

Mika Mourujärvi

**ASUINKERROSTALOJEN ENERGIAEHOVUUDEN PARANTAMINEN**

# **ASUINKERROSTALOJEN ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN**

Mika Mourujärvi  
Opinnäytetyö  
Syksy 2017  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma, talonrakennus

---

Tekijä: Mika Mourujärvi  
Opinnäytetyön nimi: Asuinkerrostalojen energiatehokkuuden parantaminen  
Työn ohjaaja: Lehtori Martti Hekkanen  
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2017  
Sivumäärä: 23 + 2 liitettä

---

Työn aiheena on kerrostalokannan ja sen energiatehokkuuden kehityksen selvittäminen olemassa olevan aineiston ja käytännön kohteiden avulla sekä energiakorjausten toteutuneiden kustannussäästöjen selvittäminen todellisissa kohteissa.

Tutkittavina kohteina on 1970 rakennettu kerrostalo, johon on vuonna 2016 vesikatkon korjauksen yhteydessä lisätty eristettä yläpohjaan sekä 1996 valmistunut kerrostalo, johon on koneelliseen ilmanpoistoon lisätty lämmöntalteenotto vuonna 2012. Vertailun vuoksi työssä käsitellään myös kahta uudiskohdetta, vuonna 2010 sen ajan määräysten mukaan rakennettua kerrostaloa sekä vuonna 2014 valmistunutta, merkittävän määrän vähäpäästöistä energiaa tuottavaa tekniikkaa sisältävää kerrostaloyhtiötä.

Tutkimuksen edetessä tuli ilmi, että kerrostalojen energiankulutus ei ole juurikaan muuttunut vuosien 1970 ja 2008 välillä, vaikka energiatehokkuutta koskevat määräykset ovatkin huomattavasti kiristyneet tuona aikana. Edellä mainitun aikakauden kerrostalojen korjaamisella, etenkin tekniikan uudistamisella, on mahdollista saada merkittäviäkin säästöjä, kuten työn tulokset osoittavat. Tämän vuosikymmenen kerrostalojen osuus rakennuskannasta on pieni, ja energiatehokkuus on jo sillä tasolla, ettei rakenteisiin kohdistuva määräysten kiristäminen ole tarpeen. Edes vaihtoehtoisilla energiaa tuottavilla tekniikoilla ei toisistaan saada mainittavia säästöjä aikaiseksi. Vähäpäästöisistä uusista energian tuottamismuodoista uudistuotannossa tällä hetkellä ainoastaan sähköä tuottavat aurinkopaneelit vaikuttavat olevan kerrostaloyhtiöissä kannattava investointi.

---

Asiasanat: energiatehokkuus, korjausrakentaminen, energiakorjaus, taloyhtiö

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 RAKENNUSKANNAN ENERGIAN KULUTUS	6
2.1 Energian käytön kehitys Suomessa	6
2.2 Kaukolämmön hinnan kehitys	7
2.3 Rakennuskannan kehitys	7
2.4 Kerrostalokannan ominaiskulutus	9
3 ENERGIATEHOKKUUTTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET SUOMESSA	11
3.1 Lämmöneristysmääräysten kehitys Suomessa vuosina 1976 - 2012	11
3.2 Viranomaismääräykset korjausrakentamisessa	12
4 KÄYTÄNNÖN KOHTEET	14
4.1 Tietojen hankinta	14
4.2 Talo 1	14
4.2.1 Kohteen tiedot	14
4.2.2 Laskennallinen säästö	15
4.2.3 Toteutunut energiansäästö	15
4.3 Talo 2	16
4.4 Uudiskohteet	17
4.4.1 Normitalo	17
4.4.2 Ekotalo	17
5 LOPPUSANAT	19
5.1 Käytännön kohteet	19
5.2 Energiakorjausten kannattavuus	19
5.3 Uudistuotanto	20
5.4 Taloyhtiön mahdollisuudet	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	
Liite 1 Korjauskohteiden tiedot	
Liite 2 Uudiskohteiden tiedot	

# 1 JOHDANTO

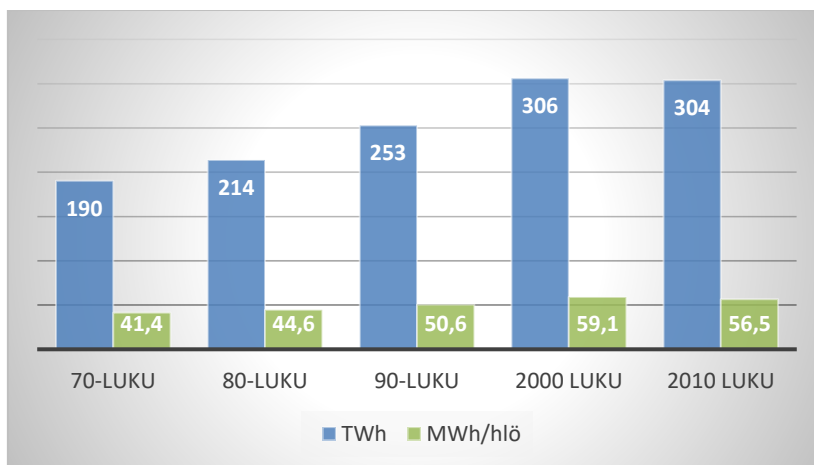
Suomi on sitoutunut kansainvälisten sopimusten kautta leikkaamaan merkittävästi rakennusten lämmitysenergian kulutusta. Tämä näkyy jatkuvasti kiristyvinä lämmöneristysmääräyksinä ja pyrkimyksenä käyttää lisääntyvissä määrin uusiutuvaa energiaa lämmitysmuotona. Suomen asuntokannasta kuitenkin suurin osa on jo rakennettu. Asuinrakennusten energiatehokkuuden parantaminen edellyttää sekä käyttäjien asenteiden muokkaamista että tarkoituksenmukaisia investointeja, jotka tehdään muiden korjaustöiden yhteydessä.

Tavoitteena on selvittää energiakulutuksen kehittyminen ja jakautuminen jo käytävissä olevista materiaaleista sekä selvittää kerrostalokannan energiatehokkuuden kehitys taustamateriaaleista ja konkreettisten kohteiden toteutuneiden kulutusten avulla. Työssä tutkitaan myös kahden erityyppisen energiakorjauksen todellista vaikutusta energian kulutukseen ja toisen korjauksen vaikutuksia verrataan laskennalliseen tulokseen. Työhön on otettu mukaan myös uudistuantoa vertailupohjaksi korjauskohteiden ominaiskulutuksille.

