



Pekka Lämsä

# Vanhan pientalon energiatehokkuuden selvitys

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

15.1.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Pekka Lämsä  
Otsikko: Vanhan pientalon energiatehokkuuden selvitys  
Sivumäärä: 43 sivua + 2 liitettä  
Aika: 15.1.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Talotekniikan tutkinto-ohjelma  
Ammatillinen pääaine: Kiinteistöjohtaminen  
Ohjaajat: Lehtori Tommi Mäntykoski

---

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia vanhaa, useampaan kertaan laajennettua pientaloa ja selvittää sen energiatehokkuuteen vaikuttavat tekijät ja E-luku.

Tämän Insinööriyön kohteena oleva rakennus on Oulun seudulla sijaitseva perinteinen 1,5-kerroksinen pientalo, joka on rakennettu alun perin vuonna 1938 ja jota on laajennettu vuosina 1955 ja 2002.

Työn päätavoitteena oli tarkastella taloon tehtyjen muutosten ja modernisointien vaikutusta energiatehokkuuteen ja E-lukuun. Lisäksi tavoitteena oli pohtia rakennukseen eri aikakausina tehtyjen laajennuksien ja remonttien vaikutusta kiinteistön energiankulutukseen ja selvittää talon nykyisen hybridilämmitysjärjestelmän energiantuotannon perustoimintaperiaatteet.

Insinööriyön tuloksena kohteeseen laadittiin energialaskuria apuna käyttäen realistinen arvio kohteen E-luvusta. Samalla listattiin toimeksiantajan pyynnöstä realistisia energiatehokkuuden parantamistoimia tulevaisuutta ajatellen.

Avainsanat: Vanha pientalo, energiatehokkuus, E-luku

## Abstract

Author: Pekka Lämsä  
Title: Energy Efficiency of Old Detached House  
Number of Pages: 43 pages + 2 appendices  
Date: 15 January -2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Building Services Engineering  
Professional Major: Property Management  
Supervisors: Tommi Mäntykoski, Senior Lecturer

---

The purpose of the thesis was to study an old house that has been expanded several times and to find out its energy efficiency and the influencing factors and define the E-number. The studied building was a traditional 1,5-storey single-family house located in the Oulu region, originally built in 1938 and expanded in 1955 and 2002. The main goal of the thesis was to examine the effects of changes and modernizations made to the house on energy efficiency and E-number.

The goal was to consider the effect of the expansions and renovations made to the building in different eras on the property's energy consumption and to find out the basic operating principles of the energy production of the building's current hybrid heating system.

As a result of this thesis, a realistic estimate for the E-number was prepared for the building. It was created by using an energy calculator as an aid. At the request of the client, realistic energy efficiency improvement measures to be implemented in the future were also listed.

Keywords: Energy Efficiency, old, detached house, E-number

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Pientalojen rakentaminen Suomessa	2
3	Lähtötilanne ja muutokset	5
3.1	Ulkovaipan rakenteet	7
3.2	Perusparannukset	8
4	Uusiutuva energia	14
4.1	Aurinkolämpö	14
4.2	Maalämpö	15
5	Ohjeistus energiatehokkuuden määrittelyyn	16
6	Energiatodistus ja E-luku	18
7	E-luvun laskenta	19
8	Energiatehokkuus	24
9	Tulevaisuuden toimenpiteet	28
10	Johtopäätökset	29
11	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

## Liitteet

Liite 1: E-luku arviointi maalämpö

Liite 2: E-luku arviointi suorasähkö

## Lyhenteet

E-luku: Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku, jonka yksikkönä käytetään kWhE/(m<sup>2</sup>a).

U-arvo: Materiaalin lämmönläpäisykerroin W/m<sup>2</sup>K.

# 1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on selvittää tilaajalle useammassa osassa ja eri aikakausina tehtyjen laajennuksien sekä muiden teknisten modernisointien vaikutuksia vanhan omakotitalon energiatehokkuuteen ja tehdä kohteen E-lukuun liittyviä arviointia Ympäristöministeriön asetukseen (YM asetus 1048/2017) perustuvalla laskurilla (1). Työn tilaaja on tutkimuskohteena olevan pientalon omistaja ja asukas.

Insinööriyön kohteena oleva pientalo sijaitsee Haukiputaan Siikasaarella. Kyseessä on pinta-alaltaan noin 210 neliömetrin kokoinen, osaksi hirsi- ja osaksi sahatavarasta rakennettu, puurunkoinen 1,5-kerroksinen rakennus. Talo on rakennettu vuonna 1938 ja sitä on laajennettu ja peruskorjattu laajasti vuosina 1955, 1970 ja 2002. Viimeisin rakenteellinen korjaus taloon on tehty vuonna 2022, jolloin talon kattorakenteet peruskorjattiin ja vanha huopakate korvattiin uudella peltikatteella.

Talon ja sen rakenteiden suunnitelmia ja järjestelmien asennuksiin tai mitoituksiin liittyviä dokumentteja ei ole saatavilla, joten niitä ei tässä tutkimuksessa voida hyödyntää. Tavoitteena on kuitenkin selvittää rakenteiden ja järjestelmien toimivuus tilaajana toimivan asukkaan kokemuksiin ja kohteessa tehtyihin havaintoihin perustuen. Yhtenä tärkeimpänä tavoitteena on luoda tämän Insinööriyön tilaajalle yksi selkeä ja helposti ymmärrettävä dokumentti opinnäytetyön muodossa, josta on hyötyä ja apua talon korjauksessa ja ylläpidossa sekä tulevaisuuden toimenpiteiden suunnittelun ja investointien perusteena.

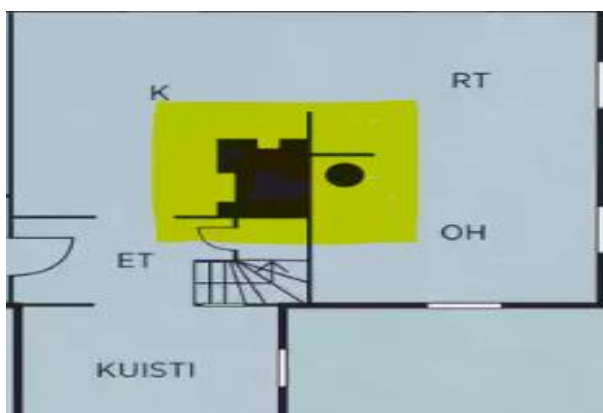
Lisäksi tässä työssä on tarkoitus käsitellä pientalojen rakentamista Suomessa eri aikakausina sekä pientaloihin liittyviä tilastoja. Kaikki työssä käytetty pohjatieto energiatehokkuuden osalta pohjautuu seuraaviin Ympäristöministeriön määräyksiin ja asetuksiin: Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (YM asetus 1010/2017) (2), Ympäristöministeriön asetus

rakennuksen energiatodistuksesta (YM asetus 1048/2017) (3) ja Laki rakennuksen energiatodistuksesta annetun lain muuttamisesta (YM laki 755/2017) (4).

## 2 Pientalojen rakentaminen Suomessa

Pientalojen rakentaminen on ollut aktiivista Suomessa jo yli sadan vuoden ajan. 1900-luvun alussa väestö asui pääasiassa vielä maaseudulla. Rakennukset olivat yleensä hirsirunkoisia, ja ne oli perustettu suoraan maapohjan päälle. Venäjän vallan jälkeen, itsenäisen Suomen alkuvuosina alkoi taloustilanne maassa hieman parantua, ja tapahtui työväestön muuttoliikettä kaupunkiin. Tämä aiheutti asuntopulaa, ja uusia asuntoja tarvittiin pikaisesti. Rakennusmateriaaleista oli vielä tuolloin puutetta, ja se vaikeutti ja hidasti asuntojen rakentamista. Sotien jälkeisinä vuosina (v.1940–1959) Suomessa rakennettiin tilastokeskuksen tietojen mukaan yhteensä lähes 239 000 pientaloa. Omakotitalojen osuus oli tästä varsin suuri, n. 96 %. (5.)

Rintamamiestaloja rakennettiin maahamme merkittävä määrä, jopa yli 200 000 taloa. Nämä talot olivat edullisia suhteellisen helpon ja yksinkertaisen rakentamisen vuoksi. Kyseessä on perinteisen näköinen, määrämittaisesta sahatavaraista naulaamalla koottu, harjakattoinen, puinen omakotitalo. Tätä talomallia pidettiin aikanaan edistyksellisenä. Sen eräs mullistavin idea oli keskelle rakennusta sijoitettu savupiippu, ns. sydänmuuri (kuva 1), jonka ympärille sitten talon kaikki muut huoneet pääasiassa sijoitettiin. (5.)



Kuva 1. Rintamamiestalon sydänmuuri merkitty kuvaan keltaisella.

Tulisijoja oli useammassa huoneessa, kaikissa kerroksissa, ja niillä huolehdittiin monessa, varsinkin vielä sähköttömässä kotitaloudessa täysin asuintilojen lämmityksestä. Sydänmuuri varastoi itseensä hyvin lämpöä, ja se myös luovutti sitä sitten pitkään, ja tasaisesti lämmitysjaksojen välilläkin. Tätä ratkaisua pidetään edelleenkin mallisesimerkkinä ekologisuudesta, ja myös merkittävänä keksintönä. (5.)

Tämän opinnäytetyön kohteena oleva talo on myös rakennettu tuolloin suuren jälleenrakentamisen aikakaudella. Aikakautta nimitetään jälleenrakentamiseksi, koska pelkästään talvisodan aikana on katsottu tuhoutuneen jopa 100 000 asunnon verran asuntokantaa, ja lisäksi Suomeen palasi noin 400 000 evakkoa, jotka oli uudelleen asutettava maahamme. (5.)

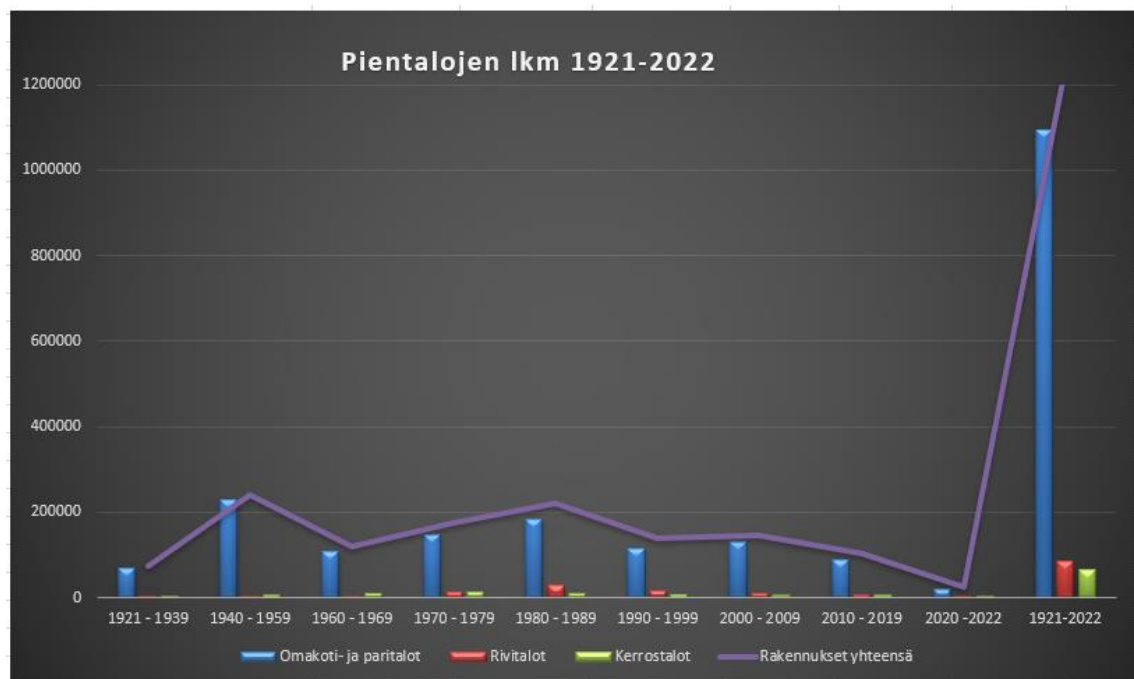
Sotien jälkeisen jälleenrakentamisen ajan taloja on käytössä edelleen varsin paljon. Osa niistä on peruskorjattu ja saneerattu täysin nykyaikaisiksi kodeiksi tekniikan sekä kaikkien kulutukselle alttiina olevien pintojen osalta ja jopa joissakin tapauksissa rakenteidenkin osalta. Rintamiestalot ovat edelleen edullisia ja monien perheiden täysin toimivia koteja. Taloissa esiintyy kuitenkin myös haasteita. Jälkikäteen ja useana eri ajankohtina tehdyt korjaukset, esim. väärin tehdyt lisälämmöneristämiset ja tuuletuksen puute, ovat aiheuttaneet rakennuksissa erilaisia ongelmia. (5.)

