

Veli Ruokamo

## **1970-rakennetun pientalon energiatehokkuuden parantaminen**

Energiatehokkuusluokka ja energiatehokkuuden parantamisen korjaustarveselvitys

## **1970-rakennetun pientalon energiatehokkuuden parantaminen**

Energiatehokkuusluokka ja energiatehokkuuden parantamisen korjaustarveselvitys

Veli Ruokamo  
Opinnäytetyö  
Kevät 2023  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma

---

Tekijä(t): Veli Ruokamo

Opinnäytetyön nimi: 1970-rakennetun pientalon energiatehokkuuden parantaminen

Työn ohjaaja(t): Kimmo Illikainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Kevät 2023

Sivumäärä: 33 + 6 liitettä

---

Energiakriisi on tullut ajankohtaiseksi 50 vuoden jälkeen. Rakentamismääräyksiä on tiukennettu tasaisesti ja nykyisten energiatehokkuusvaatimusten mukaan korjausrakentamisessa on tiedettävä rakennusten nykyinen energialuokka, jotta uudistukset voidaan suunnitella tehokkaasti ja kustannuksia säästäen.

Työn tavoitteena oli selvittää 1970-rakennetun pientalon energiatehokkuus. Saatua tulosta verrattiin ympäristöministeriön 2020-luvun rakentamismääräyksiin.

Kohdetalolle tehtiin yläpohjan, seinärakenteen ja alapohjan rakennefysikaalinen lämmönläpäisykertoimien laskenta. Työssä verrattiin laskentatuloksia saatavilla oleviin lämpöhäviölaskin-laskentaohjelmien tuloksiin.

Seinärakenteiden rakennekuvia ei ollut käytettävissä, joten seinärakenne ja teräsbetonianturan nurkka tarkistettiin seinärakenteen rakenneavauksella. Lisäksi tyyppitalon riskirakenne avattiin ja sen kunto tarkistettiin. Rakenteella tavoiteltiin energiatehokkuutta estämällä lattian ja seinän liittymän kylmäsilta.

Lämpöhäviökuvaus tehtiin Bosch Professional GTC 400 C -lämpökameralla. Lämpöhäviökuvauksen perusteella laadittiin korjaustarpeiden työlista ja lasketaan korjauksien kustannukset. Kustannuksien takaisinmaksuaikojen perusteella tehtiin päätökset korjaustoimenpiteiden laajuudesta.

Lämpöhäviökohteita havaittiin selkeästi lämpöhäviökuvauksessa ja ne vastasivat tyyppisiä eli 1970-luvulla rakennettujen talojen arvoja. Ikkunoiden kohdalla havaittiin selvä parannus jo tehdyn korjaustoimenpiteen ja nykyisten korjaamattomien ikkunoiden välillä.

Pientalon energiatehokkuuden parantamiseksi laadittiin toimenpide-ehdotukset tehdyn selvityksen perusteella. Kohdetalo oli tutkimuksen perusteella jo tehtyjen korjaustoimenpiteiden takia nykyisellään energiatehokkuusluokassa B.

---

Asiasanat: Energialuokka, lämmönjohtavuus, kilowattitunti, lämpökamerakuvaus, rakenne

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Program in Construction Management

---

Author(s): Veli Ruokamo

Title of thesis: Improving energy efficiency of small house built in year 1970.

Supervisor(s): Kimmo Illikainen

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2023

Number of pages: 33 + 6 appendices

---

Energy crisis is topical after 50 years. Building regulations has been tightened evenly and in maintenance repairs of buildings must know energy class of building to plan repair construction efficiently and cost saving way.

The goal of thesis is to investigate energy efficiency of small house built in year 1970 and compare results to Finnish Ministry of the Environment building 2020's regulations.

Investigated small house energy class calculation is made according to realized energy consumptions average of 2 years period per year. Total purchase energy annually consists of district heating, electric and firewood energies in kilowatt hours. Energy efficiency is calculated pro heated room square meters. Investigated small house has remote readable invoices energy meters.

In heat loss calculation is made top bottom's, wall structure's and bottom base's structural physical heat transfer coefficients calculations and results is compared to heat loss calculator program results.

Heat loss points was clearly detected in heat loss imaging and results were typical to 1970's small house values. In windows was realized clear improvement in already made repaired window to original windows value.

To improve energy efficiency of small house has been made repairing plan. Target house energy class was B due to already made energy repairs.

---

Keywords: Energy class, thermal conductivity, kilowatt hour, thermal imaging, structure

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	RAKENNUSTEN ENERGIALUOKAT .....	7
2.1	Ympäristöministeriön määräykset rakennusten energialuokista .....	7
2.2	Rakennusten energiatehokkuuksien kehitys .....	8
3	LÄMPÖVUOTOJEN KUVAAMINEN LÄMPÖKAMERALLA .....	11
4	TUTKITTAVAN TALON KUVAUS.....	12
4.1	Kohde pientalon lämpökuvaus ja lämpöhäviökohdat.....	16
4.2	Kohdetalon riskirakenteet ja lämpöhäviöt .....	21
5	KOHDETALON YLÄPOHJAN, ALAPOHJAN JA ULKOSEINÄRAKENTEET .....	23
5.1	Yläpohjan U-arvo.....	23
5.2	Alapohjan U-arvo.....	24
5.3	Ulkoseinärakenteen U-arvo .....	25
6	LÄMPÖVUOTOJEN KORJAUSTOIMENPITEET .....	29
6.1	Kohdetalolle tehdyt energiatehokkuuden parantamistoimenpiteet .....	29
6.2	Rakennuskorjauksien kustannusarvio ja takaisinmaksuaika .....	30
7	YHTEENVETO .....	32
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET .....	37

# 1 JOHDANTO

Rakentamisessa toteutetaan jatkuvan parantamisen periaatteita. Korjausrakentamisen lähtökoh- tana on lähtötietojen selvitys ennen kunnossapitoprojektia. Rakennuskohteen rakenneselvitys ma- teriaaleineen on kokonaisuus, johon tulee käyttää riittävästi aikaa. Rakennepiirustuksia ei löydy välttämättä kaikista rakennuskohteista, minkä vuoksi rakenneosia joudutaan avaamaan.

Tavoitteena on selvittää 1970-rakennetun pientalon energiatehokkuus ja verrata sitä ympäristömi- nisteriön 2020-luvun rakentamismääräyksiin lämmitettyjen tilojen osalta. Kohdetalon energialuok- kaselvitys tehdään toteutuneiden energiakulutuksien mukaan kahden vuoden keskiarvona vuotta kohden. Kokonaisostoenergia vuodessa muodostuu kaukolämmitys-, sähkö- ja polttopuuenergi- oista kilowattitunteina. Energiatehokkuus lasketaan rakennettua lämmitettyä huoneistoneliometriä kohden. Kohdetalossa ovat etäluettavat laskutuksien energiamittarit. Energiatehokkuuden (E)-las- kenta tapahtuu tässä työssä 3-vaiheisesti.

Ensimmäiseksi lasketaan asuinrakennuksen kokonaisostoenergian vuosikulutus toteutuneista kaukolämpö-, sähkö- ja polttopuiden osalta. Pohjana toteutuneen E-luvun laskentaan käytetään ympäristöministeriön ohjetta esimerkkitalon laskennassa taulukkoa.

Toiseksi määritetään rakennuksen yläpohjan, ulkoseinärakenteen ja alapohjien rakenteet. Laske- taan rakenteiden lämmönläpäisykertoimien (U) arvot materiaalien vahvuuksien ja lämmönjohta- vuuksien suunnitteluarvojen ( $\lambda$ ) mukaisesti. Rakennusmateriaalit ovat kehittyneet ja lämmönjohta- vuudet parantuneet.

Kolmanneksi tarkistetaan todellisten rakenteiden lämmönläpäisykertoimien (U) mukaan rakennuk- sen energiatehokkuus käytettävissä olevilla lämpövuotojen tasauslaskimien avulla. Saatujen arvo- jen tulee vastata toisiaan, jolloin varmuudella tiedetään rakennuksen energiatehokkuusluokka.

Toteutuneen energiatehokkuuden mukaan suunnitellaan parannustoimenpiteet rakennuksen ener- giatehokkuuden parantamiseksi. Lämpövuotojen etsimisen apuna käytetään lämpökameraku- vausta.

## 2 RAKENNUSTEN ENERGIALUOKAT

### 2.1 Ympäristöministeriön määräykset rakennusten energialuokista

Omakotitaloa vuokrattaessa ja ostettaessa vaaditaan energiatodistus lain 50/2013 Laki rakennuksen energiatodistuksesta mukaisesti. Tarkoituksena on lisätä mahdollisuuksia rakennusten energiatehokkuuden vertailuun sekä edistää uusiutuvan energian käyttöä.

Lain mukaan rakennuksen omistaja vastaa energiatodistuksen hankinnasta. Rakennuksen kunnossapitovastuun ollessa rakennuksen haltijalla kuuluu todistuksen hankinta haltijalle. Hyvin suu-  
resta osasta myytävistä omakotitaloista ja asunnoista puuttuu lain edellyttämä energiatodistus. On olemassa poikkeuksia, jolloin asunnon energiatodistusta ei vaadita seuraavissa tapauksissa (1):

- 1) rakennuspinta-ala < 50 rkm<sup>2</sup>
- 2) loma-asunnot, joita ei vuokrata
- 3) tilapäinen rakennus (purettava)
- 4) korjaamot ja teollisuushallit, uimahallit, jäähallit, varastot
- 5) maatilarakennukset jotka eivät ole asuinkäytössä
- 6) suojeltavat rakennukset
- 7) kirkot
- 8) kasvihuoneet
- 9) puolustusvoimien rakennukset
- 10) Ympäristöministeriön asetuksien tarkemmat määräykset.

Energiatodistus vaaditaan käytännössä kaikilta omakotitaloilta. Energialuokat ovat A, B, C, D, E, F ja G. Luokka A muodostaa ympäristönäkökohdat ja uusiutuvan energian käytön ja eristävyys-  
osalta parhaan luokan. (2.)

Energiatodistuksen avulla pystytään arvioimaan kiinteitä kuluja ja sitä, mihin pystytään omilla va-  
linnoilla vaikuttamaan. Energiatodistuksessa huomioidaan monta rakennuksen ominaisuutta, mm.  
ilmanvaihto, ikkunat, eristykset ja lämmitys. Energiatodistuksen periaatteena on erottaa raken-  
nuksen ominaisuudet ja asukkaan kulutustottumukset toisistaan ja kuvata vain rakennuksen omi-  
naisuuksia. (2.)

Maankäyttö ja rakennuslaki (788/2017) määrittää rakennuksissa käytettävien eri energiamuotojen kertoimet E- luvun laskennassa seuraavasti:

- sähkölämmitys 1,2
- kaukolämpö 0,5
- kaukojäähdytys 0,28
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5.

Energiatodistuksen laatijan pätevyysvaatimukset määräytyvät asetuksen 170/2013 Valtioneuvoston asetus rakennuksen energiatodistuksen laatijan pätevyydestä ja kevennetyn energiatodistuksen menettelyn edellytyksistä mukaisesti seuraavasti:

Vaatimustaso on ylempi taso, kun energiatodistus laaditaan rakennettavalle jäähdytetylle rakennukselle tai rakennuksen osalle. Muulloin vaatimustaso on tavanomainen. (3.)

Vaatimustasoltaan perustason energiatodistuksen laatijalla on oltava rakennus-, talotekniikka- tai energiatekniikka-alan ylempi korkeakoulututkinto tai ammattikorkeakoulututkinto taikka aikaisempi rakennusinsinöörin, rakennusarkkitehdin, lvi-kone- tai sähköinsinöörin, lvi- tai sähkötekniikon taikka rakennusmestarin tutkinto. (1.)

Tutkinnon korvaavaksi työkokemukseksi hyväksytään vähintään kolmen vuoden työkokemus rakennusten energiatehokkuuteen liittyvissä tehtävissä. Tutkinnon korvaavaksi työkokemukseksi hyväksytään vähintään vuoden työkokemus rakennusten energiatehokkuuden laskennasta dynaamisella laskentamenetelmällä, jos hakijalla on vaatimustasoltaan perustason energiatodistuksen laatijan pätevyys. (3.)

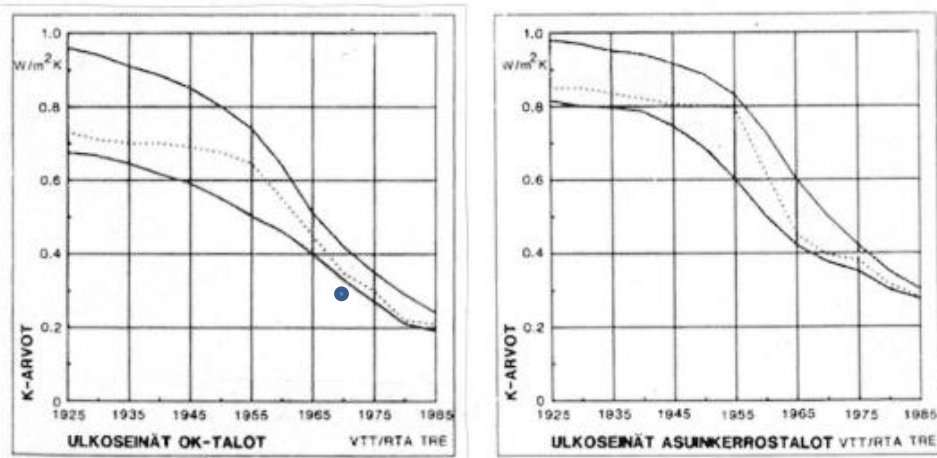
Lisäksi tarvitaan pätevyystentin suorittaminen hyväksytysti. Hyväksytyntentin suoritus on voimassa 7 vuotta, jonka jälkeen pätevyys tulee uusiksi. (4.)