## 2 RAKENNUSKANNAN ENERGIAN KULUTUS

### 2.1 Energian käytön kehitys Suomessa

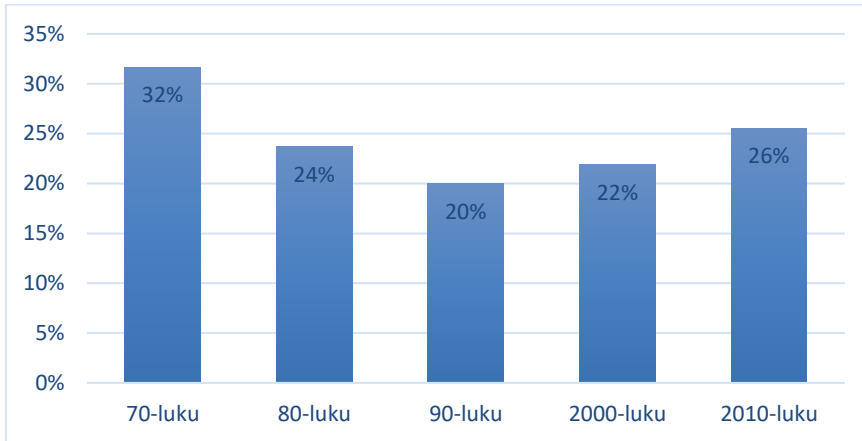
Energian kulutus vuodesta 1970 vuoteen 2009 on lisääntynyt 60 prosentilla. Väestöön suhteutettuna kulutuksen kasvu on ollut 42 prosenttia. Vuosien 2010 ja 2016 välillä kokonaiskulutus on pysynyt suunnilleen samana, poikkeuksena kulutuspiikki vuonna 2010, jolloin on kulunut vuoteen 2009 verrattuna 29 terawattituntia enemmän ja 2011 vuoteen verrattuna 16 terawattituntia enemmän. Vuosi 2010 on ollut muita vuosia kylmempi, mikä osaltaan selittää kulutuspiikin. Tällä vuosikymmenellä väestöön suhteutettu kulutus on lähtenyt hienoiseen laskuun (kuva 1). Tosin tällä vuosituhannella Suomen ilmastokin on ollut suurin piirtein 1,5 astetta lämpimämpi 70–90-lukuihin verrattuna. Uusiutuvan energian osuus energian loppukäytöstä on kasvanut vuosien 2004–2015 aikana 29 prosentista 39 prosenttiin. Vastaavasti CO<sub>2</sub>-päästöt ovat pienentyneet 10 prosentilla vuodesta 2008. (1.)



KUVA 1. Energian käytön kehitys 1970–2016 (1.)

Vuonna 2016 energian kulutuksesta teollisuuden osuus on ollut 45 %, rakennusten lämmittäminen 26 %, liikenne 17 % ja muut 12 %. Rakennusten lämmittämiseen kuluneen energian osuus on vaihdellut 90-luvun viidenneksen ja 70-luvun kolmanneksen välillä (kuva 2). 2010-lukua enemmän energiaa lämmittämiseen on kulunut vain 70-luvulla. 2010-luvulla rakennettujen rakennusten osuus kaikista rakennuksista on vain 8 prosenttia kerrosalassa mitattuna, kun

70-luvulla rakennettujen rakennusten osuus oli lähes 40 prosenttia silloisesta rakennuskannasta. Kuvan 2 perusteella ei voi välttyä ajatukselta, että rakennuskannan kunto ja tekniikka ovat vanhenemassa, mikä näkyy lisääntyneenä kuluksena. (1.)



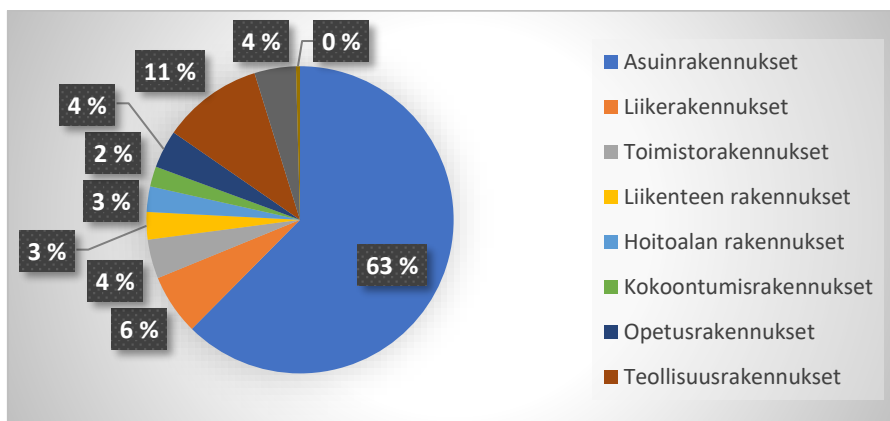
*KUVA 2. Rakennusten lämmityksen osuus koko energian loppukäytöstä (1.)*

## **2.2 Kaukolämmön hinnan kehitys**

Keskimääräinen kerrostalon kaukolämmön kokonaishinta Suomessa on tällä hetkellä noin 80 €/MWh ja Oulussa 57 €/MWh. Kaukolämmön keskimääräinen hinta on tällä vuosituhanalla noussut noin 45 €/MWh, siis yli kaksinkertaistunut ja Oulussakin lähes kaksinkertaistunut kymmenessä vuodessa. (2.)

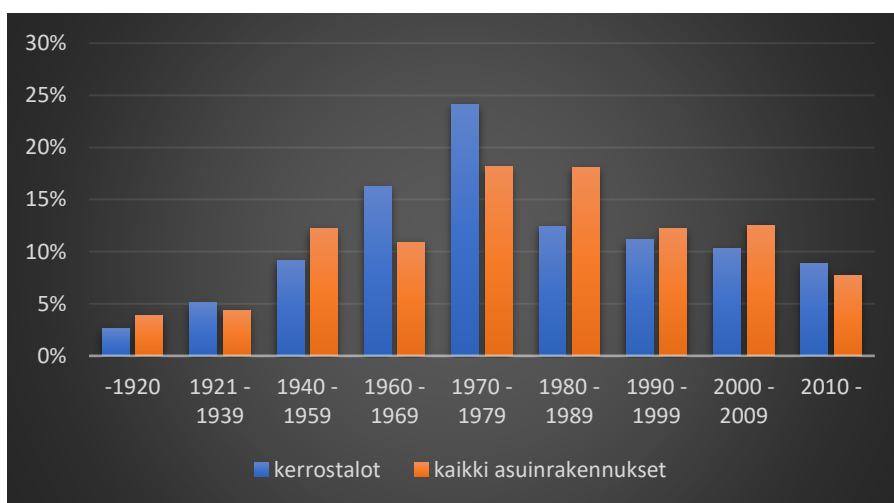
## **2.3 Rakennuskannan kehitys**

Vuonna 2015 rakennusten osuudesta, kerrosalassa mitattuna, asuinrakennukset käsittävät 63 prosenttia (kuva 3). Eri vuosikymmeninä, 1970-luvulta tähän päivään, asuinrakennusten osuus rakennuskannasta kerrosalalla mitattuna on pysynyt suunnilleen samana, 60–65 prosentissa. Kerrostalojen osuus asuinrakennuksista vuonna 2015 oli 33 prosenttia kun se vuonna 1979 oli silloisesta asuinrakennuskannasta 38 prosenttia. (3.)