Vanha talo ole automaattisesti huono, ja täynnä ongelmia. Huonolla hoidolla, heikolla ylläpidolla, ja kiireellä sekä ammattitaidottomasti tehdyillä korjaustöillä voidaan pilata rakennus sen ikään katsomatta.



Tilastokeskuksen mukaan (kuva 2) Suomessa oli vuoden 2022 lopussa 1 242 843 pientaloa (omakoti- ja paritalot, rivitalo sekä asuin kerrostalot), joka on hie- man vajaa 90 % kaikista maassamme sijaitsevista rakennuksista (6).

Pientalorakentaminen perustuu Suomessa pääasiassa erityyppisiin ja laajuisiin talopakettitoimituksiin. Suomessa pientalotoimituksia tekeviä talotehtaita oli syk- syllä 2023 vajaa sata. Näiden talopaketteja toimittavien yritysten määrä on ollut kuitenkin selkeässä laskussa varsinkin koko vuoden 2023 ajan.



Kuva 2. Pientalojen lukumäärän muutos v.1924–2022 (6.)

### 3 Lähtötilanne ja muutokset

Tutkimuksen kohteena on puinen pientalo, joka on rakennettu hirrestä 1930-luvun lopussa. Talossa oli alkujaan pieni tupa, makuukamari ja eteinen. Ensimmäinen laajennus rakennukseen tehtiin 1950-luvun puolessa välissä, jolloin valmiin hirsikehän ympärille rakennettiin kappaletavarasta rintamamiestalo. Laajennuksessa taloon saatiin huoneita yläkertaan kahden makuukamarin verran, ja alakertaan olohuone, WC ja isompi eteisaula. Samalla kertaa koko rakennus myös sähköistettiin, ja lämmitystä modernisoitiin.

Taloon oli tuolloin asennettu vesikiertoiset patterit ja lämmönlähteeksi tuli vesikattila, jota kuumennettiin puulla tai öljyllä. Lämmitysjärjestelmän sydän eli kattila sijoitettiin talon kellaritilaan. Rakennuksen alkuperäinen osa ja laajennuksen ensimmäinen vaihe on perustettu betonista valetulle sokkelille, ja maanvaraiselle betonilaatalle. Betonilaatta on käsitelty bitumilla kosteuden eristämiseksi. Lankkulattiat on asennettu koolauksiin betonilaatan päälle. Eristeenä vanhan puolen lattioissa on purueriste.

Viimeisin ja suurin laajennus on tehty vuosien 2000–2002 välisenä aikana. Silloin taloa laajennettiin reilusti ja isommassa mittakaavassa. Uutta asuinpinta-alaa taloon tehtiin noin 100 m<sup>2</sup>. Taloon rakennettiin silloin myös modernit huoneet 2000-luvun alun tyylin ja rakennusvaatimusten mukaan. Keittiö siirtyi uudelle puolelle, ja kylpyhuone, kodinhoituhuone sekä toinen WC rakennettiin uusien määräyksien mukaisesti ja sijoitettiin myös rakennuksen uuteen osaan. Yläkerran laajennusosalle tehtiin aula ja iso huone, jota olisi mahdollista tarvittaessa jakaa väliseinillä useampaan erilliseen tilaan. Rakennuksen nettopinta-ala kasvoi laajennuksen myötä merkittävästi, ja remontin jälkeen se oli noin 170 m<sup>2</sup>.

Tämä toisen vaiheen laajennus on perustettu myös maanvaraisesti. Tässä laajennusvaiheessa sokkeli on perustettu hiekkapatjalle, jonka päälle asennettu suodatinkangas estämään maa-aineksien sekoittuminen. Sokkeli on täytetty kappilaarikatkomurskeella ja tämän päälle on valettu eristetty teräsbetonilattia, jossa laatan paksuus on noin 100 mm.

Lattiaan asennettiin myös vesikiertoinen lattialämmitys. Uuden osan runko tehtiin määrämittäisestä puutavarasta paikan päällä, jotta liitokset vanhaan osaan voitiin tehdä huolellisesti ja vanhoja rakenteita turhaan liiaksi purkamatta, jolloin myös liitosten hyvä tiiveys pystyttiin varmistamaan.

Kolmas ja tässä vaiheessa viimeisin laajennus on valmistunut vuonna 2017. Silloin 2002 valmistuneen laajennuksen yläkerta viimeisteltiin pintojen ja tekniikan osalta ja otettiin käyttöön. Rakennuksen lämmitetty nettopinta-ala kasvoi noin 40 m<sup>2</sup>, ja tällöin koko talon uudeksi nettopinta-alaksi tuli noin 210 m<sup>2</sup>. Tämän niin sanotun vintti osan lämmöneristeinä (kuva 3) käytettiin XPS-eristelevyjä.



Kuva 3 vuoden 2017 laajennuksen eristeet.

Tällä ratkaisulla saatiin tilaan käyttöön maksimaalinen asuinpinta-ala, eikä rakennuksen energiatehokkuuteen tullut negatiivista muutosta. Tilaa säästy rakenteissa, kun yläkerran laajennuksessa käytetyllä eristeratkaisulla ulkovaippaan saatiin yhdellä kertaa tuulensuoja, lämmöneristys ja höyrynsulku.

Yläkerran päätyseinä rakennettiin muiden ulkoseinien tapaan ns. hengittäväksi ja eristettiin puukuituvillaa käyttäen. Tämä päätyseinä oli ainoa uuden puolen yläkerran rakenteen osa mikä on yhteydessä talon ulkoverhoiluun.

### 3.1 Ulkovaipan rakenteet

Rakennuksen yläpohjan rakenne rakennusvuosien 1938–1970 osalta sisältä ulospäin on pääosin seuravanlainen: ilmansulkupaperi, laudoitus, puukuitulevy, purueristys ja puhallusvilla. Eristeen vahvuus vaihtelee yläpohjan eri osissa, ja on vähintään noin 300 mm ja enimmillään 400 mm. Purueristyksen osuus on keskimääräisesti koko yläpohjassa 230 mm. Talon vuonna 2002 käyttöön otetussa laajennuksessa yläpohjassa on rakenteina 300–400 mm:n paksuinen puukuituinen puhallusvilla harvalaudoituksen ja ilman- ja höyrynsulkupaperin päällä.

Alapohja on koko rakennuksessa maanvarainen. Vanhan eli vuosien 1938–1970 laajennuksien ja saneerauksien osalta lattian rakenne on seuraava: betonilaatta, bitumikäsittely, purueristys, ilmansulkupaperi ja lautalattia.

2000-luvun laajennuksen osalta sokkeli on perustettu karkeasta hiekasta tiivistetylle patjalle. Sokkeli on täytetty maakosteuden ja kapilaarinousun estämiseksi karkealla murskeella, jonka päällä on eristeenä 150 mm:n paksuinen styrox. Eristeiden päälle on valettu noin 100 mm:n paksuinen teräsbetonilaatta.

Seinärakenteet ovat talon vanhan puolen osalta rintamiestalojen tyyppiset eli sisältä ulospäin: sisäverhouslevy, ilmansulkupaperi, puurunko ja purueriste, teräsvapaperi, vinolaudoitus ja ulkoverhous.

Uudemmallalla osalla taloa eristeenä on puukuituvillasta ja kipsistä valmistetut tuulensuojalevyt. Ulkoverhous on asennettu 25 mm:n paksujen tuuletusrimojen päälle. Sisäverhouslevyn alla on yhtenäinen ilman- ja höyrynsulkupaperi. Viimeisimmän laajennusosan eli 2017 käyttöön otetun yläkerran yläpohja- ja seinäeristeet ovat XPS-eristelevyä. Eristevahvuudet ovat yläpohjassa noin 300 mm, ja seinien osalla vahvuus on noin 220 mm.

### 3.2 Perusparannukset

Muutosten yhteydessä myös tekniikkaa lisättiin samalla koko rakennukseen. Ilmanvaihtoa parannettiin kokonaisuudessaan: muun muassa korvausilman saantia lisättiin asentamalla ikkunoihin korvausilmasäleiköt ja kosteisiin tiloihin ja keittiöön rakennettiin poistoilmalle omat kanavat ja koneellinen poistoimuri, jota voi ohjata tarvittaessa kellolla tai suoraan liesituulettimessa olevasta kytkimestä. Sähköasennuksissa huomioitiin muuttuneet määräykset mm. maadoitusten ja vikavirtasuojauksien osalta, pääkeskus uusittiin ja se tehtiin automaattisulakkeilla koteloon, jota on mahdollista laajentaa ja muokata vielä tarvittaessa tulevaisuudessakin.

Uuden laajennetun rakennuksen energiankulutus luonnollisesti kasvoi lämmitettävän pinta-alan lisääntyessä ja tätä kasvanutta kulutusta varten rakennukseen ruvettiin miettimään vaihtoehtoisia energiamuotoja öljyn ja sähkön korvaamiseksi taloudellisemmalla ja samalla ekologisemmalla vaihtoehdolla.

Vuonna 2003 taloon asennettiin aurinkokeräimet, joiden pinta-ala on yhteensä noin 15 m<sup>2</sup>. Katolle asennettiin tyhjiöputkikeräimet (kuva 4) rakennuksen eteläpuoleiselle lappeelle ja talon idän puoleiseen päätyseinään vastaavasti tasokeräimet (kuva 5) aamuauringon lämpösäteilyä vastaanottamaan.



Kuva 4. Tyhjiöputkikeräimet talon eteläpuoleisella katolla.



Kuva 5. Tasokeräimet talon päätyseinässä.

Näiden keräimien avulla rakennukseen saadaan auringosta käyttöveden lämmitykseen tarvittavaa energiaa helmikuun lopusta syyskuun loppuun asti.

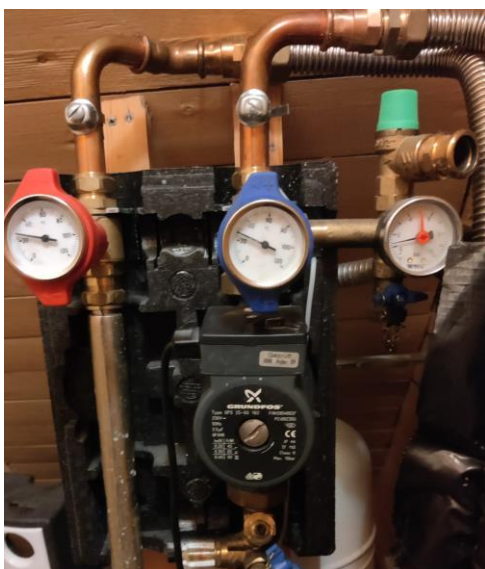
Esimerkiksi vuoden 2023 helmikuun ja lokakuun aikana on näiden keräimien avulla saatu auringosta uusiutuvaa energiaa talteen noin 1290 kWh, joka on lähes 11 % rakennuksen keskimääräisestä kokonaisenergiankulutuksesta vuodessa.

Tämän aurinkolämmitysjärjestelmän toimintaa seurataan ja ohjataan Sorel TDC 3 -säätimellä (kuva 6). Järjestelmä toimii tutkimuskohteessa käyttöveden lämmityspiirissä ja on yhtenä merkittävänä osana rakennuksen energian tuottoa.



Kuva 6. Aurinkojärjestelmän ohjausyksikkö SOREL TDC 3.

Aurinkolämmitysjärjestelmän tuottaman lämpöenergian varastointi tapahtuu useiden kiertovesipumppujen ja lämmönvaihtimien avulla talon teknisessä tilassa, eli kellarissa. Kellarissa sijaitsevat muun muassa pumppuyksikkö (kuva 7) ja lämminvesivaraajat.



Kuva 7. Aurinkojärjestelmän pumppuyksikkö kellarissa.

