

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Riitta Iitti

**Kaupungin ilmasto-ohjelman tavoitteiden saavuttaminen
vanhassa pientalossa**

Insinöörityö 27.10.2010

Ohjaaja: insinööri Matti Vuori
Ohjaava opettaja: yliopettaja Olli Jalonen

Tekijä	Riitta Iitti
Otsikko	Kaupungin ilmasto-ohjelman tavoitteiden saavuttaminen vanhassa pientalossa
Sivumäärä	32 sivua
Aika	27.10.2010
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja	insinööri Matti Vuori
Ohjaava opettaja	yliopettaja Olli Jalonen
<p>Työn aiheena oli selvittää esimerkkitaloa käyttäen, miten vanhan pientalon saa vastaamaan kaupungin ilmasto-ohjelman tavoitteita. Lähtötietoina olivat kiinteistöstä olevat tarkat sähkön- ja vedenkulutustiedot yli kymmenen vuoden ajalta. Työssä tutkittiin asumiseen liittyviä ilmasto-ohjelman painopistealueita. Näitä olivat energian ja veden käyttö sekä jätehuolto. Tavoitteena oli tehdä muutosehdotukset, joilla kiinteistön käyttö saadaan ympäristöä huomioivaksi asumismukavuudesta tinkimättä.</p> <p>Tärkeimmäksi muutostyöksi todettiin pientalon lämmöneristyksen parantaminen ja sähkölämmityksen vähentäminen korvaamalla lattialämmitystä ilmalämpöpumpulla. Rakenteiden muutoksella saavutettiin laskennallisesti noin 30 %:n lämmitysenergian säästö ja lämmitysmuodon muutoksella vielä noin 20 %:n säästö. Vedenkäyttö vaihteli kulutustietojen mukaan paljon eri vuosina pelkästään käyttötottumuksista johtuen. Tällöin ilmasto-ohjelman tavoitteisiin eli vedenkäytön vähentämiseen päästään jo kiinnittämällä kulutukseen huomiota, mitään teknistä muutosta ei tarvita. Jätehuolto oli kiinteistössä ilmasto-ohjelman mukainen, vuosittainen jätemäärä oli kaupungin keskiarvon pienempi.</p> <p>Selvityksen mukaan kaupungin ilmasto-ohjelman tavoitteet ovat saavutettavissa varsin helposti myös vanhoissa pientaloissa.</p>	
Hakusanat	ilmasto-ohjelma, pientalo, energian käyttö, veden käyttö, jätehuolto

Author	Riitta Iitti
Title	Achieving the aims of City of Lohja climate program in an old house
Number of Pages	32
Date	27 October 2010
Degree Programme	Building Services Engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor	Matti Vuori, Engineer
Supervisor	Olli Jalonen, Principal Lecturer
<p>The objective of this final year project was to determine how to get an old house to meet the City of Lohja climate program requirements. The initial data were the exact records of the consumption of electricity and water of the house. The study examined the priorities of the climate program in connection to housing, i.e. the use of energy and water, and the waste management. The aim was to propose a set of changes to ensure an environmentally-sensitive use of the property without sacrificing comfort.</p> <p>The most important renovations to be made in the house are the improvement of the thermal insulation and the replacement of the electrical heating with an air heat pump. With increased insulation, a calculated 30 percent saving in heating energy can be achieved, and by changing the heating method, 20 percent more.</p> <p>The water consumption of the house studied was quite different from year to year due to the water usage habits of the residents. Just paying attention to the habits is enough for the achievement of the climate program aims, no technical changes are needed. The waste management of the house was already done in accordance to the climate program. The yearly amount of waste was below the city average.</p> <p>According to the study, the aims of the climate program of the City of Lohja can be achieved quite easily in old houses.</p>	
Keywords	climate program, house, energy consumption, water consumption, waste management

Sisällys

Tiivistelmä	
Abstract	
1 Johdanto	5
2 Kohteen esittely	6
3 Energian käyttö	7
3.1 Lämmitys	7
3.1.1 Nykytilanne	7
3.1.2 Laskennallinen lämmitysteho	8
3.1.3 Johtumistehot	9
3.1.4 Rakenteiden muutostyöt	10
3.1.5 Lämmitysmuodon muutos	11
3.1.6 Vuotoilman osuus lämmitysenergian kulutuksesta	11
3.1.7 Lämmitysenergian säästö	11
3.1.8 Yläpohjan lisäeristyksen kokonaisenergia-vaikutus	12
3.2 Ilmanvaihto	12
3.2.1 Nykytila	12
3.2.2 Muutokset	13
3.3 Taloussähkö	13
3.3.1 Nykytila	14
3.3.2 Muutokset	14
4 Veden käyttö	15
4.1 Veden kulutus	15
4.1.1 Nykytilanne	15
4.1.2 Muutos	15
4.2 Lämpimän käyttöveden valmistus	16
4.2.1 Nykytilanne	16
4.2.2 Muutos	16
4.3 Jätevesi	17
4.3.1 Määräykset	17
4.3.2 Nykytila	18
4.3.3 Muutostyöt	18
4.4 Sadevesi	18
5 Jätehuolto	20
5.1 Nykytila	20
5.2 Muutokset	20
6 Yhteenveto	22
Lähteet	23
Liitteet	
Liite 1: Sähkönkulutus vuosina 1994–2008	24
Liite 2: Sähkön kulutustiedot eriteltyinä	25
Liite 3: Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet	27
Liite 4: Lämpökamerakuvat	29
Liite 5: Vuotoilman tarvitsema teho	30
Liite 6: Vedenkulutus vuosina 1995–2008	31
Liite 7: Kiinteistön lämpökompostori	32

1 Johdanto

Työssä on selvitetty, miten Lohjalla vuonna 1993 rakennettu omakotitalo täyttää kaupungin ilmasto-ohjelman (1) tavoitteet ja mitä mahdollisia muutostöitä tarvitaan. Työssä tarkastellaan pientalon korjaustarpeita ja asumistapojen muutoksia hyvin konkreettisella tasolla. Tavoitteena on saada esimerkki siitä, miten kaupungin ilmastotavoitteet voidaan saavuttaa ilman, että joudutaan tinkimään asumismukavuudesta. Koska ainakin vielä ohjelman tavoitteisiin pyrkiminen on kaupunkilaisille vapaaehtoista ja riippuu heidän omasta motivaatiostaan, hyvä esimerkki toimii kannustimena muille.

Muutoksissa painotetaan lähiajan muutostarpeita, osa ilmasto-ohjelman tavoitteista on sellaisia, ettei niitä voi saavuttaa nykytekniikalla.

Ilmasto-ohjelman tavoitteiden tarkastelu rajataan asumiseen ja korjausrakentamiseen niin, että se sisältää energian ja veden käytön sekä jätehuollon. Tarkasteluun ei oteta liikennettä ja muita ilmasto-ohjelmassa käsiteltyjä asioita, jotka eivät sisälly suoraan asumiseen.

Lohjan kaupungin ilmasto-ohjelmaa tehtiin vuosina 2008 ja 2009. Kaupunginvaltuusto hyväksyi ohjelman tavoitteet (2) joulukuussa 2009.