## **2.2 Rakennusten energiatehokkuuksien kehitys**

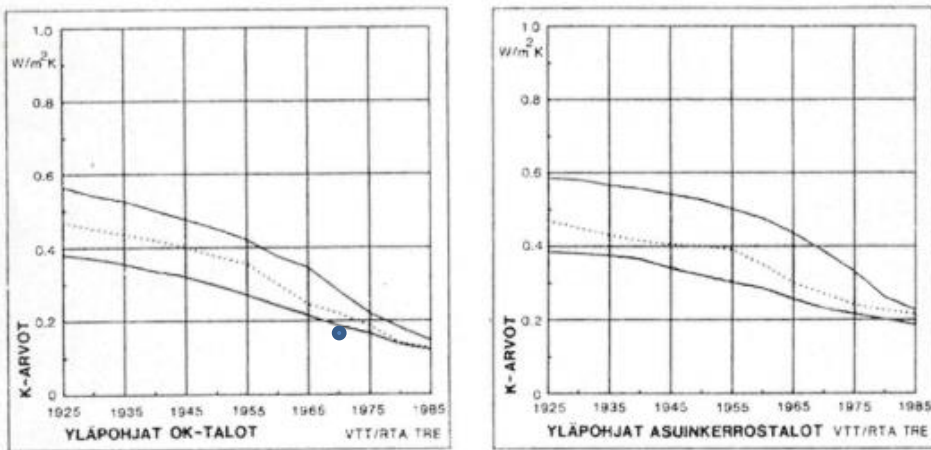
Rakennusten energiatehokkuuksien kehitys on arvioitavissa rakennusten ala-, ylä- ja seinärakenteiden lämmönläpäisykertoimien kehityksien mukaan. Kohdetalon rakenteiden mukaan lasketut



lämmönläpäisykertoimet vastaavat 1980-luvun omakotitalojen lämmönläpäisyarvoja. Kauppa- ja teollisuusministeriön kuvaajat vuodelta 1985. (Kuva 1.)



Ulkoseinien U-arvon (k-arvon) kehitys asuinrakennusten uudisrakennustuotannossa rakentamivuoden mukaan. Arvioitu hajonta-alue on kunakin aikakautena kattanut valtaosan rakennustuotannosta. (KTM 1985)



Yläpohjien U-arvon (k-arvon) kehitys asuinrakennusten uudisrakennustuotannossa rakentamivuoden mukaan. Arvioitu hajonta-alue on kunakin aikakautena kattanut valtaosan rakennustuotannosta. (KTM 1985)

KUVA 1. Ympäristöministeriö Energiatodistusoppaan liite 1.11.2018 (19)

## Rakennuksien energiatehokkuusluvun E laskentamenetelmät

Ostoenergian kokonaisenergiämäärät on laskettu toteutuneiden sähkö-, kaukolämpö- ja polttopuiden energiämäärien kilowattituntia (kWh) perusteella kahden vuoden keskiarvona yhden vuoden kulutukseksi. Laskentapohjana on käytetty ympäristöministeriön energiatodistusoppaan pientalon esimerkkilaskelmapohjaa, joka kuvattu taulukossa 1. Tummennetut kohdat lasketaan yhteen.

TAULUKKO 1. Laskennallinen ostoenergiakulutus ja E-luku (3)

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiakulutus		Kerroin	E-luku	
	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)		-	kWh <sub>e</sub> /a
<b>Sähkö</b>	<b>2716,1</b>	<b>24,02</b>	<b>1,2</b>	<b>3259,3</b>	<b>28,82</b>
Kuluttajalaitteet ja valaistus	2377,9	21,01	1,2	2853,5	25,21
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0	0	1,2	0,0	0,00
Käyttöveden kiertopumppu	0	0	1,2	0,0	0,00
Tilojen lämmönjakelujärjestelmä	226,2	2,00	1,2	271,4	2,40
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	0	0	1,2	0,0	0,00
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	112	0,99	1,2	134,4	1,19
Tuloilman lämmöntuottolaite	0	0	1,2	0,0	0,00
<b>Uusiutumaton polttoaine</b>	<b>49359,01</b>	<b>436,42</b>	<b>1,0</b>	<b>49359,01</b>	<b>436,42</b>
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	49359,01	436,42	1,0	49359,01	436,42
<b>Uusiutuva polttoaine</b>	<b>10000</b>	<b>88,42</b>	<b>0,5</b>	<b>5000,0</b>	<b>44,21</b>
Varaavat tulisijat	10000	88,42	0,5	5000,0	44,21
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>57618,4</b>	<b>509,45</b>
				<b>E-LUKU</b>	<b>510</b>

### 3 LÄMPÖVUOTOJEN KUVAAMINEN LÄMPÖKAMERALLA

#### Lämpökamerakuvausmenetelmä

Lämpökamerakuvaus on ainetta rikkomaton tutkimusmenetelmä uudisrakennusten laadunvalvontaan ja vanhojen rakennusten kuntotutkimuksiin. Paras ajankohta lämpökuvauksella on marraskuusta huhtikuuhun. (5.)

Lämpökuvauksen tarkoituksena on määrittävät rakennuksen kunnon- tai laadunvalvonnassa ulkovaipan lämpötekniinen kunto ja lämmöneristyskerroksen toimivuus. Lämpökameran avulla voidaan samalla selvittää muita rakennuksen ja rakenteiden toimivuuteen sekä olosuhteisiin ja asumisviihtyvyyteen liittyviä tekijöitä, kuten ilman virtausreittejä, rakenteiden fysikaalista toimintaa sekä tietyn edellytyksin kosteusvaurioita ja LVIS-laitteiden toimintaa. (5.)

Lämpökamerakuvauksesta on laadittu RT- kortti 14–11239 Rakennuksen lämpökuvaus. Lämpökamerakuvaus suoritetaan ohjekortin mukaisesti.

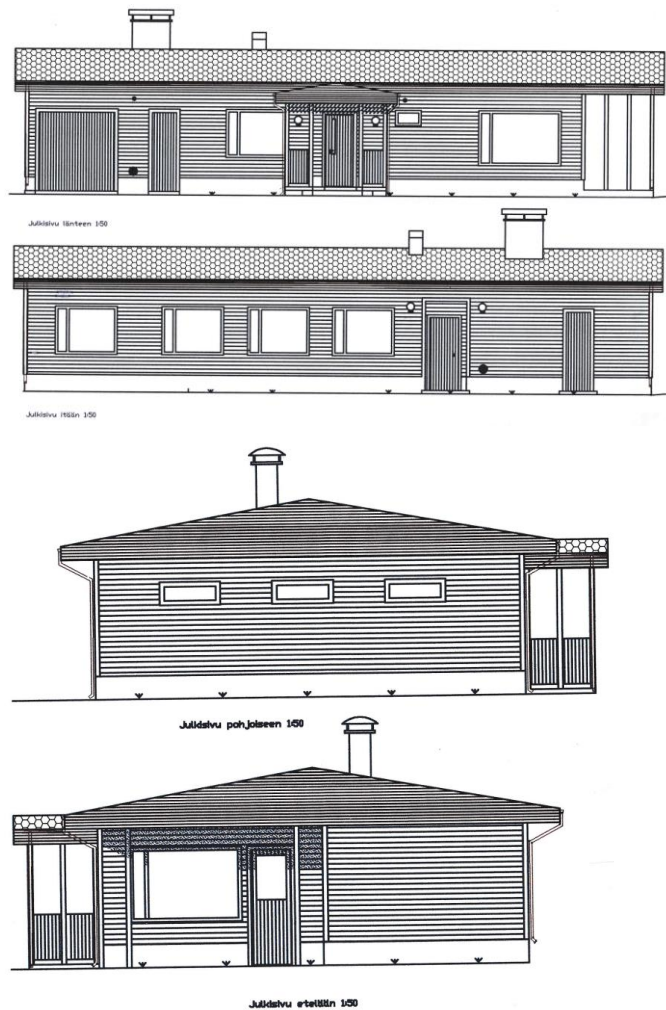
Rakennuksesta tulee tietää rakennuskohteesta seuraavat lähtötiedot:

1. pohjapiirrokset
2. tarpeelliset rakenneleikkaukset
3. rakennuksen runkotyyppi (puu, kivi, teräs, edellisten yhdistelmä, jokin muu)
4. rakennuksen alapohjarakenne (tuuletettu, maanvarainen) ja
5. yläpohjarakenne (ullakkotila, vesikaton myötäinen tila, pakettikatto, miten tuuletettu)
6. rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä
7. rakennuksen lämmitys- ja lämmönjakojärjestelmä (lattialämmitys, vesikiertoinen patterilämmitys, sähkölämmitys, uunilämmitys).
8. rakennuksen valmistumisvuosi (5.)

## 4 TUTKITTAVAN TALON KUVAUS

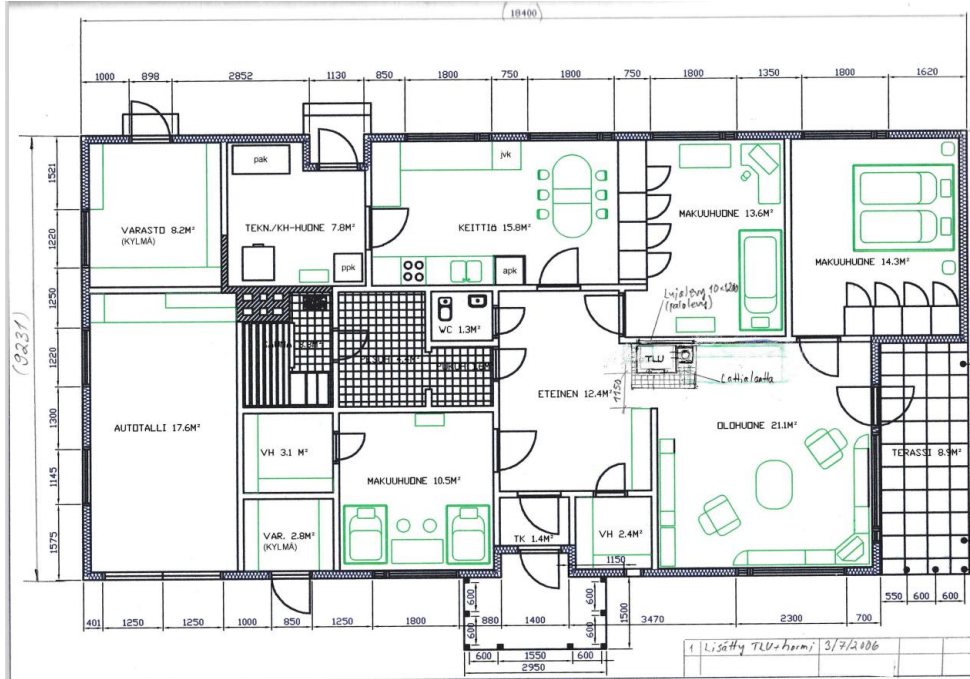
Tutkittava asuinrakennus on rakennettu vuonna 1970 ajankohdan rakentamismääräysten mukaisesti. Rakenne on 1-tasoinen 156 rakennusneliötä (rak.m<sup>2</sup>) ja 116,5 asuinneliötä (m<sup>2</sup>) käsittävä pientalo. Pohjaperustus on toteutettu maanvaraisella teräsbetoni-laattaperustuksella. Anturaperustus on toteutettu ajankohdan tyypillisenä piilosokkelirakenteena, jossa pystyrungon 50 x 125 mm alaosasta noin 400 mm sijaitsee teräsbetoni-anturan sisäpuolella 100 mm:n leveydellä. Kuvassa 2 on esitetty rakennuksen julkisivut.

Kantavat rakenteet muodostuvat 50 x 125 (5'') mäntyrunkoperustasta, jossa ulompana on myös vinolaudoitus ja 125 mm:n UTV 22 -ulkovuoraus. Talossa ei ole itsekantavia kattoristikoita ja väli-seinät toimivat myös katon tukirakenteina. (Kuva 4.)



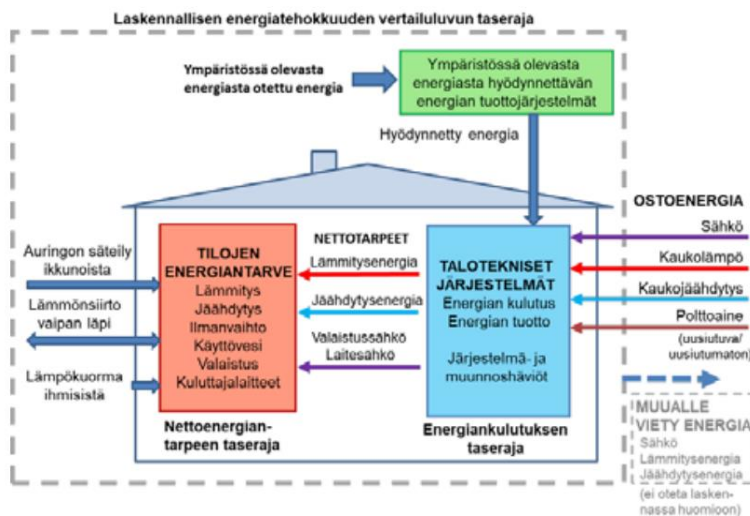
KUVA 2. Kohdetalon julkisivut

Tutkittavan rakennuksen pohjakuvassa nähdään rakennuksen kantavat sisäväliseinät. Väliseinien paikkoja muunneltaessa joudutaan rakentamaan lisätukirakenteita ja tarvitaan rakennusvalvontaviranomaisen hyväksyntä muutostöille.



KUVA 4. Kohdetalon pohjapiirustus

Kuvassa 5 on esitetty rakennusten energiataseen muodostumisen pääperiaate. Energialuokan parantamisessa pyritään vähentämään ostoenergian määrää, vähentämään rakennuksen kokonaisenergian kulutusta ja mahdollisesti tuottamaan osan kulutusenergiasta rakennuksessa esimerkiksi aurinkopaneeleilla, aurinkokeräimillä, tuulienergialla, lämmönvaihtimilla ja maalämmöllä. Ylimääräinen tuotettu sähköenergia voidaan myydä sähkönmyyjähtiölle.