Vuoden 2015 kevään aikana taloon tehtiin suurempi sisäpuolen pintojen remontti, jossa asuintilojen lähes kaikki pinnat uusittiin tai korjattiin. Kaikki vesikalusteet vaihdettiin ja märkätilat saneerattiin, keittiö ja siihen liittyvät kiinteät kodinkoneet uusittiin. Samassa yhteydessä vanha ja huonokuntoinen tulisija (rautainen puuliesi) poistettiin ja tilalle rakennettiin lämpöä tuottamaan uusi varaava tulisija (kuva 8), Pohjanmaan Tiilirakenteen pönttöuuni.



Kuva 8. Talon pönttöuuni asennettuna sydänmuuriin



Uuden pönttöuunin hyötysuhde (kuva 9) on valmistajan mukaan varsin hyvä eli noin 87 %, ja se voi parhaimmillaan saavuttaa 41 kWh varauskyyvyn, jota se luovuttaa tasaisesti noin vuorokauden ajan. Pönttöuuni on myös talon asukkaiden mielestä ollut onnistunut hankinta ja investointi, se miellyttää silmää, luo tunnelmaa ja tuottaa mukavaa lämpöä.

Uunilla voidaan myös varmistaa peruslämmitys talossa, vaikka sähköjaka- lussa olisi katkoja.



Kuva 9. Pönttöuunin tekniset tiedot.

Vuonna 2015 tehdyn remontin yhteydessä myös talon sähkölämmityksestä luovuttiin. Aikaisemmin keskuslämmityksen energialähteenä oli Arimax 220 -kattila, jota lämmitettiin pääasiassa yösäköllä. Vanha järjestelmä purettiin pois ja sen tilalle kellarin tekniseen tilaan asennettiin Ruotsalaisen Niben valmistama F1145-maalämpöpumppu, jonka teho on 8kW. Lämmönkeruu tapahtuu maapiirin avulla, joka tässä kohteessa on lähes 400 m pitkä.

Maalämmitysjärjestelmän suunnittelu, mitoitus ja asennus tehtiin kokonaisurakana seudulla toimivan LVI-urakoitsijan toimesta alku kesän aikana. Haasteena oli integroida uusi lämmitysjärjestelmä toimimaan sujuvasti yhdessä rakennuksessa jo entuudestaan olevan aurinkolämmitysjärjestelmän kanssa, joka kuitenkin saatiin tehtyä valmiiksi ennen uuden lämmityskauden alkamista.

Rakennuksen kokonaissähkönkulutus viimeisten remonttien jälkeen on vuositasolla ollut noin 11800 kWh, josta maalämpöjärjestelmän käyttämän sähkön osuus on ollut lämmityksen osalta noin 1440 kWh eli hieman vajaa 12 %.

Kohteena olevan talon energiatehokkuutta parantavat useammat, eri vuosikymmenten aikana tehdyt korjaukset ja muutokset laajennuksien yhteydessä. Niitä ovat mm. yläpohjan purueristeen osittainen korvaaminen puhallusvillalla, vaaraava tulisija, aurinko- ja maalämpöjärjestelmät.

Tutkimuskohteen energiankulutusta voidaan pitää nyt jopa hyvänä, sillä ennen maalämmitysjärjestelmän käyttöönottamista talon kokonaissähkön kulutus oli ollut pahimmillaan jopa 27000–30000 kWh vuodessa. Nykyinen kokonaissähkön kulutus on tästä nyt alle 50 %:n tasolla. Pitää kuitenkin huomioida, ettei rakennuksen käyttöä eikä myöskään aikaisemmin vallinneita sääolosuhteita voida tässä tutkimuksessa todentaa, joten siksi kulutuslukemia ei voida ihan suoraan vertailla.

## 4 Uusiutuva energia

Uusiutuvia energialähteitä on jo useita käytössämme, mutta Suomen olosuhteissa ne kaikki eivät ole suurten asennus- ja käyttökustannusten vuoksi vielä järkeviä toteuttaa. Toimivia energialähteitä Suomessa ovat ja vesi- ja tuuli-voima, aurinkoenergia, erityyppiset lämpöpumppuratkaisut sekä puupohjaiset polttoaineet ja biopoltonesteet. (7.)

Fossiilittomien, uusiutuvien energialähteiden hyödyntäminen on maassamme kasvanut nopeasti 2020-luvulla, ja Suomesta on tullut yksi johtavista maista varsinkin bioenergian hyödyntämisessä. Tämä on lisännyt energian omavaraisuutta ja tukenut samalla uusiutuvan energiantuotannon kehitystä ja Suomen työllisyyttä. (7.)

Uusiutuvan energian osuus Suomen kokonaisenergiankulutuksessa vuonna 2023 oli jo yli 40 %. Tuulivoiman osuus on kasvanut voimakkaasti, ja myös aurinkosähkön osuuden odotetaan jatkavan kasvua. (7.)

### 4.1 Aurinkolämpö

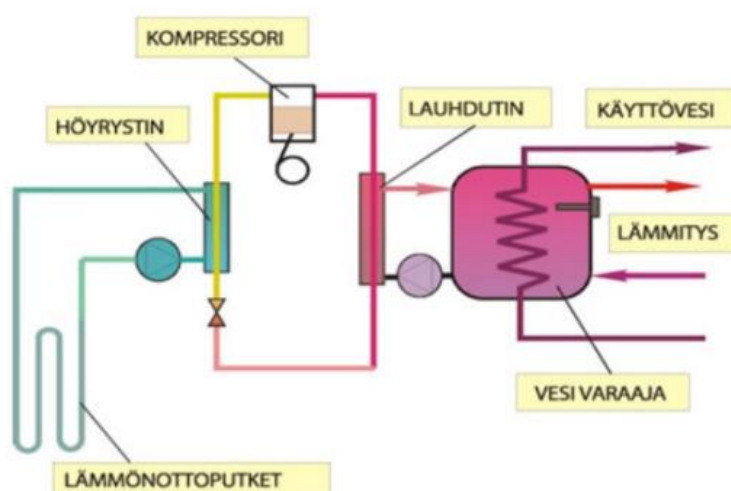
Käyttöveden lämmittämiseksi on Suomessa tarvetta läpi vuoden, ja siksi aurinkolämmityksen hyödyntäminen on järkevää. Lämpöenergiaa voidaan ottaa talteen mm. aurinkokeräimillä, joissa auringon säteilyenergia muutetaan teknisesti käyttökelpoiseen muotoon ja sillä lämmitetään esimerkiksi lämminvesivaraajassa olevan kierukan kautta varaajassa olevaa vettä. Aurinkokeräimet toimivat pilviselläkin säälläkin, sillä ne vastaanottavat myös hajasäteilyä. (8.)

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää myös passiivisesti. Tällöin auringosta tuleva energia valon ja lämmön muodossa hyödynnetään suoraan ilman mitään varsinaista tekniikkaa. Rakenteiden kyky ottaa vastaan lämpöenergiaa vaikuttaa suuresti siihen, miten paljon auringon passiivista energiaa voidaan hyödyntää. Ikkunoiden koko ja sijainti ovat osaltaan merkittävässä roolissa

aurinkosäteilyn siirtymisessä valona rakennuksen sisällä ja lämpönä sisäpuolen rakenteisiin. (8.)

## 4.2 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmässä maalämpöpumppu (kuva 10) ottaa lämpöenergiaa maaperästä. Energiaa saadaan myös kallioista ja vesistöistä. Maalämpöjärjestelmässä hyödynnetään siis aurinkoenergiaa, eli auringonsäteilyn tuottamaa lämpöä, joka on varastoitunut maaperään.



Kuva 10. Maalämpöpumpun periaate. (9.)

Maalämpöä hyödyntävä lämmitysjärjestelmä sopii Suomessakin hyvin ympäri- vuotiseksi ratkaisuksi, koska maalämpö on hyödynnettävissä myös talvella. Järjestelmä voidaan toteuttaa esimerkiksi maahan porattavalla lämpökaivolla. Lämpökaivojen syvemmissä osissa lämpöä saadaan hyvin myös maan ytimen tuottamasta fissionenergiasta, ja lisäksi lämpimät pohjavesivirtaukset tuottavat kairoon lämpöä. (10.)

Yksi vaihtoehtoinen maalämpöjärjestelmän toteutusmalli on lämmönkeruupiirin asentaminen maahan vaakatasoon, noin yhden metrin syvyyteen. Tämä toteutus on käytössä myös opinnäytetyön kohteena olevassa rakennuksessa. (10).

Keruupiiri voidaan maahan sijoittamisen lisäksi asentaa vesistöön upottamalla se esimerkiksi järven pohjaan ja tarvittaessa vielä ankkuroimalla se kiinni painojen avulla. (10).

## 5 Ohjeistus energiatehokkuuden määrittelyyn

Energiatehokkuuden vertailuluvun eli E-luvun määrittäminen tulee tehdä laskemalla se energiatodistukseen Ympäristöministeriön antamien ohjeiden mukaan perustuen asetukseen 1048/2017.

E-luvun laskennassa tulee käyttää rakennuksen osiin tai teknisiin järjestelmiin liittyviä laskennan lähtöarvoja, tai niiden puuttuessa asetuksessa on käytettävä asetuksessa 1048/2017 olevien ohjeiden mukaisesti rakennuksen rakennusluvan vireilletulovuoden oletusarvoja. Mikäli lähtöarvojen osalta viitataan energiatehokkuuden laskentaohjeeseen ja siinä oleviin taulukoihin, tulee lähtöarvoiksi valita kohteena olevan rakennuksen ominaisarvot. (11.)

Vertailuluvun laskentaa varten määritetään rakennuksen ostoenergiankulutus, joka on kohteena olevan rakennuksen vakioituun käyttöön perustuvaa energiankulutusta. Vakioidulla käytöllä tarkoitetaan energiatehokkuusasetuksen mukaan vakioitua vuorokautista ja viikoittaista käyttöä. Se sisältää myös keskimääräisen käyttöasteen ihmisten läsnäolon, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden osalta. (11.)

Lähtöarvoina laskennassa vaaditaan rakennuksen lämmitetty nettoala (m<sup>2</sup>), joka saadaan rakennuksen suunnitelmista tai laskemalla se ulkoseinien sisäpintojen mukaan. Laskennassa otetaan huomioon myös rakennusosien pinta-alat, rakenteet ja niiden lämmönläpäisykertoimet, ilmanvaihto energiatehokkuusasetuksen käyttöluokan mukaisin arvoin, rakennusvaipan vuotoilmanvirta suunnittelu-arvona tai rakennusluvan vireilletulovuoden mukaan määriteltyjen ilmavuotokojen mukaisesti. (11.)

Lisäksi laskennassa huomioidaan lämmin käyttövesi, joka lasketaan energiatehokkuusasetuksen mukaan, ja otetaan huomioon sen jakelun, kierron,

varastoinnin ja tuoton häviöt. Lämmitysjärjestelmä eli tilojen lämmitysenergiankulutus lasketaan jakamalla lämmitysenergian nettotarve lämmitysjärjestelmän lämmönjaon ja luovutuksen hyötysuhteella. Ilmanvaihdon lämmitysenergian kulutus tulee myös huomioida laskennassa. Lämmitysjärjestelmien ostoenergiankulutus lasketaan jokaiselle lämmöntuottojärjestelmälle erikseen, ja järjestelmien hyötysuhteet selvitetään rakennuksen tarkastuksen yhteydessä tai suoraan laitteiden tuoteominaisuuksista. (11.)

Mikäli hyötysuhteet eivät selviä edellä mainituilla tavoilla, voidaan hyötysuhteina käyttää energiatehokkuusasetuksen taulukkoarvoja. Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteiden sähkönkulutus selvitetään myös tarkastuksen yhteydessä tai energiatehokkuusasetuksen taulukosta. Ominaisähkönkulutukset kerrotaan vielä rakennuksen nettoalalla (m<sup>2</sup>). (11.)

Lämpöpumppujärjestelmissä otetaan huomioon rakennuksen lisälämmityksien energiankäyttö, joka on pääsääntöisesti sähköinen. Lämpöpumppujen tuottama energia ja niiden lämmöntuoton laskenta tehdään energiatehokkuuden laskentaohjeessa olevan kaavan mukaan. (11.)

Selvityksessä tulee huomioida laskentaohjeiden mukaisesti myös sähköenergiankulutus sekä rakennuksessa olevat jäähdytysjärjestelmät ja varaavat tulisijat. (11.)

