

$W_{\text{valaistus}}$  = valaistuksen sähkönkulutus, kWh

$P_{\text{valaistus}}$  = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum<sup>2</sup>

$A_{\text{huone}}$  = valaistavan tilan huonepinta-ala, hum<sup>2</sup>

$\Delta t$  = valaistuksen käyttöaika (taulukosta 6), h

f = valaistuksen ohjaustavasta riippuvia ohjauskertoimia:

- läsnäolotunnistin ja päivänvalosäädin 0,70
- päivänvalosäädin 0,80
- läsnäolotunnistin 0,75
- huonekohtainen kytkin 0,90
- huonekohtainen kytkin, erillinen ikkunaseinälle 0,90
- keskitetty päälle / pois 1,00

Laskennassa käytettiin valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähkötehona huonepinta-alaa kohti  $P_{\text{valaistus}}$ , 15 W/hum<sup>2</sup>, D5 ohjeen mukaisesti,  $P_{\text{valaistus}}$  arvilla 15 W/hum<sup>2</sup> tulokseksi saatiin 1099kWh/vuosi, jolloin valaistusvoimakkuus E on 336 luksia.

$P_{\text{valaistus}}$  arvo voidaan myös laskea käsin D5:n ohjeiden (kaava 3) mukaisesti,

$$P_{\text{valaistus}} = \frac{1}{\beta \eta \eta_{\phi}} E \quad (3)$$

jossa,

$P_{\text{valaistus}}$  = valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hm<sup>2</sup>

$\beta$  = valaistuksen alenemakerroin:

- puhtas ympäristö 0,70
- keskinkertainen ympäristö 0,60
- likainen ympäristö 0,50

$\eta$  = valaistushyötysuhde:

- suora valaistus 0,40
- yhdistetty suora-epäsuora valaistus
- epäsuora valaistus

$\eta_{\phi}$  = lamppujen valotehokkuus (Kuva 15), lm/W

E = tilan i valaistusvoimakkuus, lx.

Valaistusvoimakkuutena E käytettiin 336 lx ja lamppujen valotehokkuutena  $\eta_{\phi}$  kuvan 15 lampputyypin tyypillisiä arvoja. Tulokseksi esimerkiksi loistelampulle saatiin 1099 kWh/vuosi, joka on sama kuin taulukkoarvolla laskettuna, sekä pienloisteputkilampulle 1758 kWh/vuosi. Mikäli kohteen valaistusta ei ole toteutettu loisteputkilla kannattaa valaistuksen sähkönkulutuksen  $W_{\text{valaistus}}$  laskentaan siis käyttää rakentamismääräyskokoelman osan D5 taulukon 7.1 arvoja, jolloin sähkönkulutus on pienempi.

Lampputyyppi	Valotehokkuus, $\eta_p$ lm / W		Teho, $P_{valaistu}$ W/lm <sup>2</sup>			
	Tyypillinen arvo	Valoteh- väli	Valaistusvoimakkuus			
			100 lx	300 lx	500 lx	1000 lx
Hehkulamppu	10	8-12	36	107	179	357
Halogeenilamppu	12	10-24	30	89	149	298
Pienkoistelamppu	50	50-85	7,1	21	36	71
Loistelamppu	80	50-100	4,5	13	22	45

Kuva 15. Tyypillisiä valotehokkuuksia lamputyypeittäin [5 s.35]

## 7.6 Kuluttajalaitteet

Muiden laitteiden sähkönkulutus taulukkoarvoilla laskettuna on 5 328 kWh/vuosi, mutta Cads planner antaa kuluttaja laitteiden sähkönkulutukseksi vain 2 334 kWh/vuosi. Mikäli kuluttajalaitteiden sähkönkulutus lasketaan suoraan D5 taulukkoarvoilla, kokonaiskulutukseksi saadaan 2 487 kWh/vuosi.

## 7.7 Lämpökuorma ja jäähdytys

Lämpökuorma laskettiin kohteelle rakentamismääräyskokoelman D3 taulukkoarvojen mukaisesti, lämpökuorman laskemisessa tarvittavat tiedot ohjelma hakee automaattisesti. Jäähdytystä kiinteistössä ei ole.

## 7.8 Todistus

Kiinteistölle saatiin E-luvuksi 252 ja energiatehokkuusluokaksi E (Liite 1), tästä energiatehokkuusluokasta lähdettiin E-lukua parantamaan, kumpikin omilla opinnäytetöissään.

## 8 Pohdinta

Energiatodistuksen laadinta Cads planner -ohjelmalla on hyvin helppoa ja nopeaa, jos rakennuksen kuvat on laadittu Cads planner -ohjelmalla. Ohjelmalla laskenta on nopeampaa ja kätevämpää kuin käsin laskenta, mutta tähän tarkoi-

tukseen löytyy myös ilmaisia sovelluksia, joita kannattaa käyttää hyödyksi. Cads planner on hyödyllinen työkalu rakennekuvien laadintaan ja ohjelmalla saadaan laadittua energiatodistus ja selvitys vaivattomasti samasta ohjelmasta.