KUVA 3. Rakennuskannan jakautuminen vuonna 2015 (3.)

Koko asuinrakennuskannasta, samoin kerrostalokannasta, lähes puolet on rakennettu vuosina 1970–2000 (kuva 4), jolloin vasta aloiteltiin parantamaan rakennusten energiatehokkuutta, muun muassa määräysten avulla. Asuinrakennusten pinta-alan ollessa nykyään noin 300 miljoonaa neliometriä puhutaan kansallisella tasolla varsin merkittävästä energiansäästöpotentiaalista vuosien 1970–2000 aikana rakennettujen talojen energiakorjausten yhteydessä. (3.)



KUVA 4. Asuinrakennusten ikäjakauma (3.)



## 2.4 Kerrostalokannan ominaiskulutus

Vuosina 1960–1980 rakennettujen kerrostalojen lämpöhäviöistä merkittävä osa syntyy ilmanvaihdon myötä (kuva 5). Poistoilman lämmöntalteenoton asentaminen onkin yksi tehokas tapa pienentää energiankulutusta, kuten luvun 4.2 esimerkkikohteen avulla voidaan havaita. Ulkovaipan lämpöhäviöt ovat sen verran vähäisiä, ettei niitä nykyisillä energian hinnoilla kannata pelkästään energiansäästön kannalta remontoida, vaan energiatehokkuuden parantaminen kannattaa tehdä muun korjaustoimen yhteydessä, kuten maankäyttö- ja rakennuslaki-kin nykyään velvoittaa. (4, s. 18.)



*KUVA 5. Lämpöenergiatase 1960–1980-lukujen kerrostaloissa (4, s. 18)*

Vuosina 1965–1985, jolloin on rakennettu n. 43 miljoonaa kem<sup>2</sup>, rakennettujen kerrostalojen lämmitysenergian ominaiskulutus on ollut Keski-Suomessa noin 200 kWh/asm<sup>2</sup> (kuva 6). Kyseisen aikakauden talot siis kuluttavat lämmitysenergiaa suurin piirtein seitsemän miljoonaa megawattituntia vuodessa. Jo vähäisetkin parannukset tuovat merkittäviä säästöjä, niin taloyhtiöille kuin kansallisestikin. 2005 vuoden jälkeen rakennettujen kerrostalojen kerrosala on noin 13 miljoonaa kem<sup>2</sup> ja ominaiskulutus on 140 kWh/asm<sup>2</sup> joten sen energiankulutus on noin 1,5 miljoonaa MWh. (5, Liite 4.)

Lämmitysenergian kulutuksen vertailuarvot	E-Suomi	K-Suomi	P-Suomi	E-Suomi	K-Suomi	P-Suomi
<b>Asuinkerrostalot</b>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/asm <sup>2</sup>	kWh/asm <sup>2</sup>	kWh/asm <sup>2</sup>
- rakennettu ennen vuotta 1965	50	55	60	250	275	300
- rakennettu ennen vuotta 1975	45	50	55	190	210	245
- rakennettu ennen vuotta 1985	40	45	50	170	190	220
- rakennettu ennen vuotta 2005	35	40	45	150	170	190
- rakennettu vuoden 2005 jälkeen	30	35	40	135	150	165
<b>Rivitalot</b>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/asm <sup>2</sup>	kWh/asm <sup>2</sup>	kWh/asm <sup>2</sup>
- rakennettu ennen vuotta 1965	80	90	100	320	360	400
- rakennettu ennen vuotta 1975	75	85	95	290	320	350
- rakennettu ennen vuotta 1985	50	55	60	200	220	240
- rakennettu ennen vuotta 2005	35	40	45	130	150	170
- rakennettu vuoden 2005 jälkeen	30	35	40	120	140	160

Kiinteistösiirron kulutuksen vertailuarvot	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/rm <sup>2</sup>	kWh/rm <sup>2</sup>	Huom! Kohteessa mitatut lämmitysenergian menekit muutetaan normaalivuoden kulutukseksi lämmitystarveluvun avulla.
Asuinkerrostalo, ei hissiä, ei kylmäsäilytystiloja	2	3	4	
Asuinkerrostalo, hissi, kylmäkellari	3	4	5	
Rivitalo, ei kylmäsäilytystiloja, yhteissauna	3	5	8	
<b>Käyttöveden kulutuksen vertailuarvot (l/as/vrk)</b>	alhainen	normaali	korkea	
Asuinkerrostalo tai rivitalo, ei asuntokohtaista mittausta	100	150	200	
Asuinkerrostalo tai rivitalo, asuntokohtainen kulutusmittaus	80	120	160	

KUVA 6. Lämmitysenergian kulutuksen vertailuarvot (5, Liite 4)

### 3 ENERGIATEHOKKUUTTA KOSKEVAT MÄÄRÄYKSET SUOMESSA

#### 3.1 Lämmöneristysmääräysten kehitys Suomessa vuosina 1976–2012

Ensimmäiset rakennushallituksen velvoittavat rakennusosien k-arvot, nykyisin u-arvot, julkaistiin vuonna 1974. Vuodesta 1976 alkaen lämmöneristysmääräykset on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Vaikka nykyiset lämmönläpäisykertoimet ovat puolittuneet vuodesta 1976 (taulukko 1), tämä ei juurikaan näy kerrostalojen toteutuneissa energiankulutuksissa, vaan Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksen mukaan kerrostalojen ET-luvut ovat lähes samat vuosien 1960 ja 2008 välillä sijoittuen luokkaan D: 140–180 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi. (6, s. 15–23.)

Taulukko 1. Uudisrakentamisen energiamääräysten historia (7.)