2 Kohteen esittely

Kohde on omakotitalo Lohjan kaupungin haja-asutusalueella. Talo on rakennettu vuonna 1993, ja siinä asuu kolmehenkkinen perhe. Talon lisäksi kiinteistöön kuuluu erillinen autotalli ja varastorakennus sekä piha-alue ja noin 100 metriä pitkä pihatie.

Kiinteistössä on sähkölämmitys, joka on osittain varaava lattialämmitys ja kattolämmitys. Lämmin käyttövesi valmistetaan sähköllä lämminvesivaraajalla. Käytössä on lämmön talteenottava koneellinen ilmanvaihto. Kiinteistössä on sähkössä kaksitariffijärjestelmä eli osa toiminnoista on ajastettu toimimaan yö- tai päiväsaikalla tarpeen mukaan.

Kiinteistö on liitetty kaupungin vesijohtoon mutta jätevedet käsitellään tontilla. Kiinteistö sijaitsee III-luokan pohjavesialueella. Kaupungin ympäristömääräysten mukaan kiinteistön jätevedet voidaan käsitellä tontilla ja käsitelty vesi imeyttää maahan.

Kiinteistöstä löytyy tarkat kulutustiedot sähkön ja veden osalta. Koska talo on ollut koko ajan saman perheen käytössä, kulutustiedot kertovat varsin luotettavasti kiinteistön teknisen kulutuksen. Eri käyttömuutokset tiedetään ja niiden vaikutus voidaan helposti arvioida kulutustiedoista.

Talon energiankulutusta on selvitetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan (3). Tätä laskelmaa on käytetty pohjatietona sille, mihin energiasäästöön pyrkiviä korjauksia kannattaa tehdä.

3 Energian käyttö

Pientalon energiankäyttö jakautuu lämmitykseen ja veden lämmitykseen käytettävästä energiasta sekä laitesähkön osuudesta. Ojalan kirjassa *Parempi pientalo* on havainnollistettu energiatasetta 150 m²:n talossa (4). Esimerkki tapauksessa vanhan pientalon lämmitysenergia on 15 000 kWh vuodessa ja energiatehokkaassa pientalossa vain 2 500 kWh. Kiinteistön kokonaisenergian säästöissä juuri lämmityksen osuus on merkittävä.

Tekniikan tohtori Jarek Kurnitski toteaa (lokakuu 2009), että ilmaston, CO₂-päästöjen kannalta ratkaisevaa on sähkölämmitteisten pientalojen energiankulutus (5). Näitä pientaloja on Suomessa puoli miljoonaa. Kaukolämmön tuotannossa on päästy ilmasto- ja ympäristöystävällisempiin tuotantoratkaisuihin, siksi kaukolämpöön kuulumattomien kiinteistöjen energiatehokkuuteen pitää erityisesti kiinnittää huomiota.

3.1 Lämmitys

3.1.1 Nykytilanne

Kiinteistön sähkönkulutustietojen mukaan (liite 1) on vuosittainen sähkönkulutus ollut keskimäärin 19 600 kWh. Kulutusta on lisännyt vuonna 2001 lisätty autotallin lämmitys. Talli on rakennettu puolilämpimäksi tilaksi (eriste 125 mm), eikä lämmittimen lisäyksen yhteydessä tehty mitään rakenteille. Kokonaiskulutus laski vuonna 2006, jolloin lämmitys siirrettiin toimimaan ympäri vuorokauden pelkän yöajan sijaan. Tällöin kulutus laski, mutta energiakustannus hinnoittelusta riippuen kasvoi hiukan tai säilyi lähes samana.

Kesäkuukauden sähkönkulutus on noin 700–900 kWh. Siitä yösähköä (kello 22–07) on noin 450–550 kWh. Yösähkönkulutus muodostuu pääosin vedenlämmityksestä noin 290 kWh, kylmälaitteiden kulutuksesta noin 60 kWh, lattialämmityksestä noin 50 kWh. Päiväsähkön kokonaiskulutus noin 320–450 kWh muodostuu taloussähköstä

270 kWh, lattialämmityksestä 100 kWh ja kylmälaitteista 60 kWh. (Liite 2.)

Kuukausittaisesta sähkönkulutuksesta voidaan nähdä, että kesäajan yösähkön osuus on pääosin lämpimän käyttöveden valmistuksen, kylmälaitteiden ja ilmanvaihtokoneen kuluttama energia.

Talvikautena lämmityksen osuus on noin 1 220 kWh kuukaudessa. Asuintilan lämmitys koostuu pesuhuoneen lattialämmityksestä 150 kWh, ilmanvaihtokoneen lämmittämästä tuloilmasta 360 kWh ja muista lattialämmityksistä 710 kWh.

Rakennuksen lämmityksen energiantarpeen laskeminen on tehty pääosin ohjearvoilla eli sisälämpötila-arvolla 21 °C, vaikka todellinen sisälämpötila jää osassa taloa alle tämän. Rakennusta lämmitetään vain kosteiden tilojen, takkahuoneen ja keittiön lattialämmityksillä, jolloin makuuhuoneiden lämpö saadaan pidettyä alhaisempana. Eri huoneiden lämpötilaerotarve on huomioitu jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa, jolloin makuuhuoneet sijaitsevat talon toisessa päädyssä. Koneellinen ilmanvaihdon lämmitetty tuloilma riittää lämmitykseen makuuhuoneissa.

Päälämmitysmuotona on sähkö ja lattialämmitys. Lisäksi rakennuksessa on puukiuas ja varaava takka. Olohuoneeseen, eteiseen, keittiöön ja makuuhuoneisiin on asennettu kattolämmityselementit, joita ei siis kuitenkaan käytetä. Kattolämmityselementtien teho on mitoitettu 50 W/m².

3.1.2 Laskennallinen lämmitysteho

Johtumistehon lisäksi rakennuksen lämmitysenergian kulutukseen lasketaan rakennuksen vuotoilma, ilmanvaihto ja lämpimän käyttöveden valmistus. Ilmanvaihdon ja lämpimän käyttöveden vaatima energiankulutus nähdään sähkönkulutuserittelystä (liite 2).

3.1.3 Johtumistehot

Suurin osa, 60–70%, lämmitysenergiasta kuluu johtumishäviöihin, ja hyvä tavoite olisi nykyisten rakennusmääräysten U-arvojen puolittaminen (6).

Laskelmat rakenteiden U-arvoista ovat liitteenä 3. Ovien U-arvo on valmistajan ilmoittama ohjearvo umpiovelle. Ikkunat ovat tyyppiä MSK – sisäänaukeava kolmipuitteinen ikkuna, jonka jokaisessa puitteessa on oma lasi. Ikkunan U-arvo on 1,8 W/m²K.

Taulukossa 1 johtumistehot on laskettu rakenteiden U-arvojen perusteella. Laskennassa on käytetty kaavaa

$$\Phi_{\text{joht}} = U A (T_s - T_{\text{umit}})$$

jossa

U on rakenteen lämmönläpäisykerroin, W/m²K

A on rakenteen pinta-ala, m²

T_s on sisälämpötila, 21 °C

T_{umit} on mitoittava ulkoilman lämpötila, –26 °C

Alapohjan osalta on käytetty ulkoilman tilalla maan lämpötilaa, joka on 9 °C eli vuoden keskimääräiseen lämpötilaan 5 °C on lisätty alapohjan U-arvon ja maalajin perusteella 4 °C.