Sähköenergian kulutukset laskettiin myös käsin. Kyseessä on pientalo ja käyttimme energiatodistuksessa ohjelman antamia sähköenergiankulutuksia, koska ohjelman laskema sähköenergian kulutus oli pienempi.

### Lähteet

1. Autocad [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa:  
<http://www.autodesk.fi/products/autodesk-autocad/overview>
2. Kyndata Oy [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa:  
<http://www.cads.fi/fi/Yhteys/Tietoa%20yrityksest%C3%A4/>
3. Building smart Finland [Viitattu 15.5.2014] Saatavissa:  
<http://www.buildingsmart.fi/5>
4. Ympäristöministeriö Energiatodistusopas julkaistu 27.09.2013 | sivuja: 34 [Viitattu 14.5.2014] Saatavissa:  
<http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2F479B50-D83D-4A2C-B726-749FBCF5F7CD%7D/91388>
5. Rakentamismääräyskokoelma osa D5 (2007), Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta julkaistu 19.06.2007 | sivuja: 34 [Viitattu 23.5.2014] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

# ENERGIATODISTUS

Rakennuksen nimi ja osoite:

Rakennustunnus:

Rakennuksen valmistusvuosi: **1890**

Rakennuksen käyttötarkoituksiluokka: **1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja ketjutalot (Pientalo)**

Todistustunnus:

	Energiatohokkuusluokka
A	
B	
C	
D	
E	<b>E</b>
F	
G	

Lisäselvityksen  
määräys vuodelta 2012

Rakennuksen laskennallinen kokonaisenergiankulutus (E-luku)

**262 kWh<sub>e</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi)**

Todistuksen laatija:

**Eemeli Vartiainen, Olli Valnikainen**

Yritys:

Allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

**22.05.2014**

Viimeinen voimassaolopäivä:

**Todistus ei voimassa**

Energiatodistus perustuu lakiin rakennuksen energiatodistuksesta (50/2013).



E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT					
<b>Rakennuskohde</b>					
Rakennuksen käyttötarkoitus	1 Erilliset pientalot sekä rivi- ja kerrostalot (Pientalo)				
Rakennuksen valmistusvuosi	1990	Lämmitystyyppi	140	m <sup>2</sup>	
<b>Rakennusvaihe</b>					
Ilmanvaihdon p20	4,07	m <sup>3</sup> (m <sup>2</sup> )			
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöstä	
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> )	W/K	%	
Ulkonäkö	0	0	0	0	
Yläpohja	100	0,13	21	24,1	
Alapohja	100	0,32	63	68,9	
Ikkunat	0	0	0	0	
Ulkoovet	0	0	0	0	
Kytinäköt	-	-	13	14,0	
<b>Ikkunat: Ilmanvaihdon</b>					
	A	U	glohtaus		
	m <sup>2</sup>	W/(m <sup>2</sup> )	-		
Pohjoinen					
Kölinen					
Itä					
Kaakko					
Etelä					
Lounas					
Länsi					
Luode					
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>					
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:					
	Ilmanvirta tulo/polotto (m <sup>3</sup> /s)(m <sup>3</sup> /h)	Järjestelmän SFP-luku (kW)(m <sup>3</sup> /h)	LTC:n lämpöhäviö -	Jäädytys- energia °C	Lukko- määrä kpl
TKI	00,000	0	0		1
<b>Ilmanvaihtojärjestelmä</b>					
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTC:n vuosilyöntyysuhde:					
0%					
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>					
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:					
	Tuoton hyötysuhde	Jaan ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökannoin (1)	Asuinlaitteiden sähkökäyttö (2) kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
	-	-	-	-	
Lattialämmitys (8m <sup>2</sup> )	1	0,88	-	0,8	
puhalletti (130m <sup>2</sup> )	1	0,88	-	0,8	
LKV:n valmistus	1	0,78	-	-	
1) Vuoden keskimääräinen lämpötilan lämpöpumpun lämpötila 2) Lämpöpumpun lämpötilan lämpötila vuorokauden keskimääräinen lämpötilan lämpötilan lämpötila					
	Määrä kpl	Tuotto kWh			
Venäva tuloja	2	4000			
Ilmalämpöpumppu	1	1000			
<b>Jäähdytysjärjestelmä</b>					
Jäähdytyskauden painotettu kylmäkannoin					
Jäähdytysjärjestelmä	-				
<b>Lämmön käyttövedet</b>					
	Ominkäyttö	Lämmitysenergian nettotarve			
	m <sup>3</sup> (m <sup>3</sup> /vuosi)	kWh(m <sup>3</sup> /vuosi)			
Lämmön käyttövedet	400,10	20,63			
<b>Stabiilit lämpöolosuhteet käyttöasteilla</b>					
	Käyttöaste	W/m <sup>2</sup>			
Hänke	0,6	2			
Kalustealuet	0,6	3			
Välialue	0,1	8			