KUVA 5. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luvun) määrittäminen energiatodistuksessa (6)

## Kohde pientalon energiatehokkuusluvun E-laskenta

### Kohdetalon ostoenergiakulutus ja E-luku

Energiamuotojen kertoimet määräytyvät ympäristöministeriön asetuksen 1048/2017 mukaan. Ne on huomioitu taulukkoarvoissa. Taulukossa 2 esitetään laskentapohja.

TAULUKKO 2. Tutkittavan rakennuksen ostoenergiakulutus ja E-luku (3)

Energiamuoto	Laskennallinen ostoenergiakulutus		Kerroin *	E-luku	
	kWh/a	kWh / (m <sup>2</sup> a)		kWh / a	kWh / (m <sup>2</sup> a)
<b>Sähkö</b>	1985,61	14,81	1,2	2382,73	17,77
Kuluttajalaitteet ja valaistus	934,41	6,97	1,2	1121,29	8,36
Ilmanvaihtokoneen puhaltimet	0	0	1,2	0	0
Kaukolämpö käyttöveden kiertovesipumppu 60W, lämmönvaihdin, P = 60W	525,6	3,92	1,2	630,72	4,70
Kaukolämpö tilojen lämmönjakelujärjestelmä, lämmönvaihdin kiertovesipumppu, P = 60W	525,6	3,92	1,2	630,72	4,70
Lämmöntuottojärjestelmien apulaitteet	0	0	1,2	0	0
Tuloilman lämmöntuottojärjestelmä	0	0	1,2	0	0
<b>Kaukolämpö: uusiutuva polttoaine: hake</b>	<b>20207</b>	<b>150,69</b>	<b>0,5</b>	<b>10103,5</b>	<b>75,34</b>
Tilojen ja käyttöveden lämmöntuottojärjestelmä	20207	150,69	0,5	10103,5	75,34
<b>Polttopuu: sekapuu uusiutuva polttoaine</b>	<b>4740</b>	<b>35,34</b>	<b>0,5</b>	<b>2370</b>	<b>17,67</b>
Varaava tulisija: Tulikivi takka + Schiedel valmishorni harkkopiippu alaliitos massa yhteensä 1750 kg Saunakiuas: Puu	4740	35,34	0,5	2370	17,67
<b>YHTEENSÄ</b>				<b>14856,23</b>	<b>110,6</b>
				<b>E-LUKU</b>	<b>111</b>

$$A_{\text{netto}} = 116,5 \text{ m}^2 \text{ (huonetilat)} + 17,6 \text{ m}^2 \text{ (puolilämmin autotalli)} = 134,1 \text{ m}^2$$

$$E\text{-luku} = 111 \rightarrow$$

$$\text{Energiatehokkuusluokka: } 110 - (0,2 \times 134,1) < 111 \leq 215 - (0,6 \times 134,1)$$

$$\rightarrow 83,18 < 111 \leq 134,54$$

Energiatehokkuusluokka tarkistetaan ympäristöministeriön asetuksesta 1048/2017 Rakennuksen energiatehokkuuden luokitteluasteikoista (liite 6).

Rakennuksessa käytettävien polttopuiden kilowattituntimäärä arvioidaan polttopuuinfo energialaskurin avulla. Energialaskuriin syötetään käytetty polttopuulaji ja polttopuiden irtokuutiometriä määrää vuodessa. (Kuva 6.)

## Energialaskuri

Energialaskurin avulla voi laskea kuivan (kosteus 20 %) polttopuun energiasisällön ja -hinnan pilkelajin ja määrän mukaan. Energialaskurissa käytetään oheisen taulukon mukaisia lämpöarvoja

Taulukko: Puulajien lämpöarvot

Puulaji	Lämpöarvo kWh/kg	Energiasisältö kWh/i-m <sup>3</sup>	Energiasisältö kWh/p-m <sup>3</sup>
Koivu	4,15	1010	1700
Mänty	4,15	810	1360
Kuusi	4,10	790	1320
Leppä	4,05	740	1230
Haapa	4,00	790	1330

Energialaskurissa käytetään sekapuulle oletuksena seuraavia puulajiosuuksia ja energiasisältöjä.

Sekapuu: koivu 10%, muu lehtipuu 45%, havupuu 45% - 790 kWh/i-m<sup>3</sup>, 1330 kWh/p-m<sup>3</sup>

Lehtisekapuu: koivu 10%, muu lehtipuu 90% - 790 kWh/i-m<sup>3</sup>, 1330 kWh/p-m<sup>3</sup>

Havusekapuu: mänty 50%, kuusi 50% - 800 kWh/i-m<sup>3</sup>, 1340 kWh/p-m<sup>3</sup>

Halkoliiterissä myytävälle sekapuulle ei ole määritetty puulajiosuuksia, joten puulajiosuudet voivat vaihdella myyjäkohtaisesti.

Pikkelaji  Mittayksikkö

irto-m<sup>3</sup>  €/ irto-m<sup>3</sup>

Maara Hinta Hyötysuhde



**Polttopuun energiasisältö**

4740 kWh

**Lämpöenergian hinta**

0.084 €/kWh

Tulisija	Tulisija
Avotakka	< 30%
Takkauuni	80-85%
Leivinuuni	80-85%
Liesi, kiuas	50-70%
Pellettitakka	75-90%

KUVA 6. Venpo Energia Oy: polttopuu/energialaskuri tutkittava rakennus (6)

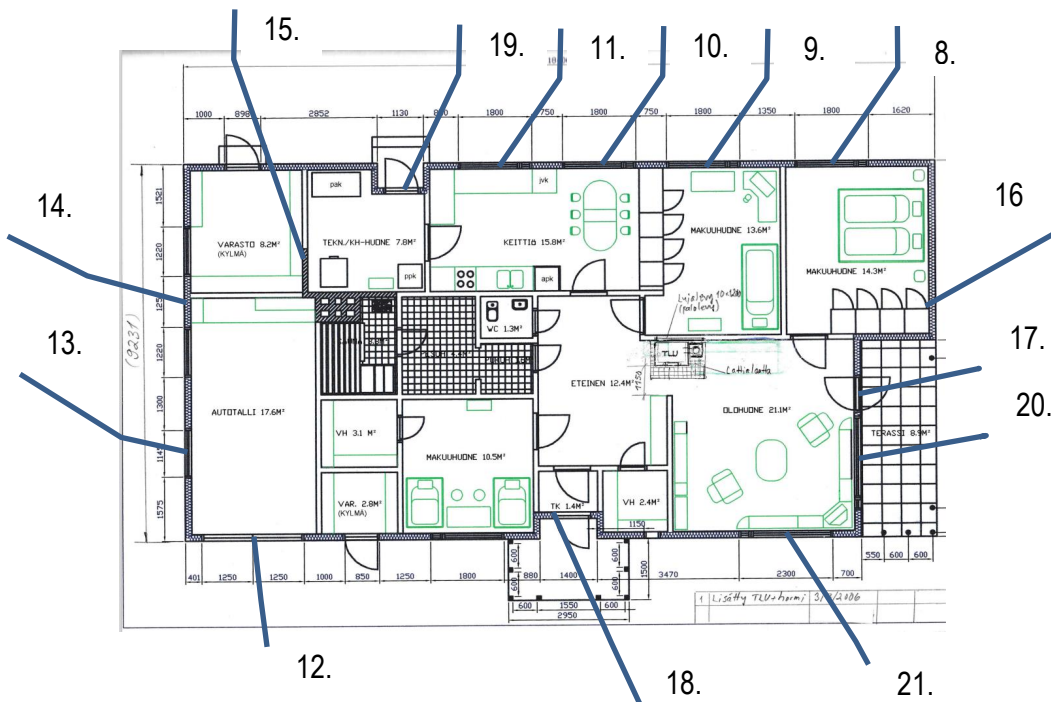
#### 4.1 Kohde pientalon lämpökuvaus ja lämpöhäviökohdat

Lämpöhäviökuvaus suoritettiin 2.2.2023 RENTA-rakennuskonevuokraamosta vuokratulla lämpökameralla. Kuvaus suoritettiin sisältä ulos- menetelmällä ohjauksen mukaisesti. RT-kortissa lämpökuvaus ohjeistetaan suorittamaan ulkona rakennusta myötöpäivään kiertäen.

Ulkolämpötila oli  $-5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja suhteellinen kosteus RH % ulkona oli 81 %. Ohjeen mukainen mittauslämpötila on  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Yhteensä rakennuksesta otettiin 90 lämpövuotokuva. Seinäeristeissä, yläpohjassa sekä alapohjassa ei havaittu eristeiden puuttumista eikä valumista. Rakennuksessa on painovoimainen ilmanvaihto. Ilmanvaihtokohtat ovat komerojen ulkoseinäarakenteissa ja poistoilmaventtiileissä. Riittävän ilmanvaihdon takaamiseksi näitä kriittisiä kohtia ei saa tiivistää rakennuksen toiminnallisuuden vuoksi.

Selkeät lämmönvuotokohtat havaittiin numeroiduissa kohdissa ja seuraavassa lämpövuotokohtien Bosch Professional GTC 400 C lämpökamerakuvat (kuvat 8.–21.) lämpötiloineen. Kuvassa 7 esitetään lämpökamerakuvien tarkastuspaikat rakennuksen pohjakuvassa. Kuvauskohteissa esitetty kolme lämpötilaa:

- 1) korkein lämpötila  $^{\circ}\text{C}$
- 2) keskilämpötila  $^{\circ}\text{C}$
- 3) minimilämpötila  $^{\circ}\text{C}$ .

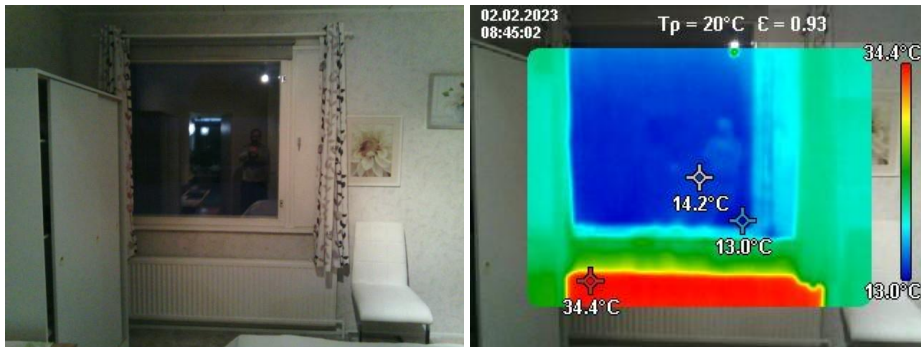


KUVA 7. Lämpöhäviökohdat lämpökuvaus



Lämpökuvaus aloitettiin makuuhuoneesta 1, jossa havaittiin heti selkeä ikkunan lämpövuoto. Seinäeriste on kunnossa. (Kuva 8)

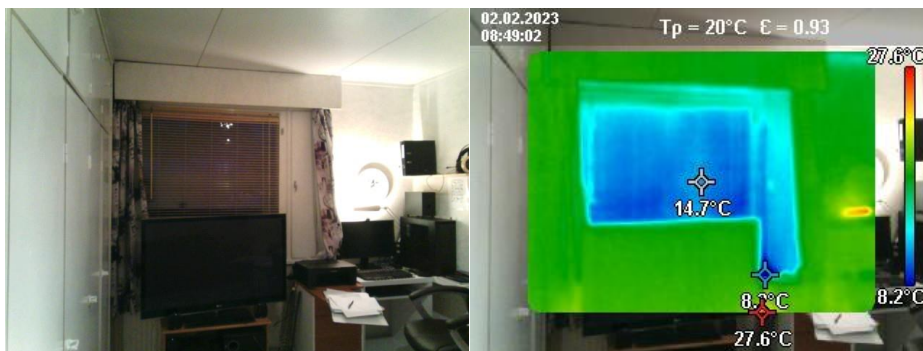
Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 8. 120 x 120 ikkuna ja TL30 MH1, 3-kertainen lasitus

Työhuoneena toimivassa toisessa huoneessa havaittiin myös selkeä ikkunan lämpövuoto, mutta ei yhtä paljon kuin makuuhuoneessa 1. (Kuva 9)

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 9. 120 x 120 ikkuna ja TL30 MH2 3-kertainen lasitus

Ikkunarakenne on sama myös keittiössä, jossa näkyi vielä selvemmin ikkunan lämpövuodot. Korjaustoimenpiteenä on ikkunan tiivistys ja huoltomaalaus, mikäli uusiminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. (Kuvat 10 ja 11)

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 10. 120 x 120 ikkuna ja TL 30 Keittiö 3- kertainen lasitus

Kuvassa 11 keittiön osalla havaittiin myös nurkan lämpövuoto. Ilmanvaihto on toteutettu komeron kautta.