## 6 Energiatodistus ja E-luku

Energiatodistuksen yksi päätarkoituksista on auttaa kuluttajia samantyyppisten rakennusten energiatehokkuuden eli yksinkertaistettuna energiankulutuksen vertailussa. Tärkeimpänä asiana energiatodistuksen laadinnassa on kuitenkin energiatehokkuuden nostaminen kriteeriksi uusien rakennusten tai korjauskentämisen suunnittelussa.

Energiatehokkuusluokittelu tapahtuu muun muassa kodinsähkölaitteista tutulla asteikolla, jossa energiatehokkaimmat uudet rakennukset saavat luokituksen A–B, kun taas olemassa olevat pientalot kuuluvat pääsääntöisesti luokkiin C tai D. Vanhemmilla taloilla luokitus sijoittuu tavanomaisesti luokkiin E ja G. (12.)

Energiatodistus on laskennallinen, ja se pohjautuu E-lukuun. Tämä luku saadaan laskemalla vakioituun käyttöön perustuva rakennuksen ostoenergian kulutuksen suhde lämmitettyä nettopinta-alaa kohden eli (kWh/m<sup>2</sup>/vuosi). (12.)

Energiatodistus on ollut käytössä Suomessa jo vuodesta 2008 lähtien, ja se vaaditaan rakennuslupaa haettaessa uusille rakennuksille. Vanhemmille, jo olemassa oleville taloille todistus vaaditaan rakennuksen myynnin ja myös vuokrauksen yhteydessä. Todistus on voimassa korkeintaan 10 vuotta sen ensimmäisestä laatimispäivästä, ellei sitä ole korvattu tai päivitetty uudella todistuksella. (12.)

Energiatodistukseen merkitty luokitus on siis täysin laskennallinen arvo rakennuksen ostetun energian kulutuksesta, joka on lisäksi painotettu energiamuotojen kertoimella (taulukko 1). On hyvä huomioda, ettei E-luku ole sama asia, kuin talon todellisesta käytöstä aiheutuvan ostoenergian määrä, vaan E-luku ja energiatodistus tulee aina laskea ja arvioida muilla menetelmillä. (12.)

Taulukko 1 Energiamuotojen kertoimet E-luvun laskennassa. (1.)

sähkö 1,20
kaukolämpö 0,50
kaukojäähdytys 0,28
fossiiliset polttoaineet 1,00
uusiutuvat polttoaineet 0,50

## 7 E-luvun laskenta

Opinnäytetyön kohteena olevan pientalon E-luvun arvioinnissa ja määrittämisessä käytettiin internetistä vapaasti ladattavaa energialaskuria. Käytetty laskuri käyttää mitoituksessa vuonna 2018 voimaan tulleita rakentamismääräyksiä (13).

Tämän tutkimuskohteena olevan pientalon energiatehokkuusluokka on arvioinnin perusteella D-luokka, ja E-luvuksi määriteltiin arviointilaskurin avulla 190 kWh/m<sup>2</sup>/vuosi. Arvioinnin tulokset on esitetty kuvassa 14 sekä liitteessä 1.

Talon lämmitysjärjestelmän tiedot on esitetty kuvassa 13 ja rakenteiden U-arvot kuvassa 12. Tiedot määriteltiin kohdekäynnillä rakennuksen laajennusosan rakennusvuoden perusteella, ja kiinteistöstä saatavilla olevien tietojen perusteella, ja niissä otettiin huomioon osassa taloa sijaisevien vanhojen eristeiden ja ikkunoiden lämmönläpäisykertoimet (kuva 11). (14.)



Kuvassa 11 on esitetty rakenteiden U-arvojen eli lämmönläpäisykertoimien arvoja rakennusluvan vireilletulovuosien mukaan.

	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-	1976-	1978-	1985-	10/2003-	2008-	2010-	2012-
<b>Lämpimät tilat</b>									
Ulkoseinä	0,81	0,81	0,40	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maavarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätällainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,2	2,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0
Ikkuna	2,8	2,8	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0

Kuva 11. Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet eri vuosina. (14.)

Vuosien varrella tehdyt muutokset ja korjaukset ovat varsin selkeästi parantaneet tämän tutkimuskohteena olevan talon energiatehokkuutta (kuva 14), kun lähtökohtaisesti tämän ikäluokan pientalon energiatehokkuus on pääsääntöisesti kategoriassa E-G.

Insinööriyössä tehdyt laskelmat ja niistä saadut tulokset eivät ole aivan tarkkoja ja, energiatehokkuuskategorian määrittäminen on myös vain kohteeseen tehdyn arviointilaskennan tulos.

RAKENNUKSEN TIEDOT				Info
Rakennusluokka	Erillinen pientalo, yli 150 ... 600 m <sup>2</sup>			
Lämmitetty nettopinta-ala, A <sub>netto</sub>	210	m <sup>2</sup>		
Kerroslukumäärä	2		Rakennusvajpan massiivisuus	Kevytrakenteinen
RAKENTEIDEN TIEDOT				Info
	Pinta-ala m <sup>2</sup>	U-arvon vertailuarvo W/m <sup>2</sup> K	Käytettävä U-arvo W/m <sup>2</sup> K	
Ulkoseinät	174,3	0,17	0,55	Ulkoseinän tyyppi Muu seinätyyppi
Yläpohja	170,0	0,09	0,30	
Alapohja	170,0	0,16	0,30	Alapohjan tyyppi Maata vasten
Kattoikkunat	0,0	1,00		
Ulko-ovet	5,2	1,00	2,00	
Ikkunapinta-ala	18 %			Ikkunoiden U-arvo: 1,00
Ikkunat pohjoiseen	13,23	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat itään	1,89	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat etelään	17,01	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat länteen	5,67	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
RAKENTEIDEN LIITTYMIEN KYLMÄSILTOJEN TIEDOT				Info
	Pituus m	Lisäkonduktanssi W/mK	Huonekorkeus m	
Ulkoseinä - Yläpohja	65,38	0,05	2,50	
Ulkoseinä - Alapohja	65,38	0,10		
Ulkoseinä - Väli­pohja	65,38	0,05		
Ulkoseinän ulkonurkka	25,00	0,04		
Ulkoseinän sisänurkka	5,00	-0,04		
Ulkoseinä - Ikkuna	108,00	0,04		
Ulkoseinä - Ovi	12,52	0,04		

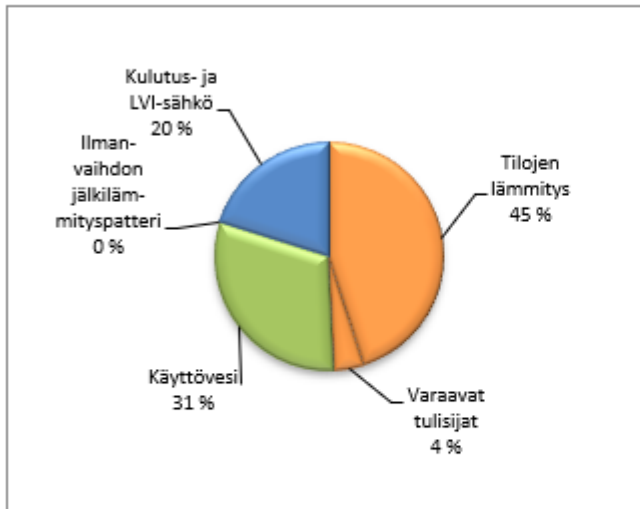
Kuva 12. Rakenteiden tiedot.

Ilmanvuotoluku ( $q_{50}$ )	6	$m^3/(hm^2)$
<b>LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TIEDOT</b>		<b>Info</b>
Lämmitystapa	Maalämpöpumppu	
Tilojen lämmönjakojärjestelmä	Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C - maata vasten rajoittuvassa rakenteessa	
Varaavien tulisijojen määrä	1	
Lämpimän käyttöveden varastointi	500 l varaaja, 40 mm eristys	
Lämpimän käyttöveden kierto- ja siirtojohdot	Kiertojohto - eristetty perustasoon	
Käyttöveteen kytkettyjä lämmityslaitteita	Kyllä	
<b>Maalämpöpumppu</b>	<b>Info</b> (Poistoilmalämpöpumppu)	<b>Info</b>
Tuotto-osuus	0,90	<b>Info</b> Tuotto-osuus 0,00 <b>Info</b>
SPF-luku (tilat)	3,00	<b>Info</b> SPF-luku 0,00 <b>Info</b>
SPF-luku (käyttövesi)	2,30	<b>Info</b>
Aurinkolämpö (tukemaan käyttöveden lämmitystä)	Kyllä	
Aurinkokeräimen pinta-ala	15	$m^2$
Suuntaus	etelä/kaakko/lounas	
Omavaraissähkö	0	kWh/a <b>Info</b>

Kuva 13. Lämmitysjärjestelmän tiedot.

## LASKENTATULOKSET VALITUILLA ARVOILLA

Info



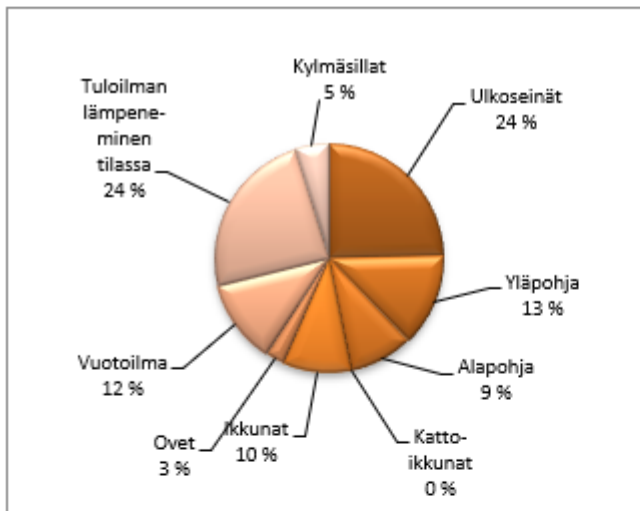
Kuvaaja 1. Energiamuotojen kertoimilla painotettu kokonaisenergiatarve.

## Energiamuotojen kertoimet

1,20 - sähkö  
 0,50 - kaukolämpö  
 1,00 - fossiiliset polttoaineet  
 0,50 - rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet

Laskennassa käytetyt U-arvot [W/m<sup>2</sup>K]

Ulkoseinät	0,55
Yläpohja	0,30
Alapohja	0,30
Kattoikkunat	0,00
Ulko-ovet	2,00
Ikkunat (pohjoinen)	1,00
Ikkunat (itä)	1,00
Ikkunat (etelä)	1,00
Ikkunat (länsi)	1,00



Kuvaaja 2. Sisätilojen lämmitystarpeen jakautuminen.

Energiatohokkuusluokka  
 valituilla U-arvoilla

**D**

Ostoenergiankulutus valituilla U-arvoilla

168 kWh/m<sup>2</sup>a

Ostoenergiankulutus U-arvon vertailuarvoilla

128 kWh/m<sup>2</sup>a

E-luku valituilla U-arvoilla

190 kWh<sub>e</sub>/m<sup>2</sup>a

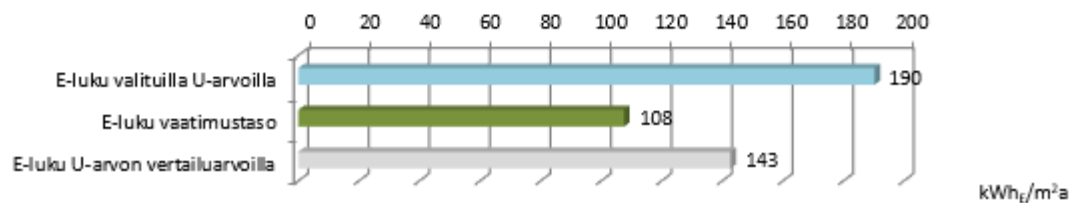
E-luku vaatimustaso

108 kWh<sub>e</sub>/m<sup>2</sup>a

E-luku U-arvon vertailuarvoilla

143 kWh<sub>e</sub>/m<sup>2</sup>a

**EI TÄYTÄ ENERGIA-  
 TEHOKKUUS-  
 VAATIMUKSIA**



Kuva 14. Laskennan tulokset.