Taulukko 1. Johtumistehot.

	U-arvo	pinta-ala	Φ_{joht}
rakenne	W/m²K	m²	kW
ulkoseinä	0,246	87,43	1,011
ikkuna	1,800	20,19	1,708
ovi	1,400	6,25	0,411
yläpohja	0,171	128,30	1,033
alapohja	0,392	128,30	0,604
yhteensä			4,767

3.1.4 Rakenteiden muutostyöt

Nykyvaatimusten mukaan ikkunan U-arvo ei saa olla yli $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Talon ikkunoiden vaihdolla saavutetaan huomattava lämmitysenergian säästö. Ikkunoiden osuus johtumistehossa on yli kolmannes, 36 %. Nykyaikaisten energiatehokkaiden ikkunoiden U-arvo on vain 0,67. Malli-ikkunat ovat tyyppiä Lammin Eko WNS-A, joka on neljälasinen alumiinisuojuattu energiaikkuna, jonka sisä- ja ulkopuite on puuta (7). Malli-ikkunoilla niiden osuus johtumistehosta laskee noin 20 %:iin kokonaisuudesta.

Vaikka ovien vaihto lämpöulko-oviin vaikuttaa niiden johtumistehon puolittumiseen, ei sillä kokonaisuuden kannalta ole juuri merkitystä. Ovien pinta-ala on kuitenkin hyvin pieni. Lämpöövet kuitenkin lisäävät asumismukavuutta vähentämällä vedontunnetta ja ovien vaihto on otettu mukaan korjaussuunnitelmaan. (*Lammin lämpöulko-övet, eriste 0,5 ja lasi 0,7.*)

Korjaussuunnitelmaan sisältyy myös alapohjan osalta keittiön ja takkahuoneen laattalattian päällystäminen puupinnoitteella. Tämän muutoksen jälkeen voidaan luopua näiden tilojen lattialämmityksestä, joka on ollut mukavuuden vuoksi välttämätöntä laattalattialla.

Yläpohjan eristystä on suunnitelmassa lisätty 200 mm puhallusvillalla. Tämä on tarpeen, koska nykyeriste ei toimi enää edes laskennallisen arvonsa verran. Välikatossa pesineet pieneläimet, hiiret ja oravat, ovat kasanneet puhallusvillan niin, että lämpökamerakuvissa yläpohjassa on nähtävissä selvästi kylmempiä kohtia (liite 4).

Taulukko 2. Johtumistehot muutostöiden jälkeen.

korjattu rakenne	U-arvo $\text{W/m}^2\text{K}$	pinta-ala m^2	Φ_{joht} kW
ulkoseinä	0,246	87,43	1,011
ikkuna	0,670	20,19	0,636
ovi	0,650	6,25	0,191
yläpohja	0,109	128,30	0,658
alapohja	0,392	94,93	0,447
alapohja	0,373	33,38	0,149
yhteensä			3,091

Taulukossa 2 on laskettu U-arvot ikkunoiden ja ovien vaihdon, yläpohjan lisäeristeen ja lattioiden lisäpinnoituksen jälkeen.

3.1.5 Lämmitysmuodon muutos

Talon päälämmitystapa on sähkö ja lattialämmitykset olivat tarkoitettu osittain varaaviksi. Koska mittausten mukaan keittiön ja takkahuoneen lattiat eivät pysty suunnitellusti varaamaan lämpöä, on järkevää luopua lattialämmityksestä kokonaan niiden osalta. Lattialämmitys jätetään vain kylpyhuoneeseen, jossa se on tarpeen kosteuden hallinnan vuoksi.

Puun poltolla tuotettu lisälämmitysenergia ympäristövaikutukset on jätetty tässä huomioimatta. Poltettava puu on tontilta kaadettua ja voidaan katsoa, että poltetun puun tilalle kasvaa aina uusi puumassa, joten sillä ei ole vaikutusta hiilidioksidinettopäästönä.

Lattialämmityksen tilalle voidaan ottaa ilmalämpöpumppu, jolloin saadaan käyttöön nykyaikaista ympäristöystävällisempää energiantuotantoa. Ilmalämpöpumppu asennetaan keittiöön ikkunan yläpuolelle. Itse laite koteloidaan ulos ikkunan alle.

3.1.6 Vuotoilman osuus lämmitysenergian kulutuksesta

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho on 0,804 kW, laskelmat ovat liitteessä 5. Laskelmassa on käytetty keskimääräistä vuotoilmakerrointa 0,16 l/h, jota voidaan käyttää, jos rakennuksen ilmanpitävyyttä ei tunneta (3).

3.1.7 Lämmitysenergian säästö

Rakenteiden muutoksella kiinteistön vaatima laskennallinen johtumisteho pienenee 35 %. Lämmitysenergian määrä lämmityskaudella on noin 1 072 kWh/kk. Tämä kuuluu siis johtumistehon (4,8 kW) ja vuotoilman (0,8 kW) lämmitykseen. Kun johtumistehoa

saadaan pienennettyä, se vaikuttaa 85 %:iin tarvittavasta lämmitysenergian määrästä. Tällöin saavutettu lämmitysenergiesäästö on noin 319 kWh/kk.

Ilmalämpöpumpun hankinnalla voidaan rakenteiden muutostöiden jälkeen tarvittavaa lämmitysenergiämäärää 753 kWh/kk pienentää pumppua oikein käyttämällä noin viidenneksellä eli 150 kWh:lla kuukaudessa (8).

3.1.8 Yläpohjan lisäeristyksen kokonaisenergia-vaikutus

Esimerkkinä on tarkasteltu yläpohjaan lisättävän Eko-villan energiavaikutusta. Valmistajan mukaan (9) villan asennustiheys on yläpohjassa 30 kg/m^3 , lisätty eristemäärä on 0,2 m ja yläpohjan pinta-ala $128,3 \text{ m}^2$. Tällöin lisättävän eristeen massa on 769,8 kg, jonka kuljetukseen ja valmistukseen on käytetty energiaa 2501 MJ eli 695 kWh.

Yläpohjan lisäeristyksellä sen johtumisteho pienenee 0,375 kW. Tämä on rakennuksen kokonaisjohtumistehosta noin 12 %. Tällöin lämmitysenergian säästö on noin 109 kWh/kk.

Lisäeristeen valmistukseen käytettävä energia saadaan siis säästönä reilun kuuden lämmityskuukauden jälkeen.

3.2 Ilmanvaihto

3.2.1 Nykytila

Rakennuksessa on koneellinen ilmanvaihto. Ilmanvaihtokone (MUH Ilmava 100) ottaa poisto-ilman lämmön talteen ristilevylämmönsiirtimellä. Tuloilma johdetaan makuuhuoneisiin ja olohuoneeseen, poisto on wc:stä, pesuhuoneesta, saunasta, kodinhoituhuoneesta ja tuulikaapista.