Rakennusosien u-arvot (W/m <sup>2</sup> K)							
	1976	1978	1985	2003	2007	2010	2012
Ulkoseinä	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Hirsiseinä						0,4	0,4
Yläpohja	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Alapohja	0,4	0,4	0,36	0,25	0,24	0,16/0,17	0,16/0,17
Ikkuna	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Ovet	0,7	0,7	0,7	1,4	1,4	1	1
Ilmatiiveys, n50-luku	6	6	6	4	4	2	Q50=4
LTO:n vuosihyötysuhde	0	0	0	30 %	30 %	45 %	45 %
Vaipan lämpöhäviön jousto	0	0	0	10 %	20 %	30 %	-
ET-luku							Rakennusluokka-kohtainen

### 3.2 Viranomaismääräykset korjausrakentamisessa

Osana ilmastonmuutoksen hillintää ja päästöjen vähentämistä energiatehokkuuden parantaminen on otettu mukaan myös korjausrakentamiseen, jota ympäristöministeriö ohjaa vuonna 2013 uudistuneella rakentamismääräyskokoelmallaan.

Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan ”Energiatehokkuutta on parannettava rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa.

Kun rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen suunnittelu ja toteutus tapahtuvat rakennusosakohtaisesti, on noudatettava seuraavia vaatimuksia;

1) Ulkoseinä: Alkuperäinen u-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0,17 W/(m<sup>2</sup>K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen u-arvo x 0,5, kuitenkin 0,60 W/(m<sup>2</sup>K) tai parempi.

2) Yläpohja: Alkuperäinen u-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0,09 W/(m<sup>2</sup>K). Rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä alkuperäinen u-arvo x 0,5, kuitenkin 0,60 W/(m<sup>2</sup>K) tai parempi.

3) Alapohja: Energiatehokkuutta parannetaan mahdollisuuksien mukaan.

4) Uusien ikkunoiden ja ulko-ovien u-arvon on oltava 1,0 W/(m<sup>2</sup>K) tai parempi. Vanhoja ikkunoita ja ulko-ovia korjattaessa on lämmönpitävyyttä parannettava mahdollisuuksien mukaan.

Kun rakennuksen teknisiä järjestelmiä peruskorjataan, uudistetaan tai uusitaan, on noudatettava seuraavia vaatimuksia;

1) Lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen on oltava vähintään 45 %.

2) Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m<sup>3</sup>/s).

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

4) Ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,5 kW/(m<sup>3</sup>/s).

5) Lämmitysjärjestelmien hyötysuhdetta parannetaan laitteiden ja järjestelmien uusimisen yhteydessä mahdollisuuksien mukaan.” (8.)

Toinen kerrostalokannan energiatehokkuuteen oleellisesti liittyvä, tai ainakin sellaiseksi lain laatijoiden tarkoittama, määräys löytyy asunto-osakeyhtiölain 6. luvun, 3 pykälän, 2 momentin, 2 kohdasta joka velvoittaa vuosittain hallituksen esittämään taloyhtiölle viiden vuoden kunnossapitoselvityksen (9). Lain määräämää muotoa selvitykselle ei ole, joten kunnossapitoselvitysten kirjokin on laaja. Suppeimmillaan se on taloyhtiön itse laatima arvaus tulevista korjauksista, kun taas kiinteistönsä kuntoa arvostava taloyhtiö teettää energiaselvityksen sisältävän kuntoarvion, jota tarvittaessa tarkennetaan kuntotutkimuksella. Perusteellisen kuntoarvion pohjalta voi teettää kunnossapito- ja korjaussuunnitelman, joka huomioi energiatehokkuuden tilan ja tulevat korjaukset ja estää korjausten turhat päällekkäisyydet. (10.)

## 4 KÄYTÄNNÖN KOHTEET

### 4.1 Tietojen hankinta

Talo 1:n pinta-ala tiedot on hankittu Oulun rakennusvalvonnalta ja energiankulutustiedot on saatu taloyhtiön hallituksen puheenjohtajalta. Muiden kohteiden tiedot on saatu isännöitsijöiltä. Tietojen oikeellisuus on edellä mainittujen tahojen varassa. Talo 1:n kaukolämmön kulutukset on saatu myös sääkorjattuina, mikä onkin edellytys kulutustietojen vertailulle, koska tarkastelujakso on lyhyt. Muiden kohteiden mitattuja energiankulutuksia pystyy vertailemaan, vaikka niitä ei olekaan sääkorjattu, koska käytettävissä on laajemmin tietoa. Saadut tiedot on koottu taulukkolaskentaohjelmaan ja muokattu havainnollistaviksi kaavioiksi.

### 4.2 Talo 1

#### 4.2.1 Kohteen tiedot

Korjauskohde on 1970 valmistunut, 3-kerroksinen, 30 asuntoa käsittävä kerrostalo Oulussa. Kohteen kerrosala on 2080 m<sup>2</sup>, huoneistoala 1700 m<sup>2</sup> ja tilavuus 7600 m<sup>3</sup>. Rakennuksen katto on alkuperäinen tasakatto, johon on vuosien kuluessa tehty osittaisia korjauksia. Katon pinta-ala on 710 m<sup>2</sup> ja eristetyn yläpohjan pinta-ala on 660 m<sup>2</sup>. Huhtikuussa 2015 tehdyn kuntotarkastuksen perusteella taloyhtiössä päätettiin teettää vesikattoremontti.

Kohteessa uusittiin vesikate ja aluslaudoitus sekä kattokaivot, kattokaivojen lämmityskaapelit ja niiden ohjaus kesällä 2016. Samassa yhteydessä lisättiin yläpohjan lämmöneristettä puhallusvillalla 300 mm. Alkuperäinen eristys oli kolme mineraalivillapaloin tehtyä kerrosta, joiden kokonaispaksuudeksi oli mitattu 180 mm. Yläpohjan alkuperäinen u-arvo oli 0,29 W/m<sup>2</sup>K, ja lisäeristämisen jälkeen lämmönvastus on 0,11 W/m<sup>2</sup>K. Talon energiankulutus ennen korjausta on ollut vuosina 2013–2015 keskimäärin 204,3 kWh/brm<sup>2</sup>/v ja CO<sub>2</sub>-päästöt 44,2 kgCO<sub>2</sub>/brm<sup>2</sup>/v. Edellä mainitut kulutukset ovat laskettu sääkorjatun kaukolämmönkulutuksen perusteella, ja CO<sub>2</sub>-päästöt on laskettu Motivan ohjeen mukaan (11).