## 8 Energiatehokkuus

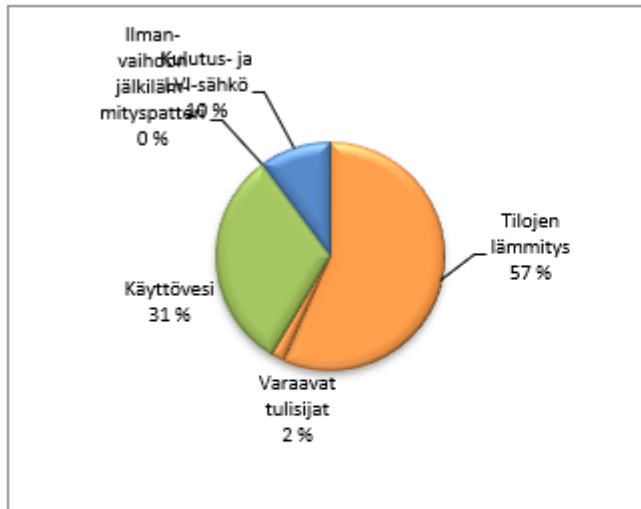
Vanhaa rakennusta tulee tarkastella aina kokonaisuutena, eikä sen yksittäisiä osa-alueita voi tarkastella vain yksi kerrallaan. Tämä on tärkeää, koska energiatehokkuutta pyritään parantamaan minimoimalla energiankulutus asumismukavuutta heikentämättä.

Energiatehokkuutta voidaan yksinkertaisimmillaan ajatella siten, että se on hyötysuhde, joka saadaan energian käytöstä. Tehostamisen päämääränä on saada nykyistä tilannetta vastaava hyötysuhde entistä pienemmällä energian määrällä tai aikaisempaa tilannetta parempi hyötysuhde kulutetun energian pysyessä vakiona. Olennaisimmat asiat, jotka vaikuttavat rakennuksen energiankulutuksen hyötysuhteeseen, ovat asumistottumukset, talon ulkovaippa, lämmitys ja ilmanvaihto. (15.)

Tutkimuskohteena olevan rakennuksen osalta E-luvun laskentatulokset on esitetty kuvassa 15 ja liitteessä 2. Energiatehokkuus muuttui arvoon 379 kWh/m<sup>2</sup>/vuosi eli merkittävästi huonommaksi, kun lämmitysjärjestelmäksi valittiin suora sähkölämmitys. Voidaankin todeta, että tutkimuskohteen vanhan suoran sähkölämmitysjärjestelmän korvaamisella uusiutuvalla energialla eli maa- ja aurinkolämpöjärjestelmillä oli energiatehokkuusluokan ja E-luvun kannalta varsin suuri merkitys.

## LASKENTATULOKSET VALITUILLA ARVOILLA

Info



Kuvaaja 1. Energiamuotojen kertoimilla painotettu kokonaisenergiatarve.

## Energiamuotojen kertoimet

1,20 - sähkö

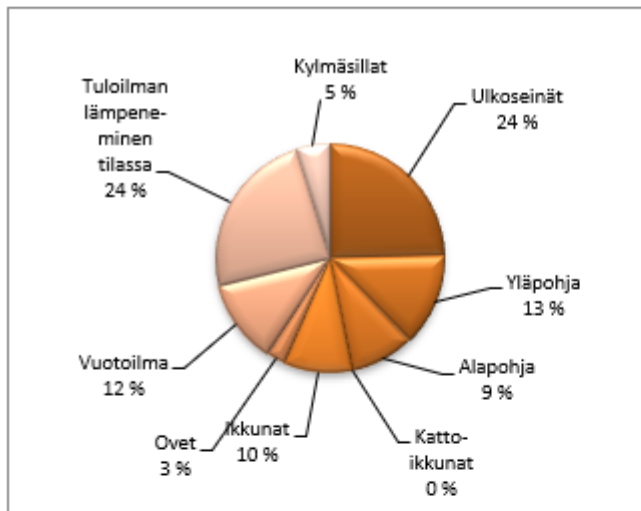
0,50 - kaukolämpö

1,00 - fossiiliset polttoaineet

0,50 - rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet

Laskennassa käytetyt U-arvot [W/m<sup>2</sup>K]

Ulkoseinät	0,55
Yläpohja	0,30
Alapohja	0,30
Kattoikkunat	0,00
Ulko-ovet	2,00
Ikkunat (pohjoinen)	1,00
Ikkunat (itä)	1,00
Ikkunat (etelä)	1,00
Ikkunat (länsi)	1,00



Kuvaaja 2. Sisätilojen lämmitystarpeen jakautuminen.

Energiatehokkuusluokka  
valituilla U-arvoilla**F**

Ostoenergiankulutus valituilla U-arvoilla

325 kWh/m<sup>2</sup>a

Ostoenergiankulutus U-arvon vertailuarvoilla

226 kWh/m<sup>2</sup>a

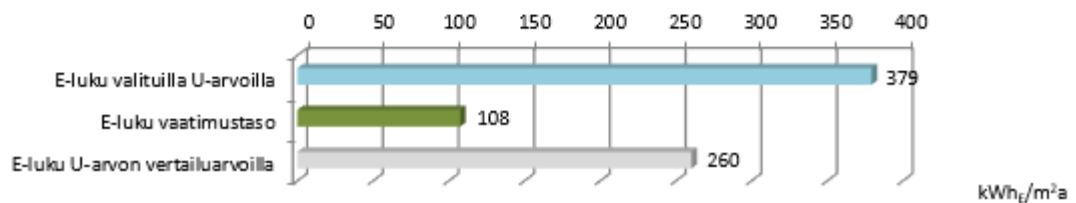
E-luku valituilla U-arvoilla

379 kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>a

E-luku vaatimustaso

108 kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>a

E-luku U-arvon vertailuarvoilla

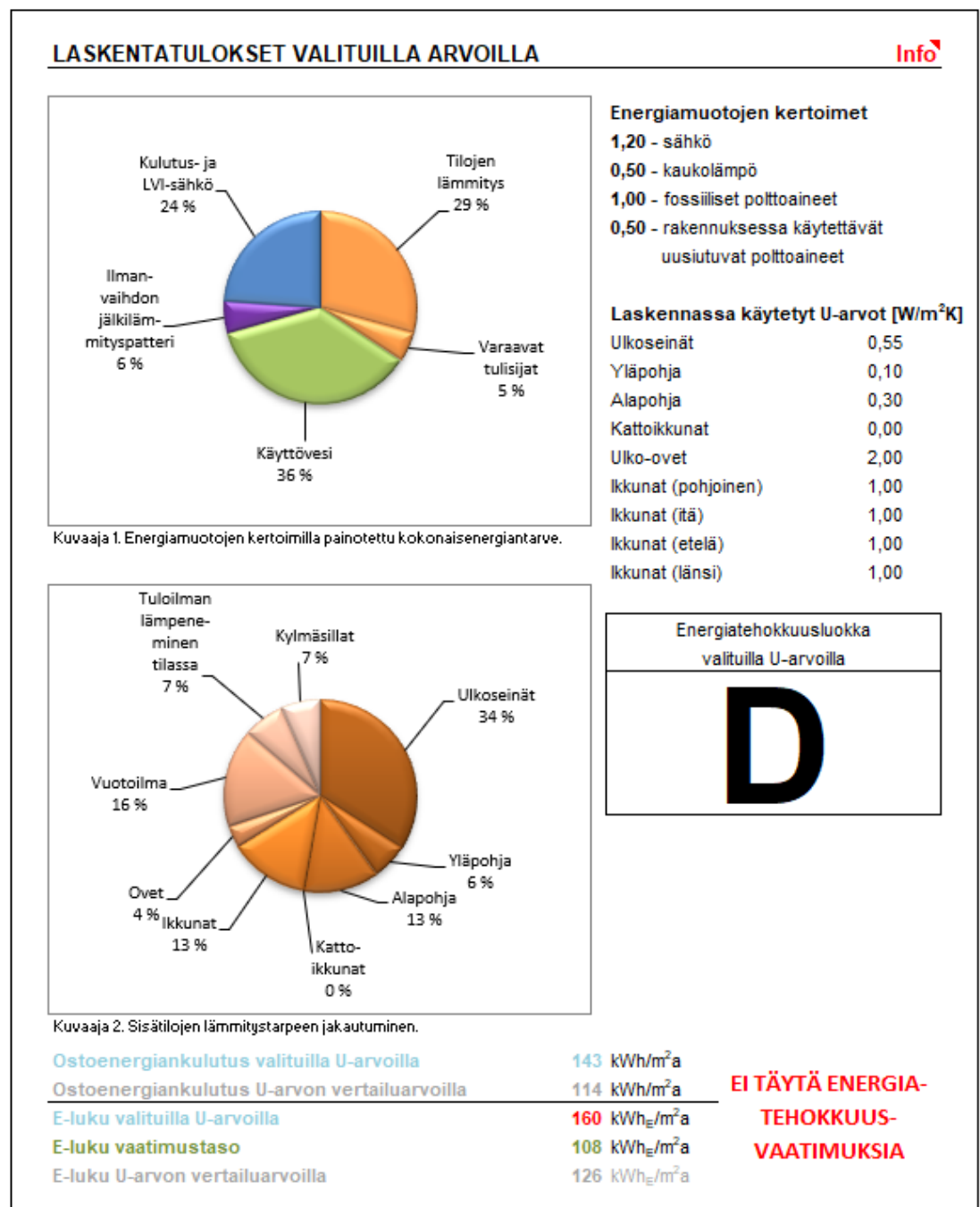
260 kWh<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>a**EI TÄYTÄ ENERGIA-  
TEHOKKUUS-  
VAATIMUKSIA**

Kuva 15. Laskennan tulokset suoralla sähkölämmityksellä.

Yläpohjan tiiveydellä ja lisäeristämällä on suuri merkitys, sillä jopa yli 20 % lämmitysenergiasta saattaa poistua sitä kautta. Lisäeristäminen on nopea ja monesti tehokkain tapa parantaa energiatehokkuutta. Tämän toimenpiteen takaisinmaksuaika on yleensä 2–4 vuotta kohteen laajuuden mukaan.

Opinnäytetyön kohteeseen yläpohjan lisäeristäminen olisi suhteellisen yksinkertainen työ toteuttaa. Yläpohjan eristettävät rakenteet ovat lähes kokonaan vaakasuuntaisia ja tilaan on helppo kulkea, joten eristystyön voi tilaaja tarvittaessa toteuttaa myös itse tehden, jolloin saataisiin nopeasti säästöjä aikaiseksi ja investoinnin takaisinmaksuaika lyhenisi entisestään.

E-luvun arvioinnissa tämä yläpohjan lisäeristäminen vaikuttaisi niin, että varsinainen energiatehokkuusluokka ei paranisi vaan olisi edelleen D-luokassa. Uusi arvio E-luvusta olisi noin 160 kWh/m<sup>2</sup>/vuosi (kuva 16). Tällöin yläpohjan vanhat purueristeet olisi poistettu kokonaan ja tilalle olisi puhallettu noin 450 mm:n kerros puhallusvillaa. Vertailulaskennassa käytetty yläpohjan uusi U-arvo on 0,1 W/m<sup>2</sup>K ja se on 33,33 % parempi kuin lähtötilanteessa, joka oli 0,3 W/m<sup>2</sup>K.



Kuva 16. Laskennan tulokset yläpohjan lisäeristämisen jälkeen.



## 9 Tulevaisuuden toimenpiteet

Toimeksiantajan pyynnöstä selvitettiin ja listattiin muutamia kohteeseen soveltuvia toimenpiteitä, joilla talon energiatehokkuutta ja käyttömukavuutta sekä toimivuutta voisi vielä kustannustehokkaasti parantaa.

Energiatehokkuutta ja asumismukavuutta lisääviä toimenpiteitä löydettiin muutamia, ja tärkeimpänä niistä olisi yläpohjan lisäeristäminen puhallusvillan avulla. Mukavuutta ja turvallisuutta toisivat valaistuksenohjauksen automaatio ulkona ja sisällä. Esimerkiksi WC- ja kylpyhuonetiloihin olisi mahdollista saada aikaisempaa parempaa käytettävyyttä muun muassa hämäräkytkimen ja liiketunnistimen avulla.

Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu, ja rakentaminen talon eteläpuolen katonlapeelle vähentäisi ostoenergian tarvetta. Aurinkopaneelit asennettaisiin tuottamaan käyttösähköä sekä mahdollistamaan muun muassa sähköauton edullisemman latauksen.