Keittiössä on liesituuletin, joka on johdettu suoraan ulos, eikä sitä ole siis kytketty ilmanvaihtokoneeseen. Lisäksi rakennuksessa on suoraan ulkoa tulevat korvausilmakanavat takalle ja kiukaalle. Sekä liesituuletin että korvausilmakanavat ovat normaalitilanteissa suljettu.

Ilmanvaihto on säädetty mittaamalla niin, että ilmanvaihtokoneen teholla 3 (säättömahdollisuus 1–4) kokonaistuloilmavirta on 48 l/s ja kokonaispoistoilmavirta on 53 l/s.

Ilmanvaihtokoneessa on lämmöntalteenoton lisäksi jälkilämmitys. Tuloilman lämmitysyksikön teho on 500 W, ja yksikkö on käytössä, kun tuloilman lämpötila laskee alle 10 °C. Ilmavaihtokoneen vuotuinen kokonaiskulutus muodostuu siis ilmanvaihdosta 1 600 kWh ja tuloilman lämmityksestä 2 520 kWh.

3.2.2 Muutokset

Ilmanvaihtokoneiden levylämmönsiirtimien vuosihyötysuhde on 50–65 % (10). Uusimalla nykyinen ilmanvaihtokone pyörivällä lämmönvaihtimella olevaan koneeseen saataisiin vuosittainen hyötysuhde paranemaan yli 70 %:iin (11).

Koska ilmanvaihtoputket on asennettu yläpohjaan kiinteän villan päälle puhallusvillaan, yläpohjan lisäeristys pienentää ilman lämpötilamuutoksia putkistossa. Tällöin lämmitysaikana poistoilma tulee lämmönvaihtimelle ja tuloilma huonetilaan lämpoisempänä. Tämä vähentää lämmitysyksikön sähkönkulutusta.

3.3 Taloussähkö

Motivan (12) mukaan kotitaloussähkön määrä on vastaavassa mallitapauksessa noin 5 000 kWh vuodessa. Tämä on keskimääräinen luku, ja todellinen kulutus vaihtelee talouden laitteiden ja niiden käyttötottumuksien mukaan.

3.3.1 Nykytila

Kiinteistön kotitaloussähkön kulutus muodostuu kylmälaitteista, ilmanvaihdosta (ilman lämmitystä), valaistuksesta, viihde-elektroniikasta, hellasta ja pienlaitteista. Kulutus on noin 3 700 kWh vuodessa.

Taloussähkön kulutus on kasvanut noin 100 kWh kuukaudessa vuosien 2001 ja 2008 välisenä aikana. Kulutusta on käyttäjien arvion mukaan lisännyt viihde-elektroniikan lisäys ja elintapojen muutos. Viihde-elektroniikan lisäys tarkoittaa kahta pelikonsolia, televisiovastaanotinta, kolmea digisovitinta ja kahta tietokonetta. Näiden kulutus on yritetty pitää minimissään sillä, että niitä ei pidetä valmiustilassa, vaan ne on kytketty kytkimellisen jatkojohtoon.

3.3.2 Muutokset

Valaistuksessa voidaan odottaa pientä kulutuksen säästöä, kun muutamaan käytössä olevaan hehkulamppuvalaisimeen vaihdetaan energiansäästölamppu. Muutoin valaistuksesta saatava kulutussäästö tulisi helposti ulkovalojen käytöstä luopumisella.

Kylmälaitteiden osuus 15 % taloussähköstä on merkittävä; tähän osuuteen on hankala vaikuttaa. Tärkeintä on pitää laitteet kunnossa.

Taloussähkön kulutuksessa on mahdollista saada vain vähäisiä säästöjä. Tärkeintä on kiinnittää huomiota mahdollisiin uusien laitehankintojen tarpeellisuuteen, jotta kulutus ei jatka kasvua.

4 Veden käyttö

Vedenkulutus Lohjalla oli vuonna 2008 noin 188 l/vrk (1). Luku sisältää sekä kotitalouksien että teollisuuden käyttämän veden kaupungin vedenjakelualueella. Suomessa keskimäärin kerrostaloasukas kuluttaa vettä noin 155 l/vrk, ja suositus olisi 130 l/vrk.

4.1 Veden kulutus

4.1.1 Nykytilanne

Kiinteistö kuuluu kaupungin vesijohtoverkkoon. Vedenkulutusta on seurattu vuositasolla, ja se on vaihdellut 163 ja 119 m³:n välillä. Viimeiset seurantavuodet 2007 ja 2008 on kulutus ollut 142 m³. Tämä vastaa asukaskohtaista vedenkulutusta 130 l/vrk, eli yleistä suositusta. Vuonna 1998 vettä kului vain 119 m³, jolloin asukaskohtainen vedenkulutus oli vain 109 l/vrk. Maksimikulutus on ollut vuonna 2002, jolloin vettä kului 15 % nykyistä enemmän. (Liite 6.)

Kiinteistössä vettä kuluttaa suihku, kylpyamme, käsienpesuallas, tiskiallas ja kaksi wc:tä sekä pyykin- ja asianpesukone. Näistä kylpyamme on suurin vedenkäyttäjä. Se kuluttaa vettä yli 200 litraa, mikä vastaa lähes 20 minuutin suihkua.

4.1.2 Muutos

Suuret vuosittaiset kulutuserot eivät selity millään teknisellä seikalla. Suurin vedensäästö saadaan vähentämällä ammeen käyttöä ja suihkuaikaa. Helppona tavoitteena voidaan pitää vuoden 2006 kulutusta 118 l/vrk.

4.2 Lämpimän käyttöveden valmistus

Lämpimän käyttöveden valmistus on noin 20 % kokonaisenergiankulutuksesta, ollen noin 1000 kWh/asukas vuodessa. Lämpimän käyttöveden valmistuksen energiamäärää voidaan myös arvioida käytetyn kokonaisveden määrästä, jolloin se on noin 23 kWh/m³ kertaa kokonaiskulutus kuutiometreinä (12).

4.2.1 Nykytilanne

Rakennuksessa on 300 l:n lämminvesivaraaja, jonka teho on 3 kW. Lämminvesivaraaja käyttää yösähköä. Rakennukseen tulevassa vesijohdossa on saattolämmityskaapeli, joka estää veden jäähtymisen alle 3 °C:n. Jotta vesimäärä riittää, se lämmitetään 80 °C:seen, tällöin on käytettävissä noin 625 l lämmintä vettä vuorokaudessa.

Motivan (12) ohjeellisten laskelmien (20 % kokonaisenergiankulutuksesta) perusteella lämpimän käyttöveden valmistukseen kuluu energiaa 3 920 kWh/v eli 327 kWh/kk tai veden kokonaiskulutuksen mukaan 3 200 kWh/v eli 267 kWh/kk. Kiinteistön veden lämmityksen todellinen energiantarve on kulutusmittausten mukaan 290 kWh/kk, mikä vastaa laskennallisten kulutusarvioiden keskiarvoa.

4.2.2 Muutos

Ilmasto-ohjelman tavoite ”Lohjalaisten vedenkulutus vähenee” on saavutettavissa käyttötappamuutoksilla. Motivan ohjeellisista kulutusluvuista (12) näkee, että kiinteistössä kuluu lämmintä käyttövettä suhteessa hieman enemmän käytettyyn vesimäärän nähden kuin keskimäärin. Suurin lämpimän käyttöveden kuluttaja on kylpyamme, jonka käyttöä on syytä rajoittaa myös energiansäästösyistä.