#### 4.2.2 Laskennallinen säästö

Teoreettinen energiansäästö vuodessa lasketaan kaavalla 1 (12).

$$Q = 100 * \Delta U * A \quad \text{KAAVA 1.}$$

Q = energian kulutuksen muutos vuodessa (kWh)

$\Delta U$  = rakennusosan vanhan ja uuden u-arvon erotus (W/m<sup>2</sup>K)

A = rakennusosan pinta-ala (m<sup>2</sup>)

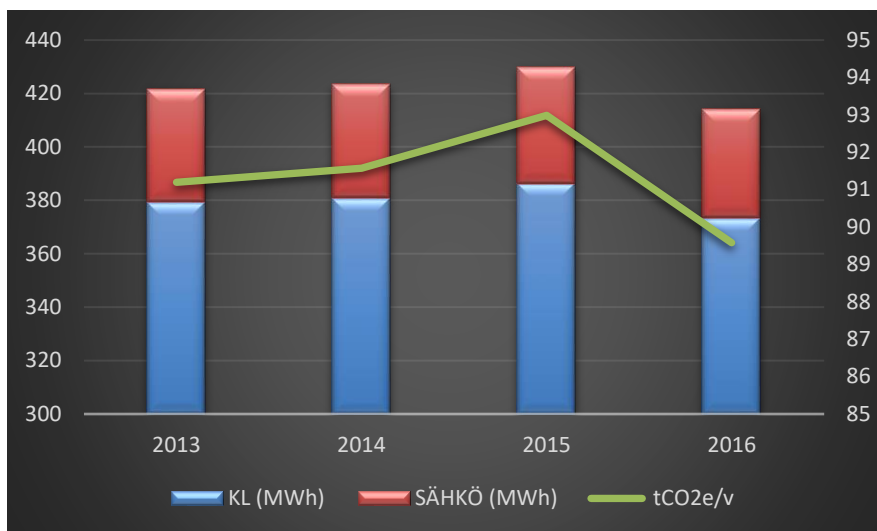
$$Q = 100 * (0,29\text{W/m}^2\text{K} - 0,11\text{W/m}^2\text{K}) * 660 \text{ m}^2 = 11\ 880 \text{ kWh}$$

Saatu tulos korjataan Oulun ja Helsinki-Vantaan lämmitystarvelukujen suhteella. Astepäiväluvut ovat Oulussa 5057 ja Helsinki-Vantaalla 4097 (13). Niin ollen energiansäästö on  $(5057/4097) * 11\ 880 \text{ kWh} = 14\ 663 \text{ kWh} \approx 14,7 \text{ MWh}$ .

Pienen kerrostalon kaukolämmön kokonaishinta tällä hetkellä on noin 57 €/MWh, joten teoreettinen kustannussäästö on 835 € vuodessa. Lisäeristämisen kustannuksen ollessa n. 5000 € ( $660 \text{ m}^2 * 0,3 \text{ m} * 25 \text{ €/m}^3$ ) sijoituksen takaisinmaksuaika on 6 vuotta. Puhallusvillan hinta on saatu Oulussa toimivalta yritykseltä.

#### 4.2.3 Toteutunut energiansäästö

Korjausvuonna 2016 kulutus on ollut jo pienempää, 199,1 kWh/brm<sup>2</sup>/v ja CO<sub>2</sub>-päästöt 43,1 kgCO<sub>2</sub>/brm<sup>2</sup>/v, vaikka korjauksen vaikutukset ovat nähtävissä vain muutamalta kuukaudelta. Sääkorjattu kaukolämmön kulutus vuonna 2016 on ollut 373 MWh/v ja sähkön kulutus 40,7 MWh/v. Ennen korjausta kaukolämmön kulutus on ollut keskimäärin 382,1 MWh/v ja sähkön kulutus 42,8 MWh/v. (Kuva 7.) Päästöt on laskettu Motivan ohjeen mukaan. (11.)



*KUVA 7. Talon 1:n toteutunut energiankulutus ja päästöt*

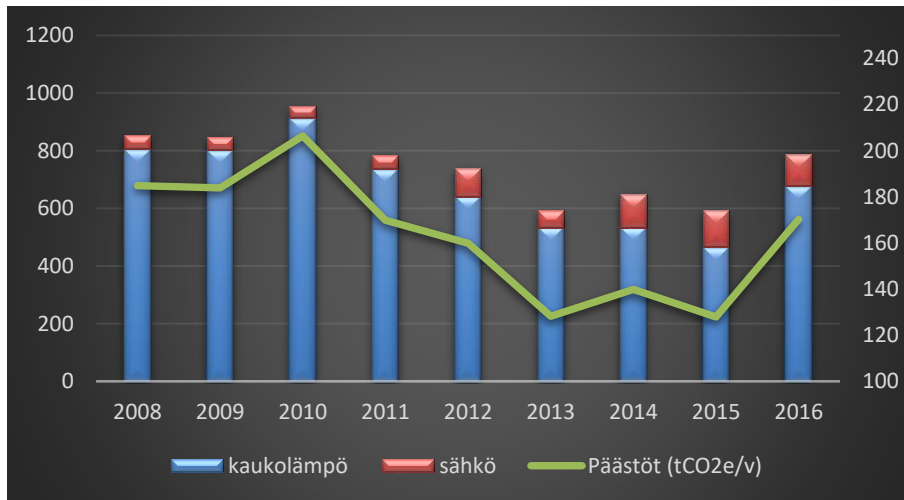
Energian säästö on ollut havaittavissa jo varsin lyhyellä ajalla korjauksen jälkeen. Edellisiin vuosiin verrattuna kaukolämpöä on kulunut 9 MWh ja sähköä 2 MWh vähemmän vuonna 2016, jolloin korjaus on tehty (liite 1). Vaikka tarkastelujakso onkin lyhyt, voidaan päätellä, että energian kulutus pienenee vuositasolla vähintäänkin laskennallisen arvon verran. Nykyisessä hintatasossa tämä tarkoittaa vähintään 750 euron vuotuisesta säästöstä. Lisäeristämisen kustannukset olivat noin 5000 euroa ja lämmitysenergian osuus vuotuisesta säästöstä on 500 euroa vuodessa, joten vesikattoremontin lisäinvestoinnin takaisinmaksuaika tulee oletettavasti olemaan enintään kymmenen vuotta. Takaisinmaksuaikaa arvioidessa voidaan hyvinkin käyttää nykyistä kaukolämmön kokonaishintaa, vaikka todellinen säästö tuleekin pelkän energiamaksun perusteella, koska on oletettavaa, että energian hinta nousee jatkossakin, kuten se on tähänkin asti noussut.