Vanhojen öljy- ja sähkölämmitysjärjestelmien aikaisten radiaattoreiden korvaaminen nykyaikaisilla matalalämpö radiaattoreilla. Radiaattoreiden päivittäminen 2020-luvulle toisi myös nykyistä tasaisempaa lämpöä ja lisää asumismukavuutta. Radiaattoreiden muutokset tuottaisivat myös pienimuotoista parannusta rakennuksen energiatehokkuuteen.

## 10 Johtopäätökset

Maailma on muuttunut nopeasti Suomen ja suomalaisten näkökulmastakin katsottuna. Varsinkin globaalilla tasolla on siirrytty yllätysten ja ristiriitojen aikakaudelle, postnormaaliin tilaan. Normaalin käsite on pirstoutunut ja yhteiskuntia uhkaavat negatiiviset yllätykset sekä ristiriitaisuudet ovat selkeästi lisääntyneet. Ensin Covid-19 pandemia ja heti perään Venäjän hyökkäysota Ukrainassa ovat osaltaan kiihdyttäneet epävarmuuden aikaa maailmassa.

On huomattu, että yllä mainittujenkin tapahtumien vuoksi Suomen ja koko maailmankin taloudessa suuria haasteita, jotka näkyvät jo tavallisten ihmisten elämässä lisääntyneenä epävarmuutena tulevaisuudesta. Ihmiset ovat Suomessakin kokeneet epävarmuutta muun muassa sähköenergian riittävydestä ja sen varalle tehtiin loppuvuodesta 2022 varautumissuunnitelmia. Energian hinta on myös noussut viime aikoina selkeästi ja ennusteet eivät lupaa ainakaan nopeaa paluuta entiseen (16).

Uusiutuvan energian käyttöön on Suomessa nyt panostettu ja varsinkin tuulivoimaa on rakennettu varsin paljon. Myös ydinvoiman osuus Suomen energiantuotannosta on kasvanut Olkiluoto 3:n käynnistymisen jälkeen. Näiden toimien ansiosta maamme energiantuotannon omavaraisuus on selvästi aikaisempaan nähden paremmalla ja myös ekologisemmalla tasolla. (17.)

Energiätehokkuuden parantaminen vanhassa talossa ja varsinkin E-luvun muuttuminen pienemmäksi vaatii monesti ison investoinnin. Merkittä tekijä E-luvun muutoksessa pienemmäksi on rakennuksen lämmitysjärjestelmä ja varsinkin käyttöön valittu energiamuoto, koska niiden kertoimet vaikuttavat suuressa määrin laskelmaan.

Aikaisempaa suurempi osa kotitalouksista käyttää pörssisähköä, jonka hinta muodostuu kysynnän ja tarjonnan mukaan, joten sähkönkulutuksen optimointi, turhasta kulutuksesta luopuminen ja tietenkin kulutuksen suunnittelu ja ajoittaminen hinnaltaan edullisimmille ajankohdille on nykyisellään todella tärkeää, koska sähköenergian hinta on selvästi aikaisempia vuosia kalliimpaa. (18.)

## 11 Yhteenveto

Insinööriyössä sekä siihen liittyvissä tutkimuksissa ja mallinuksissa pyrittiin selvittämään opinnäytetyön kohteena olleen pientalon potentiaali energiataloudellisuudessa ja antamaan työn tilanneille henkilöille selkeää ja yksinkertainen selvitys rakennuksen nykyisestä tasosta ja tuomaan esiin ne konkreettiset ja järkevät vaihtoehdot, joilla muun muassa E-lukua voidaan tehokkaasti pienentää.

Energiankulutukseen liittyvät kysymykset ovat lähes jokaisen Suomalaisen mielessä ja siksi myös insinööriyöni aihe liittyi vahvasti niihin asioihin.

Mallinnukset ja rakennuksessa tehdyt tutkimukset osoittautuivat arvioitua vaikeammiksi, koska taloon liittyviä suunnitelmia ei voitu työssä käyttää. Tarvittavat mitoitustiedot saatiin kuitenkin hankittua, ja E-luvun laskenta päästiin tekemään riittävällä tarkkuudella. Myös tulevaisuuden parannuskohteet saatiin luotettavasti kartoitettua ja koottua selkeästi raportille.

On tärkeää huomata tehdyn selvitystyön merkitys myös tulevaisuutta ajatellen, sillä E-lukujen vertaaminen saman tyyppisten ja ikäisten rakennusten osalta esimerkiksi asuntokauppaa suunnitellessa on tärkeää. Se voi vaikuttaa ostajan kannalta merkittävästi edessä oleviin peruskorjauksiin ja tuleviin investointeihin. Samalla on kuitenkin hyvä muistaa, että E-luku on laskennan kautta saatu luku eikä se kuvaa välttämättä todellisuutta, sillä laskenta ei huomioi sitä, miten rakennusta todellisuudessa käytetään. Energiatodistus on tänä päivänä pakollinen lähes kaikille rakennuksille, ja sitä vaaditaan ainakin viimeistään siinä vaiheessa, kun rakennus halutaan myydä tai se laitetaan vuokralle.

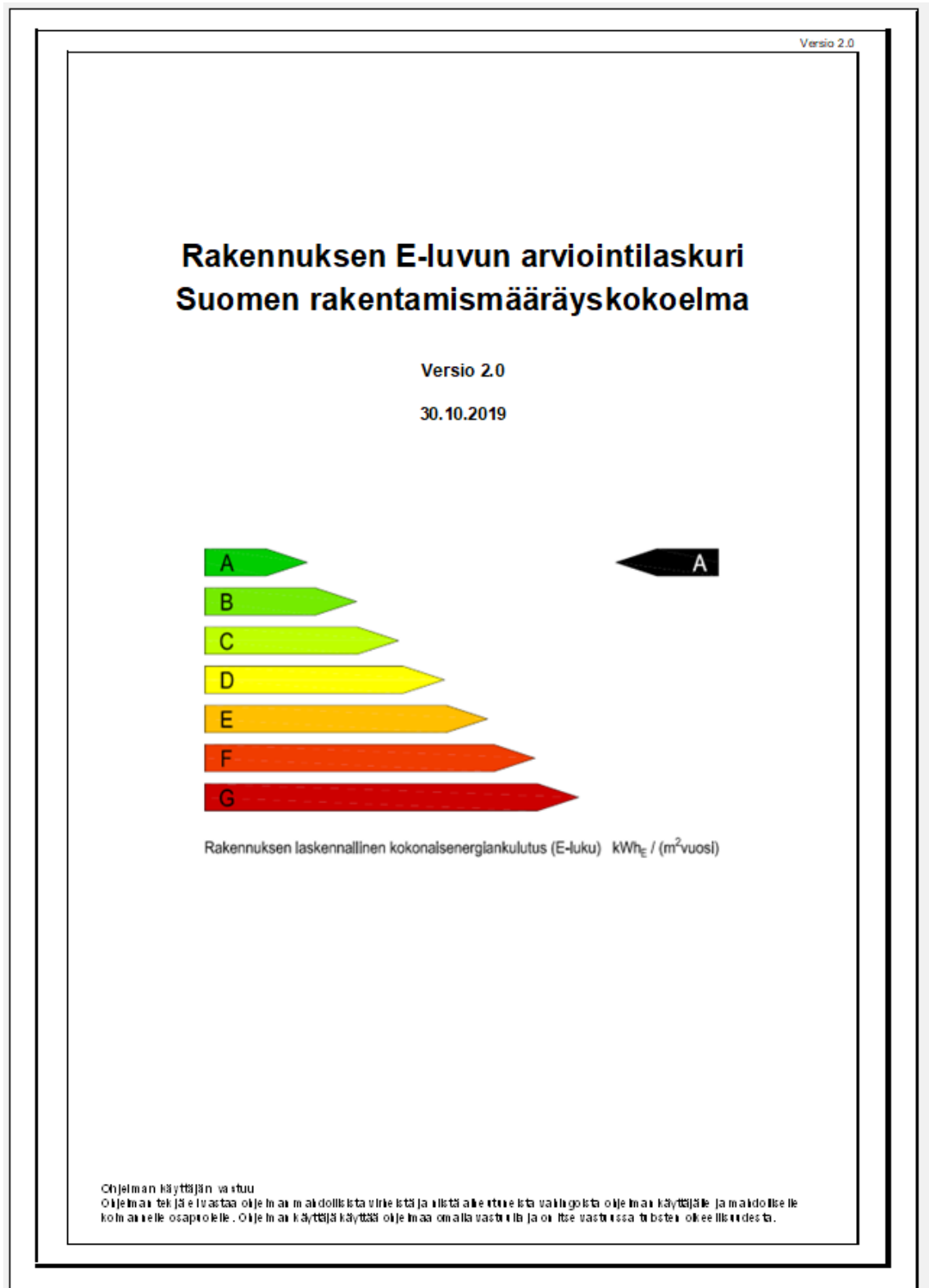
Tätä opinnäytetyötäni tehdessäni koko maailmassa ja myös Suomen lähialueilla on paljon rauhattomuutta ja epävakautta. Tämä heijastuu nyt usealla tavalla yhteiskunnan toimintaan ja se on merkittävässä määrin lisännyt talouden ja työllisyyden negatiivisten haasteita. Tässä varsinaisessa Insinööriyössä ja siihen liittyvissä tutkimuksissa ei mainittavia ongelmia eikä liian suuria haasteita ollut. Sain lähes kaikki suunnittelemani asiat selvitettyä eikä alati muuttuva tilanne maailmalla tämän opinnäytetyön valmistumiseen vaikuttanut.

## Lähteet

- 1 Mitoitustyökalut. Verkkoaineisto. Puuinfo. <[https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/02/E-lukulaskuri\\_versio\\_2.0.xlsm](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/02/E-lukulaskuri_versio_2.0.xlsm)>. Luettu 15.11.2023.
- 2 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. 1010/20.12.2017.
- 3 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2017. 1048/20.12.2017.
- 4 Laki rakennuksen energiatodistuksesta annetun lain muuttamisesta. 2017. 755/17.11.2017.
- 5 Suomalaisten pientalojen historia. Verkkoaineisto. Raksystems. <[https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2021/12/OPAS\\_Pientalojen\\_historia\\_12-2021\\_web.pdf](https://raksystems.fi/wp-content/uploads/2021/12/OPAS_Pientalojen_historia_12-2021_web.pdf)>. Luettu 27.10.2023.
- 6 Tilastokeskuksen maksuttomat tilastotietokannat. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_rakke/statfin\\_rakke\\_pxt\\_116g.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rakke/statfin_rakke_pxt_116g.px/table/tableViewLayout1/)>. Luettu 20.10.2023.
- 7 Uusiutuva energia Suomessa. Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriö. <<https://tem.fi/uusiutuva-energia>>. Luettu 30.11.2023.
- 8 Motiva Ratkaisut. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia)>. Luettu 29.11.2023.
- 9 Opinnäytetyö Max Ek 2017. Verkkoaineisto. Theseus. <[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130551/Ek\\_Max.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130551/Ek_Max.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Luettu 28.11.2023.
- 10 Maalämpöpumput. Verkkoaineisto. Nibe. <<https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/tietoa-eri-lampopumpuista/mita-maalampo-on>>. Luettu 28.11.2023.
- 11 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. 2017.1048/20.12.2017.
- 12 Energiatodistus. Verkkoaineisto. Motiva. <[https://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/rakentaminen/energiatodistus](https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/energiatodistus)>. Luettu 8.11.2023.

- 13 Mitoitustyökalut. Verkkoaineisto. Puuinfo. <[https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/02/E-lukulaskuri\\_versio\\_2.0.xlsm](https://puuinfo.fi/wp-content/uploads/2021/02/E-lukulaskuri_versio_2.0.xlsm)>. Luettu 15.11.2023.
- 14 Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2017. 2/1.6.2017.
- 15 Mikä on energiaselvitys? Verkkoaineisto. Arkkitehtitoimisto Tilasto. <<https://tilasto.info/e-luku/>>. Luettu 18.10.2023.
- 16 Ostetun lämmitysenergian hinta asumisessa. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <[https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_ehi/statfin\\_ehi\\_pxt\\_13nl.px/table/tableViewLayout1/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__ehi/statfin_ehi_pxt_13nl.px/table/tableViewLayout1/)>. Luettu 15.12.2023.
- 17 Uusiutuva energia Suomessa. Verkkoaineisto. Työ-elinkeinoministeriö. <<https://tem.fi/uusiutuva-energia>>. Luettu 15.12.2023.
- 18 Pörssihintaisten sähkösopimusten osuus. Verkkoaineisto. Energiavirasto. <<https://energiavirasto.fi/-/porssihintaisten-sahkosopimusten-osuus-nousi-lahes-14-prosenttiin-vuonna-2022>>. Luettu 26.12.2023.