4.3 Jätevesi

4.3.1 Määräykset

Lohjan kaupungin ympäristönsuojelumääräykset (13) jäteveden käsittelystä pohjavesialueen ulkopuolella haja-asutusalueella ovat seuraavat:

Mikäli kiinteistön jätevesiä ei ole johdettu vesihuoltolaitoksen jätevesiviemäriin, tulee ne kiinteistöllä käsitellä asianmukaisesti vähintään kolmiosaisella saostussäiliöllä (saostuskaivolla) ja jäteveden maahanimeyttämöllä tai maasuodattamolla tai muulla puhdistusteholtaan vastaavalla laitteistolla. Puhdistettujakaan jätevesiä ei saa johtaa suoraan ojaan tai vesistöön, vaan ne on johdettava sepeliojastoa tai kasvillisuutta hyväksikäyttäen maastoon siten, että niiden haitalliset ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman vähäiset.

Lisäksi ympäristönsuojelumääräyksissä todetaan yleisesti:

Jätevesien käsittelyssä tulee aina noudattaa valtioneuvoston talousjätevesien käsittelyä koskevan asetuksen vaatimuksia ja jätevesien käsittelyjärjestelmä on suunniteltava ja mitoitettava ja järjestelmää käytettävä ja huollettava siten, että käsittelyllä saavutetaan asetuksen mukainen kuormituksen väheneminen.

Talousjätevesien ympäristöön joutuvaa kuormitusta on vähennettävä orgaanisen aineen (BHK7) osalta vähintään 90 prosenttia, kokonaisfosforin osalta vähintään 85 prosenttia ja kokonaistypen osalta vähintään 40 prosenttia verrattuna käsittelemättömän jäteveden kuormitukseen ((542/03) 4 § 1. mom).

Ilmasto-ohjelmassa kiinnitetään huomiota yleisesti veden käytön vähentämiseen ja sitä kautta jäteveden määrän vähentymiseen.

4.3.2 Nykytila

Kohteen kaikki jätevedet ohjataan kolmiosaisen saostuskaivon kautta metsään, jossa on imeytysputkisto. Tämä ei vastaa nykymääräyksiä. Järjestelmä on kuitenkin hyvässä kunnossa, eikä vaadi uusimista uin muuttuneiden määräysten osalta.

4.3.3 Muutostyöt

Jotta jäteveden käsittely täyttäisi nykymääräykset, pitää siihen lisätä joko puhdistamo tai maasuodattamo. Koska tontilla on pintamaata rajoitetusti, on helpointa lisätä pienpuhdistamo nykyisen saostusjärjestelmän jatkoksi. Muutoksen jälkeen jätevesi siis johdetaan kolmen suodatuskaivon kautta pienpuhdistamoon, josta vesi imeytetään talon alapuoliseen metsämaahan. Puhdistamon jälkeen ennen imeytystä on tarkastuskaivo, josta voidaan tarvittaessa varmistaa jäteveden käsittelyn toimivuus.

Kokemukset pienpuhdistamojen toimivuudesta ja käyttökustannuksista ovat vielä vähäisiä. Siksi laitevalintaa ja lopullista suunnitelmaa kannattaa siirtää niin kauan kuin se on lain mukaan mahdollista, eli ainakin vuoteen 2014. Puhdistamon lisäyksen vaikutus ei ole ympäristön kannalta oleellinen. Tontin ympäristössä on metsää ja peltoa.

4.4 Sadevesi

Kun kiinteistö sijaitsee korkean kallion päällä, ilmasto-ohjelmassa mainittu ”tulviin varautuminen” tarkoittaa lähinnä vain satavan vesimäärän hallittua poisohjaamista. Ilmastonmuutos tulee lisäämään sadeveden määrää ajoittain ja kokonaisuutena, mikä asettaa uusia vaatimuksia sadeveden johtamiseen pois tontilta. Tähän tulee varautua sekä sadevesi- että salaojaputkien mitoituksessa.

Sadevesi imeytyy tontin maakerroksen läpi kallion pintaan, josta se valuu alarinteeseen. Katoilta tuleva sadevesi kerätään nurkkakaivoihin ja johdetaan pois rakennuksen läheltä, joko putkessa pihan läpi rinteeseen tai talon yläpuolelta alkavaan avo-ojaan. Kohteen nykyinen sadevesien keruujärjestelmä, jossa suurin osa tontille valuvasta ja

satavasta vedestä johdetaan avo-ojaa pitkin, vaatii vain hieman parannusta. Jotta oja pysyisi auki myös syksyn rankkasateilla, sitä pitäisi hieman leventää ja syventää. Tämä on helppo tehdä niiltä kohdin, kuin ojan ja kallion välissä on vielä pintamaata.

5 Jätehuolto

Ilmasto-ohjelman tavoitteena on asukaskohtaisen jätemäärän pienentäminen ja kiinteistökohtaisen kompostoinnin lisääminen. Länsi-Uudellamaalla toimivan jätehuoltoyhtiön Rosk'n Roll Oy Ab:n mukaan (14) sen alueen kokonaisjätemäärä on 1 010 kg/as/vuosi, josta kaatopaikalle läjitetään noin 480 kg/as/vuosi. Tästä määrästä kotitalouksissa syntyvän jätemäärän osuus on noin 300 kg/as/vuosi.

5.1 Nykytila

Kiinteistössä on oma sekajätteen kuljetussopimus. Tämä jäte on kaatopaikalle läjitettävää jätettä. Sopimuksen mukaan kiinteistöstä haetaan jätessäkki kerran kuukaudessa. Tämä jätemäärä on noin 100 kg/as/vuosi. Lisäksi jätemäärää kasvattaa hieman suursiivouksista ja remonteista syntyvä satunnaisesti tuleva jäte, joka toimitetaan itse läjitettäväksi.

Sekajätteeseen ei laiteta lajiteltavaa jätettä. Erikseen lajitellaan paperi, kartonki, lasi, metalli ja biojäte sekä ongelmajätteet ja elektroniikka. Sekajäte onkin pääosin muovia tai likaista paperia.

Biojäte kompostoidaan lämpökompostorissa (liite 7) ja sen jälkeen vielä jälki-kompostoidaan puutarhajätteen kanssa. Lämpökompostori on toiminut myös talvella paitsi talvena 2009–2010, jolloin pakkasjakso oli sen toiminnalle liian pitkä ja se jäättyi. Jäätyminen ei kuitenkaan haittaa kompostointia, se vain pidentää prosessin aikaa.

5.2 Muutokset

Nykyinen jätemäärä jää huomattavasti kaupungin keskiarvoa pienemmäksi, joten ohjelman tavoite ”jätemäärän pienentäminen asukasta kohti” saavuttaminen on vaikeaa. Tehokkaalla lajittelulla on jo nyt ympäristön ja ilmaston kannalta eniten kuormittava

lajitettävän sekajätteen määrä saatu keskimääräistä pienemmäksi. Kokonaismäärän vähentäminen vaatisi oleellista kulutustottumusten muutosta.