### 4.3 Talon 2

Tutkimuksen toinen korjauskohde on 1996 valmistunut, kaksi taloa käsittävä taloyhtiö. Rakennuksissa on koneellinen ilmanpoisto, johon toisessa rakennuksessa asennettiin poistoilman LTO (lämmön talteenotto) vuonna 2012. Investoinnin koko hinta oli 101 200 euroa, josta oli saatu energia-avustusta 10 prosenttia. Mitattu kokonaisenergian kulutus ilman sääkorausta oli vuosina 2008–2011 keskimäärin 138 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi ja päästöt 30 kgCO<sub>2</sub>e/brm<sup>2</sup>/v, ja korjauksen jälkeen vastaavat luvut vuosina 2013–2016 olivat 105 kWh/brm<sup>2</sup>/vuosi ja 23



kgCO<sub>2e</sub>/brm<sup>2</sup>/v. (Kuva 8.) Vuotuinen mitattu energian säästö on ollut korjauksen jälkeen keskimäärin 204 MWh vuodessa, joten nykyisellä energian hinnalla sijoituksen takaisinmaksuaika on hiukan alle 12 vuotta. Edellisiin vuosiin verrattu korkeampi kulutus vuonna 2016 selittyy osittain matalammalla vuoden keskilämpötilalla, mutta koko muutoksesta ei tullut tämän työn aikana tietoa isännöitsijältä, oliko kyseessä energiayhtiön laskutusvirhe tai jokin muu syy. (Liite 1.)



KUVA 8. Talo 2:n mitattu energian kulutus ja päästöt vuosina 2008–2016

## 4.4 Uudiskohteet

### 4.4.1 Normitalo

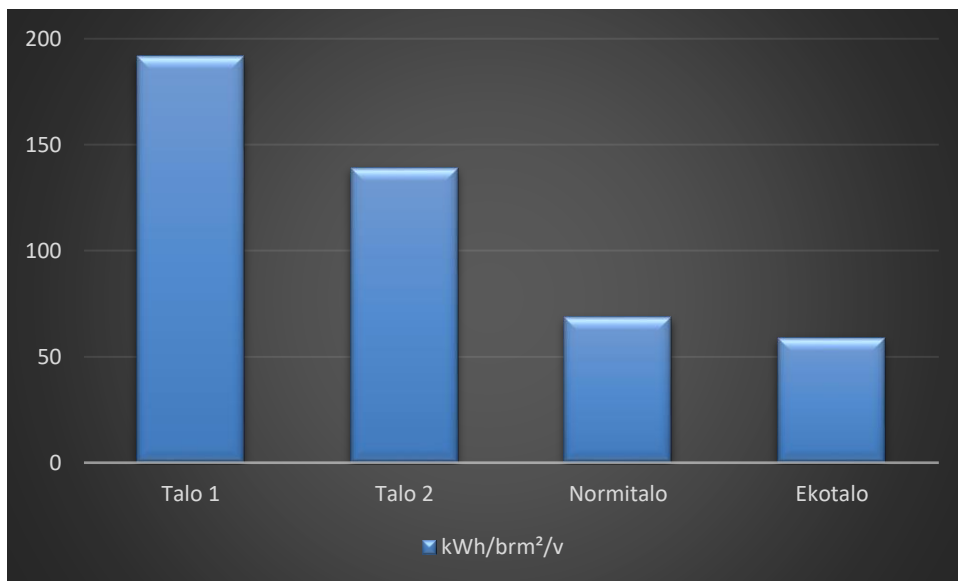
Toinen uudiskohteista on vuonna 2010 valmistunut, sen aikaisten määräysten mukaan tehty kerrostaloyhtiö. Taloyhtiön kerrosala on 3951 m<sup>2</sup>, huoneistoala 2911 m<sup>2</sup> ja tilavuus 12 842 m<sup>3</sup>. Mitattu energiankulutus ilman säädöksiä on ollut vuosina 2013–2016 keskimäärin 68,4 kWh/brm<sup>2</sup>/v, josta sähkön osuus on ollut 7,9 kWh/brm<sup>2</sup>/v, sekä CO<sub>2</sub>-päästöt 14,8 kgCO<sub>2e</sub>/brm<sup>2</sup>/v. (Liite 2.)

### 4.4.2 Ekotalo

Tarkasteltu kohde on vuonna 2014 TA-yhtymän rakennuttama kaksi kerrostaloa käsittävä taloyhtiö. Taloyhtiön kerrosala on 3888 m<sup>2</sup>, huoneistoala 2540 m<sup>2</sup> ja tilavuus 12 468 m<sup>3</sup>. Rakennukset ovat niin sanottuja passiivitaloja.

Talot sisältävät huomattavan paljon nykyaikaista energian talteenottotekniikkaa, 17 kW:n tehoiset aurinkopaneelit, aurinkokeräimet (140 m<sup>2</sup>), keskitetty ilmanvaihto ja tuloilman esilämmitys porakaivoista sekä jäteveden LTO. Rakenteiden laskennalliset u-arvot (W/m<sup>2</sup>K) ovat seinä 0,12, yläpohja 0,08, alapohja 0,18, ikkunat ja ovet 0,8 sekä mitattu tiiveys n<sub>50</sub> = 0,3 1/h. Rakennuttamiskustannukset ovat olleet 2330 €/brm<sup>2</sup>. Ne ovat noin 5 prosenttia kalliimmat tavanomaisen kerrostalon keskimääräiseen neliöhintaan verrattuna.

Vuosina 2015 ja 2016 mitattu energian kulutus ilman sääkorjausta on ollut 59 kWh/brm<sup>2</sup>/v, josta sähkön osuus on ollut 1,8 kWh/brm<sup>2</sup>/v ja CO<sub>2</sub>-päästöt 12,8 kgCO<sub>2</sub>e/brm<sup>2</sup>/v. (Liite 2.) Kuvasta 9 voidaan konkreettisesti nähdä kiristyneiden rakennusmääräysten tulos. Energiankulutuksen ero on suuri vanhempien ja 2010-luvulla rakennettujen kerrostalojen välillä.



*KUVA 9. Kohteiden mitattu energiankulutus vuonna 2016*

## 5 LOPPUSANAT

### 5.1 Käytännön kohteet

Energiakorjauskohteiden avulla sain työn tulosten perusteella konkreettisesti havaita, että ainakin yläpohjan lämmöneristyksen lisääminen muun korjauksen yhteydessä ja talotekniikan uudistaminen ovat taloudellisesti kannattavia toimenpiteitä ja investointien takaisinmaksuaika on kohtuullinen. Voidaan jopa puhua sijoituksesta, jolla on vuotuinen tuotto.

Uudiskohteista toinen on rakennettu vuoden 2007 määräysten mukaan ja toinen on rakennettu passiivitaloksi. Siitä huolimatta kaukolämmönkulutusten erot ovat lähes olemattomat. Ekotalon sähkönkulutus on Normitaloa pienempi, mikä vaikuttaisi olevan aurinkopaneelien ansiota. Aurinkopaneelien takaisinmaksuaika onkin kohtuullinen.