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $20,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 11. 120 x 120 ikkuna ja TL30 Keittiö 3-kertainen lasitus

Autotalli on puolilämmin ja ovi on vaihdettu U- arvoltaan 1.0 nosto-oveen. Ovessa on havaittavissa selkeä tiivisteiden lämpövuoto. Korjaustoimenpiteeksi suositeltiin lattiativisteiden lisäystä. (Kuva 12)

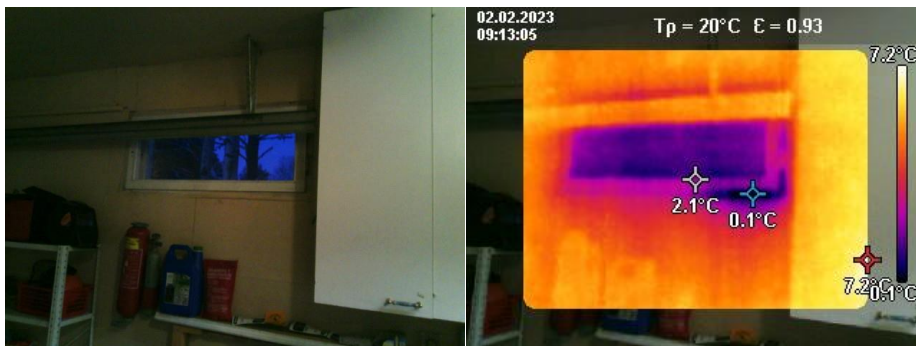
Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 12. Autotallin ovi (puolilämmin)  $U = 1.0$

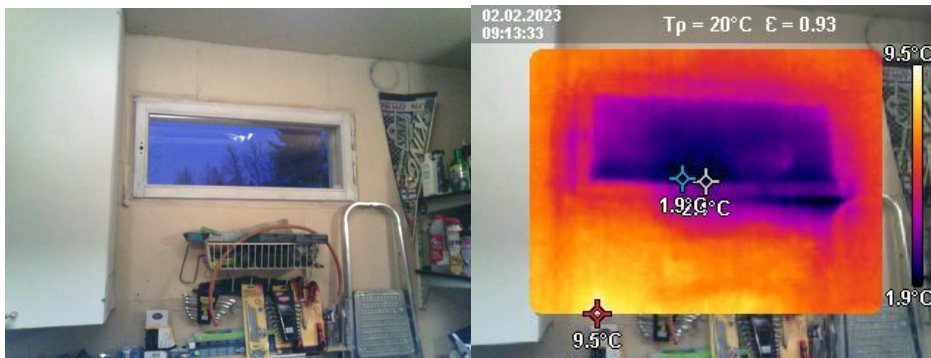
Autotallissa ovat 2-kertaiset ikkunat ja lämpövuodot ikkunoista ovat huomattavat. Korjaustoimenpiteenä on lisälasitus ja tiivistys. (Kuvat 13 ja 14)

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 43 %.



KUVA 13. Ikkuna 1. 120 x 30 Autotalli (puolilämmin) 2-kertainen lasitus

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 43 %.



KUVA 14. Ikkuna 2. 120 x 30 Autotalli (puolilämmin) 2-kertainen lasitus

Kodinhuoltohuoneessa ja teknisessä tilassa lämmönvaihdin sijaitsee eristämättömässä tiili- väliseinässä ja seinän takana lämmittämätön kylmä varasto. Lämpövuoto lämmönvaihtimesta on huomattava. Korjaustoimenpiteenä ThermiSol EPS 100 -lisäeristyslevytys seinään. (Kuva 15)

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH % 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 43 %.



KUVA 15. Kodinhuoltohuone / tekninen tila (lämmönvaihdin kaukolämpö)

Makuuhuoneen nurkkakomero päästää lämpöä merkittävästi ilman vaihdon takia. Ilmanvaihtoa ei saa estää lisäeristämällä. (Kuva 16)

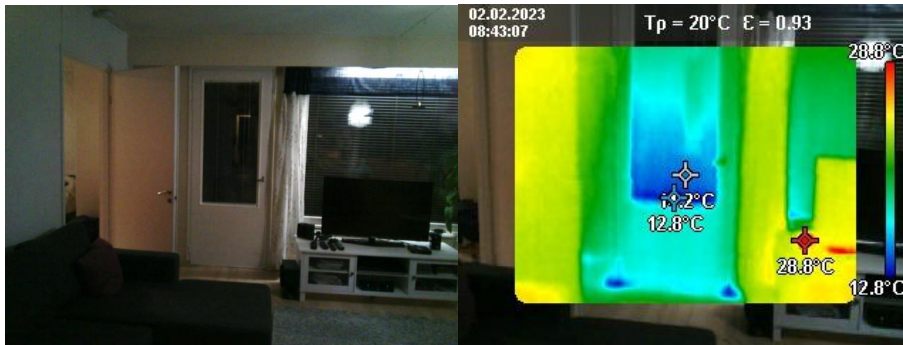
Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 23 %.



KUVA 16. MH1 komero kulma

Terassiovi päästää lämpöä 2-kertaisien ovilasien ja alatiivisteiden kautta. Korjaustoimenpiteenä oven lisälasitus ja tiivisteiden vaihto. (Kuva 17)

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH % 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 26 %.



KUVA 17. OH Terassiovi 2-kertainen lasitus

Ulko-ovessa havaittiin selkeä tiivistevuoto. Korjaustoimenpiteenä oven säätö. Ovi vaihdettu Kaski-oveen, jonka U- arvo on 1.0. (Kuva 18)

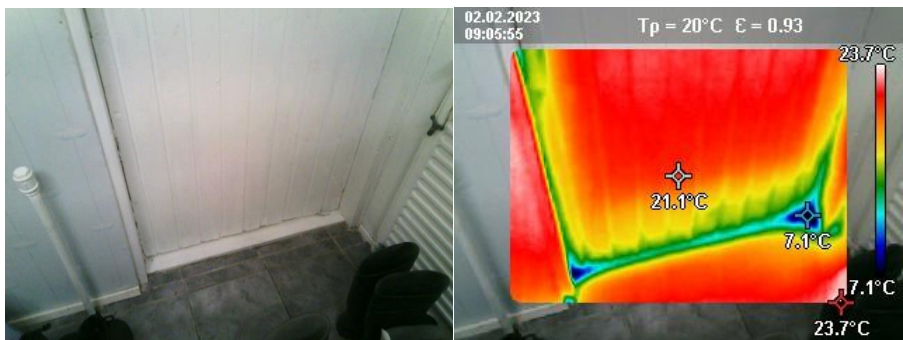
Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH % 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 18. Ulko-ovi tiivisteet ovi  $U = 1.0$

Kodinhuoltohuoneen alkuperäinen ovi on kunnostettu ja huoltomaalattu. Tiivisteissä havaittiin selkeä lämpövuoto. Korjaustoimenpiteenä on tiivisteiden uusiminen. (Kuva 19)

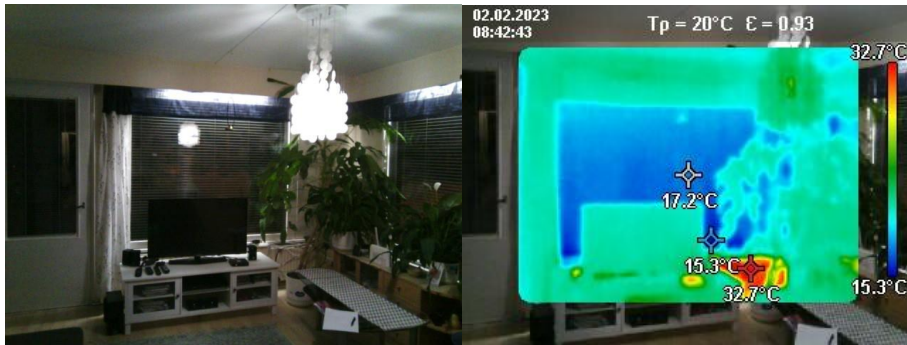
Mittaushetkellä ulkolämpötila  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH % 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 23 %.



KUVA 19. KHH / Tekn. ovi tiivisteet

Olohuoneen ikkunat päästävät lämpöä. Ikkunat on huoltomaalattu ja kunnostettu. Kuvat (20 ja 21)

Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 20. OH 209 x 159 1. ikkuna 3-kertainen lasitus

Toinen olohuoneen tuuletusluukuista päästää huomattavan paljon lämpöä rakenteen lävitse. Korjaustoimenpiteenä tarkistettava tuuletusluukun eristeet. (Kuva 21) Mittaushetkellä ulkolämpötila oli  $-5,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , RH% 81 %, sisälämpötila  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$  RH % 28 %.



KUVA 21. OH 209 x 159 2.ikkuna + TL 3-kertainen lasitus

#### 4.2 Kohdetalon riskirakenteet ja lämpöhäviöt

Tutkittavasta kohteesta puuttuivat rakenneleikkauskuvat. Rakenteet tutkittiin tarpeellisilla rakenneavauksilla. Ulkoseinärakenneavaus tehtiin  $20\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ :n alueelle keskimmäisen makuuhuoneen komeron ulkoseinään. Rakennekuvauksen ja tutkimuksen jälkeen seinä paikattiin huolellisesti käyttäen muovipaperin liittämiseen ilmastointiteippiä ja levyjen saumojen korjaukseen pikasilotetta. Lopuksi rakennekohta ja komero maalattiin. (Kuva 22 s.25)

Kohteessa ei ole käytetty asbestia ja kreosoottia (puurakenne kyllästysaine). Rakenneavaus tehtiin kuitenkin huomioiden pölyaltistuminen käyttämällä luokan 1 terveydenhuollon kirurgista hengityssuojamaskia ja imuroimalla lopuksi työtila huolellisesti. Kohderakennuksessa ei ole havaittu ylimääräisiä hajuja.

Teräsbetoniantura on käsitelty bitumimassalla sisä-/yläpinnoiltaan ja ulkoseinärakenteessa bitumipaperi kosteussulkuna. Bitumipaperi on hengittävämpi kuin muovikalvorakenne. Mikäli rakennuksessa on havaittu kosteusvaurio ja epäillään asumisen terveellisyyttä rakennuksessa, on tehtävä erillinen orgaanisten yhdisteiden (VOC)-mittaus ja mikrobinäyteanalyysi. (7.)

1970-rakennetussa kohdetalossa ovat seuraavat tarkempaa tarkastelua vaativat rakenneratkaisut:

1. teräsbetonianturan ns. valesokkelirakenne, jossa ulkoseinän runkokuut alaosaan osittain (100 mm leveydeltä ja 400 mm korkeudelta) anturan takana
2. osassa alkuperäisistä ikkunoista 2-kertainen lasitus
3. yläpohjan alkuperäinen eristepaksuus riittämätön (200 mm)
4. ulkoseinien eristepaksuus alkuperäisenä kohtuullinen (125 mm)
5. alapohjan riskialttius kapillaariselle vedennousulle talon alapohjarakenteisiin
6. vesikatto Katepal- bitumikattolaatta asennettu 1996. Vesikattoremontti ajan-kohtainen riippuen katteen kunnosta. Kate on vielä hyväkuntoinen.

Lämpöhäviöitä tulee lämmitetyissä tiloissa lämpövuotokuvauksen perusteella talon ikkunoista, jotka ovat alkuperäiset. Kunnostamisella on havaittu makuuhuoneeseen 3 länsi-ikkunassa huomattava parannus alkuperäiseen ikkunaan verrattuna. Ikkunaan lisätty 3:s lasi ja uudet tiivisteet.

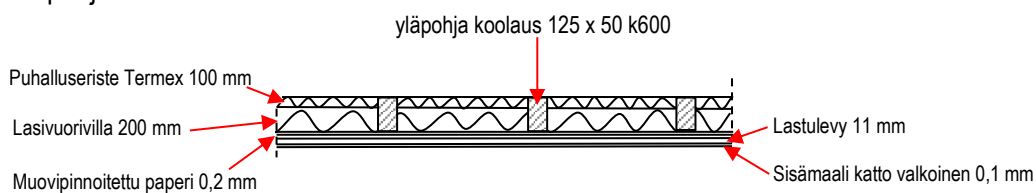
Lämpöhäviöitä tulee lisäksi puutteellisista ovien tiivisteistä ja säädöistä. Terassiovi on kunnostettu ja maalattu, mutta tiivisteitä ei ole uusittu. Lisäksi terassiovi on alkuperäisenä 2-lehtisenä ovena 2-lasinen. Lämpöhäviöitä tulee lisäksi ulkoseinästä, yläpohjasta ja alapohjasta.

## 5 KOHDETALON YLÄPOHJAN, ALAPOHJAN JA ULKOSEINÄRAKENTEET

### 5.1 Yläpohjan U-arvo

Yläpohjan alkuperäinen mineraali- (lasi-, vuori-) villaeristeen paksuus on ollut 200 mm. Vuonna 2016 kohteeseen on asennettu lisäeristeenä puusellupohjainen puhalluseriste lämpimien tilojen yläpuolelle. (Kuva 23). Kuvassa 22 on esitetty yläpohjarakenne.

Yläpohjarakenne:



KUVA 22. Yläpohjarakenne

Yläpohjarakenteen lämmönläpäisykerroin on laskettu taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Tutkittavan rakennuksen yläpohjan lämmönläpäisykerroimen  $U$  laskenta (3)

	$d$ [m]	$\lambda$ [ $\frac{W}{m^2 * ^\circ C}$ ]	$R = \frac{d}{\lambda}$ [ $\frac{m^2 * ^\circ C}{W}$ ]
puhalluseriste Termex 100 mm	0,1	0,038	2,63
lasivuorivilla 200 mm	0,125	0,036	3,47
pinnoitettu paperi (muovikalvo)	0,0002	0,5	0,0004
lastulevy 11 mm	0,011	0,14	0,0786
tapetti/maalipinta 0.1 mm	-	-	0,10
		$R_T =$	<b>6,28</b>
		$U = \frac{1}{R_T} =$	$\frac{1}{6,28} = 0,16 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$



KUVA 23. Termex- selluvilla 100mm yläpohja asennettu helmikuu 2016.