6 Yhteenveto

Työssä on ollut tarkoitus havainnollistaa ilmastovaikutuksia ja tehdä käytännön esimerkki vanhan omakotitalon muutoksista ilmastoystävälliseksi kaupungin ilmasto-ohjelman tavoitteiden perusteella.

Energian kulutuksen vähentäminen pitää olla tärkein toimenpide. Ei ole mitään järkeä lämmittää huonosti eristettyä kiinteistöä. Kiinteistön lämmönjohtumistehojen pienentäminen tuottaa selvästi paremman energiasäästön kuin lämmitysenergiamuodon muutos. Samalla myös asumismukavuus kasvaa, siihen ei käytetyllä energiamuodolla ole vaikutusta.

Muut ilmasto-ohjelman tavoitteet, jätteen määrän ja vedenkulutuksen vähentäminen ovat helposti toteutettavissa käyttötapamuutoksilla.

Ympäristöministeriön julkaisussa vuodelta 2006 *Pientalon tekninen laatu* lasketaan laatuun kuuluvaksi kosteudenkestävyys, sisäilmaston laatu, energiankulutus ja ympäristövaikutukset. Näistä energiankulutus ja ympäristövaikutukset ovat painoarvoltaan vain alle puolet pisteistä. Vasta siis viime vuosina on kiinnostuttu pientalojen ympäristövaikutuksista.

Kaupungin ilmasto-ohjelma on ohjaavuudessaan heikkoa tasoa. Asukkaiden toimintaa ohjaavat tavoiteluvut puuttuvat täysin, pääosa tavoitteista on saavuttaa ”kulutus alle keskiarvon” tai ”vähentää kulutusta”. Kuitenkin yleisenä päätavoitteena on hiilineutraali kaupunki vuonna 2050. Ilmasto-ohjelmassa todetaan, että ”Lohjan kaupunki uskoo, että jokainen lohjalainen voi vaikuttaa ilmastonmuutosta hillitsevästi ja teoista seuraa positiivista hyötyä.” Selkeät realistiset lukumääräisesti esitetyt tavoitteet ohjaisivat korjausrakentamista paremmin.

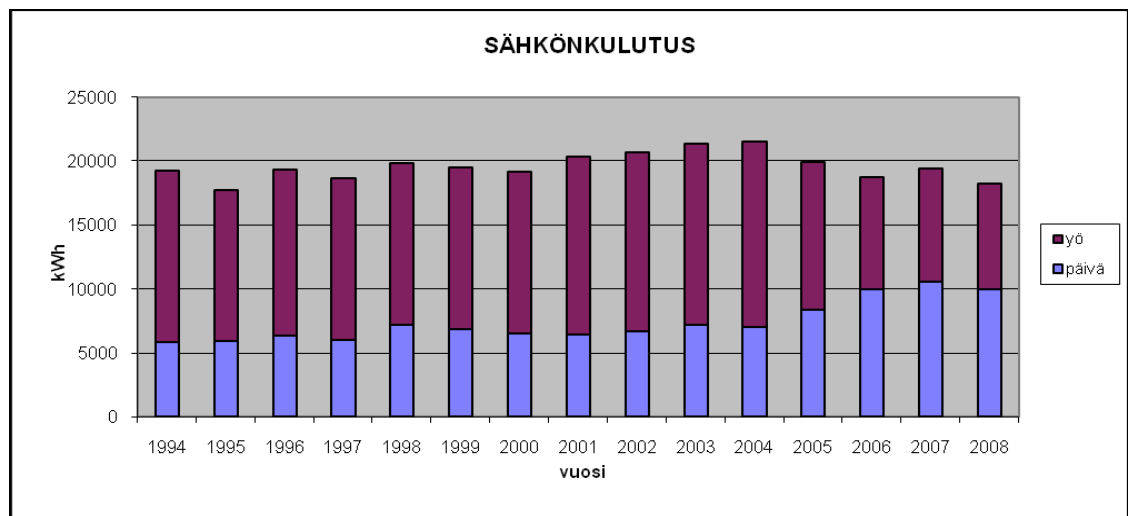
Lähteet

- 1 Lohjan kaupungin ilmasto-ohjelma. Lohjan kaupunki.
- 2 Lohjan kaupunginvaltuuston pöytäkirja 9.12.2009. Lohjan kaupunki.
- 3 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Helsinki: ympäristöministeriö, 2007.
- 4 Ojala Kari. Parempi pientalo. Helsinki Alfamer 2009.
- 5 Kurnitski Jarek. Kerrostalokannan energiatehokkuus, 29.10.2009. (WWW-dokumentti.) <www.ara.fi>. Luettu 11.2.2010
- 6 Kilpeläinen Mikko, Hekkanen Martti, Seppälä Pekka, Riippa Tommi. Ympäristöministeriön julkaisu vuodelta 2006: Pientalon tekninen laatu.
- 7 Ikkuna ja ovimallistot. Lammin Ikkuna Oy. (WWW-dokumentti.) <www.lammin.fi>. Luettu 29.10.2009.
- 8 Tiedote ilmalämpöpumpuista. Motiva. 18.1.2010.
- 9 Rakennusten ja rakennusosien ympäristöselosteet. (WWW-dokumentti.) <www.rts.fi>. Luettu 17.3.2010.
- 10 Energiatehokas koti. Ilmanvaihto, levylämmönsiirrin. (WWW-dokumentti.) <www.energiatehokaskoti.fi>. Luettu 24.10.2010
- 11 Enervent. Pystymalliset ilmanvaihtolaitteet pientaloihin ja asuntoihin. (WWW-dokumentti.) <www.enervent.fi>. Luettu 24.10.2010.
- 12 Koti ja asuminen. Näin säästät energiaa. Motiva. (WWW-dokumentti.) <www.motiva.fi>. Luettu 17.3.2010.
- 13 Lohjan ympäristönsuojelumääräykset. Lohjan kaupunki.
- 14 Tilastot. Rosk'nRoll Oy Ab. (WWW-dokumentti.) <www.rosknroll.fi>. Luettu 12.3.2010

Liite 1: Sähkönkulutus vuosina 1994–2008

Taulukko 1. Kiinteistön sähkönkulutus ja siihen vaikuttaneet tiedetyt muutokset.

SÄHKÖNKULUTUS				
	päivä	yö	yhteensä	
	kWh	kWh	kWh	tehdyt muutokset, käyttömuutokset
1994	5900	13344	19244	
1995	5927	11836	17763	
1996	6345	13001	19346	
1997	6031	12609	18640	
1998	7179	12653	19832	
1999	6891	12632	19523	
2000	6504	12654	19158	
2001	6449	13918	20367	autotalliin lisätty 800 W lämmitin, yösähkö
2002	6678	14048	20726	
2003	7194	14142	21336	
2004	7007	14530	21537	
2005	8422	11525	19947	2 kk kokeilu, lattialämmitys myös päiväsähköllä
2006	10039	8752	18791	siirretty kokonaan lattialämmitykset jatkuvaan käyttöön
2007	10618	8791	19409	
2008	10029	8226	18255	



Kuva 1. Kiinteistön sähkönkulutus.