## E-luku arviointi maalämpö



Versio 2.0

## Tietoja ohjelmasta ja E-luvusta

Tällä ohjelmalla voidaan määrittää vuonna 2018 voimaan astuneiden rakentamismääräysten mukainen rakennuksen E-luku.


Ohjelma on tarkoitettu harkesuunnitteluvaiheen työkaluksi erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen vaikutusten tutkimiseen rakennuksen E-luvun näkökulmasta.

E-luku ottaa huomioon energiamuotojen kertoimet, jotka ovat:

- sähkö	1,20
- kaukolämpö	0,50
- kaukojäähdytys	0,28 (tämä ohjelma ei huomioi jäähdytystä)
- fossiiliset polttoaineet	1,00
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,50

E-luvulla tarkoitetaan rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta, joka on painotettu energiamuotojen kertoimilla. E-luku ei siis ole sama kuin rakennuksen todellisen käytön mukainen ostoenergian määrä. Rakennuksen todellisen käytön mukainen ostoenergia tulee arvioida muilla laskentamenetelmillä.

 = Alasvetovalikko. Valitse haluamasi vaihtoehto.

 = Syötä haluamasi numeroarvo.

 = Ohjelma laskee valintojesi perusteella ehdotuksen, joka noudattelee tyypillistä ratkaisua.

Halutessasi voit muuttaa arvoa. Muutettuasi harmaankentän arvoa, laskuri ei muuta enää kyseisen solun oletusarvoa muita lähtötietoja muutettaessa.

Jos haluat palauttaa laskurin harmaisiin soluihin älyn takaisin, toimi seuraavasti:

- 1) poista ensin ruksi "Mitoitus" välilehdellä sijaitsevasta kohdasta  Täytä oletusarvot
- 2) palauta ruksi edellä mainittuun ruutuun  Täytä oletusarvot

Edellä esitetyn toimenpiteen jälkeen laskuri palauttaa kaikkiin harmaisiin soluihin oletusarvon ja älyn, jonka perusteella solun oletusarvo muuttuu muutettuasi muita lähtötietoja.

Ohjelman käyttäjän vastuua

Ohjelman tekijä ei vastaa ohjelman mahdollisista virheistä ja niistä aiheutuvista vahingoista ohjelman käyttäjälle ja mahdolliselle kolmannelle osapuolelle. Ohjelman käyttäjä käyttää ohjelman omalla vastuulla ja omalla vastuulla tiibster oikeuksien edustajana.

Versio 2.0	
Suunnittelutila x	Tyyppi X Päiväys 28.11.2023 Tekijä Pekka Lämsä
1 / 3	
Rakennuskohde Jymyntie 3, Haukipudas	Osa-alue Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri

<input checked="" type="checkbox"/> Täytä oletusarvot		Info		
Rakennusluokka	Erillinen pientalo, yli 150 ... 600 m <sup>2</sup>			
Lämmitetty nettopinta-ala, A <sub>netto</sub>	210 m <sup>2</sup>			
Kerros lukumäärä	2	Rakennusvaipan massiivisuus Kevytrakenteinen		
<b>RAKENTEIDEN TIEDOT</b>		Info		
	Pinta-ala m <sup>2</sup>	U-arvon vertailuarvo W/m <sup>2</sup> K	Käytettävä U-arvo W/m <sup>2</sup> K	Ulkoseinän tyyppi
Ulkoseinät	174,3	0,17	0,55	Muu seinätyyppi
Yläpohja	170,0	0,09	0,30	
Alapohja	170,0	0,16	0,30	Alapohjan tyyppi Maata vasten
Kattoikkunat	0,0	1,00		
Ulkoovet	5,2	1,00	2,00	
Ikkunapinta-ala	18 %			Ikkunoiden U-arvo: 1,00
Ikkunat pohjoiseen	13,23	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat itään	1,89	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat etelään	17,01	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat länteen	5,67	1,00	1,00	Ikkunan g-arvo 0,55
<b>RAKENTEIDEN LIITYMIEN KYLMÄSILTOJEN TIEDOT</b>				Info
	Pituus m	Lisäeristys W/mK	Huonekorkeus m	
Ulkoseinä - Yläpohja	65,38	0,05	2,50	
Ulkoseinä - Alapohja	65,38	0,10		
Ulkoseinä - Välipohja	65,38	0,05		
Ulkoseinän ulkonurkka	25,00	0,04		
Ulkoseinän sisänurkka	5,00	-0,04		
Ulkoseinä - Ikkuna	108,00	0,04		
Ulkoseinä - Ovi	12,52	0,04		



Versio 2.0	
Suunniteluomaisuus	Työn nro
X	x
	Sivu
	2 / 3
Rakennuskohde	Projektin johtaja
Jymyntie 3, Haukipudas	Pekka Lämsä
	Seuranta
	Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri

### ILMANVAIHDON TIEDOT Info

Koneellinen ilmanvaihto	Alhaisella hyötysuhteella toimiva ilmanvaihto
IV-koneen LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde	0,49
SFP-luku	2,00 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Tuloilman lämpötila jälkilämmitys patterin jälkeen	0,00 °C
Jälkilämmitys patteri	Kytetty lämmitys järjestelmään
Ilmanvuotoluku (q <sub>50</sub> )	6 m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> )

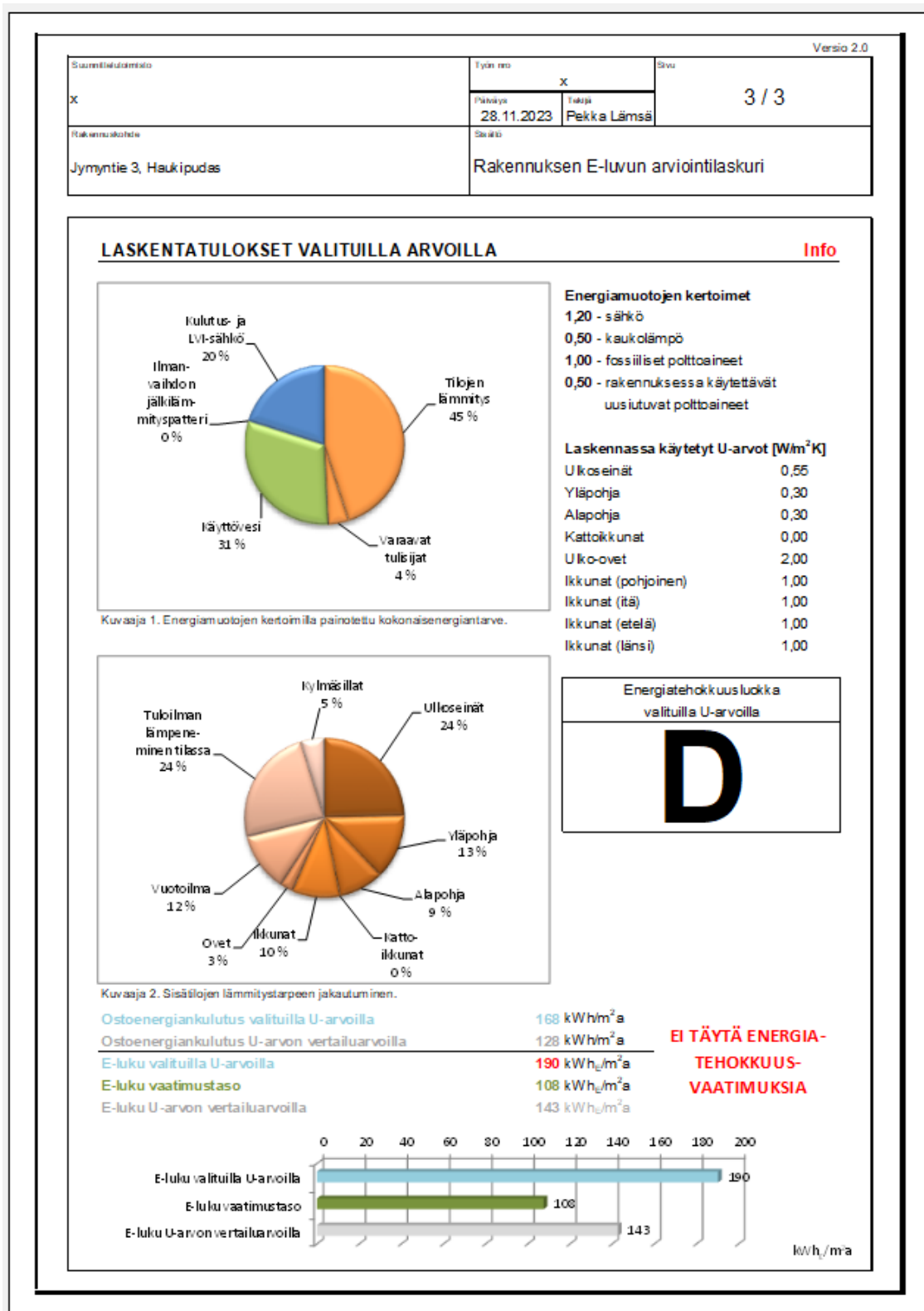
  

### LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TIEDOT Info

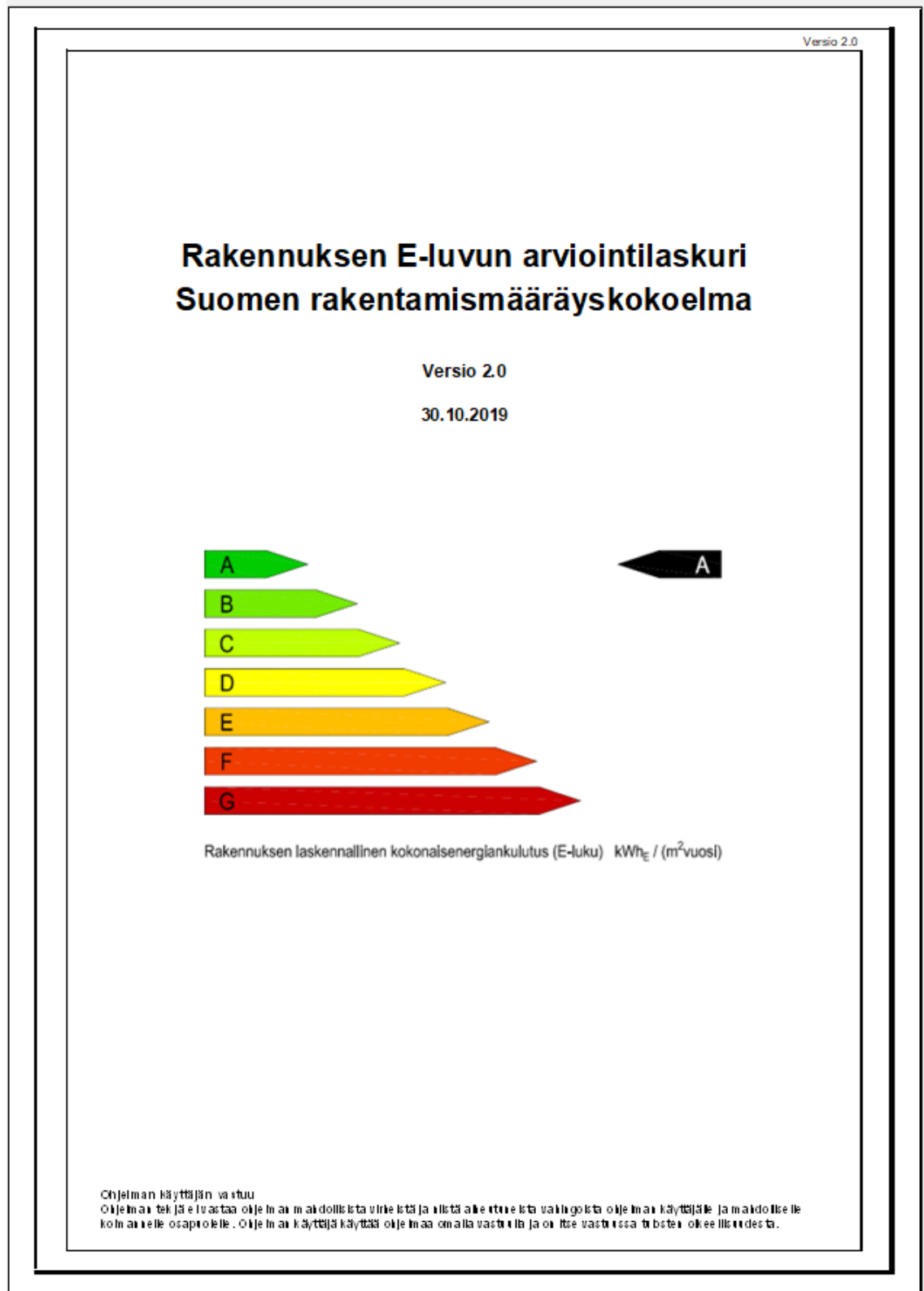
Lämmitystapa	Maalämpöpumppu
Tilojen lämmönjakojärjestelmä	Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C - maata vasten rajoituvassa rakenteessa
Varaavien tulisijojen määrä	1
Lämpimän käyttöveden varastointi	500 l varaaja, 40 mm eristys
Lämpimän käyttöveden kierto- ja siirtojohdot	Kiertojohto - eristetty perustasoon
Käyttöveleen kytkettyjä lämmityslaitteita	Kyllä