Kotimainen Termex-Selluvilla on turvallinen ja tutkittu tuote. Se täyttää M1-rakennusmateriaalin päästöluokkavaatimukset ja sillä on CE-merkki sekä RTS EPD -ympäristöseloste. Lämmönjohtavuus on vain 0,038 W/mk (dec 23,50). (8)

## 5.2 Alapohjan U-arvo

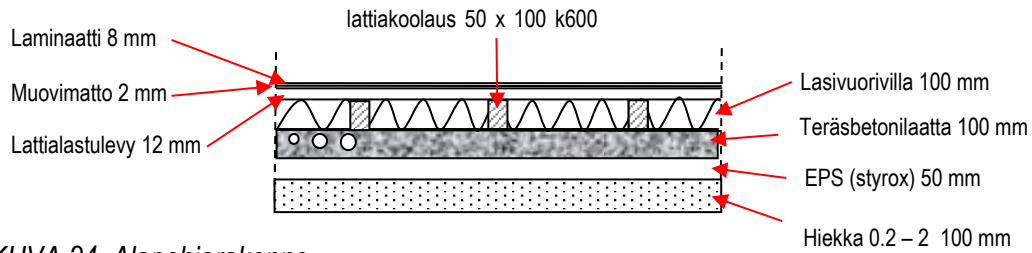
Omakotitalon pohjaperustus on toteutettu teräsbetoni-laattaperustuksella, jossa rakennuspaikalla on hyvin vettä läpäisevä hieno silttinen maa-aines. Hiekkatäyttö voi olla enemmän kuin 100 mm rakennusperustuksen alla. Taulukossa 4 on esitetty alapohjan lämmönläpäisykertoimen laskenta. (3) Kuvassa 24 on esitetty alapohjarakenne.

TAULUKKO 4. Tutkittavan rakennuksen alapohjan lämmönläpäisykertoimen U laskenta (3)

	d [m]	$\lambda \left[ \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} \right]$	$R = \frac{d}{\lambda} \left[ \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \right]$
sisäpinta (pintavastus)	-	-	0,17
Egger lattialaminaatti 8 mm	0,008	0,10	0,08
muovi PVC lattiamatto 2,4 mm	0,0024	0,17	0,014
Lattialastulevy 22 mm pontattu	0,022	0,14	0,16
lasivuorivilla 100 mm	0,1	0,036	2,78
teräsbetoni-laatta 100 mm	0,1	2,0	0,05
EPS (styrox) 50 mm	0,05	0,036	1,39
hiekkatäyttö	0,1	2,0	0,05
		<b><math>R_T =</math></b>	<b>4,69</b>
		<b><math>U = \frac{1}{R_T} =</math></b>	<b><math>\frac{1}{4,69} = 0,21 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}</math></b>



### Alapohjarakenne:

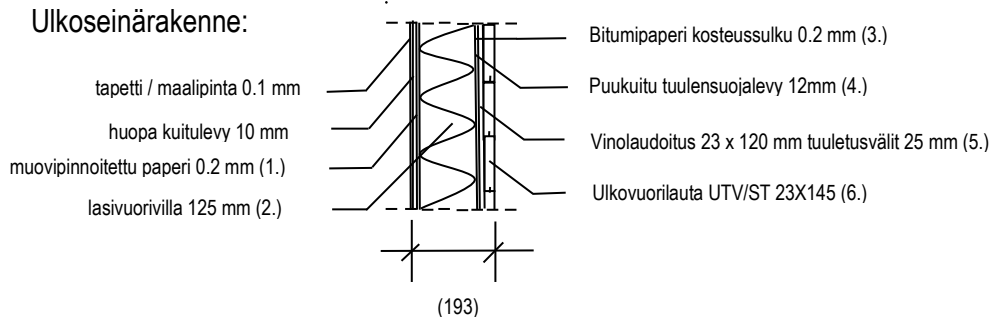


KUVA 24. Alapohjarakenne

### 5.3 Ulkoseinärakenteen U-arvo

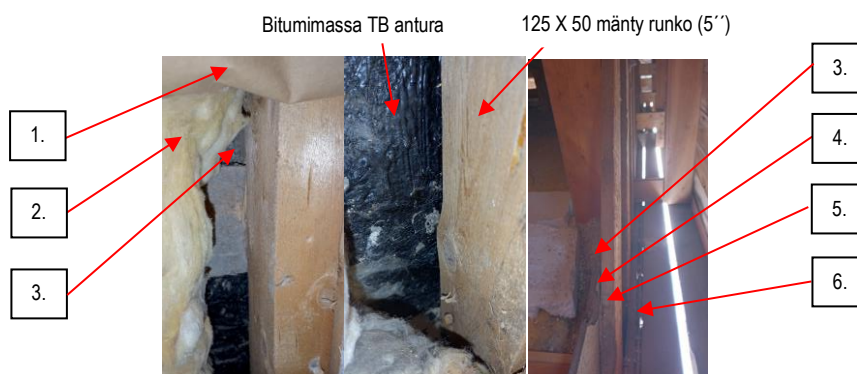
Ulkoseinärakenne arvioitiin ensin 200 mm 4'' mäntyrunkoperustaksi. Rakenneavauksella ja päädyn tarkastusluukun kautta tarkastelemalla osoittautui runko 50 x 125 mm mäntyrunko 5'' rakenteeksi. Kuvassa 25 on esitetty ulkoseinärakenne.

#### Ulkoseinärakenne:



KUVA 25. Ulkoseinärakenne

Ulkoseinän rakenne esitetty kuvassa 22.



KUVA 22. Ulkoseinärakenne

Ilmakerrosten lämmönvastus otetaan huomioon seuraavasti:

Rakenteessa voi olla ilmakerros, joka ei ole yhteydessä sisäpuoliseen tilaan. Nämä ilmakerrokset on jaettu kolmeen ryhmään: tuulettumattomiin, lievästi tuulettuviin ja hyvin tuulettuviin ilmakerrokseen.

Ilmakerrosten lämmönvastukset lasketaan standardin SFS-EN ISO 6946 mukaisesti seuraavasti:

1) Tuulettumaton ilmakerros on tuulettumaton, jos siitä ulkoilmaan johtavien aukkojen pinta-ala on  $\leq 500 \text{ mm}^2$  leveysmetriä kohti pystysuorassa rakenteessa ja  $\leq 500 \text{ mm}^2$  neliometriä kohti vaakasuorassa rakenteessa. Tuulettumattoman ilmakerroksen lämmönvastus saadaan standardin SFS-EN ISO 6946 taulukosta.

2) Lievästi tuulettuva ilmakerros on lievästi tuulettuva, jos siitä ulkoilmaan johtavien aukkojen pinta-ala on  $>500 \text{ mm}^2$

3) Hyvin tuulettuva ilmakerros RAFNET 2020-oppimateriaali, teoriaosio L(lämpö)

11(31) Ilmakerros on hyvin tuulettuva, jos siitä ulkoilmaan johtavien aukkojen pinta-ala on  $\geq 1\,500 \text{ mm}^2$  leveysmetriä kohti pystysuorassa rakenteessa ja  $\geq 1\,500 \text{ mm}^2$  neliometriä kohti vaakasuorassa rakenteessa.

Jos rakenteessa on hyvin tuulettuva ilmakerros, ilmakerrosta ja sen ulkopuolella olevia rakennekerroksia ei oteta huomioon U-arvoa laskettaessa. Ulkopinnan pintavastuksena käytetään tällöin sisäpinnan pintavastuksen arvoa. (9.)

Kohdetalon ulkoseinärakenteen tuuletuksen ilmvälin pinta-ala ulkoseinärakenteessa lasketaan seuraavasti:

Tuuletusväli metrin leveydellä A (m kohti):  $(6 \text{ tuuletusväli/m}) \times 25 \text{ mm} \times 25 \text{ mm} = 3\,750 \text{ mm}^2 \rightarrow$

tuuletusväli A (m) =  $6 \times 25 \times 25 \text{ mm} = 3\,750 \text{ mm}^2$

Kyseessä on siis tuulettuva ilmarako, koska tuuletusvälien pinta-ala suurempi kuin  $1\,500 \text{ mm}^2$  pystysuorassa rakenteessa metrin leveydellä seinässä.

Koska rakenteessa on tuulettuva ilmakerros, ilmakerrosta ja ulkoseinän vuorilautaa ei oteta huomioon U arvoa laskettaessa.

Rakenneosan pinnasta lämpö siirtyy ympäröivään ilmaan säteilemällä ja pinnan lähellä tapahtuvan ilman konvektion avulla. Ulkoilmaan rajoittuvien rakennusosien pintavastukset saadaan standardin SFS-EN ISO 6946 taulukosta. (9.) Taulukossa 5. on esitetty lämmitettyjen tilojen ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen U laskenta.

TAULUKKO 5. Tutkittavan rakennuksen ulkoseinän lämmönläpäisykertoimen U laskenta (3)

	d [m]	$\lambda \left[ \frac{W}{m^2 * ^\circ C} \right]$	$R = \frac{d}{\lambda} \left[ \frac{m^2 * ^\circ C}{W} \right]$
ulkopinta			0,13
ulkovuorilauta 23 mm	0,023	-	-
ilmarako	0,150	-	-
ts-puukuitulevy 12 mm	0,012	0,055	0,22
bitumipaperi (muovikalvo)	0,0002	0,5	0,0004
lasivuorivilla 125 mm	0,125	0,045	2,78
muovipinnoitettu paperi (muovikalvo)	0,0002	0,5	0,0004
huopa kuitulevy 10 mm	0,01	0,055	0,18
tapetti/maalipinta 0.1 mm	-	-	0,13
		<b><math>R_T =</math></b>	<b>3,44</b>
		<b><math>U = \frac{1}{R_T} =</math></b>	<b><math>\frac{1}{3,44} = 0,29 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}</math></b>

Ulkoseinien pinta-alat lasketaan vähentämällä ulkoseinien vaipasta ikkunoiden ja ovien pinta-alat. Lämpövaipan osuus lasketaan huonekorkeuden mukaan, joka on 2,5 m.

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan koko ulkovaipan pinta-alasta vähentämällä ovien ja ikkunoiden pinta-alat kaavalla 1.

1. Ulkoseinä pinta-ala A = rakennuksen ympärysmitta (L) \* ulkoseinän korkeus (K) – (ovet (UO) pinta-ala (A ovet) – ikkunat (I) pinta-alat (A ikkunat))

Ulkoseinien pinta-alaksi saadaan laskemalla kaavalla 1. seuraavasti:

$$\begin{aligned}
 & ((18,4 \text{ m (julkisivu itäseinä)} + 9,23 \text{ m (julkisivu etelä)} + 18,4 \text{ m (julkisivu länsiseinä)} + 9,23 \text{ m} \\
 & \text{(julkisivu pohjoinen)}) * 2,5 \text{ m (seinäkorkeus sisä)} \\
 & = \underline{\underline{138,15 \text{ m}^2}}
 \end{aligned}$$

Koko seinäpinta- alasta vähennetään ikkunoiden ja ovien pinta-alat:

$$\begin{aligned}
&\rightarrow 138,15 \text{ m}^2 - \text{ikkunat m}^2 - \text{ovet m}^2 = 138,15 \text{ m}^2 - ((1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m} \times 4_{\text{(itä julkisivu ikkunat)}}) + (2,3 \text{ m} \times \\
&1,4 \text{ m}_{\text{(etelä julkisivu ikkuna)}}) + ((2,3 \text{ m} \times 1,4 \text{ m}) + (1,2 \text{ m} \times 1,2 \text{ m})_{\text{(länsi julkisivu ikkunat)}})) + (1,2 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 3 \\
&\text{(pohjoinen julkisivu ikkunat)}) - (3,78 \text{ m}^2_{\text{(pääovet U09)}}) + 2,52 \text{ m}^2_{\text{(varasto- ovet)}} + 5,25 \text{ m}^2_{\text{(autotalliovi)}} \\
&= 138,15 \text{ m}^2 - (5,76 \text{ m}^2) - (3,22 \text{ m}^2) - (4,66 \text{ m}^2) - (1,44 \text{ m}^2) - (11,55 \text{ m}^2) \rightarrow \\
&= \underline{\underline{111,52 \text{ m}^2}}
\end{aligned}$$

Kohdetalon rakenteiden mukaisessa E-lukulaskennassa Puuinfon laskuriin syötetään lasketut yläpohjan, seinien ja ovien pinta-alat, sekä yläpohjan, alapohjan sekä seinärakenteen U-arvot. Ovien U-arvona ohjelma käyttää 1.0 ja ikkunoille U-arvoa 1.0, jota ei voi ohjelmassa muuttaa. Todellinen U-arvo ikkunoilla on 2.0. Tuloksien mukaan rakennus ei täytä energiatehokkuusvaatimuksia. (10.) (Liite 1.)

Ympäristöministeriön lämpöhäviöiden vuoden 2018-tasauslaskimeen syötetään myös rakennuksen lasketut lämmönläpäisykertoimien U-arvot. Myös lämpöhäviölaskin osoittaa, että kohderakennus ei täytä 2020-luvun energiatehokkuusvaatimuksia. (Liite 2.)