Liite 2: Sähkönkulutustiedot eriteltyinä

Tässä liitteessä on eritelty sähkönkulutusta vuosina 2001–2004 ja 2006–2008 talvi- ja kesäkuukautena. Vertaamalla eri jaksojen yö- ja päivänsähkönkulutuskeskiarvoja ja huomioimalla tehdyt käyttömuutokset saadaan kokonaiskulutus jaettua eri osioihin.

Taulukossa 1. on laskettu vuosien helmi- ja elokuun kulutusten keskiarvot.

Taulukko 1. Sähkönkulutus.

SÄHKÖNKULUTUS, KESKIARVO			
kWh	YÖ	PÄIVÄ	YHTEENSÄ
	9h	15 h	
kulutus helmikuu 2001	1741	770	2511
kulutus helmikuu 2002	1636	728	2364
kulutus helmikuu 2003	1664	878	2542
kulutus helmikuu 2004	1693	816	2509
helmikuu vuodet 2001-2004	1683	800	2483
kulutus helmikuu 2006	1114	1328	2442
kulutus helmikuu 2007	1111	1451	2562
kulutus helmikuu 2008	870	1211	2081
helmikuu vuodet 2006-2008	1032	1330	2362
kulutus elokuu 2001	455	304	759
kulutus elokuu 2002	405	307	712
kulutus elokuu 2003	466	341	807
kulutus elokuu 2004	537	363	900
elokuu vuodet 2001-2004	465	329	794
kulutus elokuu 2006	422	368	790
kulutus elokuu 2007	488	450	938
kulutus elokuu 2008	513	461	974
elokuu vuodet 2006-2008	474	426	900

Vuonna 2005 siirrettiin kokeiluna lattialämmitys toimimaan myös päivänsähköllä kahden kuukauden ajaksi. Tällöin kulutus pieneni noin 200 kWh kuukaudessa. Koska näin kokonaiskulutus pieneni noin 2000 kWh vuodessa, siirryttiin lattialämmityksen osalta jatkuvaan käyttöön vuonna 2006.

Jotta näitä tietoja on voitu käyttää kulutusta eriteltyinä on vertailukausiksi otettu vuodet 2001–2004 ja 2006–2008.

Taloussähkön kulutus on noussut tarkastelujaksolla noin 100 kWh kuukaudessa, joka vastaa noin 140 W jatkuvaa tehonlisäystä. Tämä selittyy uusina laitteina (tv n. 100 W, PC n 70 W, muu viihde-elektronikka n. 50 W) ja muuttuneilla elintavoilla (lisääntynyt ruoan valmistus).

Valaistus talvella päiväaikaan, tuntimäärät käyttäjän arvion mukaan:

- ulkovalot 6 kpl teho 50 W, käyttöaika 6 h/vrk vastaa 60 kWh/kk
- tievalot 6 kpl, teho 50 W, käyttöaika noin 2/3 ulkovalaistuksesta, vastaa 40 kWh/kk
- sisävalaistus 10 kpl teho 60 W käyttöaika 8 h/vrk, vastaa 140 kWh/kk

Liite 2: Sähkönkulutustiedot eriteltyinä

Lämpimän käyttöveden valmistus 290 kWh

Kylmälaitteiden kulutus on mittaustieto.

Sähkönkulutus on eriteltyinä taulukossa 2 vuosina 2001–2004 ja taulukossa 3 vuosina 2006–2008

Taulukko 2. Sähkönkulutus vuosina 2001–2004.

SÄHKÖNKULUTUSERITTELY			
vuodet 2001–2004 kWh	YÖ 9 h	PÄIVÄ 15 h	YHTEENSÄ
kylmälaitteet	30	60	90
lämminvesivaraaja	290		290
lattialämmitys pesuhuone	50	100	150
taloussähkö	95	169	264
KESÄ	465	329	794
valaistus		240	240
ilmanvaihdon lämmitys	140	220	360
lämmitys	928	11	939
autotallin lämmitys	150		150
TALVI	1683	800	2483

Taulukko 3. Sähkönkulutus vuosina 2006–2008.

SÄHKÖNKULUTUSERITTELY			
vuodet 2006–2008 kWh	YÖ 9 h	PÄIVÄ 15 h	YHTEENSÄ
kylmälaitteet	30	60	90
lämminvesivaraaja	290		290
lattialämmitys pesuhuone	50	100	150
taloussähkö	104	266	370
KESÄ	474	426	900
valaistus		240	240
ilmanvaihdon lämmitys	140	220	360
lämmitys	268	444	712
autotallin lämmitys	150		150
TALVI	1032	1330	2362

Liite 3: Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet

Ulkoseinän, ylä- ja alapohjan rakenteille on laskettu lämmönläpäisykerroin U rakentamismääräyskokoelman osan C4 arvoilla. Laskennassa on käytetty kaavoja

$$U = 1 / R$$

$$R = s / \lambda$$

joissa

R on lämmön vastus, m^2K/W

s on rakenteen paksuus, m

λ on lämmönjohtavuus, W/Km

$R_{sisä}$ ja R_{ulko} ovat rakenteen sisä- ja ulkopuolinen lämmönsiirron pintavastus.

Ulkoseinä

Ulkoseinässä on sisäpinnassa kipsilevy ja höyrynsulkumuovi. Eristeenä on kaksi ristiinkoolattua villakerrosta, yhteensä 175 mm. Ulkoseinällä on tuulensuojalevy, jonka jälkeen on ilmarako ennen pintaverhousta. Taulukossa 1 on esitetty koko rakenteen lämmönläpäisykerroin U , joka on laskettu kaavalla $U_{us} = (U_{villa} * 60 + U_{koolaus} * 5) / 65$.

Taulukko 1. Ulkoseinän U -arvo.

Ulkoseinä	s m	λ W/Km	R m^2K/W	U W/ m^2K
$R_{sisä}$			0,130	
kipsilevy	0,013	0,230	0,057	
villa	0,175	0,045	3,889	
puu	0,175	0,120	1,458	
tuulensuojalevy	0,013	0,055	0,236	
R_{ulko}			0,130	
U_{villa}				0,22514
$U_{koolaus}$				0,49721
U_{us}				0,24606

Liite 3: Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet

Yläpohja

Yläpohjassa on sisällä puupaneeli ja höyrystä sulkuuovi. Eristeenä on 100 mm villaa ja 200 mm puhallusvillaa. Rakenteen -arvo on laskettu taulukossa 2.

Taulukko 2. Yläpohjan U-arvo.

Yläpohja	s	λ	R	U
	m	W/Km	m ² K/W	W/m ² K
R _{sisä}			0,100	
puupaneeli	0,017	0,120	0,142	
villa	0,100	0,045	2,222	
puhallusvilla	0,200	0,060	3,333	
R _{ulko}			0,040	
U _{yp}				0,17131

Alapohja

Alapohja on maata vasten. Soratäyttö on tehty kallion päälle. Rakenteen U-arvo on laskettu taulukossa 3.

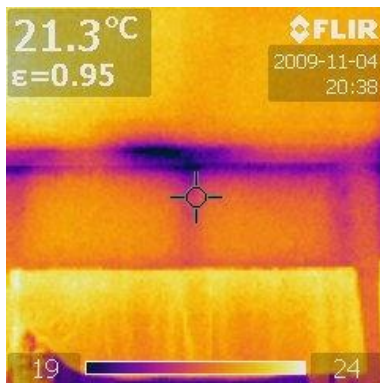
Taulukko3. Alapohjan U-arvo.