<b>Maalämpöpumppu</b>	<b>Info</b> (Poistoilma- <b>lämpöpumppu</b> )	<b>Info</b>
Tuotto-osuus <input style="width: 50px;" type="text" value="0,30"/>	<b>Info</b> Tuotto-osuus <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b>
SFP-luku (tilat) <input style="width: 50px;" type="text" value="3,00"/>	<b>Info</b> SFP-luku <input style="width: 50px;" type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b>
SFP-luku (käyttövesi) <input style="width: 50px;" type="text" value="2,30"/>	<b>Info</b>	
Aurinkolämpö (tukemaan käyttöveden lämmitystä)	Kyllä	
Aurinkokeräimen pinta-ala	15 m <sup>2</sup>	
Suuntaus	etelä/kaakko/lounas	
Omanvaraissähkö	0 kWh/a	<b>Info</b>



## E-luku arviointi suorasähkö



Versio 2.0

## Tietoja ohjelmasta ja E-luvusta

Tällä ohjelmalla voidaan määrittää vuonna 2018 voimaan astuneiden rakentamismääräysten mukainen rakennuksen E-luku.


Ohjelma on tarkoitettu harkesuunnitteluvaiheen työkaluksi erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen vaikutusten tutkimiseen rakennuksen E-luvun näkökulmasta.

E-luku ottaa huomioon energiamuotojen kertoimet, jotka ovat:

- sähkö	1,20
- kaukolämpö	0,50
- kaukojäähdytys	0,28 (tämä ohjelma ei huomioi jäähdytystä)
- fossiiliset polttoaineet	1,00
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,50

E-luvulla tarkoitetaan rakennuksen laskennallista ostoenergiankulutusta, joka on painotettu energiamuotojen kertoimilla. E-luku ei siis ole sama kuin rakennuksen todellisen käytön mukainen ostoenergian määrä. Rakennuksen todellisen käytön mukainen ostoenergia tulee arvioida muilla laskentamenetelmillä.

 = Alasvetovalkko. Valitse haluamasi vaihtoehto.

 = Syötä haluamasi numeroarvo.

 = Ohjelma laskee valintojesi perusteella ehdotuksen, joka noudattelee tyypillistä ratkaisua.

Halutessasi voit muuttaa arvoa. Muutettuasi harmaankentän arvoa, laskuri ei muuta enää kyseisen solun oletusarvoa muita lähtötietoja muutettaessa.

Jos haluat palauttaa laskurin harmaisiin soluihin älyn takaisin, toimi seuraavasti:

- 1) poista ensin ruksi "Mitoitus" välilehdellä sijaitsevasta kohdasta  Täytä oletusarvot
- 2) palauta ruksi edellä mainittuun ruutuun  Täytä oletusarvot

Edellä esitetyn toimenpiteen jälkeen laskuri palauttaa kaikkiin harmaisiin soluihin oletusarvon ja älyn, jonka perusteella solun oletusarvo muuttuu muutettuasi muita lähtötietoja.

Ohjelman käyttäjän vastuu

Ohjelman tekijä vastaa ohjelman mahdollisista virheistä ja niistä aiheutuvista vahingoista ohjelman käyttäjälle ja mahdolliselle kolmannelle osapuolelle. Ohjelman käyttäjä käyttää ohjelman omalla vastuulla ja on itse vastuussa tulosten oikeellisuudesta.

Versio 2.0	
Suunnittelutunnus	Työn no
X	X
	Päiväys
	Tekijä
	28.11.2023 Pekka Lämsä
Rakennuskohde	Sisäilma
Jymyntie 3, Haukipudas	Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri

<b>RAKENNUKSEN TIEDOT</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Täytä oletusarvot	Info
Rakennusluokka	Erillinen pientalo, yli 150 ... 600 m <sup>2</sup>		
Lämmitetty nettopinta-ala, A <sub>netto</sub>	210	m <sup>2</sup>	
Kerros lukumäärä	2	Rakennusvaipan massiivisuus	Kevytrakenteinen
<b>RAKENTEIDEN TIEDOT</b>			Info
	Pinta-ala	U-arvon vertailuarvo	Käytettävä U-arvo
	m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K
Ulkoseinät	174,3	0,17	0,55
			Ulkoseinän tyyppi
			Muu seinätyyppi
Yläpohja	170,0	0,09	0,30
			Alapohjan tyyppi
Alapohja	170,0	0,16	0,30
			Maata vasten
Kattoikkunet	0,0	1,00	
Ulko-ovet	5,2	1,00	2,00
			Ikkunoiden U-arvo:
Ikkunapinta-ala	18 %		1,00
Ikkunat pohjoiseen	13,23	1,00	1,00
			Ikkunan g-arvo
			0,55
Ikkunat itään	1,89	1,00	1,00
			Ikkunan g-arvo
			0,55
Ikkunat etelään	17,01	1,00	1,00
			Ikkunan g-arvo
			0,55
Ikkunat länteen	5,67	1,00	1,00
			Ikkunan g-arvo
			0,55
<b>RAKENTEIDEN LIITYMÄN KYLMÄSILTOJEN TIEDOT</b>			Info
	Pituus	Lisäkonduktanssi	Huonekorkeus
	m	W/mK	m
Ulkoseinä - Yläpohja	65,38	0,05	2,50
Ulkoseinä - Alapohja	65,38	0,10	
Ulkoseinä - Välipohja	65,38	0,05	
Ulkoseinän ulkonurkka	25,00	0,04	
Ulkoseinän sisänurkka	5,00	-0,04	
Ulkoseinä - Ikkuna	108,00	0,04	
Ulkoseinä - Ovi	12,52	0,04	

Versio 2.0	
Suunniteluunnistus	Työn no. <b>X</b>
X	Sivu <b>2 / 3</b>
Rakennuskohde	Sisältö
Jymyntie 3, Haukipudas	Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri

### ILMANVAIHDON TIEDOT Info

Koneellinen ilmanvaihto	Alhaisella hyötysuhteella toimiva ilmanvaihto
IV-koneen LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde	<input type="text" value="0,49"/>
SFP-luku	<input type="text" value="2,00"/> kW/(m <sup>3</sup> s)
Tuloilman lämpötila jälkilämmitys patterin jälkeen	<input type="text" value="0,00"/> °C
Jälkilämmityspatteri	Kytetty lämmitysjärjestelmään
Ilmanvuotoluku (q <sub>50</sub> )	<input type="text" value="6"/> m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )

### LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TIEDOT Info

Lämmitystapa	Suora sähkö
Tilojen lämmönjakojärjestelmä	Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C - maata vasten rajoittuvassa rakenteessa
Varaavien tulisijojen määrä	<input type="text" value="1"/>
Lämpimän käyttöveden varastointi	<input type="text" value="500 l varaaja, 40 mm eristys"/>
Lämpimän käyttöveden kierto- ja siirtojohdot	Kiertojohto - eristetty perustasoon
Käyttöveteen kytkettyjä lämmitys laitteita	<input type="text" value="Kyllä"/>

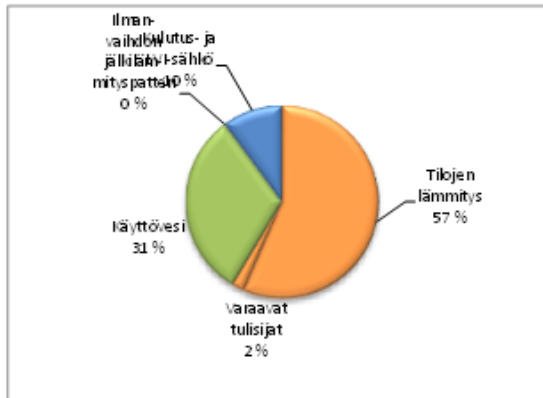
  

<b>(Maalämpöpumppu)</b>	<b>Info (Poistoilmalämpöpumppu)</b>	<b>Info</b>
Tuotto-osuus <input type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b> Tuotto-osuus <input type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b>
SPF-luku (tilat) <input type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b> SPF-luku <input type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b>
SPF-luku (käyttövesi) <input type="text" value="0,00"/>	<b>Info</b>	
Aurinkolämpö (tukemaan käyttöveden lämmitystä)	<input type="text" value="Kyllä"/>	
Aurinkokeräimen pinta-ala	<input type="text" value="15"/> m <sup>2</sup>	
Suuntaus	<input type="text" value="eteläkaakko/ounas"/>	
Omavaraissähkö	<input type="text" value="0"/> kWh/a	<b>Info</b>

Suunnittelutoimisto <b>X</b>	Työn no.	<b>X</b>		Sivu	<b>3 / 3</b>
	Päiväys	28.11.2023	Tekijä	Pekka Lämsä	
Rakennuskohde	Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri				
Jymyntie 3, Haukipudas					

### LASKENTATULOKSET VALITUILLA ARVOILLA

Info

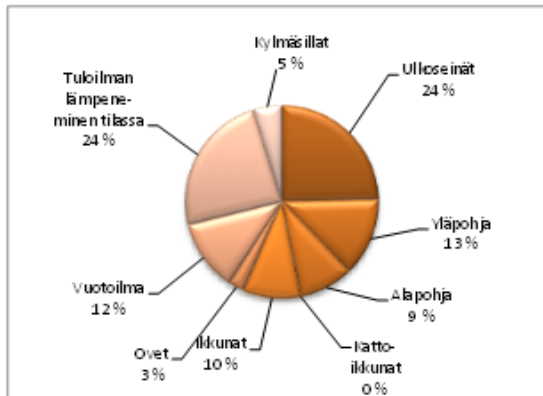


Kuvaaja 1. Energiamuotojen kertoimilla painotettu kokonaisenergiatarve.

**Energiamuotojen kertoimet**  
 1,20 - sähkö  
 0,50 - kaukolämpö  
 1,00 - fossiiliset polttoaineet  
 0,50 - rakennuksessa käytettävät uusitut polttoaineet

#### Laskennassa käytetyt U-arvot [W/m<sup>2</sup>K]

Ulkoseinät	0,55
Yläpohja	0,30
Alapohja	0,30
Kattoikkunat	0,00
Ulkoovet	2,00
Ikkunat (pohjoinen)	1,00
Ikkunat (itä)	1,00
Ikkunat (etelä)	1,00
Ikkunat (länsi)	1,00



Kuvaaja 2. Sisäilöjen lämmitystarpeen jakautuminen.

Energiätehokkuusluokka  
 valituilla U-arvoilla  
**F**

Ostoenergiankulutus valituilla U-arvoilla	325 kWh/m <sup>2</sup> a
Ostoenergiankulutus U-arvon vertailuarvoilla	226 kWh/m <sup>2</sup> a
E-luku valituilla U-arvoilla	379 kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> a
E-luku vaatimustaso	108 kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> a
E-luku U-arvon vertailuarvoilla	260 kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> a

**EI TÄYTÄ ENERGIA-  
TEHOKKUUS-  
VAATIMUKSIA**