## 6 LÄMPÖVUOTOJEN KORJAUSTOIMENPITEET

### 6.1 Kohdetalolle tehtyt energiatehokkuuden parantamistoimenpiteet

Kohdetalolle on tehty paljon energiatehokkuuteen vaikuttavia toimenpiteitä:

1. talon liittäminen kaukolämpöön vuonna 2006
2. kaakelitakkauunin ja hormin rakentaminen vuonna 2006 keskelle taloa (massa noin 1700 kg)
3. yläpohjan lisälämmöneristäminen puukuitupuhalluseristeellä 100 mm lämmitettävät tilat kohdilta vuonna 2016
4. itäpuolinen makuuhuone ikkuna lisälasitus, tiivistys ja maalaus vuonna 2017
5. olohuone ikkunat, terassiovet kunnostus ja maalaus vuonna 2017
6. talon ulkomaalaus ja pinnan kunnostus kokonaan Nordica EKO talomaalilla vuonna 2016
7. itäpuolen ja länsipuolen ikkunoihin lisätty sälekaihtimet vuonna 2004
8. saunan lämmitys uusitulla puukiukaalla vuonna 2016
9. autotallin alkuperäisten pariovien vaihto uuteen automatiikka nosto- oveen vuonna 2016. Uusi ovi U- arvo 1.0 (puolilämmin tila)
10. pää ulko- oven alkuperäisen oven vaihto uuteen Kaski- oveen vuonna 2019. U- arvo 1.0
11. tuulikaapin oven vaihto uuteen oveen vuonna 2019
12. kylmävaraston (itä) remontointi: seinien levytys, lattian laminointi, katon ja seinien maalaus, ikkuna kunnostus vuonna 2019
13. talon kulutussähkölaitteita vaihdettu energiatehokkaampiin:
  - 1) Jää- pakastinkaappi vuonna 2012
  - 2) Liesi kiertoilmauuni vuonna 2013
  - 3) A++ pyykinpesukone vuonna 2016
  - 4) A+ astianpesukone
  - 5) LED- polttimot kaikissa talon valaisimissa.
  - 6) Vuotovirran (standby) estävä jatkoroikkien katkaisijakäyttö.
  - 7) LED- televisio 43'' päätelevisio

## 6.2 Rakennuskorjauksien kustannusarvio ja takaisinmaksuaika

Talon energiatehokkuuden kehittäminen pohjautuu lämpövuotokuvauksissa havaittuihin lämpövuotojen poistaviin korjaustoimenpiteisiin taulukossa 6. osoitetuilla toimenpiteillä ja kustannusarvioilla:

TAULUKKO 6 Tutkittavan rakennuksen korjaustoimenpiteet ja kustannusarviot

Lämpövuoto-kohta numero	Lämpövuoto kuvaus	Korjaustoimenpide	Kustannusarvio	Takaisinmaksuaika
1.	Riittämätön ikkunantiiveys ja eristys U = 2.0	Ikkunan ja TL uusiminen U = 0.8 <sup>*)</sup> säästö 135 kWh / m <sup>2</sup>	1000 €	51,4 vuotta 1,44 m <sup>2</sup> × 135 kWh / m <sup>2</sup> × 0,1 € / kWh = 19,44 € / vuosi
2.	Riittämätön ikkunantiiveys ja eristys U = 2.0	Ikkunan ja TL uusiminen U = 0.8 <sup>*)</sup> säästö 135 kWh / m <sup>2</sup>	1000 €	51,4 vuotta 1,44 m <sup>2</sup> × 135 kWh / m <sup>2</sup> × 0,1 € / kWh = 19,44 € / vuosi
3.	Riittämätön ikkunantiiveys ja eristys U = 2.0	Ikkunan ja TL uusiminen U = 0.8 <sup>*)</sup> säästö 135 kWh / m <sup>2</sup>	1000 €	51,4 vuotta 1,44 m <sup>2</sup> × 135 kWh / m <sup>2</sup> × 0,1 € / kWh = 19,44 € / vuosi
4.	Riittämätön ikkunantiiveys ja eristys U = 2.0	Ikkunan ja TL uusiminen U = 0.8 <sup>*)</sup> säästö 135 kWh / m <sup>2</sup>	1000 €	51,4 vuotta 1,44 m <sup>2</sup> × 135 kWh / m <sup>2</sup> × 0,1 € / kWh = 19,44 € / vuosi
5.	Autotallin oven tiivisteet vuotavat	Oven tiivisteiden uusiminen	150 €	5 vuotta
6.	Autotallin ikkuna 2-kertainen lasitus	3. lasitus	200 €	5 vuotta

7.	Autotallin ikkuna 2- kertainen lasitus	3. lasitus	200 €	5 vuotta
8.	Tekn. tila lämmön- vaihdin seinä vasten kylmää varastoa	Lisäeristys FF- EPS 100 eristelevy seinään <sup>*)</sup>	7 € / m <sup>2</sup>	2 vuotta
9.	Makuuhuone ilmanvaihto kameran kautta	Ei vaadita toimenpiteitä	-	-
10.	Terassiovi 2- kertainen lasitus, tiivisteet vuotavat	3. lasitus, tiivisteiden uusiminen	200 €	5 vuotta
11.	Ulko- oven säätö ja tiivistäminen	Oven säätö ja tiivisteiden tarkastus	50 €	2 vuotta
12.	Ulko- oven tiivisteet vuotavat	Tiivisteiden uusiminen	20 €	2 vuotta
13.	Ikkunoiden tiiveys- ja eristys riittämätön U = 1.8	Ikkunan uusiminen <sup>*)</sup>  säästö 135 kWh / m <sup>2</sup>	1200 €	26,46 vuotta 3,36 m <sup>2</sup> × 135 kWh / m <sup>2</sup> × 0,1 € / kWh = 45,36 € / vuosi
14.	Ikkunoiden tiiveys- ja eristys riittämätön U = 1.8	Ikkunan uusiminen <sup>*)</sup>  säästö 135 kWh / m <sup>2</sup>	1200 €	26,46 vuotta 3,36 m <sup>2</sup> × 135 kWh / m <sup>2</sup> × 0,1 € / kWh = 45,36 € / vuosi

<sup>\*)</sup> Lukkopontattu FF-EPS 100 kPa soveltuu hyvin lattioiden, seinien ja kattojen lämmöneristeeksi. Declared 0,031. (11.)

<sup>\*)</sup> 3-lasiset ikkunat, U-arvo 1,8 W/m<sup>2</sup>, energialuokka G (E-arvo noin 185 kWh/m<sup>2</sup>, a), vaihdetaan ikkunoihin, joiden U-arvo on 0,8 W/m<sup>2</sup>, K ja energialuokka A (E-arvo = 50 kWh/m<sup>2</sup>, K). (12.)

Energiansäästö: 20 m<sup>2</sup> x (185–50) kWh/m<sup>2</sup>, a = 2 700 kWh, joka on rahassa noin 270 euroa vuodessa. (12.)

## 7 YHTEENVETO

Kohdetalon energialuokka B on ajankohdan rakennuksiin verrattuna hyvä. Energiansäästötoimenpiteet ovat olleet tehokkaita ja tulokset aikaisemmista korjaustoimenpiteistä näkyvät energiankulutuksen kokonaismäärässä. Rakennuksen asujien lukumäärän ei pitäisi vaikuttaa energialuokan määrittämiseen, mutta tuli kuitenkin tutkimuksessa kysymys, miten energiankulutus suhteutetaan asukkaiden lukumääriin. Energialuokkatulokseen jää tulkinnanvaraa.

Verrattaessa hallituksen esityksen vuonna 2017 energiatasauslaskimen antamaan 2020-luvun uudisrakennuksen kokonaisenergian sallittuun kokonaisenergiämäärään rakennus ei vastaa energiatehokkuudeltaan nykymääräyksiä. Toteutuneet lämpöhäviöiden ylitykset ovat 42,7 % sallittuihin arvoihin lämpimien tilojen osalta. (Liite 2.)

Puufon energian tasauslaskimen tuloksen mukaan kohdetalo on energialuokassa B vuosikulutuksen ollessa 124 kWh/m<sup>2</sup>a. Ostoenergian kokonaiskulutus toteutuneiden kulutuksien kahden vuoden keskiarvona vuodelle laskettuna oli 111 kWh<sub>E</sub> / (m<sup>2</sup> a).

Ikkunaremontin toteutus tulee miettiä uudestaan, koska pelkillä ikkunoiden vaihdolla kokonaisenergian säästöstä johtuva takaisinmaksuaika on yli 50 vuotta ja uusiminen ei siten ole kannattavaa. Ikkunoiden huoltomaalaus ja tiivistäminen tulee tehdä loppuun. Ikkunoiden rungot ja lasit ovat hyväkuntoiset.

Puufon tasauslaskimeen syötettäessä uusiutuvan energian omatuotannon osuus 400 kWh/a päästään kohdetalon energialuokassa hyväksytyyn tasoon. Käytännössä energiatehokkuus paranee huomattavasti, mikäli asennetaan 4 kappaletta 410 W aurinkopaneelia kohdetalon etelänpuoleiseen seinään. Vuosisäästö omalla energiasähköllä siirtomaksuineen arvioidaan olevan 350 €. Takaisinmaksuaika siten 2 500 € aurinkopaneelijärjestelmällä olisi noin 7 vuotta. Sähköenergian hinta 10 c / kWh.

Kohdetaloon ei ole kannattavaa lisätä ulkoseinien seinämänvahvuutta sisältä tai ulkoa. Kohdetalo sijaitsee törmän päällä, jolloin sade- ja sulamisvedet eivät mene talon alapohjarakenteisiin. Teräsbetonianturan viereen lisättävä routaeristelevyt, kasvillisuus poistettava ulkoseinän vierestä ja kivainestäyttö anturan viereen noin 500 mm:n leveydelle. Salaojaputki ja kivipesä lisätty 2021 autotallin oven edustalle routavaurioiden estämiseksi.



Työn tavoitteet saavutettiin ja korjaustoimenpiteet aloitetaan rakennuksessa suunnitellusti. Aurinkopaneelien asennus tehdään 5-vuoden kuluessa, jolloin myös loput etelänpuoleiset suuret männyt poistetaan tontilta. Puiden poistolle tälle tontille kaava-alueella on olemassa puunkaatolupa.

Energialuokan määrittäminen on työn aikana hyvin opittu. Virallista energialuokka-arvoa rakennukselle ei voida tehdä opinnäytetyönä varsinaisen pätevyyden puuttuessa. Harkitaan varsinaisen energialuokkien määrittämisen pätevyyden hakemista ja tenttimistä FISE Oy:stä.

## LÄHTEET

1. Oikeusministeriö 50/2013 Laki rakennuksen energiatodistuksesta. Hakupäivä 7.2.2023. [Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#).
2. Ympäristöministeriö 1010/2017 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. Hakupäivä 7.2.2023. [Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen... 1010/2017 - Säädökset alkuperäisinä - FINLEX®](#).
3. Ympäristöministeriö Energiatodistusopas Pientalo vuodelta 1947.pdf Hakupäivä 5.2.2023. [https://www.ymparisto.fi/download/Energiatodistusopas\\_2018\\_Pientalo\\_vuodelta\\_1947pdf](https://www.ymparisto.fi/download/Energiatodistusopas_2018_Pientalo_vuodelta_1947pdf).
4. FISE Oy Rakennus-, LVI- ja kiinteistöalan henkilöpatenteerit Hakupäivä 17.2.2023. <https://fise.fi/patevyyspalvelu/hae-patevyytta/energia-ja-kuntoasiantuntijat/energiatodistuksen-laatija/>.
5. Rakennustieto RT 14 – 11239 Rakennuksen lämpökuvaus. Hakupäivä 10.2.2023. [RT 14-11239, Rakennuksen lämpökuvaus | Rakennustieto | Verkkokauppa \(rakennustietokauppa.fi\)](#).
6. Venpo Energia Oy polttopuuinfo/energiälaskuri. Hakupäivä 7.2.2023 <https://www.halkolii-teri.com/polttopuuinfo/energiälaskuri>.
7. Valvira Sosiaali ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Asumisterveysasetuksen soveltamisohje Osa I Asumisterveysasetus § 1-10 8 / 2016. Hakupäivä 14.2.2023. <https://www.valvira.fi/ymparistoterveys/terveydensuojelu/asumisterveys>.
8. Termex Oy Termex-selluvilla Hakupäivä 2.2.2023. <https://termex.fi/>.
9. Ympäristöministeriö RAFNET 2020 Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille Lämpö RAFNET 2020-oppimateriaalin teoriaosan osio L (Lämpö) Hakupäivä 2.2.2023. RYM21SMMU/Rakennusfysiikka/Lämpö.pdf.

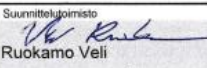
10. Puuinfo Oy 2020 E-lukulaskuri 2.0. Hakupäivä 12.1.2023.  
<https://puuinfo.fi/suunnittelu/mitoitustyokalu/e-lukulaskuri-2-0/>.
11. K- kauppiat Oy Eristyslevy ThermiSol EPS 100 Lattia 50x1000x1200mm 12m<sup>2</sup> - K-Rauta. Hakupäivä 6.2.2023. <https://www.k-rauta.fi/tuote/eristyslevy-thermisol-eps-100-lattia-50x1000x1200mm-12m>.
12. Viestimedia Oy Ikkunaremontti: Näin paljon säästyy energiaa. Hakupäivä 16.2.2023. <https://www.suomela.fi/rakentaminen/ikkunat-ovet/ikkunaremontti-Nain-paljon-saastyy-energiaa--50834>.
13. Oikeusministeriö 5.2.1999/132 Maankäyttö- ja rakennuslaki. Hakupäivä 7.2.2023. [Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999 - Ajantasainen lainsäädäntö - FINLEX®](#).
14. Tarkett Oy H Iconik T-Extra - Stylish Concrete GREY Hakupäivä 2.2.2023. [https://kuluttajamyyni-lattiat.tarkett.fi/fi\\_FI/mallisto-C000815-iconik-t-extra/stylish-concrete-grey](https://kuluttajamyyni-lattiat.tarkett.fi/fi_FI/mallisto-C000815-iconik-t-extra/stylish-concrete-grey).
15. Taloon verkkokauppa Lattialastulevy Koskisen 22x600x2400 mm pontattu 1.44 m<sup>2</sup> | Taloon.com. Hakupäivä 6.2.2023. <https://www.taloon.com/lattialastulevy-koskisen-22x600x2400-mm-pontattu-1.44>.
16. K- kauppiat Oy Tuotemerkit [Lastulevy 11x1200x2600 P2 - K-Rauta](#) Hakupäivä 6.2.2023. <https://www.k-rauta.fi/tuote/lastulevy-11x1200x2600-p2/6405422924462>.
17. Vattenfall Oy Hakupäivä 7.2.2023. <https://www.vattenfall.fi/energianeuvonta/asu-energiatohokkaasti/omakotitalo/omakotitalon-ostaminen/omakotitalon-energialuokka/>
18. K- kauppiat Oy Tuotemerkit Eristyslevy FF-EPS Hakupäivä 16.2.2023 <https://www.k-rauta.fi/tuotemerkit/ff-eps>.
19. Ympäristöministeriö 2018. Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja Energiatodistusoppaan 2018 liite 1.11.2018. Hakupäivä 16.2.2023.