Esimerkkikohteiden perusteella kerrostalojen ominaiskulutus on pienentynyt huomasti vuosien 1970–2014 välillä. 1970 valmistuneen talon ominaiskulutus on noin 200 kWh/brm<sup>2</sup>/v, 1996 valmistuneen talon noin 100 kWh/brm<sup>2</sup>/v ja 2014 valmistuneen talon noin 60 kWh/brm<sup>2</sup>/v. Esimerkkien perusteella ei voi kuitenkaan päätellä koko kerrostalokannan kehitystä, koska työssä on käsitelty vain yksittäisiä kohteita.

### 5.2 Energiakorjausten kannattavuus

Koska merkittävä osa asuinrakennuskannasta on rakennettu vuosina 1970–1990, jolloin rakennusten energiatehokkuuteen ei ole kovin paljon panostettu, ja rakennukset eivät vielä ole elinkaarensa päässä, niiden energiatehokkuuden parantaminen muun korjauksen yhteydessä sekä pelkästään tekniikan uudistaminen on taloudellisesti kannattavaa, kuten esimerkkikohteiden avulla voidaan todeta. Energian kulutuksen ja sen myötä kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi olemassa olevien kerrostalojen energiatehokkuuden parantaminen ja tekniikan nykyaikaistaminen on jopa suotavaa, riippumatta velvoittavista määräyksistä.

Koska taustatutkimuksen mukaan kerrostalokannan ominaiskulutus ei ole merkittävästi pienentynyt vuosien 1970 ja 2008 välillä ja samanlaisten talojen ominaiskulutuksissa on suuria eroja, on taloyhtiöiden syytä kiinnittää huomiota kulutuksiin ja verrata niitä ominaiskulutusten vertailuarvoihin sekä miettiä korjaustoimia, koska kiristyneiden määräyksien mukaan muutosta olisi pitänyt tapahtua. 2010-luvulla ollaan jo sillä energiankulutustasolla, että rakenteisiin liittyvää määräraysten kiristystä ei tarvita, kun ottaa huomioon uusien rakennusten osuuden koko rakennuskannasta.

### **5.3 Uudistuantanto**

TA-Yhtymän aluejohtaja Jouko Knuutisen kokemuksen mukaan uusista vähäpäästöistä energiaa tuottavista tekniikoista, kuten aurinkopaneelit, aurinkokeräimet, jäteveden LTO ja niin edelleen, toistaiseksi vain aurinkopaneelit ovat taloudellisesti kannattavia sijoituksia ja niiden takaisinmaksuaika voi olla alle kymmenen vuotta. Edes maalämpö ei ole Oulussa kannattava lämmitysmuoto kerrostalossa edullisen kaukolämmön hinnan ja suurten perustamiskustannusten vuoksi. Knuutisen mukaan kerrostalon ulkovaipan tiiveydelläkin on suuri merkitys energiankulutukseen, jopa tuhansia kilowattitunteja vuodessa. Arvio perustuu laskennalliseen tulokseen, koska tiiveyden vaikutuksen mittaaminen on vaikeaa. Edes laskennallisesti samanlaiset talot eivät ole täysin vertailukelpoisia, vaan kulutukseen vaikuttaa jopa rakennuksen koko, muoto ja sijainti kaupungin eri alueella. (14.)

Uudiskohteiden kulutuksia, etenkin sähkönkulutuksia, vertaillen päätyy eittä-mättä johtopäätökseen, että Ekotalon ainoa kannattava sijoitus Normitaloon ver-rattuna on ollut aurinkopaneelien asentaminen. Tosin kyseessä on kaksi eri-laista kokonaisuutta. Normitalo on 58 asuntoa käsittävä massiivinen yhden talon kokonaisuus, joka Knuutisen mukaan on edullinen seikka lämmönkulutuksen kannalta.

## 5.4 Taloyhtiön mahdollisuudet

Taloyhtiön kannalta oleellisin keino kiinteistön kunnan ja energiankulutuksen selvittämiseksi ja kustannusten kurissa pitämiseksi on teettää kunnossapitotarveselvitykset energiaselvityksineen ja kuntotutkimuksineen luotettavilla ja ammattitaitoisilla tekijöillä, jotka tekevät myös selkeät parannusehdotukset kustannustietoineen ja -säästöineen. Edellä mainitut keinot ovat konkreettisia työkaluja, joilla jokainen osakas saa tiedon taloyhtiönsä tilasta ja olemassa olevista keinoista ylläpitokustannusten aisoissa pitämiseksi. Taloyhtiön pitää myös varmistaa, että isännöitsijällä on käytössään riittävät resurssit, nykyaikaiset työkalut ja ammattitaitoinen henkilökunta taloyhtiön asioiden hoitamiseksi. Yksi esimerkki nykyaikaisesta työkalusta voi olla reaaliaikainen energiankulutuksen seuranta hälytystoimintoineen sekä kulutuksen kehityksen seuraaminen ja analysointi pidemmältä ajalta.

## LÄHTEET

1. Energian loppukäyttö sektoreittain. 2017. PX-Web-tietokannat. Tilastokeskus. Saatavissa [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_ene\\_ehk/statfin\\_ehk\\_pxt\\_010.px/?rxid=a188d788-609c-40b2-891f-4f8125be9a9a](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ene_ehk/statfin_ehk_pxt_010.px/?rxid=a188d788-609c-40b2-891f-4f8125be9a9a). Hakupäivä 12.10.2017.
2. Kaukolämmön hintatilasto. 2017. Energiateollisuus, materiaalipankki. Saatavissa: [https://energia.fi/ajankohtaista\\_ja\\_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon\\_hintatilasto.html](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html). Hakupäivä 12.10.2017.
3. Rakennukset käyttötarkoituksen ja rakennusvuoden mukaan. 2017. PX-Web-tietokannat. Tilastokeskus. Saatavissa [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_asu\\_rakke/statfin\\_rakke\\_pxt\\_001.px/?rxid=a188d788-609c-40b2-891f-4f8125be9a9a](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_asu_rakke/statfin_rakke_pxt_001.px/?rxid=a188d788-609c-40b2-891f-4f8125be9a9a). Hakupäivä 12.10.2017.
4. Pylsy, Petri – Virta, Jari. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Saatavissa: [https://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion\\_energiakirja](https://issuu.com/mediat/docs/taloyhtion_energiakirja) Hakupäivä 3.11.2017.
5. KH90-00535. 2013. Asuinkiinteistön kuntoarvio. Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/kh/kortit/00535> (Vaatii lisenssin). Hakupäivä 3.11.2017.
6. Boström, Sanna – Uotila, Ulrika – Linne, Stina – Hilliaho, Kimmo – Lahdensivu, Jukka 2012. Erilaisten korjaustoimien vaikutuksia lähiökerrostalojen todelliseen energiankulutukseen. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 158.
7. C1-4 (1976). C3 (1985). C3 (2003). C3 (2007). C3 (2010). 2017. Kumotut rakentamismääräykset. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Kumotut). Hakupäivä 12.10.2017.