Alapohja	s	λ	R	U
	m	W/Km	m ² K/W	W/m ² K
R _{sisä}			0,170	
pinta	0,017	0,130	0,131	
betoni	0,060	1,200	0,050	
styrox	0,100	0,050	2,000	
sora	0,250		0,200	
U _{ap}				0,39204

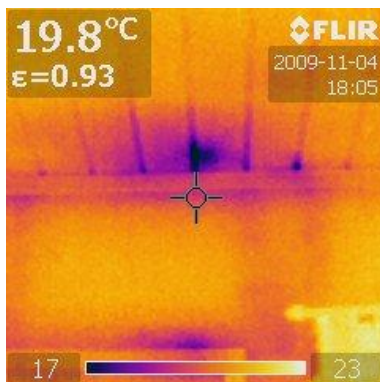
Ovet ja ikkunat

Ovien U-arvo on valmistajan ilmoittama ohjearvo umpiovelle. Ikkunat ovat tyyppiä MSK – sisäänaukeava kolmipuitteinen ikkuna, jonka jokaisessa puitteessa on oma lasi. Ikkunan U-arvo on 1,8 W/m²K. Nykyvaatimusten mukaan ikkunan U-arvo ei saa olla yli 1,4 W/m²K, eli tällaisia ikkunoita ei enää asenneta.

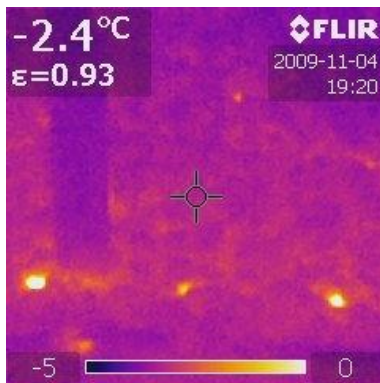
Liite 4: Lämpökamerakuvat



Kuvapari 1. Keittiö.



Kuvapari 2. Takkahuone.



Kuvapari 3. Yläpohja.



Kuvapareissa 1 ja 2 näkyy, että seinän ja katon rajasta puuttuu eristeet. Kuvapari 3:ssa näkyvät ympäristöä lämpoisempänä kohdat, joissa on hiirien käytävien suuaukot.

Liite 5: Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho on laskettu taulukossa 1. Laskennassa on käytetty kaavoja

$$\Phi_v = H (T_s - T_{\text{umit}})$$

$$H = \rho c q_v$$

$$q_v = n V / 3600$$

joissa

H on ominaislämpöhäviö, W/K

T_s on sisälämpötila, 21 °C

T_{umit} on mitoittava ulkoilman lämpötila, -26 °C

ρ on ilmantiheys, 1,2 kg/m³

c on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/kgK

q_v on vuotoilmavirta

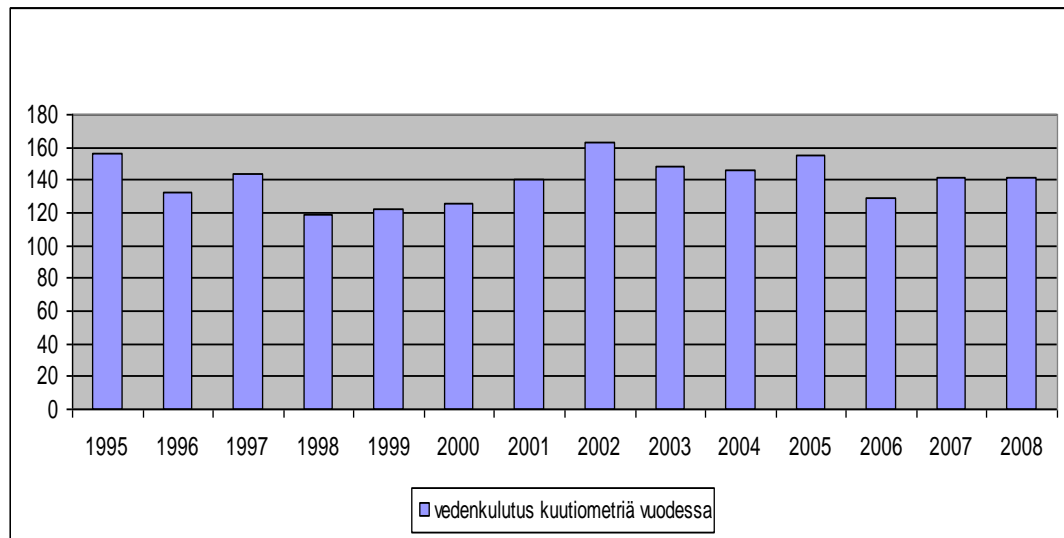
n on vuotoilmakerroin, 0,2 l/h (arvioitu)

V on rakennuksen ilmatilavuus, m³

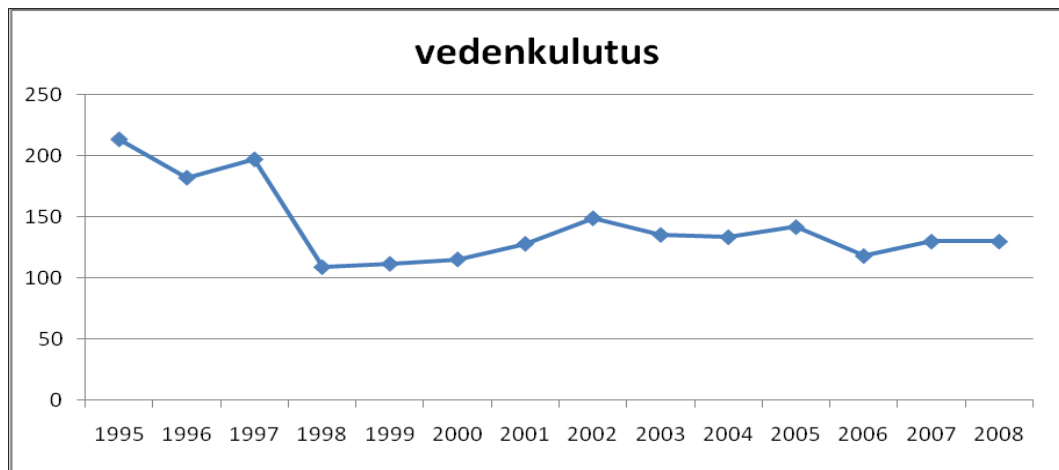
Taulukko 1. Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho.

Vuotoilma	ρ	c	n	V	H	$\Phi_{\text{vuotoilma}}$
	kg/m ³	Ws/kgK	l/h	m ³	W/K	kW
	1,2	1000	0,16	320,75	21,38	0,804

Liite 6: Vedenkulutus vuosina 1995–2008



Kuva 1. Kiinteistön veden kokonaiskulutus kuutiometreinä.



Kuva 2. Henkilön vedenkulutus vuorokaudessa litroina.

Liite 7: Kiinteistön lämpökompostori



Kuva 1. Lämpökompostori.



Kuva 2. Kompostorin sisälämpötila.