TOIMENPIDE-EHDOTUKSET ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISEKSI				
Tämä osio ei koske valmiiksiennustoa				
<b>Huomioit - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat</b>				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, catoenergian säästö	Sähkö, catoenergian säästö	Jäähdytys, catoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				
<b>Huomioit - ylä- ja alapohja</b>				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, catoenergian säästö	Sähkö, catoenergian säästö	Jäähdytys, catoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				
<b>Huomioit - iltojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät</b>				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, catoenergian säästö	Sähkö, catoenergian säästö	Jäähdytys, catoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> vuosi
1				
2				
3				

Huomioit - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioitui säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ottoenergian säästö	Sähkö, ottoenergian säästö	Jäähdytys, ottoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>pe</sub> /vuosi
1				
2				
3				
Huomioit - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset eristämismittaukset ja muut järjestelmät				
Toimenpide-ehdotukset ja arvioitui säästöt				
1				
2				
3				
	Lämpö, ottoenergian säästö	Sähkö, ottoenergian säästö	Jäähdytys, ottoenergian säästö	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh <sub>pe</sub> /vuosi
1				
2				
3				
Suositukset rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon				
Lisätietoja energiatehokkuudesta				
Molva Oy - Asiantuntija energian ja mekaanisen tehokkuuden kyselyllä, www.molva.fi				

LISÄMERKINTÖJÄ

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
<b>Rakennuskohde</b>				
Rakennuksen käyttötarkoitus	1 Erilliset pientalot sekä riv- ja kerjatalot (Pientalo)			
Rakennuksen valmistavuosi	1990			
Lämmitysnettoala, m <sup>2</sup>	148			
E-luku, kWh <sub>e</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)	262			
<b>E-luvun erittely</b>				
Käytettävät energiamuodot	Laskettu ostenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWh <sub>e</sub> /vuosi	kWh <sub>e</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi)
<b>Sähkön Uusiutus polttoaine</b>	<b>20024 6667</b>	<b>1,7 0,8</b>	<b>34418 3334</b>	<b>239,2 22,8</b>
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>27691</b>		<b>38751</b>	<b>262</b>
<b>Uusiutuva omavaraisenergia, hyöttykäyttöosuus</b>				
		kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)	
<b>Lämpöpumpun lämmönlähteenä otama energia</b>		<b>1000</b>	<b>6,76</b>	
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>				
	<b>Sähkön kWh/(m<sup>2</sup>vuosi)</b>	<b>Lämpö kWh/(m<sup>2</sup>vuosi)</b>	<b>Kaukojäähdytys kWh/(m<sup>2</sup>vuosi)</b>	
Lämmitys/jäähdytys				
Tilojen lämmitys (1)	<b>0,8</b>	<b>76,28</b>	-	
Tuotannon lämmitys	<b>0</b>	<b>0</b>	-	
Lämpimän käyttöveden valmistus	<b>0</b>	<b>38,08</b>	-	
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	<b>0</b>	-	-	
Jäähdytysjärjestelmä	<b>0</b>	-	<b>0,8</b>	
Kuluttajalaitteet ja valaistus	<b>22,78</b>	-	-	
<b>YHTEENSÄ</b>	<b>23,58</b>	<b>114,44</b>	<b>0,8</b>	
1) Ilmanvaihtojen lämmityksen lämpöenergian lisäksi ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
<b>Energian nettolähtö</b>				
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Tilojen lämmitys (2)	<b>14208</b>	<b>96,61</b>		
Ilmanvaihtojen lämmitys (2)	<b>0</b>	<b>0</b>		
Lämpimän käyttöveden valmistus	<b>4221</b>	<b>28,63</b>		
Jäähdytys	<b>0</b>	<b>0</b>		
2) sisätilat: vuokratilojen, korvausilman ja tuotannon lämpöenergian lisäksi				
3) sisätilat: lämmönlähteenä otama				
<b>Lämpökuormat</b>				
	kWh/vuosi	kWh/(m <sup>2</sup> vuosi)		
Aurinko	<b>0</b>	<b>0</b>		
Hierotit	<b>1880</b>	<b>12,6</b>		
Kuluttajalaitteet	<b>3334</b>	<b>22,5</b>		
Valaistus	<b>1637</b>	<b>11,0</b>		
Lämpimän käyttöveden kiertosäilytys ja varastointi lämpöä	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>Laskentayksikön nimi ja versionumero</b>				
Laskentayksikön nimi ja versionumero	CAD6 Planner 16.1			