[https://www.ymparisto.fi/download/Energiatodistusopas\\_2018\\_varsinainen\\_opas-pdf/%7B5DA79466-F15E-4FC9-9C76-46AE002B7FF6%7D/141249](https://www.ymparisto.fi/download/Energiatodistusopas_2018_varsinainen_opas-pdf/%7B5DA79466-F15E-4FC9-9C76-46AE002B7FF6%7D/141249).

## LIITTEET

E- lukuarviointilaskuri Puuinfo 2020	liite 1
Lämpöhäviö tasauslaskin Ympäristöministeriö 2018	liite 2
Kohdetalon alkuperäinen pohjapiirustus	liite 3
Kohdetalon kaukolämmönkulutus lasku	liite 4
Kohdetalon sähkönkulutus Caruna	liite 5
YM asetus 1048/2017 Rakennuksen energiatehokkuuden luokitteluasteikot	liite 6

Versio 2.0

Suunnittelujärjestö  Ruokamo Veli	Työn nro 2023 - 1 Päiväys 28.2.2023	Sivut 1 / 3 Tekijä VRu
Rakennuskohde Pientalo Kuusamo	Sisältö Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri	

**RAKENNUKSEN TIEDOT** Info  Täytä oletusarvot

Rakennusluokka Erillinen pientalo, 50 ... 150 m<sup>2</sup>

Lämmitetty nettopinta-ala, A<sub>netto</sub> 134,1 m<sup>2</sup>

Kerroslukumäärä 1 Rakennusvaipan 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	111,5	0,17	0,29	Ulkoseinän tyyppi Muu seinätyyppi
Yläpohja	149,6	0,09	0,16	Alapohjan tyyppi Maata vasten
Alapohja	149,6	0,16	0,21	
Kattoikkunat	0,0	1,00		
Ulko-ovet	3,8	1,00	1,00	
Ikkunapinta-ala	17 %			Ikkunoiden U-arvo: 1,00
Ikkunat pohjoiseen	7,98	1,00	1,00	ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat itään	1,14	1,00	1,00	ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat etelään	10,26	1,00	1,00	ikkunan g-arvo 0,55
Ikkunat länteen	3,42	1,00	1,00	ikkunan g-arvo 0,55

**RAKENTEIDEN LIITTYMIEN KYLMÄSILTOJEN TIEDOT** Info

	Pituus	Lisäkonduktanssi	Huonekorkeus
Ulkoseinä - Yläpohja	57,53 m	0,05 W/mK	2,50 m
Ulkoseinä - Alapohja	57,53 m	0,10 W/mK	
Ulkoseinä - Välipohja	0,00 m	0,05 W/mK	
Ulkoseinän ulkonurkka	12,50 m	0,04 W/mK	
Ulkoseinän sisänurkka	2,50 m	-0,04 W/mK	
Ulkoseinä - Ikkuna	55,13 m	0,04 W/mK	
Ulkoseinä - Ovi	9,10 m	0,04 W/mK	

Suunnittelutoimisto <i>M. R. S.</i> Ruokamo Veli		Työn nro 2023 - 1	Sivu 2 / 3
Rakennuskohde Pientalo Kuusamo	Sisältö Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri		
Päiväys 28.2.2023		Tekijä VRu	
Versio 2.0			
<b>ILMANVAIHDON TIEDOT</b> <span style="float: right;">Info</span>			
Koneellinen ilmanvaihto	Alhaisella hyötysuhteella toimiva ilmanvaihto		
IV-koneen LTO:n poistoilman vuosihyötysuhde	0.61		
SFP-luku	1.75	kW/(m <sup>3</sup> /s)	
Tuloilman lämpötila jälkilämmityspatterin jälkeen	18.00	°C	
Jälkilämmityspatteri	Kytetty lämmitysjärjestelmään		
Ilmanvuotoluku (q <sub>50</sub> )	6	m <sup>3</sup> /(hm <sup>2</sup> )	
<b>LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN TIEDOT</b> <span style="float: right;">Info</span>			
Lämmitystapa	Kaukolämpö		
Tilojen lämmönjakojärjestelmä	Vesiradiaattori 45/35 °C - jakojohdot eristämätön		
Varaavien tulisijojen määrä	1		
Lämpimän käyttöveden varastointi	ei varaajaa		
Lämpimän käyttöveden kierto- ja siirtojohdot	Ei kiertoa - siirtoputket eristämättömät		
Käyttöveteen kytkettyjä lämmityslaitteita	Ei		
<b>(Maalämpöpumppu)</b>	<b>Info</b>	<b>(Poistoilmalämpöpumppu)</b>	<b>Info</b>
Tuotto-osuus	0.00	Tuotto-osuus	0.00
SPF-luku (tilat)	0.00	SPF-luku	0.00
SPF-luku (käyttövesi)	0.00	<b>Info</b>	
Aurinkolämpö (tukemaan käyttöveden lämmitystä)	Ei		
Aurinkokeräimen pinta-ala	0	m <sup>2</sup>	
Suuntaus	etelä/kaakko/lounas		
Omavaraissähkö	0	kWh/a <span style="float: right;">Info</span>	

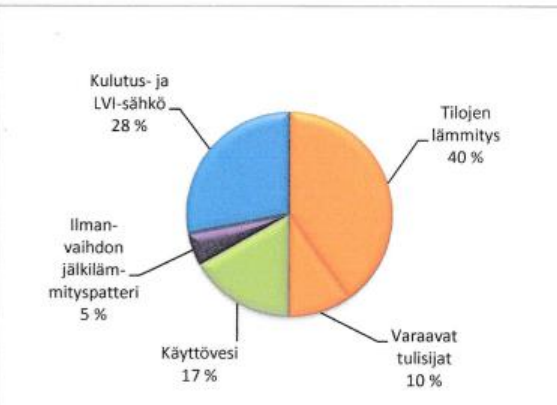
Suunnittelutoimisto  Ruokamo Veli	Työn nro 2023 - 1 Päiväys 28.2.2023	Sivuu 3 / 3 Tekijä VRu
Rakennuskohde Pientalo Kuusamo		Sisältö Rakennuksen E-luvun arviointilaskuri

Versio 2.0

---

### LASKENTATULOKSET VALITUILLA ARVOILLA

Info



Kuvaaja 1. Energiamuotojen kertoimilla painotettu kokonaisenergiantarve.

**Energiamuotojen kertoimet**

1,20 - sähkö

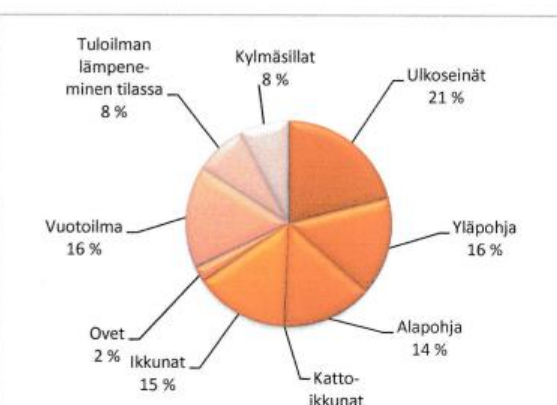
0,50 - kaukolämpö

1,00 - fossiiliset polttoaineet

0,50 - rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet

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

Ulkoseinät	0,29
Yläpohja	0,16
Alapohja	0,21
Kattoikkunat	0,00
Ulko-ovet	1,00
Ikkunat (pohjoinen)	1,00
Ikkunat (itä)	1,00
Ikkunat (etelä)	1,00
Ikkunat (länsi)	1,00

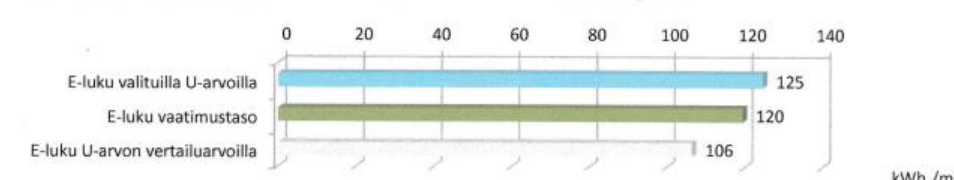


Kuvaaja 2. Sisätilojen lämmitystarpeen jakautuminen.

Energiatehokkuusluokka  
valituilla U-arvoilla

B

Ostoenergiankulutus valituilla U-arvoilla	209 kWh/m <sup>2</sup> a	EI TÄYTÄ ENERGIA- TEHOKKUUS- VAATIMUKSIA
Ostoenergiankulutus U-arvon vertailuarvoilla	172 kWh/m <sup>2</sup> a	
E-luku valituilla U-arvoilla	125 kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> a	
E-luku vaatimustaso	120 kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> a	
E-luku U-arvon vertailuarvoilla	106 kWh <sub>e</sub> /m <sup>2</sup> a	



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



Rakennuksen lämpöhäviön taseaselkelma, 2018 (voimassa 1.1.2018 alkaen)

<b>Rakennuskohde</b>	
<b>Rakennuslupatunnus</b>	<b>Esimerkki</b>
Rakennustyyppi	1-kerroksinen puurakenteinen pientalo
Pääsuunnittelija	Veli Ruokamo <i>VR</i>
Taseaselkelman tekijä	Veli Ruokamo <i>VR</i>
Päiväys	16.2.2023
Tulos: Suunnitteluratkaisu	<b>EI TÄYTÄ VAATIMUKSIA</b>

**Rakennuksen laajuustiedot**

Rakennustilavuus	480 rak-m <sup>3</sup>
Maanpäälliset kerrostasosalat yhteensä	156 m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala, lämpimät tilat	117 m <sup>2</sup>
Lämmitetty nettoala, puoliämpimät tilat	18 m <sup>2</sup>
Rakennusluokka (1 - 9)	1
Rakennuksen kerrosmäärä	1 kerrosta

**Lasketatuloksia**

Julkisivupinta-ala on 146 m<sup>2</sup>  
 Ikkunapinta-ala on 26 % maanpäällisestä kerrostasosalasta  
 Ikkunapinta-ala on 27 % julkisivun pinta-alasta  
 Lämpöhäviö on 165 % vertailutasosta (lämpimät tilat)

Perustiedot	Pinta-alat, m <sup>2</sup>		U-arvot, W/(m <sup>2</sup> K)		Lämpöhäviöiden taseus	
	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- arvo	Suunnittelu- arvo	Vertailu- ratkaisu	Suunnittelu- ratkaisu
<b>RAKENNUSOSAT</b>						
<b>Lämpimät tilat</b>						
Ulkoseinä			0,17	0,29	-	-
Massiivipuseinä <sup>1)</sup>	115	98	0,40	0,29	45,8	28,4
Yläpohja	147	147	0,09	0,16	13,2	23,5
Alapohja (ulkoiimaan rajoittuva)			0,09		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,17		-	-
Alapohja (maanvastainen)	147		0,16	0,21	23,5	30,9
Muu maanvastainen rakennusosa			0,16		-	-
Ikkunat	23,4	40,0	1,00	1,80	23,4	72,0
Ulko-ovet ja tuuletusluukut <sup>2)</sup>	8,2		1,00	1,00	8,2	8,2
Kattoikkunat			1,00		-	-
Kattovalokuvut			1,00		-	-
<b>Lämpimät tilat yhteensä</b>	<b>440</b>	<b>440</b>			<b>114,2</b>	<b>163,0</b>
<b>Puoliämpimät tilat tai määräaikaiset rakennukset</b>						
Ulkoseinä			0,26		-	-
Massiivipuseinä <sup>1)</sup>			0,60		-	-
Yläpohja			0,14		-	-
Alapohja (ulkoiimaan rajoittuva)			0,14		-	-
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva)			0,26		-	-
Alapohja (maanvastainen)			0,24		-	-
Muu maanvastainen rakennusosa			0,24		-	-
Ikkunat			1,40		-	-
Ulko-ovet ja tuuletusluukut <sup>2)</sup>			1,40		-	-
Kattoikkunat			1,40		-	-
Kattovalokuvut			1,40		-	-
<b>Puoliämpimät tilat yhteensä</b>						
<b>VAIPAN ILMAVUODOT</b>						
<b>Vuotoilma</b>						
Lämpimät tilat	2,0	6,0	0,0070	0,0210	8,4	25,2
Puoliämpimät tilat	2,0	6,0			-	-
<b>ILMANVAIHTO</b>						
<b>Hallittu ilmanvaihto</b>						
Lämpimät tilat	0,047		55	0	25,2	55,9
Lämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
Puoliämpimät tilat			55		-	-
Puoliämpimät tilat, ei LTO-vaatimusta			0		-	-
<b>Rakennuksen lämpöhäviöiden taseus</b>						
<b>Lämpimien tilojen ominaislämpöhäviö</b>					<b>148</b>	<b>244</b>
<b>Puoliämpimien tilojen</b>						

© Ympäristöministeriö, Taseaselkelma 2018 (versio maaliskuu 2017)