8. 4/2013. Energiatehokkuus. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Suomen rakentamismääräyskokoelma Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymp.fi/download/noname/%7B924394EF-BED0-42F2-9AD2-5BE3036A6EAD%7D/31396>. Hakupäivä 12.10.2017.
9. 22.12.2009/1599. Asunto-osakeyhtiölaki. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2009/20091599?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=Asunto-osakeyhti%C3%B6laki#L6P3>. Hakupäivä 3.11.2017.
10. Teknisten tarkastusten viidakko hämmentää asukkaita. 2011. Kiinteistöliitto. Uutiset. Saatavissa: <http://www.kiinteistoliitto.fi/uutiset/2011/32730.aspx>. Haettu 4.11.2017
11. Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub> -päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub> -päästökertoimet. 2012. Motiva. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje\\_Yksittainen\\_kohde.pdf](https://www.motiva.fi/files/8886/CO2-laskentaohje_Yksittainen_kohde.pdf) Hakupäivä 24.10.2017.
12. Hekkanen, Martti. 2017. Lehtori, OAMK. Re: Asuinkerrostalojen energiatehokkuuden parantaminen. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Mika Mourujärvi. 9.10.2017.
13. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Ilmatieteen laitos. 2017. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>. Hakupäivä 12.10.2017.
14. Knuutinen, Jouko 2017. Aluejohtaja, TA-Yhtymä. Haastattelu 19.10.2017.

<b>TALO 1</b>		Uusittu vesikatto, samalla lisätty puhallusvillaa 300 mm, uusittu kattokaivot sekä niiden lämmityskaapelit ja -ohjaus.				
Rakennusvuosi	1970					
Asuntoja	30					
brm <sup>2</sup>	2080 m <sup>2</sup>					
hum <sup>2</sup>	1700 m <sup>2</sup>					
til (m <sup>3</sup> )	7600 m <sup>3</sup>					
Yläpohja	660 m <sup>2</sup>					
vesikatto	710 m <sup>2</sup>					
normitettu kulutus	204,3 kWh/brm <sup>2</sup> /v	ennen korjausta				
normitettu kulutus	199,1 kWh/brm <sup>2</sup> /v	korjaus vuonna				
		toteutunut		normeerattu		
		Lämpö	Lämpö	Sähkö	yht.	normeerattu
	vuosi	(MWh)	(MWh)	(MWh)	MWh	yht. MWh
	2013	356,2	379,3	42,3	398,5	421,6
	2014	352,5	380,9	42,5	394,9	423,4
	2015	337,9	386,2	43,7	381,7	429,9
	2016	357,6	373,4	40,7	398,3	414,1
keskiarvo		351,0	380,0	42,3	393,4	422,3
keskiarvo ennen korjausta		348,9	382,1	42,8	391,7	425,0

<b>TALO 2</b>		Rakennuksia kaksi, joista toisessa koneelliseen ilmanpoistoon lisätty LTO								
Valmistunut	1996									
Energiakorjaus	2012									
hum <sup>2</sup>	4684 m <sup>2</sup>									
brm <sup>2</sup>	6222 m <sup>2</sup>									
til (m <sup>3</sup> )	17025 m <sup>3</sup>									
Asuntoja	70									
kokonaiskulutus 2008-2011	138,1 kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi									
kokonaiskulutus 2013-2016	105,4 kWh/brm <sup>2</sup> /vuosi									
<b>MITATTU ENERGIAN KULUTUS</b>										
vuosi	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
kaukolämpö	806,0	803,0	914,0	737,0	641,1	534,0	533,0	466,0	677,0	MWh
sähkö	47,1	45,6	38,4	47,0	99,0	58,9	115,4	127,6	111,2	MWh
kaukolämmön hinta					57 €/MWh					
Sähkön hinta					120 €/MWh					
kokonaiskulutus 2008-2011	3438 MWh =					860 MWh/v	= 51800 €/v			
kokonaiskulutus 2013-2016	2623 MWh =					656 MWh/v	= 43884 €/v			
Erotus					204 MWh/v					
Säästö					7915 €/vuosi					
investointi					91080 €					
Takaisinmaksuaika					11,5 vuotta					



---

<b>EKOTALO</b>	2 taloa, 43 asuntoa		
Valmistumisvuosi	2014		
brm <sup>2</sup>	3888 m <sup>2</sup>		
Huoneistoala	2540 m <sup>2</sup>		
Tilavuus	12468 m <sup>3</sup>		
Todistuksen ET-luku	89 kWh/brm <sup>2</sup> /v		
Toteutunut kulutus	58,9 kWh/brm <sup>2</sup> /v		
Sähkö	1,8 kWh/brm <sup>2</sup> /v		
Kaukolämpö	57,1 kWh/brm <sup>2</sup> /v		
Passiivitalo, u-arvot:	seinä	0,12	
	yläpohja	0,08	
	alapohja	0,14	
	ikkunat, ovet	0,8	
	Tiiveys n50	0,3 1/h	
Kaukolämpö, sähköver-			
kossa			
Tekniikka:	aurinkopaneelit 17 kW aurinkokeräimet 140 m <sup>2</sup> , keskitetty ilmanvaihto tuloilman esilämmitys porakaivosta LTO jätevedestä		
Hankintahinta	2332	€/kem <sup>2</sup>	
"Normitalon" hinta keskim.	2200	€/kem <sup>2</sup>	
Ero	6 %		
Energian kulutus	MWh/v	kWh/brm <sup>2</sup> /v	
Sähkö	7	2	
Kaukolämpö	222	57	

---



---

<b>NORMITALO</b>	yksi talo, 58 asuntoa.			
rakennusvuosi	2010			
lämmin bruttoala	3951 m <sup>2</sup>			
huoneistoala	2911,5 m <sup>2</sup>			
tilavuus	12842 m <sup>3</sup>			
toteutunut kulutus	68,4 kWh/m <sup>2</sup> /v			
Sähkö	7,9 kWh/m <sup>2</sup> /v			
Kaukolämpö	60,5 kWh/m <sup>2</sup> /v			
Todistuksen ET-luku	171 kWh/m <sup>2</sup> /v			
vuosi	2013	2014	2015	2016
Kiinteistösähkö	29869	31900	32200	31000 kWh
Lämmitysenergia	254,1	231,7	219,1	251,9 MWh

---