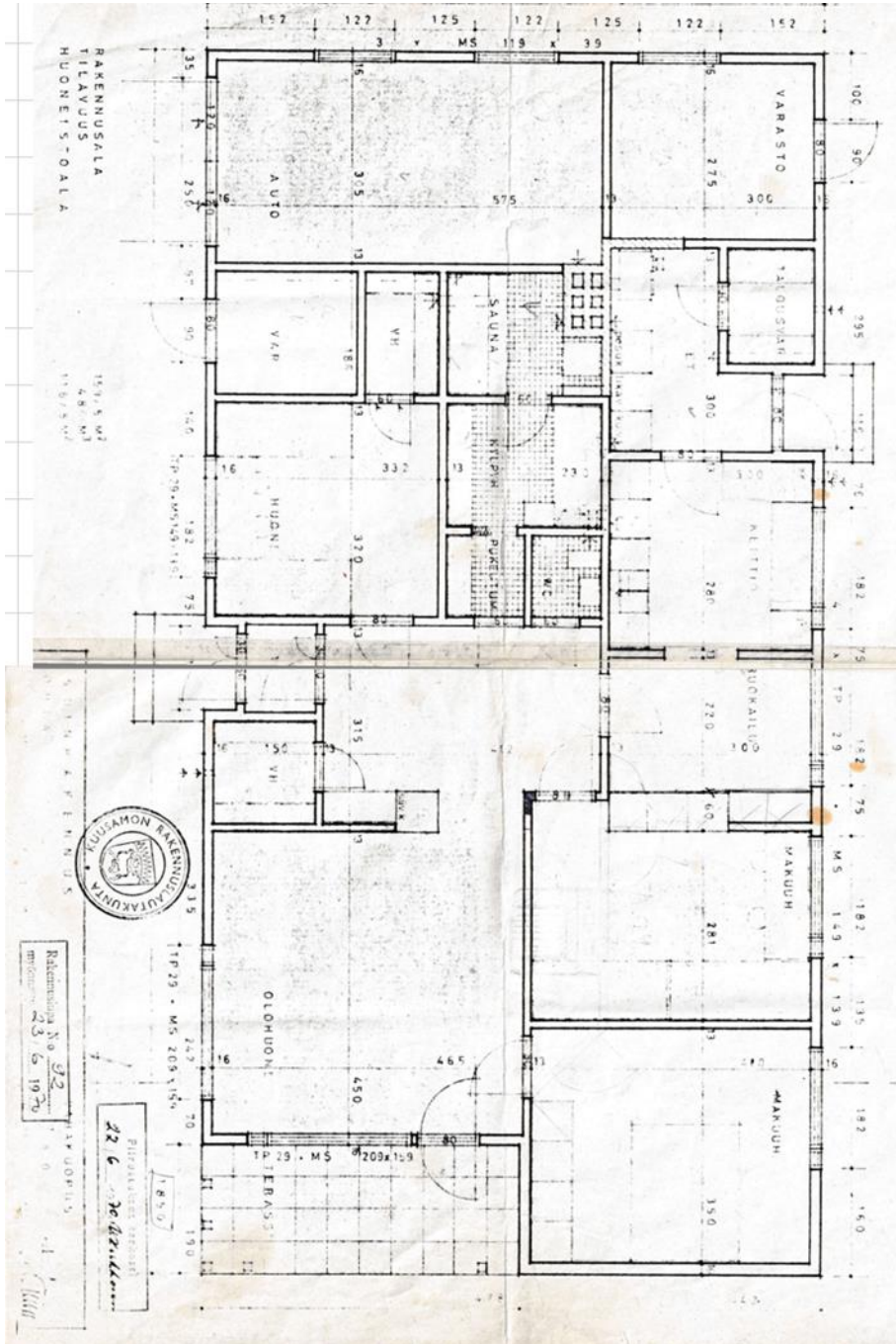
<sup>1)</sup> Massiivipuseinä, jonka keskimääräinen paksuus on vähintään 180 mm.

Rakennuksen lämpöhäviön tasauslaskelma, 2018 (voimassa 1.1.2018 alkaen)

Rakennuskohde	Rakennuslupatunnus	Esimerkki		
<b>Rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuuden tarkistuslista</b>				
<b>Pinta-alat</b>				
Vertailuikkunapinta-ala on 15 % yhteenlasketuista maanpäällisistä kerrostasoaloista, mutta kuitenkin enintään 50 % julkisivujen pinta-alasta	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Rakennusosien yhteenlaskettu pinta-ala sama molemmissa ratkaisussa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- lämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>Rakennusvaipan ilmanpitävyys</b>				
Rakennusvaipan ilmanvuotoluvun $q_{50}$ suunnitteluarvo on enintään enimmäisarvon suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Enimmäisarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		4	6,00
- puoliämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		4	6,00
<b>Rakennuksen lämpöhäviöiden tasaus</b>				
Suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on enintään vertailuratkaisun suuruinen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Vertailuarvo	Suunnitteluarvo
- lämpimissä tiloissa	<input checked="" type="checkbox"/>		148 W/K	244 W/K
- puoliämpimissä tiloissa	<input type="checkbox"/>			
<b>Tarkistuslistan yhteenveto</b>				
Suunnitteluratkaisu täyttää lämpöhäviövaatimukset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>Lisätietoja</b>				
<b>Rakennuksen ilmanpitävyys</b>				
Rakennuksen suunnitteluratkaisun lämpöhäviön laskennassa käytetään rakennusvaipan ilmanvuotoluvun $q_{50}$ suunnitteluarvoa. Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku $q_{50}$ saa olla enintään $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ , mutta ilmanvuotoluku voi ylittää tämän arvon, jos rakennuksen käytön vaatimat rakenteelliset ratkaisut huonontavat merkittävästi ilmanpitävyyttä. Jos ilmanpitävyyttä ei tulla osoittamaan mittaamalla tai teollisen talonrakennuksen laadunvarmistusmenettelyllä, rakennusvaipan ilmanvuotolukuna käytetään arvoa $4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$ .				
<b>Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde</b>				
Ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään käyttäen lämmöntalteenottolaitteen ominaisuuksia ja ilmanvaihtokoneen suunniteltuja ilmavirtoja sekä asetuksen liitteessä 1 säädetyt säävyöhykkeen 1 säätietoja. Kahden tai useamman ilmanvaihtokoneen poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde määritetään suunniteltujen ilmavirtojen ja käyntiaikojen painotettuna vuosihyötysuhteena. Rakennuksen suunnitteluratkaisun ilmanvaihdon lämpöhäviö lasketaan käyttäen näin määritettyä poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhdetta ja asetuksen 26 § mukaisia ilmavirtojen arvoja ja käyntiaikoja.				
<b>Huomautus</b>				
Tässä lomakkeessa esitetyt lämpöhäviövaatimukset koskevat rakennuksia, joiden kerrosala on $50 \text{ m}^2$ tai enemmän.				

# KOHDETALON ALKUPERÄINEN POHJAPIIRUSTUS

LIITE 3



2022

Laskun erittely

**KAUKOLÄMPÖLASKU**

Myyjä:  
0186403-8

Laskutusaihe: KAUKOLÄMPÖLASKU  
Laskun päivä: 5.1.2023  
Laskunro: 93117302  
Ostajan viite: 11000316  
Asiakasnro: 11000316

Ostaja:

Maksettava: 176,53 euroa  
Eräpäivä: 31.1.2023  
Maksun saajan nimi: KUUSAMON ENERGIA- JA VESIOSUUS  
IBAN: FI33 2113 3800 0026 06  
BIC: NDEAFIHH  
Viitenumero: 911 00031 69311 73025

Maksun tilanne: Maksettava

Laskun vastaanottajan yhteystiedot:  
11000316

Viivästystiedot: Viiv.maksu 5,00 euroa  
Viivästyskorko: 7,00 %  
Maksuehto: 21 pv  
Eräpäivä: 31.1.2023

Mittarinumero: 69592366	Sopimusteho kW:12,00
Sopimusvesivirta m <sup>3</sup> /h:0,21	Vuosiarvio MWh: 24

Kuvaus	Toimitettu	Yksikköhinta veroton ja määrä	Alv-määrä	Yhteensä verollinen
Perusmaksu	480,00 M3	202,34 / e/vuosi	4,05 (24 %)	20,91
	Toimituspvm (jak)	=> 16,86		
	1.12.2022 - 31.12.2022			

Kuvaus	Toimitettu	Yksikköhinta veroton ja määrä	Alv-määrä	Yhteensä verollinen
Tasausmaksu	2,510 MWh	50,00 / e/MWh	30,12 (24 %)	155,62
	Toimituspvm (jak)	=> 125,50		
	30.11.2022 - 31.12.2022			

Viestit

Lukemat 172072 - 174582 erotus: 2510 kerroin: 0,0010

2021

Laskun erittely

## KAUKOLÄMPÖLASKU

**Myyjä:**  
0186403-8

**Laskutusaihe:** KAUKOLÄMPÖLASKU  
**Laskun päivä:** 12.1.2022  
**Laskunro:** 92117154  
**Ostajan viite:** 11000316  
**Asiakasnro:** 11000316

**Ostaja:**

**Maksettava:** 128,05 euroa  
**Eräpäivä:** 2.2.2022  
**Maksun saajan nimi:** KUUSAMON ENERGIA- JA VESIOSUUS  
**IBAN:** FI33 2113 3800 0026 06  
**BIC:** NDEAFIHH  
**Viitenumero:** 911 00031 69211 71545

**Maksun tilanne:** Maksettava

**Laskun vastaanottajan yhteystiedot:**  
11000316

**Viivästystiedot:** Viiv.maksu 5,00 euroa  
**Viivästyskorke:** 7,00 %  
**Maksuehto:** 21 pv  
**Eräpäivä:** 2.2.2022

<b>Mittarinumero:</b> 69592366	<b>Sopimusteho kW:</b> 12,00
<b>Sopimusvesivirta m3/h:</b> 0,21	<b>Vuosiarvio MWh:</b> 24

Kuvaus	Toimitettu	Yksikköhinta veroton ja määrä	Alv-määrä	Yhteensä verollinen
Perusmaksu	480,00 M3	202,34 / e/vuosi	4,05 (24 %)	20,91
	<b>Toimituspvm (jak)</b>	=> 16,86		
	1.12.2021 - 31.12.2021			

Kuvaus	Toimitettu	Yksikköhinta veroton ja määrä	Alv-määrä	Yhteensä verollinen
Tasausmaksu	2,586 MWh	33,41 / e/MWh	20,74 (24 %)	107,14
	<b>Toimituspvm (jak)</b>	=> 86,40		
	30.11.2021 - 31.12.2021			

**Viestit**

Lukemat 152921 - 155507 erotus: 2586 kerroin: 0,0010

2020

Laskun erittely

## KAUKOLÄMPÖLASKU

**Myyjä:**  
0186403-8

**Laskutusaihe:** KAUKOLÄMPÖLASKU  
**Laskun päivä:** 7.1.2021  
**Laskunro:** 92016325  
**Ostajan viite:** 11000316  
**Asiakasnro:** 11000316

**Ostaja:**

**Maksettava:** 131,90 euroa  
**Eräpäivä:** 29.1.2021  
**Maksun saajan nimi:** KUUSAMON ENERGIA- JA VESIOSUUS  
**IBAN:** FI33 2113 3800 0026 06  
**BIC:** NDEAFIHH  
**Viitenumero:** 911 00031 69201 63253

**Maksun tilanne:** Maksettava

**Laskun vastaanottajan yhteystiedot:**  
11000316

**Viivästystiedot:** Viiv.maksu 5,00 euroa  
**Viivästyskorko:** 7,00 %  
**Maksuehto:** 21 pv  
**Eräpäivä:** 29.1.2021

<b>rinumero:</b> 69592366	<b>Sopimusteho kW:</b> 12,00
<b>Sopimusvesivirta m3/h:</b> 0,21	<b>Vuosiarvio MWh:</b> 24

Kuvaus	Toimitettu	Yksikköhinta veroton ja määrä	Alv-määrä	Yhteensä verollinen
Perusmaksu	480,00 M3	202,34 / e/vuosi	4,05 (24 %)	20,91
	<b>Toimituspv (jak)</b> 1.12.2020 - 31.12.2020	=> 16,86		

Kuvaus	Toimitettu	Yksikköhinta veroton ja määrä	Alv-määrä	Yhteensä verollinen
Tasausmaksu	2,679 MWh	33,41 / e/MWh	21,48 (24 %)	110,99
	<b>Toimituspv (jak)</b> 30.11.2020 - 31.12.2020	=> 89,51		

**Viestit**

Lukemat 131489 - 134168 erotus: 2679 kerroin: 0,0010

### Sähkönkulutuksen seuranta



### Sähkönkulutuksen seuranta



## Ympäristöministeriö asetus 1048/2017 Rakennuksen energiatehokkuuden luokitteluasteikot

**RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDEN LUOKITTELUASTEIKOT**

Energiatodistuksessa rakennuksen tai rakennuksen osan energiatehokkuuden luokitteluasteikkona käytetään tässä liitteessä esitettyä asteikkoa. Käytettävä luokitteluasteikko määräytyy energiatodistuksen kohteena olevan rakennuksen tai rakennuksen osan käyttötarkoituksen perusteella. Käyttötarkoitukseluokka on yhtenevä energiatehokkuusasetuksen 4§ jaottelun kanssa.

Rakennuksen tai rakennuksen osan laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku (*E-luku*), jonka yksikkönä käytetään kWh<sub>E</sub>/(m<sup>2</sup>vuosi), ilmoitetaan energiatehokkuusluokkaa määrittäessä ylöspäin pyöristettynä kokonaislukuna.

**Pienet asuinrakennukset (käyttötarkoitukseluokka 1 a-c)**

- Yhden asunnon talo
- Kahden asunnon talo
- Ketjutalon osana oleva rakennus ja muu erillinen pientalo

$50 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$ ,  $A_{\text{netto}}$  on rakennuksen lämmitetty nettoala

Energiatehokkuusluokka	E-luku (kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi))
A	E-luku $\leq 110 - 0,2 \times A_{\text{netto}}$
B	$110 - 0,2 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 215 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
C	$215 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 252 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
D	$252 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 332 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
E	$332 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 462 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
F	$462 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 532 - 0,6 \times A_{\text{netto}}$
G	$532 - 0,6 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku}$

$150 \text{ m}^2 < A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$ ,  $A_{\text{netto}}$  on rakennuksen lämmitetty nettoala

Energiatehokkuusluokka	E-luku (kWh <sub>E</sub> /(m <sup>2</sup> vuosi))
A	E-luku $\leq 83 - 0,02 \times A_{\text{netto}}$
B	$83 - 0,02 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 131 - 0,04 \times A_{\text{netto}}$
C	$131 - 0,04 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 173 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
D	$173 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 253 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
E	$253 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 383 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
F	$383 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku} \leq 453 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
G	$453 - 0,07 \times A_{\text{netto}} < \text{E-luku}$